

# Master Thesis

im Rahmen des  
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“  
(UNIGIS MSc) am Zentrum für GeoInformatik (Z\_GIS)  
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

## „Entscheidungsunterstützung in der Wohnungswirtschaft“ Konzept für ein räumliches Entscheidungsunter- stützungssystem für wohnungswirtschaftliche Problemstellungen

vorgelegt von

**dipl. geogr. Marco Hoffmann**  
u1320, UNIGIS MSc Jahrgang 2007

Zur Erlangung des Grades  
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter:  
Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Zürich, 27. Oktober 2009

Ich versichere, diese Master Thesis ohne fremde Hilfe und ohne Verwendung anderer als der angeführten Quellen angefertigt zu haben, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat. Alle Ausführungen der Arbeit die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind entsprechend gekennzeichnet.

Zürich, 27. Oktober 2009

Marco Hoffmann

## Kurzfassung

Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung eines Konzepts für ein System der räumlichen Entscheidungsunterstützung (SDSS) in der Wohnungswirtschaft. Von besonderem Interesse ist die Frage, wie Entscheidungsprozesse in der Wohnungswirtschaft durch eine Kombination der Methoden der Geoinformatik und der Entscheidungsfindung am besten unterstützt werden können. Die Zielgruppe eines solchen Systems sind Entscheidungsträger von kommerziellen und gemeinnützigen Wohnbauträgern, die öffentliche Hand und Planer. Diese Akteure brauchen räumlich differenzierte Informationen über die Anforderungen an den Wohnraum durch verschiedene Nachfragesegmente und über die Nachfrageentwicklung, um Fehlinvestitionen und Fehlplanungen zu vermeiden. SDSS können zu besseren Entscheidungsgrundlagen beitragen. In dieser Arbeit werden die Anforderungen an ein SDSS durch die genannten Zielgruppen erörtert und ein Überblick über wichtige Ansätze und Methoden der räumlichen Entscheidungsunterstützung gegeben. Dabei interessiert besonders die Verbindung von GIS mit Methoden der Entscheidungsunterstützung. Vorgeschlagen wird die Kombination von GIS Funktionen mit Methoden der multikriteriellen Entscheidungsanalyse. Mit dem Ansatz eines sogenannten MC-SDSS können die Anforderungen an ein einfach anwendbares und praxistaugliches Instrument am besten umgesetzt werden.

## Abstract

The goal of this thesis is a concept for a spatial decision support system (SDSS) in the housing industry. Of particular interest is the question how the decision processes in the housing industry can be supported best through a combination of geoinformatical methods and decision support methods. Target groups of such a system are decision makers of commercial and nonprofit property developers, the public authorities, and designers. These property developers need spatially differentiated information about the demands on residential property of different consumer groups and the changes in demand for preventing false investments and bad planning. SDSS can contribute to a better basis of decision-making. In this thesis the SDSS requirements of the above-mentioned target groups will be considered and an overview of important approaches and methods of the spatial decision support will be presented. Thereby the combination of GIS and decision support methods are of particular interest. A combination of GIS functions and multicriteria decision-making will be proposed. With an MC-SDSS approach the demands on an easy to apply and applicable tool can be met best.

## Inhalt

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	III
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	IV
<b>Tabellenverzeichnis</b>	IV
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	V
<b>1 Einleitung</b> .....	1
<b>2 Stand der Forschung</b> .....	6
<b>3 Räumliche Entscheidungsprobleme in der Wohnungswirtschaft</b> .....	11
3.1 Entscheidungsträger in der Wohnungswirtschaft .....	11
3.1.1 Kommerziell orientierte Wohnbauträger.....	12
3.1.2 Gemeinnützig orientierte Wohnbauträger .....	14
3.1.3 Planer .....	16
3.2 Kriterien der Standortanalyse für die Wohnnutzung .....	17
3.3 Raumwirksamkeit von Entscheidungen in der Wohnungswirtschaft .....	19
3.3.1 Wohnen und Raum .....	19
3.3.2 Faktoren der räumlich-sozialen Wohnstandortverteilung .....	21
3.4 Anforderungen an ein Entscheidungsunterstützungssystem.....	25
<b>4 Räumliche Entscheidungsunterstützung</b> .....	26
4.1 Überblick über die räumliche Entscheidungsunterstützung .....	26
4.1.1 Einsatz räumlicher Entscheidungsunterstützung.....	26
4.1.2 Aspekte der räumlichen Entscheidungsunterstützung.....	28
4.1.3 Phasen des räumlichen Entscheidungsfindungsprozesses.....	31
4.2 Methoden der räumlichen Entscheidungsunterstützung .....	33
4.2.1 Methoden in der Entscheidungsunterstützung.....	33
4.2.2 Klassifikation der multikriteriellen Entscheidungsanalyse .....	37
4.2.3 Komponenten und Ablauf der multikriteriellen Entscheidungsanalyse .....	39
4.3 Systemarchitekturen.....	47
4.3.1 Vom GIS zum SDSS .....	47
4.3.2 Komponenten eines SDSS.....	49
4.3.3 Web-basiertes SDSS.....	52
4.4 Folgerungen für ein SDSS im Wohnungswesen.....	54
<b>5 Lösungsansatz für ein SDSS Wohnungswesen</b> .....	56
5.1 Spezifische Problemstellung.....	56
5.2 Anforderungen an ein SDSS Wohnungswesen.....	60
5.2.1 Anforderungsanalyse.....	60
5.2.2 Anwendungsfälle (Use Cases).....	62
5.3 Daten und Modelle für ein SDSS Wohnungswesen .....	70
5.3.1 Verwendbare Daten .....	70
5.3.2 Methodische Bausteine und Modelle .....	72
5.4 Komponenten und Architektur für ein SDSS Wohnungswesen.....	73
<b>6 Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick</b> .....	76
6.1 Zusammenfassung.....	76
6.2 Diskussion und Ausblick .....	78
<b>Literatur</b> .....	81

## Abbildungen

Abb. 1: Entscheidungskriterien aus Sicht der Nachfrager .....	18
Abb. 2: Faktoren der räumlich-sozialen Wohnstandortverteilung .....	22
Abb. 3: Grad der Strukturierung der Entscheidung .....	30
Abb. 4: Drei Hauptphasen des Entscheidungsfindungsprozesses .....	32
Abb. 5: Klassifikation der multikriteriellen Entscheidungsfindung .....	37
Abb. 6: Allgemeine Modelle für MADM (a) und MODM (b) .....	38
Abb. 7: Komponenten der multikriteriellen Entscheidungsfindung und ihre Beziehungen .....	41
Abb. 8: Entscheidungsfluss in der multikriteriellen Entscheidungsanalyse (MCDM) ...	46
Abb. 9: Komponenten eines Systems zur räumlichen Entscheidungsunterstützung .....	49
Abb. 10: Grundstruktur eines MC-SDSS .....	50
Abb. 11: Integrationsstrategien für ein MC-SDSS: (a) lose Verbindung, (b) enge Verbindung .....	51
Abb. 12: Server-side und Client-side Ansatz .....	53
Abb. 13: SDSS Komponenten im WebGIS Setting .....	54
Abb. 14: Use Cases für ein SDSS Wohnungswesen .....	63

## Tabellen

Tab. 1: Problemformulierung bei der Entscheidungshilfe .....	27
Tab. 2: Charakteristiken von MADM und MODM .....	37

## **Abkürzungen**

DSS	Decision Support System
GIS	Geographisches Informationssystem
MCDA	Multi Criteria Decision Analysis (synonym zu MCDM verwendet)
MCDM	Multi Criteria Decision Making (synonym zu MCDA verwendet)
MC-SDSS	Multi Criteria Spatial Decision Support System
SDSS	Spatial Decision Support System

## 1 Einleitung

Thema meiner Master Thesis sind räumliche Entscheidungsunterstützungssysteme (englisch: Spatial Decision Support Systems (SDSS)) und ihre Anwendungsmöglichkeit in der Wohnungswirtschaft. Die Zielgruppe eines solchen SDSS sind Entscheidungsträger und Experten aus der Wohnungswirtschaft, deren wichtigste Akteure kommerziell und gemeinnützig orientierte Wohnbauträger, die öffentliche Hand und Planer sind. Charakteristisch für diese Zielgruppe ist, dass sie Profis im Umgang mit Immobilien oder Planungsaufgaben sind, aber meist Laien bezüglich GIS und Methoden der Entscheidungsunterstützung. Diese Personen benötigen deshalb ein einfach zu bedienendes Instrument, das übersichtlich ist und die relevanten Informationen liefert.

### *Problemstellung*

Die Akteure in der Wohnungswirtschaft und angrenzenden Berufsfeldern haben einen hohen Informationsbedarf, um in einem anspruchsvollen Umfeld gute Entscheidungen fällen zu können. Sie benötigen zuverlässige Situationsanalysen und Daten über den wirtschaftlichen, sozialen und räumlichen Kontext ihrer Handlungen. Immobilien- und Wohnungsmärkte werden zunehmend komplexer. Die Nachfrage nach Wohnraum hat sich in den vergangenen Jahrzehnten stark ausdifferenziert. Der Wohnungsmarkt hat sich in verschiedene Teilmärkte aufgesplittert, die jeweils gesondert vermarktet werden. Die verschiedenen Einkommens- und Lebensstilgruppen weisen ihr je eigenes Nachfrageprofil auf. Diese differenzierten Bedürfnisse und Wohnwünsche erfordern deshalb die Bereitstellung eines entsprechenden Angebots. Die damit zusammenhängenden sozialen Prozesse wirken sich auch räumlich aus und führen zu einer räumlich und sozial differenzierten Wohnstandortverteilung. Die Folge sind ungleiche regionale Entwicklungen mit einem hohen Nachfragedruck auf zentrale Standorte, die zu einem Anbietermarkt führen, und einem Angebotsüberhang in peripheren Lagen, die eher einen Nachfragermarkt zur Folge haben.

In der vergangenen Dekade war auch ein starker Trend zur Professionalisierung bei den Akteuren im Wohnungswesen festzustellen. Das hängt mit der wachsenden Bedeutung von Immobilien als Investitionsobjekte zusammen, was vor allem für institutionelle Anleger immer wichtiger wird. Alle diese Entwicklungen erhöhen den Bedarf nach besseren Entscheidungsgrundlagen. Ohne Informationen über die Nachfrageentwicklung und die Kriterien der Nachfrager kann es zu Fehleinschätzungen und zur Erstellung eines unpassenden Angebots kommen. Die Folge sind Fehlinvestitionen und Planungsfeh-

ler, die Anbieter und Nachfrager betreffen. Ein massgeschneidertes SDSS kann dazu beitragen, dass bessere und vor allem besser begründete Entscheidungen gefällt werden. Die Bewertung von unterschiedlichen Standortorten und deren Eignung als Wohnstandort für unterschiedliche Zielgruppen ist eine alltägliche Aufgabe für viele Profis im Immobiliensektor. Es geht häufig nicht nur um die Entscheidung zwischen verschiedenen Standortalternativen, sondern eher um die Wahl zwischen verschiedenen Nutzungsalternativen für einen Standort. Für den Entscheidungsträger gibt es also zwei mögliche Problemstellungen: *Erstens* die Suche nach einem optimalen Standort für ein Projekt (oder die Evaluation von Standortalternativen) und *zweitens* die Evaluation von Projektalternativen an einem gegebenen Standort (z.B. Ausrichtung auf ein Zielpublikum). Die Problemstellungen in der Wohnungswirtschaft, denen die Entscheidungsträger gegenüber stehen, sind also ausgeprägt räumlich. Der Einsatz eines GIS ist deshalb für das Management und die Analyse der benötigten Daten naheliegend. Ein GIS reicht aber zur Entscheidungsunterstützung im engeren Sinne nicht aus, da es nicht ohne weiteres möglich ist, verschiedene Alternativen unter Einbezug der individuellen Präferenzen gegeneinander abzuwägen und zu bewerten. Dafür ist eine Ergänzung des GIS durch spezielle Methoden notwendig. Der praxisorientierte Einsatz einer Kombination von GIS mit Methoden der Entscheidungsunterstützung ist deshalb eine vielversprechende Lösung für diese Problemstellung.

### *Thesen*

- Die Standortanalyse von Wohnimmobilien unterscheidet sich aufgrund der Besonderheiten der Nachfrage nach Wohnraum von anderen Standortanalysen (z.B. für Detailhandel oder Verteilzentren).
- Ein SDSS muss komplexe Sachverhalte für den professionellen Nutzer vereinfacht darstellen.
- Investoren sind für ihre Entscheidungen an der sachgerechten Aufbereitung und Modellierung relevanter Daten sowie deren anschaulichen Visualisierungen interessiert.

Was Entscheidungsunterstützung genau heisst, wann sie angebracht ist und was sie leisten kann, muss für die Bearbeitung der formulierten Problemstellung diskutiert werden, damit eine tragfähige Basis für einen konzeptuellen Entwurf eines spezialisierten Entscheidungsunterstützungssystems vorhanden ist. Ein System zur räumlichen Entscheidungsunterstützung kann wie folgt definiert werden: Ein Spatial Decision Support



System (SDSS) ist ein computerbasiertes Informationssystem, das Entscheidungsträger bei semistrukturierten, räumlichen Entscheidungsproblemen unterstützt (Rinner & Janowski 2002).

Für Standortentscheidungen müssen viele Faktoren berücksichtigt und Zielsetzungen gegeneinander abgewogen werden. Für die räumliche Entscheidungsunterstützung ist es deshalb von Vorteil sich auf Methoden zu stützen, die beim Umgang mit multikriteriellen Problemstellungen helfen. Deshalb wird, neben der Betrachtung von allgemeinen Methoden der räumlichen Entscheidungsunterstützung, ein besonderer Fokus auf Methoden der multikriteriellen Entscheidungsanalyse gelegt.

### *Zielsetzung und Fragestellungen*

Mit dieser Master Thesis werden Erkenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten von GIS zur Entscheidungsunterstützung erlangt. Anhand eines konkreten Themenfeldes soll aufgezeigt werden, welche Anforderungen ein solches System erfüllen muss, damit es gewinnbringend in einem geschäftlichen Umfeld eingesetzt werden kann. In diesem Umfeld muss eine solche Applikation einfach in der Anwendung und zielorientiert sein sowie mit vertretbarem Aufwand eingesetzt werden können. Die Lösung sollte auch möglichst gut in die Informatikumgebung des Unternehmens einpasst werden können.

Ziel:

Konzept für den Einsatz eines GIS-basierten SDSS zur Unterstützung von Entscheidungsträgern in der Wohnungswirtschaft.

Fragestellungen:

- Wie kann der Entscheidungsfindungsprozess in der Wohnungswirtschaft durch Geoinformatikanwendungen bzw. durch GIS Methoden am wirkungsvollsten unterstützt werden?
- Welche Informationen sollte ein Entscheidungsunterstützungssystem für wohnungswirtschaftliche Problemstellungen zur Verfügung stellen?
- Welche Ansätze zur räumlichen Entscheidungsunterstützung sind für diesen Zweck geeignet?
- Wie muss ein Entscheidungsunterstützungssystem konzeptuell aufgebaut sein, um die spezifischen Anforderungen von Standortanalysen in der Wohnungswirtschaft zu erfüllen?

### Eingrenzung/Nicht-Ziele:

- Keine Implementierung eines SDSS
- Keine Abklärungen über den Einsatz konkreter Softwarelösungen
- GIS-basierte Immobilienportale für die Suche nach Wohnimmobilien sind nicht Thema dieser Arbeit

### *Motivation*

Die Motivation für diese Themenwahl hängt mit meiner beruflichen Tätigkeit zusammen. Seit einigen Jahren beschäftige ich mich mit dem Themenkreis Wohnen und möchte nun dieses Wissen mit GIS verbinden und für spezifische GIS Anwendungen nutzbar machen. Die Orientierung am Nicht-GIS-Profi, der aber sehr wohl ein Profi in seinem Arbeitsfeld ist, steht dabei im Vordergrund. Dabei interessiert mich wie GIS Techniken im wirtschaftlichen Umfeld gewinnbringend eingesetzt werden können. Besonders spannend finde ich den Einsatz von GIS zur Entscheidungsunterstützung. Der Einsatz von GIS im Bereich der Stadt- und Raumentwicklung sowie in der Wohnungswirtschaft steht für mich dabei aus beruflichen Gründen im Vordergrund.

### *Struktur der Arbeit*

Nachdem in der *Einleitung* die Problemstellung und Zielsetzung der Arbeit erörtert wurden, wird im *Kapitel 2* ein kurzer Überblick über den Stand der Forschung gegeben. Antworten zu den zentralen Fragestellungen dieser Arbeit werden dann in den folgenden drei Kapiteln erarbeitet. In *Kapitel 3* werden die Zielgruppen für ein räumliches Entscheidungsunterstützungssystem für die Wohnungswirtschaft vorgestellt. Eine genaue Kenntnis der anvisierten Zielgruppen und über den Kontext, in dem ein SDSS verwendet werden soll, ist entscheidend, um ein Konzept für ein spezialisiertes Instrument entwerfen zu können. Aus der Diskussion der spezifischen Aufgabestellungen und Entscheidungsproblematik sowie deren räumlichen Dimension können bereits erste Anforderungen an ein SDSS abgeleitet werden, die im *Kapitel 5* dann wieder aufgenommen werden. In *Kapitel 4* wird ein problemorientierter Überblick über die (räumlichen) Entscheidungsunterstützung gegeben. Danach werden wichtige Ansätze und Methoden vorgestellt und schliesslich verschiedene Strategien zur Verbindung von GIS Funktionalitäten und Methoden der Entscheidungsunterstützung erläutert. Auf der Grundlage dieser Informationen kann dann in *Kapitel 5* ein detailliertes Konzept für ein SDSS formuliert werden. Es werden die Problemstellungen und die Anforderungen an ein SDSS Wohnungswesen spezifiziert. Mit diesen Angaben kann eine begründete Empfeh-

lung abgegeben werden, welche Methoden und welche architektonische Lösung im Vordergrund stehen. Eine zusammenfassender Überblick und eine abschliessende Bewertung der gewonnen Erkenntnisse dieser Arbeit werden im Kapitel 6 vorgenommen.

## 2 Stand der Forschung

### *Entwicklungslinien räumlicher Entscheidungsunterstützungssysteme*

Die Entwicklung von räumlichen Entscheidungsunterstützungssystemen weist zwei verschiedene Quellen auf: Einerseits Entscheidungsunterstützungssysteme (Decision Support Systems (DSS)) und andererseits geographische Informationssysteme (GIS) (Sugumaran & Sugumaran 2005; Rinner 2003). Diese Entwicklung kann deshalb aus zwei Perspektiven beschrieben werden, einer DSS-basierten Entwicklung und einer GIS-basierten Entwicklung.

### *DSS-basierte Entwicklung*

Die ersten Entscheidungsunterstützungssysteme wurden im Umfeld der Managementtheorien und -methoden in den 1970er Jahren entwickelt (Chakhar & Mousseau 2008). Sie sind eine Weiterentwicklung der *Management Information Systems* (MIS), die hauptsächlich in der Betriebswirtschaft entstanden (Czeranka 1999). Aufbauend auf den einfachen Auskunftssystemen der MIS, wurden Systeme entwickelt, die vermehrt zur Problemanalyse und somit auch zur Entscheidungsunterstützung eingesetzt werden konnten (Czeranka 1999). Eine Weiterentwicklung fand in Richtung von Expertensystemen und wissensbasierten Systemen statt (Sugumaran & Sugumaran 2005). Diese Systeme wurden mit speziellem Wissen angereichert, das aus der jeweiligen Organisationseinheit und dem spezifischen Anwendungsgebiet stammt und so zur Lösung von komplexeren Problemen verhilft.

DSS fanden anfangs also vor allem im Management von grösseren Unternehmen Verwendung. Ein entscheidender Mangel dieser Systeme war ihr Unvermögen auch räumliche und zeitliche Daten zu verarbeiten (Sugumaran & Sugumaran 2005). Dieser Mangel limitierte die Einsatzmöglichkeiten dieser Systeme, da auch Managementfragestellungen häufig einen räumlichen (und zeitlichen) Bezug aufweisen. Dieser Sachverhalt führte zu einem wachsenden Interesse an der Entwicklung von räumlichen Entscheidungssystemen.

Die räumlichen Entscheidungsunterstützungssysteme oder englisch *Spatial Decision Support Systems* (SDSS) sind eine Erweiterung der *Decision Support Systems* um die räumliche Dimension. Erste Ideen für SDSS entstanden bereits in den späten 1960er Jahren. Eine rasche Entwicklung setzte dann vor allem in den 1990er Jahren ein (Chakhar & Mousseau 2008). Das war eine Folge der zunehmenden Verbreitung von GIS und der schnellen Entwicklung der Leistungsfähigkeiten im Hardware- und Software-

Bereich (schnellere Prozessoren und Netzwerke, grosse Speichervolumen etc.) (Wang & Cheng 2006).

Die Erweiterung der Methoden der Entscheidungsunterstützung um die räumliche Komponente führte dazu, dass die verwendeten Daten nun einen räumlichen Bezug aufwiesen. Aus diesen Gründen wurden GIS für den *Decision Support* plötzlich interessant (Laudien & Bareth 2007).

### *GIS-basierte Entwicklung*

Anfänglich eigneten sich geographische Informationssysteme nicht sehr gut zur Entscheidungsunterstützung, da ihre Möglichkeiten zur Modellbildung eingeschränkt waren und deshalb wenig brauchbar für die Verwendung im geschäftlichen Umfeld (Sugumaran & Sugumaran 2005). Mit der Übernahme von modelbasierten und wissensbasierten Ansätzen aus den DSS begann die Entwicklungsphase von eigentlichen Systemen der räumlichen Entscheidungsunterstützung. Mittlerweile besteht ein wachsendes Interesse für die Verwendung von GIS Technologien in Geschäftsanwendungen, da sie sehr geeignet sind für die Analyse und die Visualisierung.

Die räumliche Entscheidungsfindung unterscheidet sich durch den Einbezug einer geographischen Komponente deutlich von den nicht explizit räumlichen Systemen (Ascough et al. 2002). Zusätzlich zu den Kriterienwerten, werden auch Angaben zur räumlichen Lokalisation benötigt. Deshalb müssen zwei Gesichtspunkt für die Systeme der räumlichen Entscheidungsunterstützung berücksichtigt werden: *Erstens* die GIS Komponente (Datenhaltung, Analyse, Visualisierung etc.) und *zweitens* die Entscheidungsunterstützung (Einbezug von Präferenzen der Entscheidungsträger, Auswahl von Alternativen etc.).

In der Fachliteratur ist es zwar umstritten, ob ein GIS bereits als SDSS bezeichnet werden kann (Rinner & Jankowski 2002). Die Mehrheit der Autoren ist aber der Meinung, dass dafür die notwendigen Methoden für den Einbezug individueller Präferenzen und die Verwendung von Regeln zur Auswahl von Entscheidungsalternativen fehlen. GIS werden aber häufig als SDSS Generatoren bezeichnet, das heisst, dass ein GIS im Verbund mit weiteren Methoden zu einem SDSS weiterentwickelt werden kann.

Der Versuch eines umfassenden Konzepts für ein SDSS unternimmt die informative Webseite des Spatial Decision Support Knowledge Portal (University of Redlands and the SDS Consortium 2009). Dieses Portal bietet nicht nur eine Fülle an Informationen und Referenzen, sondern versucht einen konzeptuellen Rahmen zu definieren, der zu einem strukturierten und aktuellen Überblick über das Themenfeld verhilft. Die Basis

bilden Definitionen von Kernbegriffen. Darauf aufbauend werden systematisch Zugänge erläutert, die sich unter anderem entlang der Aspekte *Decision Context*, *Spatial Decision Process*, *Technology* und *People and Participation* bewegen. Dieses Portal bietet somit eine fundierte Wissensbasis, die den aktuellen Stand der Wissenschaft wiedergibt und Referenzen zu wichtigen Wegbereitern bietet.

#### *Methoden der räumlichen Entscheidungsunterstützung*

Die Eignung des GIS zur Entscheidungsunterstützung kann wesentlich verbessert werden, indem Techniken der multikriteriellen Entscheidungsfindung (MCDM) ins GIS eingeführt werden (Jankowski 1995; Malczewski 1999; Rinner 2003; Chakhar & Martel 2003). Jankowski (1995) entwickelt verschiedene Strategien zur Integration von GIS und MCDM. Es werden die wesentlichen Techniken der MCDM vorgestellt und zwei unterschiedliche Integrationslösungen vorgeschlagen: Eine weniger enge, filebasierte Integration (loose coupling) und eine engere Verbindung mit gemeinsamer Datenbank und einheitlichem Interface (tight coupling). Multikriterielle Entscheidungsmethoden werden in verschiedenen Ansätzen zur Entscheidungsunterstützung verwendet (Al-Shalabi 2006; Chakhar & Martel 2004). Sie zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass die Präferenzen der Entscheidungsträger explizit einfließen.

Eine umfassende Darlegung der Verbindung von GIS und multikriterieller Entscheidungsanalyse legte Malczewski (1999) vor. Malczewski spannt dabei einen grossen Bogen, der die Schritte im Entscheidungsfindungsprozess und diverse Techniken der räumlichen multikriteriellen Entscheidungsanalyse ebenso umfasst, wie Grundlagen von räumlichen Entscheidungsunterstützungssystemen. Diese Darstellung ist auch in der jüngeren Literatur eine vorrangige Referenz bei Themen wie MCDM und SDSS.

Die multikriterielle Entscheidungsanalyse ist in (räumlichen) Systemen zur Entscheidungsunterstützung weit verbreitet. Malczewski (2006) hat eine Analyse der vorhandenen Literatur vorgenommen und die Verwendung dieser Technik nach verschiedenen Problemstellungen, Fachgebieten und Arten des räumlichen Bezugs untersucht. Die Resultate dieser Studie zeigen, dass die MCDA mittlerweile in der GIS Gemeinde stark rezipiert wurde und Eingang in verschiedene Entwicklungen gefunden hat. Malczewski folgert aufgrund seiner Literaturrecherche, dass die Verbindung von MCDA und GIS als eigentliches Forschungsfeld der geographischen Informationswissenschaft bezeichnet werden kann.

### *Aktuelle Forschungsthemen*

In der neueren Literatur werden, vorwiegend in der Form einer Agenda für die Forschung, verschiedene Entwicklungen angesprochen, die für die räumliche Entscheidungsfindung zunehmend aktuell werden (Rinner 2003). Stichworte sind verteilte Datenhaltung, OpenGIS, Interoperabilität und WebSDSS. Die neueren Phasen der GIS-basierten Entwicklung markieren das Aufkommen des Internets mit webbasierten Lösungen sowie in jüngster Zeit die Entwicklungen unter dem Label «Mobile GIS», die langsam auch in den Bereich der Entscheidungsunterstützung Eingang finden (Wang & Cheng 2006, Sugumaran & Sugumaran 2005, Rinner & Jankowski 2002). Die Fortschritte in den Webtechnologien, insbesondere die erhöhten Bandbreiten bei Leitungen, die verbesserten Speicherkapazitäten sowie Fortschritte bei der Standardisierung von Schnittstellen, ermöglichen auch vermehrt die Entwicklung von Lösungen mit verteilter Datenhaltung und deren Verwendung im Bereich des *Spatial Decision Support*. Darauf beruhen auch weitere neuere Entwicklungen, die unter dem Stichwort der serviceorientierten Architektur laufen (Stollberg & Zipf 2008). Insbesondere der Web Processing Service, der vom OGC standardisiert wurde, bietet Funktionalitäten, die eine vollständige Nutzung der GIS Technologien übers Web versprechen. Mit dem WPS ist es nicht nur möglich, Daten abzufragen und zu visualisieren, sondern es können auch Manipulationen vorgenommen werden, was eine aktive Datenanalyse durch den Nutzer ermöglicht. Damit können potentiell auch SDSS Anwendungen entwickelt werden, z.B. durch die Reihung von verschiedenen Processing Services (Rinner 2003).

### *Entscheidungsunterstützung in der Wohnungswirtschaft*

Die zunehmende Komplexität des Wohnungsmarkts führt zu einem wachsenden Informationsbedarf. Ungenügende Informationen bei den Entscheidungsträgern in der öffentlichen Verwaltung und in der Wirtschaft haben falsche oder zumindest suboptimale Entscheidungen zur Folge (Odermatt 1997). Hilfe bieten hier unter anderem geographische Informationssysteme, die den Entscheidungsträgern helfen Daten aufzubereiten und übersichtlich zu präsentieren. Besser geeignet für diesen Zweck sind allerdings SDSS, die sich mit den speziellen Problemen der Wohnungswirtschaft befassen (Al-Shalabi 2006).

### *Wohnen und Raum*

Die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen sozialen Prozessen und deren räumlichen Ausprägung hat eine lange Tradition (Heye 2007). Dabei werden Prozesse der

Urbanisierung und Suburbanisierung, der Segregation und der Gentrifizierung betrachtet (Leuthold 2006). Das Wohnen kann als eines der wichtigsten Felder angesehen werden, in dem, vermittelt über die Wohnstandorte und deren Dynamik, ein Zusammenhang zwischen Raum und Gesellschaft evident wird (Häussermann & Siebel 2000).

Der soziale Wandel wirkt sich durch veränderte Haushalts- und Familienformen auf die Wohnungsnachfrage aus (Peuckert 1996; Herlyn 1998). Die klassische Familienwohnung entspricht nicht mehr den Bedürfnissen einer Mehrheit. Die starke Zunahme an Einpersonenhaushalten erfordert auch eine Reaktion des Wohnungsmarkts.

Gegenwärtig werden vor allem auch die Auswirkung des demographischen Wandels auf die Nachfrage und die Anforderung an den Wohnraum diskutiert (Huber 2008; Heye & van Wezemaal 2007). Ältere und betagte Personen sind mittlerweile schon rein zahlenmässig eine der wichtigsten Nachfragergruppen auf dem Wohnungsmarkt. Sie stellen nicht zuletzt in baulicher Hinsicht neue Herausforderungen an die Anbieter, denn der Bau von altersgerechten Wohnungen wird immer wichtiger.

Die Gesellschaft differenziert sich aber auch immer stärker nach Lebensstilen und ökonomischen Ressourcen (Schneider & Spellerberg 1999). Der Wohnstil und der Wohnort sind aber nicht nur ein Ausdruck der ökonomischen Möglichkeiten, sondern ebenso sehr der persönlichen Vorlieben. Beide Aspekte tragen zur wachsenden Segmentierung des Wohnungsmarkts bei. Dies hat eine grosse Auswirkung auf die räumliche Verteilung der Wohnungsnachfrage. Die Wohnstandorte weisen also eine räumliche und soziale Verteilung auf (Odermatt 1997).

#### *Entscheidungsträger in der Wohnungswirtschaft*

Mit dem Zusammenhang zwischen den Eigentümern als wichtige Entscheidungsträger in der Wohnungswirtschaft und der räumlich-sozialen Wohnstandortverteilung befasst sich Odermatt (1997) umfassend. Er beschreibt die wichtigsten Akteure und deren Zielorientierung. Die Handlungen und Entscheidungen der Eigentümer haben entscheidenden Einfluss auf die räumliche Ordnung der Gesellschaft und auf die Spielräume der Wohnungssuchenden. Neben den staatlichen und den gemeinnützig orientierten Eigentümern, sind es vor allem institutionelle Investoren, die mit ihren Handlungsstrategien den Wohnungsmarkt in zentralen städtischen Regionen prägen (van Wezemaal 2005).



### 3 Räumliche Entscheidungsprobleme in der Wohnungswirtschaft

In diesem Kapitel werden die fachspezifischen Grundlagen für das Konzept eines räumlichen Entscheidungsunterstützungssystems für wohnungswirtschaftliche Problemstellungen aufbereitet. Es werden zuerst die wichtigsten Zielgruppen mit ihren Zielorientierungen für ein SDSS genannt. Dann werden die wesentlichen Kriterien erläutert, die für die Qualifizierung eines Wohnstandortes aus Sicht der Entscheidungsträger relevant sind und schliesslich wird die räumliche Dimension des Wohnens beschrieben. Als Fazit können aus diesem Kapitel erste Anforderungen an ein SDSS abgeleitet werden, die dann im Kapitel 5 wieder aufgenommen werden.

#### 3.1 Entscheidungsträger in der Wohnungswirtschaft

Die Zielgruppe eines Systems für die räumliche Entscheidungsunterstützung sind Entscheidungsträger und Experten aus der Wohnungswirtschaft und weiteren Stellen, die sich mit Fragen des Wohnens beschäftigen. In diesem Kapitel werden die wichtigsten Zielgruppen typisiert und ihre je spezifischen Interessenslagen beschrieben. Daraus lassen sich Anhaltspunkte für die Anforderungen an ein SDSS und dessen Verwendung ableiten.

Es sind gegenwärtig zwei Bewirtschaftungsstrategien, die den Immobilienmarkt prägen (van Wezemael 2005, 88): *Erstens* die *Werterhaltungsstrategie*, die auf die langfristige Erhaltung der Bausubstanz und die langfristige Marktfähigkeit einer Immobilie ausgerichtet ist. Und *zweitens* die *Wertsteigerungsstrategie*, bei der die Bewirtschaftung der Immobilienportfolios auf deren Wertsteigerung ausgerichtet ist. Dies wird beispielsweise durch die Konzentration auf Objekte an guter Lage und den Verkauf von sanierungsbedürftigen Liegenschaften erreicht. Die Bewirtschaftungsstrategie hat einen wesentlichen Einfluss auf die Art des Informationsbedürfnisses der Akteure und ihre Handlungsweisen im Wohnungsmarkt.

Eine wichtige Gruppe von Entscheidungsträgern sind die Eigentümer von Mehrfamilienhäusern. Es lassen sich zwei Haupttypen unterscheiden: Kommerziell orientierte Wohneigentümer und gemeinnützig orientierte Wohneigentümer (Odermatt 1997, 178). Neben den Eigentümern gibt es weitere Gruppen von Entscheidungsträgern, die zwar keine direkte Verfügungsgewalt über einzelne Liegenschaften haben, aber als Repräsentanten staatlicher Institutionen einen weitreichenden Einfluss auf die Entwicklungen im Wohnungs- und Siedlungswesen haben. Diese Entscheidungsträger finden sich hauptsächlich in planungsbezogenen Ämtern.

Entscheidungsträger fällen ihre Entscheidungen in einem komplexen Geflecht von unterschiedlichen Akteuren und Institutionen, rechtlichen Rahmenbedingungen und politischen Forderungen (Rüdiger 2009). Ein Instrument zur Entscheidungsunterstützung kann deshalb nur ein Faktor unter anderen im Entscheidungsprozess sein, den der Entscheidungsträger in sein Handeln einbezieht. Entscheidungen können nicht alleine auf die Ergebnisse einer Entscheidungsanalyse abgestützt werden. Dennoch kann ein solches Instrument aber einen wichtigen Beitrag leisten, da es hilft, die Problemlagen transparenter zu machen und Argumente zu objektivieren. Die Entscheidungsfindung bleibt aber nach wie vor das Resultat eines kommunikativen Prozesses zwischen Menschen.

### **3.1.1 Kommerziell orientierte Wohnbauträger**

Die Gruppe der kommerziell orientierten Wohnbauträger umfasst alle Akteure in der Wohnungswirtschaft, die mit ihren Aktivitäten in erster Linie eine Gewinnabsicht verfolgen. In welcher Form diese Gewinnorientierung umgesetzt wird, ist unterschiedlich. Diese Unterschiede wirken sich auch direkt auf ihr Handeln auf dem Wohnungsmarkt aus. Es werden an dieser Stelle drei wichtige Typen unterschieden: Institutionelle Investoren, Bau- und Immobiliengesellschaften und private Wohnbauträger.

Kommerziell orientierte Wohnbauträger agieren auf dem Wohnungsmarkt meist zyklisch (Odermatt 1997, 190). Ihre Investitionstätigkeit orientiert sich stark an der Nachfrageentwicklung, die sich hauptsächlich aus der Ertragserwartung und der Einkommensentwicklung bei den Haushalten zusammensetzt. In geringerem Mass wirkt sich die Entwicklung von Boden- und Baupreisen auf ihre Investitionen aus. Sehr stark negativ wird hingegen auf einen hohen Leerwohnungsbestand reagiert.

#### *Institutionelle Investoren*

Zu den institutionellen Investoren zählen Pensionskassen, Versicherungen, Anlagestiftungen und Immobilienanlagefonds (Odermatt 1997, 186ff). Die Renditeorientierung ist das wesentliche Merkmal der institutionellen Investoren. Die institutionellen Anleger versuchen wenn immer möglich (interessante) Objekte in guten Lagen zu erwerben bzw. im Portfolio zu belassen. Es werden wirtschaftlich starke und verstädterte Gebiete bevorzugt, wo die Nachfrageentwicklung positiv beurteilt wird. Vor allem Immobilienfonds richten ihr Augenmerk vorwiegend auf Grossstädte, da dort bessere Renditemöglichkeiten und ein höheres Wertsteigerungspotential zu erwarten sind (Odermatt 1997, 188). Die Strukturmerkmale dieser Regionen verdienen deshalb besondere Beachtung.

Weil das Interesse für Immobilienanlagen geographisch ungleich verteilt ist, trägt es zur regionalen Differenzierung der Wohnungsmärkte und der Bevölkerungszusammensetzung bei (vgl. Kapitel 3.3.1).

Pensionskassen und Versicherungen haben häufig eine Kaufen-und-Halten Strategie (van Wezemaal 2005, 96). Diese Werterhaltungsstrategie ist mit einer sicheren und langfristigen Geldanlage in (Wohn-)Immobilien verbunden. Sie haben deshalb auch eine aktive Sanierungsstrategie, damit die Vermietbarkeit langfristig garantiert ist. Entsprechend sind die sichere Geldanlage, die Risikoverminderung und die Wertsteigerung die wichtigsten Zielorientierungen (Odermatt 1997, 186).

Anlage- und Immobilienfonds bevorzugen eher das Kaufen-und-Managen, also eine Wertsteigerungsstrategie. Entsprechend setzen sie noch deutlicher auf eine hohe Rendite, da diese Anlagekategorie in direkter Konkurrenz zu anderen Anlagemöglichkeiten steht (van Wezemaal 2005, 96). Immobilienfonds neigen deshalb auch eher dazu, wenig rentable und problematische Liegenschaften zu verkaufen (Odermatt 1997, 187).

Institutionelle Investoren arbeiten hochprofessionell und haben ein grosses wohnungswirtschaftliches Know-how. Ihre bevorzugten Mieter stammen aus den einkommensstärkeren Mittelschichten und sind häufig Familienhaushalte (Odermatt 1997, 188). Die institutionellen Investoren setzen in ihrem Portfolio vor allem auf 3- und 4-Zimmerwohnungen, da diese langfristig die besten Vermietungschancen aufweisen. Kleine und sehr grosse Wohnungen machen nur einen kleinen Teil des Wohnungsbestandes aus.

#### *Bau- und Immobiliengesellschaften*

Die Bau- und Immobiliengesellschaften sind eine heterogene Gruppe (Odermatt 1997, 188). Zu dieser Gruppe können auch im Bau engagierte Architekten gezählt werden. Häufig besitzen sie Liegenschaften nur temporär in der Zeit zwischen Erstellung und Verkauf eines Objekts oder sie erzielen die Profite durch An- und Verkauf oder durch Ausnutzungserhöhung (van Wezemaal 2005, 97). Sie entsprechen damit dem Typus der Promotoren (Odermatt 1997, 189).

Es gibt aber auch Bau- und Immobilienfirmen, die am langfristigen Besitz und der Vermietung von Liegenschaften interessiert sind. In diesem Fall sind sie meistens renditeorientiert und agieren in Vermarktung und Verwaltung hochprofessionell (Odermatt 1997, 189).

Wichtigste Zielorientierung für den Besitz von Wohnimmobilien ist für diese Gruppe die Geldanlage, gefolgt vom Wertsteigerungsaspekt und der guten Renditemöglichkeit

(Odermatt 1997, 189). Räumlich richtet sich das Interesse dieser Gruppe primär auf Siedlungsexpansionsgebiete sowie auf innerstädtische Standorte, die unternutzt aber sehr renditeträchtig sind (Odermatt 1997, 189).

#### *Private Wohnbauträger*

Private Wohnbauträger sind juristisch gesehen natürliche Personen. Es handelt sich um eine sehr heterogene Gruppe von Personen, die oft nur eine oder einige wenige Liegenschaften besitzen. Ein gemeinsames Kennzeichen dieser Akteure ist, dass sie ihre Wohnimmobilien mehrheitlich sehr langfristig vermieten. Als wichtige Zielorientierung dieser Gruppe werden langfristige Geldanlage, Altersvorsorge und Wertsteigerungsmöglichkeiten genannt (Odermatt 1997, 184). Zu einem grossen Teil verwalten diese Eigentümer ihre Liegenschaften selbstständig.

Es kann eine weitere Differenzierung dieser Eigentümerkategorie in gewinnorientierte und gebrauchswertorientierte Eigentümer vorgenommen werden (Odermatt 1997, 185). Die erste Gruppe unterscheidet sich in ihren Handlungsstrategien kaum von den institutionellen Investoren. Zu ihr gehören beispielsweise Privatpersonen, die ihre Liegenschaften professionell vermarkten und vermieten. Sie verfolgen vorwiegend eine Werterhaltungsstrategie (van Wezemael 2005, 88). Es ist auch diese Gruppe der privaten Eigentümer, die zumindest teilweise als Zielgruppe für ein SDSS in Frage kommt. Zu Gruppe der gebrauchswertorientierten Eigentümer gehören Personen, die häufig selber in der Liegenschaft wohnen und einen geringen Grad der Professionalisierung der Vermarktung und Verwaltung ihrer Liegenschaft aufweisen (van Wezemael 2005, 97).

#### **3.1.2 Gemeinnützig orientierte Wohnbauträger**

Zu den gemeinnützig orientierten Wohnbauträgern gehören Wohnbaugenossenschaften, die öffentliche Hand sowie Stiftungen und Vereine (van Wezemael 2005, 90). Letztere werden hier nicht weiter behandelt.

#### *Wohnbaugenossenschaften*

Geschichtlich gesehen war es zu Beginn des 20. Jahrhunderts das primäre Ziel von Wohnbaugenossenschaften dafür zu sorgen, dass für die Arbeiterschaft bezahlbarer Wohnraum zur Verfügung gestellt werden kann, welcher der Spekulation entzogen ist (van Wezemael 2005, 90). Indem die Mitglieder der Wohnbaugenossenschaften selber zu Miteigentümern wurden, ging es nicht darum Geld zu verdienen, sondern möglichst gute Wohnbedingungen zu schaffen.

Einer der Hauptzwecke der Wohnbaugenossenschaften ist es, die Mitglieder auf dem Wohnungsmarkt besser zu stellen als die anderen Wohnungsnachfrager. Dies wird in erster Linie durch die Kostenmiete, das heisst durch einen Mietpreis der nur die Kosten und nötigen Rückstellungen einer Siedlung deckt, erreicht (van Wezemaal 2005, 90). Die Zielorientierung der Wohnbaugenossenschaften kann deshalb mit dem Begriff der Gemeinnützigkeit umschrieben werden und stellt den Gebrauchswert der Mitglieder und preisgünstigen Wohnraum in den Mittelpunkt (Odermatt 1997, 192).

Die Vermietungspraxis der gemeinnützig orientierten Wohnbauträger weist sehr oft klar definierte Richtlinien auf (Odermatt 1997, 195). Sehr verbreitet sind Belegungsrichtlinien (Personenzahl bezogen auf Anzahl Zimmer). Zudem gibt es häufig auch Richtlinien bezüglich Einkommenslimiten, sozialer Bedürftigkeit oder dem Ausländeranteil.

Ihre Entstehungsgeschichte ist in den heutigen Wohnbaugenossenschaften, wenn auch unter veränderten Vorzeichen, immer noch sehr einflussreich. Besonders die grossen, traditionellen Wohnbaugenossenschaften versuchen heute wieder vermehrt zeitgemässen Wohnraum zu schaffen und dabei auch Einfluss auf die Siedlungsentwicklung auszuüben (Hugentobler & Gysi 2008, 48-58). Junge, innovative Wohnbaugenossenschaften entstehen neu und geben ideellen Zielsetzungen viel Raum.

Wie stark und an welchen Standorten die Wohnbaugenossenschaften Wohnbauten errichten können, hängt sehr stark von den politischen Rahmenbedingungen ab. Wohnbaugenossenschaften sind finanziell sehr oft auf die Unterstützung durch öffentliche Mittel angewiesen (Odermatt 1997, 197-198). Damit sie auch an zentralen Standorten bauen können, brauchen sie eine Bevorzugung durch die öffentliche Hand (z.B. durch nicht gewinnorientierte Abgabe von Bauland), da sie ansonsten mit der Finanzkraft von gewinnorientierten Investoren nicht mithalten können. Als Alternative bleibt dann nur auf weniger attraktive Areale auszuweichen.

### *Öffentliche Hand als Wohnungseigentümer*

Die öffentliche Hand kann nicht in jedem Fall als einheitlicher Akteur definiert werden (Odermatt 1997, 193). Je nach institutioneller Aufgabenteilung bestehen für involvierte Ämter unterschiedliche Zielsetzungen und Rahmenbedingungen. Diese werden jeweils durch die Politik festgelegt und sind deshalb viel stärker durch lokale Gegebenheiten beeinflusst.

Die öffentliche Hand verfolgt teilweise ähnliche Ziele wie die Wohnbaugenossenschaften (Odermatt 1997, 194). Ein gewichtiger Unterschied ist aber, dass ihre Mieter keine Miteigentümer sind und deshalb auch kein Mitspracherecht haben. Ein weiteres Ziel der

öffentlichen Hand ist es, auch den schwächsten Marktteilnehmern eine Wohngelegenheit zur Verfügung zu stellen (van Wezemaal 2005, 92). Bei der Zielorientierung der öffentlichen Hand steht wie bei den Wohnbaugenossenschaften die Schaffung preisgünstigen Wohnraums an erster Stelle. Daneben sind auch planerische Zielsetzungen sehr wichtig (Odermatt 1997, 192). Gelegentlich verfolgt die öffentliche Hand aber auch das Ziel, mit ihren Aktivitäten auf dem Wohnungsmarkt Einnahmen zu generieren (Odermatt 1997, 194).

### **3.1.3 Planer**

Es gibt verschiedene Planungsstellen, die auch als Entscheidungsträger oder zumindest als Entscheidungsbeeinflusser auftreten. Gerade bei Aktivitäten der öffentlichen Hand haben die Experten keine Entscheidungsbefugnisse, sie können aber mit ihrer Arbeit wesentlichen Einfluss auf die Exekutive nehmen (Rüdiger 2009). Die wichtigsten Planungsbereiche, für die ein SDSS interessant sein könnte, sind die Raumplanung mit der Nutzungsplanung, die Stadtplanung, die Verkehrsplanung sowie die bauliche Planung in einer Gemeinde.

In der Nutzungsplanung werden bestimmten Flächen Nutzungen zugewiesen (Odermatt 1997, 173). Dabei sehen sich Planer vor die Aufgabe gestellt, festzulegen, ob eine Fläche für eine bestimmte Nutzung geeignet ist und den Grad der Eignung zu bestimmen. Ziel einer Nutzungsplanung ist es, für räumliche Entwicklungen die geeigneten Orte auszuwählen (Al-Shalabi 2006, 2).

Neben den Planungsstellen der öffentlichen Hand, gibt es weitere Planer, die an Entscheidungsgrundlagen für komplexe Situationen interessiert sind. Eine Gruppe stellen Architekten dar, die Bauvorhaben optimal in einen bestehenden städtebaulichen Kontext einpassen wollen oder dazu einen Kontrapunkt setzen wollen. In beiden Fällen sind strukturierte Informationen und die Möglichkeit eigene Schwerpunkte zu setzen hilfreich.

Die Zielgruppen für ein Instrument zur Entscheidungsunterstützung sind zwar wie oben beschrieben heterogen was die Zielorientierung und die Einflussmöglichkeiten betrifft. Dennoch gibt es zwischen ihnen viele Gemeinsamkeiten. Sie alle haben einen vergleichbaren Informationsbedarf, um gut abgestützte Entscheidungen treffen zu können. Es muss aber die Möglichkeit bestehen, dass die unterschiedlichen Zielsetzungen und Gewichtungen der potentiellen Nutzer in einem solchen Instrument berücksichtigt werden können.

### 3.2 Kriterien der Standortanalyse für die Wohnnutzung

Das in dieser Arbeit anvisierte Konzept für die Entscheidungsunterstützung im Wohnungswesen richtet sich an Entscheidungsträger. Diese haben unterschiedliche Zielorientierungen, die ihren Blick auf den Wohnungsmarkt und auf Wohnungsstandortformen (vgl. Kapitel 3.1). Sie interessieren sich beispielsweise für einen profitablen Kauf oder Verkauf von Liegenschaften, die gute und gewinnbringende Vermietung von Wohnungen, die nachfragegerechte Erstellung von neuem Wohnraum oder auch um eine zukunftsorientierte Raum- und Siedlungsplanung. In diesen und vergleichbaren Tätigkeiten und Entscheidungen spielt die Bewertung von unterschiedlichen Standorten und Liegenschaften eine zentrale Rolle. Dafür benötigen sie Bewertungskriterien, mit deren Hilfe sie auch implizit oder explizit Standortanalysen vornehmen.

Unabhängig davon durch welche Interessen die Entscheidungsträger geleitet sind, müssen sie sich unter anderem an den Bedürfnissen der Wohnungsnachfrager orientieren, damit es möglichst nicht zu Fehlinvestitionen oder Fehlplanungen kommt (Häussermann & Siebel 2000, 214ff.). Standortanalysen und -entscheidungen für Wohnimmobilien unterscheiden sich deshalb von solchen aus anderen Wirtschaftszweigen, da sie eng mit den Wohnbedürfnissen und der Zahlungsbereitschaft unterschiedlicher Zielgruppen zusammenhängen und deswegen davon abhängen, für wen man bauen (oder umbauen) möchte und wie viel man zu investieren bereit ist (van Wezemaal 2005, 84). Die Kriterien der Nachfrager sind aus diesem Grund, zumindest teilweise, auch die Kriterien der Anbieter von Wohnraum und der Planer, da sie ihre Liegenschaft möglichst optimal in einem Teilmarkt plazieren möchten oder nicht an bestehenden Bedürfnissen vorbei planen wollen (vgl. Abb. 1).

Wohnraum hat für die Wohnenden einen Gebrauchswert. Für die Investoren steht aber der Tauschwert im Vordergrund. Gebrauchs- und Tauschwert sind aus den oben genannten Gründen eng miteinander verknüpft, sie stehen aber in einem Spannungsverhältnis (Odermatt 1997, 57). Für Wohnungsnachfrager ist es wichtig, dass Wohnraum erstellt und unterhalten wird, der ihren Bedürfnissen und Ansprüchen mehr oder weniger gerecht wird. Die Wohnungsanbieter sind wiederum auf Abnehmer angewiesen, damit ihre Kosten beglichen werden und, je nach Zielorientierung, auch ein Gewinn erwirtschaftet wird.

Für die Nachfrager spielen neben den Bedürfnissen, die sich aufgrund von Haushaltsform, Lebensstil etc. ergeben, die finanziellen Möglichkeiten eine entscheidende Rolle, die das Gewünschte mit dem Möglichen in Relation bringen (van Wezemaal 2005, 121). «Die Wohnungsversorgung ist einerseits ein Grundbedürfnis, andererseits spiegelt

sie durch Ausstattung, Größe, Preis und Lage die soziale Differenzierung wider» (Universität Hamburg).

Abb. 1: Entscheidungskriterien aus Sicht der Nachfrager

Wohnungsbezogene Kriterien	Standortbezogene Kriterien
Preis	Lage
Ausstattungsqualität	Naherholungsgebiete
Grösse (Zimmerzahl, Fläche)	Versorgungsmöglichkeiten
Architektonische Gestaltung	Verkehrsanbindung
Lärmimmissionen	Bevölkerungsstruktur
Grundriss	Image
Privater Aussenraum (Balkon, Sitzplatz)	Verkehrssituation (Lärm, Gefahren)
	Nähe und Qualität des schulischen Angebots

Die Entscheidungsträger brauchen für ihre Tätigkeit also Informationen über verschiedene Lagekriterien: Die Bevölkerungsstruktur (Alterszusammensetzung, Haushaltsformen, Lebensstilorientierungen, Einkommensverhältnisse), über die Infrastrukturausstattung und die Versorgungsmöglichkeiten an einem Standort, über Verkehrsanbindung und Distanzen und über die Qualitäten von Naherholungsgebieten (Heye 2007, 19ff.). Ein weiteres wichtiges Merkmal von Standorten ist das Image, das mit ihnen verbunden wird (Leuthold 2006, 42). Diese symbolische Ebene hat gegenüber den physisch-materiellen Gegebenheiten eine eigenständige Bedeutung, steht aber in Relation zu ihr. Das Image eines Ortes kann von verschiedenen Bevölkerungsgruppen sehr unterschiedlich wahrgenommen werden. Daneben brauchen die Bauträger Informationen über weitere Kriterien: Über die planerischen und gesetzlichen Grundlagen, wie z.B. die Bau- und Zonenordnung, die Auskunft über die Nutzungs- und Ausnutzungs-



möglichkeiten von Arealen geben sowie über den Wohnungsmarkt und das lokale Preisniveau.

Der Wohnungsmarkt ist in verschiedene Segmente unterteilt (van Wezemaal 2005, 85 und 111ff.). Die Entscheidungskriterien müssen deshalb je nach Standort, Zielgruppe und Investitionsbereitschaft unterschiedlich gewichtet werden.

### **3.3 Raumwirksamkeit von Entscheidungen in der Wohnungswirtschaft**

Handlungen von Entscheidungsträgern in der Wohnungswirtschaft haben räumliche Auswirkungen. Für ihre Entscheidungen müssen sie aber genauso die räumlichen Ausgangsbedingungen berücksichtigen, damit sie zu guten Resultaten kommen. Nicht nur die Handlungen der Entscheidungsträger sind raumwirksam, sondern auch diejenigen der Wohnenden bei ihren Entscheidungen für den Standort ihrer Wohnung. Es gibt enge Zusammenhänge zwischen den Entscheidungsspielräumen dieser beiden Akteursgruppen.

#### **3.3.1 Wohnen und Raum**

Wenn die wichtigsten Kriterien für die Wahl oder die Bewertung von Immobilien genannt werden sollen, wird häufig mit dem Bonmot «Lage, Lage, Lage» geantwortet. Die Lage steht nicht nur deshalb so stark im Vordergrund, weil sie ein wichtiges Merkmal einer Immobilie ist, sondern auch weil sie eine Grundlage für die meisten der anderen Merkmale darstellt: Grosszügigkeit der Wohnung, Qualität der Ausstattung einer Wohnung, Image eines Quartiers, Zusammensetzung der Bewohnerschaft etc. (Häussermann & Siebel 2000, 194ff.; vgl. Kapitel 3.2). Sie alle weisen einen Bezug zum Standort einer Liegenschaft im sozial differenzierten Raum auf.

«Dem Wohnungssektor kommt für den Zusammenhang sozialer und räumlicher Aspekte (...) eine zentrale Rolle zu» (Universität Hamburg). Die räumlich-soziale Wohnstandortverteilung steht in einer engen Relation zum räumlichen Muster der Eigentümerstrukturen (Odermatt 1997, 200). Dieses ist sehr stark durch die unterschiedlichen finanziellen Möglichkeiten bestimmt. Je beehrter eine Lage, desto grössere Kapitalien müssen eingesetzt werden, um Wohnraum kaufen oder Mieten zu können. Während finanzstarke institutionelle Anleger vorwiegend in zentralen, renditeträchtigen Lagen in den Kernstädten und dem näheren Umfeld zu finden sind, nimmt der Anteil der privaten Eigentümer in suburbanen und peripheren Lagen zu (Odermatt 1997, 200). Die räumliche Verteilung der gemeinnützigen Eigentümer ist geprägt durch einen mehr oder weniger stark vorhandenen politischen Willen in den einzelnen Gemeinden, Areale diesem Eigentübertyp zur Verfügung zu stellen oder zu verkaufen. Wohnbaugenossen-

schaften sind in grossstädtischen Räumen übervertreten, da dort auch eher Wohnungsknappheit herrscht und es also einen grossen Bedarf nach preisgünstigem Wohnraum gibt (Odermatt 1997, 222).

Es gibt eine Korrespondenz von Eigentümer- und Bewohnerstrukturen und Wohnverhältnissen (Odermatt 1997, 202). Die kommerzielle Vermietung von Wohnungen führt zu einem Muster, bei dem Haushalte mit grossen finanziellen Möglichkeiten und mit hohem sozialen Status die grössten Wahlmöglichkeiten haben und finanziell schwache und statustiefe Haushalte die kleinsten. Entsprechend wohnen an begehrten Standorten vorwiegend statushohe Haushalte und umgekehrt. «Eine ungleiche Chance auf dem Wohnungsmarkt «übersetzt» also soziale Ungleichheit in den Raum (...)» (Universität Hamburg).

Mit diesen Mechanismen hängen verschiedene sozialräumliche Prozesse zusammen, wie beispielsweise die residenzielle Segregation und die Auf- und Abwertung von Wohnstandorten (Leuthold 2006, 36ff.). «Die residenzielle Segregation ergibt sich aus der Kombination der Immobilität von Wohnungen mit den sozial differenzierten Chancen zur Aneignung von Wohnraum» (van Wezemaal 2005, 84). Die Bevölkerungszusammensetzung eines Ortes ist also ein Produkt aus dem Zusammenspiel von Präferenzen und Restriktionen. Unterschiedliche Restriktionen verhindern, dass alle Personen an denselben Orten wohnen können. Unterschiedliche Präferenzen sind dafür verantwortlich, dass nicht alle Personen an denselben Orten wohnen wollen (Heye 2007).

Die wachsende Verstädterung führte bis in die 1960er Jahre zu einer starken Zunahme der Bevölkerung in den Kernstädten. Bereits in den 1940er Jahren und noch verstärkt in den 1950er Jahren setzte ein eigentlicher Bauboom ein, der zu neuen Stadtteilen am Stadtrand führte (Leuthold 2006, 30f.). Waren in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts Stadt und Land noch klar getrennt, so hat sich insbesondere seit den 1960er Jahren dieser Unterschied im Zuge einer zunehmenden Suburbanisierung (d.h. dem verstärkten Bevölkerungswachstum im Umland der Städte) eingeebnet (Heye 2007, 21f.). Allerdings zeigen sich bei der sozialen und demographischen Zusammensetzung der Bevölkerung nach wie vor deutliche Unterschiede zwischen der Kernstadt und dem Umland. Es besteht also eine Wechselwirkung zwischen der Struktur der Nachfrage durch die Wohnungssuchenden und der Bereitstellung des Angebots. Neben dem Spiel von Angebot und Nachfrage, werden auch durch Gesetzgebung und Infrastrukturplanung Entwicklungspfade vorgegeben. Diese gesetzlichen und planerischen Grundlagen müssen durch die Anbieter beachtet werden und haben einen entscheidenden Einfluss auf die

sozialräumliche Ausdifferenzierung der Wohnstandorte (Odermatt 1997, 173ff.). Diese Planungen fassen aber unter anderem auch auf den antizipierten Nachfragemustern der Wohnungssuchenden.

Eine weitere wichtige Komponente der räumlichen Dimension des Wohnens ist die Persistenz der gebauten Umwelt (van Wezemaal 2005, 44). Sie bildet eine wichtige Handlungs- und Entscheidungsgrundlage für die Akteure in der Wohnungswirtschaft. Dabei sind zwei Faktoren des Alterns von Gebäuden zu berücksichtigen: *Erstens* die Alterung von Immobilien als Veränderung des bauphysischen Zustands und *zweitens* wie veraltet eine Immobilie in Hinsicht auf die Ansprüche potentieller Nutzer ist. Im ersten Fall stellen sich für die Entscheidungsträger primär technische Fragen der Instandhaltung und der Instandsetzung eines Gebäudes. Im zweiten Fall müssen die gegenwärtigen Bedürfnisse der unterschiedlichen Nachfragersegmente berücksichtigt werden und die zukünftige Entwicklung dieser Bedürfnisse muss antizipiert werden. Ebenso wichtig ist es aber auch, die Veränderungen in der Bedeutung der verschiedenen Segmente für die Nachfrage zu kennen, die im Zusammenhang mit der demographischen und sozialen Entwicklung steht (vgl. Kapitel 3.3.2).

### **3.3.2 Faktoren der räumlich-sozialen Wohnstandortverteilung**

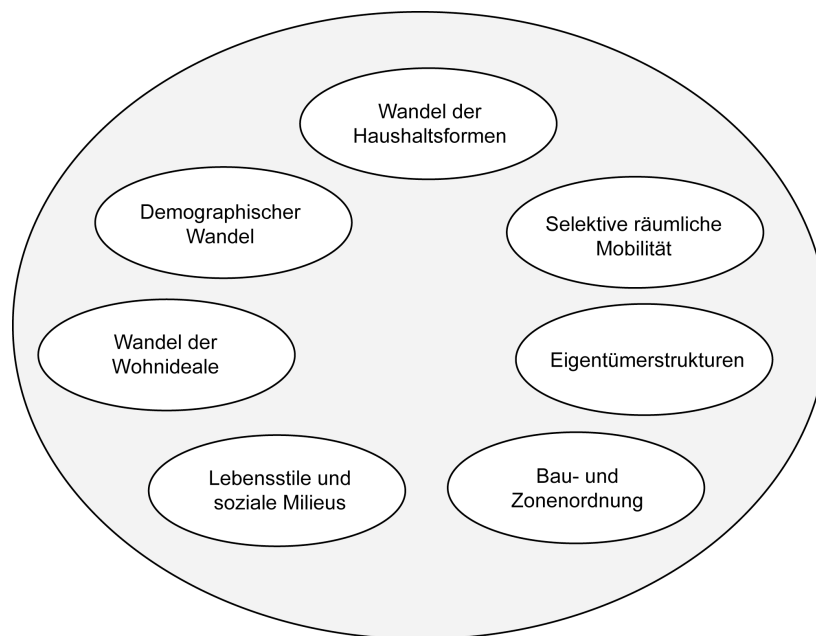
Eine Reihe von Faktoren ist für die räumliche Bevölkerungsverteilung und die unterschiedliche Entwicklung der Wohnstandorte verantwortlich (siehe Abb. 2). Wohnstandorte weisen in einem gewissen Sinne ein Eigenleben und eine Eigendynamik auf, sie sind geschichtlich gewachsene Gebilde. Ihre Entwicklung spielt sich aber unter sich verändernden gesellschaftlichen Bedingungen ab. Es sind verschiedene Parameter, die unterschiedliche Entwicklungsverläufe verursachen. Die nachfolgenden Faktoren müssen betrachtet werden, um den Charakter und die Entwicklung von Wohnstandorten verstehen zu können. Sie sind deshalb auch wichtige Parameter der Entscheidungsfindung.

#### *Demographischer Wandel*

Ein wichtiger Faktor für die Siedlungsentwicklung ist der demographische Wandel. Auch ohne Bevölkerungswachstum ist eine Veränderung der Zusammensetzung der Haushalte zu verzeichnen und damit ein steigender Wohnungs- und Wohnraumbedarf. Am wichtigsten ist die Zunahme der Einpersonenhaushalte. Das steht im engen Zusammenhang mit der demographischen Alterung westlicher Gesellschaften (Huber 2008). Aber auch die Verlängerung der vorfamiliären Lebensphase oder der Verzicht

auf die Familiengründung tragen zu diesem erhöhten Bedarf an Wohneinheiten bei. Die quantitative Veränderung in den einzelnen Alters- und Lebensphasengruppen hat einen wichtigen Einfluss auf die Nachfrage nach Wohnraum. Vor allem die älteren Bevölkerungssegmente werden von den Akteuren zunehmend als wichtige Zielgruppe erkannt (Heye & van Wezemaal 2007).

Abb. 2: Faktoren der räumlich-sozialen Wohnstandortverteilung



### *Wandel der Lebens- und Familienformen*

Die Haushalts- und Familienkonstellationen haben sich in den vergangenen Jahrzehnten verändert und vervielfältigt. Lange Zeit war das Ehe- und Familienmodell der modernen Kleinfamilie dominant und hatte sich faktisch und normativ durchgesetzt (Peuckert 1996). Auch wenn heute noch die Mehrheit nach diesem konventionellen Muster lebt, ergab sich dennoch eine Pluralisierung der Lebens- und Beziehungsformen, die sich auch in der Haushaltszusammensetzung widerspiegelt. Diese Destandardisierung des Familienzyklus führt zu neuen Lebenslagen und Lebenslaufmodellen (Herlyn 1998).

### *Der Wandel des Wohnens: Wohnideale und Wohnstandortwahl*

Der Wandel und die Pluralisierung der Familien- und Beziehungsformen bleiben nicht ohne Folgen aufs Wohnen und die Wohnstandortwahl. Die Ausdifferenzierung der Gesellschaft hat dazu geführt, dass die Nachfrage nach Wohnungen nicht mehr nur durch die vertikalen Unterschiede in der Gesellschaft, also primär den finanziellen Ressour-

cen, bestimmt ist, sondern immer mehr auch durch die horizontalen Unterschiede des Lebensstils (Schneider & Spellerberg 1999, 129ff.). Aufgrund der unterschiedlichen Wohnungsstruktur und Wohnqualitäten in den Quartieren werden diese Unterschiede auch räumlich in einer disproportionalen Verteilung sichtbar (Herlyn 1998).

Veränderte Lebens- und Haushaltsformen und die demographische Entwicklung der Gesellschaft haben dazu beigetragen, dass sich der Idealtypus des modernen Wohnens aufzulösen beginnt beziehungsweise nicht mehr das dominierende Wohnmodell ist (Häussermann & Siebel 2000). Die Ausdifferenzierung von Lebens- und Haushaltsformen führt zu veränderten Wohnwünschen und Ansprüche ans Wohnen. Das oft stark normierte Wohnungsangebot steht deshalb nicht mehr in Einklang mit den heutigen Wohnbedürfnissen. Quartiere, die durch ein Wohnungsangebot gekennzeichnet sind, das diese neuen Ansprüche nur ungenügend erfüllt, verzeichnen eine Zunahme an sozialen Gruppen, die auf dem Wohnungsmarkt benachteiligt sind (Heye 2007). Das Phänomen segmentierter Wohnungsmärkte hat für die Quartiere je nach ihrer Wohnungsstruktur unterschiedliche Konsequenzen.

#### *Selektive räumliche Mobilität*

Die sozialen Differenzierungen, die sich aufgrund des sozialen und wirtschaftlichen Wandels ergeben, zeigen sich auch in der räumlichen Organisation der Gesellschaft. Dabei verteilen sich die gesellschaftlichen Gruppen nicht gleichmässig über den Raum, sondern zeigen eine mehr oder weniger starke Konzentration einzelner Gruppen in unterschiedlichen Räumen (Odermatt 1997). Diese Ungleichverteilung lässt sich sowohl zwischen den Regionen als auch innerhalb der Städte beobachten (Heye 2007). Ursache dieser Bevölkerungsverteilung sind zunächst einmal die individuellen Wohnstandortentscheide, die in ihrer Gesamtheit zu deutlichen Mustern residenzieller Segregation führen. Die selektive Zu- und Abwanderung in und aus dem Quartier verändert das Wohnumfeld in einem Quartier (Heye 2007). Die Wahl des Wohnstandorts hängt von den vorhandenen Ressourcen, dem Lebensstil und dem Stand im Lebenszyklus ab (Schneider & Spellerberg 1999, van Wezemael 2005, 121). Es sind mehrheitlich Familien, die das Leben in den Umlandgemeinden der Stadt vorziehen. Das liegt unter anderem daran, dass das Wohnungsangebot und die Qualitäten des Wohnumfelds in der Stadt den Ansprüchen vieler Familien nicht mehr entsprechen. Da die Mobilitätsbereitschaft in den höheren Altersgruppen zunehmend zurückgeht, kommt es in einigen Stadtteilen zur Konzentration von älteren Kohorten (Huber 2008; Heye & van Wezemael 2007).

*Lebensstile und soziale Milieus*

Mit den Konzepten der «Lebensstilgruppen» und «Sozialen Milieus» wird die Sozialstrukturanalyse, die sich bis dahin vorwiegend an den Begriffen Klasse und Schicht orientiert hat, um eine horizontale Dimension erweitert (Schneider & Spellerberg 1999, 95ff.; 7; Herlyn 1998, 151ff.). Diese Dimension bildet nicht ökonomisch bedingte Unterschiede ab, sondern Differenzen im Lebensentwurf. Die subjektiven Lebensweisen einer sozialen Gruppe werden durch deren objektive Lebensbedingungen zwar beeinflusst oder begrenzt, sie werden aber keineswegs völlig geprägt.

Der Lebensstil einer Person bestimmt wesentlich, wo sie wohnen möchte (Heye 2007, 1). Kenntnisse über soziale Milieus und die soziale Zusammensetzung in einer Liegenschaft und deren Umfeld sind für die Entscheidungsträger deshalb sehr relevante Faktoren, um die für die definierten Zielsetzungen geeigneten Strategien daraus abzuleiten. Abhängig von der Interessenslage des Entscheidungsträgers werden diese Informationen genutzt, um die geeignete Zielgruppe für ein Objekt zu eruieren oder um steuernden Einfluss auf die Entwicklung in einem Stadtteil zu nehmen.

*Eigentübertypen und Eigentumsverhältnisse*

Die Dynamik der baulichen Veränderungen in einem Quartier hängt sehr stark mit der Eigentümerstruktur zusammen, insbesondere dem Verhältnis von sozialem und frei finanziertem Wohnungsbau (Odermatt 1997). Die Eigentümer bestimmen durch ihr Handeln (Anpassung bzw. Erneuerung des Angebots, Vermietungspraxis, Mietkosten) die räumlich-soziale Wohnstandortverteilung. Nur wo grössere Bestände des kommunalen Wohnungsbaus in einem Quartier vorhanden sind, kann der Staat direkten Einfluss ausüben.

*Bau- und Zonenordnung*

Die gesetzlichen Grundlagen für die Nutzung des Raums haben entscheidenden Einfluss darauf, welche Art von Wohnungsnutzung an einem Ort entsteht und welche Bevölkerungssegmente sich dort niederlassen können (Odermatt 1997, 173ff.). Eine erste gesetzliche Festlegung unterscheidet Flächen, die für eine (teilweise) Wohnnutzung offen sind von denen, wo keine Wohnnutzung möglich ist. Durch eine detaillierte reglementarische Festlegung über die Art und Weise wie eine Wohnnutzung möglich ist, wird eine sehr weitgehende Bestimmung der tatsächlichen Nutzung erreicht. Mit der Vorgabe der maximalen Ausnützung eines Areals und der maximalen Zahl der Stockwerke (Ausnüt-

zungsziffern) wird der Spielraum für Bauprojekte eingeengt und damit häufig auch schon die potentiellen Marktsegmente definiert.

Im Weiteren haben staatliche Akteure als Eigentümer von Arealen Einflussmöglichkeiten indem sie diese Areale an ausgesuchte Wohnbauträger verkaufen oder im Baurecht vergeben (Odermatt 1997, 175). Die Vergabe im Baurecht kann mit Auflagen über die konkrete Nutzungsmöglichkeit durch den Bauträger verbunden sein.

### **3.4 Anforderungen an ein Entscheidungsunterstützungssystem**

Aus den Überlegungen in diesem Kapitel können einige Anforderungen abgeleitet werden, die ein Entscheidungsunterstützungssystem für wohnungswirtschaftliche Problemstellungen erfüllen sollte.

- Berücksichtigung der relevanten Kriterien  
Die Kriterien, die Entscheidungsträger verwenden, müssen im Entscheidungsprozess berücksichtigt werden, sofern entsprechende Daten verfügbar sind.
- Auswahl der Kriterien muss interaktiv möglich sein.
- Gewichtung der Kriterien muss für unterschiedliche Akteure gemäss ihren Vorstellungen interaktiv möglich sein.

Die Zielgruppen für ein System zur Entscheidungsunterstützung haben teilweise divergierende Zielorientierungen. Deshalb muss es möglich sein, dass diejenigen Kriterien ausgewählt werden können, die der Entscheidungsträger in einer gegebenen Situation als relevant erachtet. Ebenso muss die Möglichkeit bestehen, dass die ausgewählten Kriterien durch den Entscheidungsträger gemäss seiner Interessenslage gewichtete werden können.

- Umgang mit einer Vielzahl, teilweise inkommensurabler Kriterien  
Die Einflussfaktoren auf die räumlich-soziale Wohnstandortverteilung, die Präferenzen der Wohnungssuchenden und die daraus abgeleiteten Strategien der Entscheidungsträger beruhen auf einem komplexen Geflecht von Kriterien. Ein System zur Entscheidungsunterstützung muss deshalb fähig sein damit umzugehen.
- Die Raumwirksamkeit dieser Entscheidungen muss berücksichtigt werden.  
Die Kriterien, die für die Entscheidungsträger wichtig sind, weisen meistens einen räumlichen Bezug auf. Deshalb ist es notwendig, dass ein System zur Entscheidungsunterstützung die räumliche Dimension mit einbezieht. Aus diesen Gründen stehen Ansätze der räumlichen Entscheidungsunterstützung im Vordergrund.

## 4 Räumliche Entscheidungsunterstützung

In diesem Kapitel werden die relevanten Grundlagen und Methoden für ein räumliches Entscheidungsunterstützungssystem auf dem Hintergrund der Problemstellung vorgestellt. Nach einem Überblick zum Einsatz und Anwendungsbereich werden wichtige Methoden und Begriffe erläutert. Eingehend wird die multikriterielle Entscheidungsanalyse beschrieben, da sie sich besonders für diese Problemstellung eignet. Wie in Kapitel 3 erörtert, spielt die räumliche Dimension eine wichtige Rolle für die Entscheidungsfindung in der Wohnungswirtschaft. Deshalb gilt der Kombination der Methoden der Entscheidungsunterstützung mit GIS Funktionen ein besonderes Augenmerk. Abschliessend werden die notwendigen Komponenten und die Architektur eines solchen Systems beschrieben.

### 4.1 Überblick über die räumliche Entscheidungsunterstützung

#### 4.1.1 Einsatz räumlicher Entscheidungsunterstützung

Das Ziel jedes Entscheidungshilfemodells ist es, dem Entscheidungsträger bei seiner Entscheidung zu helfen (Chakhar & Martel 2004, 101). Abhängig von der Problemformulierung kann die Art der abschliessenden Empfehlung einer Entscheidungsunterstützung einem unterschiedlichen Typ zugeordnet werden (vgl. Tab. 1). In der Praxis können aber auch mehrere Typen bei einem gegebenen Problem Verwendung finden. Bei der *auswahlorientierten* Formulierung ist das Ziel, dass eine oder mehrere Alternativen ausgewählt werden, die der Zielvorgabe am besten entsprechen. Bei der *sortierungsorientierten* und bei der *rangierungsorientierten* Formulierung geht es um die Ordnung möglicher Lösungsmöglichkeiten (Alternativen). Entweder werden sie einer Kategorie zugeordnet oder sie werden rangiert. In beiden Fällen kann der Entscheidungsträger davon profitieren, dass die Problemlage nun nicht mehr unstrukturiert und unübersichtlich ist, sondern dass es nun einfacher ist, eine informierte und nachvollziehbare Entscheidung zu fällen. Die beschreibungsorientierte Formulierung dient vorwiegend einer besseren Verständlichkeit der Problemlage und dadurch beispielsweise der Kommunikation zwischen verschiedenen Akteuren.



Tab. 1: Problemformulierung bei der Entscheidungshilfe

<b>Problemformulierung</b>	<b>Zielvorgabe</b>
auswahlorientiert	Auswahl eines eingeschränkten Sets von Alternativen
sortierungsorientiert	Zuweisung von Alternativen zu verschiedenen vorher festgelegten Kategorien
rangierungsorientiert	Klassifizierung der Alternativen von am besten bis am schlechtesten
beschreibungorientiert	Beschreibung der Alternativen und der daraus folgenden Ergebnisse

Quelle: nach Chakhar & Martel 2004, 101

Czeranka zählt fünf Merkmale auf, die für den Einsatz von Methoden der Entscheidungsunterstützung sprechen (Czeranka 1999):

1. Fehlende Fakten oder anerkannte klare Regeln, anhand derer eindeutige Entscheidungen zu fällen sind
2. Unterschiedliche Präferenzen bei der Gewichtung von Kriterien durch verschiedene Entscheidungsträger/Akteure
3. Widersprechende und unvereinbare Kriterien
4. Mehrere brauchbare Alternativen/Lösungsstrategien vorhanden
5. wenn ein Problem mit den zur Verfügung stehenden Daten oder Kenntnissen nicht (oder nicht optimal) lösbar ist; wenn also die Erarbeitung einer Kompromisslösung notwendig wird.

Zu *Punkt 1*: Fehlende Fakten oder anerkannte Regeln verunmöglichen eine rein rechnerische Lösung eines Problems. Die Entscheidungsträger müssen deshalb ihre Erfahrung in den Entscheidungsprozess einfließen lassen, z.B. bei der Definition von Kriterien und Alternativen.

Zu *Punkt 2*: Eine zentrale Funktion der Entscheidungsunterstützung ist die Berücksichtigung der individuellen Präferenzen. Jede Problemlage kann durch unterschiedliche Personen verschieden eingeschätzt werden. Diese Unterschiede gründen in persönlichen Einstellungen oder einer Perspektive, die aufgrund der beruflichen Funktion eingenommen wird. Ein Instrument zur Entscheidungsunterstützung muss diese Präferenzen in den Entscheidungsprozess einbinden. Dies geschieht üblicherweise durch die Gewichtung der Kriterien, die als Entscheidungsgrundlage berücksichtigt werden. Dadurch wird es auch möglich Einstellungen aktiv in die Entscheidung einzubringen.

Zu *Punkt 3*: Sich widersprechende oder unvereinbare Kriterien sollten so in die Entscheidungsfindung einbezogen werden können, dass die Entscheidung letztendlich intersubjektiv nachvollziehbar wird. Damit dies möglich wird, muss ein gemeinsamer Massstab für alle Kriterien gefunden werden. Es gibt verschiedene Methoden, die dazu dienen (vgl. Kapitel 4.2.1).

Zu *Punkt 4*: Häufig steht ein Entscheidungsträger vor dem Problem, dass es mehrere mögliche Lösungen für ein Problem gibt. Ein Instrument zur Entscheidungsunterstützung kann in einer solchen Situation die alternativen Lösungen bewerten und somit eine kontrollierte Auswahl der besten Lösung ermöglichen. Damit dies möglich ist, müssen Kriterien zur Bewertung der Alternativen definiert werden und unterschiedliche Präferenzen müssen berücksichtigt werden.

Zu *Punkt 5*: Die Verwendung von Methoden der Entscheidungsunterstützung liefert eine transparente und nachvollziehbare Diskussionsgrundlage.

#### **4.1.2 Aspekte der räumlichen Entscheidungsunterstützung**

Die räumliche Entscheidungsunterstützung vereint drei notwendige Aspekte, die ihre Besonderheit ausmachen. Zwei Aspekte teilt sie mit der nicht-räumlichen Entscheidungsunterstützung. Das sind *erstens* die Kriterien und deren Ausprägung, die zur Beschreibung eines Sachverhalts verwendet werden. *Zweitens* ist es die Präferenzstruktur des Entscheidungsträgers, die im Prozess der Entscheidungsfindung abgebildet werden muss, damit ein DSS seine Funktion erfüllen kann. Zu diesen beiden Aspekten gesellt sich nun in der räumlichen Entscheidungsunterstützung die geographische Komponente (Ascough et al. 2002, 175). Zur Analyse einer Problemstellung braucht es Angaben zur räumlichen Lokalisierung des Objekts des Entscheidungsprozesses. Diese Georeferenzierung ergänzt die Angaben zu den Kriterienwerten und deren Gewichtung durch den Nutzer. Die Standortwahl kann also allgemein auf zwei Fragen reduziert werden: Was gemacht werden soll und wo es realisiert werden soll (Al-Shalabi et al. 2006, 6).

Die Addierung der räumlichen Komponente zur Entscheidungsunterstützung hat zur Folge, dass Daten mit räumlichem Bezug bearbeitet werden müssen. Damit werden auch GIS Funktionalitäten wichtig (Laudien & Bareth 2007, 17).

Das Themenfeld der räumlichen Entscheidungsunterstützung kann anhand folgender Aspekte näher beschrieben werden (vgl. University of Redlands and the SDS Consortium 2009; Li et al. 2008, 122):

- **Problemtyp**

Der Problemtyp ergibt sich aus der Problemstellung und der Zielsetzung, die mit der Entscheidungsunterstützung verbunden sind. Er wird unter anderem charakterisiert durch die Art des räumlichen Bezugs, die Anzahl und Art der verwendeten Kriterien, die Anzahl der Entscheidungsalternativen und die Anzahl beteiligter Personen.
- **Entscheidungskontext**

Der Entscheidungskontext umfasst verschiedene Faktoren, die den Entscheidungsprozess und die Ergebnisse beeinflussen. Dazu gehören der Problemtyp (siehe oben) und das Anwendungsgebiet. Daneben darf aber auch der Einfluss des institutionellen, sozialen und geographischen Kontexts nicht unterschätzt werden.
- **Entscheidungsprozess**

Der typische Entscheidungsprozess kann ganz allgemein anhand seiner Hauptphasen und der wichtigsten Schritte beschrieben werden. Daraus lassen sich auch typische Abläufe des Entscheidungsprozesses ableiten (vgl. Kapitel 4.1.3).
- **Methoden und Techniken räumlicher Entscheidungsunterstützung**

Es gibt verschiedene Ansätze sowie verschiedene Methoden und Techniken, die in unterschiedlichen Phasen der Entscheidungsfindung eingesetzt werden. Die Wahl des Ansatzes und der Methoden ist von der konkreten Problemstellung abhängig (vgl. Kapitel 4.2).
- **Daten**

Wie beim GIS kommt auch bei der (räumlichen) Entscheidungsunterstützung den Daten eine entscheidende Bedeutung zu. Ohne die benötigten Daten kann mit solchen Systemen keine Entscheidungsunterstützung geleistet werden. Die Problemformulierung für den Entscheidungsprozess muss deshalb der vorhandenen Datenlage angepasst werden.
- **Einzelentscheidungen vs. Gruppenentscheidungen**

Ein weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal für die Entscheidungsunterstützung ist die Unterscheidung zwischen Einzelentscheidungen und Gruppenentscheidungen. Bei Gruppenentscheidungen können zwei weitere Typen unterschieden werden: Die *Kollaboration* und die *Partizipation*. Bei der Kollaboration stellt sich das Problem, wie eine Gruppe von Personen sich auf eine gemeinsame Entscheidung festlegen kann. Dazu ist es nötig, dass im Rahmen des Entscheidungsprozesses eine Kompromisslösung gefunden wird. SDSS hel-

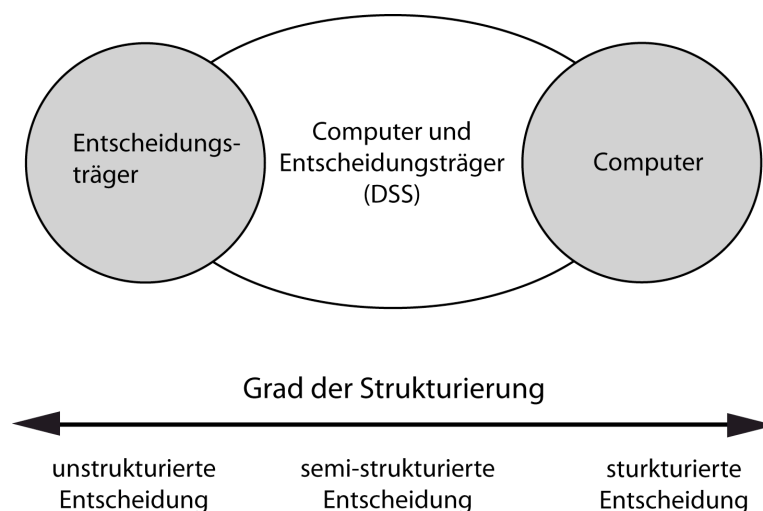
fen bei diesem Prozess, indem die verwendeten Kriterien und die einflussenden Präferenzen transparent und intersubjektiv nachvollziehbar werden. Bei der Partizipation kommt ein weiterer Typ der Entscheidungsfindung hinzu, der innerhalb eines grösseren Kontexts der partizipativen Beteiligung steht.

### *Strukturierungsgrad des Entscheidungsproblems*

Ein Entscheidungsproblem kann nach dem Grad der Strukturierung klassifiziert werden (Malczewski 1999, 278). Jedes Entscheidungsproblem liegt auf einem Kontinuum zwischen unstrukturierter Entscheidung und vollkommen strukturierter Entscheidung (vgl. Abb. 3). Bei vollständig strukturierten Entscheidungsproblemen gibt es keine Unsicherheiten über die relevanten Kriterien und keinen Einfluss durch die Präferenzen des Entscheidungsträgers. Alle Elemente des Entscheidungsprozesses sind bekannt. Deshalb können die Probleme dieses Typs vollständig durch ein Computerprogramm gelöst werden. Der Entscheidungsträger muss sich nicht mit dem Entscheidungsprozess befassen, sondern kann sich auf die Interpretation der gelieferten Resultate konzentrieren.

Ein unstrukturiertes Problem liegt dann vor, wenn es schlecht definiert ist und kein allgemeingültiges Modell oder eine Theorie zur Verfügung steht, die dem Entscheidungsträger eine Strukturierung ermöglichen. In diesem Fall kann ein Computerprogramm nicht weiterhelfen und der Entscheidungsträger muss sich vorwiegend auf seine Erfahrung verlassen.

Abb. 3: Grad der Strukturierung der Entscheidung



Quelle: Malczewski 1999, 278

Viele Entscheidungsprobleme liegen zwischen diesen beiden Polen. Probleme sind schlecht oder nur teilweise strukturiert, wenn die Entscheidungsträger das Problem nicht genau definieren können und die Zielsetzungen nur ungenügend formulieren können (Ascough et al. 2002, 176). Wenn eine Problemlage komplex ist, weil viele Faktoren berücksichtigt werden, oder wenn unterschiedliche Interessenslagen die Entscheidungsfindung beeinflussen, ist es schwierig ein Problem völlig zu strukturieren. Es bleibt ein offener Spielraum, in dem der Entscheidungsträger in den Entscheidungsprozess eingreift. Bei diesen sogenannten semi-strukturierten Entscheidungen können Entscheidungsunterstützungssysteme zum Einsatz kommen. Der Entscheidungsträger wird durch den Computer unterstützt, muss aber in einem interaktiven Vorgang den Entscheidungsprozess steuern. Für die erfolgreiche Planung eines DSS muss der Grad der Strukturierung berücksichtigt werden (Malczewski 1999, 279).

#### **4.1.3 Phasen des räumlichen Entscheidungsfindungsprozesses**

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Phasen des Entscheidungsfindungsprozesses beschrieben. Es gibt verschiedene Ansätze diesen Prozess in Phasen aufzuteilen (vgl. Malczewski 1999, Czeranka 1999, Jankowski 1995). Alle diese Ansätze sind aber in ihrer Ausrichtung vergleichbar und nehmen teilweise auch aufeinander Bezug.

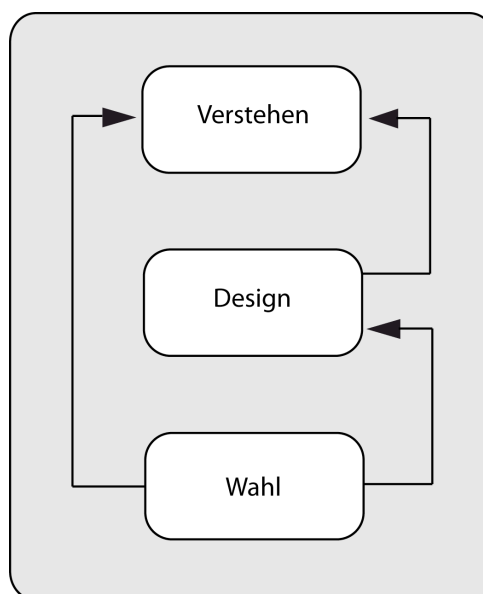
Malczewski unterscheidet drei Hauptphasen im Entscheidungsfindungsprozess (vgl. Abb. 4). Er bezieht sich dabei auf eine Arbeit von *Simon* aus dem Jahr 1960. Diese Phasen sind *Verstehen* (intelligence), *Design* und *Wahl* (choice). Jankowski wählt ein aus vier Phasen bestehendes Modell (Jankowski 1995, 253-254), das sich ebenfalls auf Arbeiten von *Simon* stützt. Er betont darin die *procedural rationality*, also eine Rationalität, die sich an einem konkreten Verfahren orientiert. In diesem Fall ist damit der Prozess gemeint, in dem die Akteure zu einer unter den gegebenen Umständen und Interessenslagen vernünftigen Entscheidung gelangen. Die vier Phasen sind: *Problemdefinition*, *Suche nach Alternativen und Auswahlkriterien*, *Beurteilung der Alternativen* und *Auswahl der Alternativen*. Nachfolgend werden die Phasen dieser beiden Modelle kurz beschrieben. Die ersten beiden Phasen entsprechen sich in den beiden Modellen weitgehend. Die letzten beiden Phasen von Jankowski werden bei Malczewski zusammengefasst.

In der Verstehensphase oder der Phase der Problemdefinition geht es darum, eine Problemlage zu erkennen und die Zusammenhänge zu verstehen. Der Gegenstand des Entscheidungsprozesses sowie die Zielsetzung müssen festgelegt werden. Ausgangspunkt bildet die Diskrepanz zwischen der gewünschten und der tatsächlichen Realität, die das

Bedürfnis nach einer Veränderung weckt. Dazu müssen Entscheidungen gefällt werden. Bei räumlichen Problemstellungen helfen in dieser Phase geographische Informationssysteme. Wichtig sind neben der Datenhaltung und der visuellen Präsentation, vor allem auch die Analysekapazitäten des GIS. Mit ihrer Hilfe können die relevanten Kriterien, die das aufgeworfene Problem am besten abbilden, eruiert werden. Die Anwendung eines SDSS ist dann sinnvoll, wenn Entscheidungen gefragt sind, um ein Problem zu lösen oder Entwicklungsoptionen abgewogen werden sollen.

In der Designphase sollen Lösungsmöglichkeiten (Alternativen) für die aufgeworfenen Probleme gesucht und entwickelt werden. Es werden Modelle der für die Entscheidungsfindung relevanten Sachverhalte entworfen und mit deren Hilfe Alternativen zum Status Quo analysiert. Wichtig ist die Festlegung der Kriterien, anhand deren die Alternativen beurteilt werden können. Am Ende der Designphase stehen eine oder mehrere mögliche probate Lösungen, die als Alternativen zu einander in Konkurrenz stehen und nicht alle zusammen umgesetzt werden können. Es muss also eine Entscheidung zwischen ihnen getroffen werden.

Abb. 4: Drei Hauptphasen des Entscheidungsfindungsprozesses



Quelle: Malczewski 1999, 75

In der dritten Phase werden die zur Auswahl stehenden Alternativen beurteilt. Es wird bewertet, welche Auswirkung jede Alternative auf die Werte der Auswahlkriterien hat, die in der vorhergehenden Phase bestimmt wurden.

In der letzten Phase geht es um die Wahl der besten Alternative, aus allen möglichen Lösungen, die in der Designphase entwickelt wurden. Damit eine Entscheidung für eine Alternative möglich ist, braucht es Entscheidungsregeln (vgl. Kapitel 4.2.2), welche die verschiedenen Alternativen unter Berücksichtigung der Präferenzen des Entscheidungsträgers gegeneinander abwägen und schliesslich in eine Rangfolge bringen.

Diese drei Phasen müssen sich nicht streng linear folgen, ein Vor- und Zurück zwischen ihnen ist häufig notwendig (Malcewski 1999, 73). Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn überprüft werden muss, ob eine im Designstadium gefundene Lösung auch tatsächlich der Problemlage gerecht wird.

## **4.2 Methoden der räumlichen Entscheidungsunterstützung**

### **4.2.1 Methoden in der Entscheidungsunterstützung**

Diverse Methoden können eine Funktion im Entscheidungsprozess übernehmen. Sie dienen teilweise auch der Vorbereitung der eigentlichen Entscheidung, indem sie entweder die Auswahl der Kriterien unterstützen oder bei der Aufbereitung der Daten helfen (Czeranka 1999):

#### *Fachwissenschaftliche Methoden*

Diese Methoden kommen hauptsächlich in der *Intelligence* Phase (vgl. Kapitel 4.1.3) des Entscheidungsfindungsprozesses zum Einsatz. Sie helfen, die Problemzusammenhänge besser zu verstehen und dienen der Auswahl der Kriterien, die zur Beschreibung des Gegenstandes des Entscheidungsfindungsprozesses und zur Beurteilung der zur Auswahl stehenden Alternativen herangezogen werden. Für die räumliche Entscheidungsunterstützung stehen für diesen Zweck die Methoden der räumlichen Analyse im Vordergrund wie sie in den meisten GIS implementiert sind. Ergänzend werden auch weitere statistische Methoden verwendet.

#### *Aggregationsmethoden*

Aggregationsmethoden verhelfen zu einer besseren Übersicht über die vorhandenen Daten. Dies dient dem besseren Verständnis und erleichtert dadurch die Modellbildung und das Auffinden von Entscheidungsalternativen. Auch diese Methoden sind für räumliche Probleme in GIS implementiert. (vgl. Aggregation der gewichteten Kriterienwerte für jede Alternative in der MCDA (Kapitel 4.2.3)).

### *Standardisierungsmethoden*

Diese Methoden haben eine zentrale Bedeutung für die multikriterielle Entscheidungsfindung (vgl. Kapitel 4.2.2). Damit eine Entscheidung zwischen verschiedenen Alternativen, die durch mehrere Kriterien bewertet werden, getroffen werden kann, müssen diese Kriterien auf einer einheitlichen Skala gemessen werden. Verschiedene Techniken sorgen dafür, dass Kriterien kommensurabel werden. Die am häufigsten verwendete Standardisierungsmethode in GIS-basierten SDSS ist die lineare Skalentransformation (Chakhar & Mousseau 2008, 750). Der Vorteil dieser Methode gegenüber anderen ist, dass sie relativ einfach implementiert werden kann.

Es gibt verschiedene Methoden der linearen Skalentransformation. Die zwei gebräuchlichsten sind die *maximum score* Prozedur und die *score range* Prozedur (Malczewski 1999, 117-118). Bei der *maximum score* Methode wird jeder Kriterienwert durch den höchsten Wert des jeweiligen Kriteriums geteilt. Der Vorteil dieser Methode ist, dass die Differenzen zwischen den Kriterienwerten proportional bleiben zu den Differenzen der Ausgangswerte. Der Nachteil ist, dass der minimale Wert grösser als null sein kann (während der maximale Wert immer gleich eins ist), was eine Interpretation erschwert.

Bei der *score range* Methode wird jeder Kriterienwert durch die Spannweite des jeweiligen Kriteriums geteilt. Jedes standardisierte Kriterium hat danach einen minimalen Wert von null und einen maximalen Wert von eins. Der Nachteil dieser Methode liegt darin, dass die Differenzen zwischen den Kriterienwerten nicht mehr proportional zu denjenigen der Ausgangswerte sind.

Eine andere Methode der Standardisierung ist der *value/utility function* Ansatz (Malczewski 1999, 119-124). Er ist etwas aufwendiger in der Implementierung als die lineare Skalentransformation. Bei dieser Methode werden die Präferenzen der Entscheidungsträger in die Transformation miteinbezogen. Dies kann als ein Nachteil der Methode angesehen werden, da dadurch ein Vergleich der verwendeten Kriterien ohne subjektive Gewichtung nicht möglich ist.

### *Bewertungsmethoden*

Diese Methoden berechnen aus Eigenschaften des Gegenstands der Entscheidungsfindung die Kriterienwerte, die für die Evaluierung der zur Auswahl stehenden Alternativen benötigt werden (vgl. Kapitel 4.2.3).



### *Evaluierungsmethoden*

Diese Methoden vergleichen die Werte der Kriterien, die zur Entscheidungsfindung herangezogen werden. Als Resultat werden die Alternativen ermittelt, die als Lösung in Frage kommen (vgl. Kapitel 4.2.3).

### *Entscheidungsmethoden*

Mit Hilfe dieser Methoden wird aus den in Frage kommenden Alternativen die beste Lösung ermittelt. Dies kann beispielsweise durch eine Rangordnung der Alternativen geschehen (Chakhar & Mousseau 2008, 751; vgl. Kapitel 4.2.3). Diese Methoden sind in einem SDSS meistens implementiert, sofern es eine Verbindung von GIS und speziellen Entscheidungsfindungssystemen ist. Welche Möglichkeiten bestehen, um diese Verbindung herzustellen, wird in Kapitel 4.3.2 erläutert.

Es gibt verschiedene Ansätze zur Entscheidungsfindung (University of Redlands and the SDS Consortium 2009). Alle haben ihre Vor- und Nachteile und eignen sich für unterschiedliche Entscheidungsprobleme. Es werden hier einige Ansätze zur Auswahl von Entscheidungsalternativen kurz beschrieben und es wird erläutert, wieso hier der Ansatz der multikriteriellen Entscheidungsfindung weiterverfolgt wird.

### *Multikriterielle Entscheidungsanalyse*

Die multikriterielle Entscheidungsanalyse (MCDA) ist ein Verfahren zur Lösung komplexer Probleme, mit dessen Hilfe alternative Lösungsmöglichkeiten evaluiert werden (vgl. Kapitel 4.2.3). Die Basis für die Evaluation bildet eine Anzahl von Kriterien, die durchaus unvereinbar und widersprüchlich sein können. Ein Vorteil dieser Methode ist, dass die Präferenzen des Entscheidungsträgers durch die Gewichtung der Kriterien relativ einfach in die Entscheidungsfindung einfließen können.

Die multikriterielle Entscheidungsanalyse und ihre räumliche Varianten können auch als generelles Modell für ein *Decision Support System* interpretiert werden: «Many researchers in information sciences recognize that the multicriteria decision problem is at the core of decision support. [...] Given that the aims of MCDM analysis match closely the objectives of DSSs [...], one can consider a MC-DSS as a generalization of the DSS concept [...]. Indeed, the implicit or explicit assumption behind the DSS concept is that the system offers support for multicriteria decision making. Like conventional MC-DSS, multicriteria-spatial DSS (MC-SDSS) can be viewed as a spatial DSS (SDSS). We

suggest that the essential difference between these two concepts is that MC-SDSSs emphasize the multicriteria character of spatial decision making» (Malczewski 1999, 289).

### *Optimierungsverfahren*

Mit Optimierungsverfahren wird versucht, die beste Lösung für eine gegebene Zielsetzung zu finden. Dazu werden Funktionen verwendet, um ein Mass zu maximieren oder zu minimieren. Der Vorteil im Gegensatz beispielsweise zur multikriteriellen Analyse ist, dass aus einer beinahe unendlichen Menge von Alternativen die beste Lösung ausgewählt werden kann. Bei der MCDA ist das in der praktischen Anwendung nicht möglich, da eine zu grosse Menge von Alternativen nicht verglichen werden kann. Die Optimierungsverfahren sind hingegen weniger geeignet, die individuellen Präferenzen situationsbezogen in den Entscheidungsfindungsprozess einfliessen zu lassen, da die zugrundeliegenden Funktionen hierfür weniger geeignet sind (University of Redlands and the SDS Consortium 2009).

### *Prognosen/Simulation*

Diesen beiden Methoden ist gemeinsam, dass mit ihnen gewissermassen experimentelle Aussagen über mögliche Entwicklungen gemacht werden, die dann als Grundlage für eine Entscheidung dienen. Für diese Vorhersagen werden Modelle verwendet, welche die realen Situationen möglichst genau abbilden. Im Gegensatz zu den Optimierungsverfahren wird hier nicht von einer Zielsetzung ausgegangen, sondern von Vorgängen, deren Auswirkungen untersucht werden.

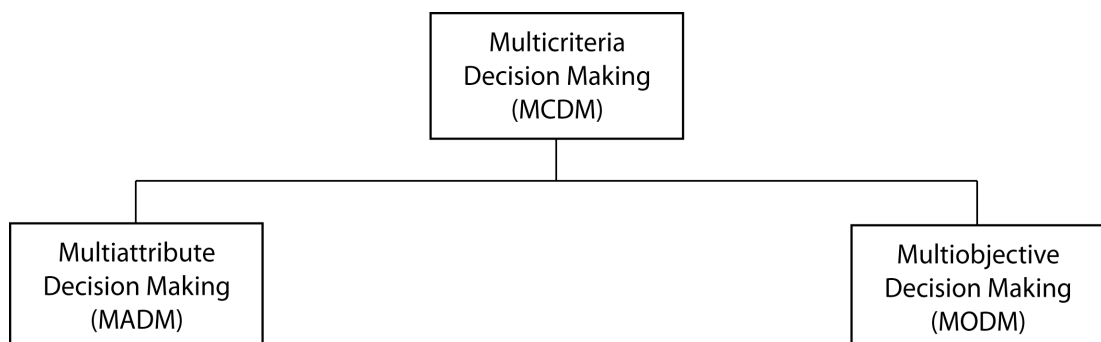
Eine wesentliche Eigenschaft von Entscheidungsfindungsmethoden bzw. von Ansätzen zur Entscheidungsunterstützung ist, dass die subjektiven Präferenzen der Nutzer Eingang in den Entscheidungsprozess finden (Al-Shalabi et al. 2006, 4). Dies geschieht zum einen durch die Auswahl relevanter Kriterien, die zumindest teilweise von der individuellen Interpretation bzw. der Interessenslage (Ziele und Zwecke) des Nutzers abhängt. Zum anderen muss es möglich sein, dass der Nutzer die Kriterien verschieden gewichtet, indem er ihnen unterschiedliche Werte oder Prioritäten zuweist. Die Präferenzen können aber auch zur Auferlegung von Einschränkungen bzw. Randbedingungen führen, die gewisse Lösungen von vorneherein ausschliessen.

#### 4.2.2 Klassifikation der multikriteriellen Entscheidungsanalyse

Die Wahl einer spezifischen Methode der multikriteriellen Entscheidungsfindung hängt wesentlich von der Problemstellung ab (Al-Shalabi et al. 2006, 4). Es wurden verschiedene Methoden der multikriteriellen Entscheidungsanalyse entwickelt. Ihr hauptsächlichster Unterschied liegt in der Art der verwendeten Aggregationsmethoden, mit der die verschiedenen Alternativen schlussendlich evaluiert werden (Chakhar & Martel 2004, 100).

Eine weitere Kategorisierung der MCDA, die häufig verwendet wird, ist die Unterscheidung von *Multi Attribute Decision-Making* (MADM) und *Multi Objective Decision-Making* (MODM) (vgl. Abb. 5). Bei der MADM wird die Entscheidung zwischen einer üblicherweise limitierten Anzahl von Alternativen getroffen, während es bei der MODM potentiell eine sehr hohe oder sogar unendliche Zahl von Lösungen gibt (Chakhar & Martel 2004, 99-100; vgl. Tab. 2).

Abb. 5: Klassifikation der multikriteriellen Entscheidungsfindung



Quelle: Malczewski 1999, 84

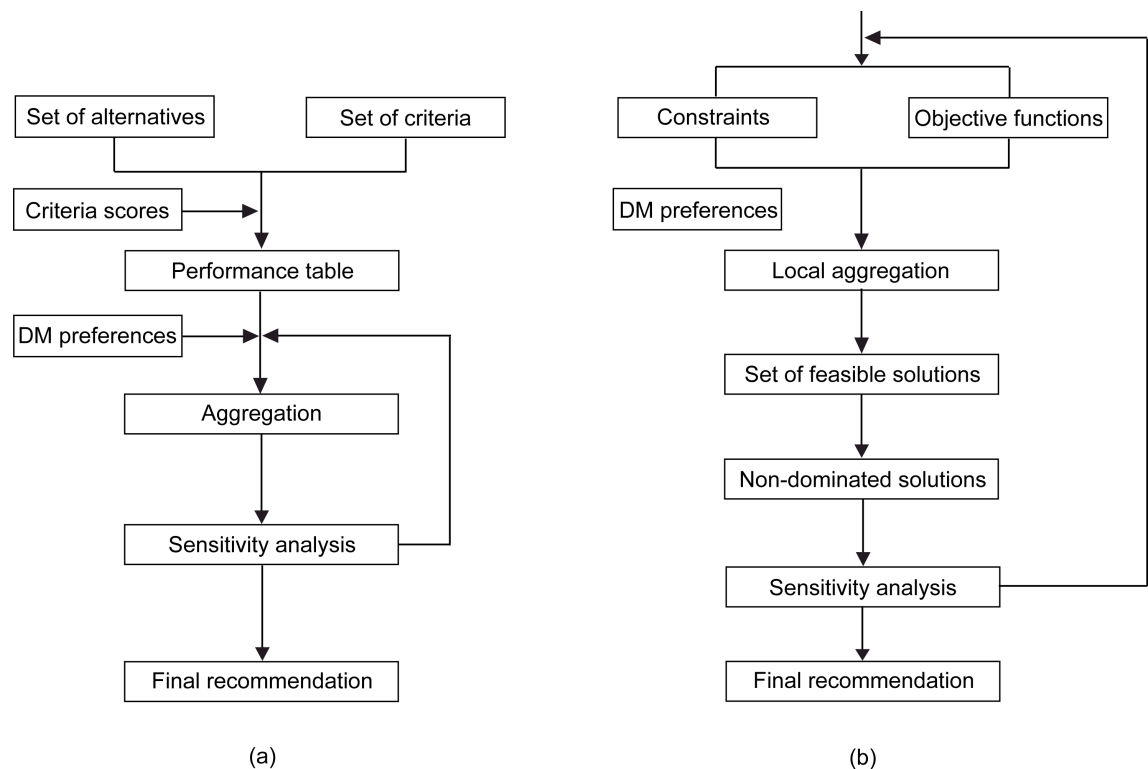
Tab. 2: Charakteristiken von MADM und MODM

<b>MADM</b>	<b>MODM</b>
Begrenzter Satz von Alternativen	Hohe oder unendliche Menge von gültigen Lösungen
Explizit definierter Satz von Alternativen	Implizit definierter Satz von gültigen Lösungen
Unterschiedliche Problemformulierungen	Auswahlorientierte Formulierung
Benötigt vorweg Informationen über die Präferenzen des Entscheidungsträgers	Benötigt viel weniger vorweg Informationen über die Präferenzen des Entscheidungsträgers

Quelle: Chakhar & Martel 2004, 102

Die MADM und MODM können jeweils in einem allgemeinen Prozessmodell dargestellt werden (vgl. Abb. 6). Im Zentrum der MADM steht eine *Performance Table* (Entscheidungsmatrix; vgl. Kapitel 4.2.3) in der die Kriterienwerte für einen Satz von Alternativen enthalten sind, die auf einem Satz von Kriterien beruhen. Das entscheidende Merkmal der MADM ist die Verwendung von Aggregationsverfahren (Chakhar & Martel 2004, 100-101). Mittels dieser Verfahren werden die verschiedenen Kriterienwerte unter Einbezug der Präferenzen des Entscheidungsträgers aggregiert. Die Aggregation dieser Werte erlaubt dem Entscheidungsträger nun die verschiedenen Alternativen anhand dieser Werte zu vergleichen.

Abb. 6: Allgemeine Modelle für MADM (a) und MODM (b)



Quelle: Chakhar & Martel 2004, 100

Ausgangspunkt für die MODM bilden eine Reihe von Bedingungen und eine Reihe von Zielfunktionen (Chakhar & Martel 2004, 101-102). Mit den Bedingungen werden die möglichen Eingangswerte eingeschränkt. Damit sind alle gültigen Lösungen durch die Bedingungen implizit festgelegt. Um die möglichen Lösungen festzulegen werden die Präferenzen der Entscheidungsträger in Form einer Gewichtung und die Angabe zur

Richtung der Zielfunktion (Minimierung oder Maximierung) benötigt. Mit diesen Angaben werden Lösungen gefunden, die nicht von anderen dominiert werden (non-dominated solutions), das heisst es gibt unter den jeweils gegebenen Bedingungen keine besseren Lösungen.

Mit dem MODM werden überwiegend auswahlorientierte Problemstellungen bearbeitet (vgl. Kapitel 4.1.1). Das heisst, dass nach der besten Lösung für eine gegebene Problemstellung gesucht wird.

In dieser Arbeit wird die MADM Form der Entscheidungsanalyse weiter verfolgt. Drei Gründe sprechen für diese Festlegung: *Erstens* geht es in der zugrundeliegenden Problemstellung nicht primär darum die eine, beste Lösung zu finden, sondern die vorhandenen Alternativen in einer nachvollziehbaren Weise zu bewerten und damit eine empirisch gestützte Entscheidungsgrundlage zu bieten. *Zweitens* ist im MADM von Vorteil, dass die Alternativen explizit definiert werden können, da diese Alternativen in den meisten Fällen bereits in der Diskussion sind, bevor zu einem SDSS gegriffen wird. *Drittens* spielen die Präferenzen der involvierten Entscheidungsträger eine wichtige Rolle in der Problemstellung dieser Arbeit. Mit dem MADM können diese Präferenzen in einer transparenten Weise in das Modell einfließen.

#### **4.2.3 Komponenten und Ablauf der multikriteriellen Entscheidungsanalyse**

Aufgrund der Problemstellung dieser Arbeit ist die multikriterielle Entscheidungsanalyse am besten geeignet, da sie sowohl zweckmässig ist für den Umgang mit einer grösseren Anzahl von (unvereinbaren) Kriterien als auch für den Einbezug der individuellen Präferenzen unterschiedlicher Entscheidungsträger. Im Folgenden werden die wichtigsten Komponenten und Begriffe der multikriteriellen Entscheidungsanalyse beschrieben.

Der grundlegende Zweck der multikriteriellen Entscheidungsanalyse ist es, den Entscheidungsträger dabei zu unterstützen, die beste Alternative aus einer Anzahl von möglichen Alternativen zu finden (Jankowski 1995, 270). Dabei sind mehrere Auswahlkriterien und verschiedene Prioritäten involviert. Als Leitfaden für die Beschreibung der MCDA und um die wesentlichen Merkmale im Zusammenhang zu erörtern dient folgendes Zitat: «At the most rudimentary level, a spatial multicriteria decision problem involves a set of geographically defined alternatives (events) from which a choice of one or more alternatives is made (their ordering performed) with respect to a given set of evaluation criteria (...)» (Malczewski 1999, 90).

Die multikriterielle Entscheidungsfindung kann in sechs Komponenten unterteilt werden (für Punkt 1 bis 6 vgl. Malczewski 1999, 82 – 85; vgl. Abb. 7):

### 1) Zielsetzungen

An oberster Stelle stehen eine oder mehrere Zielsetzungen, die der Entscheidungsträger zu erreichen versucht. Die ganzen Anstrengungen der Entscheidungsfindung sind darauf konzentriert eine Veränderung der gegenwärtigen Situation herbeizuführen oder, als ein Spezialfall davon, eine Begründung für die Beibehaltung des Status Quo zu geben.

### 2) Entscheidungsträger und ihre Präferenzen

Je nach Situation sind ein oder mehrere *Entscheidungsträger* in den Prozess involviert. Ein Entscheidungsträger kann dabei aus einer oder mehreren Personen bestehen (z.B. ein Amt). Ein wichtiges Element ist die Einstellung, die ein Entscheidungsträger bezüglich des Gegenstands der Entscheidung und den Evaluationskriterien einnimmt. Diese individuellen Einstellungen, die oft die Interessenslage einer Organisation widerspiegeln, werden als *Präferenzen* bezeichnet. Die Präferenzen der Entscheidungsträger zeigen sich in der relativen Wichtigkeit eines Evaluationskriteriums. Operationalisiert werden die Präferenzen durch die Gewichtung der Evaluationskriterien. Entscheidungsträger und ihre Präferenzen gehören zusammen und sind ein konstitutives Element der MCDA.

### 3) Kriterien für die Evaluation

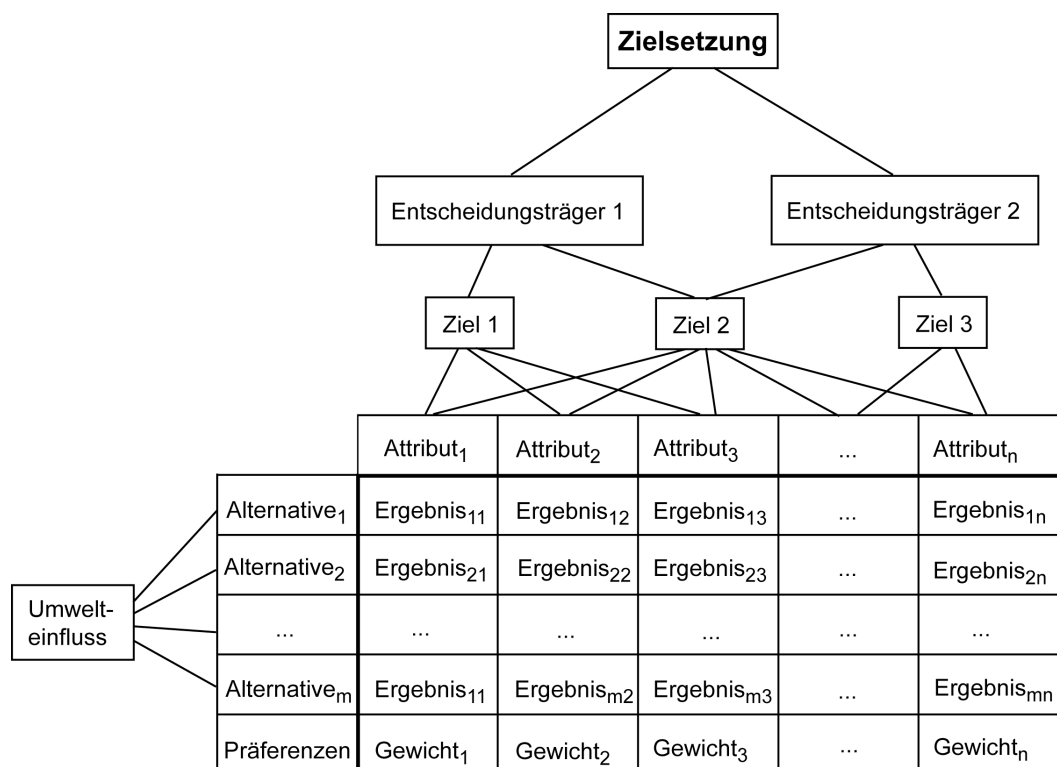
Die Evaluationskriterien sind die Basis für den Vergleich und die Rangierung von Entscheidungsalternativen. Kriterium ist ein allgemeiner Begriff. Je nach Form der MCDA sind diese Kriterien Zielsetzungen (*objective*) und/oder Attribute (*attributes*). Attribute sind, bei räumlichen Problemstellungen, die Eigenschaften eines Objekts im geographischen Raum. Genauer: Sie sind die Qualität oder Quantität einer geographischen Entität oder einer Beziehung zwischen geographischen Entitäten. Die Entitäten oder die Beziehungen zwischen Entitäten werden im Kontext der multikriteriellen Analyse als Objekte der Entscheidung bezeichnet.

Zielsetzungen sind hingegen Aussagen über einen gewünschten Zustand. Sie stehen in einer engen Beziehung zu den Attributen eines Objekts. Damit sie in der Entscheidungsfindung verwendet werden können, müssen ihnen Attribute zugewiesen werden.

#### 4) *Entscheidungsalternativen*

In der Entscheidungsfindung wird eine Entscheidung nicht im luftleeren Raum gefällt, sondern zwischen konkreten und bewerteten Alternativen vorgenommen. «The decision outcomes depend on the set of attributes for evaluating alternatives.» (Malczewski 1999, 83). Die Bewertung erfolgt über die Zuweisung von Werten zu den Kriterien.

Abb. 7: Komponenten der multikriteriellen Entscheidungsfindung und ihre Beziehungen



Quelle: Malczewski 1999, 82

#### 5) *Entscheidungskontext*

Jede Entscheidung bewegt sich in einem bestimmten Kontext, der einen Einfluss auf die Entscheidungsfindung hat (vgl. Kapitel 4.1.2). Dieser Umwelteinfluss weist verschiedene Faktoren auf, die durch den Entscheidungsträger nicht kontrolliert werden können. Unter sonst gleichbleibenden Bedingungen hinsichtlich Zielsetzungen, Gewichtung der Attribute und ausgewählten Alternativen, können Veränderungen in der Entscheidungsumwelt die Ergebnisse verändern. Diese Einflüsse sind nicht immer vorhersehbar und können deshalb zu Unsicherheiten über das erwartete Ergebnis einer Entscheidung führen.

### *6) Ergebnisse einer Entscheidung*

Für jedes Kriterium, das zur Evaluation einer Alternative herangezogen wird, kann ein Ergebnis festgehalten werden. Dies geschieht in einer Entscheidungsmatrix, so wie es in Abbildung 7 dargestellt ist. Eine Zelle repräsentiert das Ergebnis einer Entscheidung mit einer spezifischen Alternative und einem spezifischen Attribut (Jankowski 1995, 255). Mit Hilfe von Aggregationsmethoden werden diese Zellenwerte für eine Alternative zusammengefasst und zusätzlich mit den Präferenzwerten gewichtet (vgl. weiter unten).

### *Entscheidungsablauf*

Die genannten Komponenten sind im Entscheidungsprozess in einen Ablauf eingebunden. Orientiert an dem Entscheidungsfindungsprozess, wie er in Kapitel 4.1.3 beschrieben wurde, kann der prototypische Ablauf der räumlichen, multikriteriellen Entscheidungsfindung folgendermassen zusammengefasst werden: «According to this model the decision-making problem is structured into the set of alternative and the set of criteria. The performance of each alternative on every criterion is represented in the two-dimensional decision table by evaluation scores. These scores combined with the decision maker's preferences are processed by aggregation functions that return a solution in the form of either one recommended alternative, or a reduced decision space consisting of several good alternatives, or a ranking of alternatives from best to worst» (Jankowski 1995, 270).

Die einzelnen Schritte in diesem Ablauf werden im Folgenden erläutert (vgl. Jankowski, 1995, 254-256 und Malczewski 1999, 95-99; vgl. Abb. 8):

### *Problemdefinition*

Zu Beginn des *Workflows* steht die genaue Problemdefinition. Sind der Gegenstand der Entscheidung und die Zusammenhänge klar erkannt, können davon ausgehend die Evaluationskriterien und anschliessend die Entscheidungsalternativen festgelegt werden. Dieser Schritt beinhaltet *erstens*, dass Ziele festgelegt werden, die das Entscheidungsproblem detailliert beschreiben und, dass *zweitens* die Attribute bestimmt werden, die das Erreichen dieser Ziele messen.

### *Alternativen*

Ausgehend von den Evaluationskriterien werden Entscheidungsalternativen bestimmt. In jeder realen Entscheidungssituation gibt es aber Einschränkungen, welche die Menge



aller denkbaren Alternativen auf die unter den gegebenen Bedingungen zulässigen Alternativen beschränkt. Einschränkungen können beispielsweise durch (gesetzliche) Regulierungen oder durch die Begrenztheit der verfügbaren Ressourcen vorkommen.

In räumlichen Problemstellungen zeichnen sich Alternativen durch zwei Eigenschaften aus: Durch die Aktivität und die Lage. Die Aktivität bestimmt was getan werden muss, wenn man sich für diese Alternative entscheidet und die Lage bestimmt den Ort, wo diese Veränderungen wirksam werden.

Die Grundlage für den Vergleich der Alternativen sind die Werte, welche den Grad der Zielerreichung für jedes Attribut veranschaulichen. Für jedes Attribut muss deshalb eine Skala bestimmt werden, mit deren Hilfe gemessen werden kann, ob ein Ziel erreicht wurde. Die Werte für die Attribute werden in einer Entscheidungsmatrix organisiert. Eine Zelle repräsentiert das Ergebnis einer Entscheidung mit einer spezifischen Alternative und einem spezifischen Attribut (vgl. auch Abb. 7). Diese Zellenwerte werden standardisiert, damit sie vergleichbar werden.

Für räumliche Problemstellungen können diese Kriterienwerte in Kriterienkarten räumlich dargestellt werden. Durch die Überlagerung mit Karten, welche die Einschränkungen der möglichen Lösungen abbilden, können verschiedene Ergebnisse der Entscheidungsfindung kartographisch abgebildet werden. Kriterienkarten können mit Hilfe von GIS Funktionalitäten erstellt werden.

### *Präferenzen*

In dieser Phase werden auch die Präferenzen der Entscheidungsträger zu den Werten in der Entscheidungsmatrix hinzugefügt. Die Präferenzen werden in Form einer Gewichtung der Zellenwerte der Matrix in die Entscheidungsanalyse integriert. Verschiedene Methoden stehen dafür zu Verfügung, die sich unterscheiden hinsichtlich der Einfachheit ihrer Anwendung und wie gut sie durch die Entscheidungsträger verstanden werden (Malczewski 1999, 177 – 191). Auch in der Genauigkeit und der theoretischen Fundierung bestehen Unterschiede zwischen diesen Methoden.

Eine einfache Methode ist die *Ranking* Methode, bei der die Kriterien durch den Entscheidungsträger gemäss ihrer Wichtigkeit rangiert werden (Malczewski 1999, 178 – 179). Aus dieser Rangierung können dann die Werte für die Gewichtung abgeleitet werden. Diese Methode ist einfach in der Anwendung und leicht verständlich. Sie ist aber nicht sehr genau, da die individuellen Präferenzen nur durch die Reihenfolge, nicht aber durch den relativen Bedeutungsunterschied zwischen den Kriterien ausgedrückt wird.

Bei der *Rating* Methode muss der Entscheidungsträger den Kriterien Gewichte zuordnen, die sich an einer vorgängig definierten Skala orientieren (Malczewski 1999, 179 – 182). Die einfachste Anwendung dieser Methode ist Zuweisung von Punkten zu den Kriterien. Dabei kann der Entscheidungsträger z.B. insgesamt 100 Punkte vergeben, wobei 0 Punkte bedeuten, dass ein Kriterium nicht weiter berücksichtigt wird, und 100 Punkte, dass nur dieses Kriterium in der Bewertung verbleibt. Auch diese Methode ist einfach anzuwenden, aber weist auch einige theoretische Unklarheiten auf. Die Bedeutung eines bestimmten Gewichts erscheint beliebig und es wird auch kein Bezug auf die Masseinheit eines Kriteriums genommen. Der Vorteil der Methode liegt in einer etwas höheren Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Gewichtung gegenüber der *Ranking* Methode.

Abschliessend wird noch die Methode des paarweisen Vergleichs (*Pairwise Comparison*) vorgestellt (Malczewski 1999, 182 – 187). In diesem Verfahren werden immer zwei Kriterien miteinander verglichen und mit Hilfe einer vorgegebenen Skala bewertet wie stark ein Kriterium gegenüber einem anderen präferiert wird. Das wird für alle Kriterien gemacht, die zur Beurteilung von Entscheidungsalternativen hinzugezogen werden. Aus diesem Vergleichsprozess resultiert eine Matrix mit allen Vergleichswerten zwischen den Kriterien. Aus den Werten in dieser Matrix werden dann die Gewichte für die einzelnen Kriterien berechnet. Der Vorteil dieser Methode liegt unter anderem darin, dass immer nur zwei Kriterien aufs Mal verglichen werden müssen. Zudem ist sie für den Nutzer immer noch relativ einfach anzuwenden. Die Präzision und die Zuverlässigkeit ist bei dieser Methode, im Vergleich zu den beiden zuvor beschriebenen Methoden, höher einzuschätzen. Der Aufwand für die Gewichtung ist in diesem Verfahren für den Nutzer aber relativ hoch.

### *Standardisierung*

Der nächste Schritt im Ablauf des Entscheidungsunterstützungsprozesses ist die Standardisierung der Kriterien. Diese müssen vergleichbar sein, weshalb inkommensurable Kriterien standardisiert werden müssen. Hierfür stehen verschiedene Techniken zur Verfügung (vgl. Kapitel 4.2.1).

### *Auswahl*

Schliesslich geht es darum anhand der definierten und durch die Präferenzen der Entscheidungsträger gewichteten Kriterien eine oder mehrere Alternativen auszuwählen. Dafür werden Entscheidungsregeln verwendet, mit deren Hilfe die Alternativen entwe-

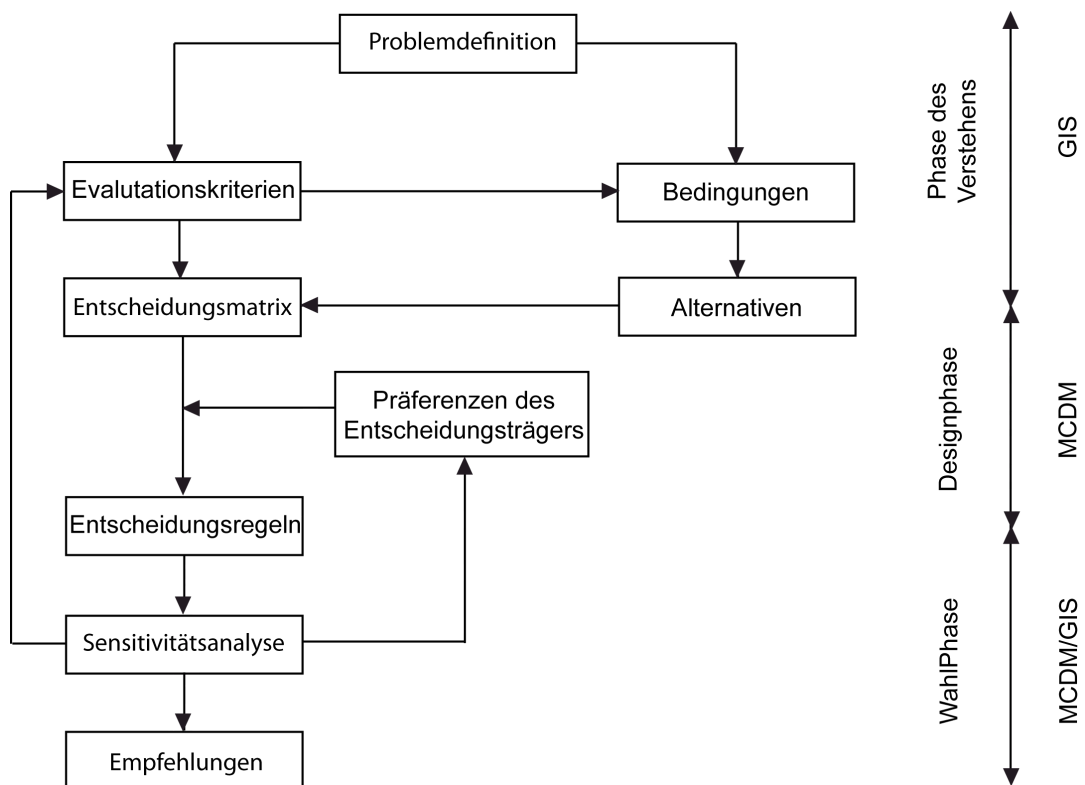
der gemäss ihrer Eignung geordnet werden oder die beste Alternative ausgewählt wird (Malczewski 1999, 197). Diese Methoden aggregieren die Werte der einzelnen Kriterien zu einem Gesamtwert für jede Alternative (Chakhar & Mousseau 2008, 751). Es können zwei Ansätze unterschieden werden, wie Kriterienwerte aggregiert werden: additive Techniken und der *ideal point* Ansatz (Jankowski 1995, 257). Die additiven Techniken sind weiter verbreitet und einfacher in der Anwendung, deshalb wird nur dieser Ansatz hier weiterverfolgt (Malcewski 2006, 711).

Die bekannteste Methode der additiven Techniken ist die Methode der gewichteten Summierung (Malczewski 1999, 199). Bei dieser Methode werden die Werte jedes Kriteriums mit dem Gewicht multipliziert, das diesem Kriterium zugewiesen wurde. Die Produkte dieser Multiplikation werden dann für alle Kriterien einer Alternative summiert. Mit Hilfe dieser Summe können die Alternativen schliesslich verglichen werden. Eine weitere bekannte Methode der additiven Techniken ist die *analytical hierarchy process* (AHP) Methode. Sie ist allerdings weniger verbreitet, da ihre Anwendung komplizierter ist. Mit dem AHP können objektive und subjektive Bewertungen gleichzeitig in den Entscheidungsprozess miteinbezogen werden (Al-Shalabi et al. 2006, 5). Die Gewichtung der Kriterien mit den individuellen Präferenzen der Entscheidungsträger und die Auswahl einer Alternative mit Hilfe einer Entscheidungsregel sind dadurch nicht mehr zwei unabhängige Schritte im Entscheidungsprozess, sondern sie können in einem Schritt integriert werden. Die Grundidee der AHP ist die Zerlegung eines komplexen multikriteriellen Entscheidungsproblems in eine hierarchische Struktur. Es werden alle relevanten Kriterien berücksichtigt und paarweise verglichen (Al-Shalabi et al. 2006, 5). Diese Methode besteht aus drei Schritten (Malczewski 1999, 218 -219): Im *ersten* Schritt wird eine Hierarchie entwickelt. Diese wird ausgehend vom Hauptzweck einer Entscheidung als oberster Hierarchieebene bis zur Ebene der Attribute entfaltet. Die typischen Hierarchieebenen sind dabei Hauptzweck, Zielsetzungen, Attribute und Alternativen. Es können auch weitere Aspekte, wie Unsicherheiten oder verschiedene Szenarien in diese Hierarchie eingefügt werden. Im *zweiten* Schritt werden die Kriterien gewichtet und für jede Alternative berechnet. Die verwendete Technik des paarweisen Vergleichs ist im Wesentlichen dieselbe, die weiter oben beschrieben wurde. Im *dritten* Schritt werden schliesslich die relativen Gewichte, die durch die Gewichtung auf den verschiedenen Ebenen der Hierarchie entstanden sind, zusammengefasst.

### *Sensitivitätsanalyse*

Die Sensitivitätsanalyse beschäftigt sich mit der Stabilität der Ergebnisse im Hinblick auf Änderungen der Eingangsgrößen (Chakhar & Mousseau 2008, 752). Dazu gibt es mehrere Methoden, mit deren Hilfe festgestellt werden kann, wie empfindlich die Ergebnisse der multikriteriellen Entscheidungsanalyse sind (Malczewski 1999, 266). Die Anwendung von Sensitivitätsanalysen ist eine Möglichkeit für den Umgang mit Unsicherheiten in der MCDA.

Abb. 8: Entscheidungsfluss in der multikriteriellen Entscheidungsanalyse (MCDM)



Quelle: Malczewski 1999, 96 und Al-Shalabi et. Al 2006, 5

### *Empfehlungen*

Am Schluss des Entscheidungsfindungsprozesses stehen die Empfehlungen. Sie können verschiedene Formen annehmen analog zu den möglichen Problemformulierungen (Chakhar & Martel 2004, 101; Kapitel 4.1.1). Die Empfehlungen orientieren sich aber in erster Linie an der Rangierung der Entscheidungsalternativen und können eine oder auch eine Gruppe von Alternativen als mögliche Handlungsoption anbieten. Für geographische Fragestellungen bietet sich auch die Visualisierung der Entscheidungsalternativen in Form von Karten an.

### 4.3 Systemarchitekturen

#### 4.3.1 Vom GIS zum SDSS

Geographische Informationssysteme haben sich zu umfassenden Werkzeugen für die Analyse, Manipulation und Darstellung räumlicher Daten entwickelt. Vielfach wurden sie auch als eine Technologie der Entscheidungsunterstützung oder sogar als eigentliches *decision support system* bezeichnet. Inwieweit sie aber tatsächlich als ein solches angesehen werden können, blieb in der Fachdiskussion umstritten (Jankowski, 1995, 251-252). Kritiker dieser Position argumentierten, dass es dem GIS an eigentlichen Methoden der Entscheidungsunterstützung mangelt. Dieser Kritik kann sicher weitgehend zugestimmt werden, wenn auch in neueren GIS Paketen solche Methoden zumindest ansatzweise Einzug gefunden haben. Ein GIS kann aber als ein SDSS Erzeuger bezeichnet werden, da sich diese Software in Kombination mit anderen Instrumenten zur Entwicklung eines SDSS eignet (Rinner & Jankowski 2002).

In den gegenwärtigen GIS gibt es meistens keine Module, die speziell der Entscheidungsfindung gewidmet sind, weshalb Entscheidungen mit GIS vorwiegend auf manuellen Techniken und Einschätzungen des Nutzers beruhen. Deshalb müssen in diesem Fall spezielle Techniken und Regeln der Entscheidungsfindungen hinzugezogen werden (Al-Shalabi et al. 2006, 4). Dies gilt insbesondere auch für die subjektive Gewichtung von Kriterien durch den Entscheidungsträger.

Im GIS basiert die Generierung von Alternativen vorwiegend auf den Prinzipien der räumlichen Beziehung (*connectivity, contiguity, proximity* etc.) und den Überlagerungsmethoden (Malczewski 1999, 76 - 77). Obwohl mit diesen Methoden beispielsweise geeignete Flächen bei der Standortsuche gefunden werden, die durch die Überlagerung von verschiedenen, die relevanten Kriterien repräsentierenden, Layers entdeckt werden, sind sie aber auch limitiert. Es ist mit den üblichen GIS Funktionen nicht möglich, die Präferenzen der Entscheidungsträger angemessen und interaktiv zu berücksichtigen. Gerade dies ist aber die entscheidende Bedingung für die Nützlichkeit eines GIS in der Wahlphase des Entscheidungsfindungsprozesses (Malczewski 1999, 80). Aus diesem Grund ist es für ein räumliches Entscheidungshilfesystem wichtig, dass Techniken der Entscheidungshilfe und GIS Funktionalitäten gekoppelt werden. Die Verbindung dieser beiden Technologien kann in unterschiedlichen Strategien umgesetzt werden. Jankowski (1995, 264-266) hat die grundlegenden Möglichkeiten aufgezeigt (vgl. Kapitel 4.3.2).

Im Vergleich zu einer räumlichen Analyse mit GIS weist das *multicriteria decision making* eine zusätzliche Qualität auf: Neben der geographischen Analyse der vorhande-

nen räumlichen Daten und Attributdaten, sind auch die Präferenzen der Entscheidungsträger hinsichtlich der Evaluationskriterien von grosser Bedeutung. Für ein gut funktionierendes SDSS sind deshalb einerseits seine GIS Fähigkeiten, wie die Datenhaltung, Datenaufbereitung und Analysetechniken, wichtig und andererseits die Fähigkeiten des MCDM (multicriteria decision making) die geographischen Daten und die Präferenzen des Entscheidungsträgers in einen eindimensionalen Wert der Entscheidungsalternativen zusammen zu fassen. Die hohe Komplexität geographischer Daten und deren vielfältige Zusammenhänge machen es besonders schwierig für den Entscheidungsträger. Ein SDSS aus der Kombination eines GIS mit MCDM macht den Entscheidungsprozess effektiver und effizienter (vgl. Malczewski 1999, 91).

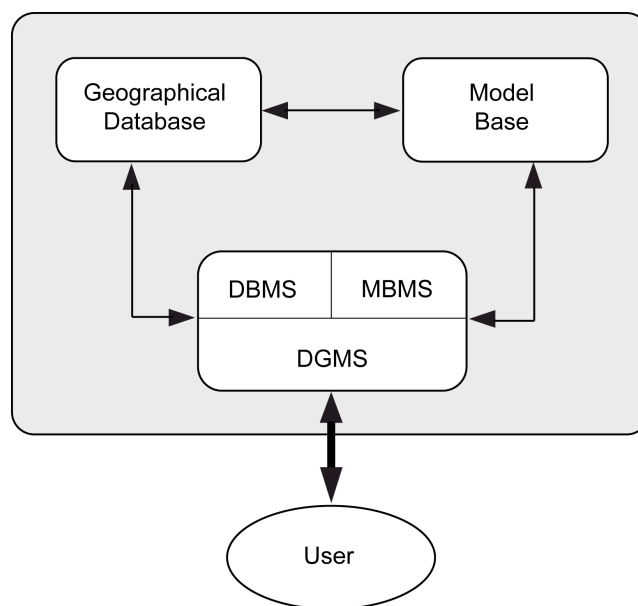
Die Besonderheiten der Geodaten bzw. der Daten mit räumlichem Bezug machen den wesentlichen Unterschied zwischen einem DSS und einem SDSS aus. Zudem sind DSS mehrheitlich für einfache und strukturierte Probleme entworfen worden und deshalb weniger geeignet für die komplexen räumlichen Probleme. Damit ein DSS auch für diese Problemstellungen verwendet werden kann, bedarf es der Erweiterung des DSS mit einigen Techniken und Funktionalitäten, mit denen räumliche Daten gehandhabt werden können. Zu diesen zentralen Erweiterungen gehören 1) die Fähigkeit zur Eingabe räumlicher Daten, 2) die Struktur und Beziehungen räumlicher Daten zu repräsentieren, 3) die Einbindung von Techniken der räumlichen Analyse und 4) die Präsentation von Analyseergebnissen als Karten oder Diagramme (Chakhar & Martel 2004, 103).

Die Entwicklung eines vollständigen SDSS ist eine sehr schwierige und aufwendige Arbeit, die unterschiedliches Fachwissen vereint. Deshalb wird als einfacher zu realisierende Strategie die Integration von GIS und MCDA vorgeschlagen (Chakhar & Martel 2004, 103). Dafür wird etwa der Begriff GIS-basierte MCDA (Malczewski 2006) oder *Spatial Multicriteria Decision Making* (Chakhar & Mousseau 2008) verwendet. Diese beiden Bezeichnungen zeigen bereits, dass es bei diesen Ansätzen nicht um eine allgemeine Entwicklung eines SDSS geht, sondern um die Integration der Methoden der multikriteriellen Entscheidungsfindung mit geographischen Informationssystemen. Mehrheitlich wird der Begriff des SDSS aber weniger rigide verwendet wie bei Chakhar und Martel (2004), so dass auch die Integration von GIS und MCDA als SDSS bezeichnet wird (Malczewski 1999, 308). In diesem Sinne ist SDSS eine allgemeine Bezeichnung für computerbasierte Systeme für Entscheidungsunterstützung, die ganz unterschiedliche Methoden verwenden und verschiedene tiefen der Integration erreichen können. Diese Arbeit orientiert sich an den Strategien der Integration von GIS und MCDA und es wird dafür auch der Begriff SDSS verwendet.

### 4.3.2 Komponenten eines SDSS

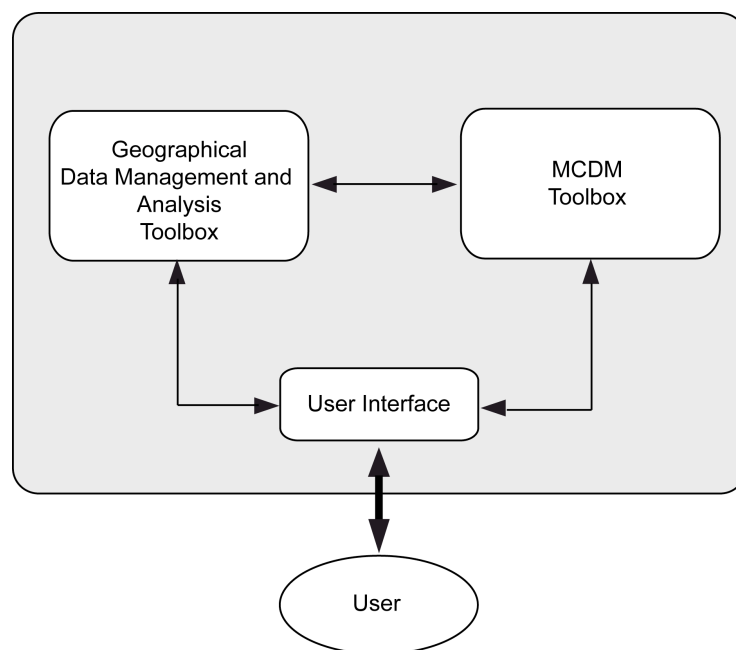
Die zentralen Komponenten eines räumlichen Entscheidungsunterstützungssystems sind ein User Interface (UI), eine Datenbank (DB) und eine Model Base (MB) (Rinner & Jankowski 2002). Diese drei Komponenten können weiter differenziert werden in ein Datenbank Management System (DBMS) mit zugehöriger Geo-Datenbank, ein modellbezogenes Management System (MBMS) mit zugehöriger Model Base sowie ein System zur Generierung und Management von Dialogen (DGMS) (Malczewski 1999, 282; vgl. Abb. 9). Diese drei genannten Komponenten können auch als Subsysteme bezeichnet werden, die jeweils spezifische Aufgaben abwickeln (Malczewski 1999, 281 – 285). So leistet das Datensubsystem alle datenbezogenen Arbeiten wie Dateneingabe, Datenausgabe und Datenhaltung. Es sorgt für den reibungslosen Zugang zu den Daten bei den weiteren Bestandteilen des SDSS. Im Modellsystem ist eine Bibliothek mit allen vorhandenen Modellen und Prozeduren angelegt. Diese Modelle decken alle notwendigen Funktionen für die Entscheidungsfindung ab. Dazu gehören räumliche und statistische Analysefunktion, Methoden zur Behandlung der Präferenzen der Entscheidungsträger und Modelle zur Überprüfung der Ergebnisse. Mit Hilfe des MBMS kann auf diese Modelle und Prozeduren zugegriffen werden. Das Dialogsystem sorgt schliesslich für den Austausch mit dem Nutzer. Es managt den Input und Output des Systems.

Abb. 9: Komponenten eines Systems zur räumlichen Entscheidungsunterstützung



Mit der Integration von Methoden der multikriteriellen Entscheidungsanalyse und GIS wird eine besondere Kategorie von Systemen der räumlichen Entscheidungsfindung geschaffen, die als MC-SDSS bezeichnet werden können (Malczewski 1999, 290 - 297). Vergleichbar mit den allgemeinen Komponenten SDSS gibt es auch beim MC-SDSS drei grundlegende Komponenten (vgl. Abb. 10): *Erstens* eine Toolbox für das Management und die Analyse von geographischen Daten. Dessen wichtigste Bestandteile sind die grundlegenden GIS Funktionalitäten: Ein Datenbank Management System, Instrumente für die räumliche und statistische Analyse und Instrumente für die kartographische Darstellung der Daten. *Zweitens* gehört dazu eine MCDM Toolbox, die alle Instrumente für die Generierung und Aggregation der Kriterienwerte, für den Einbezug der Präferenzen und für die Anwendung der Entscheidungsregeln enthält. Als *dritte* Komponente kommt wieder das User Interface hinzu.

Abb. 10: Grundstruktur eines MC-SDSS



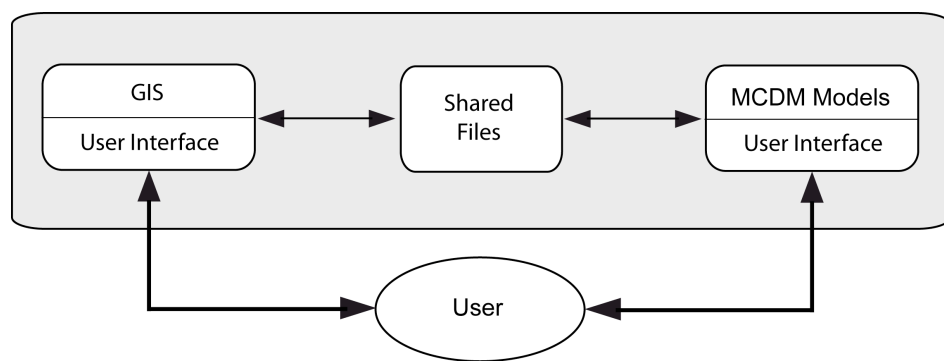
Quelle: Malczewski 1999, 291

Die Integration von multikriterieller Entscheidungsfindung (MCDM) und GIS kann, allgemein betrachtet, mit zwei unterschiedlichen Strategien verfolgt werden, einer losen und einer engen Verbindung dieser beiden Komponenten (Jankowski 1995, 264; vgl. Abb. 11).

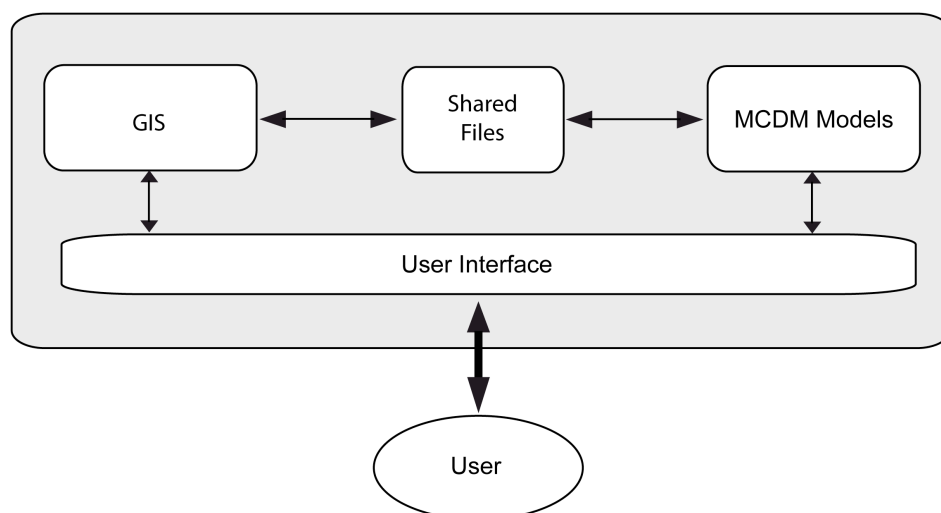


Bei der losen Verbindung von GIS und MCDM wird die Integration dieser beiden Elemente durch einen filebasierten Datenaustauschmechanismus erreicht. Dazu werden drei Komponenten verbunden: Die GIS Komponente, Die MCDM Komponente und die Filesharing Komponente. Bei diesem Konzept wird davon ausgegangen, dass die verschiedenen Funktionen, die es für ein SDSS braucht, bereits in unabhängig funktionierenden Programmen vorliegen (Jankowski 1995, 264 -265). Damit ein integriertes System entsteht, können diese Komponenten mit Hilfe der vorhandenen Schnittstellen gekoppelt werden. Das Verbindungsstück stellt dann der Datenaustauschmechanismus dar.

Abb. 11: Integrationsstrategien für ein MC-SDSS: (a) lose Verbindung, (b) enge Verbindung



(a)



(b)

Bei der engen Verbindung von GIS und MCDM gibt es einen einzigen Daten- und Modellmanager und ein gemeinsames Interface. Diese Strategie kann auf zwei verschiedene Arten umgesetzt werden, abhängig davon, welche der beiden Komponenten die Basis für die Integration bildet (Malczewski 1999, 306 – 307, Jankowski 1995, 265). Wenn das GIS die Basis bildet, dann wird die multikriterielle Entscheidungsanalyse mit GIS Befehlen durchgeführt. Es wird eine gemeinsame Datenbank verwendet und MCDM und GIS Prozeduren können synchron ablaufen. Im anderen Fall bildet die MCDM Komponente das dominante System.

#### **4.3.3 Web-basiertes SDSS**

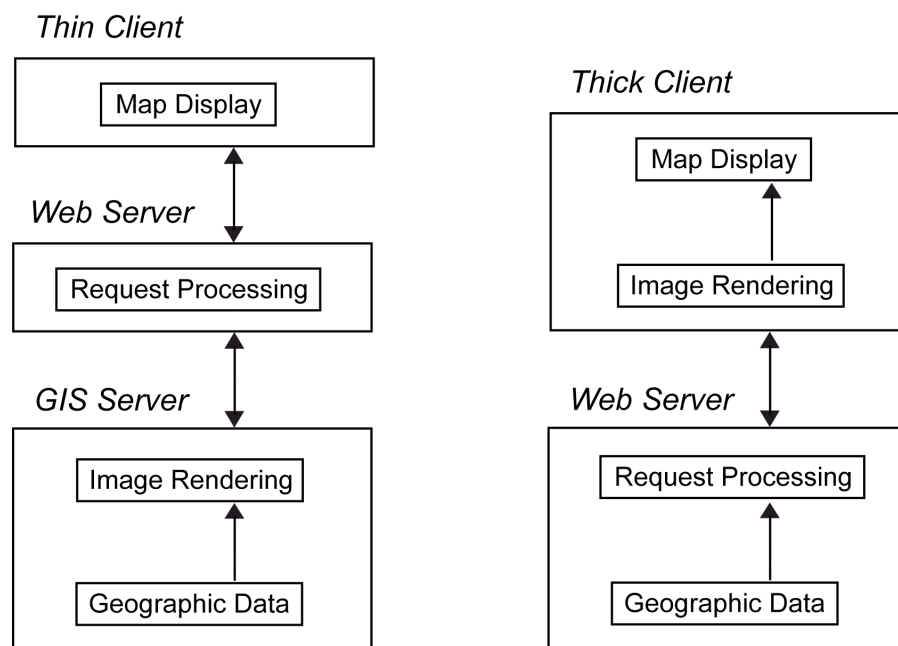
Mit dem Aufkommen der Webtechnologien in den 1990er Jahren wurden sowohl für GIS als auch für *Decision Support Systems* Web Anwendungen entwickelt. Etwas später wurden auch erst webbasierte SDSS Ansätze auf dem Internet zugänglich (Rinner 2003, 15). Noch gibt es allerdings nicht viele implementierte Anwendungen, doch dürfte sich das im Zuge von verbesserten Netzwerktechnologien und verstärkter Standardisierung von Schlüsseltechnologien ändern.

Webbasierte räumliche Entscheidungssysteme weisen potentiell einige Vorteile auf, die eine verstärkte Entwicklung in diese Richtung interessant machen. Dazu zählen die Plattformunabhängigkeit, geringere Kosten für Distribution und Unterhalt sowie der ubiquitäre Zugang und Austausch von Informationen (Wang & Cheng 2006, 80).

Es lassen sich zwei technische Ansätze für ein WebGIS unterscheiden: *Server-side approach* und *Client-side approach* (Rinner & Jankowski 2002). Die meisten bisherigen Implementierungen von webbasierten GIS folgen dem *Server-side* Ansatz. Bei diesem Ansatz wird ein *Thin Client* eingesetzt, von dem aus Anfragen an einen GIS Server über einen normalen Web Server laufen (vgl. Abb. 12). Während der Client in diesem Modell nur wenige Kontrollfunktionen umfasst, werden auf einem mächtigen GIS Server die verschiedenen GIS Funktionen ausgeführt. Das Resultat wird schliesslich via Web Server als Bild wieder zum Client geschickt (Rinner & Jankowski 2002).

Beim *Client-side* Ansatz wird kein GIS Server verwendet. Die für die gewünschten Aufgaben benötigten Funktionalitäten werden durch den Client zuerst geladen oder sind bereits im Client installiert. Danach werden Daten von einem Web Server hochgeladen und die Analysen und Visualisierungen direkt im Client vorgenommen. Deshalb wird in diesem Fall auch von einem *Thick Client* gesprochen (Rinner & Jankowski 2002).

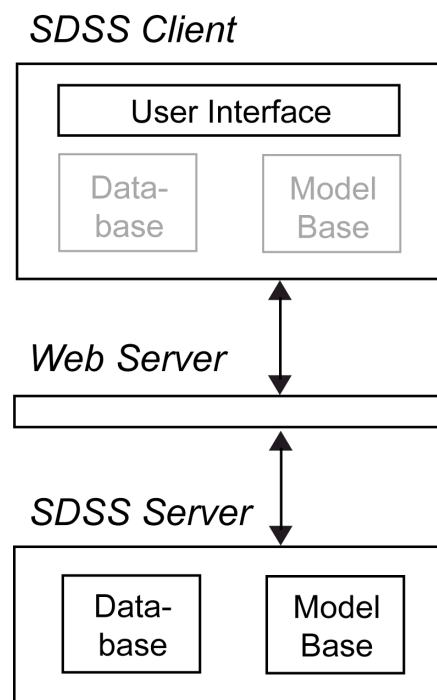
Abb. 12: Server-side und Client-side Ansatz



Quelle: Rinner & Jankowski 2002

Analog zur Architektur eines WebGIS kann auch ein webbasiertes SDSS aufgebaut werden (vgl. Abb. 13). Die drei Hauptkomponenten eines SDSS (vgl. Kapitel 4.3.2) können ebenfalls in einem Client-Server-Modell umgesetzt werden (Rinner & Jankowski 2002). Die Datenbank und die Model Base befinden sich abhängig vom gewählten Ansatz, Thin Client oder Thick Client, entweder auf dem Server oder werden in den Client geladen.

Abb. 13: SDSS Komponenten im WebGIS Setting



Quelle: Rinner & Jankowski 2002

#### 4.4 Folgerungen für ein SDSS im Wohnungswesen

Was wird also aus der GIS-Perspektive als Ergänzung benötigt, um ein System zur Entscheidungsunterstützung zu erhalten? Es braucht Methoden, mit denen ein Vergleich von klar definierten Entscheidungsalternativen möglich wird. Dabei müssen die individuellen Präferenzen der Entscheidungsträger berücksichtigt werden, indem die Entscheidungskriterien entsprechend gewichtet werden können. So wird die Entscheidungsfindung transparent und intersubjektiv nachvollziehbar.

In einem SDSS werden aber auch die GIS Funktionen benötigt: Sie dienen der Analyse der Zusammenhänge in der *Intelligence* Phase, sie tragen zur Definition der Entscheidungskriterien und der Entscheidungsalternativen bei und unterstützen den räumlichen Entscheidungsfindungsprozess durch die Verwendung von Kriterienkarten. Schliesslich übernehmen sie auch das Datenmanagement und ermöglichen die Visualisierung der (Zwischen)Ergebnisse als Karten. Um ein funktionales SDSS zu erhalten, müssen diese beiden Teilsysteme gekoppelt werden. Dafür gibt es verschiedene Strategien, deren Wahl vom Verwendungszweck und den vorhandenen Ressourcen abhängt.

Für die Konstruktion eines Systems zur Entscheidungsunterstützung in der Wohnungswirtschaft wird in dieser Arbeit der Ansatz der multikriteriellen Entscheidungsanalyse weiter verfolgt. Dieser Ansatz eignet sich gut für die Lösung komplexer Probleme, bei denen mehrere inkommensurable Kriterien in die Entscheidungsfindung einfließen. Zudem ist dies ein erprobter Ansatz, zu dem es eine breite Literatur und verschiedene Implementierungen gibt. Dieser Umstand erleichtert die Entwicklung eines eigenen SDSS wesentlich.

## **5 Lösungsansatz für ein SDSS Wohnungswesen**

Ausgehend von den in den Kapiteln 3 und 4 erarbeiteten Grundlagen wird hier ein Konzept für ein «SDSS Wohnungswesen» vorgestellt. Der Begriff «Wohnungswesen» wird verwendet, da die mit dem SDSS anvisierten Nutzer nicht nur aus der eigentlichen Wohnungswirtschaft stammen, sondern auch aus der Planung und aus Stellen der öffentlichen Hand. Es werden zuerst die spezifischen Problemstellungen skizziert, für deren Lösung das SDSS Wohnungswesen eingesetzt werden soll. Davon ausgehend können dann die Anforderungen ans System detailliert erläutert werden. In einem nächsten Schritt werden ausgehend von diesen Anforderungen die Komponenten beschrieben, mit deren Hilfe ein System zur Entscheidungsunterstützung entwickelt werden kann, das den Problemlagen in der Wohnungswirtschaft und benachbarten Gebieten gerecht wird. Zu diesem Zweck werden die benötigten Daten und Modelle sowie schliesslich die Architektur eines solchen Systems behandelt.

### **5.1 Spezifische Problemstellung**

Die Fragestellungen dieser Arbeit lauten unter anderen, wie der Entscheidungsfindungsprozess in der Wohnungswirtschaft durch Geoinformatikanwendungen bzw. durch GIS Methoden am wirkungsvollsten unterstützt werden kann und welche Ansätze zur räumlichen Entscheidungsunterstützung für diesen Zweck geeignet sind. Mit Blick auf die Ausführungen im Kapitel 4 ist eine mögliche Antwort: Durch eine Kombination von GIS Anwendungen für den Umgang mit räumlichen Daten (die, wie gesehen, für Wohnungsthemen unabdingbar sind) mit Methoden für die Entscheidungsunterstützung. Wie diese Kombination aussieht, ist durch die Themenstellung nicht fest vorgegeben, sondern kann durch verschiedene Strategien realisiert werden. Die gewählte Strategie hängt von den Anforderungen und Zielvorstellungen, aber vor allem auch von der Investitionsbereitschaft (Geld und Zeit) der späteren Nutzer bzw. der Auftraggeber der Anwendung ab.

Welche Anforderungen an ein solches Instrument genau gestellt werden, ist abhängig von den konkreten Problemstellungen, zu deren Bearbeitung das Instrument beitragen soll. Eine weitere Fragestellung dieser Arbeit lautet denn auch: Welche Informationen sollte ein Entscheidungsunterstützungssystem für wohnungswirtschaftliche Problemstellungen zur Verfügung stellen? Um diese Frage beantworten zu können, muss zuerst geklärt werden, welche Eigenschaften die vorhandenen Problemstellungen aufweisen.

### *Komplexität des Wohnungsmarktes*

Der Wohnungsmarkt ist in den vergangenen Jahrzehnten zunehmend komplexer geworden. Gründe dafür sind die immer stärkere Segmentierung des Marktes nach verschiedenen Nachfragertypen, die grosse Zahl von Akteuren, die gestiegene Professionalisierung der Anbieter sowie der hohe Nachfragedruck in zentralen Regionen (vgl. Kapitel 1 und 3).

### *Semistrukturierte Problemstellung*

Die Problemstellung ist semistrukturiert, da weitgehend Einigkeit über die wesentlichen Kriterien für die Entscheidungsfindung besteht (vgl. Kapitel 3.2). Nicht alle Kriterien sind aber in jedem Fall und für jeden Nutzer von gleicher Bedeutung, weshalb es für den Nutzer möglich sein muss, die Kriterien nach seinen Einschätzungen und Zielsetzungen auszuwählen. Auch die Bedeutung, die den einzelnen Kriterien beigemessen wird, kann je nach Situation und Akteur variieren.

### *Evaluation von Alternativen*

Im Vordergrund steht die Evaluation von Alternativen (basierend auf unterschiedlichen Zielsetzungen oder unterschiedlichen Attributwerten). Die möglichen Alternativen werden mit Hilfe räumlicher (und anderen) Analysen und dem Know-how der Entscheidungsträger unter Betrachtung der zu berücksichtigenden Randbedingungen (finanzieller oder rechtlicher Art, Geschäftszweck/Richtlinien etc.) bestimmt. Die Alternativen haben eine explizite oder implizite räumliche Komponente.

### *Standortalternativen oder Nutzungsalternativen*

Es geht nicht nur um die Entscheidung zwischen verschiedenen Standortalternativen, sondern sehr häufig um die Wahl zwischen verschiedenen Nutzungsalternativen für einen Standort. Das heisst konkret um die Standorteignung für unterschiedliche Formen der Wohnnutzung. Damit unterscheidet sich die primäre Aufgabe dieses Instruments ein wenig von den beiden gängigen Formen räumlicher Entscheidungsunterstützung, nämlich der *Standortwahl* einerseits und der *Landnutzungsplanung* (Landeignungsplanung) andererseits. Bei der Standortwahl steht die Suche nach dem besten Standort für eine bestimmte Nutzung im Zentrum. Bezogen auf die Wohnnutzung kann das beispielsweise ein Investor sein, der sich mit dem Bau von Wohnungen im oberen Preissegment eine gute Rendite verspricht und für diese Investition nun ein geeignetes Areal sucht. Ein anderes Beispiel ist die kommunale Stiftung, die einen Standort für ein Wohnbauprojekt

für einkommensschwache Familien sucht. In beiden Fällen werden möglich Standortalternativen evaluiert, indem relevante Kriterien gewichtet werden und so eine Rangierung der Standortalternativen nach ihrer spezifischen Eignung möglich wird.

Bei der Landnutzungsplanung steht nicht die Auswahl des besten Standorts für eine spezifische Nutzung im Vordergrund, sondern die Eignung von Flächen für unterschiedliche Verwendungszwecke (Al-Shalabi et al. 2006, 6). Der Fokus ist dabei eher auf grossflächige Planungsaufgaben gerichtet. Diese beiden Formen können zwar sehr wohl Zweck der Verwendung eines SDSS Wohnungswesen sein, die zentrale Funktion ist aber die Evaluation der Eignung eines Standorts für unterschiedliche Wohnnutzungen. Gerade in dicht besiedelten Regionen, in denen einerseits ein hoher Nachfrage- druck nach Wohnraum besteht und andererseits die Wohnungspolitik stark gefordert ist, geht es in sehr vielen Fällen weder um die Suche nach einem geeigneten Areal noch um eine grossflächige Planung, sondern um die immer wiederkehrende Frage, wie ein Areal unter den gegebenen Bedingungen am sinnvollsten genutzt werden kann. In Gebieten mit grosser Nachfrage besteht auch ein intensiver Wettbewerb zwischen den verschiedenen Bauträgern und Investoren um die wenigen Areale und Liegenschaften, die auf den Markt kommen. Deshalb sind gewissermassen sowohl Investoren als auch kommunale Behörden froh, wenn sie überhaupt in die Lage kommen, Entscheidungsmacht über ein Areal oder Objekt zu haben.

### *Nutzungen als Alternativen*

Die Nutzung einer Liegenschaft bzw. die Planung kann je nach Ergebnis einer Standortanalyse variieren. Zweck des Einsatzes eines SDSS ist es durch unterschiedliche Gewichtung der Kriterien zu einem klareren Bild der Situation und der möglichen Optionen für eine Planung zu kommen.

### *Strategiewahl*

Häufig geht es um die Strategiewahl für eine Liegenschaft, die im Portfolio eines Unternehmens vorhanden ist. Die möglichen Optionen hängen vom Unternehmenstyp (institutionelle Investoren, öffentliche oder private Eigentümer etc.) und seiner grundlegenden Strategie (werterhaltend oder wertsteigernd) ab, die im konkreten Fall jeweils modifiziert werden kann. Optionen sind z.B. Verkauf, Ersatzneubau, Sanierungsstrategien etc. Teilweise geht es aber auch um Neuinvestitionen (Land, Liegenschaft, Neubau) mit unternehmenstypischen Zielsetzungen (gewinnorientiert, nicht gewinnorientiert etc.).



*Integration in den Geschäftsprozess*

Ein Aspekt der spezifischen Problemstellung für die Akteure im Wohnungsmarkt ist eine gute Integration der Entscheidungsfindung in die Geschäftsprozesse. Je nach Fall sind ganz unterschiedliche Personen in die Entscheidungsfindung involviert. Bei einem Bauvorhaben (Sanierung, Umbau, Neubau) können Personen aus der Wohnungsverwaltung, Vertreter der Eigentümer (z.B. ein Fonds Verantwortlicher) und Baufachleute zusammenkommen. Auch wenn es sich in einem solchen Fall nicht um ein eigentliches Gruppenentscheidungsproblem handelt (wenn man davon ausgeht, dass keine divergierende Interessenslagen bestehen), ist es wichtig, dass der Einsatz von Instrumenten für alle nachvollziehbar erfolgt.

*Informationsbedarf*

Die Entscheidungsträger in der Wohnungswirtschaft sollten ihre Strategien zielorientiert planen und auch auf mittel- und langfristige Entwicklungen ausrichten. Dies gilt noch verstärkt für die Akteure in den Planungsstellen, da es deren Kernaufgabe ist, Wohnraum- und Infrastrukturplanung an langfristigen Zielsetzungen auszurichten. Damit eine solche planerische Ausrichtung realisiert werden kann, müssen die Akteure über entsprechende Informationen verfügen. Wichtig ist es in diesem Zusammenhang die demographischen, sozialen und auch räumlichen Entwicklungen zu kennen. Dazu gehört es beispielsweise, die Konsequenzen der demographischen Alterung der Gesellschaft ernst zu nehmen und rechtzeitig in die Planung einzubeziehen. Erinnerung sei dabei vor allem an die baulichen Voraussetzungen, damit ältere Personen möglichst lange in den eigenen vier Wänden wohnen können. Die altersgerechte Sanierung bestehender Bausubstanz ist hierfür sehr wichtig.

Auch die sozialen Veränderungen in der Gesellschaft müssen von den Bauträgern ernst genommen werden. Mit der Ausdifferenzierung der Lebens- und Haushaltsformen verändern sich auch die Ansprüche ans Wohnen und den Wohnraum. Diese Entwicklungen müssen in die Planung von Neubauten und von Sanierungsmassnahmen einbezogen werden. Gerade bei den sozialen Veränderungen spielt auch die geographische Dimension eine wichtige Rolle. Die soziale Differenzierung bildet sich sehr deutlich in der sozialen Topographie des Raums ab (vgl. Kapitel 3.3.1). Die Akteure und Entscheidungsträger in der Wohnungswirtschaft müssen also nicht nur wissen, welche Entwicklungen ablaufen, sondern auch wo welche Ausprägung dieser Entwicklungen im Raum verstärkt auftritt.

### *Wichtigster Nutzen*

Abschliessend werden die wichtigsten Nutzen kurz aufgelistet, die ein System zur räumlichen Entscheidungsunterstützung für die Akteure in der Wohnungswirtschaft haben kann. Die Aufzählung orientiert sich an den Nutzungsversprechen der regionalisierten Wohnungsmarktbeobachtung Rheinland-Pfalz (ReWoB 2005, 4; vgl. dazu auch Kapitel 3.2):

- Orientierungshilfe und Hilfe bei Investitionsentscheidungen
- Unterstützung für die Marktbearbeitung und die Preisgestaltung von Wohnungsanbieter (Ausrichtung auf bestimmte Wohnungsmarktsegmente)
- Entscheidungsunterstützung für staatliche Akteure im Rahmen der Infrastrukturentwicklung
- Kontroll- und Frühwarnsystem für soziale und räumliche Bevölkerungsentwicklungen

## **5.2 Anforderungen an ein SDSS Wohnungswesen**

Aus den spezifischen Problemstellungen, denen ein Einsatz eines SDSS gerecht werden muss, lassen sich die Anforderungen an ein SDSS Wohnungswesen ableiten. In einer Anforderungsanalyse werden die funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen aus der Sicht des Nutzers definiert. Anschliessend werden die erforderlichen Funktionalitäten des Systems durch *Use Cases* detailliert geschildert.

### **5.2.1 Anforderungsanalyse**

Die funktionalen Anforderungen ans Instrument werden danach sortiert, ob sie eher als GIS Funktion oder als Funktion der Entscheidungsunterstützung bezeichnet werden können. Diese Aufteilung wird hier zur besseren Übersicht angewandt und ist unabhängig von der gewählten Integrationsstrategie für diese beiden Bereiche in einem SDSS (vgl. Kapitel 4.3.2).

<b>Funktionale Anforderungen</b>	
Anmeldung	Anmeldung des Nutzers im System
<b>GIS Funktionen</b>	
Datenimport, Erfassung	Erfassung bzw. Bereitstellung der benötigten Daten (Features und Attributdaten inkl. räumlicher Referenzierung) Verwendung von amtlichen Datenbeständen und evtl. von eigenen Datenbeständen
Räumliche Analysen	Standardfunktionen der räumlichen Analyse ( <i>Buffering, Overlay</i> etc. um räumliche Beziehungen zu erkennen ( <i>connectivity, contiguity, proximity</i> ). Sie helfen bei der Situationsanalyse und der genauen Problemdefinition, unter anderem bei der Festlegung der Ziele, die mit der Entscheidung erreicht werden sollen und bei der Festlegung der Attribute (oder Ziele), die als Entscheidungskriterien dienen.
Statistische Analysen	Standardfunktionen der statistischen Analyse. Helfen bei der Situationsanalyse und der genauen Problemdefinition, unter anderem bei der Festlegung der Ziele, die mit der Entscheidung erreicht werden sollen und bei der Festlegung der Attribute (oder Ziele), die als Entscheidungskriterien dienen.
Visualisierung allgemein	(Kartographische) Darstellung der verschiedenen Analysen.
Definition der Randbedingungen	Randbedingungen, die den Bereich der möglichen Lösungen eingrenzen, werden als Einschränkungen festgelegt und begrenzen die Bandbreite der Alternativen.
Visualisierung der Alternativen	Für jede Alternative können die Kriterienwerte als Kriterienkarte dargestellt werden.
Visualisierung der Entscheidung	Als Bestandteil eines Berichts über die getroffene Entscheidung können Karten zu den ausgewählten (und nicht ausgewählten) Alternativen hinzugefügt werden.

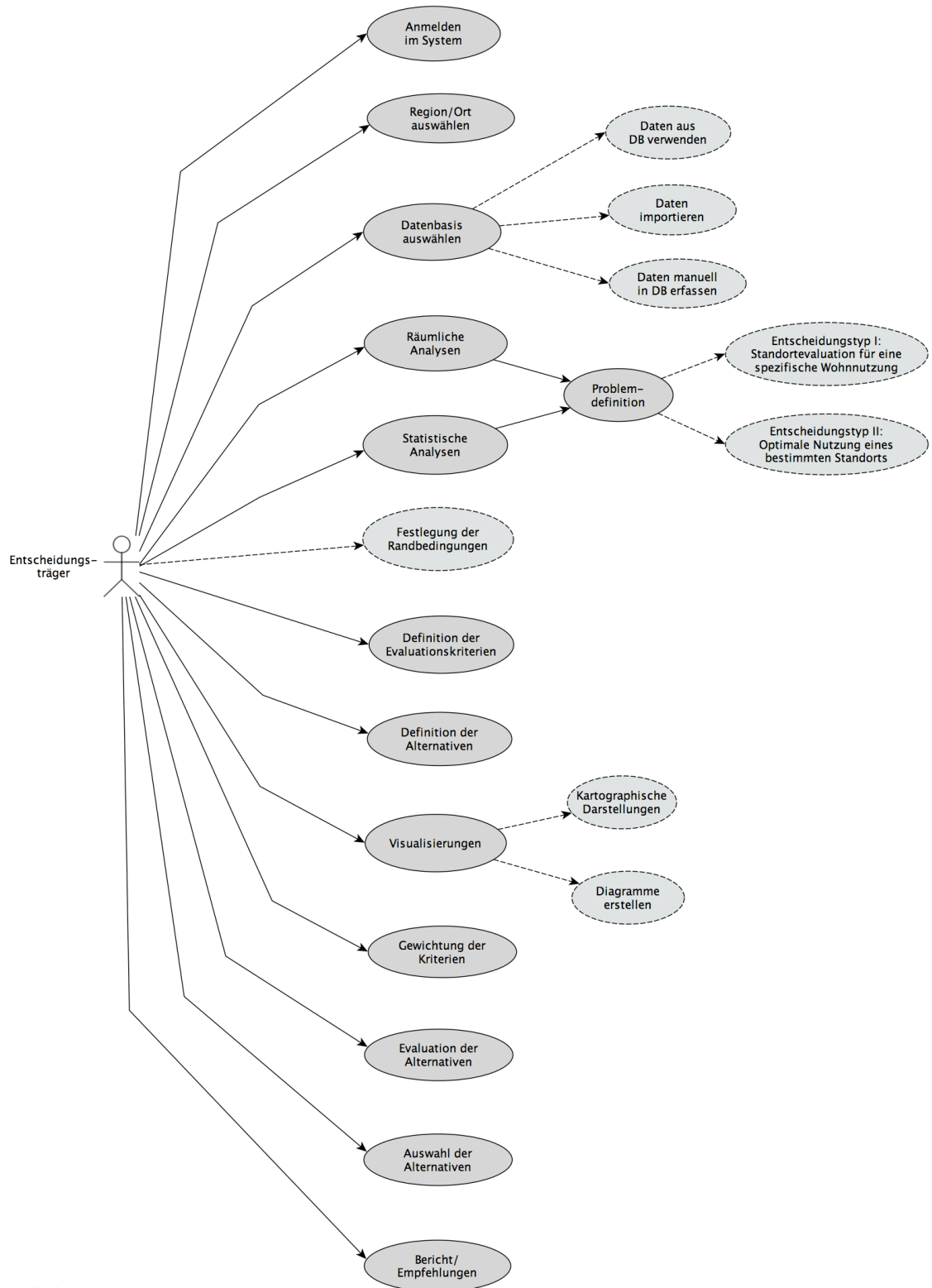
<b>Entscheidungsunterstützung</b>	
Problemdefinition	Mit Hilfe der Analysefunktionen des GIS
Definition von Auswahlkriterien	Suche nach Auswahlkriterien mit Hilfe der räumlichen und statistischen Analysen. Festlegung der Kriterien: Auswahl derjenigen Attribute, die als entscheidungsrelevant erachtet werden.
Definition von Alternativen	Suche nach Alternativen; Festlegung der Alternativen; die räumliche Komponente der Alternative muss berücksichtigt werden.
Gewichtung der Bewertungskriterien	Individuelle Auswahl und Gewichtung der Bewertungskriterien
Evaluation der Alternativen	Standardisierung der verwendeten Kriterien, damit Vergleichbarkeit gegeben ist; Aggregation der gewichteten Kriterienwerte; Beurteilung der Alternativen
Auswahl der Alternativen	Anwendung von Entscheidungsmethoden ( <i>decision rules</i> ) auf die bewerteten/evaluierten Alternativen. Je nach Methode wird eine Alternative als die optimalste ausgewählt oder es wird ein <i>Ranking</i> erstellt.
<b>User Interface</b>	
Benutzerschnittstellen	Anzahl und Art der Benutzerschnittstellen sind abhängig von der gewählten Architektur des SDSS.

<b>Nicht-funktionale Anforderungen</b>	
Einfache Bedienbarkeit	Einfachheit der Handhabung: Das Instrument muss einfach in der Anwendung und zielorientiert sein sowie mit vertretbarem Aufwand eingesetzt werden können. Alle am Entscheidungsprozess beteiligten Personen müssen in der Lage sein den Output des Instruments richtig zu interpretieren.
Integration in den Geschäftsablauf	Das Instrument muss so entworfen werden, dass es in die Geschäftsabläufe und insbesondere in den Entscheidungsprozess in einer Organisation integriert werden kann.
Integration in die Informatiklösungen des Unternehmens	Das Instrument muss mit vertretbarem Aufwand in die Informatikumgebung eines Unternehmens integriert werden können.

### 5.2.2 Anwendungsfälle (Use Cases)

*Use Cases* zeigen verschiedene mögliche Anwendungsfälle des Instruments auf, das heisst mit ihnen wird die funktionale Sicht des Anwenders dargestellt.

Abb. 14: Use Cases für ein SDSS Wohnungswesen



Use Case Name	<b>Anmelden</b>	
Beschreibung	Der Nutzer meldet sich mit Namen und Passwort im System an.	
Ziel des Use Case	Der Nutzer steigt ins System ein und ist nun berechtigt das Instrument und die gespeicherten Daten zu verwenden.	
Vorbedingung	Der Nutzer ist zur Nutzung des Instruments berechtigt.	
Nachbedingung	Der Nutzer ist im System angemeldet.	
Hauptablauf	Nutzer gibt Name und Passwort ein	System akzeptiert die Anmeldung und zeigt die Startseite
Fehlerablauf	Nutzer gibt Namen und Passwort ein	System akzeptiert Anmeldung nicht und zeigt eine Fehlermeldung

Use Case Name	<b>Region/Ort auswählen</b>	
Beschreibung	Der Nutzer legt seine Untersuchungsregion fest. Es stehen räumliche Einheiten auf unterschiedlichen Aggregationsstufen zur Auswahl. Durch die Auswahl werden die entsprechenden geographischen Basisdaten für die Visualisierung in der Datenbank abgefragt und alle folgenden Datenbankabfragen werden räumlich eingeschränkt.	
Ziel des Use Case	Ziel ist die räumliche Einschränkung des Gebiets, das im Fokus des Interesses liegt.	
Vorbedingung	Der Nutzer hat Zugang zum System.	
Nachbedingung	Die geographischen Basisdaten konnten geladen werden.	
Hauptablauf	Nutzer wählt eine oder mehrere räumliche Einheiten aus	Im Interface wird die Auswahl angezeigt.
	Nutzer schliesst den Vorgang ab.	Es wird eine Abfrage an die Datenbank gesendet und die räumliche Einschränkung wird für weitere Abfragen gespeichert.

Use Case Name	<b>Datenbasis auswählen</b>	
Beschreibung	Der Nutzer stellt die Daten zusammen, die für den aktuellen Entscheidungsprozess verwendet werden sollen. Die Daten können entweder bereits in der Datenbank gespeichert sein oder es können weitere Daten importiert bzw. erfasst werden (siehe die folgenden Use Cases).	
Ziel des Use Case	Es stehen alle benötigten Daten, soweit sie vorhanden sind, für die weiteren Analysen bereit.	
Vorbedingung	Der Nutzer hat die Abfrage räumlich vordefiniert.	
Nachbedingung	Die Daten sind ins Projekt geladen worden.	
Hauptablauf	Nutzer wählt die Daten über eine graphische Benutzeroberfläche aus	Die Daten werden ins aktuelle Projekt geladen.

Use Case Name	<b>Daten aus DB verwenden</b>	
Beschreibung	Es werden Daten aus der vorhandenen Datenbank verwendet und ins aktuelle Projekt geladen.	
Ziel des Use Case	Es werden für das laufende Projekt Daten verwendet, die bereits in der Datenbank vorhanden sind.	
Vorbedingung	Der Nutzer hat die Abfrage räumlich vordefiniert.	
Nachbedingung	Die Daten aus der DB sind geladen.	
Hauptablauf	Nutzer wählt die Daten über eine graphische Benutzeroberfläche aus.	Es wird eine Datenbankabfrage gestartet und die Daten werden ins aktuelle Projekt geladen.

Use Case Name	<b>Daten importieren</b>	
Beschreibung	Der Nutzer importiert aus externen Quellen weitere Daten, die im laufenden Projekt benötigt werden.	
Ziel des Use Case	Der Nutzer ergänzt die Daten aus der Datenbank mit weiteren benötigten Daten durch Import aus externen Quellen.	
Vorbedingung	Die Daten aus der DB sind geladen.	
Nachbedingung	Die Datenbasis ist ergänzt worden.	
Hauptablauf	Der Nutzer verbindet das System mit einer externen Datenquelle.	Die externe Datenquelle wird angezeigt.
	Der Nutzer importiert ausgewählte Datensätze.	Es werden die abgefragten Datensätze importiert.

Use Case Name	<b>Daten manuell erfassen</b>	
Beschreibung	Der Nutzer erfasst weitere Daten manuell, die im laufenden Projekt benötigt werden.	
Ziel des Use Case	Der Nutzer ergänzt die Daten aus der Datenbank mit weiteren benötigten Daten durch manuelle Erfassung.	
Vorbedingung	Die Daten aus der DB sind geladen.	
Nachbedingung	Die Datenbasis ist ergänzt worden.	
Hauptablauf	Nutzer gibt mit Hilfe der Datenerfassungsfunktionen der GIS Komponente Daten ein.	Die Daten sind erfasst und stehen dem laufenden Projekt zur Verfügung.

Use Case Name	<b>Räumliche Analysen</b>	
Beschreibung	Der Nutzer nimmt mit Hilfe der GIS Funktionen räumliche Analysen mit den im laufenden Projekt geladenen Daten vor.	
Ziel des Use Case	Der Nutzer kann mit Hilfe der räumlichen Analysen verschiedene Aussagen über den Untersuchungsgegenstand treffen.	
Vorbedingung	Die benötigten Daten sind im Projekt geladen.	
Nachbedingung	Die Daten wurden nach Bedarf räumlich analysiert.	
Hauptablauf	Nutzer führt mit Hilfe entsprechender Tools räumliche Analysen durch.	Die Ergebnisse der Analysen werden im System angezeigt.

Use Case Name	<b>Statistische Analysen</b>	
Beschreibung	Der Nutzer nimmt mit Hilfe der in der GIS Komponente implementierten statistischen Funktionen Analysen mit den im laufenden Projekt geladenen Daten vor.	
Ziel des Use Case	Der Nutzer kann mit Hilfe der statistischen Analysen verschiedene Aussagen über den Untersuchungsgegenstand treffen.	
Vorbedingung	Die benötigten Daten sind im Projekt geladen.	
Nachbedingung	Die Daten wurden nach Bedarf statistisch analysiert.	
Hauptablauf	Nutzer führt mit Hilfe entsprechender Tools statistische Analysen durch.	Die Ergebnisse der Analysen werden im System angezeigt.

Use Case Name	<b>Problemdefinition</b>	
Beschreibung	<p>Mit Hilfe Analyseergebnisse, die er durch die Verwendung der räumlichen und statistischen Analysetools erhalten hat, kann der Nutzer nun das Entscheidungsproblem genauer definieren. Das heisst, er legt fest, was genau entschieden werden muss und welche Aspekte für eine Entscheidung ausschlaggebend sind.</p> <p>Die Problemstellung ist entweder vom Typ I (Standort-evaluation für eine spezifische Wohnnutzung) oder vom Typ II (optimale Nutzung eines bestimmten Standorts).</p>	
Ziel des Use Case	Der Nutzer ist nach diesem Schritt in der Lage, die weiteren Festlegungen vorzunehmen.	
Vorbedingung	Es wurden räumliche und statistische Analysen durchgeführt.	
Nachbedingung	Der Nutzer ist sich über das konkrete Entscheidungsproblem im Klaren.	



Use Case Name	<b>Festlegung der Randbedingungen/Einschränkungen</b>	
Beschreibung	Der Nutzer kann Randbedingungen bzw. Einschränkungen festlegen, die den Raum der möglichen Lösungen einschränken. Dies wird durch Einschränkungen von bestimmten Attributwerten erreicht (z.B. maximal oder minimal zulässige Werte für ein bestimmtes Attribut) oder durch Ausschluss von bestimmten Flächen.	
Ziel des Use Case	Der Nutzer kann nicht mögliche bzw. nicht erlaubte Lösungen von vorneherein ausschliessen.	
Vorbedingung	Die Problemdefinition ist erfolgt.	
Nachbedingung	Die Randbedingungen/Einschränkungen sind festgelegt.	
Hauptablauf	Der Nutzer definiert für bestimmte Attribute den zulässigen Wertebereich.	Die Randbedingungen sind für den weiteren Projektablauf festgelegt.

Use Case Name	<b>Definition der Evaluationskriterien</b>	
Beschreibung	Der Nutzer legt die Evaluationskriterien für das vorliegende Entscheidungsproblem fest.	
Ziel des Use Case	Evaluationskriterien sind für die Evaluation der Alternativen festgelegt.	
Vorbedingung	Die Problemdefinition ist erfolgt.	
Nachbedingung	Die Bewertungskriterien sind definiert.	
Hauptablauf	Nutzer wählt Attribute als Evaluationskriterien aus.	Die Auswahl der Evaluationskriterien ist gespeichert.

Use Case Name	<b>Definition der Alternativen</b>	
Beschreibung	Der Nutzer bestimmt Entscheidungsalternativen, die der Problemstellung bzw. den Zielsetzungen entsprechen.	
Ziel des Use Case	Entscheidungsalternativen sind festgelegt.	
Vorbedingung	Die Definition von Problemstellung und Evaluationskriterien ist erfolgt.	
Nachbedingung	Die Entscheidungsalternativen stehen fest.	
Hauptablauf	Nutzer definiert und benennt die Alternativen.	Die Definition der Alternativen ist für das laufende Projekt gespeichert.

Use Case Name	<b>Visualisierungen (Vorbereitung)</b>	
Beschreibung	Der Nutzer kann die für das laufende Projekt ausgewählten Daten oder Berechnungen und die Analysen dieser Daten auf verschiedene Weisen visualisieren. Die Visualisierungen können in unterschiedlichen Phasen des Projektablaufs erfolgen.	
Ziel des Use Case	Der Nutzer profitiert von den Visualisierungsfähigkeiten des Systems und kann die Situation so besser erfassen.	
Vorbedingung	Die benötigten Daten sind im Projekt geladen und eventuelle Analysen durchgeführt.	
Nachbedingung	Daten stehen für verschiedene Visualisierungstechniken bereit.	
Hauptablauf	Nutzer wählt die Objekte und Daten aus, die visualisiert werden sollen.	Daten sind ausgewählt.

Use Case Name	<b>Kartographische Visualisierungen</b>	
Beschreibung	Der Nutzer kann die Daten auf Wunsch als thematische Karten visualisieren.	
Ziel des Use Case	Kartographische Visualisierung der Daten.	
Vorbedingung	Die Daten, die visualisiert werden sollen, stehen bereit.	
Nachbedingung	Daten wurden kartographisch visualisiert.	
Hauptablauf	Karten werden mit Hilfe kartographischer Tools dargestellt.	Karten sind im Projekt gespeichert.

Use Case Name	<b>Diagramme erstellen</b>	
Beschreibung	Der Nutzer kann die Daten auf Wunsch als Diagramme visualisieren.	
Ziel des Use Case	Darstellung der Daten in Diagrammform.	
Vorbedingung	Die Daten, die visualisiert werden sollen, stehen bereit.	
Nachbedingung	Es wurden Diagramme erstellt.	
Hauptablauf	Diagramme werden mit Hilfe entsprechender Tools dargestellt.	Diagramme sind im Projekt gespeichert.

Use Case Name	<b>Gewichtung der Kriterien</b>	
Beschreibung	Der Nutzer kann die einzelnen Evaluationskriterien gemäss seinen Präferenzen gewichten. Dazu wird z.B. die Rating Methode verwendet.	
Ziel des Use Case	Die individuellen Präferenzen des Entscheidungsträgers sind berücksichtigt.	
Vorbedingung	Die Evaluationskriterien sind definiert.	
Nachbedingung	Die Evaluationskriterien sind gewichtet.	
Hauptablauf	Nutzer wählt einzelne Evaluationskriterien aus und weist ihnen ein Gewicht zu.	Die Gewichtung der Evaluationskriterien ist im Projekt gespeichert.

Use Case Name	<b>Evaluation der Alternativen</b>	
Beschreibung	Es werden die standardisierten und aggregierten Kriterienwerte für alle Alternativen berechnet.	
Ziel des Use Case	Standardisierung und Aggregation der Kriterienwerte.	
Vorbedingung	Die Evaluationskriterien sind gewichtet.	
Nachbedingung	Die Kriterienwerte sind evaluiert.	
Hauptablauf	Nutzer startet die Standardisierungsroutinen.	Standardisiert Kriterienwerte werden ausgegeben und gespeichert.
	Nutzer startet die Aggregationroutinen.	Kriterienwerte/Resultate für alle Alternativen werden ausgegeben.

Use Case Name	<b>Auswahl der Alternativen</b>	
Beschreibung	Unter Verwendung von Entscheidungsregeln (z.B. gewichtete Summierung) werden die Alternativen bewertet und es wird eine Rangierung der Alternativen vorgenommen.	
Ziel des Use Case	Der Nutzer erhält eine transparente Bewertung und Auswahl bzw. Rangierung der verschiedenen Alternativen.	
Vorbedingung	Die Kriterienwerte sind evaluiert.	
Nachbedingung	Die bewerteten Alternativen sind rangiert.	
Hauptablauf	Der Nutzer wendet ein Entscheidungsmodell an.	Die Resultate werden ausgegeben.

Use Case Name	<b>Empfehlungen/Bericht erstellen</b>	
Beschreibung	Als Endprodukt des Entscheidungsfindungsprozesses wird ein Bericht erstellt und es werden Empfehlungen abgegeben. Dazu werden verschiedene Resultate und Visualisierungen verwendet.	
Ziel des Use Case	Die Ergebnisse der Entscheidungsunterstützung werden präsentiert.	
Vorbedingung	Die bewerteten Alternativen sind rangiert.	
Nachbedingung	Resultate und Visualisierungen sind ausgewählt.	
Hauptablauf	Der Nutzer lässt sich verschiedene Resultate und Visualisierungen ausgeben.	Gespeicherte Resultate und Visualisierungen werden ausgegeben oder exportiert.

### 5.3 Daten und Modelle für ein SDSS Wohnungswesen

#### 5.3.1 Verwendbare Daten

Nachdem die spezifischen Problemstellungen bei Entscheidungsfindungsprozessen in der Wohnungswirtschaft erläutert wurden und daraus der Informationsbedarf und die Anforderungen an ein System zur Unterstützung der räumlichen Entscheidungsfindung abgeleitet wurden, werden nun die Daten und Modelle erörtert, die das System in der gewünschten Weise funktionsfähig machen.

Daten, die wünschenswert sind, müssen natürlich auch vorhanden und zugänglich sein. Neben geographischen Basisdaten, werden vor allem Daten zur Bevölkerung und zu den Gebäuden und Wohnungen benötigt. Diese Daten sollten möglichst auch georeferenziert sein. In der Schweiz wurden bis ins Jahr 2000 alle 10 Jahre umfangreiche Daten zur Bevölkerung und zu den Wohnverhältnissen im Rahmen der Volkszählung erhoben. Ab dem Jahr 2010 sollen vergleichbare Daten jährlich in Form einer Registererhebung zusammengetragen werden, die mit Stichprobenerhebungen ergänzt wird (Bundesamt für Statistik 2009). Die Wohnungs- und Gebäudedaten werden in Zukunft im Gebäude- und Wohnungsregister kontinuierlich nachgeführt. Alle diese Daten sind georeferenziert und auch in einem Hektarraster verfügbar.

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über die wichtigsten Daten gegeben, die in einem SDSS Wohnungswesen Verwendung finden können. Es geht dabei nicht um Vollständigkeit. Je nach konkreter Problemstellung müssen möglicherweise auch Daten hinzugezogen werden, die im normalen Anwendungsfall nicht gebraucht werden.

In der Bevölkerungsstatistik werden Daten erhoben zu den Personen (Alter, Geschlecht, Zivilstand, Staatsangehörigkeit, Ausbildung, erlernter und ausgeübter Beruf etc.), zu den Haushalten (Personen, die die Wohnung bewohnen, Haushalt-Typen), zu den Wohnungen (Stockwerk, Zimmer-Anzahl, Fläche, Küche, Bewohnertyp, Mietpreis) und Ge-

bäuden (Gebäudeart, Bauperiode, Renovation, Eigentümer-Typ, Geokoordinaten etc.) sowie daraus abgeleitete Daten (Gemeinde-Typen, Agglomerationen etc.) (vgl. Bundesamt für Statistik 2009, Volkszählung).

In der Gebäude und Wohnungserhebung wird die Struktur des Gebäude- und Wohnungsbestandes erfasst. Diese Daten können mit Bevölkerungsdaten kombiniert werden und ergeben so ein Bild der Wohnverhältnisse. Es werden Daten über die Gebäude (Gebäudeart, Bauperiode, Renovationsperiode, Hauseigentübertyp) und die Wohnungen (Belegungsart, Bewohnertyp, Zimmerzahl, Wohnfläche, Mietpreis) erfasst (vgl. Bundesamt für Statistik 2009, Volkszählung).

Weitere Daten sind bei den Kantonen oder Gemeinden vorhanden. Dies ist etwa für die Nutzungsplanung oder die Bau- und Zonenordnung der Fall. Auch spezielle Informationen zur Infrastrukturausstattung (z.B. Stationen des öffentlichen Verkehr, Schulen, Einkaufsmöglichkeiten etc.) sind häufig auf Gemeindeebene vorhanden oder müssen bei Bedarf auch selber erfasst werden, was natürlich den Aufwand für die Datenbeschaffung beträchtlich erhöht. Möglicherweise können auch Datensammlungen von privaten Anbietern hinzugezogen werden, die dann aber meistens kostenpflichtig sind.

Die Daten der amtlichen Statistiken können durch die Konstruktion von speziellen Indizes vertiefte Informationen liefern. Das ist beispielsweise hilfreich, wenn es um die Identifikation von verschiedenen Wohnungsmarktsegmenten geht. Da der Wohnungsmarkt gerade auch in räumlicher Hinsicht sehr stark differenziert ist, sind Indizes mit einem zusätzlichen räumlichen Fokus sehr geeignet für den vorliegenden Fall. Ein Beispiel für die Bildung von Indizes zur Beschreibung von räumlichen Disparitäten, die auch für wohnungswirtschaftliche Problemstellung hilfreich sind, findet sich bei Hermann et al. (2005).

Wie oben erwähnt, werden vom Bundesamt für Statistik auch Angaben zu den Mietpreisen erhoben. Diese Daten entsprechen einer Vollerhebung und weichen häufig sehr stark von den aktuellen Angebotspreisen auf dem Wohnungsmarkt ab. Das liegt daran, dass viele dieser Wohnungen gar nie auf dem Wohnungsmarkt erscheinen, da sie z.B. über alternative Zuteilungsmechanismen vermietet werden (z.B. Wohnungen von Wohnbaugenossenschaften oder unter der Hand vergebene Wohnungen). Auch die langjährige Vermietung von Wohnungen wirkt sich auf die Diskrepanz zwischen Durchschnittsmieten und momentanen Angebotsmieten aus. Für viele Entscheidungsträger in der Wohnungswirtschaft stellen aber die Angebotspreise für ein bestimmtes Angebot und eine bestimmte Lage eine entscheidende Orientierungsgrösse dar. Hier springen private Beratungsunternehmen ein, die solche Daten erheben und diese Informationen

kommerziell anbieten (vgl. z.B. Wüest und Partner 2009). Diese Daten müssen dann für die analysierte Region manuell im SDSS erfasst werden.

Informationen zur zukünftigen demographischen Entwicklung werden vom Bundesamt für Statistik regelmässig in Form von Bevölkerungsszenarien publiziert (Bundesamt für Statistik 2009), Erhebungen, Quellen – Bevölkerungsszenarien). Dabei werden auf Modellrechnungen basierende Schätzungen zum Bevölkerungsbestand und zur Bevölkerungsentwicklung vorgenommen. Es können auf dieser Basis auch Haushaltsszenarien erstellt werden.

### **5.3.2 Methodische Bausteine und Modelle**

Welche Ansätze oder genauer welche räumliche Entscheidungsunterstützung sind für diesen Zweck geeignet? Neben den GIS Funktionalitäten, die in erster Linie zur Analyse in der *Intelligence* Phase sowie zur Visualisierung verschiedener (Zwischen-) Resultate benötigt werden, sind es die verschiedenen Entscheidungsmethoden, die ausgewählt werden müssen. Wie im Kapitel 4.3 erläutert, stehen für das SDSS Wohnungswesen die Methoden der multikriteriellen Entscheidungsanalyse im Vordergrund.

Die in den meisten GIS implementierten Prozeduren für die räumliche und statistische Analyse werden hauptsächlich für die Problemdefinition und für die Auswahl der Entscheidungskriterien verwendet (vgl. die *Use Cases* in Kapitel 5.2). Daneben werden Funktionen für die Visualisierung benötigt, die in verschiedenen Schritten des Entscheidungsprozesses zum Einsatz kommen können. Diese Funktionen bilden zusammen mit einem räumlichen Datenmanagementsystem den GIS Kern des Systems zur räumlichen Entscheidungsunterstützung.

Die Analyse- und Entscheidungsmodelle, die für die MCDA benötigt werden, sind quantitative Modelle, die in unterschiedlichen Phasen des Entscheidungsunterstützungsprozesses im SDSS Wohnungswesen eingesetzt werden. Damit diese quantitativen Prozeduren verwendet werden können, ist es notwendig, dass die Evaluationskriterien tatsächlich quantitativ sind. Dies ist bei den Daten für ein SDSS Wohnungswesen der Fall. Sollten einmal qualitative Daten, die beispielsweise aus einer Bewohnerbefragung stammen können, Eingang ins Instrument finden, dann müssen diese Daten quantifiziert werden. Das ist durch die Definition und Anwendung einer Skala möglich, mit der qualitative Bewertungen in numerische Werte transformiert werden.

Damit die Evaluationskriterien verwendet werden können, müssen ihre Werte vergleichbar sein. Zu diesem Zweck sind mathematische Modelle im Instrument implementiert, mit denen eine Standardisierung der Kriterien vorgenommen werden kann.

Dazu eignet sich die Methode der linearen Transformation, die in der GIS-basierten Entscheidungsunterstützung eine weite Verbreitung aufweist (Chakhar & Mousseau 2008, 750; vgl. Kapitel 4.2.1).

Eine weitere zentrale Prozedur in der Model Base dient der Operationalisierung der Präferenzen der Nutzer in Form einer Gewichtung der Kriterien. Weit verbreitet und relativ einfach zu implementieren sind die *Ranking* und die *Rating* Methoden (vgl. Kapitel 4.2.3). Für das SDSS Wohnungswesen bietet sich die Rating Methode an, da sie für den Nutzer des Instruments leicht zu verstehen ist und ihm, im Vergleich zur Ranking Methode, mehr Möglichkeiten für eine individuelle Gewichtung der Kriterien lässt. Eine weitere Methode, die relativ häufig Verwendung findet, ist die *Pairwise Comparison* Methode. Mit dieser Methode können die Gewichte präziser zwischen den relevanten Kriterien verteilt werden. Sie ist aber in der Implementierung aufwendiger und wird hauptsächlich innerhalb der AHP Methode verwendet (vgl. Kapitel 4.2.3).

Die Bewertung und Gewichtung der Kriterien mündet in einer Matrix, die als Zwischenstand des Entscheidungsprozesses den Ausgangspunkt für die beiden letzten notwendigen Prozeduren bildet. Mit einer Aggregationsmethode werden die einzelnen Teilwerte einer Kombination aus Kriteriumswert und Gewichtung addiert und zu einem abschliessenden Evaluationswert für jede Alternative aggregiert.

In der letzten Prozedur wird nun die eigentliche Entscheidungsregel angewendet, die zum Endresultat des gesamten Prozesses der Entscheidungsunterstützung führt. Da der Zweck dieses Instruments primär in einer transparenten und intersubjektiv nachvollziehbaren Bewertung der Alternativen liegt, ist die Methode der gewichteten Summierung eine naheliegende Lösung für diese Funktion. Mit dieser Entscheidungsregel werden die einzelnen Alternativen rangiert und bleiben alle ein Bestandteil des Endresultats. Sie ist zudem einfach umzusetzen und durch die Nutzer des Systems gut nachvollziehbar.

#### **5.4 Komponenten und Architektur für ein SDSS Wohnungswesen**

Als abschliessender Punkt im Konzept muss geklärt werden, wie die verschiedenen Bausteine als System organisiert sein müssen, damit die Anforderungen an das Instrument erfüllt werden können. Damit wird eine Antwort auf die Frage gegeben, wie ein Entscheidungsunterstützungssystem konzeptuell aufgebaut sein muss, um die spezifischen Anforderungen von Standortanalysen in der Wohnungswirtschaft zu erfüllen.

Eine der wichtigsten Anforderungen, die in diesem Konzept an ein SDSS Wohnungswesen gestellt werden, ist eine einfache Anwendbarkeit des Instruments. Es richtet sich

vorzugsweise an Personen, die keine Spezialisten für GIS oder vergleichbare IT-Anwendungen sind. Aus diesem Grund steht hier eine Integrationsstrategie, die auf eine enge Verbindung der GIS Komponenten mit den Komponenten der Entscheidungsunterstützung ausgerichtet ist, im Vordergrund (vgl. Kapitel 4.3.2). Diese Form der Integration hat den grossen Vorteil, dass es nur eine Benutzerschnittstelle gibt, über die sämtliche Funktionen angewählt und gesteuert werden können (vgl. Abb. 11). Damit ist aber sicher auch ein höherer Entwicklungsaufwand verbunden, da die Komponenten und ihr Datenaustausch genau aufeinander abgestimmt werden müssen, so dass sie einheitlich gesteuert werden können. Im Sinne der geforderten Einfachheit sollten die verschiedenen Prozeduren über eine graphische Oberfläche gesteuert werden können.

Für die Umsetzung eines MC-SDSS eignet sich wie gesehen ein Toolbox Ansatz (vgl. Kapitel 4.3.2). Für eine GIS-orientierte Herangehensweise eignet sich natürlich besonders eine Lösung, bei der die GIS Funktionen und Komponenten die Basis des integrierten Systems bilden. Darunter ist zu verstehen, dass die Datenspeicherung und das Datenhandling einerseits und die (räumlichen) Analyse- und Darstellungsfunktionen andererseits vom GIS gestellt werden. Dieses System muss nun mit den in Kapitel 5.3.2 erläuterten Bausteinen der spezifischen Entscheidungsunterstützungsmethoden ergänzt werden. Die Herausforderung dabei ist eine nahtlose Integration dieser beiden Subsysteme in ein einheitliches System für die räumliche Entscheidungsunterstützung.

Die Methoden der Entscheidungsunterstützung, die für die MCDA benötigt werden, werden in einer Model Base zur Verfügung gestellt. Die Modell Base ist eine Sammlung quantitativer Modelle, auf die im Gebrauchsfall zugegriffen werden kann (vgl. Toolbox Ansatz und Abb. 10). Ein spezielles Managementsystem sorgt für die Speicherung und den Aufruf der gespeicherten Modelle. Auf dieses Managementsystem wird durch die einheitliche Benutzerschnittstelle zugegriffen.

In einer eigenen Umgebung, nämlich im GIS Kern, befinden sich die Prozeduren für die räumliche Analyse und die Visualisierung der (Geo)Daten sowie für das Datenmanagement.

Diese Architektur, in der die GIS und Entscheidungsunterstützung jeweils als Komponenten ins Gesamtsystem einfliessen, bildet die Grundlage für ein umfassendes Programmpaket, wie es beispielsweise lokal auf dem Rechner installiert ist oder über einen Server den Clients zur Verfügung gestellt wird. Falls ein solches Programmpaket auf die wesentlichen Funktionen reduziert sowie eine anwenderfreundliche und intuitive Bedienung erlaubt, kann eine kommerziell interessante Nachfrage in der Zielgruppe erwartet werden.



Eine interessante Alternative für die genannte Zielgruppe könnte aber auch eine webbasierte Anwendung sein. Die Vorteile dieser Lösung liegen für die Nachfrager in geringeren Kosten und einer einfachen Integration in die Informatikumgebung einer Institution.

Es werden für eine webbasierte Lösung im Kern dieselben Komponenten mit denselben Funktionalitäten benötigt wie bei einem Programmpaket. Der Unterschied liegt in der Anbindung der einzelnen Komponenten. Diese sind nicht in einem mehr oder weniger stark gekoppelten System integriert, sondern werden im Sinne einer verteilten Datenhaltung bei Bedarf aufgerufen. Die Komponenten können dabei auf einem Server liegen, wo die notwendigen Prozeduren durchgeführt werden oder sie können teilweise mittels eines *Plugins* direkt im Client ausgeführt werden (vgl. Kapitel 4.3.3).

Damit ein solches System langfristig funktioniert und von unterschiedlichen Nutzern problemlos verwendet werden kann, ist es von Vorteil, wenn die Komponenten und insbesondere die Schnittstellen und Formate die verbreiteten Standards berücksichtigen, wie sie im Bereich der Geoinformatik durch das Open Geospatial Consortium (OGC) und ganz allgemein für das Internet durch das World Wide Web Consortium (W3C) festgelegt werden.

Es gibt zwar eine recht breite Literatur zu webbasierten SDSS (vgl. Kapitel 2), aber es wird wenig von implementierten Anwendungen berichtet. Es handelt sich meist um Projekte, die einen Beitrag zur Forschung leisten und weniger als praxisorientierte Anwendungen zu sehen sind. Langfristig werden SDSS Anwendungen angestrebt, die serviceorientiert sind (Malczewski 2006, 718; Rinner 2003). Eine webbasierte Ausrichtung eines SDSS Wohnungswesen ist deshalb zum jetzigen Zeitpunkt weniger empfehlenswert, wenn es sich dezidiert um eine Geschäftsanwendung handeln soll, da der Entwicklungsaufwand höher ist und es schwierig sein dürfte, dieselbe Vielfalt an Funktionalitäten bereitzustellen, die mit einem Programmpaket erreicht werden kann.

## **6 Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick**

### **6.1 Zusammenfassung**

Das Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung eines Konzepts für ein räumliches Entscheidungsunterstützungssystem, das zur Unterstützung von Entscheidungsträgern in der Wohnungswirtschaft eingesetzt werden soll. Die Entscheidungsträger in der Wohnungswirtschaft haben einen hohen Informationsbedarf. Ohne Informationen über die Anforderungen an den Wohnraum durch verschiedene Nachfragesegmente und die Nachfrageentwicklung sowie über die Kriterien, welche die Nachfrager ihren Entscheidungen zu Grunde legen, kann es zu Fehleinschätzungen und zur Erstellung eines unpassenden Wohnungsangebots kommen. Um solche Fehlinvestitionen zu vermeiden, brauchen Entscheidungsträger zuverlässige Entscheidungsgrundlagen. Dazu können SDSS einen Beitrag leisten, insofern sie den spezifischen Anforderungen der Wohnungswirtschaft gerecht werden. In diesem Kontext interessiert besonders, wie der Entscheidungsprozess in der Wohnungswirtschaft durch die Kombination von Methoden der Geoinformatik und der Entscheidungsfindung am besten unterstützt werden kann und wie so ein System aufgebaut sein muss, um den Anforderungen gerecht zu werden.

Zuerst wurden die Zielgruppen, die das SDSS Wohnungswesen verwenden sollen, und die Zielorientierung ihrer Aktivitäten in der Wohnungswirtschaft beschrieben. Es handelt sich dabei vorwiegend um Entscheidungsträger von gewinnorientierten und nicht-gewinnorientierten Bauträgern sowie um Planungsverantwortliche der öffentlichen Hand. Anschliessend wurden die wichtigsten Kriterien erläutert, die bei Standort- und Strategieentscheidungen berücksichtigt werden müssen. Zudem wurde auf die räumlichen Bedingungen und die Raumwirksamkeit von Handlungen der Akteure in der Wohnungswirtschaft hingewiesen. Dabei zeigte sich, dass sich das Wohnen sozial und räumlich differenziert. Dies ist eine wichtige Handlungsbedingung für die Entscheidungsträger und muss folglich in einem tauglichen SDSS angemessen modelliert werden können. Aus diesen Ausführungen konnten bereits erste Anforderungen an die Entscheidungsunterstützung in diesem Anwendungsbereich abgeleitet werden, die dann in Kapitel 5 wieder aufgenommen wurden.

Im folgenden Kapitel 4 wurde eine problemorientierte Übersicht über die räumliche Entscheidungsunterstützung gegeben. Aufgrund der Problemstellung in dieser Arbeit wurde die multikriterielle Entscheidungsanalyse (MCDA) als Ansatz gewählt. Diese Methode ist einerseits in der Fachliteratur gut abgestützt und eignet sich andererseits

durch die Ausrichtung auf komplexe, semistrukturierte Entscheidungsprobleme mit einer grösseren Zahl von heterogenen Kriterien auch besonders gut für die vorliegende Aufgabe. Für eine räumliche Problemstellung, wie sie auch hier vorliegt, ist die Kombination von GIS Funktionalitäten und Methoden der MCDA in Form eines MC-SDSS eine naheliegende Lösungsstrategie.

Innerhalb der MCDA stehen für die verschiedenen Phasen des Entscheidungsfindungsprozesses jeweils mehrere Methoden zur Verfügung. Es wurden wichtige Methoden für die Standardisierung von Kriterienwerte, für die Gewichtung von Kriterien durch individuelle Präferenzen der Entscheidungsträger sowie Methoden für die Auswahl von Alternativen vorgestellt. Schliesslich wurden die zentralen Komponenten und die möglichen Systemarchitekturen eines MC-SDSS erläutert. Das Kapitel wurde mit einigen Schlussfolgerungen für das Konzept eines SDSS Wohnungswesen abgeschlossen.

In Kapitel 5 wurden dann die in den vorhergehenden Kapiteln ausgelegten Fäden aufgenommen und zu einem Konzept gebündelt. Zuerst wurde im Lichte der bisherigen Erkenntnisse die Problemstellung spezifiziert und der Informationsbedarf der Entscheidungsträger erörtert. Daraus konnten dann die funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen an das SDSS abgeleitet und mit Hilfe von *Use Cases* detailliert beschrieben werden. Weiter wurde der Bedarf an Daten auf dem Hintergrund der Datenlage beschrieben. Zum Abschluss des Kapitels wurden dann diejenigen Methoden der MCDA ausgewählt, die sich für ein SDSS Wohnungswesen gut eignen, und eine passende Lösung für die Architektur eines solchen Systems vorgeschlagen. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Instrument für die Nutzer verständlich und einfach in der Anwendung ist. Dies kann am besten durch eine enge Kopplung der GIS Funktionalitäten inklusive des räumlichen Datenmanagementsystems mit den ausgewählten Methoden und Komponenten der MCDA zu einem eng integrierten MC-SDSS erreicht werden. Ein solches System weist nur ein Interface auf, was die Bedienung erleichtert. Im Weiteren wurden diejenigen Methoden der MCDA vorgeschlagen, die durch die Nutzer verhältnismässig einfach zu verstehen sind. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Anwendung des Instruments in der Praxis auch ohne vertiefte Kenntnisse von GIS und MCDA möglich ist und dass die Nutzer die Ergebnisse der Analyse gewinnbringend in ihren Handlungen umsetzen können. Dieses Ziel wird höher gewichtet, als die höhere Präzision und bessere theoretische Fundierung von Methoden, die dafür den Einsatz in der Praxis und die Implementierung erschweren. Dieses Konzept kann nun als Leitfaden für die Entwicklung und Implementierung eines SDSS Wohnungswesen dienen.

## 6.2 Diskussion und Ausblick

### *Diskussion*

Die Fachliteratur zur räumlichen Entscheidungsunterstützung ist sehr breit und es wird darin eine grosse Palette von Ansätzen vorgestellt. Im Zusammenhang mit der räumlichen Entscheidungsunterstützung wird am häufigsten die MCDA Methode erwähnt. Einer der Gründe dafür ist, dass die MCDA sich von ihrer Grundidee her gut für Probleme in der Praxis der Entscheidungsfindung eignet. Für den Anwender sind die Grundfunktionen, mit denen er in Berührung kommt, gut verständlich und entsprechen dem Entscheidungsprozess, wie er auch ohne technische Hilfsmittel abläuft, in grossen Teilen. Deshalb versteht der Nutzer schnell, welche Parameter das System von ihm verlangt und er kann das System gewinnbringend einsetzen, ohne dass das Gefühl vorherrscht, dem System ausgeliefert zu sein.

Bei der Wahl der Methoden, die für ein System der räumlichen Entscheidungsunterstützung benötigt werden, müssen verschiedene Aspekte berücksichtigt werden: Einfachheit und Verständlichkeit der Anwendung für den Nutzer, Zuverlässigkeit und Angemessenheit für den spezifischen Anwendungsbereich, Anforderung an und Aufwand für die Implementierung einer Methode sowie die theoretische Fundierung einer Methode. Abhängig von der Zielsetzung bei der Verwendung eines SDSS für eine bestimmte Problemstellung, werden diese Kriterien jeweils anders gewichtet. Im Falle des SDSS Wohnungswesen werden pragmatische Überlegungen höher bewertet als die Präzision und theoretische Fundierung der verwendeten Methoden. Die Einfachheit und Verständlichkeit der Anwendung für den Nutzer sowie eine einfache Implementierung sind deshalb entscheidend für die Wahl. Dies erscheint in diesem Anwendungskontext als zulässig, da der Zweck des SDSS Wohnungswesen vorrangig in der Klärung und der Transparenz der Entscheidungssituation liegt und nicht in einer wissenschaftlich unanfechtbaren Anwendung.

Im welchem Verhältnis stehen Aufwand und Ertrag bei der Erstellung eines solchen SDSS? Dies ist die letztlich entscheidende Frage, wenn ein Instrument auf den Markt gebracht werden soll. Es gibt eher wenig voll integrierte SDSS, da der Entwicklungsaufwand hoch ist. Er lohnt sich finanziell nur dann, wenn das Instrument regelmässig eingesetzt wird. Deshalb bleibt es häufig bei Konzepten oder bei der Entwicklung von Prototypen, die eher der Forschung als der wirtschaftlichen Praxis dienen. Eine weitere Möglichkeit ist der Einbezug von Modulen mit Methoden der Entscheidungsunterstützung in ein bestehendes System, z.B. ein GIS. In diesen Fällen ist das SDSS aber nicht auf einen bestimmten Einsatzzweck ausgerichtet, sondern lässt sich für unterschiedliche

Problemstellungen einsetzen. Der Nachteil einer derartigen Lösung ist, dass deren Einsatz ein grösseres Fachwissen voraussetzt, da das System zuerst auf die spezifische Problemstellung hin angepasst werden muss und sich möglicherweise weniger intuitiv bedienen lässt. Ein SDSS hingegen, das für eine spezifische Problemstellung und für eine klar definierte Nutzergruppe entworfen wird, kann die Bedienung des Systems möglichst einfach und intuitiv gestalten. So kann ein Instrument entstehen, das sich problemlos in die täglichen Arbeitsroutinen einfügt. Die Wahrscheinlichkeit für dessen tatsächlichen Einsatz steigt und dessen Entwicklung wird für Anbieter von Informatiklösungen kommerziell interessant.

### *Ausblick*

Die räumliche Entscheidungsunterstützung ist ein Thema, das in den vergangenen zehn bis zwanzig Jahren und bis heute in der Geoinformatik und der entsprechenden Fachliteratur grosse Resonanz hat. Ursprünglich ging der Diskurs von der Frage aus, inwiefern ein GIS bereits als System der räumlichen Entscheidungsunterstützung bezeichnet werden kann. Aus dieser Fragestellung entstand schliesslich ein eigenständiges Forschungsfeld mit verschiedenen theoretischen und methodischen Ausprägungen. Weit weniger verbreitet als es diese ausgedehnte Fachdiskussion vermuten lässt, sind praxisorientierte Anwendungen. Die meisten Lösungen haben eher den Charakter von Prototypen, die zur Weiterentwicklung methodischer und technischer Ansätze dienen und nicht primär auf den nicht-wissenschaftlichen Einsatz in einem professionellen Umfeld ausgerichtet sind.

Ein vorrangiges Ziel dieser Arbeit war es deshalb, das Thema der räumlichen Entscheidungsunterstützung mit dem Fokus auf einen praxistauglichen und gewinnbringenden Einsatz in einem wichtigen Wirtschaftssektor zu bearbeiten. Diese Ausrichtung kann die kommerzielle Entwicklung von Komponenten und integrierten Systemen der Entscheidungsunterstützung fördern und so in Zukunft deren Einsatz leichter und kostengünstiger machen.

Dieses Ziel könnte noch besser mit dem Einsatz einer web-basierten Entscheidungsunterstützung (WebSDSS) erreicht werden. In diesem Bereich haben in den letzten Jahren sehr viele Entwicklungen stattgefunden, die sich auch entsprechend in der Fachliteratur niedergeschlagen haben. Viele Neuerungen haben aber noch nicht den Stand erreicht, dass sie routinemässig in der Praxis eingesetzt werden. Gerade im Bereich der serviceorientierten Architektur sind aber vielversprechende Ansätze vorhanden. Die Entwicklung entsprechender Standards, z.B. für den Bereich der Geoinformatik unter der

Leitung des *Open Geospatial Consortium*, gibt die Richtung vor. Wenn Methoden der räumlichen Entscheidungsfindung als Webservice angeboten würden, dann kann man sich gut eine verteilte Anwendung des SDSS Wohnungswesen vorstellen. Die Zielsetzungen und Anforderungen, die mit diesem Instrument verbunden sind, sollten auch in einer webbasierten Architektur umgesetzt werden können.

Welche konkrete Umsetzung man auch immer ins Auge fasst, der entscheidende Schritt vorwärts ist in jedem Fall die Implementierung des skizzierten Konzepts. Nur der konkrete Versuch, die Techniken des GIS und des *Decision Support* bzw. der MCDA in einem praxistauglichen Instrument zu verbinden, wird zeigen, ob das SDSS Wohnungswesen tatsächlich den Bedürfnissen der Zielgruppe dienen kann.

## Literatur

- Al-Shalabi, Mohamed A.; Bin Mansor, Shattri; Bin Ahmed, Nordin; Shiriff, Rashid (2006): GIS Based Multicriteria Approaches to Housing Site Suitability Assessment. Quelle: [http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts72/ts72\\_05\\_alshalabi\\_etal%20\\_0702.pdf](http://www.fig.net/pub/fig2006/papers/ts72/ts72_05_alshalabi_etal%20_0702.pdf). Letzter Zugriff: 18. Oktober 2009.
- Ascough II, James C.; Rector, Harriet D.; Hoag, Dana L.; McMaster, Gregory S.; Vandenberg, Bruce C.; Shaffer, Marvin J.; Weltz, Mark A.; Ahjua, Lajpat R. (2002): Multicriteria Spatial Decision Support Systems: Overview, Applications, and Future Research Directions. In: Proceedings of the International Environmental Modelling and Software Society, 24 - 27 June 2002, Lugano, Switzerland, S. 175–180.
- Bundesamt für Statistik (2009): Volkszählung. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/news/00/03.html>. Letzter Zugriff: 18. Oktober 2009.
- Bundesamt für Statistik (2009): Erhebungen, Quellen – Bevölkerungsszenarien. [http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen\\_\\_quellen/blank/blank/szenbev/01.html](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/infothek/erhebungen__quellen/blank/blank/szenbev/01.html). Letzter Zugriff: 18. Oktober 2009.
- Chakhar, Salem; Martel, Jean-Marc (2003): Enhancing Geographical Information Systems Capabilities with Multi-Criteria Evaluation Functions. In: Journal of Geographic Information and Decision Analysis 2003, Vol. 7, Nr. 2, S. 47 – 71.
- Chakhar, Salem; Martel, Jean-Marc (2004): Towards a spatial decision support system: Multicriteria evaluation functions inside geographical information systems. In: Annales du Lamsade, Vol. 2, S. 97-123.
- Chakhar, Salem; Mousseau, Vincent (2008): Spatial Multicriteria Decision Making. In: Shekhar, Shashi and Xiong, Hui (eds.): Encyclopedia of Geographical Information Science. Springer. New York. S. 747 – 753.
- Czeranka, Marion (1999): SDSS - Spatial Decision Support Systems. <http://www.giub.uni-bonn.de/gistutor/theorie/grundlag/sdss/sdss.htm>. Letzter Zugriff: 18. Oktober 2009.
- Häussermann, Hartmut; Siebel, Walter (2000): Soziologie des Wohnens. Eine Einführung in Wandel und Ausdifferenzierung des Wohnens. Weinheim, München.
- Herlyn, Ulfert (1998): Milieus. In: Häussermann, Hartmut (Hrsg.): Grossstadt. Soziologische Stichworte. Opladen. S. 151-161.
- Hermann, Michael; Heye, Corinna; Leuthold, Heiri (2005): Soziokulturelle Unterschiede in der Schweiz : vier Indizes zu räumlichen Disparitäten, 1990-2000. Hrsg. Bundesamt für Statistik. Neuchâtel.
- Heye, Corinna (2007): Sozialräumliche Prozesse in urbanen Räumen der Schweiz. Zürich. Diss. Univ. Zürich.
- Heye, Corinna; van Wezemaal, Joris Ernest (2007): Herausforderungen des soziodemographischen Wandels für die Wohnbauindustrie. In: disP Nr. 169. Vol. 43 (2), S. 41-55.
- Huber, Andreas (2008): Der Wohnungsmarkt im Spannungsfeld von Demographie und Lebensphasen, Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung. In: Huber, Andreas (Hrsg.): Neues Wohnen in der zweiten Lebenshälfte. Reihe: Edition Wohnen, Band 2. Basel. Birkhäuser. S. 45 bis 64.

- Hugentobler, Margrit; Gysi, Susanne (2008): Träger von Innovation. In: Wohnen morgen: Standortbestimmung und Perspektiven des gemeinnützigen Wohnungsbaus: Hrsg.: Stadt Zürich, Schweizerischer Verband für Wohnungswesen. Zürich. Verlag Neue Zürcher Zeitung. S. 48 – 58.
- Jankowski, Piotr (1995): Integrating Geographical Information Systems and Multiple Criteria Decision-Making Methods. In: International Journal of Geographical Information Systems, Vol. 9, Nr. 3, S. 251-273.
- Laudien, Rainer; Bareth, Georg (2007): Entwicklung und Programmierung räumlicher Entscheidungsunterstützungssysteme mit Java und ArcGIS Engine; GIS - Zeitschrift für Geoinformatik, 4/2007, S. 16-21.
- Leuthold, Heiri (2006): Die sozialräumliche Dynamik der urbanisierten Schweiz und ihre politikgeografische Dimension. Zürich. Diss. Univ. Zürich.
- Li, Naicong; Raskin, Robert; Goodchild, Michael (2008): Developing a conceptual framework for spatial decision support. Proceedings GIScience Conference. Park City, UT.
- Malczewski, Jacek (1999): GIS and Multicriteria Decision Analysis. John Wiley & Sons. New York.
- Malczewski, Jacek (2006): GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature, International Journal of Geographical Information Science, 20:7, S. 703 - 726.
- Odermatt, André (1997): Eigentümerstrukturen des Wohnungsmarkts. Ein handlungstheoretischer Beitrag zur Erklärung der räumlich-sozialen Wohnstandortverteilung am Fallbeispiel Schweiz. Lit Verlag. Münster.
- Peuckert, Rüdiger (1996): Familienformen im sozialen Wandel. Opladen.
- ReWoB (2005): Regionalisierte Wohnungsmarktbeobachtung (ReWoB) in Rheinland-Pfalz. Projektinformationen. Stand Juli 2005. [http://www.rewob.de/download/ReWoB\\_Info\\_050711.pdf](http://www.rewob.de/download/ReWoB_Info_050711.pdf). Letzter Zugriff: 18. Oktober 2009.
- Rinner, Claus; Jankowski, Piotr (2002): Web-based Spatial Decision Support – Technical Foundations and Applications. In: The Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). <http://individual.utoronto.ca/rinner/pubs/eolss/eolss-rinner.html>. Letzter Zugriff: 11. Juli 2009.
- Rinner, Claus (2003): Web-based Spatial Decision Support: Status and Research Directions. In: Journal of Geographic Information and Decision Analysis 2003, Vol. 7, Nr. 1, S. 14-31.
- Rüdiger, Andrea (2009): Der Alltäglichkeit auf der Spur: die Rolle der Stadtgrösse für die räumliche Planung : eine empirische Untersuchung der Planungspraxis bundesdeutscher Mittelstädte. Kovač. Hamburg.
- Schneider, Nicole; Spellerberg, Annette (1999): Lebensstile, Wohnbedürfnisse und räumliche Mobilität. Leske und Budrich. Opladen.
- Stollberg, Beate; Zipf, Alexander (2008): Geoprocessing Services for Spatial Decision Support in the Domain of Housing Market Analyses Experiences from Applying the OGC Web Processing Service Interface in Practice. In L. Bernard, A. Friis-Christensen, H. Pundt, & I. Compte (eds.), AGILE 2008 Conference. Taking Geoinformation Science One Step Further.
- Sugumaran, Vijayan; Sugumaran; Ramanathan (2005): Web-based Spatial Decision Support Systems (WebSDSS): Evolution, Architecture, and Challenges. In: In K. Corral & D. Schuff (eds.) Third Annual SIGDSS Pre-ICIS Workshop: Designing Complex Decision Support: Discovery and Presentation of Information and Knowledge. Las Vegas, Nevada.



- Universität Hamburg, Institut für Soziologie: Wohnungswirtschaft und -politik. <http://www.sozialwiss.uni-hamburg.de/Isoz/Fvs/feld11.htm>. Letzter Zugriff: 18. Oktober 2009.
- University of Redlands and the SDS Consortium (2009): Spatial Decision Support Knowledge Portal. <http://www.institute.redlands.edu/sds/>. Letzter Zugriff: 18. Oktober 2009.
- Van Wezemael, Joris Ernest (2005): Investieren im Bestand. Eine handlungstheoretische Analyse der Erhalts- und Entwicklungsstrategien von Wohnbau-Investoren in der Schweiz. Publikation der Ostschweizerischen Geographischen Gesellschaft. St. Gallen.
- Wang, Lei; Cheng, Qiuming (2006): Web-based collaborative decision support services: concept, challenges and application. In: ISPRS Technical Commission II Symposium, Vienna, 2006.
- Wüest und Partner (2009): Marktinformation. <http://www.wuestundpartner.com/produkte/marktinformation/index.phtml>. Letzter Zugriff: 18. Oktober 2009.