

UNIVERSITÄT LEIPZIG

Fakultät für Physik und Geowissenschaften

Institut für Geographie

Untersuchung und Lokalisierung künftiger urbaner  
Flächennutzungsänderungen in Flussauen -  
Eine Anwendung des rasterbasierten Simulationsmodells LuSIM in der  
Elbaue Dresdens

Wissenschaftliche Arbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom – Geograph

Eingereicht von: Katharina Waha

Geboren am 5. April 1984 in Gera

Matrikelnummer: 9136186

Betreuer:

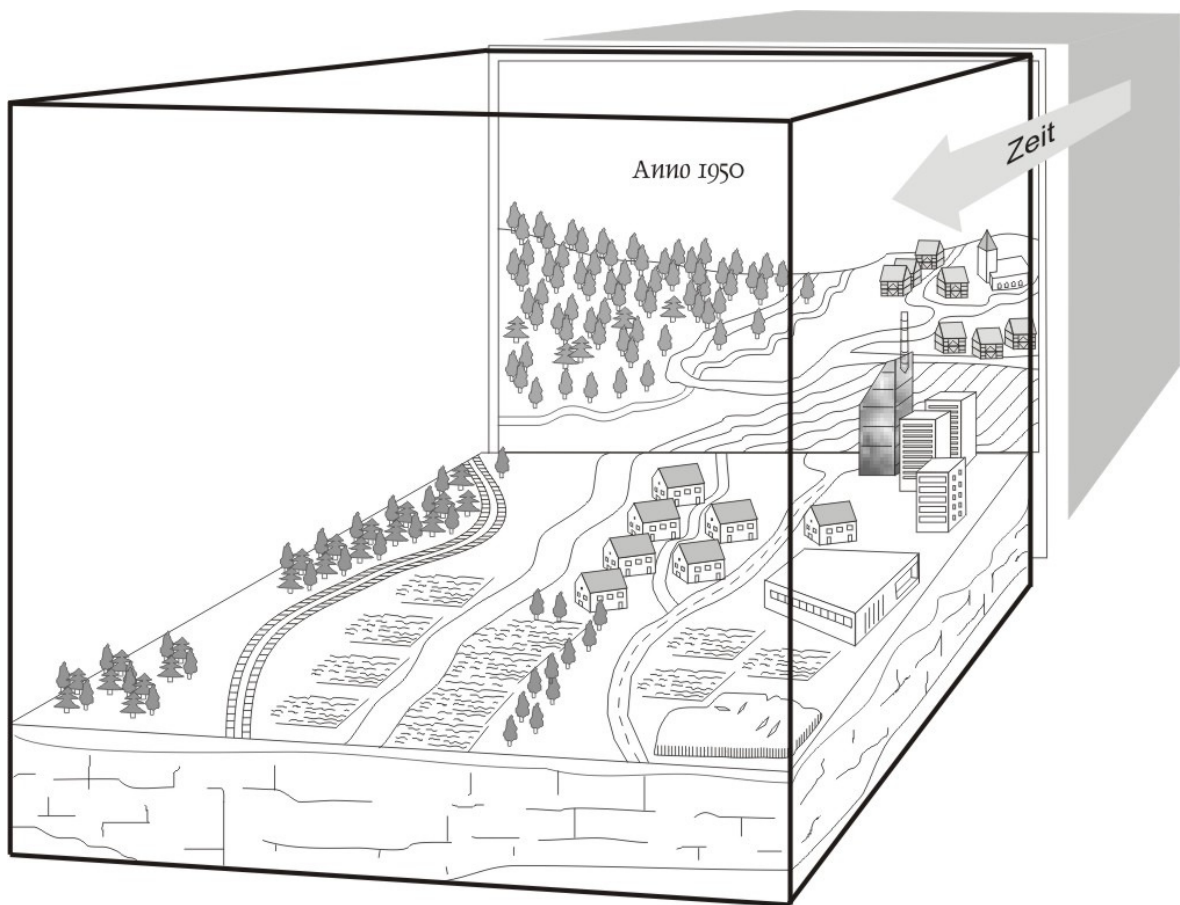
Prof. Dr. Hans Neumeister, Universität Leipzig

Dr. Jochen Schanze, Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.

Leipzig, den 9.01.2008

# Untersuchung und Lokalisierung künftiger urbaner Flächennutzungsänderungen in Flussauen

Eine Anwendung des rasterbasierten Simulationsmodells  
LuSIM in der Elbaue Dresdens



---

Wissenschaftliche Arbeit zur  
Erlangung des akademischen Grades  
Diplom – Geograph

von Katharina Waha

Abbildung :

nach Schaar in Klett (2007): TERRA GWG 5/6 Geographie Wirtschaft, Ausgabe für Gymnasien in Baden-Württemberg, 9./10. Schuljahr.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis .....	VII
Danksagung .....	VIII
Eidesstattliche Erklärung.....	IX
Zusammenfassung.....	X
Summary.....	XI
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
1.1 Projektbezug.....	1
1.2 Hintergrund und Problemstellung.....	1
1.3 Ziel- und Fragestellung.....	3
<b>2 BEGRIFFE UND METHODISCHE GRUNDLAGEN.....</b>	<b>4</b>
2.1 Siedlungsraum und Flächennutzung.....	4
2.2 Land- und Flächennutzungsänderungen.....	6
2.3 Szenariotechnik.....	7
2.4 Wechselbeziehungen zwischen Raumnutzung und Hochwasser.....	9
2.5 Vielfalt der Land- und Flächennutzungsmodelle.....	12
2.5.1 Zweckbestimmung und Untersuchungsgegenstand.....	12
2.5.2 Räumliche und zeitliche Skala.....	13
2.5.3 Methodologie des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns .....	14
2.5.4 Analysemethoden.....	14
2.6 Modellierung urbaner Veränderungen mit zellulären Automaten – Anwendungsbeispiele .....	16
2.6.1 MOLAND (Monitoring Land Use / Land Cover Dynamics).....	16
2.6.2 LUCK (Land Use Change Scenario Kit).....	17
2.6.3 LuSIM (Land Use Simulator).....	17
2.6.4 SLEUTH / Clarke Cellular Automaton Urban Growth Model.....	18
2.6.5 Land Use Scanner.....	18
2.7 Auswahl des Modellansatzes.....	19

<b>2.8</b>	<b>Zusammenfassung des Kapitels .....</b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>DER WANDEL DER LANDSCHAFT IM MODELLSYSTEM.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1</b>	<b>Definition des Modellzwecks.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Von der Realwelt zum Modell: Grenzen und Rahmenbedingungen .....</b>	<b>23</b>
3.2.1	Modelltheoretische Annahmen .....	23
3.2.2	Raumbezogene Annahmen.....	26
3.2.3	Unsicherheiten im Modell .....	26
<b>3.3</b>	<b>Datengrundlage .....</b>	<b>27</b>
3.3.1	Räumliche Daten der Landschaft .....	27
3.3.2	Bevölkerungs- und Raumordnungsprognosen .....	29
3.3.3	Administrative Daten .....	30
<b>3.4</b>	<b>Das Untersuchungsgebiet innerhalb der Dresdener Elbaue .....</b>	<b>30</b>
3.4.1	Entwicklung des Gebäudebestandes .....	32
3.4.2	Bodentypen und Schutzgebiete.....	33
<b>3.5</b>	<b>Wirkungsbeziehungen und Wirkungsstruktur im Modell.....</b>	<b>34</b>
3.5.1	Beschreibung des Systemverhaltens: Veränderung der Flächennutzung .....	34
3.5.2	Erklärung des Systemverhaltens: Einflussfaktoren .....	36
<b>3.6</b>	<b>Beschreibung der Teilmodelle .....</b>	<b>41</b>
3.6.1	Eignungsfeststellung .....	41
3.6.2	Ermittlung des Bedarfs an Wohnbauland .....	44
3.6.3	Entscheidungsmodell zur Verortung räumlicher Veränderungen der Siedlungsstruktur.....	49
<b>3.7</b>	<b>Zusammenfassung des Kapitels .....</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>SIMULATION DES SYSTEMVERHALTENS .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Historische Veränderung des Siedlungsraumes .....</b>	<b>51</b>
4.1.1	Flächennutzungsänderungen zwischen 1968 und 1998 .....	52
4.1.2	Vergleich mit den Simulationsergebnissen.....	54
<b>4.2</b>	<b>Veränderung des Siedlungsraumes bis 2020.....</b>	<b>58</b>
4.2.1	Beschreibung der Szenarios .....	58
4.2.2	Quantitative Analyse der Ergebnisse.....	64
4.2.3	Visuelle und qualitative Analyse der Ergebnisse .....	66
<b>4.3</b>	<b>Zusammenfassung des Kapitels .....</b>	<b>69</b>
<b>5</b>	<b>DISKUSSION UND RESÜMEE.....</b>	<b>71</b>
<b>5.1</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>71</b>
<b>5.2</b>	<b>Diskussion der Methoden.....</b>	<b>72</b>
5.2.1	Die Anwendung der Szenariotechnik .....	72

5.2.2	Die Anwendung zellulärer Automaten und LuSIM .....	72
<b>5.3</b>	<b>Beantwortung der Forschungsfragen .....</b>	<b>73</b>
<b>5.4</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>75</b>
<b>6</b>	<b>LITERATUR- UND QUELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>76</b>
<b>6.1</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>76</b>
<b>6.2</b>	<b>Raster- und Vektordaten.....</b>	<b>83</b>
<b>7</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>85</b>
<b>7.1</b>	<b>Die <i>Storylines</i> des VERIS-Elbe Projektes .....</b>	<b>85</b>
7.1.1	<i>Storyline</i> A: Global und marktorientierte Elblandschaft.....	85
7.1.2	<i>Storyline</i> B: Regional und sozial-nachhaltig orientierte Elblandschaft“ .....	86
<b>7.2</b>	<b>CORINE Land Cover sowie MURBANDY Legende.....</b>	<b>87</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bedrohung und Anfälligkeit bestimmen das Hochwasserrisiko .....	2
Abbildung 2: Ökonomische Einflussfaktoren auf die Flächennutzung in städtischen Räumen .....	5
Abbildung 3: Mögliche Einflussfaktoren für Land- und Flächennutzungsänderungen.....	6
Abbildung 4: Möglichkeiten der Vorausschau .....	8
Abbildung 5: Nachbarschaften in zellulären Automaten .....	16
Abbildung 6: Methodisches Vorgehen zur Eignungsfeststellung im zellulären Automaten LuSIM .....	24
Abbildung 7: Überlagerung von Einflussfaktoren zur Feststellung der lokalen Eignung.....	24
Abbildung 8: Distanz- Nachbarschaftsfunktionen im zellulären Automaten LuSIM.....	25
Abbildung 9: Das Untersuchungsgebiet in der Dresdener Elbaue.....	31
Abbildung 10: Flächige Verteilung der Leitbodentypen im Untersuchungsgebiet .....	34
Abbildung 11: Quantitative Analyse der Flächennutzungsänderungen im Untersuchungsgebiet zwischen 1968 und 1998 .....	35
Abbildung 12: Lokalisierung von Flächennutzungsänderungen im Untersuchungsgebiet zwischen 1968 und 1998 .....	36
Abbildung 13: Arten des Formenwandels eines Wohngebietes .....	37
Abbildung 14: Lage und Ausprägung der Einflussfaktoren auf die Entstehung und das Wachstum von Wohngebieten .....	39
Abbildung 15: Die Teilmodelle des Simulationsmodells und die Integration des zellulären Automaten .....	41
Abbildung 16: Vergleich der geeigneten Zellen und der tatsächlich umgewandelten Zellen nach Regel 1 .....	43
Abbildung 17: Vergleich der geeigneten Zellen und der tatsächlich umgewandelten Zellen nach Regel 2 .....	44
Abbildung 18: Konzept zur Schätzung des Nettowohnbaulandes nach IÖR (2007a) .....	45
Abbildung 19: Konzept zur Schätzung des Nettowohnbaulandes nach BBR (2007) .....	46
Abbildung 20: Konzept des Teilmodells „Bedarfsermittlung“ .....	48
Abbildung 21: Die simulierten Zeitschritte im zeitlichen Verlauf .....	51
Abbildung 22: Entwicklung der Flächennutzung im Untersuchungsgebiet zwischen 1968 und 1998 .....	54
Abbildung 23: Schritte zur Berechnung des Kappa Index .....	56

Abbildung 24: Qualität der Simulationsergebnisse .....	57
Abbildung 25: Der Szenariotrichter als Darstellungsform möglicher Zukünfte .....	59
Abbildung 26: Übersicht über die Szenarioannahmen .....	61
Abbildung 27: Die Szenarioannahmen im Netzdiagramm .....	62
Abbildung 28: Die Veränderung der Wohnfläche je Wohnung im Szenariotrichter bis 2020.....	63
Abbildung 29: Die Veränderung der Anzahl an Wohnungen in Mehrfamilienhäusern im Szenariotrichter bis 2020.....	64
Abbildung 30: Die Veränderung der Anzahl an Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern im Szenariotrichter bis 2020.....	64
Abbildung 31: Als Wohnbauland geeignete Flächen und Bedarf an Wohnbauland in den drei Szenarios .....	65
Abbildung 32: Potentielles Wohnbauland und Standorte für Neubau im Innen- und Außenbereich im Trendszenario .....	67
Abbildung 33: Potentielles Wohnbauland und Standorte für Neubau im Innen- und Außenbereich in Szenario A.....	68
Abbildung 34: Potentielles Wohnbauland und Standorte für Neubau im Innen- und Außenbereich in Szenario B.....	69



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Hochwasserschäden in verschiedenen Bereichen und ihre Schadenshöhe .....	12
Tabelle 2:	Systematisierung der vorgestellten Modelle .....	20
Tabelle 3:	Entwicklung des Gebäudebestandes nach Gebäudegrößenklassen zwischen 1957 und 1998.....	32
Tabelle 4:	Entwicklung des Gebäudebestandes nach Gebäudetyp zwischen 1957 und 1998.....	33
Tabelle 5:	Einflussfaktoren auf die Entstehung und das Wachstum von Wohngebieten.....	38
Tabelle 6:	Entwicklung der Flächennutzung zwischen 1968 und 1998.....	52
Tabelle 7:	Anteil der Innen- und Außenentwicklung an der gesamten Siedlungsentwicklung.....	53
Tabelle 8:	Vergleich historischer Flächennutzungsänderungen mit den Simulationsergebnissen .....	56

## Abkürzungsverzeichnis

ALK	Automatisierte Liegenschaftskarte
ATKIS	Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem
BauGB	Baugesetzbuch
BBR	Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung
BKkonz	Bodenkonzeptkarte
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CEDIM	Center for Disaster Management and Risk Reduction Technology
EFH/ZFH	Ein- und Zweifamilienhäuser
GIS	Geographische Informationssysteme
GTZ	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit
IÖR	Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
JRC	Joint Research Centre
MFH	Mehrfamilienhaus
SRES	Special Report on Emission Scenarios

## Danksagung

Die vorliegende Diplomarbeit entstand im Rahmen des BMBF-Forschungsvorhabens „Veränderung und Management der Risiken extremer Hochwasserereignisse in großen Flussgebieten – am Beispiel der Elbe (VERIS-Elbe)“.

An dieser Stelle möchte ich herzlich all jenen danken, die durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung zum Gelingen meiner Diplomarbeit beigetragen haben.

Mein Dank gilt den beiden Betreuern meiner Diplomarbeit Herrn Prof. Dr. Hans Neumeister für die Anregungen und Hinweise in zahlreichen Gesprächen und Herrn Dr. Jochen Schanze, der das Thema der Arbeit anregte, unterstützte und mir die Möglichkeit gab Einblicke in das oben genannte Projekt zu erhalten und Projektergebnisse sowie Daten zu nutzen.

Bei Herrn Dipl.- Geograph Bernhard Ströbl bedanke ich mich für die Bereitstellung des Simulationsmodells LuSIM und seine begleitende Erläuterungen zur Anwendung des Modells.

Herrn Dipl.- Geograph Jochen Luther vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. danke ich für seine freundschaftliche und hilfsbereite Begleitung meiner Arbeit in allen Arbeitsphasen und für nützliche Ratschläge.

Ich danke Herrn Dipl.- Ing. Jörg Gössel vom Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. für seine Vorschläge zur Vereinfachung der Arbeitsphase in Leipzig und seine stete Hilfsbereitschaft.

Für ihr Vertrauen und ihre Gelassenheit danke ich meinen Eltern und ebenso den Freunden, die immer ein offenes Ohr hatten.

## **Eidesstattliche Erklärung**

„Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

An der geistigen Erstellung der vorliegenden Diplomarbeit war außer mir niemand beteiligt. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorliegenden Arbeit stehen.

Diese Diplomarbeit wurde bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form oder auszugsweise einer Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Diplomarbeit nach positiver Begutachtung in der Zweigstelle Geographie der Universitätsbibliothek Leipzig zur Benutzung zur Verfügung steht.“

Leipzig, den 9. Januar 2008

Katharina Waha .....

## Zusammenfassung

Das Auftreten von Starkregen führt zu steigendem Wasserstand und Wasservolumen in den Fließgewässern und zu Überschwemmungen der Flussauen. Tritt Hochwasser im menschlichen Siedlungsraum auf, entstehen Schäden an privatem und öffentlichem Eigentum sowie im gewerblichen Bereich. Deshalb ist es notwendig Dynamiken der Flächennutzungsänderungen zu untersuchen, da die Flächennutzung die Art der anfälligen Elemente im Falle eines Hochwassers und die Schadenshöhe bestimmt.

Als Simulationswerkzeug wird der rasterbasierte zelluläre Automat LuSIM (vgl. STRÖBL et al. 2003) genutzt, der als Erweiterung für ArcView 3.x zur Verfügung steht. Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Elbaue, zum Teil im Stadtgebiet Dresden und zum Teil im Stadtgebiet von Radebeul im Landkreis Meißen.

In der vorliegenden Arbeit wird die zukünftige urbane Flächennutzungsentwicklung im Untersuchungsgebiet nach drei Szenarios simuliert. Die Neuentstehung von Wohnbauland ist dabei die treibende Kraft. Die Arbeit leistet damit einen Beitrag zur ex ante-Analyse und Bewertung der Hochwasserrisiken. Der zelluläre Automat verortet neue potentielle Wohnstandorte basierend auf Eignungsregeln und dem Bedarf an neuem Wohnbauland. Die Regeln zur Eignung jeder Rasterzelle als Wohnstandort leite ich aus der Analyse historischer Nutzungsänderungen ab. Den Bedarf an zukünftigem Wohnbauland ermittle ich aus dem vom Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2006) in seiner Raumordnungsprognose 2020/2050 prognostizierten Neubau von Wohnungen.

## Summary

The occurrence of intense rain leads to a growing water level and water capacity in streams and to inundations of floodplains. If flood occurs in settlement areas they originate damages to private and public belongings and at the industrial sector. Hence it is required to explore dynamics of changes in land use as the land use affect the type of vulnerable elements in case of flood and thus the amount of loss.

As simulation tool the grid-based cellular automata LuSIM (see STRÖBL et al. 2003) is to be used, which is available as extension for the ESRI product ArcView 3.x. The investigation area is to be located in the floodplain of Elbe River partly in the urban area of Dresden, partly in the urban area of Radebeul in the district of Meißen.

The subject of the diploma thesis is the simulation of future change in urban land use in the investigation area according to three scenarios. Thereby the emergence of new residential building land is the driving force. Thus the diploma thesis contribute to the ex ante analysis and assessment of flood risks. The cellular automata allocate new potential residential building places based on suitability rules and the demand for future residential building land. I deduce the rules which determine the suitability for each cell as residential area from historic changes of land use. I determine the demand for residential building land from by the Federal Office for Building and Regional Planning predicted amount of apartments to be built.

# 1 Einleitung

## 1.1 Projektbezug

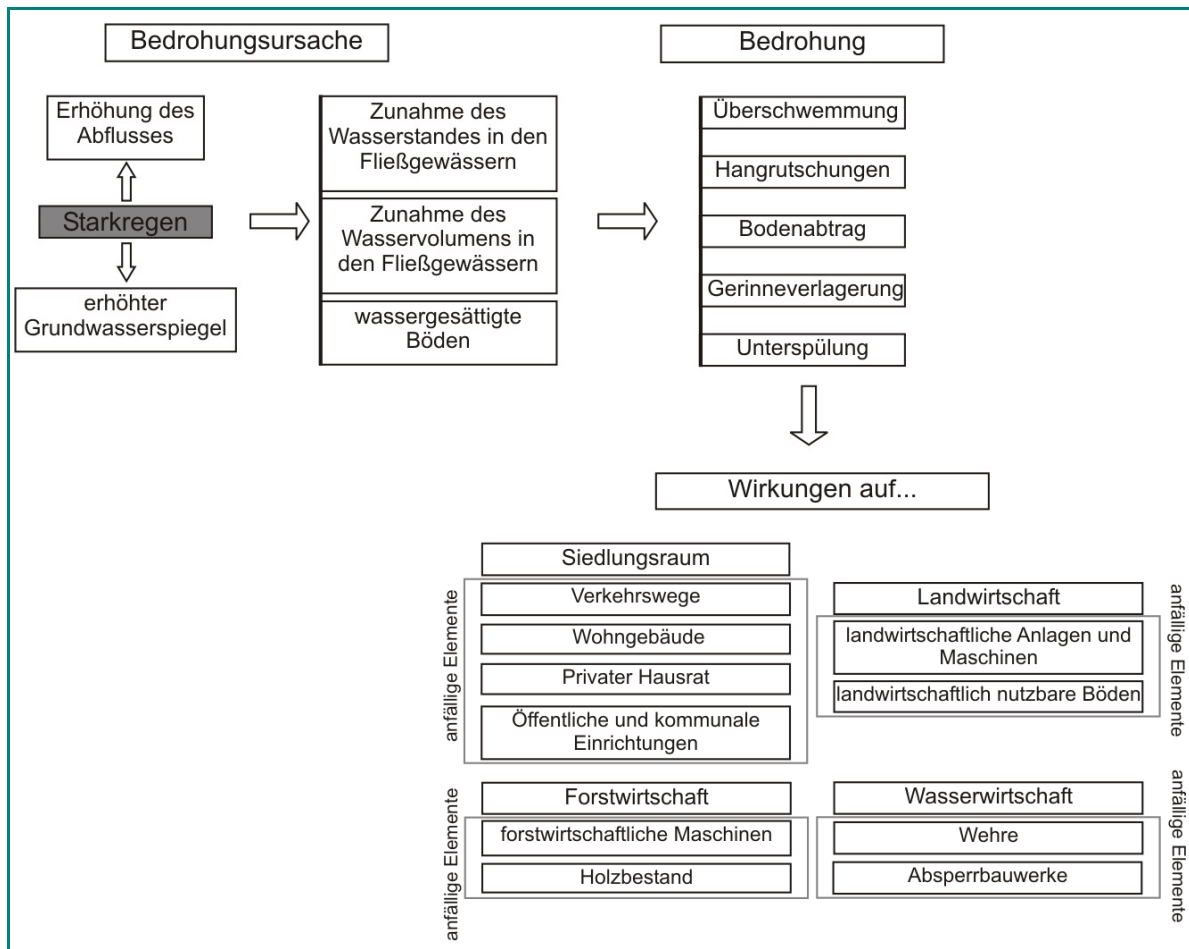
Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des BMBF-Forschungsvorhabens „Veränderung und Management der Risiken extremer Hochwasserereignisse in großen Flussgebieten – am Beispiel der Elbe (VERIS-Elbe)“. Das Projekt wird am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR) in Dresden im Programmbereich 1 (Umwelt- und Lebensqualität in der Stadt- und Regionalentwicklung) bearbeitet und von Herrn Dr. Jochen Schanze seit Juli 2005 geleitet.

Innerhalb des Projektes ist die Fragestellung der Arbeit in Teilaufgabe 6 einzuordnen, die sich mit der ex ante-Analyse und der Bewertung von Hochwasserrisiken in verschiedenen Szenarios beschäftigt. Das Thema der Arbeit und die Aufgabenstellung wurden von Herrn Dr. Jochen Schanze und Herrn Dipl.-Geograph Jochen Luther vorgeschlagen. Die Auswahl des Untersuchungsgebietes erfolgte ebenfalls auf Vorschlag von Herrn Dr. Schanze und Herrn Luther.

## 1.2 Hintergrund und Problemstellung

Urbane und rurale Flächennutzungen wirken im Kontext des Hochwasserrisikomanagements auf unterschiedliche Weise. Die Art der Flächennutzung beeinflusst zunächst den Abflussprozess und damit das Entstehen und das Ausmaß der Bedrohung durch Hochwasser. Weiterhin nimmt die Art der Flächennutzung Einfluss auf die Höhe der auftretenden Schäden nach einem Hochwasser. Erst durch die Existenz anfälliger Elemente in einem von Hochwasser bedrohten Gebiet entsteht das Hochwasserrisiko. Denn Risiko ist „die Wahrscheinlichkeit und die Größe negativer Auswirkungen [...], die aus den Wechselwirkungen von natürlichen oder anthropogen verursachten Gefahren und der Anfälligkeit der Risikoelemente entstehen“ (CEDIM 2005: 24).

Abbildung 1 zeigt die Kausalbeziehungen zwischen Ursachen des Hochwassers und den schadensanfälligen Elemente.



**Abbildung 1: Bedrohung und Anfälligkeit bestimmen das Hochwasserrisiko**

Quelle: Eigene Darstellung, nach GTZ (2004: 40) und SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2004a)

Da der Einfluss der Landnutzung nach BRONSTERT et al. (1993) (zitiert in BRONSTERT et al. 2001) und HOOIER et al. (2002) besonders in großen Einzugsgebieten und bei extremen Hochwasserereignissen von „untergeordneter Bedeutung für den Hochwasserverlauf“ (BRONSTERT et al. 2001: 23) ist, wird sich diese Arbeit auf die Untersuchung der anfälligen Elemente in einer vom Hochwasser betroffenen Flussaue konzentrieren. Die räumliche Verteilung derartiger Objekte hängt vor allem von der Art der Nutzung des durch Hochwasser gefährdeten Gebietes ab.

Flächennutzungen weisen, wie beschrieben in WALZ (1999), MEINEL & NEUMANN (2003), THINH (2005) und STEINHARDT et al. (2005), bestimmte räumliche



Strukturen auf und unterliegen Wachstums- und Schrumpfungsprozessen. Es ergibt sich die Notwendigkeit, diese Dynamiken der Flächenentwicklung zu beschreiben, quantitativ abzuschätzen und zu lokalisieren.

### 1.3 Ziel- und Fragestellung

Gegenstand der Diplomarbeit ist die Simulation von Flächennutzungsänderungen in überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Damit leistet sie einen Beitrag zum Hochwasserrisikomanagement in Flussauen insbesondere bei der Vermeidung von Schäden. Die Bearbeitung zweier Forschungsfragen steht im Mittelpunkt:

1. Welche landschaftsräumlichen Faktoren sind Steuergrößen für die Nutzungsentwicklung im urbanen Raum?
2. Kann die zukünftige Flächennutzung simuliert werden und kann das Ergebnis einen Beitrag bei der Schadensabschätzung leisten?

Daraus leiten sich die folgenden drei Teilaufgaben ab:

1. Suche nach methodischen Ansätzen zur Simulation der gegenwärtigen und zukünftigen Flächennutzung sowie deren Beschreibung und Systematisierung.
2. Untersuchung des Zusammenwirkens möglicher Einflussfaktoren und das Erkennen von Regelmäßigkeiten bei Änderungen der Flächennutzung.
3. Anwendung eines ausgewählten methodischen Ansatzes zur Simulation der vergangenen und künftigen Flächennutzung und Bewertung des Ergebnisses.

Die Bearbeitung dieser drei Aufgaben bildet den Schwerpunkt der Arbeit. Diesen Aufgaben gemäß gliedert sie sich thematisch in drei Abschnitte. Kapitel 2 „Begriffe und methodische Grundlagen“ wird zur Erklärung von wichtigen Begrifflichkeiten beitragen und sich der Suche nach methodischen Ansätzen widmen. Im dritten Kapitel „Der Wandel der Landschaft im Modellsystem“ wird Aufgabe 2 bearbeitet. Kapitel 4 „Simulation des Systemverhaltens“ befasst sich schließlich mit Aufgabe 3. Nachdem das Systemverhalten in Kapitel 3 beschrieben und erklärt wurde, kann dieses im vierten Kapitel simuliert werden.

Das Ziel der Diplomarbeit ist es, einen methodischen Ansatz zur Bearbeitung der Fragestellung zu entwickeln und zu testen.

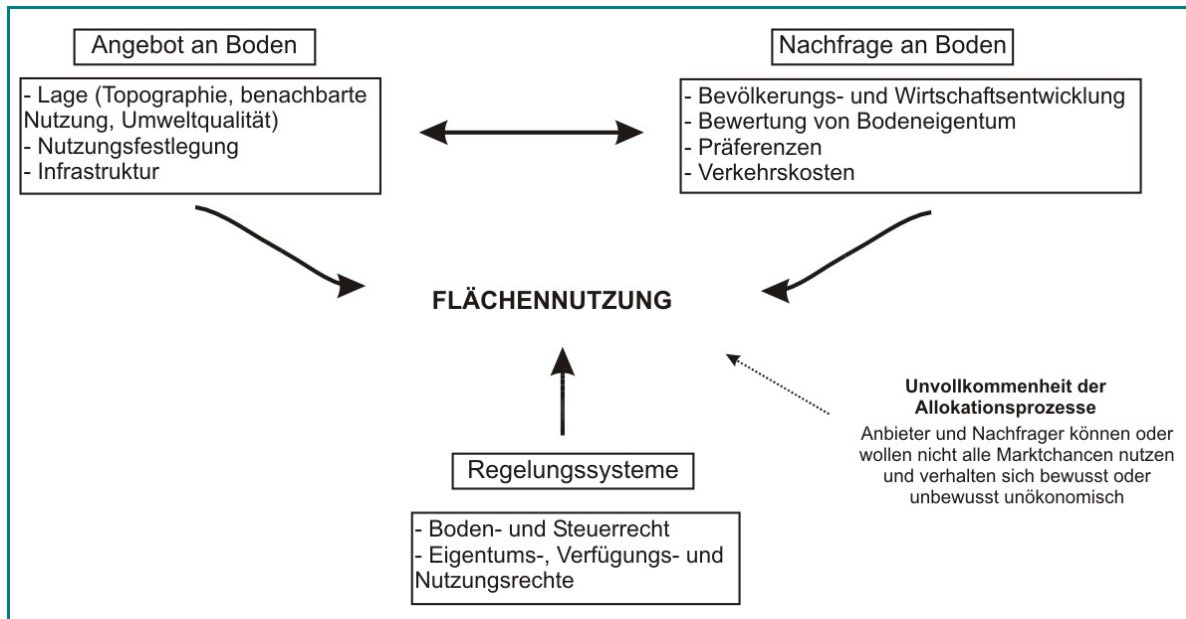
## 2 Begriffe und methodische Grundlagen

Die vielfältigen funktionalen Bedeutungen von Landschaften sind zurückzuführen auf den Beitrag von Landschaftseigenschaften zur Funktion von Prozessabläufen im Landschaftsraum (vgl. STEINHARDT et al. 2005). In der vorliegenden Arbeit steht die Bedeutung der Landschaft als menschlicher Siedlungsraum im Mittelpunkt. Im Folgenden werden Begrifflichkeiten voneinander abgegrenzt und es wird gezeigt, wie Landschaft und besonders der Siedlungsraum durch Inanspruchnahme von Flächen genutzt und verändert werden. Weiterhin werden die Wechselbeziehungen zwischen Raumnutzung und Hochwasser verdeutlicht. Schließlich wird ein Überblick über die in der Literatur beschriebenen Modellansätze zur Simulation von Nutzungsänderungen gegeben.

### 2.1 Siedlungsraum und Flächennutzung

Siedlungen sind nach SPITZER (1991: 236) „Gebäude und Gebäudeansammlungen im Raum für die sie benutzenden Menschen“. Der von einer Siedlung eingenommene Raum ist demnach der Siedlungsraum und das Gegenstück zum Freiraum. Siedlungen sind „naturabweisend“, verdichtet und erfüllen verschiedene Aufgaben (vgl. SPITZER 1991). Zur Erfüllung dieser werden sie bebaut. Im Zusammenhang mit der Nutzung baulich geprägter Flächen wird oft der Begriff Flächennutzung eingesetzt, während in unbebautem Gelände häufiger von Landnutzung gesprochen wird (vgl. BASTIAN & SCHREIBER 1999).

Bebauung ist das Ergebnis der Entscheidungen vieler Akteure mit unterschiedlichen Eigentums- und Verfügungsrechten, Ressourcen und Interessen. Planer, Baubehörden, Architekten, Bauträger und Makler bewerten neben Lage und Erreichbarkeit auch Alter, Zustand, Ausstattung, Nutzung und Nutzungsentwicklung sowie die Attraktivität von Standorten. Die Art der Nutzung von Siedlungsflächen hängt nach HEINEBERG (2006: 106) von den in Abbildung 2 dargestellten Faktoren ab.



**Abbildung 2: Ökonomische Einflussfaktoren auf die Flächennutzung in städtischen Räumen**

Quelle: Eigene Darstellung, nach HEINEBERG (2006: 106)

Angebot und Nachfrage an Boden bedingen sich gegenseitig und wirken, zusammen mit charakteristischen Regelungssystemen, auf die Art der Flächennutzung ein.

Als ein Planungsinstrument dient der Flächennutzungsplan. „Im Flächennutzungsplan ist für das ganze Gemeindegebiet die sich aus der beabsichtigten städtebaulichen Entwicklung ergebende Art der Bodennutzung [...] darzustellen“ (§5 BauGB). Im Flächennutzungsplan werden insbesondere Flächen, die für die Bebauung vorgesehen sind, als auch andere Nutzungsarten im Bereich menschlicher Siedlungen dargestellt. Dazu zählen nach §5 BauGB auch landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Flächen.

Im Projekt der EU-Kommission CORINE Land Cover werden Informationen über Bodenbedeckung und Flächennutzung bereitgestellt. Anders als im Flächennutzungsplan werden landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Flächen jeweils als eigene Klasse neben den *artificial surfaces*, also den durch Menschen geschaffenen „künstlichen Flächen“ innerhalb der „natürlichen Flächen“ eingeordnet. (vgl. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES 1995).

Wie auch bei SPITZER (1991) existiert eine Trennung zwischen dem „künstlichen“, bebauten und verdichteten Siedlungsraum und dem „natürlichen“ und naturgeprägten Freiraum. Bestimmende Elemente der Siedlungsstruktur sind

„Gebäude, darunter Wohn-, Büro-, Geschäftgebäude, Fabriken und Anlagen“ (HEINEBERG 2006: 75). Die mehr oder weniger durchgängige Bebauung mit Gebäuden unterscheidet den Siedlungsraum von den ihn umgebenden land- und forstwirtschaftlichen Flächen.

## 2.2 Land- und Flächennutzungsänderungen

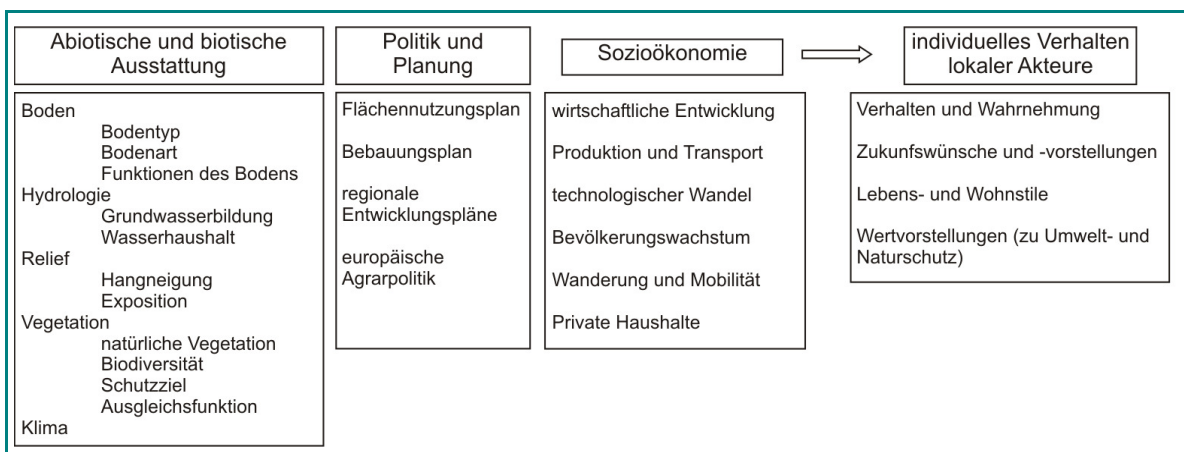
Der Mensch nimmt die gesamte Landschaft als Raum für Siedlungs-, Freizeit- und Erholungsaktivitäten in Anspruch, er nutzt und verändert damit den naturräumlichen Bestand und die Landbedeckung.

### *Exkurs:* Landbedeckung und Landnutzung

Der Begriff der **Landbedeckung** bezieht sich auf den momentanen Zustand der Erdoberfläche. TURNER (1995: 20) beschreibt Landbedeckung als “the biophysical state of the earth's surface and immediate subsurface”. **Landnutzung** beschreibt hingegen “both the manner in which the biophysical attributes of the land are manipulated and the intent underlying that manipulation - the purpose for which the land is used” (TURNER 1995: 20).

Landnutzung ist also die Inanspruchnahme von Flächen für einen bestimmten Zweck, welche mit deren Veränderung einhergeht.

Eine Zusammenstellung möglicher Einflussfaktoren auf die Land- und Flächennutzung zeigt Abbildung 3.



**Abbildung 3: Mögliche Einflussfaktoren für Land- und Flächennutzungsänderungen**

Quelle: Eigene Darstellung, nach LAMBIN & GEIST (2006), ergänzt

Neben kurzfristig weitestgehend abschätzbaren politischen, planerischen und soziökonomischen Faktoren und der vorhandenen abiotischen und biotischen Ausstattung des Landschaftsraumes sind im Wirkungsfeld menschlicher Tätigkeit individuelle Entscheidungen lokaler Akteure zu bedenken. Sie können durch Berücksichtigung von wirtschaftlichen und politischen Faktoren, die ihnen zugrunde liegen, besser abgeschätzt werden. Dennoch können sie überraschend und scheinbar weit entfernt von „rationalen Maßstäben“ getroffen werden und stellen damit eine schwieriger abwägbare Komponente dar. BOSSEL (1992) erklärt dies damit, dass Akteure ihr Verhalten an den Interessen ihrer eigenen Identität ausrichten. Sind diese Interessen bekannt, lassen sich zumindest Handlungstendenzen jedes Akteurs eingrenzen.

Während bisherige Nutzungsänderungen gut untersucht und quantifiziert werden können, werden für die Abschätzung zukünftiger Nutzungsstrukturen zunehmend Szenarios formuliert.

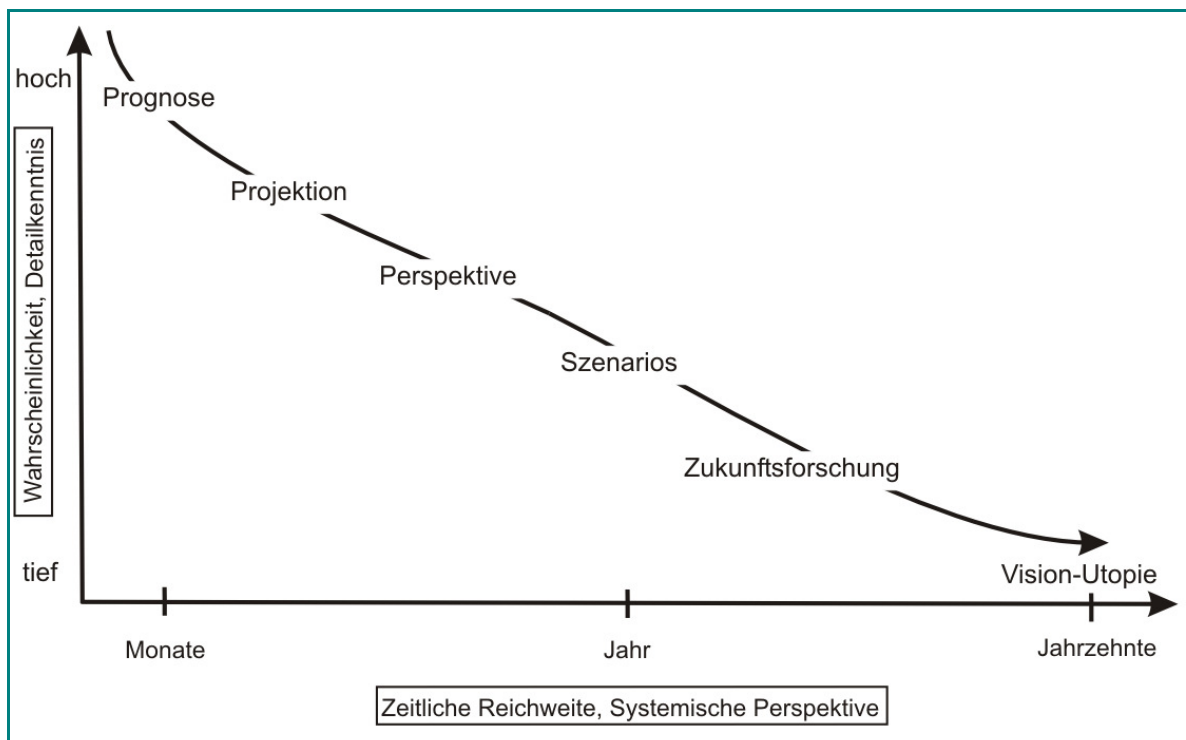
### 2.3 Szenariotechnik

Die Szenarioformulierung ist eine Voraussetzung zur Simulation der zukünftigen Nutzungsänderung und soll hier in ihren wesentlichen Grundzügen beschrieben werden.

Die Szenariomethode wurde entwickelt, um sich in verschiedene Entwicklungsrichtungen möglicher Zukünfte hineinzudenken und Strategien für ihre Bewältigung zu entwickeln. Mit Hilfe dieses Vorgehens können auftretende Unsicherheiten besser analysiert werden. Wenn verschiedene Institutionen oder Personen an der Erstellung der Szenarios mitarbeiten, hilft dieser Prozess dabei, Erwartungen, Wünsche und Vorstellungen der Anderen über eine gemeinsame Zukunft kennen zu lernen und zu be- oder entkräften (vgl. LENEY et al. 2004). Diese Arbeit verlangt von den Akteuren, sich auf verschiedene Gedankenexperimente einzulassen und auf ihren Anspruch über vermeintlich sicheres Wissen zukünftiger Entwicklungen zu verzichten. Hierin liegt auch die Unterscheidung zum Begriff der „Prognose“.

Prognosen zielen primär auf die Quantifizierung einer Zukunft ab, sie versuchen diese zu beschreiben, zu begründen und zu erklären, warum gerade diese Situation zukünftig eintreten wird. Damit ist ihre zeitliche Reichweite eng begrenzt,

denn eine gesicherte Aussage kann sie nur in den Zeitspannen treffen, innerhalb derer die jeweiligen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Einflussfaktoren noch abzusehen sind. Sobald über eine weiter reichende zeitliche Entwicklung nachgedacht wird, können verschiedene Zukünfte nur noch entwickelt und konstruiert werden. Abbildung 4 zeigt welche Möglichkeiten der Vorausschau es gibt und wie Prognosen und Szenarios hinsichtlich ihrer zeitlichen Reichweite und ihrer Detailkenntnis der Zukunft einzuordnen sind.



**Abbildung 4: Möglichkeiten der Vorausschau**

Quelle: Eigene Darstellung, nach GRAF & KLEIN (2003: 34)

Die Szenariomethode kann als eine Möglichkeit der qualitativen Zukunftsforschung angesehen werden (vgl. STIENS 1996). Schwierig wird die Unterscheidung zwischen Prognosen und Szenarios, wenn Szenarios nicht nur qualitativ bleiben. Mit dem Ziel, für die jeweilige Zukunft Handlungsstrategien zu ihrer Bewältigung zu konstruieren, werden dann auch quantifizierende Methoden genutzt. Damit ist der Gedanke verbunden, negative umweltrelevante oder ökonomische Folgen eines Entwicklungsstranges zumindest zu erkennen. Dem gleichen die „Prognosevarianten“, wie sie zum Beispiel in der aktuellsten „4. Regionalisierten Bevölkerungsprognose für Sachsen“ vom STATISTISCHEN LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN (2007) verwendet werden. Die Varianten

unterscheiden sich durch Annahmen über die Lebenserwartung bei der Geburt und über das Wanderungsverhalten. Eine „Variante“ ist nach dem STATISTISCHEN LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN (2007) die Umsetzung eines „Annahme-Szenarios“.

GRAF & KLEIN (2003) stellen die wichtigsten Elemente eines Szenarios heraus.

1. Der hypothetische Charakter grenzt das Szenario von der Prognose ab.
2. Das Ziel ist nicht die Beschreibung des Endzustandes, sondern der Weg dorthin.
3. Eine zentrale Bedeutung hat der systemische Ansatz zur Untersuchung von Wirkungszusammenhängen.
4. Szenarios sollen Entscheidungsgrundlagen bereitstellen, deshalb ist die Forderung nach einem quantitativen Rahmen unerlässlich.

Anstatt die notwendige Unterscheidung in ein rein qualitatives, verbalbeschreibendes und ein quantitatives Vorgehen mit den Begriffen „Szenario“ und „Prognose“ zu bezeichnen, greift die vorliegende Arbeit ein anderes Begriffspaar auf, das vom Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in seiner Beschreibung der Zukunft genutzt wird. Im IPCC Third Assessment Report Climate Change 2001 gibt es vier sogenannte SRES Szenarios. Es sind Emissions-Szenarios, die das IPCC für seine Klimaprojektionen nutzt. Bedeutend sind dabei die *Storylines*. Eine *Storyline* ist “a narrative description of a scenario (or family of scenarios) highlighting the main scenario characteristics, relationships between key driving forces, and the dynamics of their evolution” (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE 2001: 385). Der erzählende Charakter der *Storyline* liefert die Grundlage für eine Quantifizierung im Szenario, denn sie beschreibt allgemeine Wertvorstellungen und Denkweisen sowie gesellschaftliche, wirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen.

#### 2.4 Wechselbeziehungen zwischen Raumnutzung und Hochwasser

Für den Menschen und seinen Siedlungsraum ist das Auftreten von Hochwasser dann von besonderer Bedeutung, sobald für ihn negative Auswirkungen durch

dieses Ereignis zu erwarten sind. Die Wahrscheinlichkeit negativer Auswirkungen wird durch den Begriff des Hochwasserrisikos beschrieben.

Die Nutzungsart von Flächen beeinflusst zwei Elemente des Hochwasserrisikos:

1. Die Eintretenswahrscheinlichkeit und Intensität des Hochwassers
2. Das Auftreten von anfälligen Elementen und das Schadenspotential

Das Auftreten von Hochwasser und seine Intensität hängen vom Zusammenspiel der Abflussbildung, der Abflusskonzentration und dem Fließprozess im Flussbett ab. In diesem von BAUMGARTNER & LIEBSCHER (1990) beschriebenen Abflussprozess hat die Flächen- und Landnutzung einen entscheidenden Einfluss auf:

- die Abflussbildung aus dem Niederschlag und auf die Abflusskonzentration: Änderungen der Landnutzung führen zu einer veränderten Landbedeckung, so dass der abflusswirksame Niederschlag erhöht oder verringert wird. Die durch verschiedene Nutzungen beeinflussten Parameter sind Evapotranspiration, Interzeption, Infiltration und Speicherung.
- den Fließprozess im offenen Gerinne. In den durch Siedlungsexpansion und Eindeichung eingeengten Flussabschnitten erhöhen sich die Fließgeschwindigkeiten. An Verkehrsanlagen wie Brücken oder wasserwirtschaftlichen Bauwerken kann es zu Rückstauwirkungen und zur Erhöhung des Wasserstandes kommen.

Die Wirkungen von landwirtschaftlicher, forstwirtschaftlicher und urbaner Nutzung des Landschaftsraumes auf die Abflussbildung und Hochwasserentstehung werden genauer z.B. bei BISMUTH (1998), BRONSTERT et al. (2001), FRITSCH (2002) und NIEHOFF (2001) beschrieben.

Die Art der Nutzung im überschwemmungsgefährdeten Gebiet bestimmt weiterhin die Schadenspotentiale und letztlich das Schadensausmaß.

Die Auswirkungen des Hochwassers können sich in direkten und indirekten Schäden zeigen. Direkte Schäden ergeben sich als Sachschäden an Gebäuden und privatem Eigentum und als Schäden an land- und forstwirtschaftlichen Kulturen, sowie an Boden und Viehbestand. Sie induzieren indirekte Schäden,



welche zum Beispiel durch Aufwendungen zur Instandsetzung der Infrastruktur oder Einkommensverluste entstehen (vgl. BEYENE & ROHDE 1993).

Direkte Schäden entstehen durch Überschwemmung, Geschiebe- und Treibgutablagerung sowie Erosion und tragen in unterschiedlichem Maße zum Gesamtschaden bei (vgl. SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2004a). Schäden, die durch hohe Fließgeschwindigkeiten vor allem in eng bebauten Ortslagen und in Gebirgstälern auftreten und dazu oft noch mit dem Anprall von mitgeführtem Treibgut an Gebäuden oder Wasserbauwerken einhergehen, sind von Schäden durch reine Überflutung abzugrenzen. Im Fall einer dynamischen Überschwemmung sind starke Strömungen, die meist nur einige Stunden andauern verantwortlich für die Schäden. Statische Überschwemmungen (Überflutungen), bei denen der Wasserspiegel nur langsam ansteigt, verursachen eher Schäden aufgrund der längeren Verweilzeiten des Wassers im betroffenen Gebiet. Insbesondere Schäden am Mauerwerk von Gebäuden aufgrund von Durchfeuchtung zählen zu dieser Gruppe von Hochwasserschäden (vgl. HÜBL et al. 2006). Der Schaden an Gebäuden lässt sich in diesem Fall durch Schadensfunktionen in Abhängigkeit vom Wasserstand feststellen. Neben den privaten, kommunalen und öffentlichen Gebäuden können im Siedlungsraum weiterhin Straßen, Brücken, Bahnstrecken und -anlagen oder öffentliche Parkanlagen in Folge eines Hochwasserereignisses Schaden nehmen.

Zum Beispiel wird die Schadenssumme im privaten Bereich infolge des Augusthochwassers 2002 in Sachsen mit mindestens 240 Mio. € beziffert, nach den Schäden am kommunalen Eigentum und Schäden an Verkehrswegen die drittgrößte Schadenshöhe (vgl. SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2004a). Tabelle 1 zeigt die von einem Hochwasserereignis betroffenen Bereiche und die nach dem Hochwasser von 2002 festgestellten Schadenshöhen als Anteil am Gesamtschaden.

Nutzungsbereich	Schäden an/in...	Schadenshöhe in Mio. €	Anteil am Gesamtschaden
Siedlungsraum	...Privaten Eigentum	240	20,4 %
	...Kommunalen Eigentum	486	41,3 %
	...Öffentlichen Liegenschaften	37,8	3,2 %
	...Verkehrswegen	275	23,4 %
Wasserflächen	...der Wasserwirtschaft	122	10,4 %
Wälder	...in der Forstwirtschaft	8,4	0,7 %
Landwirtschaftliche Fläche	...in der Landwirtschaft	6,6	0,6 %

**Tabelle 1: Hochwasserschäden in verschiedenen Bereichen und ihre Schadenshöhe**

Quelle: Eigene Darstellung, nach SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE 2004a: 77-82

Die Tabelle zeigt, dass ein großer Anteil des Gesamtschadens an Objekten im Siedlungsraum festzustellen ist und veranschaulicht die Bedeutung verschiedener Flächennutzungen in Hochwassergefährdeten Regionen. Der zu erwartende Wertzuwachs in Siedlungen, besonders bei der privaten Eigentumsbildung wird dazu führen, dass solche Gebiete noch in stärkerem Maße anfällig für Hochwasserschäden sein werden.

## 2.5 Vielfalt der Land- und Flächennutzungsmodelle

Zur Untersuchung zukünftiger Entwicklungen von Land- und Flächennutzungen existieren verschiedene Modellansätze. Welcher Ansatz gewählt wird, hängt von wesentlichen Eigenschaften des Modells ab: (1) Dem Zweck und dem Untersuchungsgegenstand, der (2) gewählten räumlichen und zeitlichen Skala, der (3) Methodologie des (wissenschaftlichen) Erkenntnisgewinns und der (4) Analysemethode.

### 2.5.1 Zweckbestimmung und Untersuchungsgegenstand

Land- und Flächennutzungsmodelle dienen zunächst der Beschreibung von Wirkungszusammenhängen zwischen verschiedenen Eigenschaften der Landschaft und den auf sie wirkenden Einflussfaktoren. Modelle dieser Klasse können rein deskriptiv sein, aber auch der Vorhersage künftiger Nutzungen dienen oder als so genannte „impact assessment models“ bezeichnet werden.

Letztgenannte schätzen und beurteilen den Einfluss von planerischen Eingriffen und Umwelteinflüssen auf die Nutzungsart.

Daneben können Modelle präskriptiv verwendet werden. Sie geben Handlungsanweisungen zur Erzielung einer je nach Problemstellung optimalen Struktur der untersuchten Landschaft vor. Sie werden oft mit Vorhersagemodellen kombiniert und bei planerischen Fragestellungen angewandt (vgl. LAMBIN & GEIST 2006).

Viele dieser deskriptiven oder präskriptiven Modelle erheben den Anspruch erklärend zu wirken. Sie zeigen Wirkungszusammenhänge in der Landschaft, die sie aus statistischen oder empirisch gewonnenen Daten ableiten und verifizieren diese mit aus historischen Analysen gewonnenen Daten.

In Bezug auf den Untersuchungsgegenstand können Land- und Flächennutzungsmodelle einen holistischen Blick auf die Gesamtheit des Systems Landschaft werfen (VELDKAMP & FRESCO 1996, HILFERINK & RIETVELD 1999) oder aber einzelne Landschaftseinheiten aufgreifen (vgl. BRIASSOULIS 2000). Dies können sein:

- Stadtgebiete (Melbourne bei LAU & KAM 2005, Lissabon und Porto bei SILVA & CLARKE et al. 2003, Dresden bei VOGEL 2005, San Francisco und Washington bei CLARKE & GAYDOS 1998),
- ländliche Gebiete (Jütland bei MÜNIER ET AL. 2000),
- Regionen (Oberes Ouémé Einzugsgebiet / Benin bei BORGWARDT 2004)
- Länder (Belgien bei BULTOT 1990, Niederlande bei BORSBOOM-VAN BEURDEN et al. 2002) oder
- Kontinente (Europa bei ROUNSEVELL et al. 2006).

### 2.5.2 Räumliche und zeitliche Skala

Die meisten Simulationsmodelle sind räumlich explizit und basieren auf der Zerlegung der Landschaft in Zellen gleicher Größe, die sich gleichmäßig in einem Gitter zueinander anordnen. Sie unterscheiden sich jedoch in ihrer räumlichen Skala bezüglich der Auflösung und der Ausdehnung des untersuchten Raumes. Ihr zeitlicher Untersuchungsrahmen kann sich in die Vergangenheit und in unterschiedlicher Schrittweite in die Zukunft erstrecken. Ihr Beobachtungszeitraum

kann sich auf das dynamische Verhalten einzelner Akteure, aber auch auf Entwicklungsschritte von 5 Jahren beziehen (vgl. BRIASSOULIS 2000).

Die meisten Modelle betrachten Änderungen der Nutzungsart als einen Mehrebenenprozess und untersuchen jede Ebene und ihre Stellung im hierarchischen Aufbau des Modells. Jeder Teilprozess liefert dabei auf seiner jeweiligen Skala eine partielle Beschreibung des Mehrebenensystems Landnutzung (vgl. VERBURG et al. 2004).

### 2.5.3 Methodologie des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns

Modelle dienen neben der Erfassung und Beschreibung von Systemen auch der Realisierung von Theorien. Volkswirtschaftliche Theorien wie mikro- und makroökonomische Theorien können deduktiv der Ableitung spezieller Einzelerkenntnisse zum Beispiel in agrarökonomischen Modellen dienen. Andererseits entstehen durch Zusammenfassung der Beobachtungen von Einzelphänomenen zu einem Theoriesatz induktiv Schlussfolgerungen über prinzipielle Mechanismen der Nutzungsänderung (wie in der wirtschaftsgeographischen Standorttheorie von Johann Heinrich von Thünen).

Andere Modelle enthalten neben empirisch-deskriptiven auch präskriptiv-normative Aussagen. Eine empirisch gewonnene deskriptive Aussage zielt auf die Darstellung des Ist-Zustandes der Landnutzung ab und stützt sich dabei auf Wahrnehmung und Beobachtung. Sie kann damit die Funktionen eines Nutzungssystems und das Wirken verschiedener Einflussfaktoren auf dieses System beschreiben. Eine präskriptiv-normative Aussage hingegen gibt Handlungsanweisungen vor und strebt die Aufstellung von Regeln an, um beispielsweise Vorschläge für eine optimierte Nutzung zur Erreichung vorgegebener Ziele zu machen. Solche Aussagen beschreiben dann den Soll-Zustand (vgl. VERBURG et al. 2006).

### 2.5.4 Analysemethoden

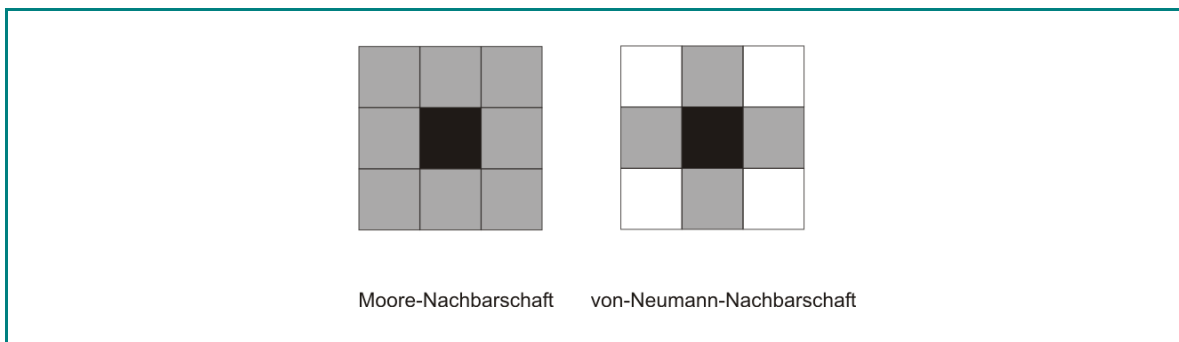
Agentenbasierten Modellen, welche individuelles Verhalten in Einzelentscheidungen simulieren, stehen so genannte zelluläre Automaten gegenüber, welche mit verschiedenen Methoden versuchen, Transformationsregeln zwischen einzelnen Zuständen der Landnutzung zu finden und grundlegende Prozesse von Landnutzungsänderungen zu simulieren.

Ein wichtiger Unterschied zwischen diesen beiden ist, dass sich in agentenbasierten Modellen die Wechselbeziehungen zwischen benachbarten Rasterzellen dynamisch während des Modelldurchlaufes verändern und anpassen können, während diese bei zellulären Automaten festgelegt sind (vgl. BROWN 2006).

Mit zellulären Automaten können zeitabhängige Prozesse räumlicher Systeme modelliert werden. Die Funktionsweise eines solchen Automaten ist am von John Conway entwickelten „*Game of life*“ am besten erklärt. Diese Simulation bildet die Entwicklung lebender Organismen in einer Gesellschaft durch nachbarschaftsabhängige Regeln ab. Die Zellen befinden sich in einem regelmäßigen Quadratgitter und haben entweder den Zustand „tot“ oder „lebend“. Befinden sich in direkter Umgebung einer lebenden Zelle zwei oder drei weitere lebende Zellen, so überlebt sie. Ansonsten stirbt sie auf Grund von Überbevölkerung oder Isolation. Eine Zelle wird neu geboren, wenn in ihrer Umgebung genau drei lebende Zellen existieren. Diese sehr einfachen Regeln führen zu sehr komplexen Strukturen und sogar soweit, dass einzelne Ausgangsstrukturen wandern und sich selbst modifizieren, während andere stabil bleiben (vgl. RIEDL 1999). Die Struktur des „*Game of life*“ zeigt schon wesentliche Elemente des zellulären Automaten. Er besteht aus:

- einem Raum aus gitterförmig angeordneten Zellen,
- einer Reihe von Zellennachbarschaften
- einer Reihe von Zuständen, die jede Zelle beschreiben,
- Zeitschritten,
- Transformationsregeln, die den Zustand jeder Zelle zum Zeitpunkt  $t+1$  als abhängig vom Zustand der Zelle und ihrer Nachbarn zum Zeitpunkt  $t$  beschreiben (vgl. WHITE et al. 1999: 1).

Die Nachbarschaft einer Zelle bilden entweder alle Zellen, die horizontal, vertikal und diagonal an sie angrenzen (Moore-Nachbarschaft) oder lediglich diejenigen, die sie an den Seitenkanten berühren (von Neumann-Nachbarschaft) (vgl. Abbildung 5).



**Abbildung 5: Nachbarschaften in zellulären Automaten**

Quelle: Eigene Darstellung, nach ROMMENEY (2006: 7)

Wie sich die Zellen über die Zeitschritte verändern, wird durch die Wahl der Einflussfaktoren und Regeln über ihre Wirkung auf den Zustand der Zelle bestimmt. Zelluläre Automaten werden häufig bei der Simulation von Stadtgebieten angewandt. Im Folgenden werden einige Beispiele hierfür vorgestellt und gemäß ihren Modelleigenschaften systematisiert.

## 2.6 Modellierung urbaner Veränderungen mit zellulären Automaten – Anwendungsbeispiele

In diesem Abschnitt werden in der Literatur beschriebene Ansätze, die geeignet für die Bearbeitung der Fragestellung erscheinen in ihrer grundlegenden Charakteristik dargestellt werden. Es werden Teilmodule, Zielstellungen und Modellannahmen vorgestellt. Um die in 2.5 beschriebenen Eigenschaften jedes Modellansatzes miteinander zu vergleichen, werden sie in Tabelle 2 zum Zweck der Systematisierung aufgezählt.

### 2.6.1 MOLAND (**M**onitoring **L**and Use / Land Cover Dynamics)

MOLAND ist die Weiterentwicklung des Modells MURBANDY und wurde vom Joint Research Center (JRC) initiiert. MOLAND zielt auf die Beobachtung der Stadtentwicklung sowie die Bestimmung von Trends auf europäischer Ebene und simuliert die Landnutzung für jedes Jahr über die nächsten 10 bis 25 Jahre. Die Ergebnisse finden Anwendung in den Bereichen räumliche Planung und Risikominderung, nachhaltige Stadt- und Regionalentwicklung sowie der Umweltverträglichkeitsprüfung (vgl. JRC 2007). Die Methodik von MOLAND besteht aus drei Komponenten: Zunächst wird im Modul CHANGE die Entwicklung der Landbedeckung/-nutzung während der letzten 40 Jahre dargestellt, danach

werden (sozioökonomische) Informationen hinzugenommen, um im Modul UNDERSTAND urbane Indikatoren zu berechnen. Schließlich werden im Modul FORECAST urbane Wachstumsszenarien entwickelt, um zukünftige Trends abzuleiten (vgl. STEINNOCHER 2003). MOLAND ist ein dynamisches System. Ausgehend von der lokalen Ebene, auf der durch zelluläre Automaten wirtschaftliche Aktivitäten und Handlungsweisen von Menschen modelliert werden, stellt MOLAND eine Verbindung zur regionalen und globalen Ebene her. Auf der regionalen Ebene wird die Bebauung, wirtschaftliche Aktivität und öffentlicher sowie privater Nahverkehr in einzelnen Teilregionen betrachtet. Auf globaler Ebene nutzt das Modell schließlich wirtschaftliche und demographische Wachstumsszenarien (vgl. JRC 2004).

### 2.6.2 LUCK (**L**and **U**se **C**hange **S**cenario **K**it)

LUCK ist ein rasterbasiertes, deterministisches Allokationsmodell, das vorgegebene Landnutzungsänderungen räumlich explizit umsetzt, um insbesondere die Siedlungsentwicklung zu simulieren. Das Modell nimmt an, dass Siedlungsexpansion entlang bestehender Bebauung und infrastruktureller Entwicklungsachsen des Verkehrsnetzes sowie auf landwirtschaftlichen Grenzertragsflächen stattfindet. Nicht geeignete Gebiete für die Ausweitung von Siedlungsflächen sind Standorte mit starker Hangneigung und in der Nähe von Auen- und Uferbereichen (Schutzgebietsausweisungen). LUCK verbindet ein Bewertungsverfahren zur Eignungsfeststellung von Flächen mit der Analyse von Nachbarschaftsbeziehungen. Das Modell wurde für mesoskalige Gebiete entwickelt, die räumliche Auflösung der Daten sollte nicht über 100 m x 100 m Zellengröße liegen. LUCK ist in Fortran geschrieben und wird über eine ASCII-Datei zum Datenmanagement gesteuert. Als Eingangsparameter werden neben den Standortfaktoren (Topographie, Bodeneigenschaften, Verkehrsnetz etc.) auch die gewünschte prozentuale Landnutzungsänderung und Schwellenwerte für die Nachbarschaftsanalyse festgelegt (vgl. FRITSCH 2002).

### 2.6.3 LuSIM (**L**and **U**se **S**imulator)

LuSIM ist ein rasterbasiertes, deterministisches Simulationsinstrument, das als Erweiterung von ArcView 3 arbeitet und in AVENUE geschrieben ist. Es wurde im Projekt GLOWA-Elbe erfolgreich angewendet und simuliert die Nutzungsänderung über zelluläre Automaten (vgl. STRÖBL et al. 2003). Regeln für die zu simulierende

Flächennutzung leiten sich aus den Eigenschaften der Einzelzelle des Rasters (lokale Eignung) und aus Nachbarschaftsbeziehungen zu den umliegenden Zellen (abhängige Eignung) ab. Mithilfe von Szenarios wird der Flächenbedarf für Siedlungsgebiete ermittelt (vgl. STRÖBL & WENZEL 2001). LuSIM kann als modifizierter, zellulärer Automat bezeichnet werden, da nur eine bestimmte Anzahl von Zellen umgewandelt werden soll.

#### 2.6.4 SLEUTH / Clarke Cellular Automaton Urban Growth Model

SLEUTH wurde von Dr. Keith C. Clarke an der Universität von Kalifornien entwickelt und ist ein wahrscheinlichkeitstheoretisches Modell, das mit zellulären Automaten das städtische Wachstum modelliert. Das Modell beinhaltet einerseits ein „Urban Growth Model – UGM“ und andererseits ein „Land Cover Deltatron Model – LCDM“. Im UGM wird die Wahrscheinlichkeit der Transformation einer Zelle in ein Siedlungsgebiet aus einem nicht-städtischen Gebiet berechnet. Das LCDM ist ein darauf aufbauendes, optionales Modell, mit dem die Siedlungsexpansion auf andere Nutzungsklassen übertragen wird (vgl. US GEOLOGICAL SURVEY 2007).

#### 2.6.5 Land Use Scanner

Land Use Scanner ist ein GIS-basiertes, integriertes Modell. Um die Verteilung zukünftiger Flächennutzung zu prognostizieren werden in Land Use Scanner drei Komponenten zusammengeführt: Zunächst wird die aktuelle Flächennutzung zum Beispiel auf Grundlage von Satellitenbildern ermittelt, um die Flächenanteile für jeden Nutzungstyp zu ermitteln. Mit Hilfe von Szenarios der künftigen Entwicklung oder alternativ mit Expertenbefragung wird im zweiten Schritt der zukünftige Flächenanspruch für jeden Nutzungstyp berechnet. Schließlich werden basierend auf physischen Eigenschaften des Gebietes (z.B. Boden- und Grundwasserparameter), planerischen Ausweisungen von Flächennutzungen und Abstandsbeziehungen zur Verkehrsinfrastruktur Karten erstellt, welche die Eignung eines Gebietes für einen Nutzungstyp zeigen. Für jeden Nutzungstyp werden Karten seiner wahrscheinlichen Verteilung auf Grundlage dieser Eignungskarten erstellt. Die Signifikanz einzelner Faktoren für die zukünftige Entwicklung jeder Nutzungsklasse wird durch eine Regressionsanalyse nachgewiesen (vgl. BORSBOOM-VAN BEURDEN 2002 und KOOMEN & DEKKERS 2004).



2.7 Auswahl des Modellansatzes

Tabelle 2 zeigt die Systematisierung der vorgestellten Modelle mit ihren Eigenschaften. Zum Vergleich sind neben den fünf eben vorgestellten Modellen zur Simulation des urbanen Raumes noch ein weiterer zellulärer Automat und ein agentenbasiertes Modell in der Tabelle dargestellt.

	<b>MOLAND</b> JRC 2004, WINKLER 2001, MEINEL & NEUMANN 2003	<b>LUCK</b> FRITSCH 2002, NIEHOFF 2001	<b>LuSIM</b> STRÖBL et al. 2003
<b>Zweck</b>	Beurteilung, Beobachtung und Modellierung der urbanen Entwicklung und ihrer regionalen Umwelt	Lokalisierung von Landnutzungsänderungen	Simulation und Lokalisierung von Landnutzungsänderungen
<b>Untersuchungsgegenstand</b>	urbane und rurale Landschaft Regionen	urbane und rurale Landschaft	abhängig von der Fragestellung Regionen
<b>Analysemethode</b>	zellulärer Automat	zellulärer Automat	modifizierter zellulärer Automat
<b>Einflussfaktoren</b>	Landnutzung  naturräumliche Eigenschaften  sozioökonomische Eigenschaften (Bevölkerung, Einkommen, Beschäftigung)  Erreichbarkeit des Transportnetzwerks	Landnutzung  Standortfaktoren (Relief, Landnutzung, Boden)  Ausschlussgebiete  Nachbarschaftsbeziehungen	Landnutzung  naturräumliche Eigenschaften  Nachbarschaftsbeziehungen
<b>räumliche Skala</b>	ca. 200 m	ca. 100 m	50 m
<b>zeitliche Skala</b>	meist 10 bis 25 Jahre	ca. 10 Jahre	ca. 20 bis 25 Jahre
<b>Erkenntnisgewinn</b>	deskriptiv, induktiv, prospektiv	deskriptiv, prospektiv	deskriptiv, prospektiv

Fortsetzung der Tabelle				
	SLEUTH JANTZ et al. 2003, CLARKE & GAYDOS 1998, CLARKE et al. 1997, DIETZEL & CLARKE 2007	Land Use Scanner BORSBOOM-VAN BEURDEN et al. 2002, HILFERINK & RIETVELD 1999	CLUE VELDKAMP & FRESCO 1996, VERBURG et al. 2006	SOME BROWN et al. 2005
Zweck	Simulation des urbanen Wachstums und dessen Einfluss auf umgebene Landnutzungsklassen, Vorhersage des räumlichen Musters von Landnutzungsänderungen	Simulation zukünftiger Landnutzung	Simulation des Übergangs zwischen Landnutzungsklassen und ihre Auswirkungen	Modellierung des Entscheidungsprozesses der Wohnstandortwahl Erkundung der ursächlichen Wechselwirkung zwischen den Akteuren
Untersuchungsgegenstand	urbane Landschaft Region	Landschaft Länder	Landschaft landwirtschaftliche Regionen	urbane Landschaft Stadtteile, Kleinstädte
Analysemethode	stochastischer zellulärer Automat	statistischer zellulärer Automat	statistischer zellulärer Automat	Agentenbasiertes Modell
Einflussfaktoren	Landnutzung Hangneigung Ausschlussgebiete Transportinfrastruktur räumliche Ausdehnung urbaner Flächen	Landnutzung naturräumliche Eigenschaften Nachbarschaftsbeziehungen Inanspruchnahme von Flächen für bestimmte Funktionen	Landnutzung, insbesondere landwirtschaftliche Kulturen naturräumliche Eigenschaften (Klima, Relief, Bodentyp, Bios) Demographie (Bevölkerungsgröße und -dichte) Marktmechanismen und Handelsbeschränkungen Technologie (Stand der Technik, regionale Bewässerungsmethoden)	ästhetischer Wert der Wohnumgebung Entfernung zu Dienstleistern Ausschlussgebiete Dichte der Besiedlung
räumliche Skala	ca. 300 m	500 m, seit 2004 auch 100 m	ca. 250 m	100 m
zeitliche Skala	ca. 30 Jahre	ca. 20 Jahre	ca. 15 bis 20 Jahre	-
Erkenntnisgewinn	prospektiv	prospektiv	deskriptiv, prospektiv	prospektiv, deskriptiv,

**Tabelle 2: Systematisierung der vorgestellten Modelle**

Quelle: Eigene Darstellung

Die Systematisierung basiert auf der Auswertung der in der Tabelle genannten Quellen. Auf dieser Grundlage wurden die Modellansätze beurteilt um sie hinsichtlich ihrer Eigenschaften miteinander zu vergleichen.

Prinzipiell kann mit einem zellulären Automaten jede vorgegebene Nutzungsklasse simuliert werden. Der Untersuchungsgegenstand ergibt sich dann aus der Problem- und Fragestellung. Dennoch werden in jedem Ansatz bestimmte modellinterne Annahmen getroffen, die den Fokus mehr oder weniger stark auf den urbanen Raum legen.

Kriterien für oder gegen die Auswahl des Modellansatzes zur Simulation von Flächennutzungsänderungen sind:

- die untersuchten Nutzungsklassen und ihre inhaltliche Auflösung,
- die räumliche Skala (Auflösung und Ausdehnung),
- die Fokussierung des Modells auf eine Flächenbedarfssimulation,
- die Verfügbarkeit und Anwendungsmöglichkeit des Modells,
- die Kopplung an GIS zur räumlichen Darstellung der Ergebnisse,
- die prozessorientierte Art der Modellierung, in der die Flächennutzung in Abhängigkeit von räumlich und/oder zeitlich dynamischen Faktoren abgebildet werden kann.

Das Modell dient damit dem prinzipiellen Verständnis des Einflusses verschiedener Faktoren auf Änderungen der Flächennutzung, als auch einer Abschätzung der künftigen Entwicklung im Rahmen der Modellannahmen.

Nach Prüfung aller beschriebenen Modelle wird LuSIM (vgl. STRÖBL et al. 2003) insbesondere aufgrund seiner offenen Modellstruktur, sowie seiner leichten Anwendbarkeit, Verfügbarkeit, seiner räumlichen Auflösung von 50 m und der guten Kopplung an GIS ausgewählt.

Im folgenden Kapitel wird gezeigt, wie der zelluläre Automat LuSIM in das Modellsystem zur Simulation von Flächennutzungsänderungen integriert wird und wie dieses Modellsystem aufgebaut ist.

## 2.8 Zusammenfassung des Kapitels

Im zweiten Kapitel wurden grundlegende Begriffe die für die Bearbeitung der Fragestellung notwendig sind erläutert und die Methodik der Szenariotechnik erklärt. Außerdem wurden verschiedene Ansätze zur Modellierung von Flächennutzungsentwicklungen vorgestellt und ein Ansatz ausgewählt.

### **3 Der Wandel der Landschaft im Modellsystem**

Das vorgestellte Modell ist ein zufällige Veränderungen ausschließendes Modell in dem Nutzungsänderungen nach festgelegten Regeln also deterministisch ablaufen. Die Systemstruktur der Landschaft wird soweit es für den Modellzweck erforderlich ist nachgebildet, um das Verhalten des Systems nachzuahmen. Schlussfolgerungen über Regelmäßigkeiten werden dabei induktiv aus empirisch gewonnenen Beobachtungen und Analysen abgeleitet.

Den Kern des Modells bildet der ausgewählte zelluläre Automat LuSIM. Er ermittelt auf Grundlage von internen und externen Eigenschaften jeder Rasterzelle ihre Eignung als Siedlungsfläche. Anschließend werden je nach Bedarf an neuer Siedlungsfläche geeignete Zellen in Siedlung umgewandelt. Regeln für die Eignung jeder Zelle als Siedlungsfläche und der Bedarf an neu entstehenden Siedlungsflächen müssen dem zellulären Automaten vorgegeben werden.

Die Eignungsregeln leiten sich aus Analysen bereits stattgefundener Flächennutzungsänderungen zwischen den Jahren 1968 und 1998 ab. Der Bedarf an neuer Siedlungsfläche ergibt sich aus der Entwicklung von Steuergrößen des Wachstums, wie sie durch bestimmte Szenarios vorgegeben wird.

#### **3.1 Definition des Modellzwecks**

Ein Modell gibt nur einen Verhaltensausschnitt des Originals wieder. Der Modellzweck bestimmt diesen Ausschnitt und bildet damit die wichtigste Vorgabe bei der Modellformulierung (vgl. BOSSEL 1992). Ziel des Modells ist es, den historischen Wandel der Flächennutzung zu beschreiben und Regelmäßigkeiten aufzudecken, damit zukünftiges Systemverhalten simuliert werden kann. Dazu werden Wirkungsstrukturen und Wirkungsbeziehungen im System Landschaft beschrieben.

### 3.2 Von der Realwelt zum Modell: Grenzen und Rahmenbedingungen

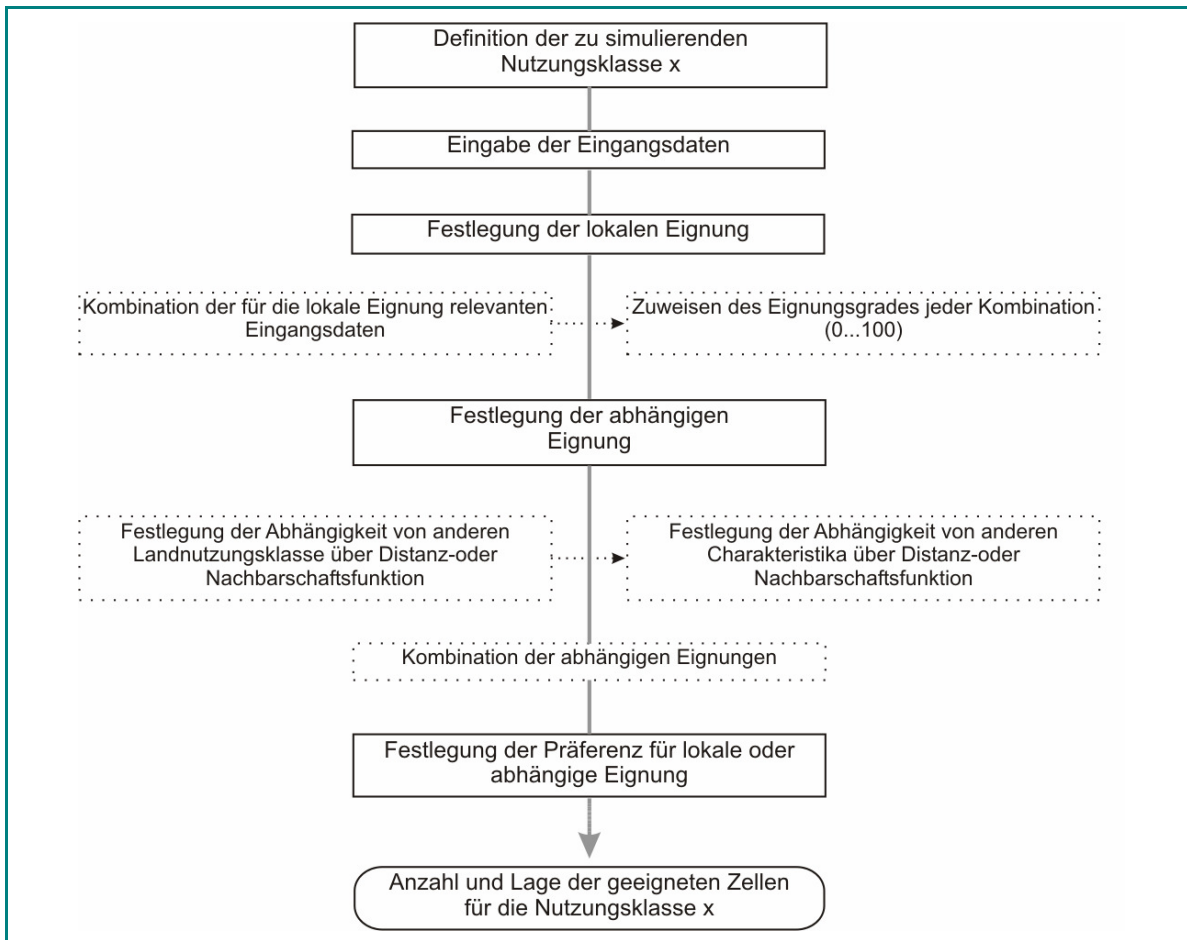
Ein Modell bleibt immer nur eine Vereinfachung der Realwelt und der darin ablaufenden Prozesse. Trotz aller vereinfachten Annahmen im Modell, sollte die Komplexität realer Prozesse nicht herabgesetzt werden. Das Modell muss alle wesentlichen Systemelemente beinhalten und Wechselwirkungen zwischen ihnen beschreiben können. Im Folgenden werden modelltheoretische und raumbezogene Annahmen dargestellt, die der Bearbeitung der Fragestellung zugrunde liegen.

#### 3.2.1 Modelltheoretische Annahmen

Das Simulationswerkzeug LuSIM simuliert Nutzungsänderungen und arbeitet dabei rasterbasiert. Die Eigenschaften des untersuchten Landschaftsraumes werden als Eigenschaften von Zellen der Größe 50 m x 50 m wiedergegeben. Damit abstrahiert das Modell die Landschaft in eine regelmäßige Anordnung gleichgroßer Rasterzellen.

Die Simulation von Land- und Flächennutzungsänderungen basiert auf Eignungsregeln. Diese Regeln sind so formuliert, dass jede Rasterzelle in unterschiedlich hohem Maße (0...100) geeignet oder ungeeignet für eine bestimmte Nutzung beschrieben wird. Die Regeln berücksichtigen dabei, dass jede Zelle neben internen Eigenschaften auch durch ihre Lage zu den umliegenden Zellen charakterisiert ist. Interne Eigenschaften werden als lokale Eignung und Nachbarschaftsbeziehungen als abhängige Eignung zusammengefasst.

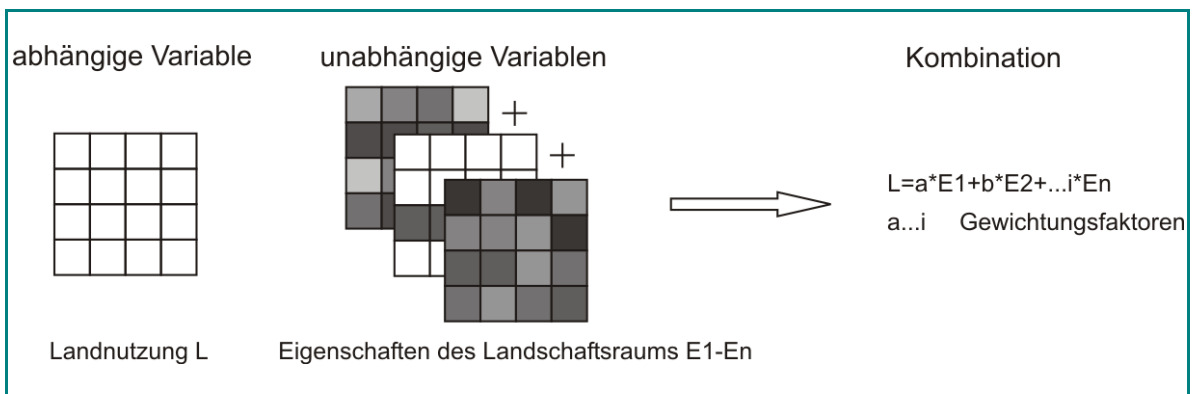
Abbildung 6 zeigt das grundsätzliche Vorgehen zur Eignungsfeststellung im Modell.



**Abbildung 6: Methodisches Vorgehen zur Eignungsfeststellung im zellulären Automaten LuSIM**

Quelle: Eigene Darstellung, nach STRÖBL et al. (2003)

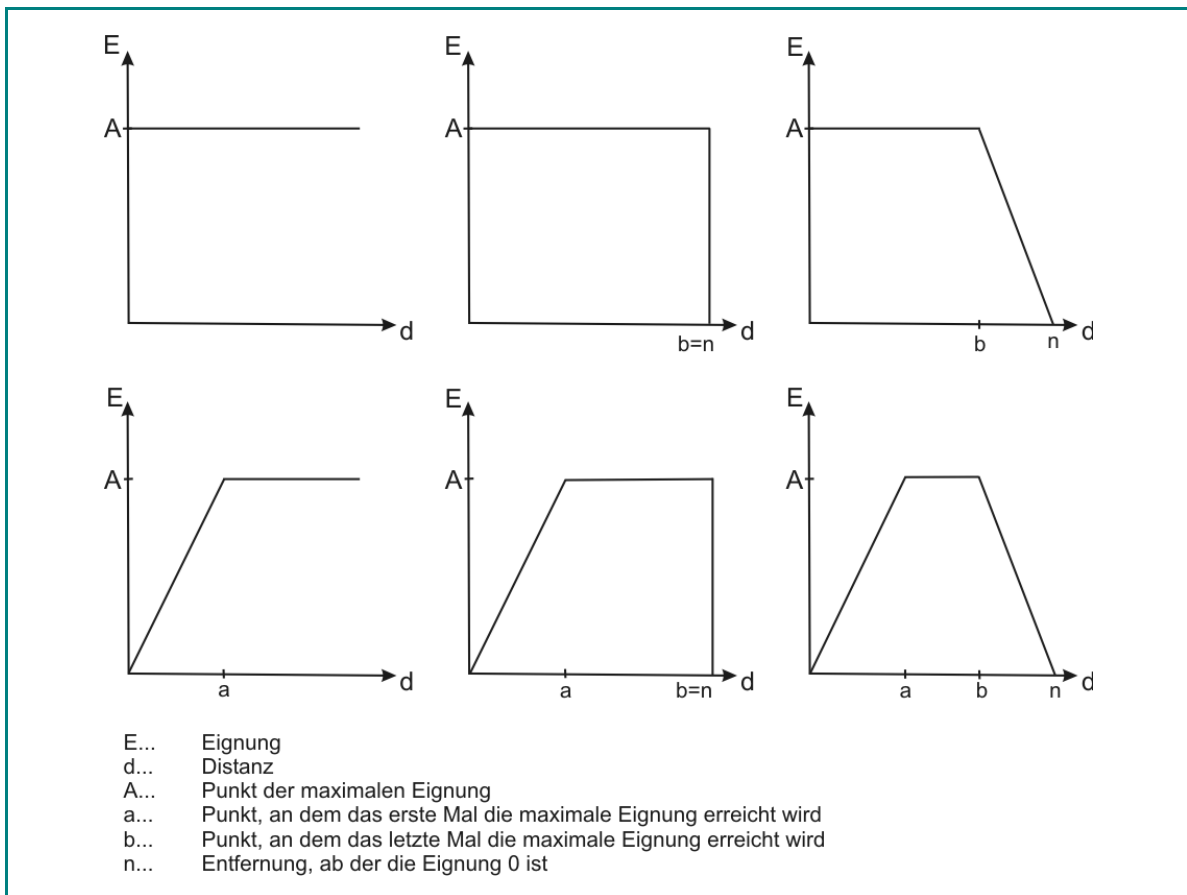
Die lokale Eignung ergibt sich aus der Überlagerung aller berücksichtigten Einflussfaktoren, ihrer Gewichtung und der Bewertung ihrer Wirkung im Siedlungsraum (vgl. Abbildung 7).



**Abbildung 7: Überlagerung von Einflussfaktoren zur Feststellung der lokalen Eignung**

Quelle: Eigene Darstellung, nach NUNES & AUGÉ (1999: 66)

Nachbarschaftsbeziehungen, die als abhängige Eignung jeder Rasterzelle wirken, werden im Modell über Distanz- und Nachbarschaftsfunktionen beschrieben.



**Abbildung 8: Distanz- und Nachbarschaftsfunktionen im zellulären Automaten LuSIM**

Quelle: Eigene Darstellung, nach STRÖBL et al. (2003)

Mit diesen Funktionen kann dargestellt werden, wie sich die Eigenschaften einer Zelle auf die Eignung ihrer Nachbarzellen distanzabhängig auswirken. Die oberen drei Funktionen in Abbildung 8 beschreiben Fälle, bei denen die Eignung der Nachbarzellen in direkter Nachbarschaft am größten ist, mit zunehmender Entfernung gleich bleibt und ab einer bestimmten Entfernung schlagartig oder stufenweise abnimmt (positiver Ausstrahlungseffekt). Mit den unteren drei Funktionen kann die Erhöhung der Eignung aller Nachbarschaftszellen mit zunehmender Entfernung abgebildet werden (negativer Ausstrahlungseffekt). Ist eine stufenweise Veränderung der Eignung vorgesehen, so wird zwischen  $a$  und  $b$  linear interpoliert.

### 3.2.2 Raumbezogene Annahmen

Entsprechend der Fragestellung wird das Siedlungsflächenwachstum simuliert. Diese Flächen dienen der Wohnbebauung, als Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen, als Abbauflächen, Baustellen und Bracheflächen sowie als innerstädtische Grünflächen. Die Expansion der Flächen für Wohnbebauung ist der „Motor“ des Siedlungsflächenwachstums. Andere Flächennutzungsklassen werden entweder:

- als unveränderlich und nicht umwandelbar (Wälder und naturnahe Flächen, Wasser -und Feuchtflächen, Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen, Abbauflächen, Baustellen und Bracheflächen) oder
- als potentiell umwandelbar (landwirtschaftliche Flächen, innerstädtische Grünflächen)

betrachtet.

Die Entstehung, das Wachstum und die Verdichtung von Wohngebieten und damit auch von Siedlungsräumen werden von verschiedenen Einflussfaktoren gesteuert. Individuelle Einzelentscheidungen, die subjektiv und oft auch zufällig getroffen werden bleiben aufgrund des deterministischen Charakters des Modells unberücksichtigt. Lediglich allgemeine Wertvorstellungen, die in den *Storylines* beschrieben werden, bilden menschliches Verhalten ab.

### 3.2.3 Unsicherheiten im Modell

Zu den Modellunsicherheiten zählt die schon erwähnte Ungewissheit über individuelles Verhalten jedes einzelnen Akteurs. Insbesondere persönliche Erlebnisse, Traditionen und Motivationen die zum Beispiel die Schaffung von Wohneigentum beeinflussen sind bei der Abschätzung zukünftigen Wohnbaulandes sicherlich nicht vernachlässigbar. Sie können aber mit der gewählten Modelltechnik nicht nachgebildet werden. Insbesondere zukünftige Lebens- und Wohnstile sowie Wohnraumsprüche und Gestaltungsweisen des privaten Umfeldes, welche hierauf Einfluss haben können nur in ihrer Tendenz eingeschätzt werden. Letztendlich beeinflussen die Szenarioannahmen, welche der Modellierer trifft zu einem großen Teil die Qualität der Simulationsergebnisse.



### 3.3 Datengrundlage

#### 3.3.1 Räumliche Daten der Landschaft

##### Daten zur Flächennutzungsklassifikation

Aus den Ergebnissen des europäischen Forschungsprojektes „Monitoring Urban Dynamics“ (MURBANDY) können die Flächennutzungsdaten für Dresden genutzt werden. Das Forschungsprojekt MURBANDY wird am Space Applications Institute (SAI) des Joint Research Centre (JRC) der Europäischen Kommission in Ispra (Italien) durchgeführt. Das Projekt entwickelt Verfahren, um die Land- und Flächennutzung in vorwiegend europäischen Städten und Regionen zu dokumentieren (vgl. JRC 2007). Die Flächennutzung speziell in Dresden wurde am Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e.V. in Dresden im Projekt „Monitoring Urban Dynamics (MURBANDY) – CHANGE Dresden“ untersucht.

Die Flächennutzungsstrukturen liegen als räumliche Datensätze für die Jahre 1953, 1968, 1986 und 1998 vor. Die Klassifikation der Flächennutzung basiert auf der visuellen Interpretation von Satellitenbild- und Luftbilddaten. Topographische Karten, Daten des Amtlich Topographisch-Kartographischen Informationssystems (ATKIS) und der Flächennutzungsplan wurden ebenfalls für die Klassifikation herangezogen (vgl. WINKLER 2001).

Die Einteilung der Nutzungsklassen richtet sich nach dem dreistufigen Klassifikationsschema von CORINE Land Cover 2000 und wurde für MURBANDY um ein viertes Level erweitert (vgl. Anhang 7.2). Die Mindestgröße der Flächen beträgt 1 ha für städtische Nutzungen und 3 ha für Freiraumnutzungen (vgl. MEINEL et al. 1999).

Die Flächennutzungsdatenbanken, vor allem der Jahre 1968 und 1998, dienen der Untersuchung von Nutzungsänderungen in einem historischen Zeitraum. Die in ihrer quantitativen und räumlichen Ausprägung festgehaltenen Änderungen zwischen Nutzungsklassen in diesen 30 Jahren dienen der Erarbeitung von Regelmäßigkeiten und der Ableitung von Einflussfaktoren bei Nutzungsänderungen. Der Datensatz zur Flächennutzung von 1998 kann zudem als Referenzdatensatz zur Überprüfung der Qualität der Simulationsergebnisse für diesen historischen Zeitraum eingesetzt werden.

Für die Simulation der zukünftigen Flächennutzung wird der Datensatz von 1998 weiterhin genutzt, um bestehende Siedlungsgebiete und landwirtschaftliche Flächen zu identifizieren. Die Lage und Ausdehnung des Siedlungsgebietes im Referenzjahr, insbesondere der Wohngebiete in ihm, spielt bei der Simulation der künftigen Flächennutzung eine erhebliche Rolle. Zusammen mit den landwirtschaftlichen Flächen sind diese Gebiete diejenigen, die als Neubaugebiet für Wohngebäude zur Verfügung stehen.

Der Datensatz zur Flächennutzung 1968 basiert auf dem CORONA Satellitenbild vom 15. Mai 1968 und der Datensatz zur Flächennutzung 1998 auf dem IRS-1C Satellitenbild vom 18. August 1998 (vgl. IÖR 2006)

#### Daten zum Wohnungs- und Gebäudebestand und zur Infrastruktur

Aus dem ATKIS-Objektartenkatalog können Informationen für Blöcke und für einzelne Objekte entnommen werden. Die Blockinformationen sind im Rahmen des Projektes VERIS-Elbe des IÖR durch visuelle Luftbildinterpretation ergänzt und lassen Schlüsse auf den Gebäudetyp zu. Gebäudegeometrie und -lage sind aus der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV) übernommen und werden ständig aktualisiert.

Als Parameter für die Ermittlung des Siedlungsflächenbedarfs werden aus diesen Daten Informationen über die Anzahl der Gebäude nach Gebäudetyp für das Jahr 1998 entnommen. Diese Daten sind für die Quantifizierung von Parametern der späteren Szenarios hilfreich. Um Entwicklungen des Gebäudebestandes deutlich zu machen, werden die Topographischen Karten der Jahre 1957 und 1961 sowie 1998 genutzt. Die Topographischen Karten von 1957 und 1961 liegen als Druckausgabe im Maßstab 1:10 000 vor, die topographische Karte von 1998 digital im Maßstab 1:25 000. In beiden sind flächenhafte Elemente als Gebäudesignaturen vorhanden. Die am IÖR entwickelte Software SEMENTA 1.0 ermöglicht die automatische Extraktion der Gebäudegrundflächen aus diesen beiden topographischen Kartenwerken. Die durch SEMENTA 1.0 bereitgestellten Daten können für die Untersuchung über die Entwicklung des Gebäudebestandes genutzt werden.

Linien- und Punktelemente, wie Straßen und Bahnhöfe sind ebenfalls im ATKIS Objektartenkatalog erfasst. Sie spielen wie Siedlungsgebiete bei der Simulation der zukünftigen Flächennutzung eine Rolle.

#### Bodeneigenschaften und Schutzgebiete

Aus der Bodenkonzeptkarte (BKkonz) des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie können die verbreiteten Bodentypen im Untersuchungsgebiet ersehen werden. Sie basiert auf der Zusammenfassung der Kartierungsergebnisse aus der Mittelmaßstäbigen Landwirtschaftlichen Standortkartierung (MMK) und der Waldbodenkartierung (WBK). Die Verbreitung grundwasserbeeinflusster Böden wird bei der Ausweisung von Ausschlussgebieten für die Siedlungsentwicklung genutzt. In Grundwasserböden reicht (oder reichte vor der Entwässerung) das Grundwasser nah, d.h. bis min. 4dm unter die Bodenoberfläche (vgl. SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 2002). Daraus ergibt sich ihre geringe Eignung als Baugrund einerseits und das Schutz- und Erhaltungsziel solcher Böden andererseits. Um ihre Funktionen als Bestandteil des Landschaftshaushaltes, insbesondere des Wasserhaushaltes gewährleisten zu können, sind Maßnahmen die zur Versiegelung des Bodens oder zur Gefährdung des Grundwassers führen zu vermeiden.

Ein weiteres Schutzgebiet ist das Landschaftsschutzgebiet „Dresdner Elbwiesen und -altarme“. Ver- und Gebote in diesem Gebiet sind durch die Verordnung der Landeshauptstadt Dresden vom 29. August 1996 festgelegt. Demnach sind „alle Handlungen verboten, die den Charakter des Gebietes verändern oder dem besonderen Schutzzweck zuwiderlaufen“ (LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2007: 2). Dies bedeutet insbesondere, dass Dauergrünland nicht umgewandelt oder anders als zur extensiven Beweidung genutzt werden darf, und dass Handlungen, die das Grund- und Oberflächenwasser gefährden, zu unterlassen sind. Die Errichtung oder Nutzungsänderung aller baulichen Anlagen bedürfen einer Prüfung durch die untere Naturschutzbehörde (vgl. LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2007b).

#### 3.3.2 Bevölkerungs- und Raumordnungsprognosen

Die Raumordnungsprognose 2020/2050 des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) informiert über die „künftige Nutzung des Raumes, insbesondere die zusätzliche Inanspruchnahme von Boden“ (BBR 2006: 1). Eine

interne Bevölkerungsprognose, die sich von nationalen oder internationalen Prognosemodellen unterscheidet, dient als Basis bei der Prognose des Arbeits- und Wohnungsmarktes, der Flächennutzung, des Verkehrs und der Infrastruktur. Die Ergebnisse zur Entwicklung des Wohnungsmarktes sind bei der Beantwortung der Fragestellung dieser Arbeit besonders interessant. Diese Daten sind allerdings nur nutzbar, wenn sie auf entsprechend kleinräumiger Maßstabsebene vorliegen, in diesem Fall auf Kreisebene. Es können die Parameter Neubau an Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern (EFH/ZFH) und Neubau an Wohnungen in Mehrfamilienhäusern (MFH) genutzt werden. Diese Prognoseergebnisse haben eine große Bedeutung, denn sie erlauben Aussagen über die Entwicklung des Wohnungsbestandes und lassen damit Schlüsse auf die Siedlungsentwicklung zu.

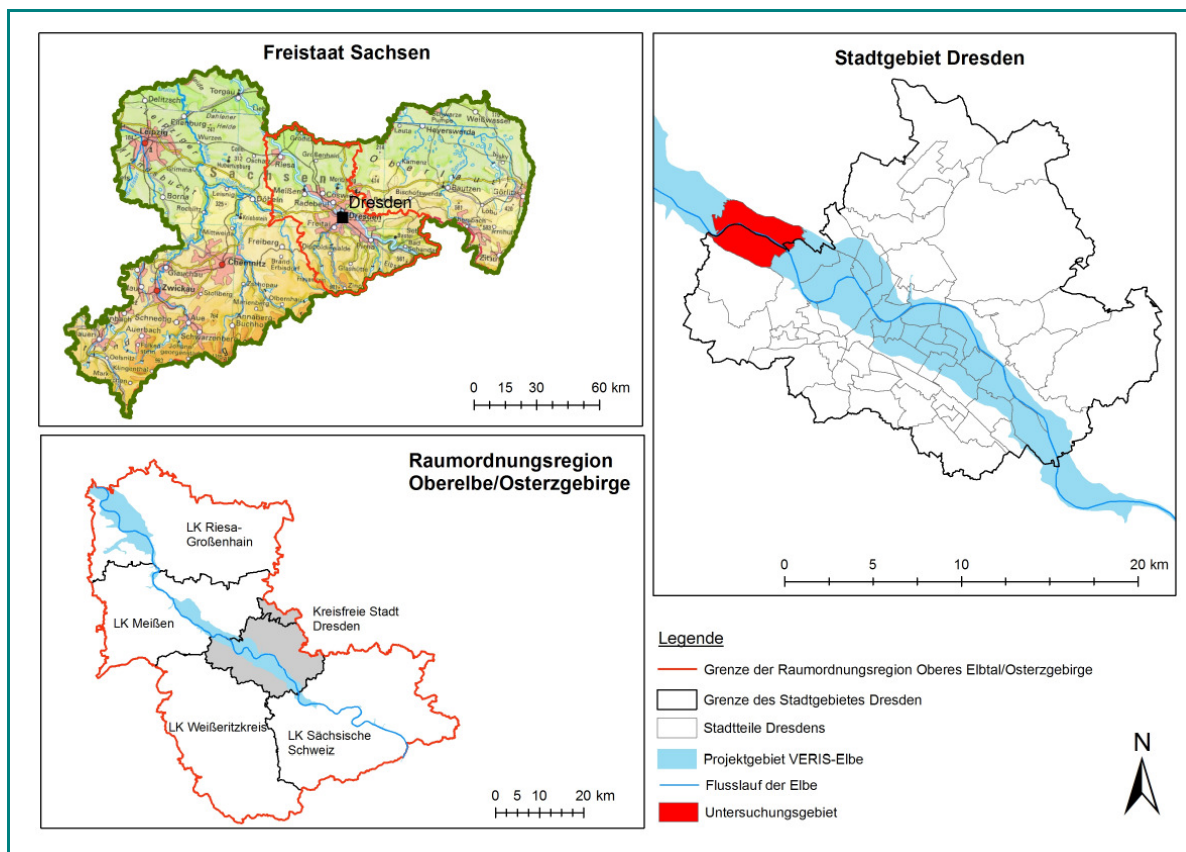
### 3.3.3 Administrative Daten

Um eine Übersicht über die Bautätigkeit seit den 1990er Jahre zu erhalten, werden Statistiken der Kommunalen Statistikstelle der Landeshauptstadt Dresdens verwendet. Veröffentlichungen des Statistischen Landesamtes Sachsen zum Teil in den Statistischen Jahrbüchern dienen zur Darstellung der Bevölkerungsentwicklung und der Entwicklung des Wohnungsmarktes sowie der privaten Haushalte. Diese Statistiken dienen vor allem der Bildung kreis- und stadtspezifischer Indikatoren und werden bei der Bedarfsermittlung herangezogen.

## 3.4 Das Untersuchungsgebiet innerhalb der Dresdener Elbaue

Das Untersuchungsgebiet liegt im Osten des Freistaates Sachsen, westlich des Stadtzentrums der Landeshauptstadt Dresden. Seine Lage in der Elbaue bedingt eine Teilung des Gebietes durch den Flusslauf in eine linkselbische und eine rechtselbische Seite. Der linkselbische Teil befindet sich im Stadtgebiet Dresdens, in der Ortschaft Cossebaude. Die Eingemeindung nach Dresden erfolgte erst 1997. Zur Ortschaft Cossebaude gehören die Ortsteile Gohlis, Niederwartha, Cossebaude, Neu-Leuteritz und die Ortschaft Oberwartha (vgl. LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2006b), in denen 1996 5 297 Menschen lebten (vgl. LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 1997). Der rechtselbische Teil des Untersuchungsgebiets liegt zum größten Teil im Stadtgebiet von Radebeul, einer Kreisstadt des Landkreises Meißen mit über 33 000 Einwohnern (vgl. STADT RADEBEUL 2007a). Die Grenzen des untersuchten Gebiets sind auf beiden Elbseiten nicht vollständig identisch mit

Stadt- Ortschafts- oder Ortsteilgrenzen. Die östliche Grenze orientiert sich an der Abgrenzung der Ortschaft Cossebaude zum Ortsamt Pieschen, die westliche an der Stadtgrenze Dresdens. Die südliche und nördliche Umgrenzung des Gebietes ist durch das Untersuchungsgebiet des VERIS-Elbe Projektes vorgegeben. Der ermittelte maximale Wasserstand der Elbe während des Hochwassers im August 2002 wurde um einen Meter erhöht und daraus die überschwemmte Fläche berechnet.



**Abbildung 9: Das Untersuchungsgebiet in der Dresdener Elbaue**

Quelle: Eigene Darstellung, Zusammenstellung nach HAACK WELTATLAS (2007: 19-21), REGIONALER PLANUNGSVERBAND OBERES ELBTAL/OSTERTZEGBIRGE (2001), STÄDTISCHES VERMESSUNGSAMT DRESDEN (1999), IÖR (2007b)

Bei der Auswahl des Untersuchungsgebiet wird darauf geachtet, dass es in einem überschwemmungsgefährdeten Gebiet im Randbereich der Kernstadt liegt und dass unbebaute Freiflächen neben Flächen städtischer Nutzung vorhanden sind, so dass eine dynamische Entwicklung in bisher unbebauten Gebieten möglich ist.

## 3.4.1 Entwicklung des Gebäudebestandes

Ein Überblick über die bisherige Entwicklung des Gebäudebestandes vermittelt einen Eindruck über die Bebauungsart und Wohnsituation der Bevölkerung im Untersuchungsgebiet.

Die Gebäudezahl hat sich vom Jahr 1957 bis zum Jahr 1998 um 62 % vergrößert. Tabelle 3 zeigt, die Entwicklung des Bestandes aufgeschlüsselt nach Gebäudegrößenklassen.

Gebäudegrundfläche	1957		1998	
	Anzahl der Gebäude	Ø Größe in m <sup>2</sup>	Anzahl der Gebäude	Ø Größe in m <sup>2</sup>
< 100 m <sup>2</sup>	213	71,74	54	92,82
100 – 150 m <sup>2</sup>	418	123,77	570	130,86
150 – 200 m <sup>2</sup>	244	173,18	653	171,43
200 – 250 m <sup>2</sup>	120	222,46	229	220,70
250 – 300 m <sup>2</sup>	62	273,13	99	271,81
> 300 m <sup>2</sup>	312	763,45	614	801,47
<b>insgesamt</b>	<b>1369</b>	<b>286</b>	<b>2219</b>	<b>343</b>

**Tabelle 3: Entwicklung des Gebäudebestandes nach Gebäudegrößenklassen zwischen 1957 und 1998**

Quelle: Eigene Darstellung, nach Analysen der Topographischen Karte (Ausgabe für die Volkswirtschaft) 1957 und der Digitalen Topographischen Karte 1998 mit der Software SEMENTA 1.0

In Tabelle 3 lässt sich erkennen, dass neben der Gebäudezahl auch die durchschnittliche Gebäudegrundfläche zunimmt. Insbesondere die Zahl der Gebäude über 100 m<sup>2</sup> Grundfläche hat sich nahezu verdoppelt. Tabelle 4 zeigt die Entwicklung des Gebäudebestandes nach Gebäudetypen. Die durchschnittliche Gebäudegrundfläche der Ein- und Zweifamilienhäuser liegt unter 200 m<sup>2</sup>, damit gehört dieser Haustyp zu denen, die sich zwischen 1957 und 1998 in ihrer Zahl vergrößert haben, die Häuser zwischen 150 m<sup>2</sup> und 200 m<sup>2</sup> sogar um fast das Dreifache.

Gebäudetyp	1957		1998	
	Anzahl der Gebäude	Ø Größe in m <sup>2</sup>	Anzahl der Gebäude	Ø Größe in m <sup>2</sup>
EFH/ZFH	820	152,53	1273	182,03
Reihenhaus	0	-	13	394,35
MFH...	259	458,85	510	491,63
...freistehend	140	397,85	288	357,29
...in Zeilenbebauung	109	493,72	171	486,95
...geschlossene Bauweise	10	932,65	51	1265,99
Sonstige	290	539,56	423	646,62
<b>insgesamt</b>	<b>1369</b>	<b>286</b>	<b>2219</b>	<b>343</b>

**Tabelle 4: Entwicklung des Gebäudebestandes nach Gebäudetyp zwischen 1957 und 1998**

Quelle: Eigene Darstellung, nach Analysen der Topographischen Karte (Ausgabe für die Volkswirtschaft) 1957 und der Digitalen Topographischen Karte 1998 mit der Software SEMENTA 1.0

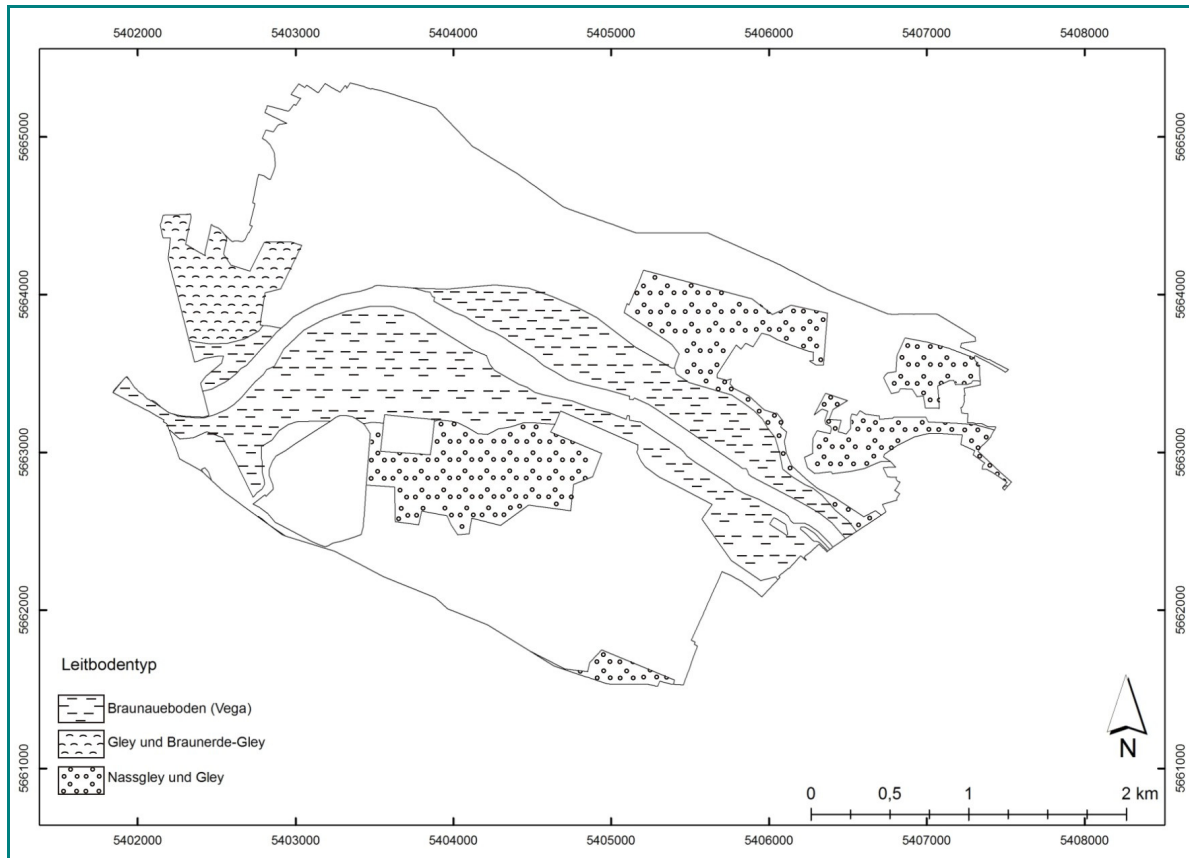
Mehrfamilienhäuser können meist recht einfach durch die höheren Wohnungszahlen und damit durch die Gesamtgrundfläche und auch aufgrund ihrer Bauweise von Ein- und Zweifamilienhäusern abgegrenzt werden (vgl. GRUHLER 2002). Auch die durchschnittliche Größe der Mehrfamilienhäuser im Untersuchungsgebiet liegt deutlich über der von Ein- und Zweifamilienhäusern.

Insgesamt ist das Gebiet gekennzeichnet durch einen überwiegenden Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern, die mehr als die Hälfte des Gebäudebestandes ausmachen. Unter den Mehrfamilienhäusern dominieren die freistehenden Gebäude. Die periphere Lage des Untersuchungsgebietes am Rande des Stadtgebietes von Dresden auf der linkselbischen Seite und der Kleinstadtcharakter des Untersuchungsgebietes auf der rechtselbischen Seite sind Gründe für den geringen Anteil an verdichteter Bauweise wie Zeilenbebauung oder geschlossene Blockbebauung.

#### 3.4.2 Bodentypen und Schutzgebiete

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Elbaue und damit teilweise im Verbreitungsgebiet semiterrestrischer Böden. Nahe dem Flussbett sind braune Aueböden (Vega) zu finden. Gleye und Nassgleye schließen sich mit zunehmender Entfernung zum Flussbett an (vgl. Abbildung 10). Die Bodentypen

sind vom Grundwasser beeinflusst und aufgrund des hohen Grundwasserstandes und häufiger Überschwemmungen vernässt. Das Landschaftsschutzgebiet „Dresdner Elbwiesen und –altarme“ erstreckt sich entlang des Flusslaufes der Elbe und bedeckt etwa ein Drittel des Untersuchungsgebietes.



**Abbildung 10: Flächige Verteilung der Leitbodentypen im Untersuchungsgebiet**

Quelle: Eigene Darstellung, Datengrundlage: SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2001)

### 3.5 Wirkungsbeziehungen und Wirkungsstruktur im Modell

Die Beschreibung des Systemverhaltens und seine Erklärung sind die Voraussetzung zur Ermittlung von Regelmäßigkeiten bei der Veränderung der Flächennutzung und erhöhen das Systemverständnis.

#### 3.5.1 Beschreibung des Systemverhaltens: Veränderung der Flächennutzung

Um wesentliche Transformationsarten zu identifizieren, werden retrospektiv Änderungen der Flächennutzung zwischen den Jahren 1968 und 1998 untersucht.

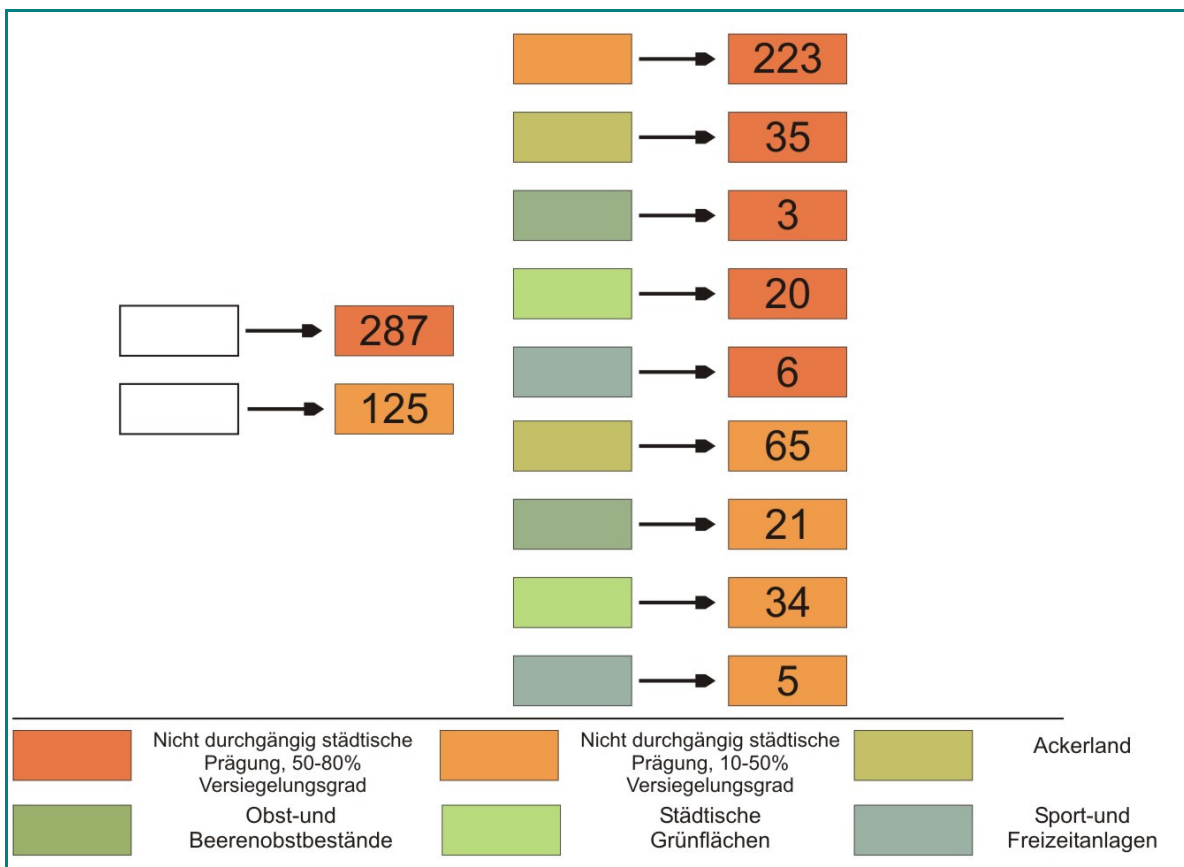
Als potentiell umwandelbare Flächen stehen landwirtschaftliche Flächen und innerstädtische Grünflächen zur Verfügung. Daneben gibt es den Fall der



Nachverdichtung bzw. Lückenschließung innerhalb eines Wohngebietes. Es können demnach drei Typen der Transformation im Gebiet festgestellt werden:

- Verdichtung innerhalb städtisch geprägter Flächen
- Umwandlung von städtischen Grünflächen zu Flächen städtischer Prägung
- Umwandlung von landwirtschaftlichen Flächen zu Flächen städtischer Prägung

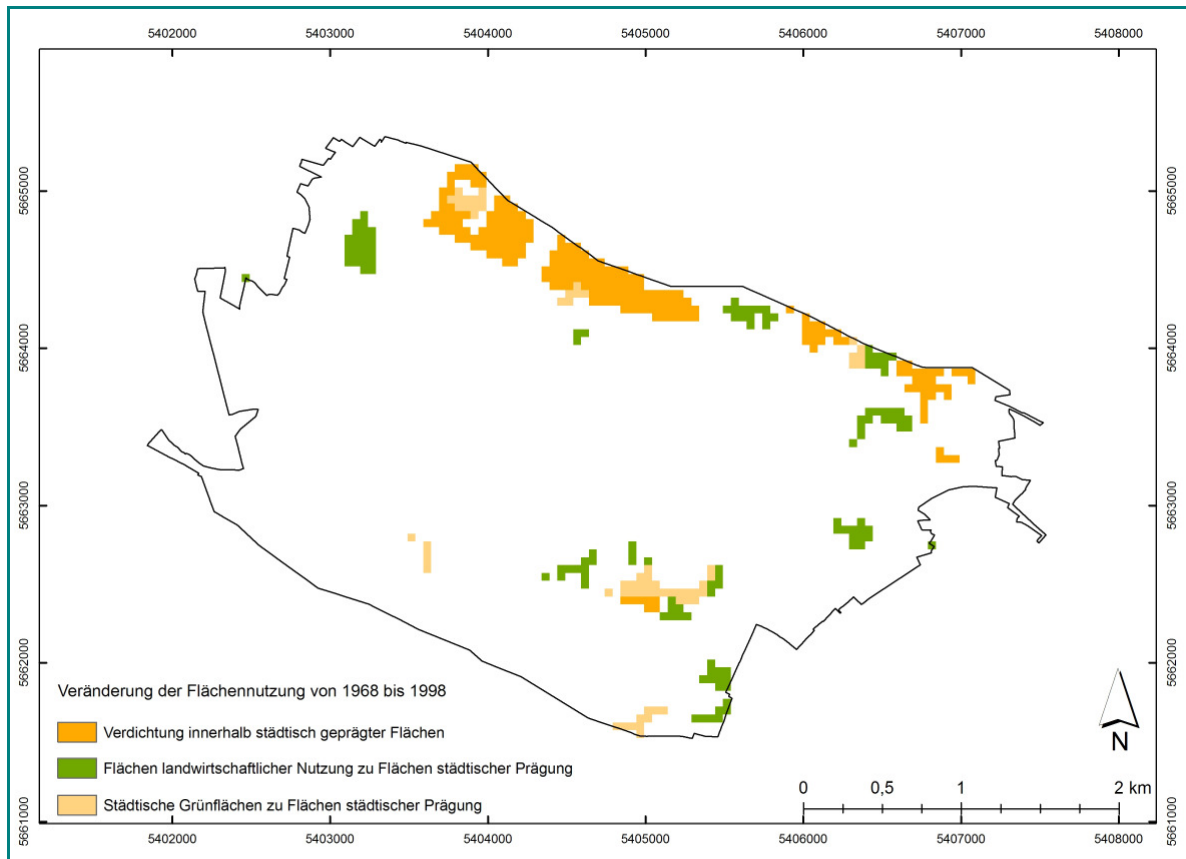
Die Abbildungen 11 und 12 zeigen die Anzahl der transformierten Zellen nach ihrer Transformationsart und ihrer räumlichen Lage im Untersuchungsgebiet



**Abbildung 11: Quantitative Analyse der Flächennutzungsänderungen im Untersuchungsgebiet zwischen 1968 und 1998**

Quelle: Eigene Darstellung

Die Darstellung basiert auf der Datengrundlage des Projektes Monitoring Urban Dynamics (MURBANDY) – CHANGE Dresden, beschrieben in MEINEL et al. (1999).



**Abbildung 12: Lokalisierung von Flächennutzungsänderungen im Untersuchungsgebiet zwischen 1968 und 1998**

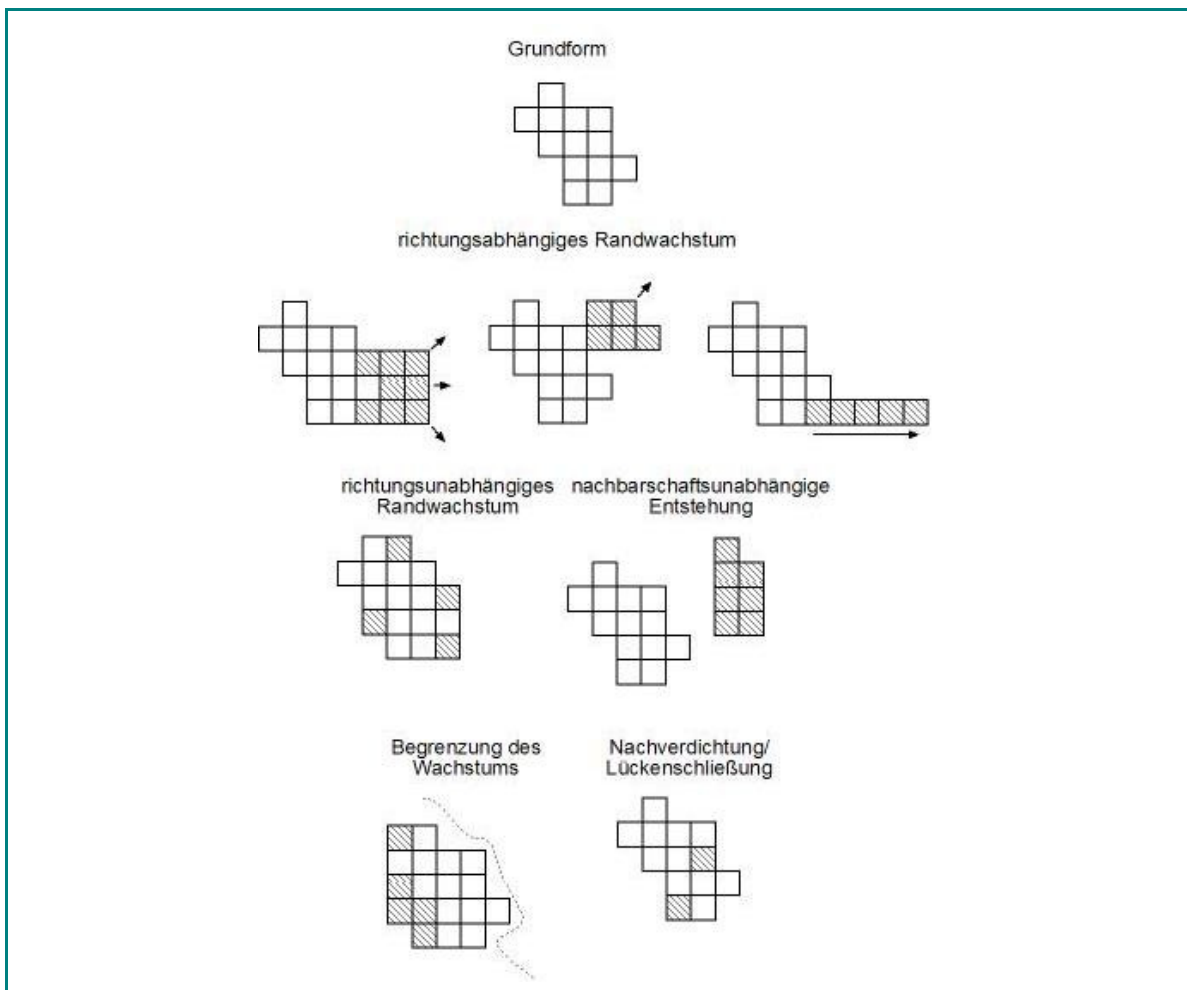
**Quelle: Eigene Darstellung**

**Die Darstellung basiert auf der Datengrundlage des Projektes Monitoring Urban Dynamics (MURBANDY) – CHANGE Dresden, beschrieben in MEINEL et al. (1999).**

#### 3.5.2 Erklärung des Systemverhaltens: Einflussfaktoren

##### Visuelle Analyse

Um nachzuvollziehen, wo und warum genau die farbig gekennzeichneten Gebiete in Abbildung 12 einer Transformation unterlagen, wird geprüft, welche Faktoren Einfluss auf das Wachstum oder auch auf die Neuentstehung von Wohngebieten haben können. Diese können ein Wohngebiet auf die in Abbildung 13 gezeigten Arten beeinflussen.



**Abbildung 13: Arten des Formenwandels eines Wohngebietes**

Quelle: Eigene Darstellung

In Tabelle 5 sind die Faktoren aufgeführt, die vermutlich einen Einfluss auf die Neuentstehung und das Wachstum von Wohngebieten haben. Zudem ist ihre Wirkung beim Formwandel eines Wohngebietes beschrieben.

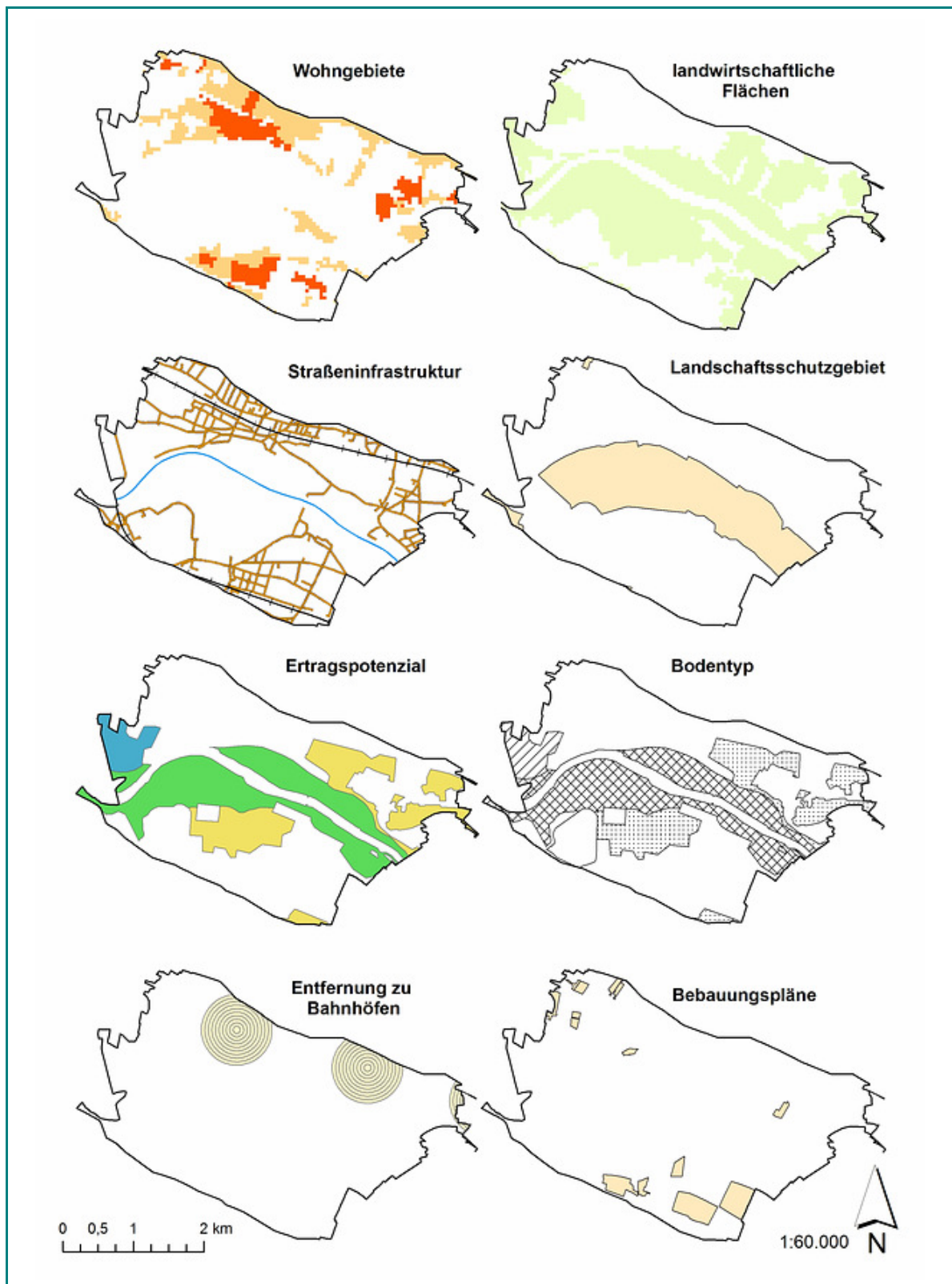
Faktor	Attribute	Auswirkung auf die Form
Verkehrs- infrastruktur	Straße	Richtungsabhängiges Randwachstum
	Bahnhöfe	Richtungsabhängiges Randwachstum
Flächennutzung im Referenzjahr	Siedlungsfläche mit unterschiedlichem Versiegelungsgrad	Richtungsabhängiges Randwachstum, Nachverdichtung

Faktor	Attribute	Auswirkung auf die Form
	landwirtschaftliche Fläche	Richtungsabhängiges Randwachstum
	Wald	Begrenzung des Wachstums
Bodentyp und –art	Nassgley, Gley, Vega	Begrenzung des Wachstums
Schutzgebiete	Landschaftsschutzgebiet	Begrenzung des Wachstums

**Tabelle 5: Einflussfaktoren auf die Entstehung und das Wachstum von Wohngebieten**

Quelle: Eigene Darstellung

Aus dem Vergleich der Ausprägung und der Lage von wachstumshemmenden und wachstumsfördernden Einflussfaktoren (vgl. Abbildung 14) und tatsächlich stattgefundenen Umwandlungen zwischen Flächennutzungsklassen (vgl. Abbildung 12) werden Hypothesen über die Entstehung und Veränderung von Wohngebieten und zum Wachstum von Siedlungsraum abgeleitet.



**Abbildung 14: Lage und Ausprägung der Einflussfaktoren auf die Entstehung und das Wachstum von Wohngebieten**

Quelle: Eigene Darstellung, Datengrundlagen: SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2001), MEINEL et al. (1999), LANDESVERMESSUNGSAMT SACHSEN (1993), SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2004b), STADT RADEBEUL (2007b), LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (2007a)

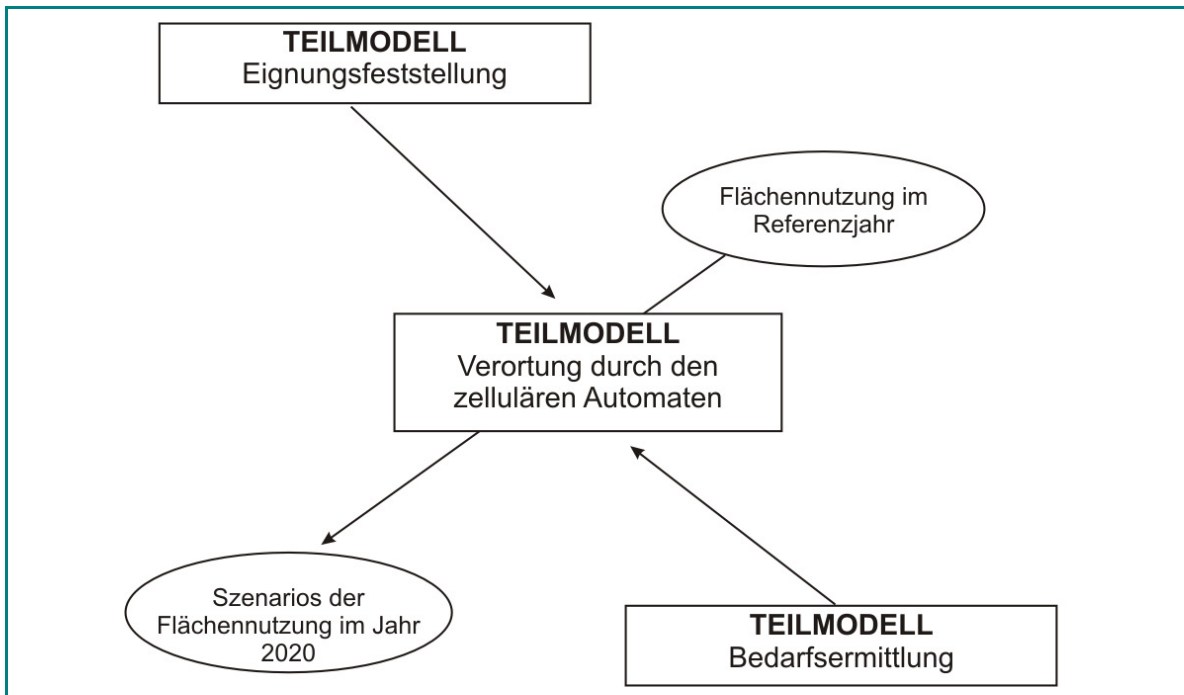
Hypothesen über die Wirkung verschiedener Faktoren auf die Entstehung von Wohngebäuden

1. Neue Wohngebäude entstehen auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen mit geringem Ertragspotential.
2. Neue Wohngebäude entstehen in der Nachbarschaft zu Straßen.
3. Neue Wohngebäude entstehen in Nachbarschaft zu schon bestehenden Wohngebieten.
4. Es werden keine Gebäude im Verbreitungsgebiet grundwasserbeeinflusster Böden gebaut.
5. Es entstehen keine Gebäude im Landschaftsschutzgebiet.
6. Neue Wohngebäude entstehen nicht in Waldgebieten.
7. Neue Wohngebäude entstehen im Umkreis von wichtigen infrastrukturellen Anlagen wie Bahnhöfen.
8. Neue Wohngebäude entstehen auch innerhalb schon bestehender Wohngebiete.
9. Neue Wohngebäude entstehen innerhalb von Flächen, die im Bebauungsplan ausgewiesen sind.

Beim Vergleich von Abbildung 12 mit Abbildung 14 fällt auf, dass viele, nach den aufgestellten Hypothesen, geeignete Flächen für eine Expansion von Wohngebieten existieren, jedoch nur auf einigen tatsächlich eine Veränderung zwischen 1968 und 1998 stattgefunden hat. Entweder reichen also die vermuteten Einflussfaktoren nicht aus, um die Umstände des Übergangs von einer Nutzungsklasse in eine andere zu erklären oder der Zufallsfaktor bei der Auswahl geeigneter zukünftiger Wohngebiete ist sehr hoch.

### 3.6 Beschreibung der Teilmodelle

LuSIM ist ein offenes Modell, das vom Nutzer je nach Fragestellung angepasst werden kann. In der vorliegenden Arbeit erfolgt die Simulation von Flächennutzungsänderungen in drei Teilmodellen (vgl. Abbildung 15).



**Abbildung 15: Die Teilmodelle des Simulationsmodells und die Integration des zellulären Automaten**

Quelle: Eigene Darstellung

Die Teilmodelle Eignungsfeststellung und Bedarfsermittlung sind Voraussetzung für die Verortung neuen Wohnbaulandes und für die Simulation zukünftiger Flächennutzungen. Die Verortung wird von dem zellulären Automaten LuSIM vorgenommen. Der Aufbau der anderen beiden Teilmodelle wird im Folgenden erläutert.

#### 3.6.1 Eignungsfeststellung

Ziel des Teilmodells ist die Ermittlung von als Wohnbauland geeigneten Flächen. Dazu werden die aufgestellten Hypothesen genutzt. Die vermutete Wirkung von Bebauungsplänen auf die Entstehung neuer Wohngebäude wird jedoch nicht weiter untersucht. Bebauungspläne sind zwar ein wichtiges Planungsinstrument bei der Entstehung neuer Wohngebiete und -gebäude. Im Bebauungsplan wird nach § 9 BauGB jedoch nicht zwingend und ausschließlich die Entstehung neuer

Wohngebäude ausgewiesen. Es kann beispielsweise auch der „besondere Nutzungszweck von Flächen“ (§ 9 Abs. 1 S. 9 BauGB) festgelegt werden. Die Aufstellung des Bebauungsplanes geht also nicht ausschließlich mit der Neubebauung von Flächen einher, in ihm können im Gegenteil auch „Flächen, die von der Bebauung freizuhalten sind, und ihre Nutzung“ (§ 9 Abs. 1 S. 10 BauGB) ausgewiesen sein. Weiterhin wird das Ertragspotential nicht weiter berücksichtigt, da keine flächendeckenden Daten für alle landwirtschaftlich genutzten Flächen vorliegen, so dass einzelne Gebiete als unverhältnismäßig gut oder schlecht geeignet ausgewiesen werden würden.

Die verbleibenden Hypothesen werden zur Aufstellung von Einzelbedingungen in zwei Regeln genutzt, welche jeweils einen Typ der Transformation zwischen Nutzungsklassen beschreiben:

1. Neue Wohngebäude entstehen auf ehemaliger landwirtschaftlicher Fläche  
→ EXPANSION durch Entwicklung im Außenbereich
2. Neue Wohngebäude entstehen im Siedlungsraum auf innerstädtischen Grünanlagen oder in bereits bestehenden Wohngebieten  
→ VERDICHUNG durch Entwicklung im Innenbereich

Für die Formulierung einer Regel kommen unterschiedliche Kombinationen der Einzelbedingungen in Frage. Jede plausible Kombination wird getestet. Für eine Kombination aus Einzelbedingungen ergibt sich eine Anzahl an geeigneten Zellen, die mit jeder zusätzlichen Bedingung abnimmt. Es wird geprüft, ob diese geeigneten Flächen zwischen 1968 und 1998 tatsächlich in ein Wohngebiet umgewandelt wurden um die Regeln mit den vermutlich höchsten Erklärungswahrscheinlichkeiten zu finden.

#### Regeln zur Verortung neuer Wohnflächen

Die Einzelbedingungen jeder Regel sind logisch durch eine UND-Verbindung verknüpft. Eine Regel ist so formuliert, dass ihre Bestätigung für eine Zelle von 50 m x 50 m die Eignung dieser Zelle für eine Wohnbebauung erhöht. In den Abbildungen 16 und 17 wird die Anzahl der Zellen gezeigt, die nach den vermuteten Regeln für eine Bebauung mit Wohngebäuden in Frage kommen. Dabei wird nach der Komplexität der Regelformulierung unterschieden. Im



Vergleich dazu ist die Anzahl der Zellen angegeben, die nach der Regel geeignet sind und auch tatsächlich eine Nutzungsänderung erfahren haben.

Regel 1: EXPANSION / Entwicklung im Außenbereich

Neue Wohngebiete entstehen bevorzugt:

- auf Ackerflächen,
- außerhalb eines Landschaftsschutzgebietes,
- außerhalb des Verbreitungsgebietes von durch Grundwasser beeinflussten Böden
- in der Nähe schon bestehender Wohngebiete,
- in der Nähe von Straßen,

Zunehmende Regelkomplexität ↓	Anzahl der für Wohnnutzung geeigneten Zellen	...davon tatsächlich umgewandelt	Anzahl der Einzelbedingungen
	2308	123	1
	1390	117	2
	644	115	3
	404	89	4
	178	52	5

**Abbildung 16: Vergleich der geeigneten Zellen und der tatsächlich umgewandelten Zellen nach Regel 1**

Quelle: Eigene Darstellung

Regel 2: VERDICHTUNG / Entwicklung im Innenbereich

Neue Wohngebiete entstehen bevorzugt:

- innerhalb bestehender Wohngebiete in denen noch Bebauung möglich ist oder auf innerstädtischen Grünflächen,
- in der Nähe von Straßen,

- in der Nähe von Bahnhöfen

Zunehmende Regelkomplexität ↓	Anzahl der für Wohnnutzung geeigneten Zellen	...davon tatsächlich umgewandelt	Anzahl der Einzelbedingungen
	1562	288	1
	1056	230	2
	275	99	3

**Abbildung 17: Vergleich der geeigneten Zellen und der tatsächlich umgewandelten Zellen nach Regel 2**

Quelle: Eigene Darstellung

### 3.6.2 Ermittlung des Bedarfs an Wohnbauland

Zur Berechnung des Bedarfs an Wohnbauland wird die Zahl der Wohnungsneubauten aus der Raumordnungsprognose 2020/2050 des BBR (2006) entnommen. Insbesondere der Neubau von Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern ist die treibende Kraft bei der Entwicklung der Siedlungsflächen (vgl. BBR 2007). Zwei Möglichkeiten der Umrechnung von Neubau in Nettowohnbauland werden vorgestellt.

#### Die Ermittlung des Nettowohnbaulandes nach IÖR (2007a)

Das Nettowohnbauland ergibt sich aus dem Neubau an Wohnungen je Gebäude. Die vorgeschlagenen Schritte und Annahmen zur Umrechnung am Beispiel der Einfamilienhäuser in Dresden sind die folgenden:

- (1) Berechnung der Wohnfläche aus den neu gebauten Wohnungen in Gebäuden

Kreisspezifische durchschnittliche Wohnfläche in neu gebauten Wohnungen (≈105 m<sup>2</sup>)

- (2) Umrechnung der Wohnflächen in Grundstücksflächen

Siedlungsstrukturspezifische Inanspruchnahme von Grundstücksflächen je m<sup>2</sup> Wohnfläche nach GATZWEILER (1993) (≈3,9 m<sup>2</sup>)

(3) Nettowohnbauland aus der Summe aller Grundstücksflächen

Das Verfahren ist gut anwendbar und berücksichtigt kreisspezifische und siedlungsstrukturspezifische Parameter. Die durchschnittliche Wohnfläche kann aus Daten der Statistischen Landesämter ermittelt werden. Abbildung 18 zeigt die Schritte zur Berechnung des Nettowohnbaulandes nach der Methode des IÖR (2007a).

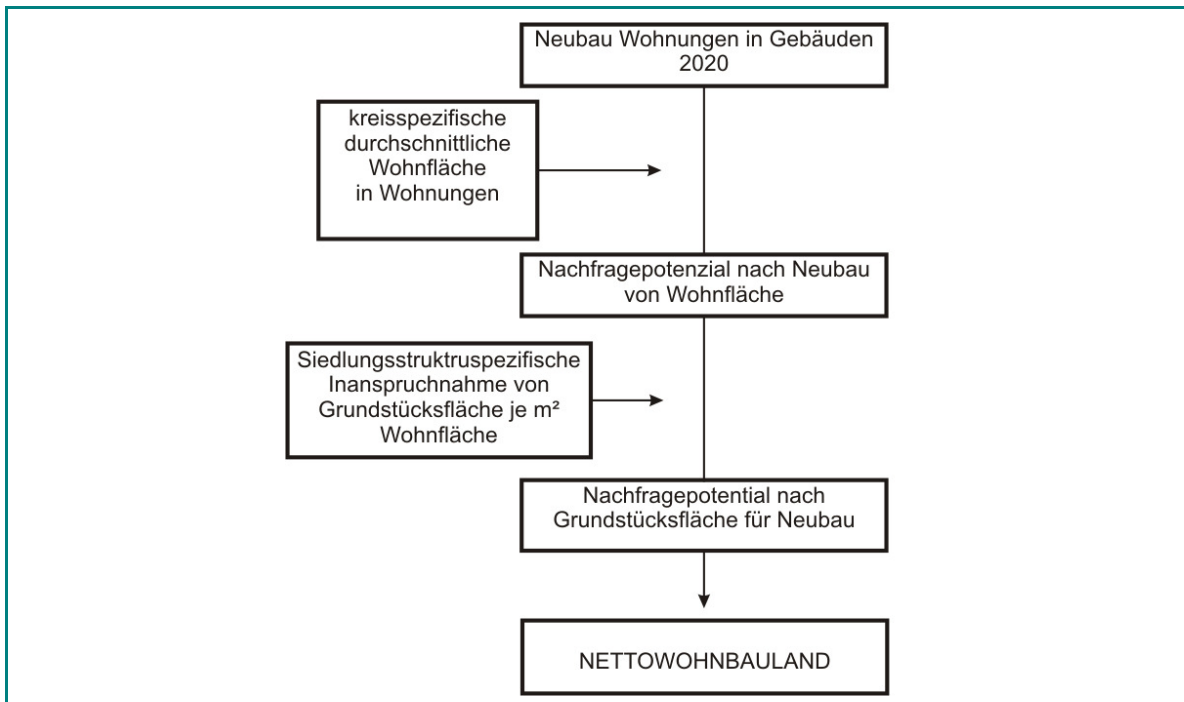


Abbildung 18: Konzept zur Schätzung des Nettowohnbaulandes nach IÖR (2007a)

Quelle: Eigene Darstellung, nach IÖR (2007a)

Die Ermittlung des Nettowohnbaulandes nach BBR (2007)

(1) Berechnung der Wohnfläche aus den neu gebauten Wohngebäuden

Annahme über die durchschnittliche Wohnfläche von Ein- und Zweifamilienhäusern (=130 m<sup>2</sup>)

(2) Umrechnung von Wohnfläche zu Bruttogeschossfläche (BGF)<sup>1</sup>

Annahme über die durchschnittliche Flächeneffizienz,

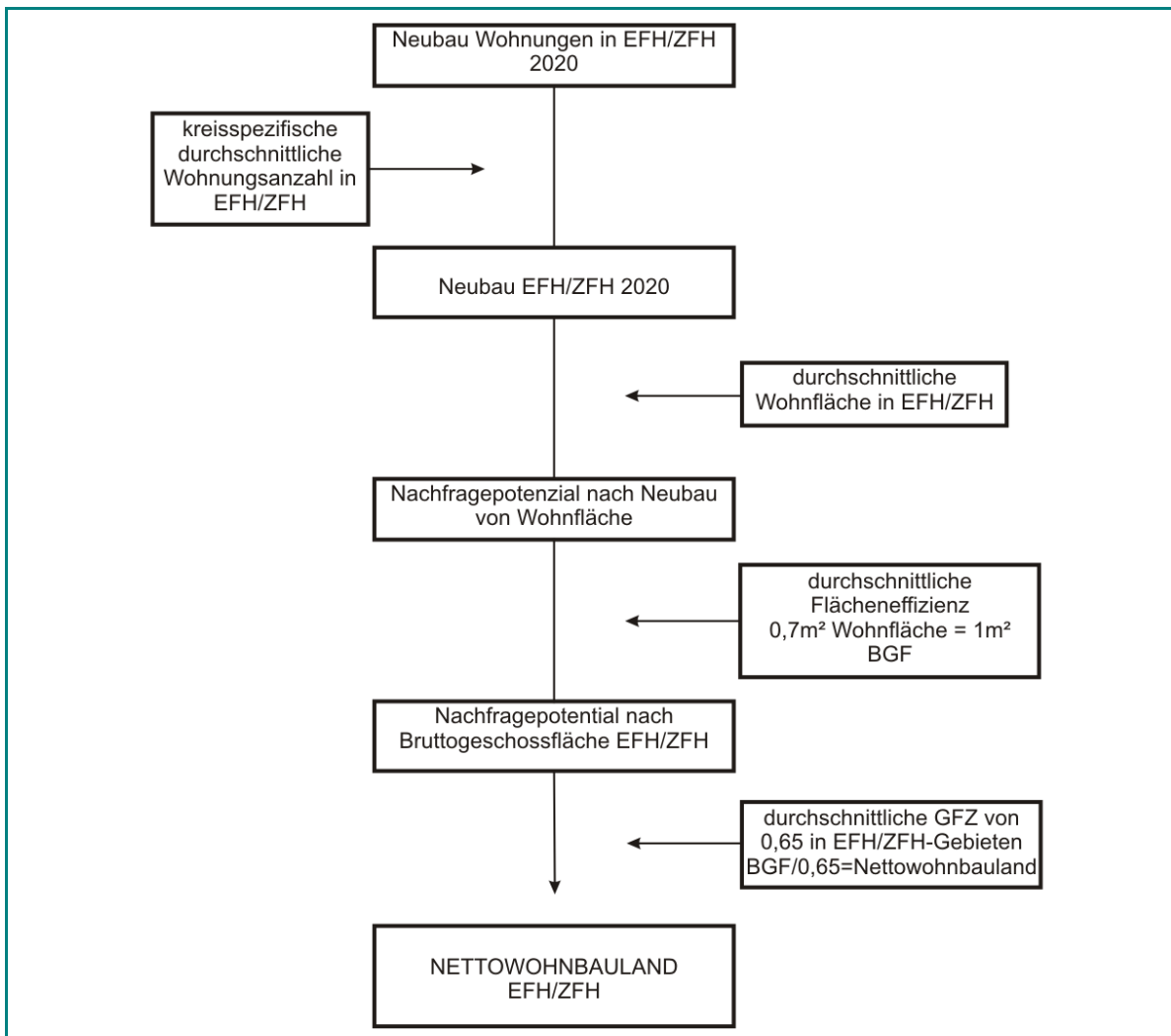
0,7 m<sup>2</sup> Wohnfläche ≈ 1 m<sup>2</sup> BGF

<sup>1</sup> = Fläche aller Geschosse. Balkone, bauliche Nebenanlagen und Garagen bleiben unberücksichtigt (vgl. WORMUTH & SCHNEIDER 2007)

(3) Umrechnung von Bruttogeschossfläche zu Nettowohnbauland

Annahme über die durchschnittliche Geschossflächenzahl (GFZ)<sup>2</sup> von 0,65 in Ein- und Zweifamilienhausgebieten

Abbildung 19 zeigt die Schritte zur Berechnung des Nettowohnbaulandes nach der vorgeschlagenen Methode des BBR (2007).



**Abbildung 19: Konzept zur Schätzung des Nettowohnbaulandes nach BBR (2007)**

Quelle: Eigene Darstellung, nach BBR (2007)

Das BBR (2007) geht bei der Schätzung des Nettowohnbaulandes davon aus, dass in den neuen Bundesländern beim Neubau von Wohnungen in Mehrfamilienhäusern ein stagnierender bis rückläufiger Trend zu erwarten ist.

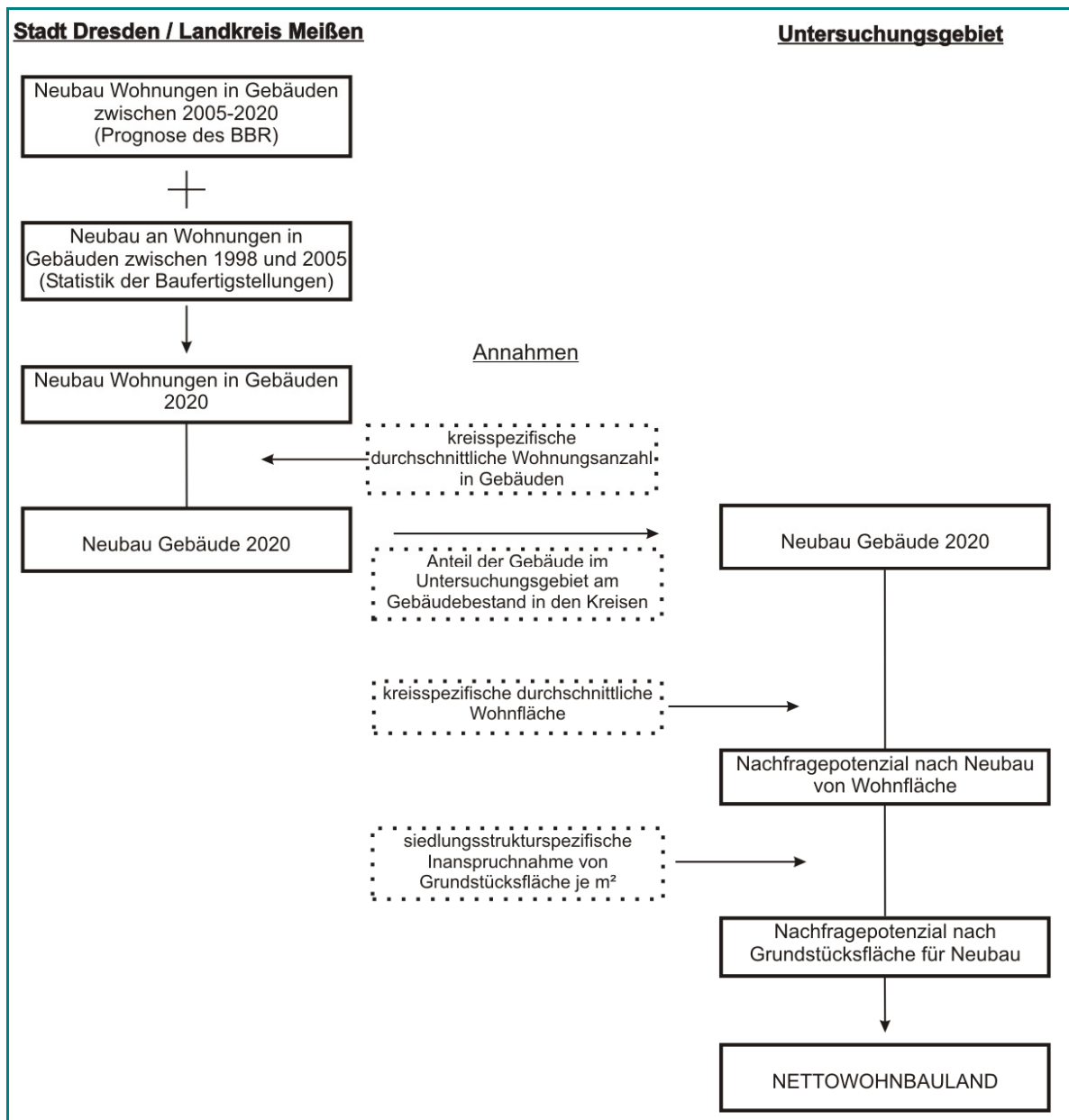
<sup>2</sup> = Verhältnis der Bruttogeschossfläche zur Grundstücksgröße (vgl. WORMUTH & SCHNEIDER 2007)

Demzufolge wird dieser Gebäudetyp in die Berechnung des Wohnbaulandes nicht einbezogen. Die Annahmen in allen drei Berechnungsschritten sind Orientierungswerte, die für die neuen Bundesländer gelten.

Ergebnis beider Methoden ist die zukünftige, neu entstehende Nettowohnbaulandfläche. Das Nettowohnbauland ist nach WORMUTH & SCHNEIDER (2000) die Summe aller Grundstücksflächen mit Wohngebäuden. Das BBR (2007) schlägt vor, diese Fläche über einen Zuschlag von 30 % in Bruttobauland umzurechnen. Dazu zählen nach WORMUTH & SCHNEIDER (2000) Baugrundstücke aller Art, sowie Verkehrs- und Grünflächen.

Für das Teilmodell Bedarfsermittlung wird der Ansatz des IÖR (2007a) genutzt. Dieser Ansatz betrachtet nicht ausschließlich die Entwicklung des Ein- und Zweifamilienhausbestandes, sondern auch die neu gebauten Wohnungen in Mehrfamilienhäuser und nutzt zudem kreisspezifische Daten.

Abbildung 20 zeigt die notwendigen Schritte und getroffenen Annahmen um aus den kreisbezogenen Prognoseergebnissen des BBR (2006) das Nettowohnbauland im Untersuchungsgebiet abzuschätzen.



**Abbildung 20: Konzept des Teilmodells „Bedarfsermittlung“**

Quelle: Eigene Darstellung

Die jährlichen Prognoseergebnisse des Neubaus von Wohnungen beziehen sich auf die beiden Gebäudetypen Ein- und Zweifamilienhäuser sowie Mehrfamilienhäuser im Landkreis Meißen und in der Kreisstadt Dresden zwischen 2005 und 2020. Auf der linken Seite in Abbildung 20 ist die Ermittlung des Neubaus von Gebäuden in den beiden Kreisen dargestellt. Aus dem durchschnittlichen Anteil des Gebäudebestandes im Untersuchungsgebiet 1998 an dem Gebäudebestand des gesamten Landkreises wird auf den Neubau von Gebäuden im Untersuchungsgebiet geschlossen. Ein Vergleich der Bautätigkeit in den Ortschaften und Ortsämtern Dresdens hat keine herausragende Stellung des

Untersuchungsgebietes ergeben. Weder die Dichte von Eigenheimen verschiedener Baualtersstufen noch der Neubau von Wohngebäuden zwischen 2000 und 2006 weichen von den restlichen Stadtteilen Dresdens besonders ab (vgl. LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2003 und LANDESHAUPTSTADT DRESDEN 2006a). Die rechte Seite zeigt die Integration des vorgestellten Ansatzes des IÖR (2007a) in das Teilmodell.

Die Bedarfsermittlung an Wohnbauland wird für drei Szenarios durchgeführt. Für jedes Szenario sind Annahmen über die Entwicklung einzelner Parameter zu treffen.

### 3.6.3 Entscheidungsmodell zur Verortung räumlicher Veränderungen der Siedlungsstruktur

Der zelluläre Automat LuSIM ermittelt nach den vorgegebenen Regeln alle Zellen mit der höchsten Eignung für eine zu simulierende Nutzungsklasse und vergleicht diese Anzahl mit der jeweils gewünschten Expansionsrate, welche durch das Teilmodell Bedarfsermittlung bereitgestellt wird. Die räumliche Verteilung der Zellen mit einer geänderten Nutzungsklasse geschieht dann im Teilmodell Verortung wie folgt:

1. Überschreitet die Zahl der geeigneten Zellen die Expansionsrate, wird die Nutzungsänderung innerhalb der als geeignet eingestuften Zellen über einen Zufallsgenerator ausgeführt.
2. Unterschreitet die Zahl der geeigneten Zellen die Expansionsrate, wird die Nutzungsänderung innerhalb der als geeignet eingestuften Zellen ausgeführt. Es entsteht ein Bedarfsdefizit.
3. Entspricht die Zahl der geeigneten Zellen der Expansionsrate, wird die Nutzungsänderung innerhalb der als geeignet eingestuften Zellen ausgeführt.

## 3.7 Zusammenfassung des Kapitels

Nach einer Einführung in die Modellstruktur und das Modellkonzept wurde das Verhalten des Landschaftssystems in Bezug auf historische Änderungen der Land- und Flächennutzung beschrieben. Aus dieser Analyse konnten Wirkungsbeziehungen zwischen verschiedenen Einflussfaktoren im

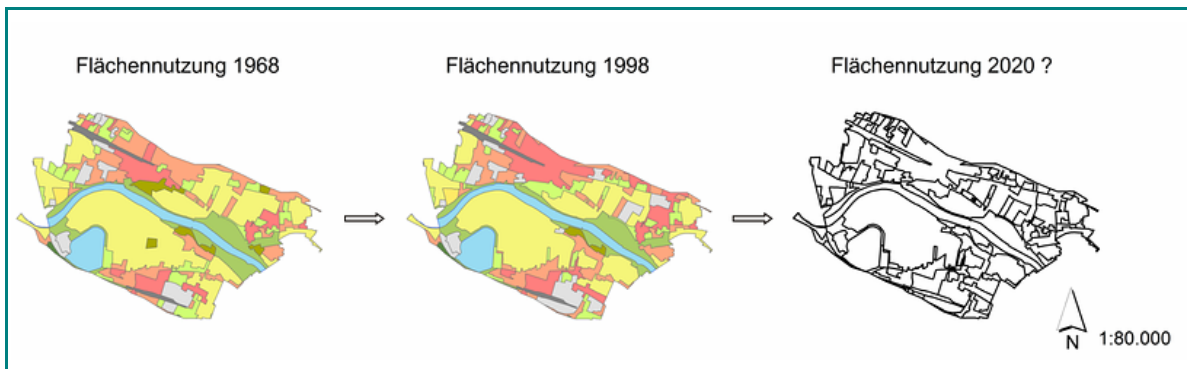
Landschaftssystem aufgedeckt und ihr Einfluss auf die Flächennutzung untersucht werden. Dazu wurden zunächst auf visuellen Analysen historischer Nutzungsänderung basierende Hypothesen über die Wirkung einiger Einflussfaktoren aufgestellt. Sie dienen der Bildung von Eignungsregeln für das Teilmodell Eignungsfeststellung, in welchem die Zahl der Zellen ermittelt wird, die aufgrund ihrer lokalen Eigenschaften und Nachbarschaftsbeziehungen als Siedlungsfläche geeignet sind. Jede Regel beschreibt ein beobachtetes Systemverhalten. Regel 1 beschreibt die Umwandlung von landwirtschaftlichen Flächen zu neuem Siedlungsgebiet und damit die Expansion des Siedlungsraumes durch Entwicklung im Außenbereich. Regel 2 erklärt die Entstehung von Wohngebäuden in bereits bestehenden Wohngebieten aus z.B. innerstädtischen Grünflächen und die Lückenschließung in Wohngebieten. Mit Regel 2 wird also die Verdichtung des Siedlungsraumes durch Entwicklung im Innenbereich dargestellt. Die Anzahl der nach diesen Regeln als Siedlungsfläche geeigneten Rasterzellen wird mit dem Bedarf an Wohnbauland verglichen. Die Verortung von neuen Siedlungszellen folgt demnach den Schritten:

1. Ermittlung der Lage und Anzahl an als Siedlungsraum geeigneten Zellen
2. Ermittlung des Bedarfs an neuer Siedlungsfläche je nach Szenario
3. Vergleich der Ergebnisse aus Schritt 1 und Schritt 2 und Verortung neuer Zellen mithilfe des zellulären Automaten LuSIM



## 4 Simulation des Systemverhaltens

In diesem Kapitel wird das vorhergehend aufgebaute und beschriebene Modell angewendet, um die Nutzungsänderungen in zwei Zeitschritten zu simulieren. Die Simulation des ersten Zeitschrittes zwischen 1968 und 1998 dient dem Vergleich von simulierter und realer Nutzungsänderung um einen Eindruck über die Qualität der Simulation zu erlangen. Im zweiten Zeitschritt zwischen 1998 und 2020 soll das Spektrum an denkbaren zukünftigen Veränderungen der Flächennutzung mittels drei Szenarios gezeigt werden.



**Abbildung 21: Die simulierten Zeitschritte im zeitlichen Verlauf**

Quelle: Eigene Darstellung, Legende wie in Abb. 24

Die Darstellung basiert auf der Datengrundlage des Projektes **Monitoring Urban Dynamics (MURBANDY) – CHANGE Dresden**, beschrieben in MEINEL et al. (1999).

Die qualitative und quantitative Auswertung der erfolgreichen Simulationen wird vorgestellt.

### 4.1 Historische Veränderung des Siedlungsraumes

Um einen Eindruck von der Qualität der Simulationsergebnisse zu erhalten, werden im Folgenden zunächst Änderungen der Flächennutzung beschrieben, um sie anschließend mit den simulierten Änderungen für den Zeitschritt von 1968 zu 1998 zu vergleichen.

## 4.1.1 Flächennutzungsänderungen zwischen 1968 und 1998

Im Untersuchungsgebiet werden die beiden Datensätze der Flächennutzung von 1968 und 1998 gegenübergestellt und verglichen, um quantitative Änderungen zu ermitteln (vgl. Tabelle 6)

Flächengröße in ha	1968	1998
Siedlungsraum	463,5	546,5
Städtisch geprägt	290,25	331,75
Industrie-, Gewerbe-, Verkehrsflächen	80,5	121,5
Grünflächen	371	93,25
Landwirtschaftliche Fläche	581	498
Ackerland	435,75	387
Obstanbau	30,5	9
Wiesen und Weiden	114,75	102
Wälder und naturnahe Flächen	9,5	9,5
Wasserflächen	106,25	106,25
<b>insgesamt</b>	<b>1160,25</b>	<b>1160,25</b>

**Tabelle 6: Entwicklung der Flächennutzung zwischen 1968 und 1998**

Quelle: Eigene Darstellung

Die Darstellung basiert auf der Datengrundlage des Projektes **Monitoring Urban Dynamics (MURBANDY) – CHANGE Dresden**, beschrieben in MEINEL et al. (1999).

Tabelle 6 zeigt die Entwicklung der Flächennutzung in den 30 Jahren zwischen 1968 und 1998.

Der Siedlungsraum hat sich in diesem Zeitraum fast um ein Fünftel vergrößert. Innerhalb des Siedlungsraumes haben sich vor allem die städtisch geprägten Flächen und die Flächen für Industrie, Gewerbe und Verkehr vergrößert, während die Größe der innerstädtischen Grünflächen abgenommen hat. Diese städtisch geprägten Flächen nehmen auch den größten Anteil am Siedlungsraum in den beiden Bezugsjahren ein. Es sind bebaute Flächen, in denen Gebäude, Hauptverkehrsstraßen und Flächen mit künstlicher Bodenbedeckung vorherrschen (vgl. UMWELTBUNDESAMT ÖSTERREICH 2007). Daneben treten auch Grünflächen und offene Flächen von bedeutsamer Größe auf. Der Versiegelungsgrad liegt in solchen Arealen bei 10 % bis 80 %.

Außerhalb des Siedlungsraumes hat sich die Flächennutzung nur auf landwirtschaftlich genutzten Flächen verändert. Ackerland, Flächen für Obst- und

Beerenobstanbau sowie Wiesen und Weiden haben sich verkleinert, während Wälder und naturnahe Flächen sowie Wasserflächen in ihrer Ausdehnung unverändert blieben.

Die Vergrößerung des Siedlungsraumes ergibt sich aus Erschließung von Flächen im Außen- und Innenbereich zu unterschiedlichen Anteilen (vgl. Tabelle 7).

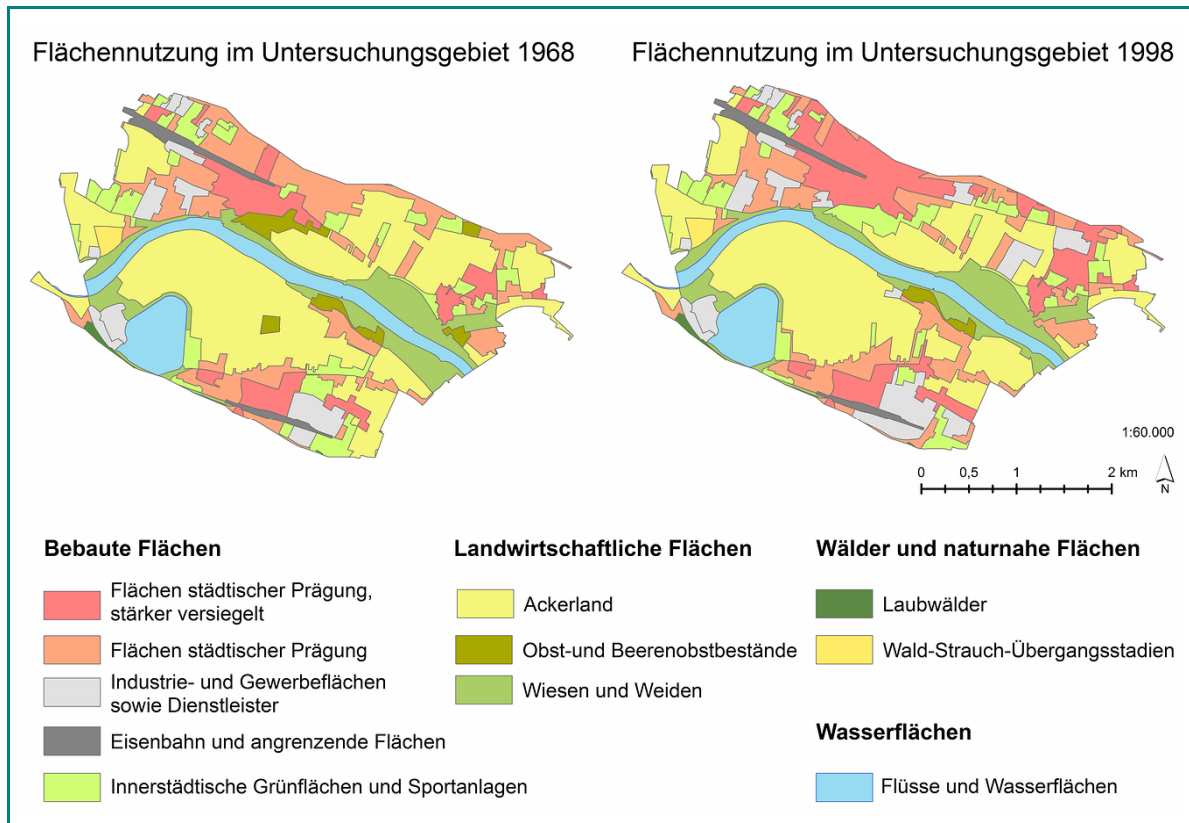
Art der Siedlungsentwicklung	1968 → 1998
Verdichtung durch Innenentwicklung auf...	72 ha
Expansion durch Außenentwicklung auf...	31 ha

**Tabelle 7: Anteil der Innen- und Außenentwicklung an der gesamten Siedlungsentwicklung**

Quelle: Eigene Darstellung

Die Darstellung basiert auf der Datengrundlage des Projektes Monitoring Urban Dynamics (MURBANDY) – CHANGE Dresden, beschrieben in MEINEL et al. (1999).

Im Außenbereich erfolgte die Expansion des Siedlungsraumes auf Kosten der landwirtschaftlich genutzten Flächen und ist sowohl in Radebeul-West und Radebeul-Ost, als auch in Gohlis auf der linkselbischen Seite zu beobachten (vgl. Abbildung 22).



**Abbildung 22: Entwicklung der Flächennutzung im Untersuchungsgebiet zwischen 1968 und 1998**

Quelle: Eigene Darstellung

Die Darstellung basiert auf der Datengrundlage des Projektes Monitoring Urban Dynamics (MURBANDY) – CHANGE Dresden, beschrieben in MEINEL et al. (1999).

Neben der Expansion der Siedlungsfläche zeigt sich auch die Verdichtung des Siedlungsraumes. Die Verdichtung der bebauten, städtisch geprägten Flächen ist besonders auffällig in Radebeul-West. Dort hat sich durch Lückenschließung eine Erhöhung des Versiegelungsgrades ergeben (mdl. Mitteilung von Frau Flämig vom Stadtplanungsamt Radebeul). Auch in Radebeul-Ost haben einzelne Nutzungsänderungen zu einer Verdichtung geführt. In Gohlis hat sich vor allem die Verteilung innerstädtischer Grünflächen verändert, eine Verdichtung kann hier nicht beobachtet werden (vgl. Abbildung 22).

#### 4.1.2 Vergleich mit den Simulationsergebnissen

Die Simulation der Flächennutzungsänderung bis zum Jahr 1998 mithilfe des aufgebauten Modells kann einen ersten Eindruck über die Leistungsfähigkeit des Modells vermitteln. Da für diesen Zeitraum der Bedarf an Wohnbauland nicht ermittelt werden kann, wird nur die vom Modell festgestellte Eignung jeder

Rasterzelle mit der tatsächlichen Umwandlung von Zellen in Wohngebiete verglichen.

Es werden für die Simulation die in Abschnitt 3.6.1 (S. 41) beschriebenen Regeln angewandt. Jede Regel beschreibt unterschiedliche Phänomene der Transformation in Wohnfläche. Regel 1 erklärt die Transformation von landwirtschaftlichen Flächen zu Wohngebieten im Außenbereich, während Regel 2 die Nutzungsänderung innerhalb des Siedlungsraumes, also die Innenentwicklung beschreibt. Nach Regel 1 erfüllen 178 Zellen von insgesamt 4 641 Zellen im Untersuchungsgebiet alle 5 Einzelbedingungen und 30 % von ihnen haben sich tatsächlich von einer ehemals landwirtschaftlichen Fläche in ein Wohngebiet umgewandelt. Das bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit für eine korrekte Simulation der Zellen bei Anwendung der Regel 1 bei  $p = 0,30$  liegt ( $0 < p < 1$ ). Bei Kombination beider Regeln ergibt sich eine Trefferwahrscheinlichkeit von  $p = 0,37$ . Um die Qualität der Simulation zu bewerten, ist jedoch nach Meinung von PONTIUS (2000) als auch MONSERUD & LEEMANS (1992) eine weitergehende Überlegung notwendig. Sie weisen darauf hin, dass bei dem Vergleich von Simulationsergebnissen mit Referenzwerten die Zahl der Zufallstreffer Berücksichtigung finden sollte.

Dabei kann mit einem statistischen Index, dem Kappa-Index gearbeitet werden. Dazu werden die vorliegenden Daten in eine Datentabelle der Form aus Abbildung 23 übertragen.

(1) **Darstellung der Ergebnisse in einer Datentabelle**

real \ simuliert	Kategorie 1	Kategorie 2	Gesamt
Kategorie 1	$F_{11}$	$F_{12}$	$F_{1.}$
Kategorie 2	$F_{21}$	$F_{22}$	$F_{2.}$
Gesamt	$F_{.1}$	$F_{.2}$	$N$

$$N = F_{1.} + F_{2.} = F_{.1} + F_{.2}$$

(2) **Ermittlung der Übereinstimmungen**

$$F_{ii} = \sum_{i=1}^K F_{ii}$$

(3) **Ermittlung der voraussichtlich zufälligen Übereinstimmung**

$$F_z = \sum F_i \cdot F_i$$

(4) **Berechnung des Kappa-Index**

$$k = \frac{F_{\ddot{u}} - F_z}{N - F_z}$$

**Abbildung 23: Schritte zur Berechnung des Kappa-Index**

Quelle: Eigene Darstellung, nach MONSERUD (1992)

Damit dient er als Index der Übereinstimmung. Er liegt zwischen 0 und 1, wobei ein höherer Wert für einen höheren Grad an Übereinstimmung steht. Der Kappa-Index für die Übereinstimmung zwischen simulierten und realen Umwandlungen von Flächen in Wohngebieten beträgt 0,28. Tabelle 8 zeigt die Anzahl der richtig und falsch simulierten Zellen. „Falsch“ kann in diesem Fall zweierlei bedeuten:

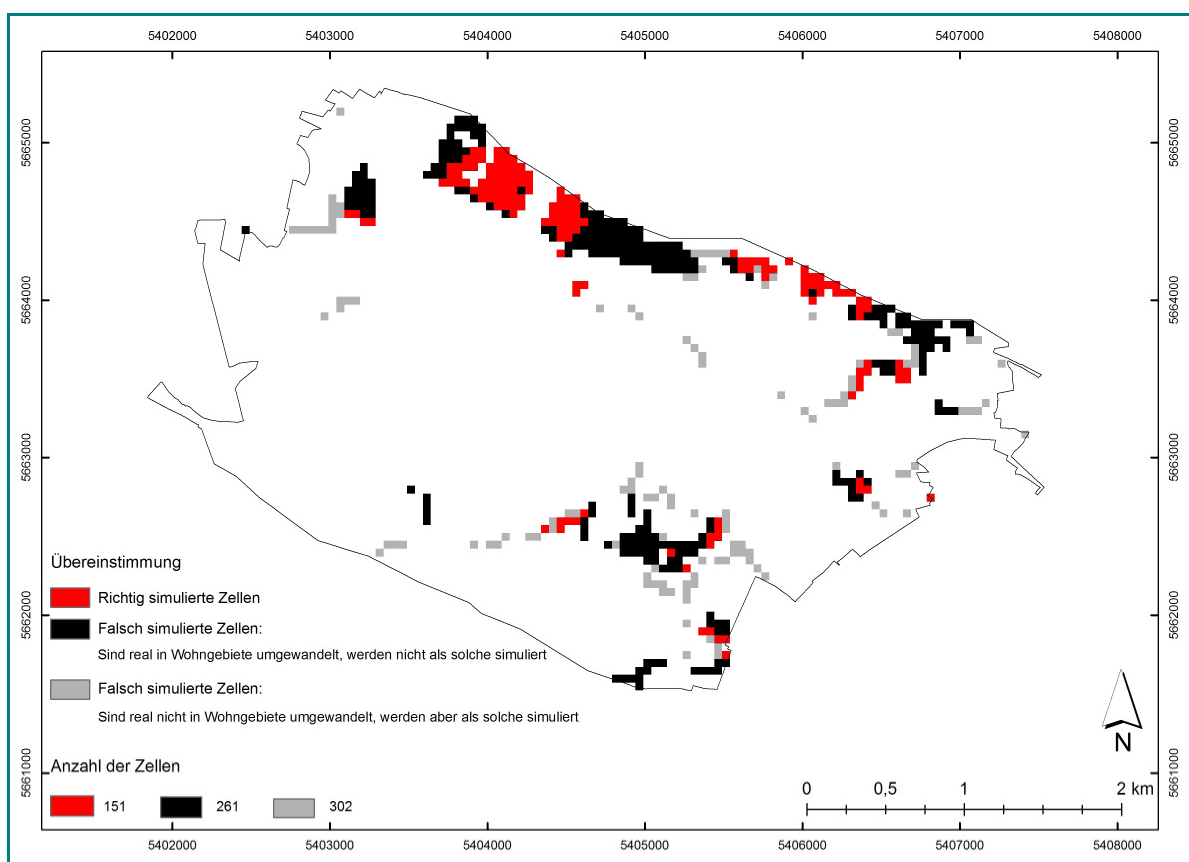
- Real in Wohngebiete umgewandelte Zellen werden nicht als solche simuliert.  
Ist der Anteil dieser Zellen hoch, lässt dies auf eine geringe Qualität der Regeln schließen, da sie stattgefundenen Änderungen nicht erklären konnten
- Zellen, die real keine Wohngebiete sind, werden als solche simuliert.  
Ist der Anteil dieser Zellen hoch, lässt dies auf eine hohe Zufallsquote schließen. Ist die Regel sehr offen formuliert kommen viele Zellen als neue Wohngebiete in Frage und einige von ihnen stimmen dann tatsächlich mit den realen Wohngebieten 1998 überein.

	Real	Simuliert	Richtig simulierte Zellen	Keine Umwandlung- aber simuliert	Umwandlung - aber nicht simuliert
	R	S	Zr	S-Zr	R-Zr
In Wohngebiet umgewandelt	412	453	151	302	261
...davon im Innenbereich	288	275	99	176	189
...davon im Außenbereich	124	178	52	126	72

**Tabelle 8: Vergleich historischer Flächennutzungsänderungen mit den Simulationsergebnissen**

Quelle: Eigene Darstellung

Von 453 nach beiden Regeln im Innen- und Außenbereich für eine Wohnbebauung geeigneten Rasterzellen wurden 151 tatsächlich bis 1998 in ein Wohngebiet umgewandelt. Die restlichen 302 Zellen sind real nicht umgewandelt worden und 261 Zellen, die umgewandelt wurden, konnten durch die Regeln nicht erfasst werden. Das Modell unterschätzt die Verdichtung im Innenbereich gering und überschätzt die Expansion des Siedlungsraumes im Außenbereich stärker. Der Anteil richtig simulierter Zellen ist jedoch im Außenbereich größer. Abbildung 24 zeigt wie sich richtig und falsch simulierte Zellen im Untersuchungsgebiet verteilen.



**Abbildung 24: Qualität der Simulationsergebnisse**

Quelle: Eigene Darstellung

Die 261 Zellen, deren Verteilung durch die Anwendung der beiden Regeln nicht erklärt werden konnten, befinden sich zu einem großen Teil im Innenbereich der Stadt Radebeul. Dort wird zwar eine Umwandlung zu Wohngebieten simuliert, jedoch wird sie quantitativ und in ihrem räumlichen Ausmaß unterschätzt.

## 4.2 Veränderung des Siedlungsraumes bis 2020

### 4.2.1 Beschreibung der Szenarios

#### Anwendung der Szenariotechnik

Szenarios beschreiben jeweils eine mögliche Zukunft und folgen dabei den dazugehörigen *Storylines* (vgl. Anhang I). Diese *Storylines* beschreiben die langfristige Zukunft und deren mögliche wirtschaftliche, gesellschaftliche und demographische Rahmenbedingungen bis 2050 und später. Im Rahmen des VERIS-Elbe Projektes entstanden vier solche *Storylines*. Ziel ist es, zwei auszuwählen und aus ihnen zwei Szenarios der Flächennutzung zu entwickeln und um ein drittes Trendszenario zu ergänzen. Die beiden Szenarios A und B der Flächennutzung stellen zwei sehr polarisierte Zukünfte dar.

Für den Zeitraum bis 2020 werden beiden Szenarios die gleichen demographischen und wirtschaftlichen Entwicklungen zu Grunde gelegt. Als Orientierung für den Bedarf an Wohnfläche der durch diese Entwicklungen mitbestimmt wird, dienen in allen Szenarios die Prognoseergebnisse der vorgestellten Raumordnungsprognose 2020/2050 des BBR. Doch der Umgang mit Flächen und die räumliche Ausbreitung von Wohngebieten sowie die Intensität der Zersiedelung, die wesentliche Einflussfaktoren für die Verortung neuer Wohngebiete darstellen, unterscheiden sich.

Im Szenario A wird flächenextensiv gebaut. Diese Tendenz ist durch individuelle Wohnformen und hohe Freiraumansprüche des Einzelnen gekennzeichnet. Die Zersiedelung der Landschaft durch die Ausbreitung von Siedlungsraum und insbesondere Schaffung neuer Wohngebiete im Außenbereich schreitet stark voran. Die Bebauung in Landschafts- und Hochwasserschutzgebieten sowie auf grundwasserbeeinflussten Böden ist aufgrund neuer Technologien des Gebäudebaus möglich und steht keinerlei umweltrelevanten Bedenken gegenüber.

Im Szenario B, das auf eine nachhaltig orientierte Elblandschaft zielt, steht die Lösung von wirtschaftlichen, sozialen und umweltorientierten Nachhaltigkeitsfragen im Mittelpunkt. Die Verteilungsgerechtigkeit zwischen den Bedürfnissen der heutigen und zukünftigen Generation sowie zwischen menschlichen Bedürfnissen und der Leistungsfähigkeit der Natur stehen im



Mittelpunkt dieser Zukunftsvorstellung (vgl. LITTIG & GRIEBLER 2004). Damit einher geht eine flächensparende Bauweise und das Leitbild „Innenverdichtung vor Außenentwicklung“. Landschafts- und Hochwasserschutzgebiete sind von der Bebauung mit Gebäuden komplett ausgenommen, ebenso wie Bereiche im Verbreitungsgebiet von grundwasserbeeinflussten Böden, da diese über ein hohes Biotopentwicklungspotential verfügen (vgl. MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN 2007).

Im Trendszenario werden vergangene Entwicklungen der Zahl an Wohnungen je Gebäude und der Wohnfläche je Wohnung mit Hilfe von Trendextrapolationen fortgeschrieben. Es gibt keine bestimmte Präferenz bei der Erschließung neuen Wohnraumes, lediglich das Landschaftsschutzgebiet und der Bereich grundwasserbeeinflusster Böden ist von der Bebauung ausgeschlossen.

Die beiden Szenarios A und B stellen dabei zwei Extremfälle möglicher Entwicklungen dar. Die Flächennutzungsmuster 2020 der Simulationen nach diesen drei Szenarios verstehen sich als Resultate einer „wenn...dann...“-Logik. Sie sind keine Vorhersagen eines zukünftigen Zustandes, sondern stehen für ein mögliches Bild innerhalb einer Vielzahl denkbarer Zukünften (vgl. Abbildung 25).

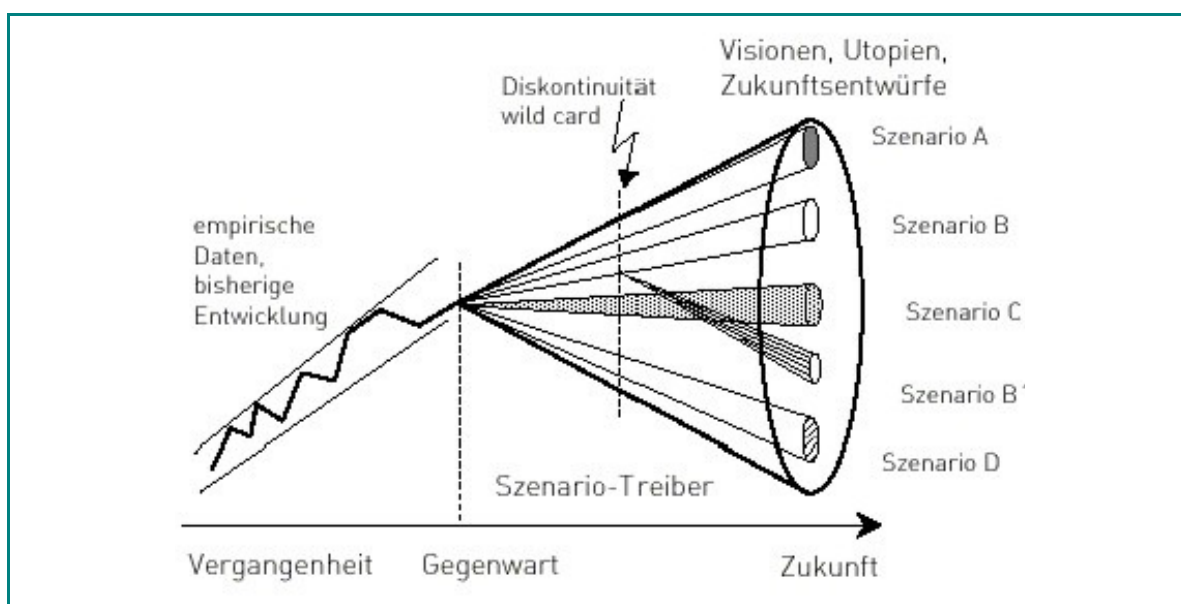


Abbildung 25: Der Szenariotrichter als Darstellungsform möglicher Zukünfte

Quelle: GRAF & KLEIN (2003: 79)

Der Szenariotrichter ist in der Gegenwart am engsten und öffnet sich zur Zukunft hin. Je weiter man sich von der heutigen Situation entfernt und einer zukünftigen nähert, desto mehr wächst die Unsicherheit und die Anzahl möglicher Zustände der Zukunft steigt. Der Trichter veranschaulicht den „denkbaren Raum plausibler Zukünfte, der mit Szenarien abgebildet werden kann“ (GRAF & KLEIN 2003: 80). Die Zukunftssicht ist jedoch häufig aus einer spezifischen Sicht vergangener Entwicklungen und aufgrund aktueller Situationen der Gegenwart eingeeengt. Deshalb entwickeln sich alle fünf dargestellten Szenarios aus historischen Trends. Äußere Einflüsse, denen zwar eine äußerst geringe Plausibilität zugemessen wird, verstärken Unsicherheiten und können die Richtungsänderung eines Szenarios bewirken (vgl. GRAF & KLEIN 2003).

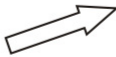



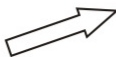

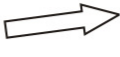


#### „Stellschrauben“ der Szenarios

Als wesentliche „Stellschrauben“ der Szenarios wirken die Wohnfläche je Wohnung, die Anzahl der Wohnungen je Gebäude, der Anteil von Neubauten, welcher durch Innenentwicklungs- oder Außenentwicklungsmaßnahmen gedeckt wird sowie mögliche Ausschlussgebiete für die Schaffung neuen Wohnraums.

Eine Entwicklung im Innenbereich umfasst die Entstehung neuer Wohngebäude durch Bebauung von Baulücken zwischen bestehenden Wohngebäuden, die bauliche Um- und Wiedernutzung von brachgefallenen Flächen und innerstädtischen Grünflächen. REBELE (2003) betont den verdichtenden, flächensparenden und kompakten Charakter der Innenentwicklung. Die Umnutzung von landwirtschaftlichen Flächen zu Wohnbauland außerhalb des gesamten Siedlungsraumes wird als bauliche Entwicklung im Außenbereich bezeichnet und trägt zur räumlichen Ausbreitung des Siedlungs- und Wohnbereiches sowie zur Zersiedelung der Landschaft bei. In den Szenarios getroffene Annahmen über das Verhältnis von Innen- zu Außenentwicklung berücksichtigen das tatsächliche Innenentwicklungspotential nicht. Es kann durch die Kartierung der Anzahl an Brach- und Konversionsflächen, mindergenutzten Gebäuden, Baulücken und Arrondierungsflächen sowie die Ermittlung des Potentials „in zweiter Reihe“ zu bauen, Gebäude aufzustocken oder das Dachgeschoß auszubauen sowie Gebäudeteile anzubauen, abgeschätzt werden (vgl. MÜLLER-BARNA 2000). Im Untersuchungsgebiet sind diese Daten jedoch nicht

verfügbar, so dass nur der Bedarf an Nettowohnbauland und dessen gewünschte räumliche Verteilung in den Szenarios gesteuert wird.

Abbildung 26 zeigt die Ausprägung und Veränderung der „Stellschrauben“ in den drei Szenarios.

	Trendszenario	Szenario A	Szenario B
Ausschlussgebiete für die Schaffung neuen Wohnraums	Landschaftsschutzgebiet, auf grundwasserbeeinflussten Böden	keine	Landschaftsschutzgebiet, Hochwasserschutzgebiet, auf grundwasserbeeinflussten Böden
Präferenz bei der Erschließung neuen Wohnraums	Orientierung an bisheriger Entwicklung, Anteil Innenentwicklung am Neubau 70%	Außenentwicklung vor Innenentwicklung, Anteil Innenentwicklung am Neubau 40%	Entwicklung im Innenbereich bevorzugt, Anteil Innenentwicklung am Neubau 75%
Wohnfläche je Wohnung	lineare Zunahme 	Zunahme um 40% bis 2020 	Zunahme um 20% bis 2020 
Wohnungen je Gebäude	lineare Abnahme in EFH/ZFH  lineare Zunahme in MFH 	starke Abnahme bis 2020  leichte Zunahme bis 2020 	leichte Abnahme bis 2020  starke Zunahme bis 2020 

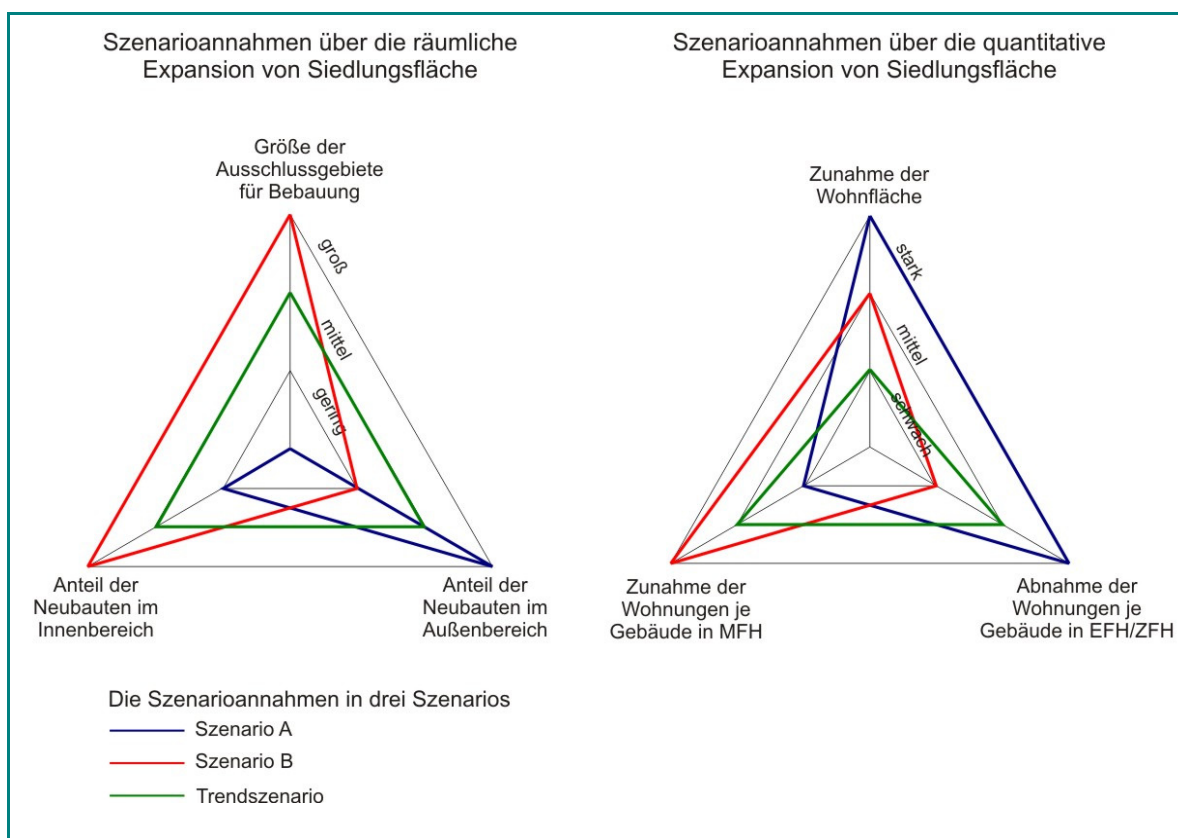
**Abbildung 26: Übersicht über die Szenarioannahmen**

Quelle: Eigene Darstellung, nach: HERZ (2002), BUCHERT et al (2004), STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN (2006)

Die Szenarioannahmen der Szenarios A und B sind eigene Annahmen, orientieren sich jedoch im Fall des Anteils der Innenentwicklung am Neubau und der Wohnfläche je Wohnung auch an Annahmen anderer Veröffentlichungen.

Die Veränderung der Modellparameter nach den Szenarioannahmen findet in den Teilmodellen Eignungsfeststellung und Bedarfsermittlung statt. Die ersten beiden Annahmen aus Abbildung 26 beziehen sich auf die räumliche Expansion der Siedlungsfläche und ihre Grenzen. Es ändern sich Parameter im Teilmodell Eignungsfeststellung. Die letzten beiden Szenarioannahmen führen zu Änderungen der Parameter im Teilmodell Bedarfsermittlung und damit zur

quantitativen Veränderung der Siedlungsfläche. Die allgemeinen Tendenzen der Szenarioannahmen getrennt nach ihrer Aussage für die räumliche oder quantitative Expansion der Siedlungsfläche in den drei Szenarios zeigt Abbildung 27.



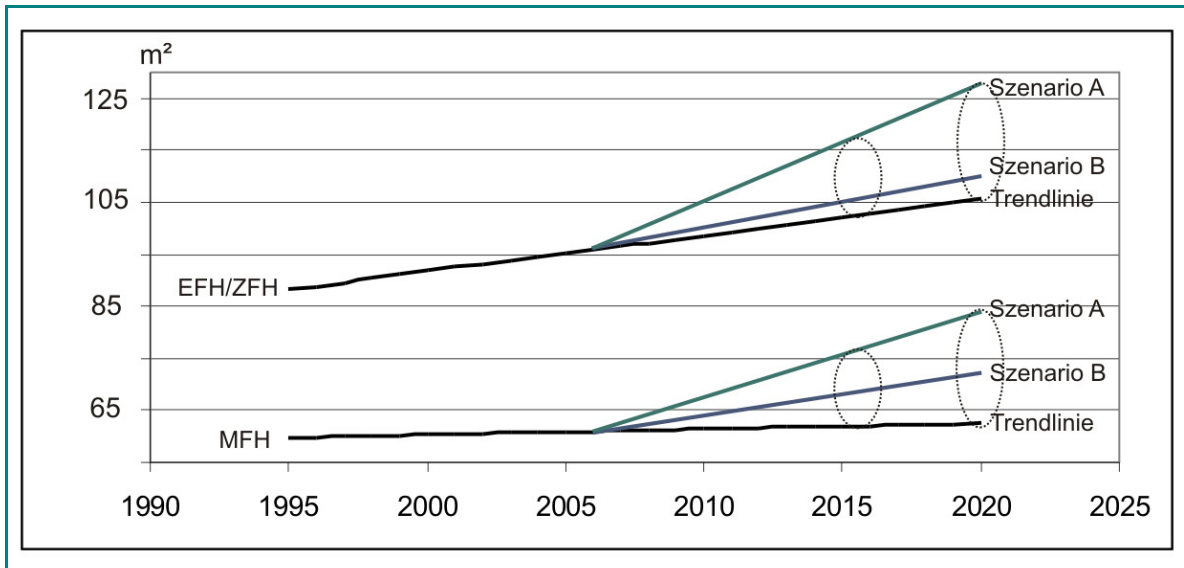
**Abbildung 27: Die Szenarioannahmen im Netzdiagramm**

Quelle: Eigene Darstellung

Die Darstellung der Szenarioannahmen im Netzdiagramm dient dem Vergleich der drei Szenarios und ihrer wesentlichen Charakteristik. In Szenario A liegt der Fokus vor allem auf einem großen Anteil der Neubauten im Außenbereich, einer starken Zunahme der Wohnfläche und einer starken Abnahme der durchschnittlichen Wohnungszahl in Ein- und Zweifamilienhäusern. Diese Annahmen charakterisieren die insgesamt flächenextensive Bauweise und den hohen Grad an individuellen Wohnraumsprüchen. In Szenario B sind große Flächen von der Bebauung ausgeschlossen und gleichzeitig entsteht ein hoher Anteil der Neubauten im Innenbereich.

Die Wohnfläche je Wohnung steigt in allen drei Szenarios an, jedoch unterscheidet sich die Intensität der Zunahme (vgl. Abbildung 28). Während in

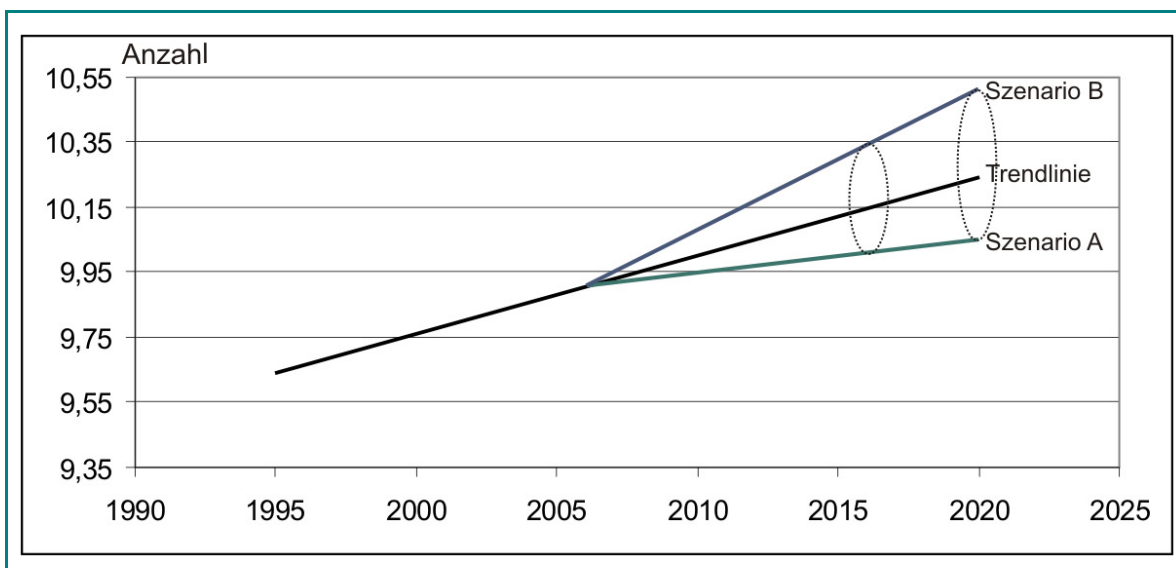
Szenario A flächenextensiv gebaut wird und die Wohnflächenanspruchnahme um 40 % zwischen 1998 und 2020 steigt, erfolgt die Zunahme der Wohnfläche in Szenario B mäßiger (vgl. HERZ 2002). Von einer Abnahme der Wohnfläche wird nicht ausgegangen.



**Abbildung 28: Die Veränderung der Wohnfläche je Wohnung im Szenariotrichter bis 2020**

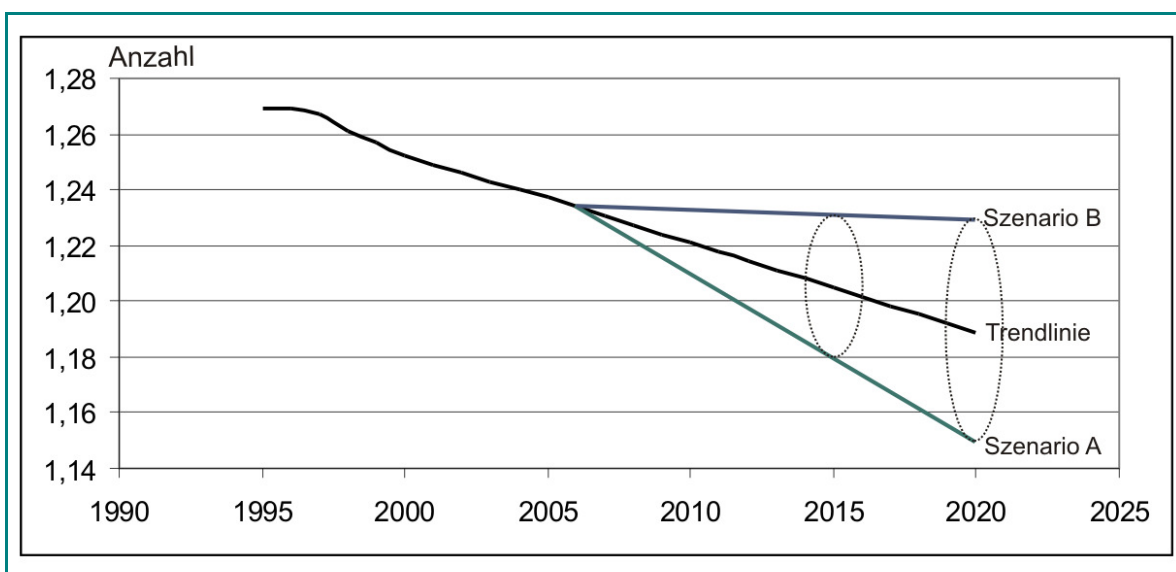
Quelle: Eigene Darstellung

Die Anzahl an Wohnungen in einem Wohngebäude orientiert sich in den beiden Alternativszenarios an der Trendentwicklung (vgl. Abbildung 29 und Abbildung 30). Wenn die bisherige Entwicklung der Wohnungen je Gebäude fortschreitet, ergeben sich einerseits eine Abnahme der Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern und andererseits eine Zunahme der Wohnungen in Mehrfamilienhäusern. In den beiden Alternativszenarios A und B wird davon ausgegangen, dass dieser Trend bis 2020 jeweils erhalten bleibt, allerdings abgeschwächt oder verstärkt wird. In Szenario B ergibt sich für beide Gebäudetypen eine höhere Anzahl an Wohnungen je Gebäude als im Trendszenario, während in Szenario A immer von einer niedrigeren Anzahl an Wohnungen je Gebäude ausgegangen wird. Damit entspricht die Veränderung des Parameters Wohnungen je Gebäude der flächensparenden bzw. flächenextensiven Bauweise in den beiden Flächennutzungsszenarios.



**Abbildung 29: Die Veränderung der Anzahl an Wohnungen in Mehrfamilienhäusern im Szenariotrichter bis 2020**

Quelle: Eigene Darstellung



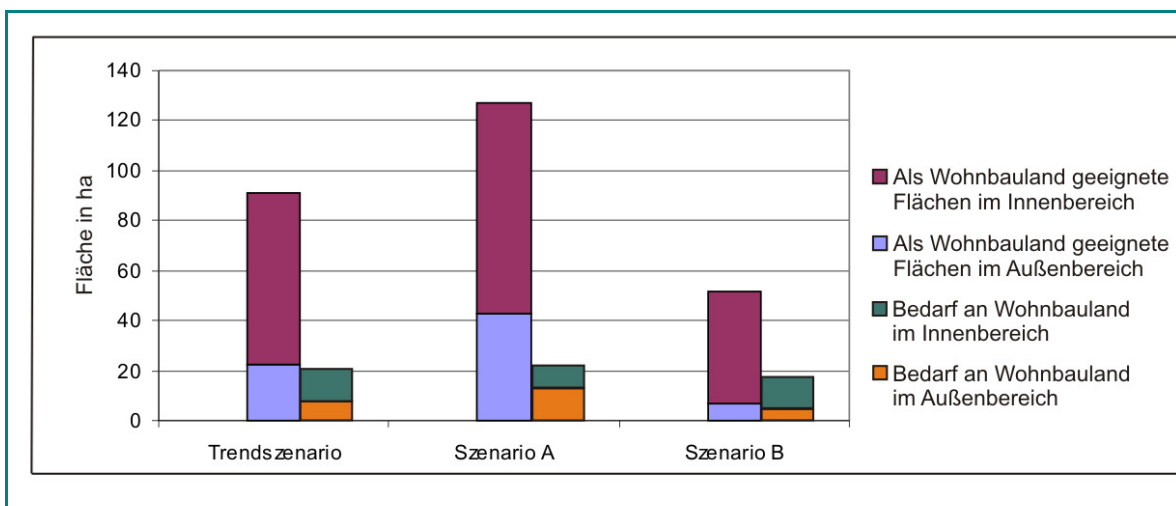
**Abbildung 30: Die Veränderung der Anzahl an Wohnungen in Ein- und Zweifamilienhäusern im Szenariotrichter bis 2020**

Quelle: Eigene Darstellung

#### 4.2.2 Quantitative Analyse der Ergebnisse

##### Geeignete Wohnbaufläche und Standorte für Neubau

Den drei Szenarios folgend, ergeben sich drei verschiedene Bedarfe an Nettowohnbauland. Dieser Bedarf wird je nach Szenario räumlich verschieden auf den Innen- und Außenbereich verteilt (vgl. Abbildung 31).



**Abbildung 31: Als Wohnbauland geeignete Flächen und Bedarf an Wohnbauland in den drei Szenarios**

Quelle: Eigene Darstellung

In Szenario A ergibt sich ein Bedarf an Nettowohnbauland von 21 ha, wobei 8,5 ha im Innenbereich und 12,75 ha im Außenbereich entstehen. In Szenario A stehen insgesamt 126 ha, geeignete Flächen als Wohnbauland zur Verfügung.

In Szenario B kann der Bedarf von 18 ha auf geeignetes Wohnbauland von 52 ha verteilt werden. Ein geringer Anteil des Bedarfs entsteht im Außenbereich (4,5 ha), der größte Anteil wird über bauliche Maßnahmen im Innenbereich gedeckt (13,5 ha).

Genau wie in Szenario B entsteht im Trendszenario ein Bedarf an Wohnbauland von etwa 18 ha. Allerdings entsteht mehr Wohnbauland im Außenbereich als in Szenario B (5,5 ha) und weniger im Innenbereich (12,5 ha). Dieser Nachfrage steht jedoch eine größere Menge an zur Wohnbebauung geeigneten Flächen zur Verfügung, nämlich 91 ha.

#### Veränderung der Siedlungsfläche

Die Siedlungsfläche erweitert sich in den drei Szenarios jeweils um die Fläche des Neubaus im Außenbereich. Im Szenario A ergibt sich die größte Expansion auf etwa 560 ha, im Szenario B die geringste auf etwa 550 ha 2020, ausgehend von einer Siedlungsfläche von 546,5 ha im Jahr 1998.

#### 4.2.3 Visuelle und qualitative Analyse der Ergebnisse

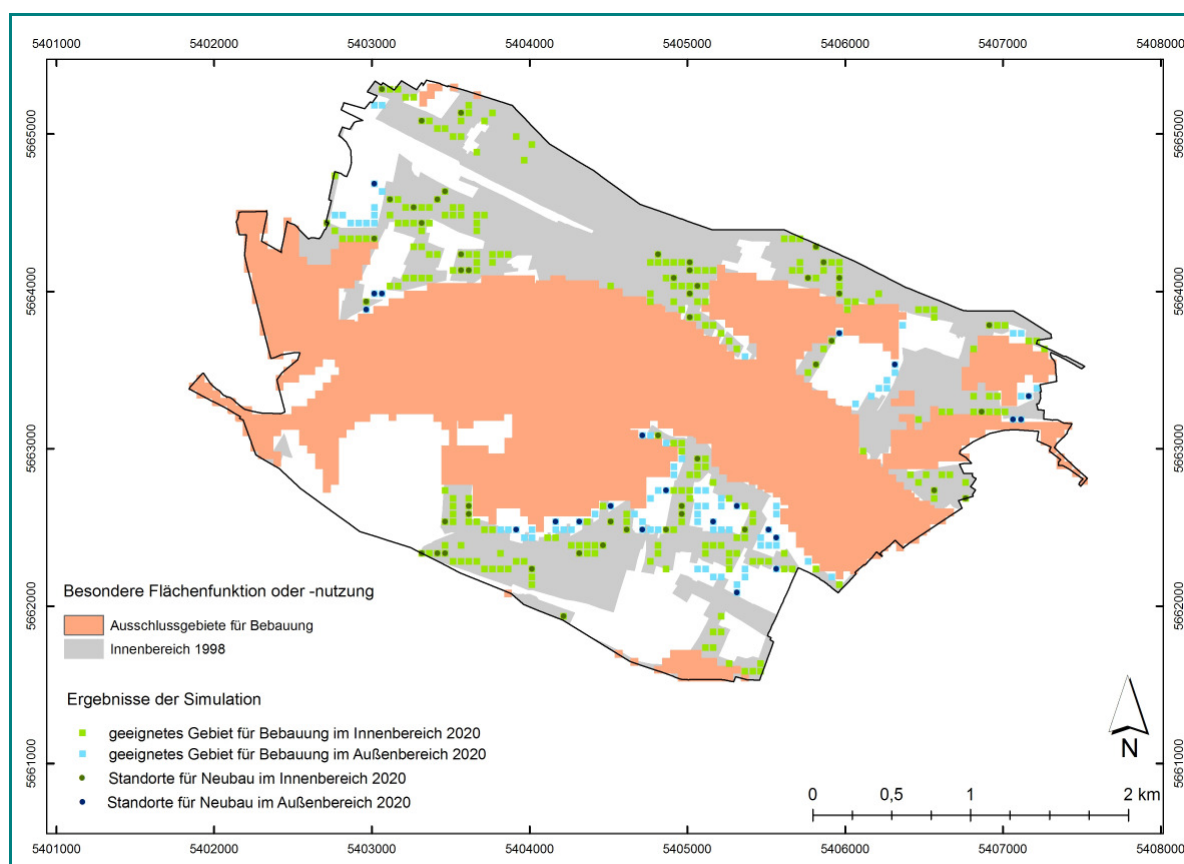
##### Geeignete Wohnbauflächen und Standorte für Neubau

Die Abbildungen 32 bis 34 zeigen die Verteilung der neu entstehenden Flächen für Wohnbauland im Jahre 2020. Es sind jeweils die als Wohnbauflächen geeigneten Zellen im Innen- und Außenbereich dargestellt, die sich an den Eignungsregeln und an Szenarioannahmen über Ausschlussgebiete für die Schaffung neuen Wohnraums und bevorzugte Flächen der Wohnraumserschließung orientieren. Innerhalb dieser Flächen wird der ermittelte Bedarf an neuem Wohnbauland verteilt.

In allen drei Szenarios stehen ausreichend Flächen im Innen- und Außenbereich zur Verfügung, die sich für eine Bebauung mit Wohngebäuden eignen. Diesen Flächen steht ein geringerer Bedarf an Nettowohnbauland gegenüber.

Im Trendszenario (vgl. Abbildung 32) entstehen viele neue Wohnstandorte im Außenbereich auf der linkselbischen Seite. Dort stehen ausreichend landwirtschaftliche Flächen außerhalb des Landschaftsschutzgebietes zur Verfügung, deren Böden nicht vernässt sind. Die Expansion der Siedlungsfläche wird in nordwestliche Richtung durch das Vorhandensein von grundwasserbeeinflussten Böden verhindert, so dass sie sich in Richtung des Flussbettes der Elbe in nördliche und nordöstliche Richtung ausbreitet bis auch dort das Landschaftsschutzgebiet erreicht wird. Auf der linkselbischen Seite befinden sich 60% der Standorte für Neubau im Außenbereich. Auf der rechtselbischen Seite überwiegt im Gegensatz dazu die Zahl der Standorte für Neubau im Innenbereich, da die Siedlungsentwicklung in Radebeul 1998 schon weiter vorangeschritten war als in Gohlis. Das Potential für bauliche Maßnahmen im Innenbereich ist aufgrund dessen viel höher, während die Erschließungsmöglichkeiten von Flächen im Außenbereich gering sind. Die Siedlungsflächen der Stadt Radebeul und der umliegenden Dörfer reichten schon 1998 bis an die Grenze des Landschaftsschutzgebietes heran.

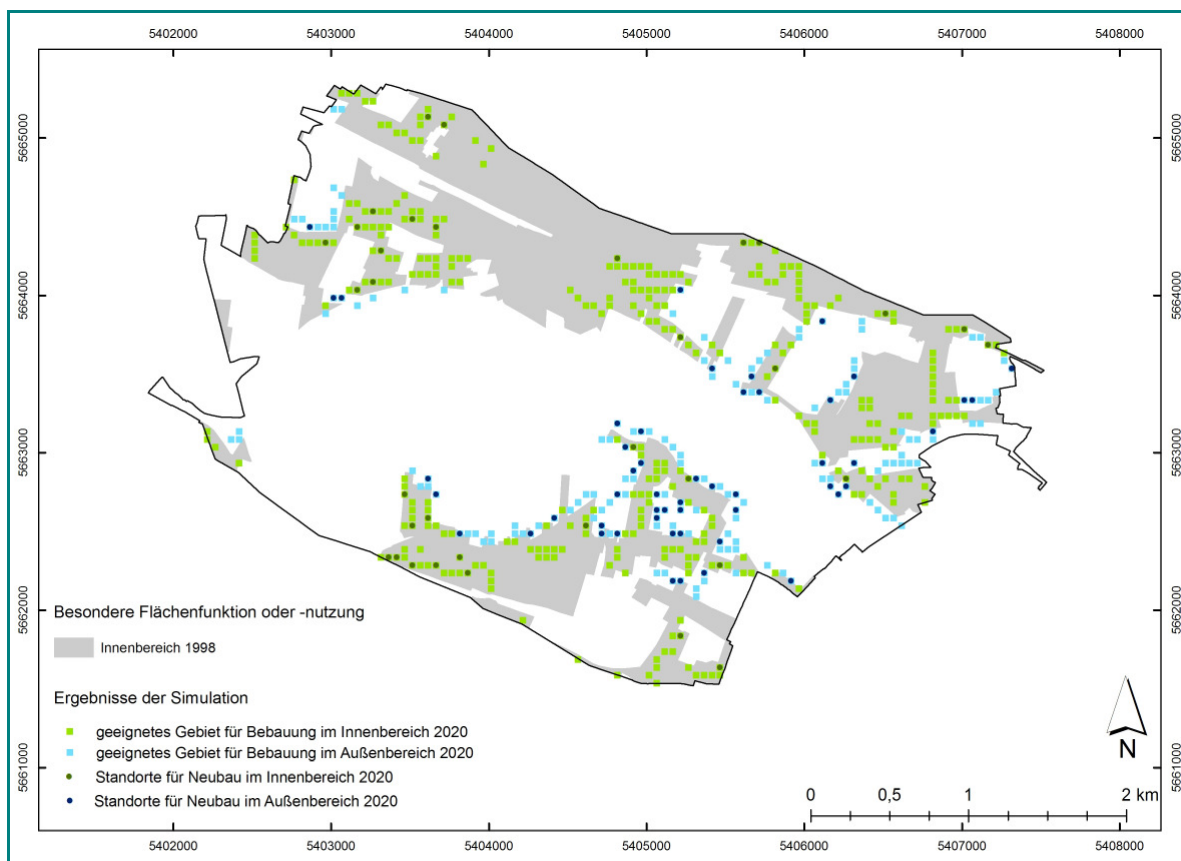




**Abbildung 32: Potentielles Wohnbauland und Standorte für Neubau im Innen- und Außenbereich im Trendszenario**

Quelle: Eigene Darstellung

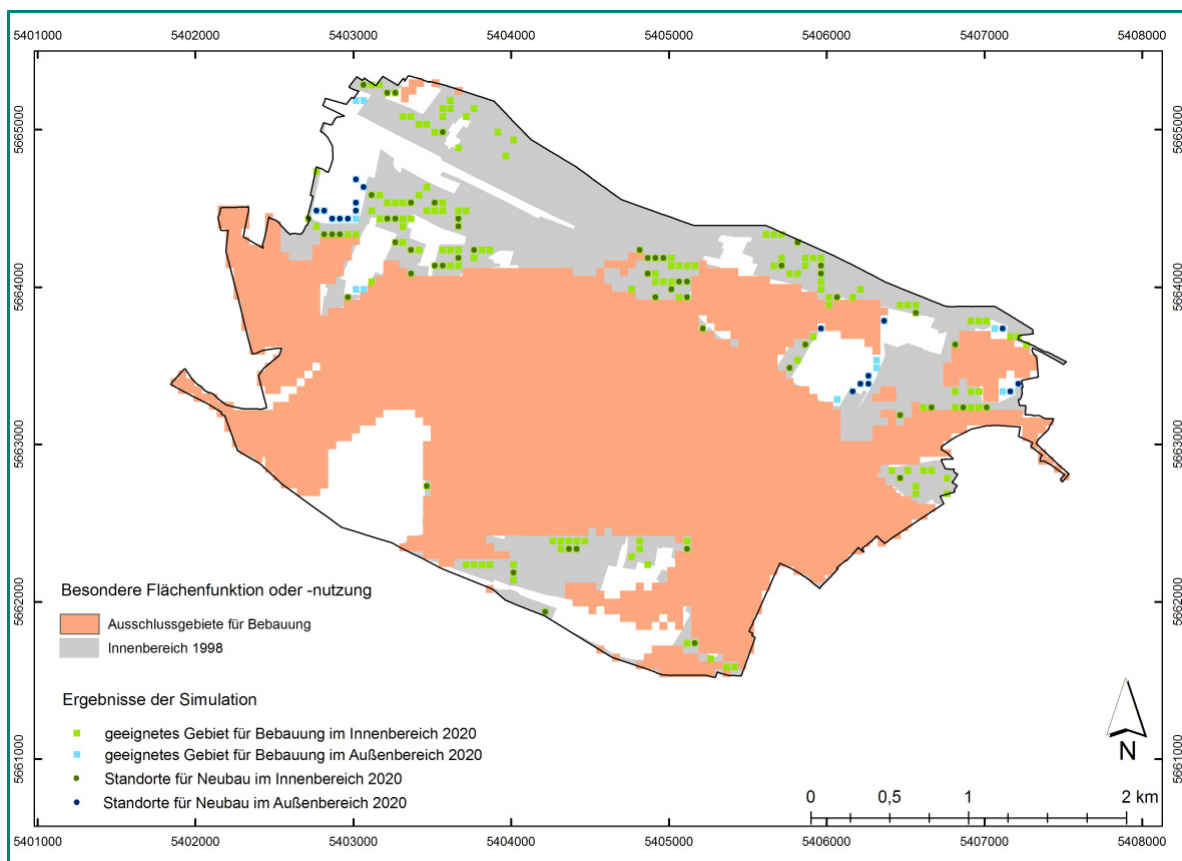
In Szenario A (vgl. Abbildung 33) steigt die Zahl der für Wohnbebauung im Außenbereich geeigneten Flächen, da das Siedlungsflächenwachstum nicht durch Ausschlussgebiete eingeschränkt ist. In diesem Szenario zeigt sich das höhere Erschließungspotential von Flächen im Außenbereich auf der linkselbischen Seite. Im Innenbereich sind die Erschließungspotentiale aufgrund ähnlicher infrastruktureller Bedingungen 1998 ähnlich.



**Abbildung 33: Potentielles Wohnbauland und Standorte für Neubau im Innen- und Außenbereich in Szenario A**

**Quelle: Eigene Darstellung**

In Szenario B (vgl. Abbildung 34) stehen im Vergleich zu den anderen beiden Szenarios nur sehr wenig für Bebauung geeignete Flächen im Außenbereich zur Verfügung. Diese befinden sich im nordwestlichen und nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes auf der rechtselbischen Seite. Die bauliche Entwicklung auf der linkselbischen Seite ist fast nicht möglich, da die Landschafts- und Hochwasserschutzgebiete sowie Gebiete grundwasserbeeinflusster Böden diesen Teil des Untersuchungsgebietes den Siedlungsbereich sehr stark einschränken. Ein geringer Teil des Bedarfs kann dort durch Maßnahmen im Innenbereich gedeckt werden. Der Großteil neuer Standorte für Wohnbebauung befindet sich zukünftig jedoch auf der rechtselbischen Seite. Der Bedarf wird aber insgesamt auch hier stark durch Innenentwicklungsmaßnahmen gedeckt.



**Abbildung 34: Potentielles Wohnbauland und Standorte für Neubau im Innen- und Außenbereich in Szenario B**

Quelle: Eigene Darstellung

#### Veränderung der Siedlungsfläche

In Szenario A expandiert die Siedlungsfläche besonders stark auf der linkselbischen Seite des Gebietes, im Ortsteil Gohlis. Eine Ausbreitung des Siedlungsraumes durch Schaffung neuen Wohnraumes im Außenbereich auf ehemals landwirtschaftlichen Flächen ist dort aufgrund der geringeren Siedlungsdichte stärker möglich. In Szenario B entstehen die wenigen neuen Wohnbaustandorte im Außenbereich hingegen überwiegend auf der rechtselbischen Seite im Stadtgebiet von Radebeul, da Gohlis zum großen Teil im von Bebauung ausgeschlossenen Überschwemmungsgebiet liegt und keine Siedlungserweiterung möglich ist.

### 4.3 Zusammenfassung des Kapitels

Es wurden die Simulationsergebnisse für historische Flächennutzungsänderungen zwischen 1968 und 1998 und für zukünftige Flächennutzungsänderungen bis 2020 quantitativ und qualitativ ausgewertet. Die Simulation der historischen

Flächennutzungsänderung konnte mit dem realen Datensatz von 1998 verglichen und deshalb auch in ihrer Qualität bewertet werden. Die simulierte, zukünftige Entwicklung der Flächennutzung wurde mithilfe eines Trend- und zwei Alternativszenarios abgeschätzt. Für jedes Szenario wurden Annahmen getroffen. Es wurde ein Spektrum verschiedener Entwicklungsmöglichkeiten bei der Anzahl und Verortung möglicher neuer Wohnbaulandstandorte gezeigt. Im nächsten Abschnitt werden die vorgestellten Ergebnisse und Methoden diskutiert und resümiert.

## 5 Diskussion und Resümee

### 5.1 Diskussion der Ergebnisse

Die Simulationsergebnisse können die real stattgefundenen Änderungen der Flächennutzung nicht ausreichend nachbilden. Die Anwendung der gefundenen Regelmäßigkeiten führt teilweise zu Übereinstimmungen zwischen der simulierten und realen Flächennutzung. Der Kappa-Index lag jedoch mit 0,28 unter den Grenzwert für ein gutes Simulationsergebnis von 0,4. Die Ausweitung und Verdichtung von Wohngebieten kann wie am Beispiel des Wohngebiets in Radebeul zu erkennen, nicht in jedem Fall abgebildet werden. Entscheidungen über die Wahl des Wohnstandortes können hier so individuell sein, dass sie nicht durch allgemeingültige Regeln zu erfassen sind. In Radebeul hat dabei beispielsweise die Bebauung von Baulücken im Zusammenhang mit Baugenehmigungen im Einzelfall einen erheblichen Einfluss. Diese Standorte ergeben sich nicht unbedingt aus der Nähe zu Straßen, sondern aus dem Vorhandensein unbebauten Baulands oder der Größe der Grundstücke. Die Attraktivität eines Baugrundstückes steigt zudem mit dem Ansehen des gesamten Stadtviertels. Im Nordwesten des Untersuchungsgebietes befindet sich ein Villengebiet, das durch Weinhänge nach Norden hin begrenzt wird und durch einen hohen Grünanteil geprägt ist. Der Kauf eines Grundstücks im Umfeld dieses Viertels, auch wenn es nicht so verkehrsgünstig erschlossen ist wie manch anderes ist von potentiellen Bauherren eventuell eher angestrebt.

Es muss betont werden, dass die vergleichende Datengrundlage der tatsächlichen Flächennutzungsänderungen auf visuellen Interpretationen von Luftbildern basieren. Bei dieser Methode können geringe Änderungen im Bestand der Wohngebäude zu einer Umklassifizierung des gesamten Blocks führen. Solche Einzelphänomene, wie sie sich aus den beschriebenen Gründen ergeben, können in keinerlei Regelmäßigkeit festgehalten werden und verursachen dann solch große Ungleichheiten zwischen simulierter und tatsächlicher Flächennutzung.

Die Simulationsergebnisse der zukünftigen Flächennutzung sind immer im Zusammenhang mit dem jeweiligen Szenario zu diskutieren. Die Veränderung der

Modellparameter folgt den Szenarios und hat sich in erwarteter Weise auf die Lokalisierung von Flächennutzungsänderungen ausgewirkt.

## 5.2 Diskussion der Methoden

### 5.2.1 Die Anwendung der Szenariotechnik

Die Möglichkeit mit Hilfe der Szenariotechnik verschiedene Entwicklungsstränge zu beschreiben war für die Arbeit nützlich, denn Flächennutzung lässt sich nicht prognostizieren. So kann über mehrere Zukünfte nachgedacht werden und ein breites Spektrum möglicher Entwicklungen beschrieben werden. Darin liegt allerdings auch die Gefahr bei Anwendung der Szenariotechnik. Mit zunehmender zeitlicher Reichweite steigt die Zahl der denkbaren Zukünfte und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Ereignissen geringer Plausibilität, welche in den Szenarios nicht berücksichtigt wurden. Die Änderung von Lebensstilen und damit einhergehend veränderte Präferenzen bei der Wohnstandortwahl stellt beispielsweise eine solche Unsicherheit dar. Wir können uns nur vorstellen, was in unserer heutigen Gegenwartssituation denkbar erscheint und sind so bei der Betrachtung der Zukunft in unserem Blickfeld eingeschränkt. Zudem ist nicht ersichtlich, inwiefern sich allgemeine Wertvorstellungen, durch die sich ein Szenario auszeichnet, auf ein kleines Gebiet wie das untersuchte übertragen lassen. Die Ergebnisse aus der Szenarioanalyse können immer nur unter dem Gesichtspunkt einer „wenn...dann“-Logik diskutiert werden.

### 5.2.2 Die Anwendung zellulärer Automaten und LuSIM

Zelluläre Automaten sind als Simulationswerkzeug bei der Lokalisierung von Flächennutzungsänderungen hilfreich. LuSIM mit seiner offenen Struktur gibt dem Nutzer viel Raum bei der Bearbeitung der Fragestellung. Zelluläre Automaten haben gegenüber agentenbasierten Modellen den Nachteil den einzelnen Akteur zu vernachlässigen. Sie können Wechselwirkungen zwischen diesen nicht abbilden und müssen individuelle Entscheidungen vernachlässigen oder generalisieren. Andererseits ist es aufgrund dessen möglich große Räume als Untersuchungsgebiet zu betrachten. LuSIM erleichtert einem im Umgang mit Geographischen Informationssystemen unerfahrenen Nutzer die Eignungsfeststellung und die anschließende Lokalisierung von Zellen einer bestimmten Nutzungsklasse. Für fortgeschrittene Nutzer reichen sicher die

Überlegungen zur Eignungsfeststellung und Bedarfsermittlung aus um Veränderungen der Flächennutzung darzustellen. Zu beachten ist, dass LuSIM in bestimmten Fällen mittels eines Zufallsgenerators die Verortung neuer Zellen für Wohnbauland vornimmt. Bei mehreren Simulationen unter gleichen Ausgangsbedingungen können also verschiedene Ergebnisse entstehen. Die Kalibrierung eines solchen Modells im Sinne einer Anpassung der Modellparameter bis zur Übereinstimmung der Modellergebnisse mit den historischen Daten ist in diesem Fall nicht möglich. Einzig die der Simulation vorausgehende Szenarioformulierung kann auf ihre Konsistenz und Plausibilität hin überprüft werden. Die Szenarioannahmen verändern dann die Modellparameter und die Modellergebnisse.

### 5.3 Beantwortung der Forschungsfragen

Zur ersten Frage „*Welche landschaftsräumlichen Faktoren sind Steuer- und Kenngrößen für die Nutzungsentwicklung des Landschaftsraumes, unter besonderer Berücksichtigung urbaner Nutzungen?*“ lässt sich folgendes feststellen: Als Steuergrößen für die Nutzungsentwicklung des Landschaftsraumes und insbesondere des urbanen Raumes wirken Eigenschaften, wie die abiotische und biotische Ausstattung des Raumes genauso wie sozioökonomische Faktoren. In der Gruppe der erstgenannten wirken das Relief, der Boden und die Hydrologie die sich gegenseitig bedingen und die Genese der Flussaue und ihre Eigenschaften bestimmen. Weiterhin können bestimmte Bodentypen und die Lage sowie das Relief von Flächen als Indikatoren bei der Ausweisung von Flächen, die bei der Bebauung freizuhalten sind, dienen.

Als Beispiel für sozioökonomische Faktoren wirkt zunächst die Demographie. Räumliche und natürliche Bevölkerungsbewegungen, Bevölkerungsstrukturen und Bevölkerungsentwicklungen bestimmen wiederum die Zusammensetzung, Größe und andere Merkmale von Haushalten. Diese privaten Haushalte fragen Wohnungen und Wohnfläche je nach ihren Eigenschaften nach und bestimmen damit den Wohnungsmarkt und die Entstehung neuen Wohnbaulandes. Über diese beiden Gruppen von Faktoren hinaus bestimmt die von Politik und Planung initiierte funktionale Festlegungen von Räumen Grenzen für die Ausweitung des Siedlungsraumes. Die bisher genannten Faktoren lassen sich gut im Raum analysieren. Jedoch fehlen Informationen über die Akteure im

Untersuchungsgebiet. Ihr Handeln ist individuell auf ihre Vorstellungen und Präferenzen abgestimmt und ihre Entscheidungen richten sich nach dem größten Nutzen. Sie können in dem vorgestellten Modell nicht berücksichtigt werden. Es bleibt ungewiss, wie hoch ihr Einfluss auf Strukturen der Flächennutzung ist.

In Bezug auf den ersten Teil der zweiten Frage *„Kann die zukünftige Flächennutzung mit denen zur Verfügung stehenden Methoden simuliert werden?“* kann festgestellt werden, dass dies nur mit Einschränkungen möglich ist. Anhand früherer Flächennutzungsänderungen können Regelmäßigkeiten beim Übergang zwischen Nutzungsklassen ermittelt und quantifiziert werden. Eine ausschließliche Projektion dieser Analyseergebnisse in die Zukunft ist jedoch unzulässig bei der Simulation zukünftiger Nutzungsentwicklungen. Sie kann als Orientierung beim Nachdenken über die zukünftige Flächennutzung hilfreich sein. Insbesondere wenn wie in der vorliegenden Arbeit Entwicklungen in einem mittelfristigen Zeitraum bis 2020 charakterisiert werden. Je weiter ein Punkt in der Zukunft liegt, desto vielfältiger werden denkbare Entwicklungen. Neue Arten von Lebensstilen, ungewisse Wertvorstellungen und neue Arbeits- und Freizeitwelten entstehen und sie prägen die Vorstellung vom Wohnen und die Demographie der Zukunft. Bei der Beantwortung der Frage ist also der Zeitbezug als auch die Methode der Zukunftsprojektion von Bedeutung. Bis 2020 können *Storylines* der möglichen wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen konstruiert und mit ihrer Hilfe auch Flächennutzungen simuliert werden. Es lassen sich zum einen für eine Wohnbebauung geeignete Flächen im jeweiligen Szenario ausweisen und zum anderen im Rahmen des Bedarfs auch die neuen Standorte für Wohnbebauung. Jedoch erfolgt die Lokalisierung solcher neuer Standorte im vorliegenden Untersuchungsgebiet im Rahmen einer zufälligen Auswahl unter den geeigneten Flächen. Damit ist die Aussagekraft des Modellsystems eingeschränkt. Zur Beantwortung des zweiten Teils der zweiten Forschungsfrage *„Kann das Ergebnis (der Simulation) einen Beitrag bei der Schadensabschätzung leisten?“* muss die Form der Ergebnisse betrachtet werden. Sie liegen quantitativ als Bedarf für neue Wohnungen und Wohnfläche in verschiedenen Gebäudetypen vor. Daraus kann auf die Anzahl der hochwasseranfälligen Gebäude im Untersuchungsgebiet geschlossen werden. Für die Anwendung gebäudespezifischer Schadensfunktionen ist allerdings ihre Lage im Raum von Bedeutung, denn so können im Falle eines Hochwassers Wasserstände in den



Gebäuden abgeschätzt werden um auf den Schaden zu schließen. Eine objektscharfe Bestimmung der genauen Lage jedes Gebäudes im Raum ist mit dem vorliegenden Modell nicht zu leisten. Es können nur Aussagen über die zukünftig für Bebauung geeigneten Flächen gemacht werden. Diese Flächen sind in Rasterzellen mit einem Flächeninhalt von 2500m<sup>2</sup> aufgeteilt. In jeder Rasterzelle entsteht damit durchschnittlich die gleiche Anzahl an Einfamilien- und Zweifamilienhäusern sowie Mehrfamilienhäusern. Im Trendszenario sind das beispielsweise vier Einfamilien- und Zweifamilienhäuser je Zelle und in jeder dritten Rasterzelle zusätzlich ein Mehrfamilienhaus. Für eine genaue Schadensabschätzung können dann Schadensfunktionen herangezogen werden, welche die entstehenden Kosten in Abhängigkeit von Wasserstand, Gebäudetyp und Baualterstufe als Indikator der verwendeten Baumaterialien in €/m<sup>2</sup> beurteilen.

#### 5.4 Ausblick

Die Verknüpfung eines agentenbasierten Ansatzes und eines zellulären Automaten sind denkbar. Der zelluläre Automat verortet die für eine Bebauung geeigneten Flächen nach vorgegebenen Regeln. Der Akteur im agentenbasierten Modell schaut sich all diese ausgewiesenen Flächen an, bewertet sie nach individuellen Kriterien und „sucht“ für seine Bedürfnisse den Standort oder die Standorte aus. Für solch einen Ansatz müssen allerdings die Interessen und Handlungsweisen der wichtigsten Akteure bekannt sein, was eine Akteursanalyse zum Beispiel durch Befragung oder Interviews voraussetzt. Zudem müssen für das Gebiet Informationen über die für den Akteur wichtigen Eigenschaften verfügbar sein, so dass der Ansatz nur in einem kleinen Gebiet getestet werden kann.

Weiterhin ist ein vertiefender Vergleich der beschriebenen Modellansätze notwendig um ihre Potentiale für die Simulation von Flächennutzungsänderungen zu erkennen. Dazu gehören die Aufbereitung der Datenlage für jedes Modell und die Bewertung sowie der Vergleich der jeweiligen Simulationsergebnisse.

Um das Simulationsergebnis für Schadensabschätzungen zu verwenden, sind zusätzlich Überlegungen wie die beispielhaft skizzierten Umrechnungsschritte sowie Anpassungen der Schadensfunktionen zukünftig notwendig.

## 6 Literatur- und Quellenverzeichnis

### 6.1 Literatur

BASTIAN, O., SCHREIBER, K.-F. [Hrsg.] (1999): Analyse und ökologische Bewertung der Landschaft.- 2 Aufl.: 564 S.; Heidelberg, Berlin (Spektrum).

BAUMGARTNER, A., LIEBSCHER, H.-J. (1996): Allgemeine Hydrologie.- 2 Aufl.: 694 S.; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).

BBR (2006) siehe BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (2006)

BBR (2007) siehe BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (2007)

BEYENE, M., ROHDE, F.G. (1993): Ein Informationssystem für die Abschätzung von Hochwasserschadenspotentialen.- In: ROUVÉ, G. [Hrsg.]: Kritische Situationen an Gewässern : Hochwasserschadenspotential, Niedrigwasseranreicherung, Gewässerqualität - Vorträge Wasserbau-Symposium Wintersemester 1992/93, 332 S.; Sankt Augustin (Academia- Verlag).

BISMUTH, C. (1998): Landnutzung und Hochwasserschutz.- In: DÖRFLER, E. P. [Hrsg.]: Ökologie und Hochwasserschutz an der Elbe, 80 S.; Bonn (Natur & Umwelt Verlag).

BORGWARDT, J. (2004): Modellierung der Landnutzungsänderung im Upper Ouémé Catchment, Benin mit Hilfe von zellularen Automaten auf der Grundlage von multitemporalen Landsat- Satellitendaten. Diplomarbeit an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.

BORSBOOM-VAN BEURDEN, J. et al. (2002): Land Use Scanner: the continuous cycle of application. URL: <http://www.lumos.info/publications.php> (03.05.2007).

BOSSEL, H. (1992): Modellbildung und Simulation. Konzepte, Verfahren und Modelle zum Verhalten dynamischer Systeme.- 399 S.; Wiesbaden (Vieweg).

BRIASSOULIS, H. (2000): Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches. URL: <http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm> (27.08.2007).

- BRONSTERT, A., FRITSCH, U., KATZENMAIER, D. (2001): Quantifizierung des Einflusses der Landnutzung und -bedeckung auf den Hochwasserabfluss in Flussgebieten.- 216 S.; Potsdam.
- BROWN, D.G. (2005): Spatial process and data models: Toward integration of agent-based models and GIS.- *Journal of geographical systems*, 7: 25-47; Heidelberg.
- BROWN, D.G. (2006): Agent-based models.- In: GEIST, H.J. [Hrsg.]: *Our Earth's changing Land: An Encyclopedia of Land-Use and Land-Cover Change*, 1: 792 S.; Westport (CT: Greenwood Publishing Group).
- BUCHERT, M., FRITSCH, U., JENSEIT, W., RAUSCH, L., DEILMANN, C., SCHILLER, G., SIEDENTOP, S., LIPKOW, A. (2004): *Nachhaltiges Bauen und Wohnen in Deutschland.- Texte des Umweltbundesamtes*, 1: 400 S.; Berlin (UBA).
- BULTOT, F., DUPRIEZ, G.L., GELLENS, D. (1990): Simulation of Land Use Changes and impacts on the Water balance - a case study for Belgium.- *Journal of Hydrology*, 114: 327-348; Amsterdam.
- BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (2006): *Raumordnungsprognose 2020/2050.- 117 S.; Bonn (BBR).*
- BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG (2007): *Regionale Siedlungsflächenentwicklung in den neuen Bundesländern auf Basis von Prognosen der Bau- und Immobilienwirtschaft.- Schriftenreihe Forschungen*, 123: 116 S.; Bonn (BBR).
- CEDIM (2005) siehe CENTER FOR DISASTER MANAGEMENT AND RISK REDUCTION TECHNOLOGY (2005)
- CENTER FOR DISASTER MANAGEMENT AND RISK REDUCTION TECHNOLOGY (2005): *GLOSSAR Begriffe und Definitionen aus den Risikowissenschaften.- 80 S.; Karlsruhe.*
- CLARKE, K., & GAYDOS, L. (1998): Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore.- *International Journal of Geographical Information Science*, 12 (7): 699-714; London.

- COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (1995): CORINE Land Cover. URL: [http://reports.eea.europa.eu/COR0-landcover/en/land\\_cover.pdf](http://reports.eea.europa.eu/COR0-landcover/en/land_cover.pdf) (09.08.2007).
- DEILMANN, C. (2002): Zukunft - Wohngebiet : Entwicklungslinien für städtische Teilräume.- 158 S.; Berlin (VWF).
- FRITSCH, U. (2002): Entwicklung von Landnutzungsszenarien für landschaftsökologische Fragestellungen. Dissertation an der Universität Potsdam.
- GRAF, H. G., KLEIN, G. (2003): In die Zukunft führen. Strategieentwicklung mit Szenarien.- 150 S.; Zürich (Rüegger Verlag).
- GRUHLER, K. (2002): Stofflich-energetische Gebäudesteckbriefe - Gebäudevergleiche und Hochrechnungen für Bebauungsstrukturen.- IÖR-Schriften, 38: 307 S.; Dresden (Institut für ökologische Raumentwicklung).
- HEINEBERG, H. (2006): Stadtgeographie.- 3 Aufl.: 480 S.; Paderborn (UTB).
- HERZ, R. (2002): Zukünfte für Wohngebiete in sächsischen Groß- und Mittelstädten unter Aspekten der Nachhaltigkeit.- In: DEILMANN, C. [Hrsg.]: Zukunft – Wohngebiet, 158 S.; Berlin (Verlag für Wissenschaft und Forschung).
- HILFERINK, M., RIETVELD, P. (1999): Land Use Scanner: an integrated GIS-based model for long term projections of land use and rural areas.- Journal of Geographical Systems, 1 (2): 155-177; Berlin, Heidelberg (Springer).
- HOOIER, A., KLIJN, F., KWADIJK, J., PEDROLI, B. (2002): Zum nachhaltigen Hochwasserrisikomanagement im Rhein- und Maasgebiet. Ergebnisse des IRMA-SPONGE Forschungsprogramms. URL: <http://www.ncr-web.org/> (13.06.2007).
- HÜBL, J., HABERSACK, H., KIENHOLZ, H., AGNER, P., GANAHL, E., MOSER, M., SCHEIDL, C., KERSCHBAUMSTEINER, W., SCHMID, F. (2006): Disaster Information System of Alpine Regions (DIS-ALP), Methodik Teil 1, Appendix 2: Definitions.- IAN Report, 101, 21 S.; Wien (unveröffentlicht).
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (2001): IPCC Third Assessment Report Climate Change 2001: Synthesis Report. URL: [http://www.grida.no/climate/ipcc\\_tar/vol4/english/index.htm](http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/english/index.htm) (18.09.2007).
- IÖR (2006) siehe LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG E.V. (2006)

IÖR (2007a) siehe LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG E.V. (2007a)

IÖR (2007b) siehe LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG E.V. (2007b)

JOINT RESEARCH CENTRE (2004): The MOLAND model for urban and regional growth forecast – a tool for the definition of sustainable development paths. URL: <http://moland.jrc.it/> (07.05.2007).

JOINT RESEARCH CENTRE (2007): MOLAND – Monitoring Land Use / Cover Dynamics. URL: <http://moland.jrc.it/> (07.05.2007).

JRC (2004): siehe JOINT RESEARCH CENTRE (2004)

JRC (2007): siehe JOINT RESEARCH CENTRE (2007)

KOOMEN, E.; DEKKERS, J. (2004): Land Use Scanner introduction. URL: <http://www.landschaftsoekonomie.tu-berlin.de/110.html> (13.06.2007).

LAMBIN, E.F., GEIST, H.J. (2006): Land use and land cover change: local processes and global impacts.- 222 S.; Berlin (Springer).

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (1997): Cossebaude – ausgewählte statistische Daten.- Statistische Mitteilungen. Dresden (Landeshauptstadt Dresden). [Bd.Nr. nicht feststellbar]

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (2003): Gebäude mit Wohnungen 2003.- Statistische Mitteilungen. Dresden (Landeshauptstadt Dresden). [Bd.Nr. nicht feststellbar]

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (2006a): Bautätigkeit 2006.- Statistische Mitteilungen. Dresden (Landeshauptstadt Dresden). [Bd.Nr. nicht feststellbar]

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (2006b): Statistik der Ortschaften Cossebaude, Oberwartha und Mobschatz. URL: [http://www.dresden.de/de/02/08/12/c\\_02.php](http://www.dresden.de/de/02/08/12/c_02.php) (10.08.2007).

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (2007a): Themenstadtplan der Stadt Dresden. URL: [http://www.dresden.de/de/08/01/04/c\\_030.php](http://www.dresden.de/de/08/01/04/c_030.php). (12.07.2007). Dresden.

LANDESHAUPTSTADT DRESDEN (2007b): Verordnung der Landeshauptstadt Dresden zur Festsetzung des Landschaftsschutzgebietes "Dresdner Elbwiesen und -altarme" vom 29.August 1996. URL: [www.dresden.de/media/pdf/satzungen/verordnung\\_lsg\\_elbwiesen.pdf?PHPSESSID=http%3A](http://www.dresden.de/media/pdf/satzungen/verordnung_lsg_elbwiesen.pdf?PHPSESSID=http%3A) (11.07.2007).

- LAU, K.H., KAM, B.H. (2005): A cellular automata model for urban land-use simulation.- Environment and Planning B, 32: 247-263; London.
- LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG E.V. (2006): Langzeituntersuchung von Flächennutzungsänderungen. URL: <http://www.ioer.de/langzeitmonitoring/homepage.html> (12.11.2007).
- LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG E.V. (2007a): Grobabschätzung des Nachfragepotenzials nach Wohnbauland - Szenarien für den Großraum Stuttgart.- 37 S.; Dresden (unveröffentlicht).
- LENEY, T., COLES, M., GROLLMANN, P., VILU, R. (2004): Handreichung zur Szenarioentwicklung.- CEDEFOP dossier series, 7: 102 S.; Luxemburg (Amt für Amtliche Veröff. der Europ. Gemeinschaften).
- LITTIG, B., GRIEBLER, E. (2004): Soziale Nachhaltigkeit.- Informationen zur Umweltpolitik, 160: 108 S.; Wien.
- MEINEL, G., COLDITZ, U., GÖSSEL, J., HEBER, B., HENNERSDORF, J., SCHUMACHER, U., SIEDENTOP, S. (1999): Die Entwicklung der Flächennutzung und der Transportinfrastruktur seit den 50er Jahren in Dresden und Umland. Abschlußbericht zum Projekt 097 Monitoring Urban Dynamics (MURBANDY) – CHANGE Dresden.- 46 S.; Dresden (unveröffentlicht).
- MEINEL, G; NEUMANN, K. (2003): Flächennutzungsentwicklung der Stadtregion Dresden seit 1790 – Methodik und Ergebnisse eines Langzeitmonitorings.- Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation, 5: 409-422; Stuttgart.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND NATURSCHUTZ, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2007): Schutzwürdige Böden in Nordrhein-Westfalen.- 42 S.; Düsseldorf.
- MONSERUD, R. A., LEEMANS, R. (2000): Comparing global vegetation maps with the Kappa statistic.- Ecological Modelling, 62: 275-293; Amsterdam.
- MÜLLER-BARNA, M. (2000): Qualitative und quantitative Aspekte der Ausweisung von Wohnbauland – ein Bewertungsmodell. URL: <http://docserver.bis.uni-oldenburg.de/publikationen/bisverlag/2000/muequa00/inhalt.html> (07.10.2007).

- MÜNIER, B., BIRR-PEDERSEN, K., SCHOU, J. S. (2004): Combined ecological and economic modelling in agricultural land use scenarios.- *Ecological Modelling*, 174 (1-2): 5-18; Amsterdam.
- NIEHOFF, D. (2001): Modellierung des Einflusses der Landnutzung auf die Hochwasserentstehung in der Mesoskala. Dissertation an der Universität Potsdam.
- NUNES, C., AUGÉ, J.I. [Hrsg.] (1999): Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) Implementation Strategy.- IGBP Report Series, 48: 125 S., Stockholm (IGBP Secretariat).
- PONTIUS, R.G. (2000): Quantification error versus location error in comparison of categorical maps.- *Photogrammetric, Engineering & Remote Sensing*, 66: 1011-1016; Bethesda.
- REBELE, F. (2003): Was können Brachflächen zur Innenentwicklung beitragen?.- *IÖR-Schriften*, 39: 63-74; Dresden (Institut für ökologische Raumentwicklung).
- RIEDL, L. (1999): Possible cities - Simulation von Siedlungsentwicklung mit zellularen Automaten.- In: Schrenk [Hrsg.] (1999): Beiträge zum Symposium CORP´99 – Computergestützte Raumplanung, 2: 193 S.; Wien (IEMAR).
- ROMMENEY, D. (2006): Ein Zelluläres Automatenmodell zur Simulation urbaner Landnutzungsänderungen. Diplomarbeit an der Universität Potsdam.
- ROUNSEVELL, M.D.A., REGINSTER, I., ARAÚJO, M.B, CARTER, T.R., DENDONCKER, N., EWERT, F., HOUSE, J.I., KANKAANPÄÄ, S., LEEMANS, R., METZGER, M.J., SCHMIT, SMITH, P., TUCK, G. (2006): A coherent set of future land use change scenarios for Europe.- *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114: 57-68; Amsterdam.
- SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2004a): Ereignisanalyse Hochwasser August 2002 in den Osterzgebirgsflüssen.- 188 S.; Dresden (Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie).
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde.- 15 Aufl.: 593 S.; Heidelberg, Berlin (Spektrum).
- SILVA, E.A., CLARKE, K.C. (2002): Calibration of the SLEUTH Urban Growth Model for Lisbon and Porto, Portugal.- *Computers, Environment and Urban Systems*, 26: 525–552; Amsterdam.

- SPITZER, H. (1991): Raumnutzungslehre.- 356 S.; Stuttgart (Ulmer).
- STADT RABEBEUL (2007a): Bevölkerungsentwicklung. URL: [http://www.radebeul.de/Wirtschaft+\\_\\_+Bauen/Statistische+Informationen/Bevölkerungsentwicklung.html](http://www.radebeul.de/Wirtschaft+__+Bauen/Statistische+Informationen/Bevölkerungsentwicklung.html) (24.09.2007).
- STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN (2006): Statistisches Jahrbuch 1998-2006.- 7-15; Kamenz (Statistisches Landesamt des Freistaates Sachsen).
- STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN (2007): Regionalisierte Bevölkerungsprognose. URL: <http://www.statistik.sachsen.de/BPrognose.htm> (29.08.2007).
- STEINHARDT, U., BLUMENSTEIN, O., BARSCH, H. (2005): Lehrbuch der Landschaftsökologie.- 294 S.; Heidelberg (Elsevier, Spektrum, Akad. Verl.).
- STIENS, G. (1996): Prognostik in der Geographie.- 245 S.; Braunschweig (Westermann).
- STRÖBL, B., WENZEL, V., PFÜTZNER, B. (2003): Simulation der Siedlungsflächenentwicklung als Teil des Globalen Wandels und ihr Einfluss auf den Wasserhaushalt im Großraum Berlin.- PIK Reports, 82: 55 S.; Potsdam (PIK).
- STRÖBL, B; WENZEL, V. (2001): Introduction to the Land Use Simulator LUSIM. URL: <http://www.landschaftsoekonomie.tu-berlin.de/110.html> (13.06.2007).
- THINH, N.X. (2005): Von der Analyse und Bewertung zur Simulation von Siedlungsmustern - ein Beitrag zum Monitoring langfristiger Flächennutzungsänderungen in Stadtregionen.- In: GNAUCK, A. [Hrsg.]: Modellierung und Simulation von Ökosystemen, 98: 248 S.; Aachen (Shaker).
- TURNER, B. L. (1995): Land use and land cover change : science, research plan / The International Geosphere Biosphere Programme: A Study of Global Change (IGBP) of the International Council of Scientific Unions (ICSU) and The Human Dimensions of Global Environmental Change Programme (HDP) of the International Social Council (ISSC).- 132 S.; Stockholm (IGBP).
- UMWELTBUNDESAMT ÖSTERREICH (2007): CORINE Nomenklatur. URL: [http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/raumordnung/flaechenentwicklung/grundlagen/erdbeobachtung/corine/CORINE\\_Nomenklatur.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/raumordnung/flaechenentwicklung/grundlagen/erdbeobachtung/corine/CORINE_Nomenklatur.pdf) (12.09.2007).



- US GEOLOGICAL SURVEY (2007): Project Gigalopolis: Urban and Land Cover Modeling. URL: [http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/project\\_gig.htm](http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/project_gig.htm) (10.05.2007).
- VELDKAMP, A., FRESCO, L.O. (1996): CLUE: a conceptual model to study the conversion of land Use and its effects.- *Ecological Modelling*, 86 (2-3): 253-270; Amsterdam u.a (Elsevier).
- VERBURG, P.H., KOK, K., PONTIUS, R.G., VELDKAMP, A. (2006): Modeling land-use and land-cover change.- In: LAMBIN, E.F., GEIST, H.J. [Hrsg.]: *Land Use and Land Cover Change. Local Processes and Global Impacts*. 222 S.; Berlin (Springer).
- VERBURG, P.H., SCHOT, P.P., DIJST, M.J., VELDKAMP, A. (2004): Land use change modelling: current practice and research priorities.- *Geojournal*, 61: 309-324; Heidelberg.
- VOGEL, R. (2005): Entwicklung von AML- Programmen in ArcGIS zur Analyse und Simulation städtischer Siedlungsdynamik. Diplomarbeit an der Technischen Universität Dresden.
- WALZ, U. (1999): Erfassung der Landnutzungsstruktur in Sachsen und im Randbereich des Ballungsraumes Dresden.- *IÖR-Schriften*, 29: 121-130; Dresden.
- WHITE, R., ENGELEN, G., ULJEE, I., LAVALLE, C., ERLICH, D. (1999): Developing an Urban Land Use Simulator for European Cities. URL: [http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/referencias/RIKS\\_LandUse.pdf](http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/referencias/RIKS_LandUse.pdf) (09.08.2007).
- WINKLER, M. (2001): GIS-basierte Flächenentwicklungsanalyse von fünf europäischen Großstädten und deren Visualisierung auf der Basis digitaler Datenbestände. Diplomarbeit an der Technischen Universität Dresden.
- WORMUTH, R., SCHNEIDER, K.-J. [Hrsg.] (2000): *Baulexikon – Erläuterungen wichtiger Begriffe des Bauwesens*. URL: <http://www.bauwerk-verlag.de/baulexikon/index.shtml> (07.10.2007).

## 6.2 Raster- und Vektordaten

- LANDESVERMESSUNGSAMT SACHSEN (1993): ATKIS – Digitales Landschaftsmodell DLM25/1, Region Dresden, 1:25.000. Dresden.

LEIBNIZ-INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE RAUMENTWICKLUNG E.V. (2007b): Projektgebiet des Projektes 190 „VERIS - Veränderung und Management der Risiken extremer Hochwasserereignisse in großen Flussgebieten - am Beispiel der Elbe“. Dresden.

REGIONALER PLANUNGSVERBAND OBERES ELBTAL/OSTERZGEBIRGE (2001):  
Regionalplan Oberes Elbtal/Osterzgebirge. Radebeul.

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2001). Bodenkzeptkarte, 1:25.000. Freiberg

SÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2004b). Schutzgebiete Sachsen, 1:25.000. Freiberg.

STADT RADEBEUL (2007b): Übersichtsplan zum Standort der B-Pläne. Radebeul.

STÄDTISCHES VERMESSUNGSAMT DRESDEN (1999): Digitale Blockkarte Dresden. Dresden.

## 7 Anhang

### 7.1 Die Storylines des VERIS-Elbe Projektes

beschrieben von: Dipl.- Geogr. Jochen Luther

#### 7.1.1 *Storyline A*: Global und marktorientierte Elblandschaft

„Das (...) Szenario „Globalisierte und marktorientierte Elblandschaft“ basiert auf der Annahme, dass Globalisierung, Liberalisierung und Privatisierung sehr schnell voranschreiten. Es sieht eine Welt vor, deren Entwicklungen durch freie Marktwirtschaft und neue Technologien angetrieben werden. Internationale politische Koordination setzt die Rahmenbedingungen für das effiziente Funktionieren integrativer Märkte nach dem Prinzip minimaler Steuerung. Daraus folgen ein hohes Wirtschaftswachstum und das Streben nach persönlicher Unabhängigkeit, materiellem Reichtum und hoher Mobilität. Größere soziale und umweltpolitische Ziele sollen in dieser individualisierten Welt eher mit Hilfe von innovativen Technologien und Eigeninitiative (z.B. NGOs) erreicht werden. Dies birgt jedoch das Risiko, dass neue Probleme schneller entstehen als Lösungen für bereits vorhandene Probleme. Die Bevölkerung nimmt global bis 2050 zu, danach nimmt das Bevölkerungswachstum ab. In der Einwanderungsproblematik und Arbeitsmobilität gibt es flexible Lösungen. Die Rolle der Regierungen beschränkt sich auf Kernverantwortungen wie die Sicherung des freien Marktes und die Versorgung mit Schulbildung, Verteidigung und Rechtssprechung. Von Subventionen und Handelsbarrieren wird nach und nach Abstand genommen. Die ökonomische Integration innerhalb der sich nach Osten und Südosten ausdehnenden EU sowie deren Stärke nehmen zu, nicht aber unbedingt die globale politische Integration. Dies führt zu einer substantiellen industriellen Umstrukturierung, aber auch zu Konfliktpotential, da durch die uneingeschränkte internationale und -regionale Konkurrenz Gewinner und Verlierer entstehen. Die Einkommensunterschiede zwischen den Regionen nehmen ab, innerhalb der Regionen nehmen sie jedoch zu. Im Energiebereich besteht eine Ausgeglichenheit über alle Energieträger hinweg.

Diese *Storyline* beschreibt für das deutsche Territorium somit ein Bild, das entstünde, wenn die heute dominierenden gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen weiter dominant blieben bzw. sich verstärken würden. Als Auswirkung der Deregulierung kommt es zu radikalen gesellschaftlichen und räumlichen Polarisierungen. Fast im gesamten Osten Deutschlands kommt es zu einer kontinuierlich rückläufigen demographischen Entwicklung, die Bevölkerung hat 2050 bis zu 40% abgenommen. Diesem Rückgang wird durch hohe Zuwanderung begegnet. Wirtschaftliche Kennzahlen nähern sich jedoch dem Niveau der alten Bundesländer an. Nur der äußere Ring des Großraums Berlin mit seinen Korridoren Richtung Hannover und Hamburg weist Wachstum auf. Trotz der Schrumpfungerscheinungen dehnen sich größere Städte weiter in den ländlichen Raum aus. Die Regionen sind sich selbst überlassen. Außerhalb der Metropolregionen gehört besonders der Binnentourismus zu den verbliebenen Wirtschaftsbereichen. Eine schwache Raumplanung geht einher mit der Privatisierung der Grundversorgung und der Verarmung der Kommunen.

#### 7.1.2 *Storyline* B: Regional und sozial-nachhaltig orientierte Elblandschaft“

„Der Fokus des (...) Szenarios liegt auf regionalen und lokalen Lösungen, um soziale und kulturelle Werte zu bewahren und Nachhaltigkeit auf allen Gebieten zu erreichen. Lokale Gemeinschaften werden gestärkt, um partizipative und transparente Herrschaft in einer komplexen Welt zu garantieren und nachhaltige Grade von Wohlstand zu erreichen. Eigenständigkeit, ökologische Verantwortung und Gerechtigkeitsdenken sind dabei die wichtigsten Faktoren. Das Wirtschaftswachstum ist gering (...). Auch technologische Neuerungen verbreiten sich langsam(...). Die Weltbevölkerung nimmt kontinuierlich zu (...). Starke Interventionen seitens der Regierungen sind nötig, um die Tendenz zur Selbstkontrolle der Individuen und somit Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Hohe sozioökonomische und ökologische Standards werden angesetzt, der Erhalt und Erwerb des Natur- und Kulturerbes hat Priorität. Allerdings ist eine Osterweiterung der EU in dieser Welt nicht vorgesehen. Zusammen mit der Regionalisierung nimmt aber auch die Heterogenität zu. Ein Kern reicher europäischer Länder entsteht und dieser Kern bekommt einen immer permanenteren Charakter. Die Welt zerfällt in eine Anzahl Handelsblöcke und es besteht nur in beschränktem Maße multilaterale Kooperation. Gefestigte Interessen könnten Reformen der sozialen Sicherheit und des Arbeitsmarktes blockieren. Die Überalterung der

Bevölkerung und zunehmende Nachfrage nach öffentlich gewährter Gesundheitsvorsorge schieben die EU Wohlfahrtsstaaten an die Grenzen des Machbaren. Das macht die finanzielle Situation der Regierung problematisch. Migration spielt sich vornehmlich zwischen den Ländern der EU ab. Einzig eine beschränkte Anzahl von Immigranten aus Osteuropa kommt noch in den Kern von Europa.

Für Deutschland zeichnet dieses Masterszenario ein positives und von Vernunft geprägtes Bild. Regulation findet auf allen Ebenen zugunsten von sozial Schwachen und zugunsten gleichwertiger Lebensverhältnisse und intakter Natur statt. Produktion und Produkte sind stark individualisiert und ökologisiert. In der Gesellschaft und Wirtschaft ist man zu kleinteiligen Strukturen und zu vielen regionalen Anbietern übergegangen. Räumliche und zeitliche Strukturen sind weniger hierarchisch geprägt als in anderen Szenarios. Dezentral vernetzte Interaktionsmuster und Raumstrukturen überwiegen, Entwicklungen sind nur noch teilweise auf Korridore ausgerichtet. Die Binnenwanderung nimmt ab und in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts nimmt die Bevölkerung wieder leicht zu trotz relativ geringer Zuwanderung. Allerdings kommt es mittelfristig zu keiner wirtschaftlichen Angleichung von Ost und West.

## 7.2 CORINE Land Cover sowie MURBANDY Legende

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4
1. Siedlungsraum	1.1. Städtisch geprägte Flächen	1.1.1. Durchgängig städtisch geprägte Flächen	1.1.1.1 Durchgängig städtische Prägung mit hoher Dichte
			1.1.1.2 Durchgängig städtische Prägung mit mittlerer Dichte
		1.1.2 Nicht durchgängig städtische Prägung	1.1.2.1 Nicht durchgängig städtische Prägung, Versiegelung zwischen 50-80%
			1.1.2.2 Nicht durchgängig städtische Prägung, Versiegelung zwischen 10-50%

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	
	1.2 Industrie-, Gewerbe- und Verkehrsflächen	1.2.1 Industrie- und Gewerbeflächen sowie öffentliche und private Einheiten	1.2.1.1 Industriegebiete	
			1.2.1.2 Gewerbeflächen	
		1.2.2 Straßen, Eisenbahn und angrenzende Flächen	1.2.1.3 Öffentliche und private Dienstleister	
			1.2.2.1 Autobahnen und angrenzende Flächen	
	1.2.2.2 Sonstige Straßen und angrenzende Flächen			
	1.3 Abbauflächen, Deponien, Baustellen und Brachen	1.4 Grünflächen	1.2.2.3 Eisenbahn und angrenzende Flächen	
			1.2.3 Hafengebiete	
			1.2.4 Flughäfen	
			1.3.1 Abbauflächen	
	1.4 Grünflächen	1.3.2 Deponien und Abraumhalden	1.3.1 Abbauflächen	
			1.3.2 Deponien und Abraumhalden	
			1.3.3 Baustellen	
			1.3.4 Brachen	
	2. Landwirtschaftliche Flächen	2.1 Ackerflächen	1.4.1 Städtische Grünflächen	1.4.1 Städtische Grünflächen
1.4.2 Sport- und Freizeitanlagen				1.4.2 Sport- und Freizeitanlagen
				2.1.1 Nicht bewässertes Ackerland
2.2 Dauerkulturen		2.1.2 Regelmäßig bewässertes Ackerland	2.1.1 Nicht bewässertes Ackerland	
			2.1.3 Reisfelder	2.1.2 Regelmäßig bewässertes Ackerland
				2.2.1 Weinbauflächen
2.3 Pastures		2.2.2 Obst- und Beerenobstbestände	2.2.1 Weinbauflächen	
			2.2.3 Olivenhaine	2.2.2 Obst- und Beerenobstbestände
				2.3.1 Wiesen und Weiden
2.4 Heterogene landwirtschaftliche Flächen		2.4.1 Einjährige Kulturen und Dauerkulturen	2.4.1 Einjährige Kulturen und Dauerkulturen	
			2.4.2 Komplexe Parzellenstruktur	2.4.2 Komplexe Parzellenstruktur
				2.4.3 Landwirtschaft und

Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	
		natürliche Bodenbedeckung		
		2.4.4 Land- und Forstwirtschaftliche Flächen		
3. Wälder und naturnahe Flächen	3.1 Wälder	3.1.1 Laubwälder		
		3.1.2 Nadelwälder		
		3.1.3 Mischwälder		
	3.2 Strauch- und Krautvegetation	3.2.1 Natürliches Grünland		
		3.2.2 Heiden und Moorheiden		
		3.2.3 Hartlaubbewuchs		
		3.2.4 Wald-Strauch- Übergangsstadien		
	3.3 Offene Flächen ohne/mit geringer Vegetation	3.3.1 Strände, Dünen und Sandflächen		
		3.3.2 Felsflächen ohne Vegetation		
		3.3.3 Felsflächen mit spärlicher Vegetation		
		3.3.4. Brandflächen		
		3.3.5 Gletscher und Dauerschneegebiete		
	4. Feuchtflächen	4.1 Feuchtflächen im Landesinneren	4.1.1 Sümpfe	
			4.1.2 Torfmoore	
		4.2 Feuchtflächen an der Küste	4.2.1 Salzwiesen	
4.2.2 Salinen				
4.2.3 In der Gezeitenzone liegende Flächen				
5. Wasserflächen	5.1 Binnengewässer	5.1.1 Gewässerläufe	5.1.1.1 Kanäle	
			5.1.1.2 Flüsse	
		5.1.2 Wasserflächen		
	5.2 Meeressgewässer	5.2.1 Lagunen		
		5.2.2 Mündungsgebiete		
		5.2.3 Meere und Ozeane		

Definition der Nomenklatur:

1. 1. 1. Durchgängig städtisch geprägte Flächen

Der größte Anteil der Flächen wird durch Gebäude, Straßen und andere künstliche Bodenbedeckung charakterisiert. Flächiges Auftreten von Vegetation oder unbedeckter Bodenoberfläche ist außergewöhnlich.

1.1.2. Nicht durchgängig städtisch geprägte Flächen

Ein großer Anteil der Flächen wird durch Gebäuden, Straßen und anderen künstliche Bodenbedeckung charakterisiert. Sie treten gemeinsam mit begrünten Flächen und Bereichen unbedeckter Bodenoberfläche auf, welche nicht durchgängig aber bedeutend das Gebiet prägen.

nach: UMWELTBUNDESAMT ÖSTERREICH (2007) und Winkler (2001 :99f.)