



Strategische raumbezogene Visualisierung im Kontext der Innenentwicklung urbaner Siedlungs-, Energie- und Mobilitätssysteme am Beispiel der Stadt Wien

DISSERTATION

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer

Doktorin der technischen Wissenschaften

eingereicht von

Dipl.-Ing. Julia Forster

Matrikelnummer 0226508

an der Fakultät für Architektur und Raumplanung

an der Technischen Universität Wien

unter der Leitung von:

Ao. Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Andreas Voigt

Arbeitsbereich räumliche Simulation und Modellbildung

Fachbereich Örtliche Raumplanung E280.4 / IFOER

Department für Raumplanung

Wien - 21.12.2016 _____

Inhaltsverzeichnis

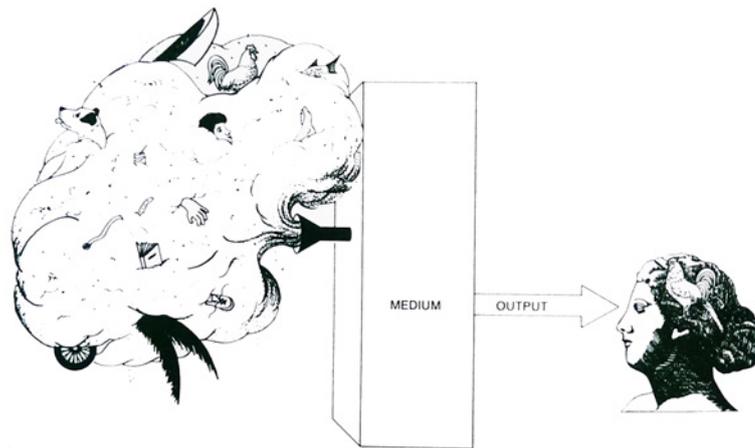
I	Kurzfassung	5
II	Summary	7
1	Ausgangslage und Dissertationsrahmen	9
1.1	Das Dokorratskolleg URBEM	9
1.2	Untersuchte Entwicklungsszenarien der Stadt Wien	11
2	Einleitung	13
2.1	Hintergrund	13
2.2	Problemstellung und daraus entstehende Ziele der Arbeit	15
2.2.1	Forschungsfragen und Hypothesen	16
2.3	Stand der Forschung	16
2.3.1	Programme und Methoden zur Erhebung von Flächenreserven	16
2.3.2	Visualisierungswerkzeuge zur Entscheidungsunterstützung	19
2.4	Innovative Ansätze der vorliegenden Arbeit	21
2.5	Aufbau der Arbeit	22
3	Nutzungsreserven der Stadt Wien	25
3.1	Siedlungswachstum und die Folgen steigender Flächeninanspruchnahme	25
3.2	Begriffsverständnis - rechtliche Bestimmungen und Abgrenzung	26
3.2.1	Der Wiener Flächenwidmungs- und Bebauungsplan und die Wiener Bauordnung	26
3.2.2	Siedlungsentwicklung nach innen	28
3.3	Ermittlung der Innenentwicklungspotentiale	32
3.3.1	Geschossflächenpotential	33
3.3.2	Bauflächenpotential	38
3.4	Auswertung der Innenentwicklungspotentiale	50
3.4.1	Verfügbarkeiten von Flächenpotentialen im Zeitverlauf	50
3.4.2	Verortung der steigenden Bevölkerungsanzahl in Wien	55
3.5	Nachführungsfähigkeit und Aufwärtskompatibilität	59
3.5.1	Automatisierte Verfahren zur Untersuchung unterschiedlicher Bebauungsstrukturen in bestehenden Bauflächenpotentialen	60
3.5.2	Anwendbarkeit von automatisierten Entwurfsmustern auf Flächenreserven	62
3.6	Zusammenfassung und Zwischenfazit aus diesem Kapitel	63

4	Planung und Planungsmethoden	65
4.1	Visualisierung zur Kommunikationsunterstützung	65
4.2	Problemlösungsstrategien in der Raumplanung	69
4.2.1	Das Wiener Modell als Grundlage der Testplanung	69
4.2.2	Inhalte und Erkenntnisse einer Testplanung	70
4.2.3	Innenentwicklung als Problemstellung - Testplanung als Grundlage einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung	71
4.3	Die Visualisierung als Planungs- und Entscheidungsunterstützungswerkzeug	72
4.4	Überlegungen zu den Anforderungen an eine Visualisierung im raumplanerischen Kontext	73
5	Darstellungsformen und Interpretationshilfen	77
5.1	Graphische Darstellungsformen von Daten und Informationen	77
5.2	Karten und kartographische Kommunikation	79
5.3	Digitale multidimensionale Modelle zur Visualisierung von Informationen	82
5.4	Raumvorstellungen und räumliche Visualisierung	84
5.5	Informationspräsentation und Wahrnehmungspsychologie	86
5.6	Interaktivität in digitalen Darstellungsformen	88
5.7	Charakteristika der Visualisierung	89
5.8	Experimente und Anwendungen zur Auseinandersetzung mit visuellen Entscheidungs- und Planungsunterstützungssystemen	91
5.9	Zwischenfazit aus den prototypischen Entwicklungen zur Gestaltung von digitalen Hilfestellungen	92
6	Die URBEM-Visualisierung	93
6.1	Neue Ansprüche an die visuelle Entscheidungs- und Planungsunterstützung	94
6.2	Konzept der URBEM-Visualisierung	95
6.3	Digitale Umsetzung	98
6.3.1	Benutzeroberfläche und Steuerung	98
6.3.2	Datengrundlagen zur Objektgenerierung	100
6.3.3	Die URBEM Smart City Application (USCA) und die Einbettung der URBEM-Visualisierung	100
6.3.4	Die URBEM-Visualisierung als URBEM-Interface	101
6.4	Der URBEM-Visualisierungsprototyp	102
6.4.1	Inhaltsebenen	104
6.4.2	Informationsvisualisierung	105
6.5	Geräteanforderung und Präsentation - Die Bühne der URBEM-Visualisierung	108
6.6	Der Mehrwert der URBEM-Visualisierung	111
7	Integrierte Energie-Raum-Planung	115
7.1	Stadtentwicklungsgebiet Westbahnhof	116
7.1.1	Geschichte und bisherige Entwicklungen	116
7.1.2	Planungsgrundlagen im Untersuchungsgebiet	117
7.1.3	Anbindung und Verbindung	119
7.2	URBEM-Planungstestlauf	121

7.2.1	Zielsetzung in Bezug auf das Planungstestgebiet Westbahnhof	121
7.2.2	Planungsprozessablauf und der Informationsfluss zwischen den Disziplinen	122
7.2.3	Kalkulations- und Simulationsgrundlagen	124
7.3	Ergebnisse des URBEM-Planungstestlaufes	126
7.3.1	Betrachtung unterschiedlicher Versorgungsvarianten	126
7.3.2	Öffentliche Anbindung	130
7.4	Fazit des URBEM-Planungstestlaufes	133
8	Zentrale Erkenntnisse und weiterführende Überlegungen	135
8.1	Erkenntnisgewinne aus der automatisierten Feststellung von Flächenreserven	135
8.2	Erkenntnisgewinne aus der Entwicklung des URBEM-Visualisierungsprototypen	136
8.3	Weiterführende Gedanken für eine erleichterte domänenübergreifende Datenübergabe	138
9	Schlussbemerkungen und Ausblick	139
10	Anhang	141
	Glossar	141

Alle Seitenangaben in Quellen werden mit der Abkürzung «p» für das lateinische Wort «*pagina*» (= Blatt od. Seite des Papiers) abgekürzt.
Die Ergebnisse, Meinungen und Schlüsse dieser Dissertation sind nicht notwendigerweise die der Wiener Stadtwerke Holding AG.

“What we see depends as much on our goals and expectations as it does on the light that enters our eyes.” [1, p.106]



(Quelle: abgeänderte Darstellung (Pfeilrichtung) von Eleanor Holland aus [2, p.190])

Danksagung

Viele Menschen haben mich bei dieser Arbeit unterstützt, einigen möchte ich an dieser Stelle besonders danken:

Prof. Andreas Voigt, meinem Doktorvater, der mir immer mit Rat und positiven Denkanstößen zur Seite gestanden ist.

Prof. Thomas Bednar, dem wissenschaftlichen Leiter des Doktoratskollegs URBEM, der stets offen ist, neue Ideen zu erproben und durch unermüdlichen Einsatz und fortwährende Abstimmung aller Interessen URBEM erst möglich gemacht hat.

Prof. Michael Getzner, ich bedanke mich ganz herzlich für das konstruktive Feedback.

Ich möchte mich bei der gesamten Kooperation zwischen TU Wien und den Wiener Stadtwerken, nicht nur für die Finanzierung der vorliegenden Arbeit, sondern auch für den ganzheitlich ausgerichteten und umfassenden Ansatz des Forschungsprojektes bedanken. Die interdisziplinäre Forschung war für mich anregend, motivierend und in gleichem Maß in positivem Sinn herausfordernd. Besonders inspirierend für mich und die vorliegende Arbeit waren dabei meine URBEM-Kollegen und URBEM-Kolleginnen Sara Fritz, Nikolaus Rab, Nadine Haufe, Manuel Ziegler, Dominik Bothe, Thomas Kaufmann, Peter Eder-Neuhauser, Christina Winkler, Paul Pfaffenbichler und Johannes Schleicher - Freunde, ich danke euch für die gute und oftmals sehr lustige Zusammenarbeit!

Dr. Ilse Stockinger, meiner Betreuerin von Seiten der Wiener Stadtwerke: Danke, dass du mich so gut unterstützt hast und mir in unseren Gesprächen immer aufs Neue andere Sichtweisen und Zugänge für mein Dissertationsthema und vieles darüber hinaus gegeben hast.

Liebe Silvia, lieber Fredi, lieber Manfred, lieber Jojo, danke, dass ihr immer für mich da seid!

Dank gilt an dieser Stelle auch dem «Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie - BMVIT» für die Unterstützung der Arbeit, durch die Unterstützung von URBEM im Projekt SIMULTAN.

I Kurzfassung

Der nachhaltige Umgang mit der Ressource Boden ist ein notwendiger Bestandteil moderner Siedlungsentwicklung. Durch die nachweislich steigende Bevölkerung in vielen Ballungsräumen und der damit verbundenen zunehmenden Flächennachfrage für Wohnen und Arbeiten, werden die Akteure der Planungswelt vor eine komplexe Aufgabe gestellt. Der steigende Energiebedarf und die dadurch anwachsende Umweltbelastung sind weitere Hürden für die Festlegung von ressourcenschonenden Handlungsweisen. Dabei stellen die Erfüllung der Klimaschutzziele, die Entwicklung der Rohstoffpreise, politische Maßnahmen usw. die Rahmenbedingungen für Prognosemodelle und Berechnungen. Diese Bedingungen erfordern einen interdisziplinären Zugang und eine domänenübergreifende, kooperative Planung. Das Doktoratskolleg «Urbane Energie und Mobilitätssysteme» (URBEM) setzt genau an diesem Punkt an und stellt grundlegende Methoden für das Zusammenwirken von unterschiedlichen Teilbereichen einer Stadt am Beispiel von Wien vor. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich im Rahmen von URBEM einerseits mit Möglichkeiten zur Feststellung von Flächenpotentialen und stellt andererseits ein Konzept für die Verortung und Überlagerung von interdisziplinären Informationen in einer multidimensionalen Visualisierung vor. Durch die verorteten Daten und Informationsanbindungen an Objekte im virtuellen Raum entsteht ein digitales Modell der Stadt, das die visuelle Ausgabe eines Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystem darstellt. Es entsteht ein Interface für domänenübergreifende und kooperative Planungsprozesse, das als Planungswerkzeug auch für Steuerungs- und Verwaltungsaufgaben eingesetzt werden kann. Zur detaillierten Veranschaulichung der Anwendungsfelder einer visuellen Planungsunterstützung wird ein auf Basis des Konzeptes entwickelter Visualisierungsprototyp vorgestellt. Dieser ermöglicht webbasiert, multiskalar und interaktiv Informationen der Stadt bereitzustellen. Innerhalb eines Planungstests können die Einsatzbereiche des genannten Prototypen für ein Stadtentwicklungsgebiet in Wien erprobt und die Potentiale dargelegt werden.

II Summary

The sustainable use of land resources is a necessary part of modern urban development. The verifiably increasing population in congested urban areas and thereby connected needs for additional living and working space creates complex problems for actors in planning disciplines. Furthermore the increasing energy demand and therefore rising environmental pollution are barriers for the determination of sustainable procedures. Although climate protection targets are in place, the development of commodity prices, political arrangements and other parameters represent frame conditions for forecast models and calculations. These conditions require an interdisciplinary approach and cross-domain cooperative planning procedures. The doctoral college 'Urban Energy and Mobility Systems' (URBEM) focuses on scheduling these aspects and presents essential methods for the cooperation of different planning disciplines using the example of Vienna. Within the URBEM framework this thesis addresses methods to detect area reserves and depicts a concept for bringing together and interconnect interdisciplinary urban information within one multidimensional visualisation. By connecting the information to virtual objects it becomes geographically pinpointed and represents a digital city model which enables the visual output of a planning and decision support tool. It incorporates a visual interface for cross-domain and cooperative planning processes and a planning tool for administration and control. For a detailed demonstration of the fields of application of visual planning support a prototype is introduced. This prototype provides webbased, multi-scalar and interactive information for the city. Within a test-planning phase located at the train station «Wien Westbahnhof», the operating conditions of this prototype are tested and available potentials exposed.

1 Ausgangslage und Dissertationsrahmen

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen eines Doktoratskollegs durchgeführt. In diesem Kapitel werden die Inhalte und Zielsetzungen dieses Kollegs erläutert sowie die innerhalb des Doktoratskollegs festgelegten Szenarien dargelegt.

1.1 Das Doktoratskolleg URBEM

Die Wiener Stadtwerke Holding AG und die TU Wien haben gemeinsam ein Doktoratskolleg mit dem Titel «Urbanes Energie- und Mobilitätssystem» (URBEM-DK) eingerichtet. Ziel ist die Erforschung und Entwicklung von Maßnahmen für den Weg zu einer «nachhaltig versorgungssicheren, leistbaren und lebenswerten Stadt» am Beispiel der Stadt Wien in einem ganzheitlichen und interdisziplinären Ansatz.

*Wiener Stadtwerke
Holding AG und TU
Wien*

In URBEM erdenken, entwickeln und testen zehn Dissertantinnen und Dissertanten zukunftsfähige Strategien und Technologien sowie neue wissenschaftliche Methoden in den folgenden Bereichen:

- Analyse des Energieverbrauchs und Mobilitätsverhaltens der Bevölkerung
- Optimierung der Verkehrsmittelwahl im urbanen Raum
- Entwicklung und Analyse zukunftsfähiger Methoden für Bestandssanierung und Neubau von Gebäuden
- Simulation von thermischen, stofflichen sowie elektrischen, gebäudeübergreifenden Energiesystemen
- Planung und Sicherung von IKT-Strukturen zur Steuerung der urbanen Energieversorgung
- Betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Analysen und Risikomanagement städtischer Energie- und Mobilitätssysteme
- Einbindung von Beteiligten in Planungs- und Entscheidungsprozesse u.a. durch virtuelle Umgebungen

Abbildung 1.1 gibt einen Überblick über die Vernetzung der zehn in URBEM beteiligten Themengebiete. Die Systemdarstellung zeigt dabei die Berechnungs- und Simulationsmodelle der einzelnen Disziplinen (1-8) in einer cloudbasierten Umgebung (9).

Inhalt der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung von digital gestützten Werkzeugen zur Planung einer ressourcenschonenden Stadtentwicklung. Dabei werden einerseits Berechnungsmodelle zur Aufspürung von Flächenreserven innerhalb der Stadtgrenzen erarbeitet, andererseits wird eine räumliche Visualisierung, in der die Ergebnisse der einzelnen URBEM-Disziplinen verortet, visualisiert und potentielle Flächenressourcen zur Nachverdichtung untersucht werden können, konzipiert. Das Gesamtsystem URBEM bildet so ein Entscheidungs- und Planungsunterstützungswerkzeug für interdisziplinäre Anwendungen. Dadurch können die zu beantwortenden Fragestellungen im URBEM-DK visualisiert und als Grundlage zur Gestaltung von Maßnahmen sowie zur Abschätzung von möglichen Eingriffen, Planungsbeteiligten zur Diskussion zur Verfügung gestellt werden.

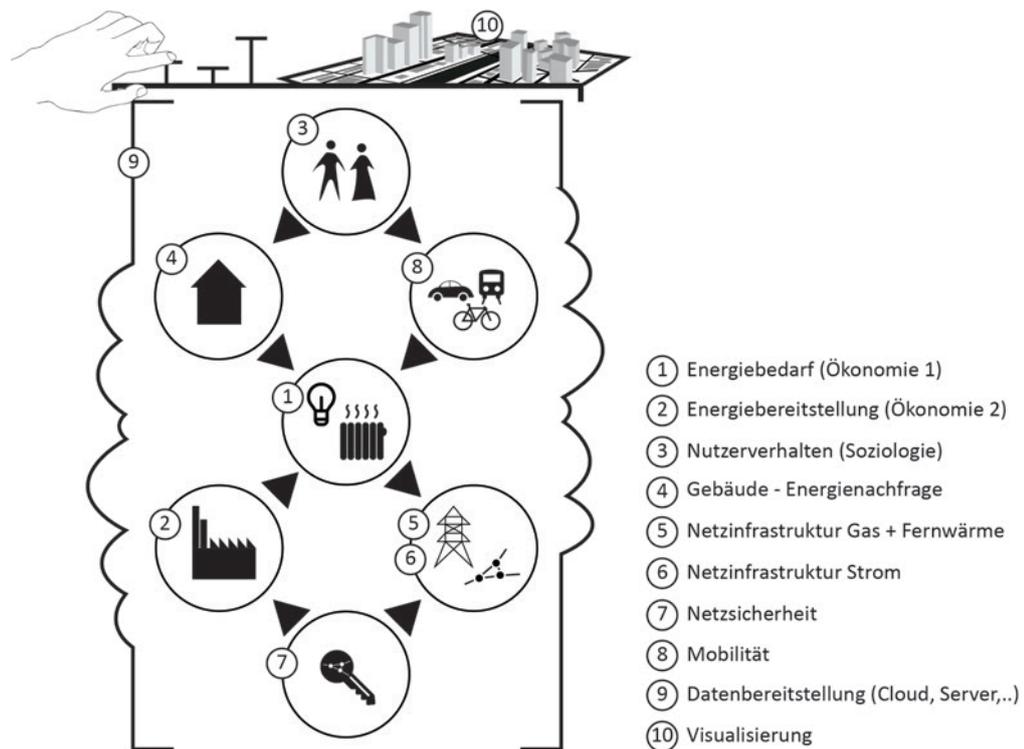


Abbildung 1.1.
URBEM - Beteiligte
Disziplinen
und deren
Zusammenhänge
(Quelle: Eigene
Darstellung)

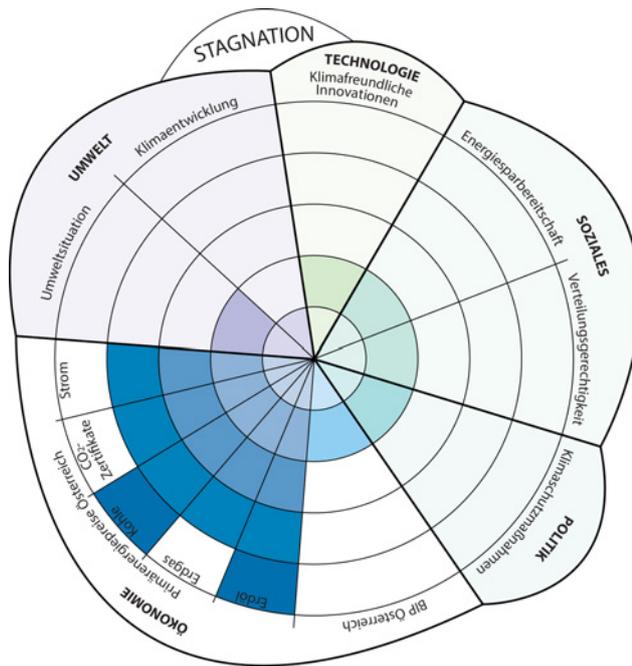


Abbildung 1.3.
Stagnations-Szenario;
Alternativszenario 1
(Quelle: Eigene
Darstellung)

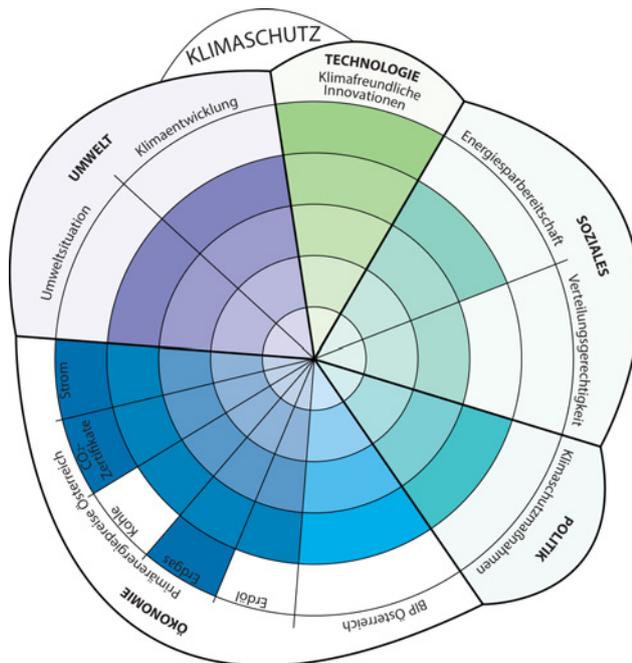


Abbildung 1.4.
Klimaschutz-Szenario;
Alternativszenario 2
(Quelle: Eigene
Darstellung)

2 Einleitung

2.1 Hintergrund

Die Bevölkerung der Stadt Wien ist im vergangenen Jahrzehnt um 9,1 % gewachsen. Das entspricht 144.000 Personen und ist in etwa mit der Einwohnerzahl der Stadt Salzburg vergleichbar. Diese Entwicklung wird laut aktueller Bevölkerungsprognose in den kommenden Jahren fortgesetzt und Wien wird laut der aktuellen Landesstatistik Wien aller Voraussicht nach im Jahr 2029 die 2 Millionenmarke erreichen. (vgl. [4, Vorwort] basierend auf Daten der Statistik Austria und Abb.2.1)

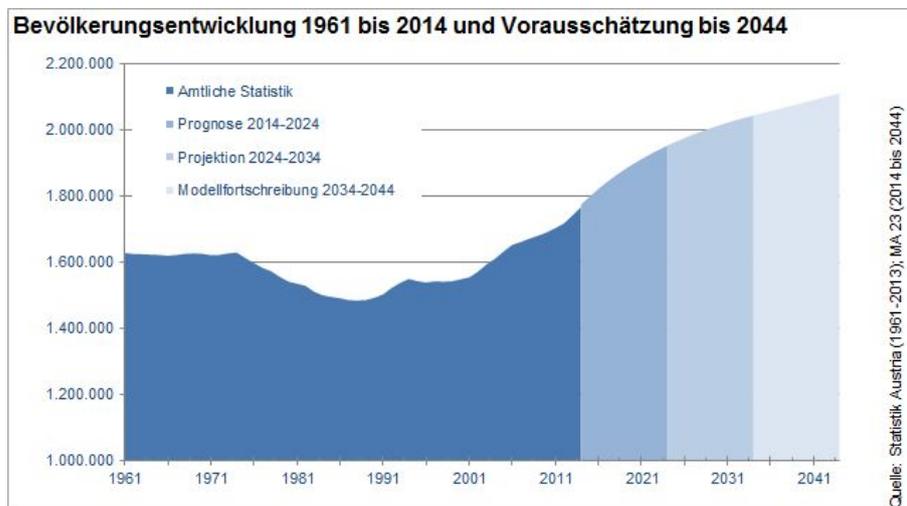


Abbildung 2.1.
Bevölkerungs-
entwicklung 1961
bis 2044
(Quelle: [5])

Ein solches Bevölkerungswachstum wird große Herausforderungen auf unterschiedlichen, versorgungstechnischen Ebenen (Wohnungen, Arbeitsplätze, Verkehrstechnik, Versorgungsnetze, soziologische Ansprüche,...) mit sich bringen. Zudem hat sich die Stadt Wien in ihrer Smart-City-Rahmenstrategie das ambitionierte Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen pro Kopf bis zum Jahr 2030 um 35% und bis zum Jahr 2050 um 80% zu senken (im Vergleich zu 1990). (vgl. [6, p.33]) Um diese Einsparungen verwirklichen zu können, wurden in der Smart-City-Rahmenstrategie in den Bereichen Energie, Mobilität, Gebäude und Infrastruktur spezifische Teilziele gesetzt.

*Smart-City-
Rahmenstrategie*

Die für eine steigende Bevölkerung notwendigen Wohn- und Arbeitsflächen (Gewerbegebiete, Büroflächen) bereitzustellen und die Stadt in eine nachhaltige und versorgungssichere Zukunft zu führen, ist eine komplexe Planungsaufgabe. Dabei stellt die haushälterische Nutzung der Ressource Boden eine Grundlage für eine nachhaltige Siedlungsentwicklung dar.

Zur Sicherung einer nachhaltigen Entwicklung unserer geplanten Umwelt müssen Strategien entwickelt werden, die sowohl die gegebenen Flächenressourcen zweckmäßig behandeln, als auch soziale Überlegungen, die Entwicklung der unterschiedlichen Verteilernetze und deren Infrastruktur und die verschiedenen Arten der Mobilität berücksichtigen. Im Sinne einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung sind dabei auch die Erzeugung und die Kosten (Entstehungs- und Gestehungskosten) der Primärenergie zu betrachten. Die Strategien zur lebenswerten Gestaltung unseres Lebensraumes sind *«als Richtschnüre für in Zukunft zu ergreifende Handlungen und zu treffende Entscheidungen»*[7, p.288] zu verstehen.

Eine Strategie um nachhaltige Siedlungsentwicklungen auszuarbeiten und darlegen zu können ist die Innenentwicklung (vgl. Nebel [8] und Grams [9]). Darunter versteht man, räumliche Entwicklungen innerhalb definierter Grenzen zu forcieren. Es ist ein interdisziplinärer Ansatz, der die gegebenen Raumressourcen im Sinne ihres Gebrauches behandelt und die Möglichkeiten von Infrastrukturen (Bsp. Versorgungsnetze) analysiert. Dadurch können Wege für einen nachhaltigen Umgang mit den verfügbaren räumlichen und baulichen Ressourcen (Flächenreserven), sowie deren Weiterentwicklung oder Rückbau aufgezeigt werden.

Die praktische Umsetzung dieses Ansatzes ist eine vielschichtige Planungsaufgabe wobei die räumliche Überlagerung domänenübergreifender Informationen ein grundlegender Bestandteil ist. Um Wege und Entwicklungen zu testen und ihre Auswirkungen zu reflektieren, sind Modellbildung und Simulation wichtige Hilfsmittel. Die visuelle Darstellung räumlicher Informationen und interdisziplinärer Erkenntnisse als Kommunikationsgrundlage in Planungsverfahren fungiert als Planungsassistenzsystem und ermöglicht es, *«die Phasen des Planungsprozesses inhaltlich sowie prozedural [...] zu unterstützen.»*[10, p.203]

2.2 Problemstellung und daraus entstehende Ziele der Arbeit

Zur strategischen Planung der zur Verfügung stehenden Ressourcen (Boden, Rohstoffe) ist die Überlagerung von Informationen und die räumliche Übersichtsgewinnung versorgter und versorgender Trägerstrukturen eine wichtige Grundlage. Um zu erheben wo eine steigende Anzahl von Menschen in einem urbanen System Wohnen und Arbeiten kann, ist ein Ziel der vorliegenden Arbeit die Entwicklung einer Methode zur raschen Übersichtsgewinnung von potentiellen Flächenreserven am Beispiel der Stadt Wien. Für eine strategische Planung der ressourcenschonenden Versorgung von Menschen und Gebäuden können energie- und mobilitätsbezogene Berechnungs- und Simulationsmodelle Ergebnisse liefern. Diese interdisziplinären Ergebnisse bieten räumlich verortet und in Übersichtsdarstellungen überlagert, Unterstützung in Entscheidungs- und Planungsprozessen. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist daher die Entwicklung und Umsetzung eines Konzepts für einen digitalen Visualisierungsprototypen, der visuelle räumliche Übersichtsgewinnung interdisziplinärer Informationen im Sinne einer inneren, ressourcenschonenden Entwicklung unserer urbanen Systeme gewährleistet. Die räumliche Visualisierung erlaubt so Systemüberblick und Systemeinblicke, maßstabsübergreifend und mittels Anpassung der visuellen Ausgabe an die Planungsbeteiligten. Letzteres stellt eine wesentliche Grundlage in interdisziplinären Planungsprozessen und kooperativen Planungsverfahren dar.

Die energie- und mobilitätsbezogenen Daten- und Informationsgrundlagen für die Erarbeitung des Visualisierungsprototypen, bilden die Ergebnisse der teilnehmenden Disziplinen des Doktorratskollegs URBEM (vgl. Kapitel 1.1). Diese werden als inhaltliche Ebenen in den «URBEM-Visualisierungsprototypen» implementiert. Dadurch können sie untereinander und ebenenübergreifend in Verbindung gestellt werden und ermöglichen interdisziplinären Austausch. Diese Überlagerung und Kombination erlaubt es, raumbedeutsame Probleme schrittweise zu untersuchen. Der virtuelle Stadtraum entwickelt sich so zu einem Experimentierfeld, in dem planungsrelevante Entscheidungsgrundlagen in zeitgemäßer Form und mit Raumbezug zur Verfügung gestellt werden. Dies kann den Umgang mit sichtbaren und unsichtbaren Systemstrukturen des Raums erleichtern und eine neue Brücke zwischen *Planungswelt* und *Alltagswelt*[11, p.30] schaffen.

*URBEM-
Visualisierung zur
Planungs- und
Entscheidungs-
unterstützung*

2.2.1 Forschungsfragen und Hypothesen

Zwei zentrale Forschungsfragen werden innerhalb der vorliegenden Arbeit schwerpunktmäßig behandelt:

- Wie kann rasch eine Übersicht von Wiens Flächenreserven generiert werden?
- Wie muss ein visuelles, räumliches Entscheidungs- und Planungsunterstützungssystem für die ressourcenschonende Planung urbaner Systeme konzipiert sein um strategische Übersichten zu gewährleisten?

Ausgehend von den Forschungsfragen werden folgende Hypothesen aufgestellt:

- Die Flächenpotentiale innerhalb einer Stadt können durch automatisierte Verfahren abgeschätzt und so Übersichten generiert werden, die Grundlagen für detaillierte qualitative Untersuchungen mit dem Ziel der Innenentwicklung darstellen.
- Um den schonenden Umgang mit Ressourcen planen zu können, sind strategisch iterative Planungsprozesse notwendig. Diese Prozesse können durch die simultane räumliche Überlagerung von Informationen unterschiedlichster Disziplinen in einer digitalen interaktiven Visualisierung unterstützt werden. Die Informationsinhalte müssen dabei für unterschiedliche Betrachter visuell angepasst zur Verfügung stehen. Für die Umsetzung eines solchen Systems können bestehende Möglichkeiten der räumlichen Darstellung kombiniert werden.

2.3 Stand der Forschung

2.3.1 Programme und Methoden zur Erhebung von Flächenreserven

Für eine ressourcenschonende Entwicklung unserer Städte ist es zielführend, Flächenreserven innerhalb definierter Grenzen (Bsp. Stadtgrenzen) zu nutzen. Um die Flächenpotentiale eines Gebietes aufspüren, verorten und Flächennutzungen als Prozess über die Zeit dokumentieren zu können, wurden in Österreich, Deutschland und der Schweiz verschiedene Methoden entwickelt. Die Fokussierung auf diese Länder ist einerseits durch die räumliche Nähe zu Wien, wo der Fokus von URBEM gesetzt ist, und andererseits durch ähnliche Bestrebungen und Haltungen im Bereich Nachhaltigkeit (Verringerung der Bodenversiegelung), Klimaschutz und Energiepolitik begründet.

Bei der Aufspürung und Untersuchung bestehender Programme und Methoden zur Feststellung und zur Übersichtsgewinnung von Flächenreserven, stehen einerseits die Anwendbarkeit in Wien (Anpassungsfähigkeit an Wiener Bauordnung, erforderliche Datengrundlagen,...) und andererseits die Möglichkeit zur Automatisierung

(computergestützt) der Untersuchungen, die wesentlichen Auswahlkriterien dar. Diesbezüglich spielen auch der erforderliche technische und zeitliche Aufwand der Methode eine wichtige Rolle.

In Österreich wird die quantitative Flächeninanspruchnahme (Versiegelung) vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) mittels der Grundstücksdatenbank (GDB) festgestellt. Die GDB verknüpft dabei die Daten von Grundbuch und Kataster (vgl. [12]). Innerhalb einer Studie im Rahmen der österreichischen Nachhaltigkeitsstrategie von Lexer und Linser wurde die GDB jedoch aufgrund mangelnder Aktualität und fehlender Flächenwidmungsinformationen stark kritisiert (vgl. [13, p.14]). Die GDB wird nur bei Neuvermessungen oder im Rahmen von Revisionen durch Luftbilddaufnahmen alle 5-7 Jahre aktualisiert (vgl. [13, p.15]). Dies bietet nur unzureichende Möglichkeiten die *«qualitativen Aspekte des Flächenverbrauchs auf lokaler Ebene [...] und dessen konkrete ökologische Auswirkungen»*[13, p.16] abzubilden.

Grundstücksdatenbank

2009 bis 2012 wurde das Landinformationssystem Austria (LISA), dessen Ziel die Erstellung aktueller und detaillierter Geoinformationen zu Landbedeckung und Landnutzung in Österreich ist, entwickelt.(vgl. [14]) Dabei handelt es sich um ein Landmonitoringsystem, das satelliten- und flugzeuggestützt aufgenommene Erdbeobachtungsdaten mit Geofachdaten kombiniert. Das Projekt wurde in 3 Projektphasen gegliedert, wobei Phase 1 und 2 die Entwicklung und Fertigstellung des Systems umfassen. Phase 3 wurde unter dem Titel *«CadasterENV Austria»* durchgeführt und stellt eine Fortführung des Landinformationssystemes (LISA) dar.

Landinformationssystem Austria (LISA)

Für LISA wurden ein Datenmodell und operationelle österreichische Landbeobachtungslösungen entwickelt. Dabei kommen automatisierte Bildanalyseverfahren zum Einsatz. Durch die entwickelte Methode zur Untersuchung der Landbedeckung und der Kombination von Geodaten sind *«sowohl die Klassifizierung von Bauweisen im Siedlungsbereich als auch die vollautomatische Ermittlung von Bauland- und Verdichtungsreserven, gemäß gesetzlichen Berichtspflichten»*[14] möglich.

In der Projektphase CadasterENV Austria wurde ab 2012 die räumliche Auflösungsgenauigkeit von 20m durch Aufnahmen des Satelliten Pléiades mit einer Genauigkeit von 50 cm ersetzt. Zudem wurde durch die Verwendung des Satelliten Sentinel-2 (Auflösung 20 m) eine österreichweite Karte, auf der Gebiete mit größeren Veränderungen dargestellt sind, entwickelt. Diese Übersicht bildet wiederum die Grundlage für detailliertere Untersuchungen mittels der entwickelten LISA-Bodenbedeckungskartierung.

CadasterENV Austria

In Tirol wurde zur Erstellung der Baulandbilanz das Verfahren *«tiris»* (Geographisches Informationssystem der Tiroler Landesverwaltung) entwickelt. Dieses Verfahren kombiniert die Informationen aus Flächenwidmungsplan, digitaler Katastralmappe und Luftbildern. Die Daten sind für jeden einsehbar und durch eine interaktive Kartendarstellung zugänglich. (vgl. [15])

«tiris» Tirol

ETH Zürich: Raum+

An der ETH Zürich wurde die Methode «Raum+» zur Erhebung von Siedlungsflächenreserven entwickelt. Dieser nun schon sehr ausgereifte und erprobte Zugang, quantitative und qualitative Übersichten der Flächenreserven zu erarbeiten, kann die Grundlage für ein aktives Siedlungsflächenmanagement bilden. In Raum+ werden auf Basis digitaler Informationsgrundlagen mögliche Flächenreserven verifiziert. Diese Flächenreserven bilden die Grundlage für Erhebungsgespräche, die zur Überprüfung und Ergänzung der Flächenpotentiale in den Gemeinden durchgeführt werden. Die Ortskenntnis der lokalen Vertreter liefert wichtige qualitative Informationen, durch die auch die zeitliche Zuordnung von Nutzungen, unternutzte Flächen, Brachen usw. erfasst werden können. Nach einer Plausibilitätsüberprüfung sind die so erhobenen Daten für Gemeinden und Kantone offen über eine Plattform zugänglich.(vgl. [16]) Diese Methode bildet Flächenreserven sehr detailliert ab, ist jedoch ein zeitintensives Verfahren.

REFINA Deutschland

Vom Bundesministerium für Bildung und Forschung wurde in Deutschland das Projekt «Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA)» initiiert. Dabei handelt es sich um einen Förderschwerpunkt des Ministeriums, um die Nachhaltigkeitsstrategien der Bundesregierung zu verfolgen. Zwischen 2006 und 2012 wurden so über 110 Projekte mit dem Fokus einer effizienten Flächennutzung unterstützt.(vgl. [17])

Für die automatisierte Untersuchung und Berechnung der Flächenreserven in Wien und einer zeitnahen Möglichkeit (im Zeitraum einiger Tage) der räumlichen Übersichtsgewinnung der Ergebnisse, hat sich keine der bestehenden und in diesem Kapitel angeführten Methoden als geeignet dargestellt. Die GDB ist dabei durch die genannte Problematik der Aktualität auszuschließen. Der Ansatz von LISA, basierend auf Satellitenbildern, automatisierte Auswertungen durchzuführen ist ein praxisnaher Ansatz in Bezug auf Datenverfügbarkeit und rasche Durchführbarkeit. Das Aufspüren potentiell möglicher Gebäudeaufstockungen ist durch den fehlenden Informationsgehalt der Gebäudehöhe aber ungeeignet. Auch die Feststellung von Gebäudezubauten oder Ergänzungsbauten ist für dicht besiedelte Gebiete aufgrund des Detaillierungsgrades von Bildaufnahmen (Betrifft auch Cadaster ENV) nicht geeignet. Das in Tirol eingesetzte Verfahren tiris bildet durch eine räumliche, interaktive Übersichtsdarstellung eine gute Analysegrundlage für Flächenpotentiale, benötigt für deren genaue Verortung jedoch zusätzliches qualitatives Hintergrundwissen. REFINA stellt ein Programm mit unterschiedlichsten Einzelprojekten mit dem Ziel der nachhaltigen Bodennutzung dar. Diese Projekte basieren wie Raum+ auf qualitativen Erhebungen. Raum+ bildet eine konkrete und auch in Wien anwendbare Methode für die Gewinnung von Flächenübersichten, ist jedoch, wie bereits genannt, ein sehr zeitintensives Verfahren.

2.3.2 Visualisierungswerkzeuge zur Entscheidungsunterstützung

Darstellungen und Modelle sind unverzichtbare Hilfsmittel bei Entscheidungs- und Planungsprozessen. Mit den technologischen Entwicklungen, vor allem im Bereich der interaktiven und multi-dimensionalen Darstellungsformen, haben sich die Einsatzbereiche stark vergrößert. Im Folgenden werden einige Entwicklungen zur Planungs- und Entscheidungsunterstützung, deren Fokus im Energie- und Mobilitätsbereich gesetzt wurde, vorgestellt.

Die Anforderungen an ein räumliches Visualisierungssystem für URBEM umfassen die Möglichkeit einer unabhängigen Implementierung des Systems ohne der Notwendigkeit Daten an Dritte weitergeben zu müssen, ein möglichst geringer technischer Aufwand und geringe Anforderungen an Hardwareressourcen. Die Analysegrenzen der einzelnen URBEM-Disziplinen stellen die räumlichen Grenzen der Stadt Wien und teilweise (Bsp. Mobilität - Pendlerverhalten) darüber hinaus dar. Aus diesem Grund ist ein Anforderungskriterium der Umgang mit großen Objektmengen (Gebäuden, Bezirken,...). Die Anbindung an etablierte Datenbanksysteme (Bsp. PostGIS) ist ein weiteres Kriterium bei der Systemauswahl. Für den Einsatz in kooperativen Planungsverfahren sind eine unbegrenzte zeitliche Verfügbarkeit, Möglichkeiten für szenarienspezifische Analysen und eine benutzerfreundliche Anwendbarkeit weitere relevante Faktoren.

2011 erstellte Daniel Segraves, Designer und Computerwissenschaftler in Zusammenarbeit mit Adrian Smith und Gordon Gill, ein «Kohlenstoffentziehungs Werkzeug» für Chicago. Dabei handelt es sich um ein multiskalares, analytisches Modell, das den enthaltenen und freigesetzten Kohlenstoff eines urbanen Systems abbildet. Die Primärfunktion des Modells ist ein Optimierungsmodul, programmiert um die effizienteste Einstellung einer gegebenen Menge von Ressourcen, hinsichtlich Wachstum und Rekonfiguration von eingesetzten Agenten, in Frage zu stellen. Das Modell wurde entwickelt, um den Nutzen von Ressourcen zu testen und Lösungsparameter zur Reduktion des Kohlenstoffverbrauchs zu identifizieren oder um den höchsten Rückgewinn von investierten Ressourcen aufzuzeigen. Es stellt ein Hilfsmittel für Entscheidungsprozesse dar und beinhaltet Kohlenstoffverbrauch, gebäudeübergreifende Energiesysteme, Design- und Planungsoptimierung sowie die Ressourcenmodellierung in einer dreidimensionalen Grafikumgebung.(vgl.[18, p.120-124])

*«Decarbonisation
Tool für Chicago»*

Methoden zu entwickeln, um den Kohlenstoffausstoß einer Stadt zu verringern, hat sich auch ein Forschungsprojekt der ETH Zürich in Zusammenarbeit mit dem Imperial College London, IBM und ESRI zum Ziel gesetzt. Das Projekt «Smart Urban Adapt» zeigt europäischen Städten Entwicklungspfade für die «1-ton- CO_2 -society». Das von 2012 bis 2013 durchgeführte Projekt ist szenariobasierend und stellt ein interaktives Entscheidungsunterstützungswerkzeug zur städtischen Entwicklung und Planung dar. Neben interaktiver Vorhersagen über Transport und Flächennutzung werden auch Aussagen über die klimatischen Entwicklungen und in weiterer Folge die Verwendung von smartsensoring Daten getätigt. Die Entwicklung ist cloudbasiert, um eine höchstmögliche Flexibilität und Erweiterbarkeit zu gewährleisten.(vgl. [19])

Smart Urban Adapt

Simstadt

2015 ist ein weiteres Forschungsprojekt zur Analyse und Simulation von städtischen Gebieten realisiert worden. «Simstadt» ist der Name für eine neue urbane Simulationsumgebung zur Energieanalyse für Stadtquartiere, ganze Städte und sogar Regionen. Es soll eine Unterstützungsumgebung für Stadtplaner und Stadtmanager geschaffen werden, um CO_2 -senkende Energiestrategien der Stadt besser definieren und koordinieren zu können. Ausgangspunkt für dieses Werkzeug ist ein virtuelles 3D-Stadtmodell, welches nach «CityGML» Standards umgesetzt ist. Das entwickelte Simulationswerkzeug von Simstadt berücksichtigt hierbei alle CityGML Darstellungslevels (Level of Detail-LoD). Die Modelle werden mit Verfahren wie LiDAR(Light Radar) oder orientierten Luftbildern technisch umgesetzt und mit verfügbaren semantischen Datensätzen angereichert. Jegliche Daten werden in einer Geodatenbank gespeichert und bilden die Grundlage für die Wärme-/Kältebedarfsberechnung, die Berechnung des Photovoltaikpotenzials, erneuerbare Energiesimulationen sowie der Simulation von Wärme- und Kältenetzen. Das Endprodukt ist ein simulationsfähiges Stadtmodell, welches gebäudebezogen die Darstellung von Energiekennwerten, Leistungsgrad des Wärmebedarfs, CO_2 -Verbrauch, Energieeinsparungspotential usw. erlaubt.(vgl. [20])

5D Smart City

Durch die steigende Nachfrage an Softwarelösungen für die Verarbeitung und Darstellung großer Datenmengen, die in urbanen Räumen durch Messungen aufgenommen oder durch die Bewohner entstehen, schreiten auch die kommerziellen Entwicklungen in diesem Bereich voran. Die Firma Cityzenith hat «5D Smart City», eine «Open City Management Plattform», entwickelt. Dieses Werkzeug soll Städten, Firmen und Bürgern durch angepasste Anwendungen die Datenverarbeitung und Datenvisualisierung ermöglichen. Je nach Erfordernissen kann ein Infrastrukturmodul oder ein Umweltmodul angewendet werden. Die Darstellung erfolgt webbasiert, ist interaktiv, dreidimensional und ermöglicht den Echtzeitzugriff auf Datenmessungen, Live-Kameras und präsentiert objektbasierte Informationsvisualisierung.(vgl. [21])

Alle angeführten Systeme beinhalten interaktive, räumliche Modelle. Während sich Segraves Kohlenstoffentziehungs Werkzeug und Simstadt als maßgeschneiderte Systeme für spezifische Anwendungsgebiete darstellen, sind Smart Urban Adapt und 5D Smart City durch cloudbasierte und weborientierte Ausrichtungen dynamisch erweiterbare Lösungen mit großen Anwendungsfeldern. Das bei letzteren genannte kommerzielle Interesse und die damit verbundene Abhängigkeit an Verfügbarkeit, Support und der erforderlichen Weitergabe von Modell- und Berechnungsdaten lassen auch diese Systeme für den Einsatz in URBEM ausscheiden. Keines der angeführten Systeme erlaubt die Darstellung unterschiedlicher Detaillierungsgrade innerhalb eines Modells und bietet dadurch keine Grundlage um eine an spezifische Nutzer und Nutzergruppen (Stakeholder) angepasste Visualisierung zu gestalten.

2.4 Innovative Ansätze der vorliegenden Arbeit

Um bestehende Flächenreserven innerhalb definierter Grenzen feststellen und eine räumliche Übersicht gewinnen zu können, gibt es bisher nur sehr zeitintensive manuelle Untersuchungsmethoden, die zumeist nur Untersuchungsmöglichkeiten und Feststellungsverfahren der Flächennutzung aufweisen und nicht multiskalar anwendbar sind. (vgl. Kap.2.3.1) In der vorliegenden Arbeit wird daher eine automatisierte, algorithmengestützte Methode, die einen neuen Zugang zur raschen und zeitnahen Übersichtsgewinnung von Flächenreserven beinhaltet, entwickelt. Diese Methode besteht dabei einerseits durch eine gute Anwendbarkeit der Ergebnisse als Grundlage detaillierter Untersuchungen (vgl. Kap.3.3.1 und Kap.3.3.2) und andererseits durch ein breites Anwendungsfeld sowie durch eine schnelle Aktualisierbarkeit. Die Methode ermöglicht darüber hinaus die räumliche Verortung der quantitativen Berechnungsergebnisse. Dadurch wird eine visuelle räumliche Übersichtsgewinnung ermöglicht, die angereichert mit Informationen des Energiesystems und des Mobilitätssystems einer Stadt erlaubt, versorgte und versorgende Strukturen erkennen und analysieren zu können. Dies ermöglicht die strategische Planung von ressourcenschonenden urbanen Entwicklungen. Der in der vorliegenden Arbeit demonstrierte digitale Visualisierungsprototyp erlaubt die räumliche Verortung von interdisziplinären Informationen um planungsteilnehmenden Personen bei der strategischen Planung urbaner Systeme zu unterstützen und ressourcenschonenden Handlungsweisen festlegen zu können. Gegenüber bestehenden digitalen Systemen, die bei der Planung und Entscheidungsfindung unterstützen, bietet der in der vorliegenden Arbeit aufgezeigte URBEM-Visualisierungsprototyp eine räumliche interdisziplinäre Modellverknüpfung, um ressourcenschonende innere Entwicklung von dicht besiedelten Gebieten und bedeutende Knotenpunkte («Hubs») sowohl räumlich als auch szenariengestützt zeitlich zu identifizieren und zu analysieren. Der URBEM-Visualisierungsprototyp kombiniert bestehende Funktionen der Informationsstrukturierung, wie Darstellungsebenen und Darstellungsgrade um Systemüberblick und Systemeinblicke für alle Planungsbeteiligten gleichermaßen zu gewährleisten. Das in der vorliegenden Arbeit aufgezeigte visuelle Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystem besteht dabei gegenüber bestehenden Systemen durch die Fähigkeit, Raumübersichten eines Gesamtsystems abbilden zu können, der Möglichkeit raumbedeutsame Fragen zur Erweiterung und Versorgung urbaner Strukturen iterativ zu analysieren und dadurch strategisch zu planen. Gegenüber bestehenden Systemen mit sektorialem inhaltlichen Fokus (Informationsinhalte einer Domäne) ermöglicht es der URBEM-Visualisierungsprototyp, räumliche Darstellungsinhalte an die Interessen und domänenspezifischen Blickwinkel von unterschiedlichen Betrachtenden anzupassen.

2.5 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit ist nach dem in Abb. 2.2 dargestellten Schema aufgebaut.

Kapitel 1 erklärt die Rahmenbedingungen des URBEM-DK.

In Kapitel 2 werden Hintergrund und Ziel der Arbeit erläutert.

Mit Kapitel 3 werden automatisierte Methoden zur Auffindung von Flächenpotentialen und die daraus resultierenden Ergebnisse vorgestellt.

Um aus den in Kapitel 3 entwickelten visuellen quantitativen Übersichten Bereiche mit hohen Potentialen für die Stadtentwicklung auszuwählen und konkrete Maßnahmen für diese Entwicklungen festzulegen, werden kooperative Planungsverfahren eingesetzt.

Kapitel 4 beschäftigt sich daher mit Planungsmethoden im Allgemeinen und kooperativen Planungsverfahren, die in interdisziplinären Entscheidungsprozessen eingesetzt werden, im Speziellen.

Um raumbedeutsame Informationen aus dem Kontext der Energie- und Mobilitätsplanung digital gestützt zu überlagern und als visuelle Grundlage für eine strategische Planung urbaner Systeme bereitzustellen, erörtert Kapitel 5 grundlegende graphische Darstellungsformen. Dabei wird vor allem die verortete Informationsvisualisierung, die graphische Speicherung und die Interaktion mit den digital zur Verfügung stehenden Mitteln zweckmäßig untersucht. Aufbauend auf den theoretischen Grundlagen aus Kapitel 5 wird die praktische Umsetzung einer digitalen, multidimensionalen Visualisierung zur Planungs- und Entscheidungsunterstützung entworfen.

Dazu wird in Kapitel 6 ein Konzept, das die Anforderungen einer räumlichen Visualisierung als Hilfsmittel bei strategischen Entscheidungen darlegt, erarbeitet. Basierend darauf beschreibt dieses Kapitel Aufbau und Mehrwert des URBEM-Visualisierungsprototypen, gespeist aus den interdisziplinären Daten des URBEM-DK.

In Kapitel 7 wird der Einsatz des entwickelten URBEM-Visualisierungsprototypen aufgezeigt. Dabei wird für den Bereich des Wiener Westbahnhofs ein Planungstestlauf erprobt und die daraus resultierenden Erkenntnisse für das Entwicklungsgebiet dargelegt.

In Kapitel 8 wird bezugnehmend auf den URBEM-Visualisierungsprototypen über die Erfahrungen, die Erkenntnisse und den weiterführenden Entwicklungsbedarf für interaktive räumliche Visualisierungen berichtet. Dabei wird der Einsatz einer räumlichen Visualisierung in Planungsverfahren analysiert. Dieses Kapitel reflektiert auch die Vor- und Nachteile der in Kapitel 3 vorgestellten automatisierten Methoden zur raschen Übersichtsgewinnung von Flächenpotentialen.

Abschließend gibt Kapitel 9 einen Ausblick auf die Konzeption einer Erweiterung des vorgestellten Planungs- und Entscheidungsassistenzsystems in Richtung Vollautomatisierung der Ergebnisdarstellung.

1	AUSGANGSLAGE und DISSERTATIONSRAHMEN DAS DOKTORATSKOLLEG URBEM
2	EINLEITUNG HINTERGRUND und ZIEL DER ARBEIT HYPOTHESEN und STAND DER FORSCHUNG
3	NUTZUNGSRESERVEN der STADT WIEN BEGRIFFE und RECHTLICHE GRUNDLAGEN NUTZUNGSRESERVEN - GESCHOSS- und BAUFLÄCHENRESERVEN (METHODEN - ERGEBNISSE - VALIDIERUNG)
4	PLANUNGSMETHODEN und PLANUNGSUNTERSTÜTZUNG VISUALISIERUNG als KOMMUNIKATIONSMITTEL KOOPERATIVE PLANUNGSVERFAHREN
5	RÄUMLICHE DARSTELLUNGSFORMEN und INTERPRETATIONSHILFEN DATENVISUALISIERUNG: KARTEN, MODELLE, SIMULATIONEN
6	URBEM-VISUALISIERUNG PROTOTYPENENTWICKLUNG ZUR PLANUNGS und ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG KONZEPT, AUFBAU und INHALTE
7	INTEGRIERTE ENERGIE-RAUMPLANUNG ANWENDUNGSBEISPIEL STADTENTWICKLUNGSGEBIET WESTBAHNHOF
8	ZENTRALE ERKENNTNISSE
9	SCHLUSSBEMERKUNGEN UND AUSBLICK

Abbildung 2.2.
Schematische
Darstellung zum
Aufbau der Arbeit
(Quelle: Eigene
Darstellung)

3 Nutzungsreserven der Stadt Wien

Durch die starke Migration der Bevölkerung in die Städte und sich verändernde Lebensstile mit höheren Ansprüchen an Wohnraum und Mobilität, kommt es zu einer stetig steigenden Flächeninanspruchnahme des Menschen. Um eine nachhaltige Nutzung der endlichen Ressource Boden zu ermöglichen und einem flächenintensiven Siedlungswachstum entgegenzuwirken, bedarf es einer qualitativen und quantitativen räumlichen Verortung der bestehenden Nutzungsreserven.

Nachfolgend wird mittels automatisierter und geometriebasierter Methoden eine quantitative, verortete Übersicht unterschiedlicher Flächenpotentiale für Wien aufgezeigt. Basierend auf genannter Flächenübersicht wird deren zeitliche Verfügbarkeit für zwei URBEM-Szenarien dargelegt.

Als Einführung in das Thema werden kurz die Gründe für einen nachhaltigen Umgang mit der Ressource Boden hervorgehoben. Zur Vermittlung der Hintergründe der entwickelten Untersuchungsmethoden werden die notwendigen Begriffe und gesetzlichen Grundlagen erläutert.

3.1 Siedlungswachstum und die Folgen steigender Flächeninanspruchnahme

Der haushälterische Umgang mit bestehenden Flächen und eine nachhaltige Entwicklung der Siedlungsräume ist Bestandteil des aktiven Flächenmanagements und ein Ziel des Flächenmonitorings (vgl. [22]). Eine geringe Besiedlungsdichte birgt unerwünschte Folgen zwischen den in Wechselwirkung stehenden Bereichen Siedlung, Landschaft und Verkehr.

Eine Siedlungsfläche mit geringer Dichte erhöht die Kosten der Erschließungsinfrastruktur, wie Verkehr und den Ausbau von Ver- und Entsorgungsleitungen. Verkehrsflächen besitzen innerhalb der Stadt nicht nur das Potential der Verbindung unterschiedlicher Orte, sie bergen auch die Gefahr der Zerschneidung und Fragmentierung beispielsweise von Siedlungsflächen, sowie den Verlust von Freiraum.

*Erhöhung der
Infrastruktur- und
Mobilitätskosten*

*Höhere
Umweltbelastungen*

Die Ausdehnung von Siedlungsflächen führt in weiterer Folge zu höherem Verkehrsaufkommen und damit verbunden zu erhöhten Mobilitätskosten sowie zu höherem Energiebedarf im Verkehrssektor. Bei schlechter öffentlicher Erreichbarkeit kann es auch zum Anstieg des motorisierten Individualverkehrs kommen. Generell entstehen durch steigende Flächeninanspruchnahme höhere Belastungen für die Umwelt (Emissionen). Die steigende urbane Flächeninanspruchnahme beeinträchtigt auch historisch gewachsene Stadtbilder und urbane Strukturen und damit einhergehend kommt es zu einer Verminderung von Standortattraktivitäten.

*Steigende
Bodenversiegelung*

In Österreich werden täglich in etwa 22,4 Hektar Boden versiegelt.(vgl.[23]) Davon fallen 7 Hektar auf den Siedlungsbau und den Bau von Verkehrsinfrastrukturen (z.B. Straßen).(vgl. ebd.) Die restlichen 15,4 Hektar werden durch Bautätigkeiten im übergeordneten Verkehrsinfrastrukturbereich (Flughafen und Hafen) sowie durch den Bau von Entsorgungsanlagen, Lagerplätzen, Werksgeländen und Friedhöfen in Anspruch genommen.(vgl. ebd.) Darüber hinaus werden durch die Gartennutzung und Erholungsnutzung von Bodenflächen weitere Flächen versiegelt.(vgl. ebd.) Eine Begrenzung von Siedlungsräumen vermindert die meist irreversible Bodenversiegelung bzw. Schädigungen der Bodenfunktion.

3.2 Begriffsverständnis - rechtliche Bestimmungen und Abgrenzung

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Begriffe und rechtlichen Grundlagen, die zum Zweck der Einheitlichkeit und für das Verständnis der Arbeit von zentraler Bedeutung sind, geklärt.

3.2.1 Der Wiener Flächenwidmungs- und Bebauungsplan und die Wiener Bauordnung

In der Stadt Wien dienen der Flächenwidmungs- und Bebauungsplan als Grundlage für künftige Nutzungen und die Art der Bebauung eines Gebietes. Diese Plandokumente sind Instrumente der örtlichen Raumplanung, werden durch Verordnungen des Gemeinderates beschlossen und bestehen aus einem Plan- und einem Textteil.

«Der Flächenwidmungsplan skizziert in groben Zügen, nach welchen Grundsätzen der Ausbau der Stadt geordnet werden soll.»[24] Dabei werden vier Flächenwidmungsarten unterschieden: Grünland, Bauland, Verkehrsbänder und Sondergebiete. Der Bebauungsplan beschreibt, ob und in welcher Weise die im Flächenwidmungsplan ausgewiesene Grundfläche bebaut werden darf.

Neben der Darstellung der Flächenwidmung beinhaltet der Bebauungsplan die Bauklassen und vorgeschriebenen Bauweisen (offen, geschlossen), Höhenlage und Querschnitt von Verkehrsflächen, sowie die Fluchtlinien. Letztere bilden die Begrenzung zwischen Gebieten unterschiedlicher Flächenwidmung und werden differenziert in Baulinien, Baufluchtlinien und Straßenfluchtlinien (vgl. [24]).

Die Ausnutzung bestehender Siedlungsflächen zu intensivieren, bedeutet die bestehende Dichte zu erhöhen. Der Begriff Dichte ist in städtebaulichem und raumplanerischen Kontext auf die planungsrechtliche Definition des erlaubten Bebauungsgrades eines Grundstücks zurückzuführen. Grundlage dafür bilden in Wien die in der Wiener Bebauungsplan festgelegten Bauklassen (vgl. Tabelle 3.1). Die Bauklassen sind in §75 der Wiener Bauordnung definiert und beschreiben die minimal und maximal erlaubte Gebäudehöhe eines Bauwerkes innerhalb der Baufluchtlinien. Die Baufluchtlinie legt die Grenze, über die mit einem Gebäude oder Gebäudeteil, unter Berücksichtigung verschiedener Ausnahmen, nicht vorgerückt werden darf, fest. Gemeinsam ergeben Bauklasse und Baufluchtlinie das maximal nutzbare geometrische Volumen eines Bauwerks.

Bauklasse I	... mindestens 2,5m bis höchstens 9m
Bauklasse II	... mindestens 2,5m bis höchstens 12m
Bauklasse III	... mindestens 9m bis höchstens 16m
Bauklasse IV	... mindestens 12m bis höchstens 21m
Bauklasse V	... mindestens 16m bis höchstens 26m

Tabelle 3.1. Bauklassen der Wiener Bauordnung gemäß §75(2) (vgl. [25])

Die in den Bauklassen festgelegte maximale Gebäudehöhe beschreibt die maximale Traufenhöhe des Gebäudes (vgl. Abb.3.1). Auf diese kann in einem Winkel von 45° (bei Gartensiedlungsgebieten 25°) die Kubatur des Daches aufgesetzt werden. Gemeinsam kann so das gesamte maximal gesetzlich erlaubte Gebäudevolumen beschrieben werden. (vgl. §5(4)(k) Wiener Bauordnung)

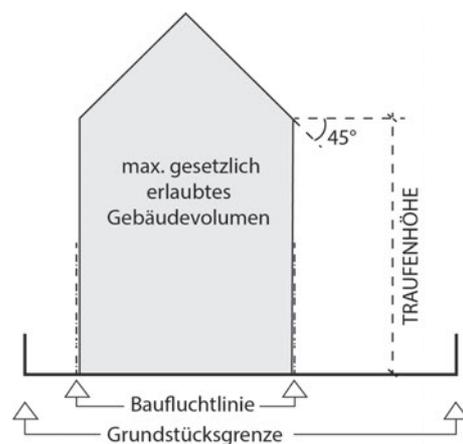
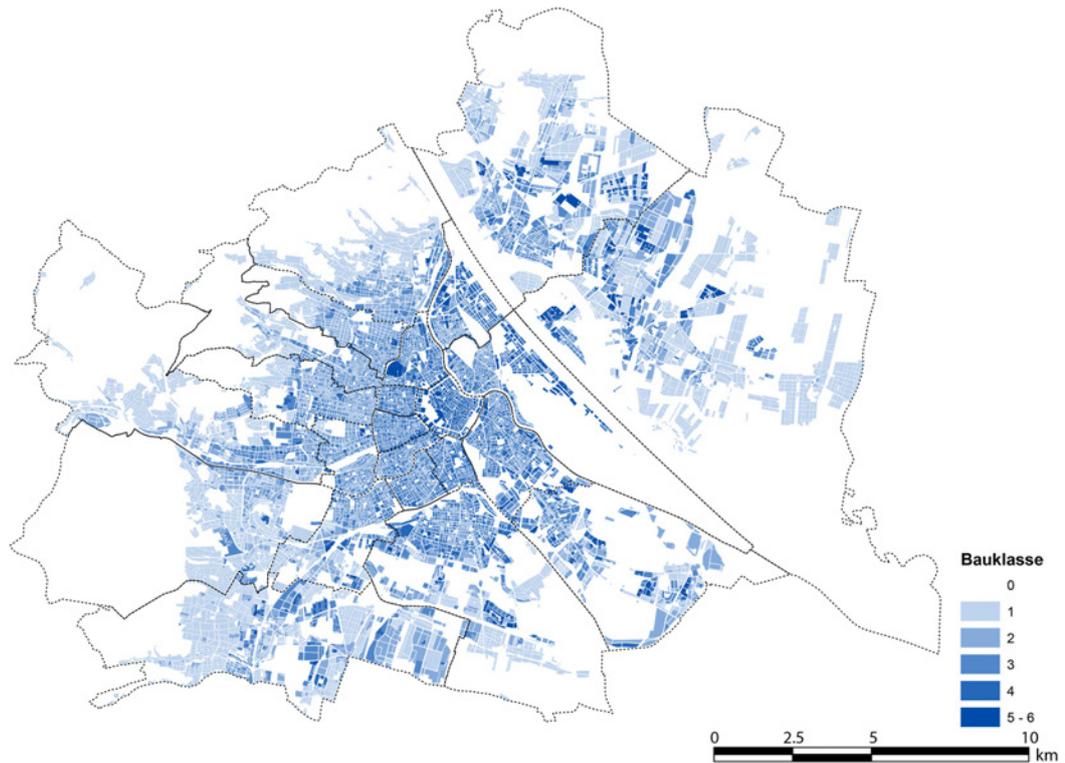


Abbildung 3.1.
Maximale
Gebäudevolumen lt.
Wiener Bauordnung
(Quelle: Eigene
Darstellung)

Um die Möglichkeiten der inneren Verdichtung im Bestand abzuschätzen, wird die Differenz des planungsrechtlich maximal bebaubaren Gebäudevolumens zum bereits gebauten Volumen ermittelt. Die Übersichtsdarstellung in Abbildung 3.2 der Bauklassen zeigt ein radiales Ansteigen der Bauklassen Richtung Stadtzentrum.

Abbildung 3.2.
Übersicht der
Bauklassenfestlegung
in Wien auf Basis
des Wiener
Flächenwidmungs-
und
Bebauungsplanes
(Quelle: Eigene
Darstellung)



Das flächenmäßige Erweiterungspotential außerhalb der Baufluchtlinien, wie beispielsweise Erker, Loggien und Balkone, ist in §83 und §84 der Wiener Bauordnung geregelt. In der vorliegenden Arbeit wird die Kalkulation dieser Flächen vernachlässigt, da es sich nur um Erweiterungen von bestehenden Wohn- und Büroeinheiten handelt. Die auskragenden Gebäudeteile bilden somit keine Grundlage zur Lukrierung neuer unabhängiger Wohn- und Arbeitsräume.

3.2.2 Siedlungsentwicklung nach innen

Die Begrifflichkeit «Siedlungsentwicklung nach innen» bzw. «Innenentwicklung» wird aus der Abhandlung «Siedlungsflächenmanagement Schweiz» (vgl. [8]) von Reto Nebel übernommen. Innenentwicklung ist eine «Strategie der Raumentwicklung» [26, p.82], «die Förderung einer konzentrierten Siedlungsentwicklung und damit die Vermeidung der weiteren Siedlungsausdehnung [...]» [8, p.25]

Das dabei verfolgte Ziel ist es, flächensparende Strategien der Siedlungsentwicklung aufzuzeigen, die Nutzung bzw. den Ausbau bestehender Infrastrukturen zu forcieren und so vor allem neue Wohn- und Arbeitsflächen innerhalb gegebener bzw. gebauter Strukturen zu ermöglichen.

Die bestehenden Flächenreserven eines Gebietes mit definierten Grenzen können einerseits durch Transformation bestehender Gebäude, Umnutzungen und Umwidmungen entstehen, andererseits stehen für eine nachhaltige städtische Verdichtung auch Flächenreserven auf unbebauten oder nur wenig bebauten Grundstücken zur Verfügung.

Im Bereich der Umwidmungen bzw. Umnutzungen sind für Wien beispielhaft jüngste Stadtentwicklungsgebiete anzuführen, wie die Seestadt Aspern, ein vormaliges Flugfeld im Norden Wiens oder die Transformation von Bahnarealen in Wohn- und Mischnutzung im Bereich des Wiener Nord- und Südbahnhofes. Die Verfügbarkeit von Flächen, die für Umnutzungen zur Verfügung stehen, festzustellen, ist schwierig festzumachen und die genaue zeitliche Einordnung zumeist mit großem Aufwand verbunden. In der vorliegenden Arbeit wird daher der Fokus auf Flächen gelegt, *«wo im geltenden Planungsrecht noch innere bauliche Nutzungsreserven bestehen.[...] [Unter Nutzungsreserven werden dabei Reserven] verstanden, welche aus der Differenz des bereits Gebauten bzw. Genutzten zum planungsrechtlich Erlaubten bestehen»*. [8, p.28] Den gesetzlichen Rahmen der Nutzungsreserven für Bauflächen innerhalb der Stadtgrenzen von Wien bildet die Wiener Bauordnung mit den zugehörigen Plandokumenten.

Die Nutzungsreserven können in unbebaute und bereits überbaute Reserven unterteilt werden. *«Bei den unbebauten Reserven entspricht der Ausbaugrad, also das tatsächlich realisierte Bauvolumen [...] im Verhältnis zum gemäß den baurechtlichen Bestimmungen zulässigen Bauvolumen [...] 0%. Bei den bereits bebauten Nutzungsreserven liegt der Ausbaugrad theoretisch zwischen 0 und 100%»* [8, p.29] (vgl. Abb.3.3)

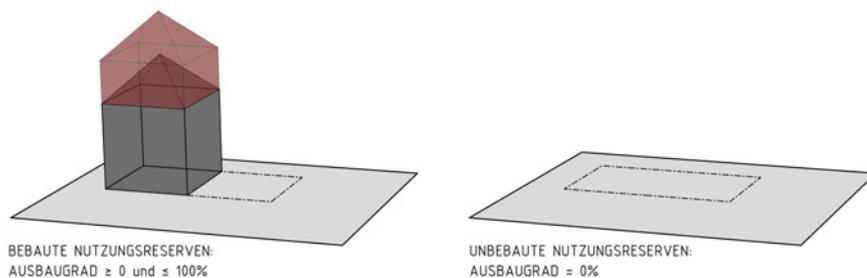


Abbildung 3.3.
Nutzungsreserven
(Quelle: Eigene
Darstellung in
Anlehnung an [8,
p.28])

Die Flächenreserven können innerhalb der lt. Flächenwidmungsplan festgelegten bebaubaren Gebiete nach ihrem Bebauungsgrad unterschieden werden. Abbildung 3.4 gibt diesbezüglich einen Überblick. Die in Abbildung 3.4 innerhalb der Bauzone dargestellten Bereiche gliedern sich in bereits bebaute Potentiale (Ausbaugrad 100% des Grundstücks), in unbebaute Reserven (Ausbaugrad 0% des Grundstücks), in die unternutzten Flächen, die auf einem Grundstück An-, Zu- oder Ergänzungsbauten zulassen, und in die Geschossflächenpotentiale, die Aufstockungen erlauben.

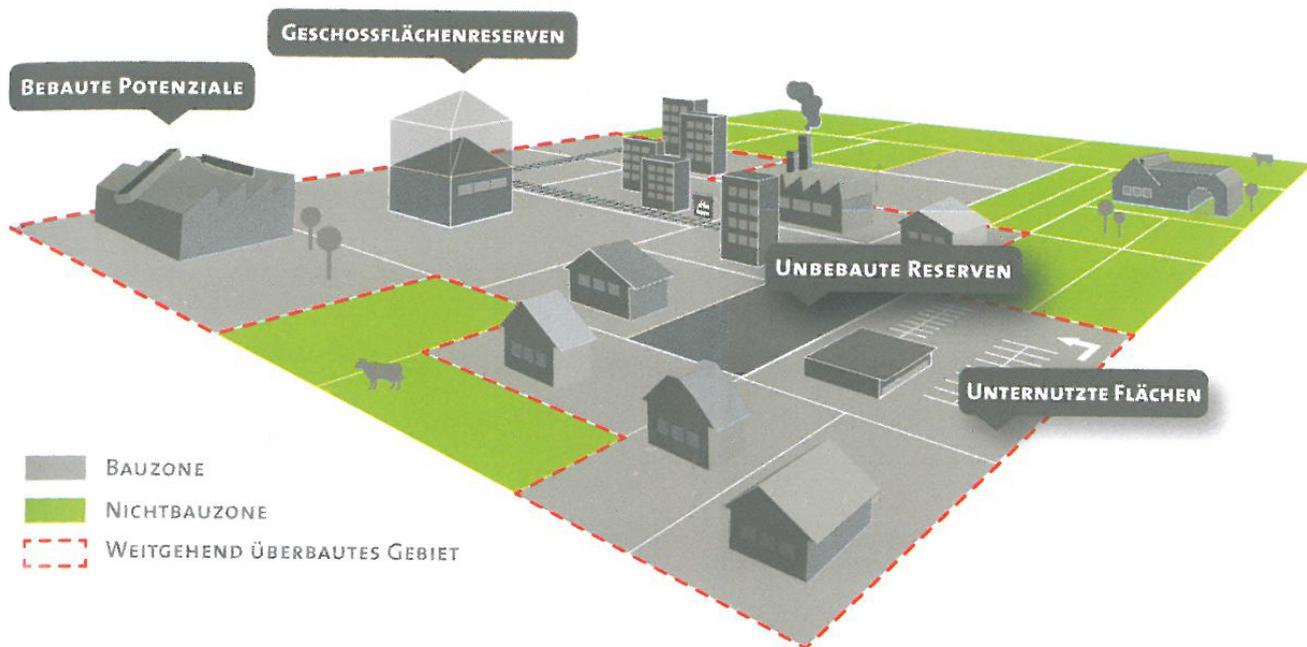


Abbildung 3.4. Unterschiedliche Nutzungsreserven (Quelle: [8, p.33])

Im innerstädtischen Bereich Wiens (Bezirke 1-9) gibt es nur noch wenige Baulücken und somit wenig unbebaute Reserven. Das Hauptaugenmerk in der vorliegenden Untersuchung wird daher auf die Ermittlung unternutzter Reserven gelegt, deren Ausbaugrad unter 100% liegt. Diese Reserven können durch ihre geometrische Position am Grundstück und Schaffung baulicher Möglichkeiten in Geschossflächenpotentiale und Bauflächenpotentiale (vgl. [8]) unterschieden werden.

Die Abweichung der gebauten Gebäudehöhe zur planungsrechtlich erlaubten Höhe und die dadurch vorhandene Nutzungsreserve durch eine mögliche Aufstockung (Erhöhung der Geschossanzahl) wird in dieser Arbeit als «Geschossflächenpotential» bezeichnet. Auch dieser Begriff stammt ursprünglich aus der Abhandlung Nebels (vgl.[8]).

Begriffsdefinition
«Geschossflächen-
potential»

Die durch unvollständige Ausnützung der durch die Baufluchtlinien vorgegebenen, bebaubaren Fläche eines Grundstücks entstehende Nutzflächenreserve, ermöglicht einen Anbau oder einen Ergänzungsbau an das Bestandsgebäude. Gemeinsam mit noch unbebauten Flächenreserven werden diese Flächen im Verlauf der Untersuchung als «Bauflächenpotential» bezeichnet. Die geometrischen Prinzipien zur Unterscheidung dieser Nutzungsreserven werden in Abbildung 3.5 dargestellt.

Begriffsdefinition
«Bauflächen-
potential»

Abbildung 3.4 zeigt als zusätzliche Kategorie zu den in Abbildung 3.5 angeführten Unterteilungen auch bebaute Potentiale, die durch Abriss und Neubau zusätzliche Flächenreserven bieten können, auf. Diese Möglichkeit der innerstädtischen Nachverdichtung wird aufgrund fehlender qualitativer Informationen, die beispielsweise durch Befragungen lukriert werden können (Bsp. Raum+), in der vorliegenden Arbeit nicht verfolgt.

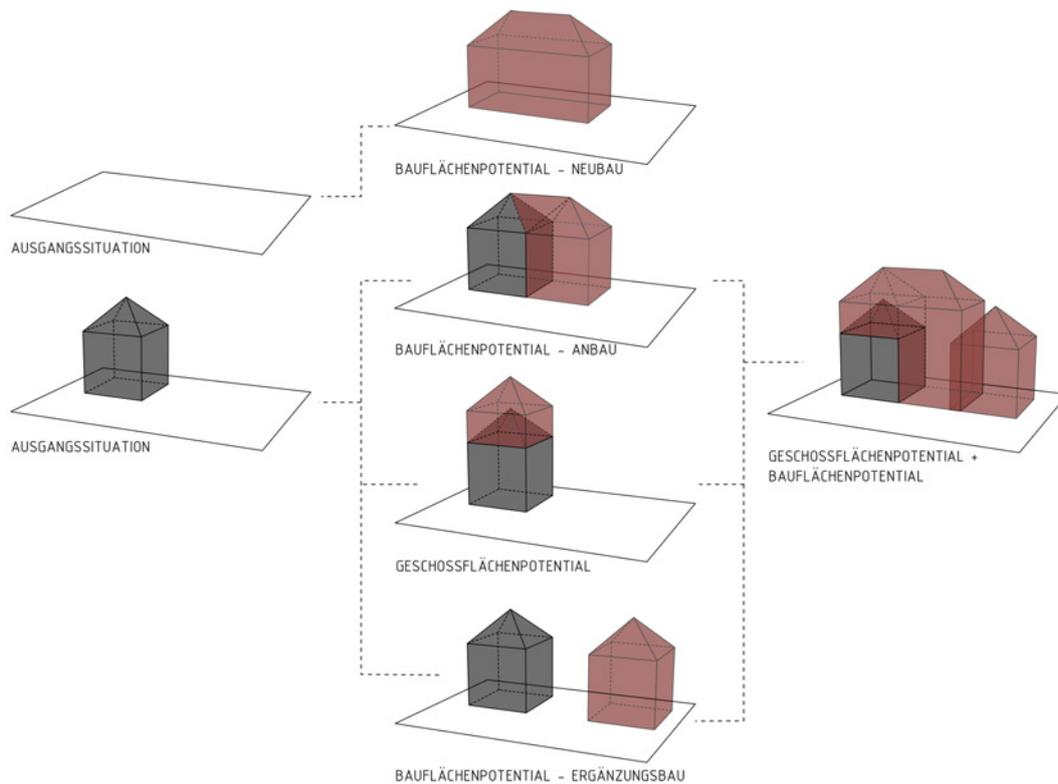


Abbildung 3.5. Möglichkeiten der Verdichtung auf einem Grundstück, die in der vorliegenden Arbeit untersucht werden (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an [8, p.36])

Auf Basis der baulichen Unterscheidungen in Abbildung 3.5 werden im folgenden Kapitel automatisierte, GIS-gestützte Verfahren vorgestellt. Diese wurden entwickelt, um die theoretischen Geschoss- und Baupotential zu berechnen.

Konkret auf Wien bezogen, sind viele Geschossflächenpotentiale in Strukturen der Gründerzeit zu finden. «Bauten der 50er und 60er Jahre [...] bieten [hingegen eher Potentiale] zu baulichen Ergänzungen und Verdichtungen [...]» [4, p.98]

In der vorliegenden Arbeit wird ein Hauptaugenmerk auf die Reserven in Wohn- und Arbeitsflächen gelegt. Es soll eine Übersicht, die eine Grundlage für detaillierte Untersuchungen der Innenentwicklungspotentiale darstellt, geschaffen werden. Es werden mögliche Eingriffe in die Planungsrichtlinien, wie Änderungen der Bebauungsbestimmungen oder Bauklassen simuliert. Hauptergebnis der Untersuchung ist die Berechnung und Visualisierung szenarienabhängiger Entwicklungen der Flächenreserven bis 2050.

Datengrundlage und Datenvorbereitung

Die Grundlage zur Ermittlung der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Innenentwicklungspotentiale bildet der Wiener Gebäudebestand in der Flächenwidmungs- und Mehrzweckkarte¹ in Form von GIS-Daten. Für die Berechnungen werden folgende darin enthaltenen Daten verwendet: die Bodennutzungs- und Bauklassen, die geometrischen Umrisse

¹Datengrundlage: Magistratsabteilung 41 der Stadt Wien, erhalten am 12.02.2015

der Gebäude, Informationen zu Gebäudehöhe (Traufhöhe), die relative Gebäudehöhe, die Bezirkszugehörigkeit, Bezugsnummer (ID) und die absolute Geländehöhe des jeweiligen Gebäudes.

²Open Data
Wien[27]:
Datendownload am
16.06.2014

Die GIS-Datengrundlage der Bestandsgebäude wird mit den Realnutzungsdatengrundlagen und den Zählbezirksgrenzen von Open Data Wien² geometrisch verschnitten. Die Gebäudedaten werden dadurch um Informationen zur Realnutzung in drei unterschiedlichen Detaillierungsgrade und um ihre Zählbezirkzugehörigkeit erweitert.

³Datengrundlage:
Magistratsabteilung
21 der Stadt Wien,
erhalten am
28.01.2015

Die resultierende Planungsgrundlage wird daraufhin wiederum mit den Bauklassen, die die maximale planungsrechtliche Gebäudehöhe beinhalten, mittels GIS Software verschnitten. Die Datengrundlage der Bauklassen³ ist ein Auszug aus dem Wiener Bebauungsplan.

3.3 Ermittlung der Innenentwicklungspotentiale

Kapitel 2.3.1 gibt einen kurzen Überblick über angewandte Methoden zur Feststellung von Flächenpotentialen. Diese Methoden bedingen langfristige Untersuchungen, die durch Detailgenauigkeit bestehen, für eine rasche Einschätzung und Überblickgewinnung jedoch nicht zielführend sind. In dieser Arbeit wird ein neuer Ansatz, der auf die Überblickgewinnung und zur gezielte Filterung potentiell im Detail zu untersuchender Flächen abzielt, aufgezeigt und verfolgt. Diese Herangehensweise begründet sich auf der Annahme, dass zur Ermittlung von Innenentwicklungspotentialen und deren Verortung ein mehrstufiger Evaluierungsprozess notwendig ist.

Das Konzept zur raschen Übersichtsgewinnung basiert auf rechnergestützten, geometrischen Untersuchungsweisen. Die Grundlage bildet dabei eine GIS-Umgebung. Der programmierte Untersuchungsprozess selbst kann als Fitnessfunktion angesehen werden. Konkret wird dabei eine geometrische Vorauswahl getroffen, welche die Grundlage für die Miteinbeziehung von Rahmenbedingungen (rechtliche Bestimmungen) bildet. Basierend auf GIS-gestützten Systemen wird während des gesamten Untersuchungsprozesses eine Verortung der Berechnungsdaten gewährleistet. Diese Tatsache ermöglicht eine graphische Darstellung und lokale Zuordnung der Ergebnisse und dadurch eine abschließende Übersichtsgewinnung.

Während der automatisierte Prozess, der auf allgemeinen Annahmen zu den Datengrundlagen beruht, eine schrittweise Annäherung beinhaltet, können in anschließenden manuellen Untersuchungsprozessen auch detailliertere Planungsbestimmungen (grundstücksbezogene) der Wiener Bauordnung, OIB-Richtlinien (Richtlinien des Österreichischen Instituts für Bautechnik) und bestehende Normen miteinbezogen werden.

In den nachfolgenden Kapiteln 3.3.1 und 3.3.2 wird die Umsetzung des beschriebenen Konzepts zur quantitativen Übersichtsgewinnung der Geschoss- und Bauflächenreserven im Detail aufgezeigt.

3.3.1 Geschossflächenpotential

Ziel ist die Gewinnung einer Flächenübersicht der theoretischen Geschossflächenpotentiale nach Größe und potentieller (lt. Bauklassen) bebaubarer Gebäudehöhe. Zur Erstellung dieser Übersicht werden nur allgemeine Bauvorschriften und gesetzliche Grundlagen berücksichtigt. Generell kann der Prozess in mehrere Stufen eingeteilt werden, wobei die Untersuchungsprozesse so gewählt sind, dass sie von grobe in feine Strukturen münden.

Abbildung 3.6 stellt den Entwicklungsprozess zur Flächenübersichtsgewinnung der Geschossflächenreserven graphisch dar. Dabei wird in der automatisierten Prozessphase mittels geometriebasierter Berechnungen die Übersicht der Geschossflächen für Wien erstellt. Große Geschossflächenreserven können daraufhin auf ihre tatsächlichen Potentiale im Bereich der Innenentwicklung manuell untersucht werden.

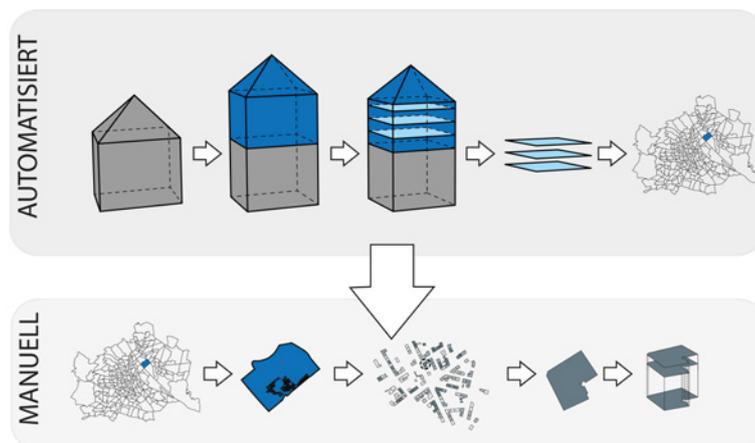


Abbildung 3.6.
Evaluierungsprozess
Geschossflächen-
potential
(Quelle: Eigene
Darstellung)

Ermittlung und Verortung der Geschossflächenpotentiale - Berechnung

Die Ermittlungsgrundlage zur Berechnung der Geschossflächenpotentiale bildet eine GIS-Kartendatei, welche die Bodennutzungsklasse, die geometrischen Umriss der Gebäude, Informationen zu Gebäudehöhe (Traufhöhe), die relative Gebäudehöhe, die Bezirkszugehörigkeit, Bezugsnummer (ID) und die absolute Geländehöhe des jeweiligen Gebäudes beinhaltet. Die Differenz, der durch die Bauklassen festgelegten planungsrechtlichen Maximalhöhen der Gebäude (h_{max}^i) und die bestehende Gebäudehöhe (h_{best}^i), bilden die potentielle Gebäudeerhöhung (h_{pot}^i):

$$h_{pot}^i := h_{max}^i - h_{best}^i \quad (3.1)$$

Die bestehende Gebäudehöhe h_{best}^i wird in der GIS-Verarbeitungsgrundlage der Stadt Wien als «H_REL» bezeichnet und wird durch die Differenz der absoluten Gebäudehöhe der Dachtraufe (über Wiener Null) und der absoluten Geländehöhe ermittelt. Betrachtet werden alle Gebäude innerhalb der Bauklassen 1-6, wobei die Bauklasse 6 aufgrund keiner genauen maximalen Höhenfestlegung in der Bauordnung, rechnerisch wie die Bauklasse 5 behandelt wird.

Wird ein Gebäude baulich um ein Geschoss erweitert, kann eine minimal notwendige Errichtungshöhe von 3,5m angenommen werden. Die Annahme stützt sich auf nachfolgendem Fassadenschnitt (Abb. 3.7):

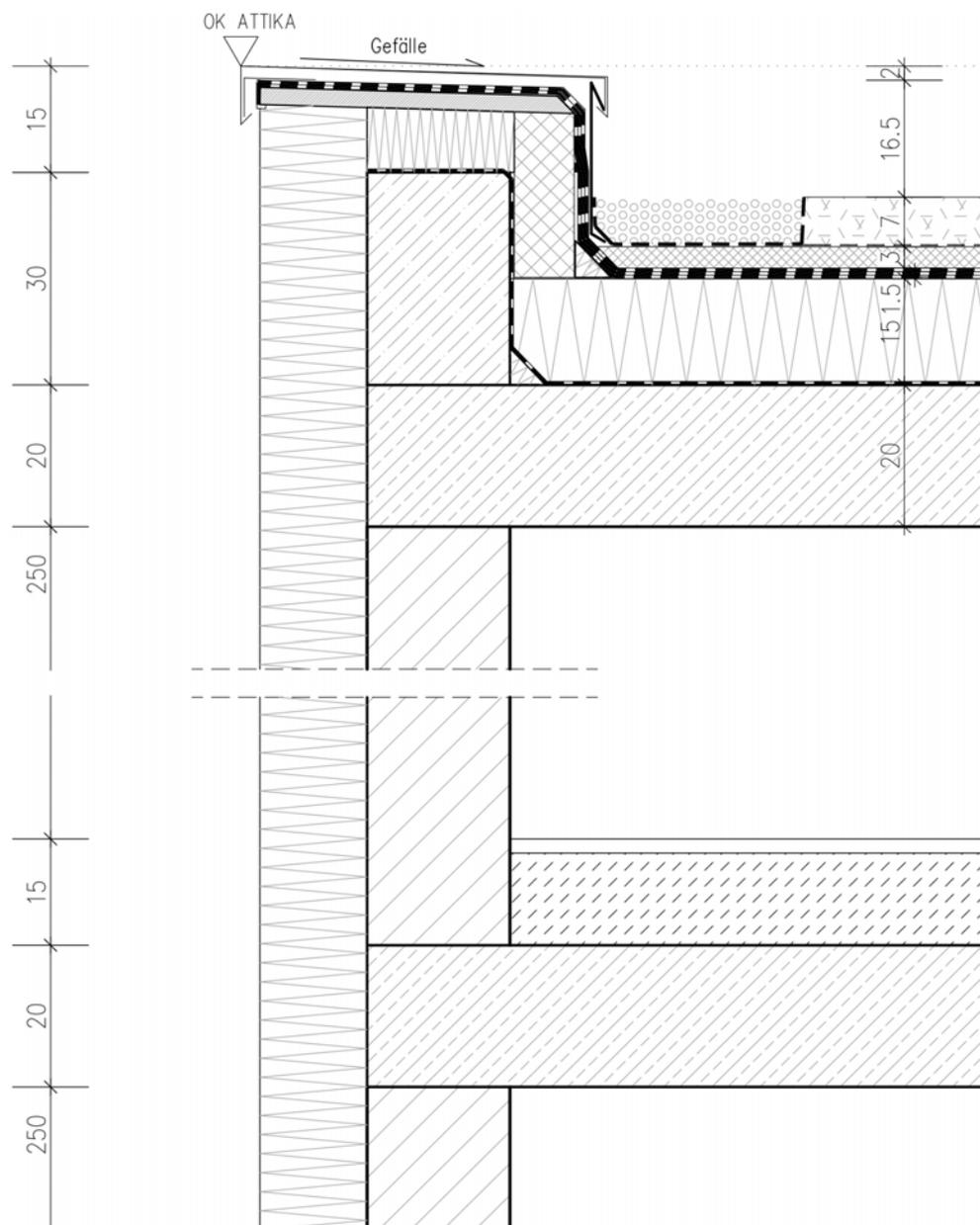


Abbildung 3.7.
Attikadetail,
Annahme zur
Höhenkalkulation,
Maße in cm
(Quelle: Eigene
Darstellung)

Mit jedem weiteren Geschoss nimmt die erforderliche, durchschnittliche Geschosshöhe (gh) ab, da sich der Dachaufbau auf die Anzahl der Geschosse aufteilt. Die Reduktion basiert auf folgender Annahme:

$$h_{\text{pot}}^i := \begin{cases} gh = 3.5 & \text{wenn } h_{\text{pot}}^i < 6.4, \\ gh = 3.2 & \text{wenn } h_{\text{pot}}^i \geq 6.4 \ \& \ h_{\text{pot}}^i < 9, \\ gh = 3 & \text{wenn } h_{\text{pot}}^i \geq 9. \end{cases} \quad (3.2)$$

Das Geschossflächenpotential (A_{pot}^i) wird daraus, basierend auf der Grundfläche des Gebäudes (G_{best}^i), wie folgt ermittelt:

$$A_{\text{pot}}^i := \begin{cases} \left\lfloor \frac{h_{\text{pot}}^i}{gh} \right\rfloor G_{\text{best}}^i & \text{wenn } G_{\text{best}}^i \geq 15 \text{ m}^2, \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (3.3)$$

Die Einschränkung auf Gebäudegrundflächen größer oder gleich 15 m^2 ist notwendig um Stützen, Infosäulen usw., die in den GIS-Kartengrundlagen enthalten sind, aus den Untersuchungen auszuschließen. Ein Ausbau der bestehenden Gebäudefläche ist erst ab einem Gewinn von 100 m^2 für den Bau neuer Wohn- und Arbeitseinheiten sinnvoll, da mit dieser Festlegung gewährleistet ist, dass die Errichtung neuer unabhängiger Arbeits- und Wohneinheiten sichergestellt wird und es sich nicht um Erweiterungen bestehender Einheiten handelt. Daher werden nur Potentiale größer oder gleich 100 m^2 (Bruttowohn- bzw. Bruttoarbeitsfläche) berücksichtigt.

Ermittlung und Verortung der Geschossflächenpotentiale - Ergebnis

Um eine Übersicht über die potentiellen Geschossflächenreserven auf Zählbezirksebene zu erhalten, werden die Geschossflächenpotentiale je Zählbezirk (A_{pot}^{ZB}/ZB) durch die Zählbezirksfläche (A_{ZB}) dividiert und in 5 Klassen dargestellt:

$$A_{\text{pot}}^{ZB}/A_{ZB} = \sum_{i=1}^{\infty} A_{\text{pot}}^i/A_{ZB} \quad (3.4)$$

In Wien liegen die Werte dieser Klassen zwischen 0 und 0,5 ($A_{\text{pot}}^{ZB}/A_{ZB}$). Betrachtet werden dabei nur Gebiete mit den im digitalen Flächenwidmungsplan der Stadt Wien ausgewiesenen Nutzungen: Wohn-Mischnutzung (Schwerpunkt Wohnen) und Geschäfts-, Kern- und Mischnutzung (Schwerpunkt betriebliche Tätigkeit). Abbildung 3.8 zeigt eine Übersicht der Geschossflächenpotentiale innerhalb dieser 5 definierten Klassen.

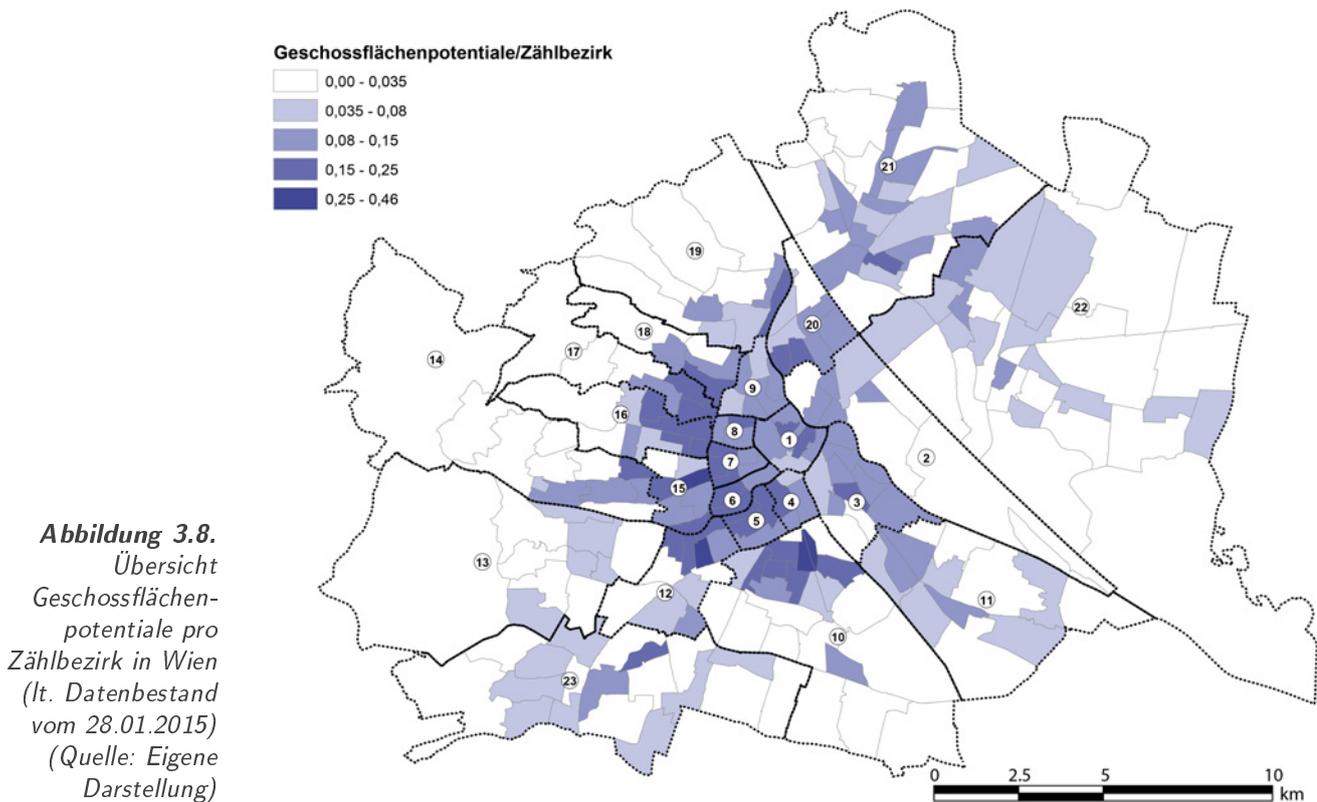


Abbildung 3.8.
 Übersicht
 Geschossflächen-
 potentiale pro
 Zählbezirk in Wien
 (lt. Datenbestand
 vom 28.01.2015)
 (Quelle: Eigene
 Darstellung)

Die Übersichtskarte 3.8 veranschaulicht, dass viele Geschossflächenpotentiale nahe dem Stadtzentrum in den für Wien typischen Gründerzeitbauten und anderen Gebäuden in geschlossener Bauweise vorhanden sind. Auch im nördlichen Teil Wiens und an den südwestlichen Stadträndern sind in den lockeren Bebauungsstrukturen noch Geschossflächenpotentiale angesiedelt.

Die Bauklassen als Steuerungsparameter für neue Geschossflächenpotentiale

Durch Veränderung der planungsrechtlichen Bestimmungen können stärkere Verdichtungen und größere Gebäudehöhen ermöglicht werden. Diese Steuerungsparameter sind Maßnahmen der Stadtplanung um neue Innenentwicklungspotentiale zu schaffen. Ausgehend von den Ergebnissen aus oben beschriebener Methode, werden nachfolgend zwei Varianten diesbezüglich untersucht: Auf Zählbezirksebene wird für Wien in Variante 1, die Änderung der Bauklasse 1 auf 2 und die Änderung der Bauklassen 2 auf 3 simuliert und das daraus resultierende Geschossflächenpotential kalkuliert. Alternativ wird in Variante 2 die Erhöhung der Bauklasse 3 und 4 um jeweils eine Bauklasse im selbigen Testgebiet simuliert. Abbildung 3.9 zeigt die Entwicklungen der möglichen Geschossflächenpotentiale in Gegenüberstellung zur derzeitigen, planlichen Festlegung - Ausgangsszenario (Ist-Zustand).

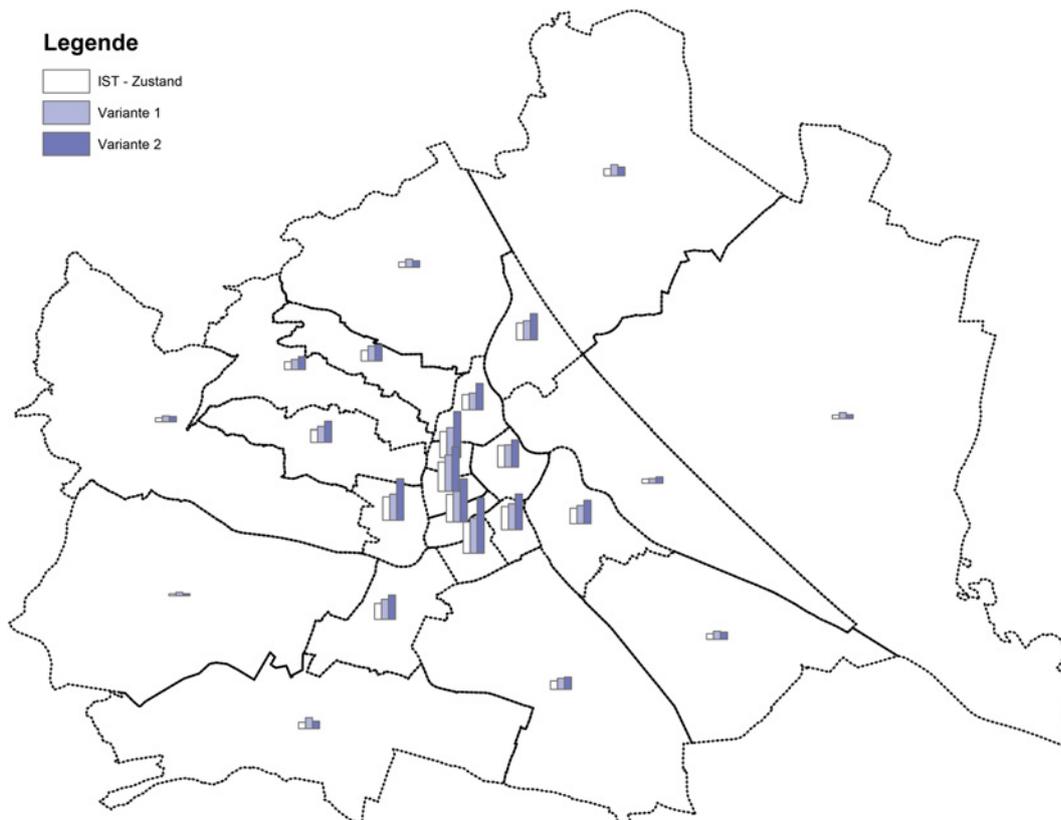


Abbildung 3.9. Entwicklung der Geschossflächenpotentiale in unterschiedlichen Varianten auf Zählbezirksebene, die Balken repräsentieren die möglichen Flächenreserven je Variante (diese Darstellung dient dazu Auswirkungen abzuschätzen, die quantitativen Werte sind in den GIS-Daten genannt) (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Abbildung zeigt die Gegenüberstellung der untersuchten Varianten. Es wird ersichtlich, dass eine Änderung der Bauklassen nach Variante 1 starke Einflüsse auf die Potentiale in den Randbezirken hat. In Summe können durch die Maßnahmen von Variante 2 mehr Geschossflächenpotentiale lukriert werden. Dabei ist jedoch zu bedenken, dass eine Erhöhung der Gebäudestrukturen in den Wiener Innenstadtbezirken (Bezirke 1-9) schlechtere Bedingungen für Belichtung und Belüftung von Gebäuden und Stadtquartieren bedeutet und das Stadtbild maßgeblich ändern würde. In Wiens nordöstlichen Randbezirken (21 u. 22. Bezirk) kann eine gebietsweise Bauklassenänderung nach oben eine Möglichkeit zur Verdichtung der Bausubstanz darstellen, ohne Einbußen, die die Belichtung oder Belüftung betreffen, für die Bewohner hervorzurufen.

Teile dieses Kapitels wurden bereits in einem Konferenzbeitrag veröffentlicht (vgl. [28]). Konkret wurde darin Abbildung 3.5 und die Formeln 3.2 bis 3.4 verwendet. Die in diesem Kapitel aufgezeigte Methode stellt in genanntem Konferenzbeitrag ein Berechnungsmodell zur Kalkulation von Geschossflächenreserven und verwendet die daraus resultierenden Ergebnisse für die Entwicklung einer visuellen Simulationsumgebung mit interdisziplinären Modellverknüpfungen zu den Modellen meiner Kollegin Sara Fritz und meines Kollegen Nikolaus Rab her.

3.3.2 Bauflächenpotential

Ziel dieser Untersuchungen ist die Übersichtsgewinnung der theoretischen Bauflächenpotentiale auf Zählbezirksebene um potentielle Entwicklungsgebiete zu verorten, zu erkennen, ihre Größe abzuschätzen und eine Grundlage für Planungen zur Verortung von Wiens Bevölkerung für 2030 und 2050 zu schaffen. Um eine Übersicht der Bauflächenpotentiale in absehbar zeitlichem Rahmen für Wien erstellen zu können, ist ein automatisierter Evaluierungsprozess, dessen numerischer und graphischer Output, die Grundlage für weitere, punktuelle und detailliertere manuelle Untersuchungen darstellen kann, notwendig.

Die Idee für nachfolgend beschriebene geometriebasierte Flächenuntersuchung liefert ein Algorithmus der Mathematiker R. Molano, P. Rodriguez, A. Caro und M. L. Duran.(vgl. [29]) Der Hintergrund dieses Algorithmus ist das Aufspüren des größtmöglichen Rechtecks, das in einem Polygon eingeschrieben werden kann. Die praktische Anwendung findet der von Molano in [29] skizzierte Algorithmus in der maschinengestützten Fleischverarbeitung, zur automatisierten Aufspürung der maximalen Muskelfleischquerschnitte.(vgl. Abb.3.10)

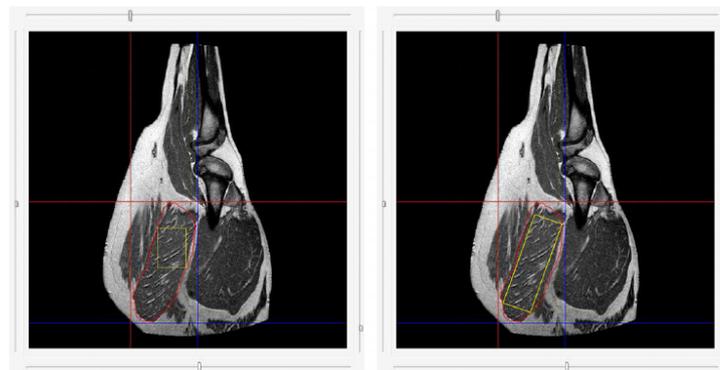


Abbildung 3.10.
*Auffindung
des größten
einschreibbaren
Rechtecks in einen
Muskelfleisch-
querschnitt (Quelle:
[29, p.9873])*

Die Eignung einer Fläche zur Bebauung ist von unterschiedlichsten Faktoren abhängig. Die Grundlage für eine detaillierte Untersuchung stellen die angestrebten Bebauungsstruktur (offen, geschlossen) sowie die damit verbundene interne Erschließungsform (außenliegend, innen liegend, punktförmig,...) des Gebäudes dar. Die jeweils einzuhaltenden Abstandsflächen, Allgemeinflächen, externen Erschließungswege und Verkehrsflächen usw. bilden neben den gesetzlichen Bestimmungen (Bauordnung, OIB) weitere Kalkulationsgrundlagen. Da aufgrund von architektonischen, politischen und investorspezifischen Voraussetzungen, Interessen und Bestrebungen, die bei einer detaillierten (manuellen und bauplatzspezifischen) Planung einfließen, keine generellen Aussagen über die optimale Ausnutzbarkeit zur Bebauung einer Fläche getroffen werden können, müssen für eine automatisierte Untersuchung diesbezüglich Annahmen getroffen werden. Erschwerend kommt hinzu, dass viele Planungsinhalte (besonderen Bebauungsbestimmungen,...) noch nicht digitalisiert sind und somit nicht in einen automatisierten Prozess eingebunden werden können.

Im Folgenden wird ein geometrischer Analyseansatz, der eine automatisierte, grundstücksbezogene Untersuchung möglicher Bauflächenreserven zulässt, aufgezeigt. Da mit dieser Methode nicht festgestellt werden kann, ob ein Anbau an ein Gebäude möglich ist, werden potentiell bebaubare Flächen auf die Platzierung von Ergänzungsbauten untersucht.

Die geometrische Methode erlaubt die Problematik einer optimalen Ausnutzbarkeit eines Grundstückes in Teilprobleme zu trennen, unterschiedliche Bebauungsstrukturen zu testen und mögliche Beispiele für zukünftige Entwicklungen zu visualisieren. Abbildung 3.11 zeigt den geometrischen Untersuchungsprozess zur Übersichtsgewinnung der Bauflächenpotentiale auf. Daraus wird automatisiert und algorithmengestützt die Bauflächenübersicht für Wien erstellt. Große Bauflächenreserven können daraufhin in einem weiteren manuellen Analyseprozess im Detail auf ihre tatsächlichen Innenentwicklungspotentiale überprüft werden.

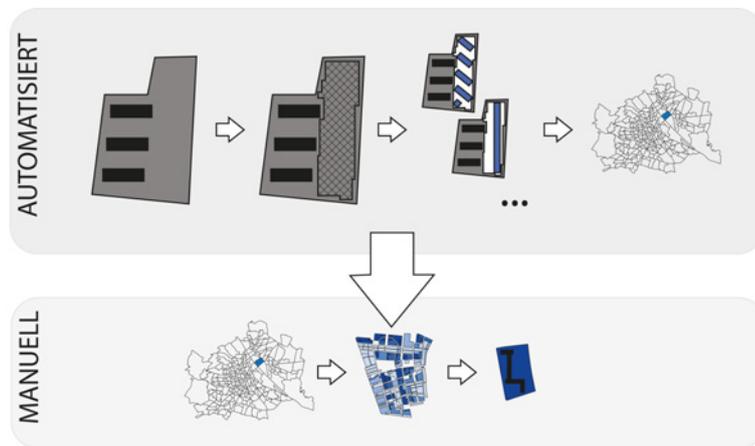


Abbildung 3.11.
Evaluierungsprozess
Bauflächenpotential
(Quelle: Eigene
Darstellung)

Innerhalb dieser Arbeit wird die Annahme getroffen, dass eine Fläche, um als Bauflächenpotential berücksichtigt zu werden, eine Mindesteignung für die Bebauung mit einem Wohngebäude, welches mindestens 50 Wohneinheiten beinhaltet, ermöglichen muss. Diese Annahme stützt sich auf dem Ziel in diesem Kapitel aufgezeigter Methode eine Flächenübersicht möglichst großer Flächenreserven aufzuzeigen, für eine feinere Analyse kann diese Annahme gegebenenfalls adaptiert werden. Ein Wohngebäude mit 50 Wohneinheiten kann abhängig von der laut Bauordnung erlaubten maximalen Gebäudehöhe unterschiedliche Abmessungen aufweisen. In der vorliegenden Arbeit wurden in Anlehnung an Wohnungsgrundrisse des Wohnhochhauses «Heilsberger Dreieck - Wohneinheit angemessener Größe, Typ Berlin»[30, p.63] von Le Corbusier (vgl. Abb.3.12), sowie an den Wohnungsgrundriss der «Unité d'habitation» in Marseille, Gebäudebreiten von 11 m bzw. 22 m (je nach Erschließungsart) abgeleitet (vgl. Abb.3.13). Diese Wohnungsgrundrisse werden zur Berechnung potentieller Modulgrößen herangezogen da sie, durch die Möglichkeit des Zusammenschlusses von Wohnungen, die Nutzung als Wohn- und Arbeitsflächen oder einer Kombination beider Optionen, eine hohe Flexibilität darstellt. Die Grundrisse bieten auch in Bezug auf Größe und Gliederung noch immer zeitgemäße Beispiele für die Aufteilung einer Wohnung. Gemäß

eigener Expertise besitzen sie das Potential, für die Anforderungen der Barrierefreiheit baulich adaptiert zu werden und können als Musterbeispiele eingestuft werden. Gesetzliche Vorschriften, wie Regelungen der OIB und andere bautechnische gesetzliche Anforderungen werden in kurzen zeitlichen Abständen (oft jährlich) geändert und stellen daher keine maßgeblichen Indikatoren für die Beurteilung von mustergültigen Grundrissen dar.

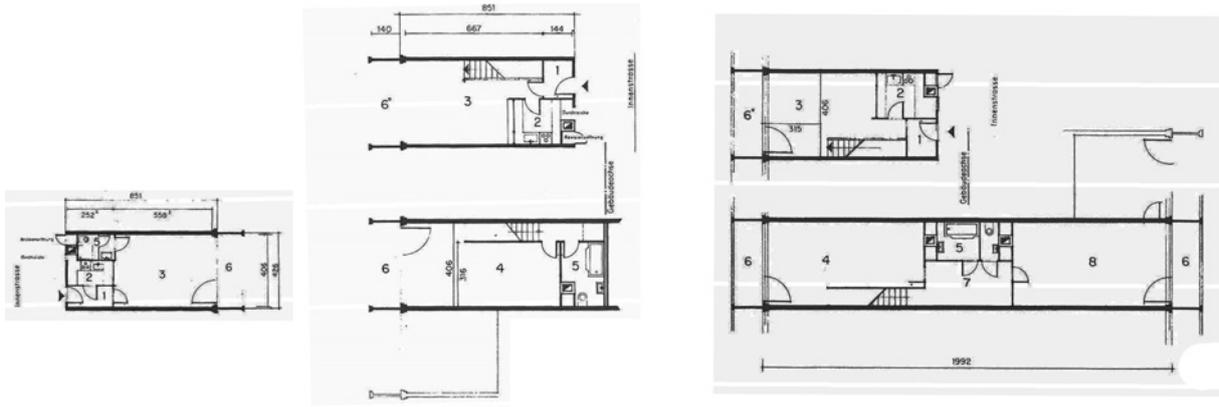
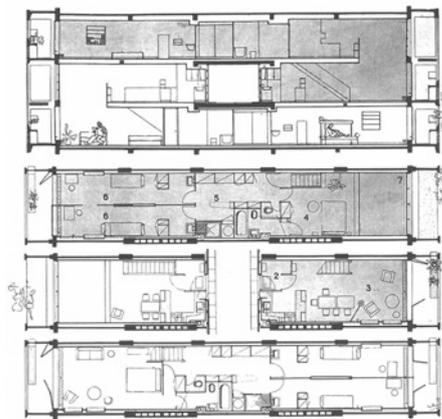


Abbildung 3.12. Wohnungsgrundriss einer 1-Zimmerwohnung, einer 2-Zimmerwohnung und einer 3-Zimmerwohnung des Wohnhochhauses Heilsberger Dreieck - Typ B von Le Corbusier (Quelle: [30, p.63+64])

Abbildung 3.13. Wohnungstypen der Unité d'habitation in Marseille von Le Corbusier - Längsschnitt und Grundrisse (Quelle: [30, p.11])



Die Grundrisse von Le Corbusier bieten sowohl die Möglichkeit der Innengang- als auch der Außengangerschließung (z.B. Laubengang). Der Achsenabstand der wohnungstrennenden Wände (auch statisch) kann gemäß eigener Abschätzung der Abstände in den Grundrissen in Abbildung 3.12 und 3.12 mit ca. 7m festgelegt werden. Daraus resultierend werden 2 Module, die eine entsprechende Fläche für 50 Wohneinheiten, Abstandsflächen sowie Allgemeinflächen und die interne Erschließung umfassen, pro Bauklasse errechnet. Tabelle 3.2 gibt eine Übersicht der errechneten Module:

Bauklasse	Anzahl der Geschosse (Höhenannahmen lt. Formel 3.2)	Abmessungen Modul 1	Abmessungen Modul 2
1	3	11 x 130 m	22 x 65 m
2	4	11 x 98 m	22 x 49 m
3	5	11 x 79 m	22 x 39 m
4	7	11 x 56 m	22 x 28 m
5	8	11 x 49 m	22 x 25 m

Tabelle 3.2. Modulabmessungen nach Bauklassen

In der Bauklasse 6 sind keine allgemein gültigen Maximalhöhen der Gebäude definiert, daher werden die Werte aus Bauklasse 5 übernommen.

Ermittlung und Verortung der Bauflächenpotentiale - Berechnung

Die Bauflächenpotentiale innerhalb Wiens werden bottom-up automatisiert ermittelt und graphisch dargestellt. Jede potentiell bebaubare Fläche wird dabei dahingehend geometrisch untersucht, ob die Voraussetzungen für die Platzierung eines, von der Bauklasse abhängigen Moduls vorhanden sind.

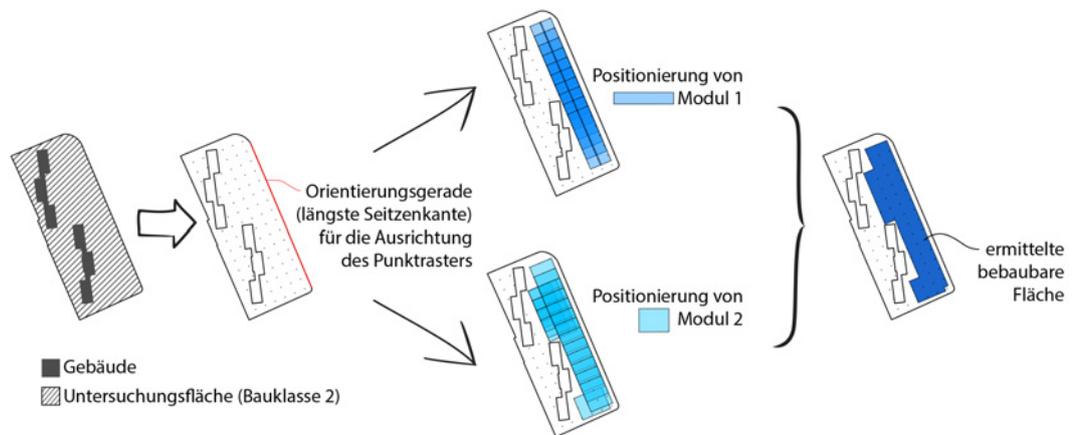
Grundlegend werden all jene Flächen, die laut den momentanen gesetzlichen Grundlagen und Bebauungsbestimmungen als Bauflächen gewidmet sind und eine Wohn-Mischnutzung oder Geschäfts-, Kern- und Mischnutzung vorsehen, untersucht. Etwaige für diese Flächen geltenden, besonderen Bebauungsbestimmungen werden (wie bei der Ermittlung der Geschossflächenpotentiale) in den Analysen nicht berücksichtigt.

Die Ermittlungsgrundlage bzw. Untersuchungsflächen (A_{Upot}^i) für potentielle Bauflächen bildet die Differenz der gewidmeten Bauflächen mit ihren festgelegten Bauklassen (A_W^i) und dem bestehenden Gebäude (A_{GB}^i). Die Untersuchungsfläche wird in Folge gemäß Bauklasse und der damit notwendigen Minimalfläche für Modul 1 ($M1_{BK_n}^i$) und Modul 2 ($M2_{BK_n}^i$) gefiltert:

$$A_{Upot}^i := \begin{cases} A_W^i - A_{GB}^i & \text{wenn } A_{Upot}^i \geq M1_{BK_n}^i \quad \& \quad A_{Upot}^i \geq M2_{BK_n}^i \\ 0 & \text{sonst.} \end{cases} \quad (3.5)$$

Die daraus resultierenden Flächen (A_{Upot}^i) werden auf ihre geometrische Eignung überprüft und potentielle Positionen für neue Gebäude GIS verortet. Dieser Prozess wird mittels Python Script mit GIS Anbindung ausgeführt. In diesem Prozess werden die Flächen entlang ihrer Hauptkante (längste Kante) ausgerichtet, ein Punktraster innerhalb der Geometrie erstellt und so mögliche Positionierungen der definierten Module validiert. (vgl. Abb.3.14)

Abbildung 3.14.
Geometrische Kalkulation der potentiell bebaubaren Bereiche innerhalb der Untersuchungsflächen
(Quelle: Eigene Darstellung)



In Algorithmus 1 wird dieser Prozess beschrieben, die Punktmatrix (U) errechnet sowie mögliche Modulpositionen räumlich mittels GIS verortet. Zur Berechnung der Punktmatrix (U) wird von jeder Polygoneometrie (*feature*), die längste außenliegende Seitenkante (V) errechnet (*LongestEdgeAngle()*) und parallel zur x-Achse positioniert (*Rotate()*). Die dabei notwendige Drehung wird, wie in Abbildung 3.15 dargestellt, bestimmt und der Drehwinkel (α) je nach Ausrichtung der Seitenkante V kalkuliert. In Folge wird die maximale Ausdehnung (*GetBoarders()*) der gedrehten Geometrie (R) bestimmt und ein Punkteraster (U) aufgetragen. Dabei werden nur jene Punkte in die Matrix aufgenommen, welche innerhalb (*Inside()*) der Geometrie (*feature*) liegen.

Algorithm 1 Create Pointmatrix U (in: Shapefile; out: Pointmatrix U)

Algorithm 1:
Point Matrix U
(Quelle: Eigener Entwurf)

Input: features (Shapegeometries)
Output: Matrix U of pointcoordinates (x1, y1) = [[x1, y1],...], Located Modules in GIS format

```

for each feature in features do
    AP[] ← LongestEdgeAngle(feature)           # AP defines angle & rot. point
    R ← Rotate(feature, AP[0], AP[1])          # gets gmtry, angle & rot. pnt
    B ← GetBoarders(R)                         # B saves the max. x & y extensions as list
    n ← int (floor (B[2] - B[0]))
    m ← int (floor (B[3] - B[1]))
    for l ← 0 to m do
        for k ← 0 to m do
            gridpnt ← [B[0]+1, B[1]+k]
            if Inside(gridpnt, feature) then
                U.append ← [gridpnt[0], gridpnt[1]]
    PotentialBuildingAreas(feature, U)

```

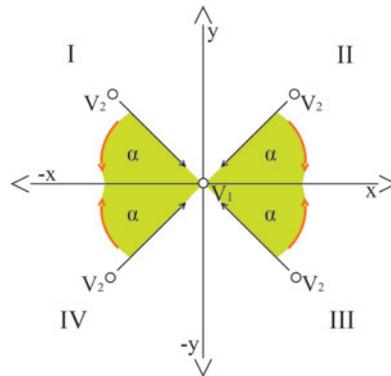


Abbildung 3.15.
Festgelegte
Rotationsrichtung
bei der
Positionierung der
Geometrie parallel
zur x-Achse (Quelle:
Eigene Darstellung)

Die eigentliche graphische Verortung potentiell bebaubarer Flächen wird mittels der *Procedure: PotentialBuildingAreas()* (sh. Algorithmus 2) durchgeführt. Dabei wird für die analysierte Geometrie der zugehörige Attributwert für die Bauklassenbestimmung abgelesen (*GetShapeAttribute()*) und daraufhin die entsprechenden Modulgrößen (vgl. Tab.3.2) geladen. Für jeden sich in der Punktmatrix (U) befindlichen Punkt wird nun das durch Modul 1 und Modul 2 (plus dessen jeweils um 90° gedrehtes Gegenstück) beschriebene Rechteck positioniert. Wenn dieses Rechteck weder eine Seitenkante der Geometrie (*feature*) schneidet (*Isect()*), noch außerhalb (*Inside()*) derselben liegt, wird es in ein Shapefile übertragen (*DrawModule()*). Das graphische (GIS-verortete) Ergebnis bildet die Grundlage für die Weiterbearbeitung mittels GIS-Anwendungen. Die einzelnen Modulflächen werden vereinigt und ihr jeweiliger Flächeninhalt kalkuliert. Für externe Erschließungswege, ausreichende Belichtung und notwendige Grünflächen wird die Annahme einer Abminderung der Bebauungsmöglichkeiten von 65% angenommen.

Algorithm 2 Calculate potential building areas

Input: feature (Geometry), U (Pointmatrix), M (defined Module sizes as list)

Output: Located Modules in GIS format

```

procedure POTENTIALBUILDINGAREAS(feature, U)
    BK ← GetShapeAttribute(feature, "Bauklasse")           # get building class
    if BK = 1 then                                       # get module sizes
        Module1 = M[0] AND Module2 = M[1]
    if BK = 2 then
        Module1 = M[2] AND Module2 = M[3]
    ...  $\vec{v}$  ← pnt.toVector
    for each pnt in U do
        MRec[0] ← Move(Module1,  $\vec{v}$ )
        MRec[1] ← Rotate(MRec[0], 90, pnt)
        MRec[2] ← Move(Module2,  $\vec{v}$ )
        MRec[3] ← Rotate(MRec[2], 90, pnt)
    for o ← 0 to 3 do
        if not Isect(MRec[o], feature) and Inside(MRec[o], feature) then
            DrawModule(MRec[o])

```

Algorithm 2:
Potential Building
Areas (Quelle:
Eigener Entwurf)

Diese Annahme stützt sich auf eine Untersuchung von zwölf zufällig ausgewählten Baufächenpotentialen (sh. Abb.3.16 hellblaue Flächen) und der manuellen Platzierung (manueller städtebaulicher Entwurf) potentieller Neubauten (sh. Abb.3.16 dunkelblaue Flächen und Tab.3.3). Die resultierende Baufläche wird in Folge mit der lt. Spalte 1 und 2 der Tabelle 3.2 für die jeweilige Bauklasse definierten maximalen Geschossanzahl (G^{BK}) multipliziert.

$$A_{pot}^i = (A_{U_{pot}}^i * 0,35) * (G^{BK}) \quad (3.6)$$

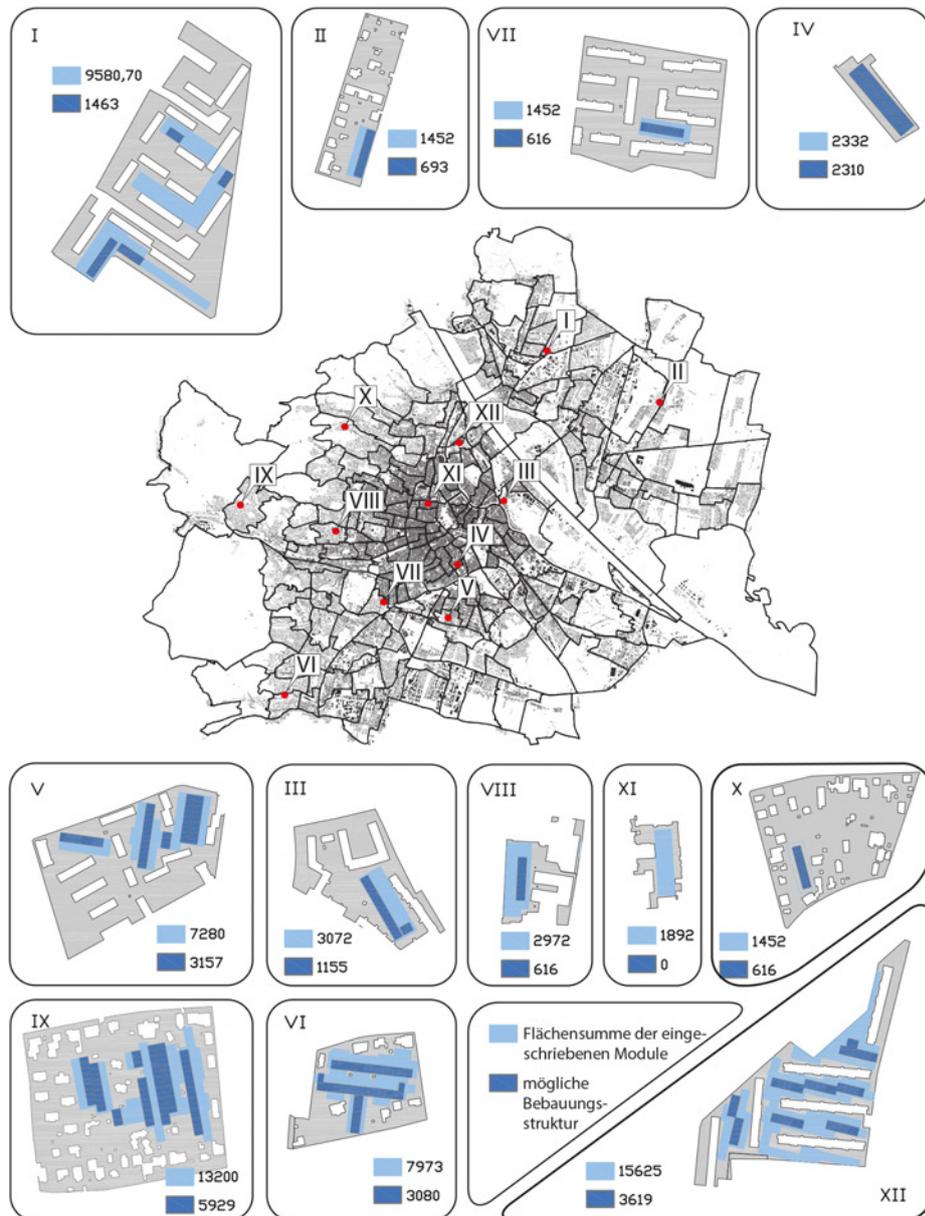


Abbildung 3.16. Manuelle Untersuchung der verorteten Modulflächen innerhalb der Baufächenpotentiale auf ihre Bebaubarkeit (Quelle: Eigene Darstellung)

Untersuchungsfläche	Flächensumme Module	mögl. Bebauungsstruktur	Quotient
1	9580	1463	15,27
2	1452	693	74,73
3	3072	1155	37,60
4	2332	2310	99,06
5	7280	3157	43,37
6	1452	616	42,43
7	7973	3080	38,63
8	2972	616	20,73
9	1452	616	42,43
10	13200	5929	44,92
11	1892	0	0
12	15625	3619	23,16
Average:			37,94 → 35%

Tabelle 3.3.
Kalkulation der Abminderung der potentiell bebaubaren Fläche basierend auf Abbildung 3.16

Ermittlung und Verortung der Bauflächenpotentiale - Ergebnis

Um eine Übersicht der Position der Bauflächenpotentiale innerhalb der Stadt Wien auf Zählbezirksebene zu erhalten, werden die potentiellen Bauflächen je Zählbezirk (A_{pot}^{ZB}) durch die Zählbezirksflächen (A^{ZB}) dividiert und in 5 Klassen dargestellt:

$$A_{pot}^{ZB} / A^{ZB} = \sum_{i=1}^{\infty} A_{pot}^i / A^{ZB} \tag{3.7}$$

In Wien liegen die Werte dieser Klassen zwischen 0 und 0,75 (A_{pot}^{ZB} / A^{ZB}). Betrachtet werden dabei nur Gebiete mit den im digitalen Flächenwidmungsplan der Stadt Wien ausgewiesenen Nutzungen: Wohn-Mischnutzung (Schwerpunkt Wohnen) und Geschäfts-, Kern- und Mischnutzung (Schwerpunkt betriebliche Tätigkeit). Abbildung 3.17 zeigt die durch beschriebene Formel 3.7 erstellte Übersicht der Bauflächenreserven von Wien mittels der definierten 5 Klassen.

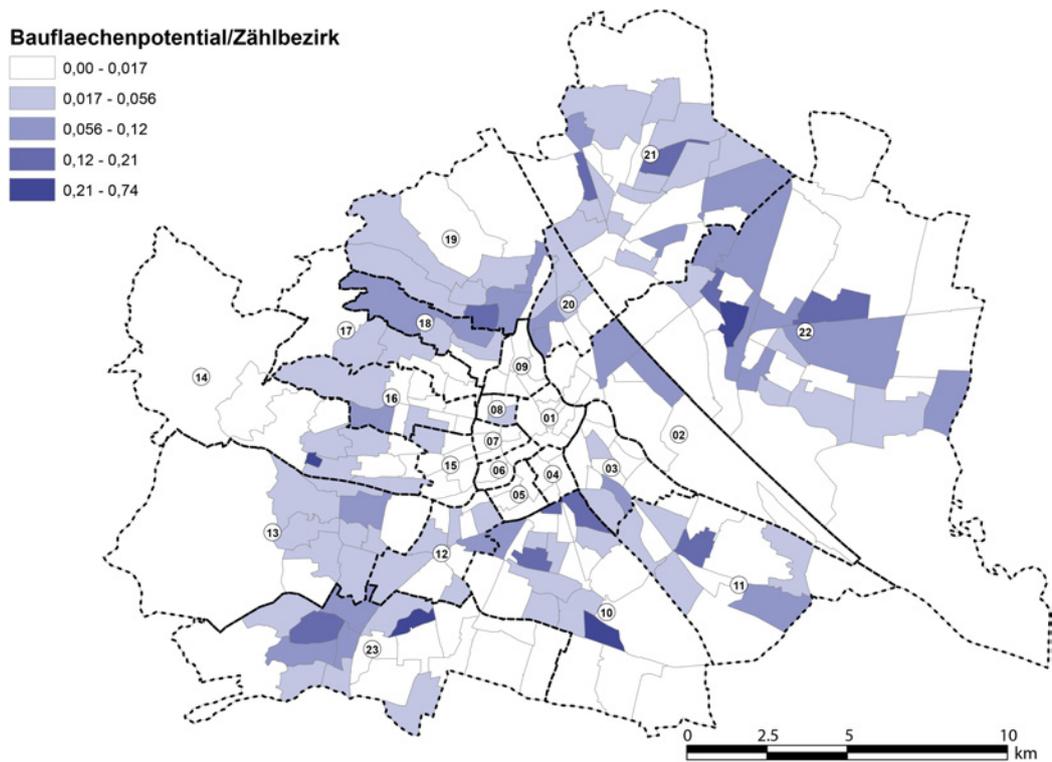


Abbildung 3.17.
Übersicht
Bauflächenpotentiale
pro Zählbezirk
in Wien
(lt. Datenbestand
vom
28.01.2015)(Quelle:
Eigene Darstellung)

Zur Überprüfung der Ergebnisse kann das Leitbild der Siedlungsgebiete der Magistratsabteilung 18 im Stadtentwicklungsplan 2025 der Stadt Wien (vgl. [6, p.67]), herangezogen werden. Diese Darstellung zeigt «die aus gesamt städtischer Sicht relevanten Gebiete mit Entwicklungspotential»[4, p.22] In der Darstellung (Abb.3.18) werden Gebiete mit hohem Entwicklungspotential gelb markiert. Zur erleichterten Erfassung und für den direkten Vergleich der Ergebnisse werden die Karteninhalte überlagert dargestellt (vgl. Abb.3.19).



Abbildung 3.18.
Leitbild
Stadtentwicklung
(Quelle:[6])

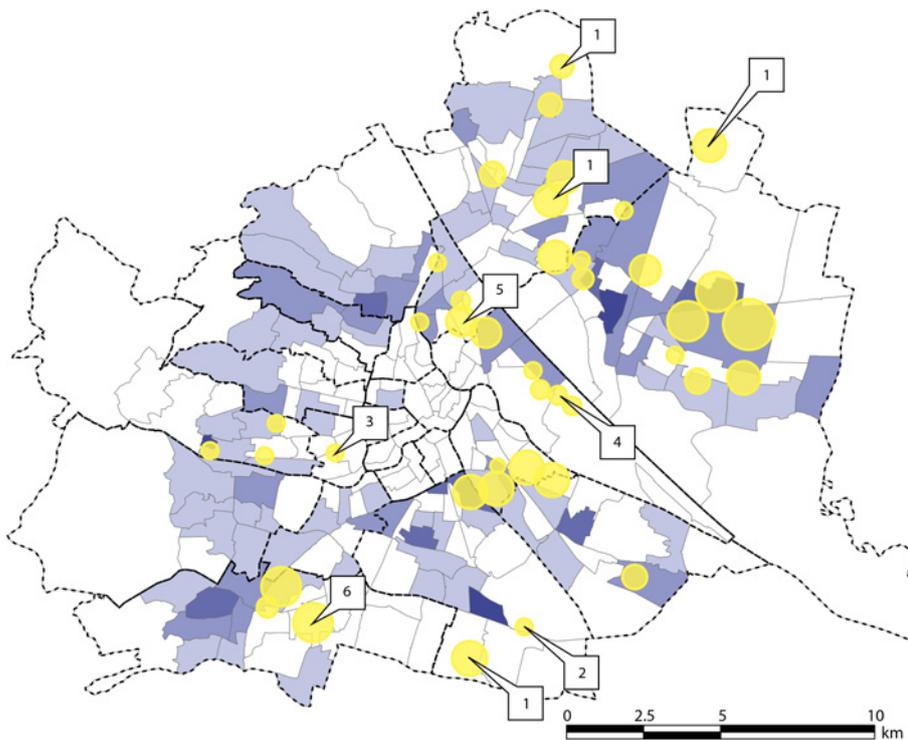


Abbildung 3.19. Überlagerung der Bauflächenpotentialübersicht Wiens auf Zählbezirksebene und der im Stadtentwicklungsplan 2025 (vgl. [6]) ausgewiesenen Gebiete mit Entwicklungspotenzial (gelbe Kreise) (Quelle: Eigene Darstellung)

Durch die Überlagerung können viele Übereinstimmungen der möglichen Entwicklungsgebiete erkannt werden. Im Leitbild des Stadtentwicklungsplan 2025 von Wien dargestellte Entwicklungspotentiale, die nicht in der geometriebasierten Bauflächenpotentialanalyse enthalten sind, werden im Folgenden erörtert (sh. Nummernkennzeichnung in Abb.3.19):

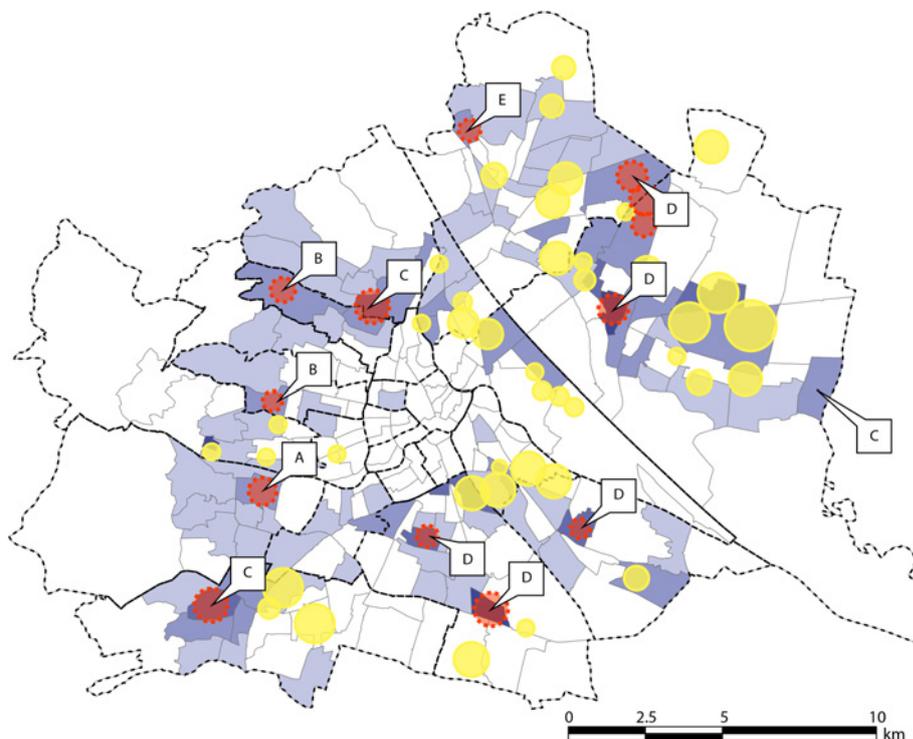
- 1 Die Widmungsflächen in diesem Gebiet sind vorwiegend Verkehrs- und landwirtschaftliche Nutzflächen, die bei der Bauflächenpotentialanalyse nicht berücksichtigt werden können.
- 2 Die geometrische Analyse der Bauflächenpotentiale konnte diese Flächen als Potentialflächen herausfiltern, durch die Aggregation auf Zählbezirksebene wurden die Ergebnisse jedoch nicht dargestellt.
- 3 Auch das Bahnhofsgelände des Wiener Westbahnhofs bietet noch große Potentiale der baulichen Nachverdichtung, die Flächen sind derzeit noch als Bahnhof und industrielle Fertigungsflächen gewidmet.
- 4 Die Wirtschaftsuniversität hat in diesem Gebiet ihren neuen Standort gefunden, das Gebiet gilt daher als großes Entwicklungsgebiet. Entwicklungspotenziale für soziale Einrichtungen und Bildungsstätten werden in der vorliegenden Analyse jedoch nicht berücksichtigt.

- 5 Im Gebiet rund um den Wiener Nordbahnhof wurde mit den Bauarbeiten bereits begonnen. Die für diese Analyse zugrundeliegenden GIS Daten der Realnutzung weisen diese Flächen jedoch noch als Bahnhofsgelände aus.
- 6 Dieses Gebiet im 10. Wiener Gemeindebezirk ist laut der GIS Grundlage des Realnutzungsplans größtenteils noch als Industriefläche ausgewiesen.

Die Überlagerung der im Stadtentwicklungsplan 2025 (sh. Abbildung 3.18) aufgezeigten Gebiete mit großen Entwicklungspotentialen und der mittels algorithmengestützter Methode errechneten Ergebnisse zeigt, dass ähnliche Gebiete festgemacht werden können. Die algorithmengestützte geometriebasierte Methode stellt demnach eine valide Möglichkeit dar, Übersichten von Bauflächenpotentialen zu generieren. Die oben angeführten Punkte 1 bis 6 zeigen auf, dass für genauere Ergebnisse dieser Methode eine aktualisierte Datengrundlage essenziell ist. Die Ausweitung der Untersuchungsflächen auf jene, die derzeit noch nicht «wohngewidmet» sind, wäre beispielsweise ein möglicher Folgeschritt. Dies bedingt jedoch einer manuellen Befragung von Vertretern der Stadt, Eigentümern und Mietern und ist ein zeitintensiver Prozess, der in der vorgelegten Arbeit nicht durchgeführt wird. Durch das entstehende «Hintergrundwissen» von Befragungen kann die in diesem Kapitel aufgezeigte Methode in einer Betrachtung über die Zeit auch auf zukünftig zur Verfügung stehende Baugebiete ausgedehnt werden.

Die in der vorliegenden Arbeit aufgezeigte Methode zur Berechnung der Bauflächenpotentiale hat neben den im Stadtentwicklungsplan 2025 ausgewiesenen Gebieten mit Entwicklungspotential weitere Möglichkeiten für die Verdichtung von Siedlungsflächen aufgespürt (sh.Abb.3.20).

Abbildung 3.20.
 Bauflächenpotential-
 übersicht Wiens
 - Mittels
 Methode zur
 Übersichtsgewinnung
 von
 Bauflächenreserven
 zusätzlich zu den im
 Stadtentwicklungs-
 plan 2025 (gelbe
 Kreise) (vgl. [6])
 aufgefundenen
 Flächenreserven
 (orange Kreise)
 (Quelle: Eigene
 Darstellung)



Diese sind vor allem in den nord- und südwestlichen Randbezirken zu finden. Abbildung 3.20 weist die zusätzlich eruierten rot markierten Gebiete mit Fahnen aus um in der nachfolgenden Liste im Detail darauf eingehen zu können.

- A Ein nahezu ausschließlich mit der Nutzung «Gartenstadt» belegter Zählbezirk der natürlich großes theoretisches Nachverdichtungspotential aufweist. Diese Potentiale zu heben und zu Lasten des Verlustes von qualitativ hochwertigem Grünraum aufzugeben ist jedoch aus derzeitiger Sicht keine Option.
- B Ein einerseits durch die Nutzung «Gartenstadt» und andererseits lockere Bebauung geprägtes Gebiet, das aus qualitativen Gründen wie dem Verlust von Erholungsraum und privaten Eigentumsinteressen nach eigener Einschätzung kein potentiell Nachverdichtungsgebiet darstellt. Eine weiterführende qualitative Untersuchung durch Befragungen kann darüber Sicherheit verschaffen.
- C Locker bebautes Gebiet mit vorwiegend Einfamilienhausbebauung. Die hier befindlichen theoretischen Flächenreserven können nur durch detaillierte qualitative Untersuchungen erhoben werden.
- D Gebiet mit mehrgeschossigen großen solitären Wohnbebauungen. Im derzeitigen durch einige Bebauungen geschaffenen Innenhofbereich oder anliegenden Freibereich wären theoretische Potentiale für die Errichtung von weiteren mehrgeschossigen Wohnbebauungen vorhanden. Diese Potentiale zu Nutzen bedeutet jedoch eine starke Reduktion des schon jetzt geringen direkten Grünraumes für die Bewohner.
- E In diesem Gebiet bestehen sowohl einige locker bebaute Grundstücke mit Einfamilienhäusern, vorwiegend jedoch große, mehrgeschossige, solitäre Wohnblocks. Die hier durch die Methode aufgezeigten Flächenpotentiale stellen nur wenige theoretische Nachverdichtungspotentiale im locker bebauten Gebiet dar.

Die Übersicht der Bauflächenpotentiale auf Zählbezirksebene erlaubt die Festlegung von «Hot Spots» mit großem Potential der inneren Nachverdichtung und bietet so die Möglichkeit Standorte für weiterführende qualitative Erhebungen (Befragungen) auszumachen.

3.4 Auswertung der Innenentwicklungspotentiale

Die angewendeten Berechnungsmethoden für die Kalkulation der Flächenpotentiale, der derzeit für Wohn- und Mischnutzung gewidmeten Flächen, ergibt rund 2,8 Mio. m² Bauflächenpotentiale ($\sum A_{BF}$) und rund 14,5 Mio m² Geschossflächenpotentiale ($\sum A_{GF}$) für Wohn- und Arbeitsflächen innerhalb der Stadt Wien (Datenbestand vom 28.01.2015). Dieses Ergebnis bezeichnet Brutto-Grundflächen. In Bezug auf die Bauflächenpotentiale werden dabei Kellergeschosse und Garagen nicht berücksichtigt, da die Untergeschossanzahl sehr stark von den Bodengegebenheiten (Grundwasserstand,...), den damit verbundenen Kosten/Mehrkosten und den Anforderungen der Auftraggeber und Investoren abhängig ist. Zudem ist eine Kalkulation der unterirdischen Flächen schwierig, da mehr Flächen unterkellert werden können, als oberirdisch sichtbar sind.

Die Zahlen zeigen klar auf, dass Wien die großen Flächenpotentiale in der bestehenden Bausubstanz besitzt. Eine detaillierte Analyse unter Einbeziehung der besonderen Bebauungsbestimmungen wird die Zahl zwar verringern, eine Richtschnur für den Fokus einer nachhaltigen Stadtentwicklung und dafür zu gestaltende Maßnahmenpakete (Förderungen, Gesetzesentwürfe,...) wird jedoch klar aufgezeigt.

In nachfolgendem Kapitel werden Prognosen zur zeitlichen Verfügbarkeit der Potentialflächen erstellt und die bisher kalkulierten Bruttoflächen in Nutzflächen umgewandelt, um sie auf den möglichen Wohnraum für die Bevölkerung abschätzen zu können.

Innerhalb der beschriebenen durchgeführten Untersuchungen wurden nur jene Flächen analysiert, deren Widmung in den Berechnungsgrundlagen als Wohn- oder Geschäftsnutzung festgelegt sind. Um auch Flächenreserven, die durch Widmungsänderungen entstehen, zu betrachten, wird in Kap. 7.1 anhand des Gebietes westlich des Wiener Westbahnhofes (sh. Abb.3.19 und Punkt [3](#) der darauffolgenden Auflistung) in einem Planungstestlauf aufgezeigt, wie in bestimmten Bereichen eine detaillierte Untersuchung der Entwicklungspotentiale unter Berücksichtigung bestehender Infrastruktur aussehen kann.

3.4.1 Verfügbarkeiten von Flächenpotentialen im Zeitverlauf

Innenentwicklungspotentiale sind Potentiale, die im Verlauf der Zeit betrachtet werden müssen. Die Verfügbarkeit von Potentialflächen durch Neu- und Ergänzungsbauten oder Aufstockung sowie die möglichen Flächenreserven durch Nutzungsveränderungen unterliegen vielen Einflussfaktoren. Dabei sind nicht nur politische, infrastrukturelle, ökonomische oder ökologische Haltungen und Interessen sondern auch Investitionstrends, durch ihren Einfluss auf die Marktpreise, maßgebend.

Im Stadtentwicklungsplan 2025 (STEP 2025 [6]) werden die Entwicklungsgebiete der Stadt nicht nur verortet, sondern auch das Ziel formuliert «bis 2025 Platz für bis zu 120.000 Wohnungen bereitstellen zu können.»[6, p.35] Diese Wohnungen sollen zu 27% durch Weiterentwicklungen des Gebäudebestandes ermöglicht werden.(vgl. Abb.3.21) Geschossflächenpotentiale sind Beispiele für Flächen, die durch solche Weiterentwicklung des Gebäudebestandes lukriert werden können.

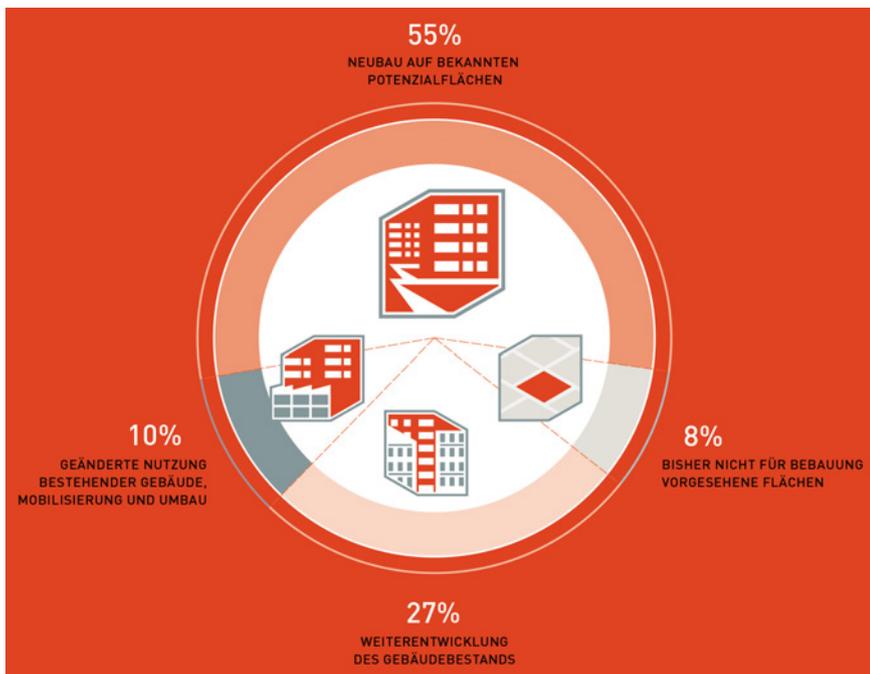


Abbildung 3.21.
STEP 2025 Ziel:
Entwicklung
von 120.000
Wohnungen -
anteilmäßige
Verortung (Quelle:
[6, p.37])

Um die Verfügbarkeit bzw. Entwicklung der kalkulierten Geschossflächenpotentiale im zeitlichen Ablauf darstellen zu können, wird die Annahme getroffen, dass bauliche Maßnahmen zur maximalen Ausnützung des erlaubten Bauvolumens (Dachgeschoßausbauten, usw.) im Zuge einer thermische Gebäudesanierung durchgeführt werden. Gleichzeitig werden zur Abbildung von Investitionsentscheidungen für eine Aufstockung des Bestandes, die öffentliche Erreichbarkeit der Gebäude und die geografische Lage innerhalb der Stadt herangezogen. Das so erstellte Berechnungsmodell ist kein umfassendes ökonomisches Nutzungsmodell sondern ein Versuch, die Auswirkungen und den Einfluss von szenarienbezogenen Rahmenbedingungen abschätzen zu können.

Das Forschungsprojekt «Energieszenarien bis 2050: Wärmebedarf der Kleinverbraucher»(vgl. [31]) hat Sanierungsraten für unterschiedliche Szenarien entwickelt. «Diese Sanierungsraten beziehen sich auf Maßnahmenbündel, die einer umfassenden Sanierung (Wirkung der Dämmung von Fassade, oberster Geschoßdecke und Fenstertausch) entsprechen.»[31, p.22] Basierend auf den Werten dieses Projektes liegen die Annahmen für die Sanierungsraten, ausgedrückt in umfassenden Sanierungsäquivalenten, für das URBEM BAU-Szenario (vgl. Abb. 1.2) unter 1% (vgl. [31, p.22]) und für das URBEM Klimaschutz-Szenario (vgl. Abb. 1.3) bei ca. 2% (vgl. [31, p.32]).

Die Grundlage zur Ermittlung der Erreichbarkeit des Gebäudes mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist eine graphische Analyse, die für U-Bahn, Straßenbahn und Bus getrennt durchgeführt wird. Dabei werden die Distanzen von jedem Baublock (geometrischer Mittelpunkt) zur nächsten Station bzw. Haltestelle ermittelt (vgl. Abb.3.22) und so eine durchschnittliche Haltestellenentfernung des Zählbezirks ($d_{z,h}$) festgestellt.(vgl. Formel 3.8)

$$d_{z,h} = \frac{\sum_{b=1}^n d_{b,h}}{n} \quad (3.8)$$

b ... Baublockindex

h ... Haltestellenindex

n ... Anzahl der Baublöcke b im Zählbezirk z

$d_{b,h}$... Luftlinienentfernung zwischen Baublock b und nächstgelegener Haltestelle h

$d_{z,h}$... Aggregierte Haltestellenentfernung des Zählbezirks z

Der stärkere Einfluss der Erreichbarkeit von U-Bahnstationen gegenüber Straßenbahn und Bus wird durch die Abwertung von Straßenbahn und Bus um 20% berücksichtigt.

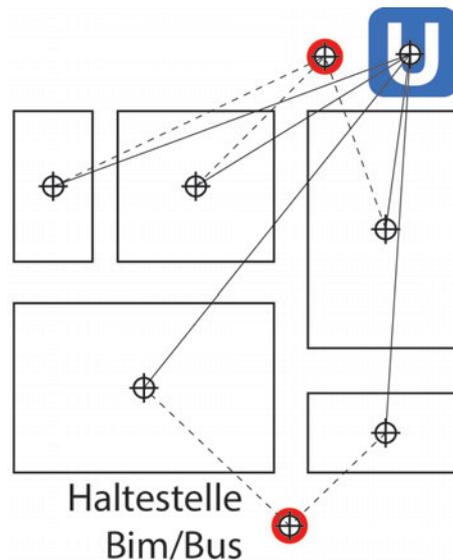


Abbildung 3.22.
Geometrische
Analyse der
öffentlichen
Erreichbarkeit pro
Baublock (Quelle:
Eigene Darstellung)

Zur Beurteilung der Lage (gute/schlechte Lage) und dem damit verbundenen Immobilienwert werden Grundlagen der momentanen Mietpreisspiegel⁴ im Neubau für Wohnen auf Bezirksebene, sowie die Preise für Eigentumswohnungen auf Bezirksebene herangezogen.(vgl. Abb.3.23)

⁴Datenquelle:
<http://www.immopreise.at/Wien>
 Zugriff am: 4.3.2016

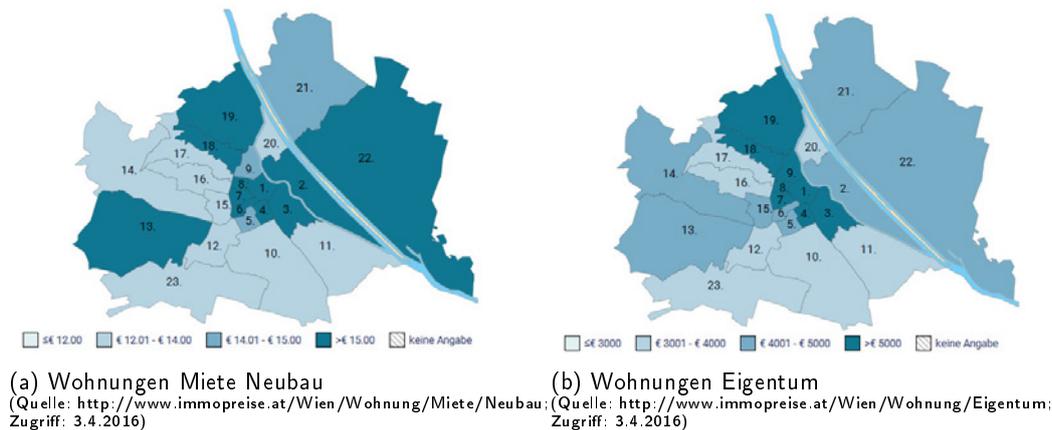


Abbildung 3.23.
 Durchschnittliche Miet- und Eigentumspreise pro m² für Wien
 (Quelle: sh. Bildtext)

Gemäß der Berechnungsformel 3.9 kann die Entwicklung der Nutzung bestehender Geschossflächenpotentiale ($A_{GFpot}^{i/s}$) abgeschätzt werden. Dabei werden die durchschnittliche Erreichbarkeit mittels Straßenbahn und Bus (h_{BB}), die durchschnittliche Erreichbarkeit mittels U-Bahn (h_U) sowie die Lagebeurteilung durch Mietpreise (p_M) und Kaufpreise (p_E) mittels Faktoren aus dem Verhältnis vom Einzelwert einer Gruppe zum Gesamtdurchschnitt dieser errechnet. Die durchschnittliche Erreichbarkeit mittels Straßenbahn und Bus wird gegenüber der Erreichbarkeit mittels U-Bahn um 20% abgewertet. Die thermischen Sanierungsraten pro Jahr (sr_a^s) fließen szenarioabhängig in die Kalkulation ein.

$$A_{GFpot}^{i/s} = (h_{BB} * 0,8) * h_U * sr_a^s * p_M * p_E \tag{3.9}$$

Die Modellergebnisse für BAU- und Klimaschutz-Szenario (vgl. URBEM-Szenarien) werden in Abbildung 3.24 und Abbildung 3.25 auf Bezirksebene dargestellt. Die diagrammatischen Darstellungen machen ersichtlich, dass durch Klimaschutzmaßnahmen (polit. gesteuerte Klimaschutzmaßnahmen, steigende Energiesparbereitschaft, u.v.m) die Tendenz zum Ausbau der bestehenden Flächenressourcen drastisch steigt.

Abbildung 3.24.
 Geschossflächenpotentialnutzung
 von 2015 bis 2050
 - BAU-Szenario
 (Quelle: Eigene
 Darstellung)

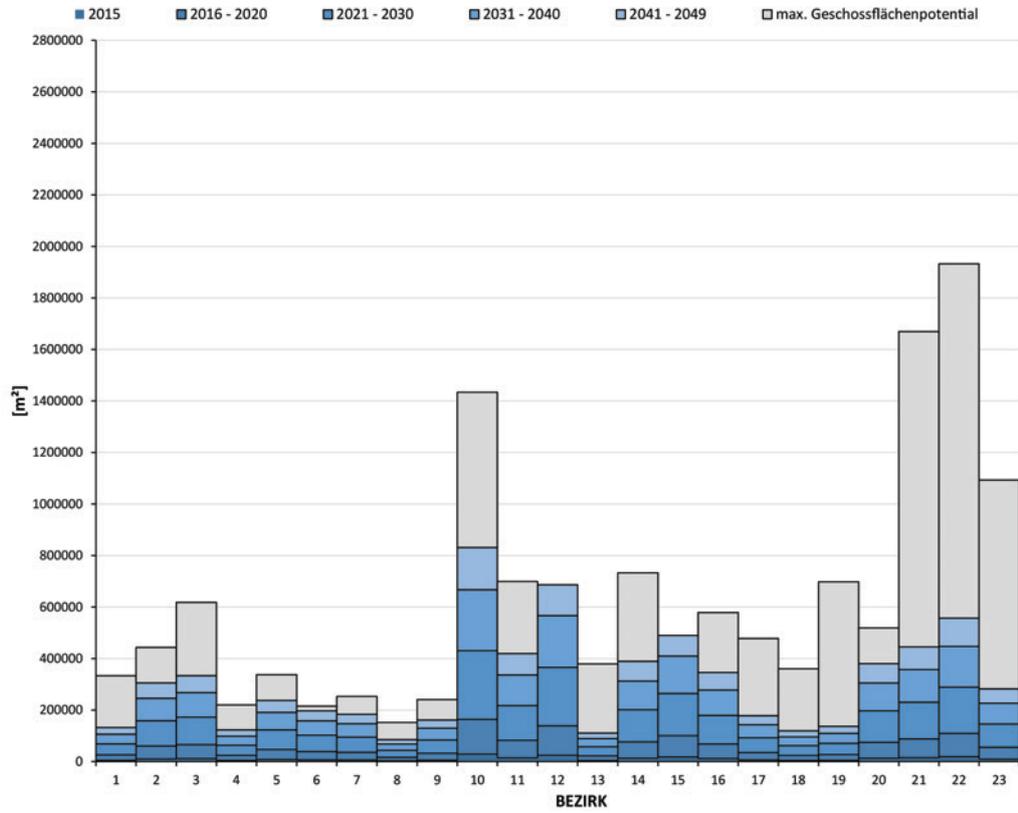
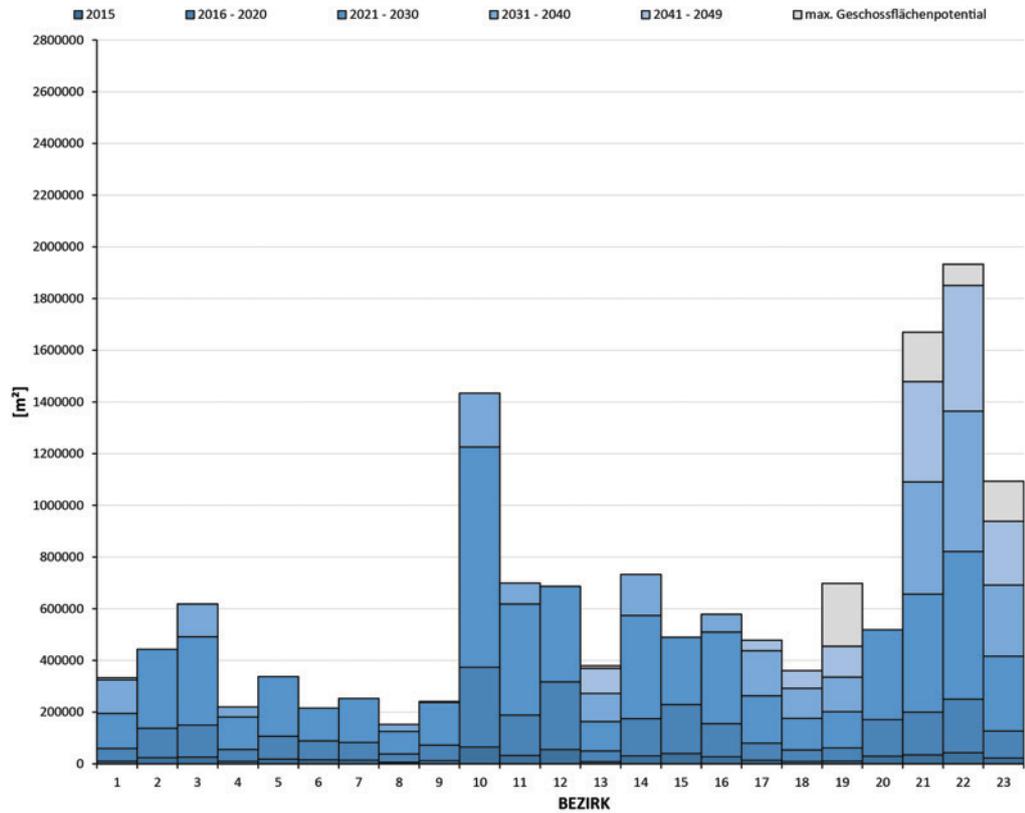


Abbildung 3.25.
 Geschossflächenpotentialnutzung
 von 2015 bis 2050
 - Klimaschutz-Szenario
 (Quelle: Eigene
 Darstellung)



Der Vergleich von Abbildung 3.24 und Abbildung 3.25 zeigt, dass durch die Rahmenbedingungen des Klimaschutz-Szenarios, die berechneten theoretischen Geschossflächenpotentiale der Stadt zwischen 2020 und 2040 größtenteils ausgeschöpft werden. Mit den Rahmenbedingungen des Business-as-Usual-Szenario (BAU-Szenario) hingegen werden die theoretischen Geschossflächenpotentiale bis 2050 nur zur Hälfte gehoben.

Durch die Prognose einer steigenden Zuwanderung in die Stadt werden nachfolgend die bisher verwendeten geometrischen Einheiten in eine konkrete Anzahl und mögliche Verortung von Menschen überführt.

3.4.2 Verortung der steigenden Bevölkerungsanzahl in Wien

Die berechneten Innenentwicklungspotentiale sind Brutto-Grundflächen. Die Definition in der ÖNORM B 1800 diesbezüglich lautet: «Die Brutto-Grundfläche ist die Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerkes. Die Brutto-Grundfläche ist in Netto-Grundfläche und Konstruktions-Grundfläche gegliedert.»[32, p.5] Daraus kann die Nutzfläche ermittelt werden. Sie wird in Haupt- und Nebennutzflächen unterteilt. Dabei gelten jene Flächen des Bauwerkes, «die dem Verwendungszweck des Bauwerkes unmittelbar dienen»[32, p.6] als Hauptnutzflächen (HNF). Alle weiteren Flächen innerhalb eines Gebäudes werden als Nebennutzflächen (NNF) bezeichnet. Die genaue Strukturierung lt. ÖNORM ist in Abb. 3.26 dargestellt.

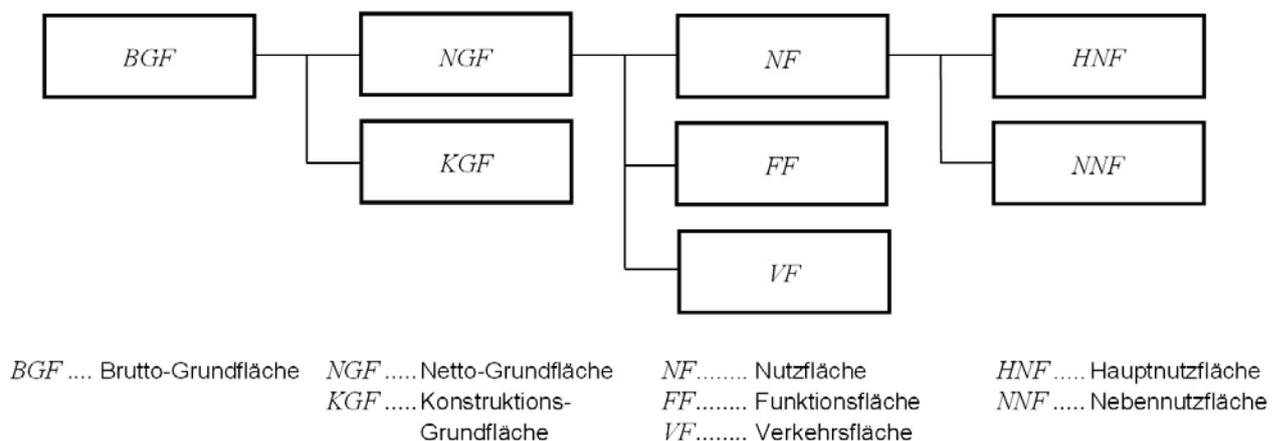


Abbildung 3.26. Geschossbezogene Grundflächen (Quelle: [32, p.11])

Um die Brutto-Grundflächen der Innenentwicklungspotentiale an mögliche Nutzflächen annähern zu können, werden unterschiedliche Umrechnungsfaktoren für die Bauflächenpotentiale und die Geschossflächenpotentiale herangezogen. Hintergrund dazu stellen die unterschiedlich zu berücksichtigenden Nebennutzflächen dar.

Bei der Errichtung eines neuen Gebäudes oder Gebäudeteiles, ist der Anteil an zu berücksichtigenden Nebennutzflächen größer, als bei der Aufstockung eines Gebäudes. Sämtliche Nebenräume wie Kinderwagenabstellbereiche, Müllraum, usw. sind Nebennutzflächen, die aufgrund der einfachen Erreichbarkeit zumeist im Erdgeschoss bzw. in den unteren Geschossen geplant werden. Bei der Kalkulation wird diese Gegebenheit mittels unterschiedlicher Faktoren berücksichtigt. Nachfolgend wird die genaue Herleitung der verwendeten Faktoren und die bezugnehmenden Überlegungen im Detail erläutert.

Kalkulation der Nutzflächen der Brutto-Bauflächenpotentiale:

Zur Umrechnung der Brutto-Bauflächenpotentiale können Berechnungsmethoden und Faktoren (vgl. 3.10) aus der «Studie über Wirtschaftlichkeitsparameter und einen ökonomischen Planungsfaktor für geförderte Wohnbauprojekte in Wien» der TU Wien (vgl. [33, p.39]) herangezogen werden.

In dieser Studie werden die Nutzflächen als «Wohnnutzflächen», als «*Summe der Nutzflächen der Wohnungen und Geschäfte [...] die eher der Netto-Grundfläche gem. ÖNORM [...] entspricht*»[33, p.34], definiert. In der Studie wird die Wohnnutzfläche zusätzlich auch als «*förderbare Fläche lt. Gesetz bzw. VO*»[33, p.35] erläutert. Betrachtet man die Erklärung zur Berechnung der «förderbaren Nutzfläche» im «Leitfaden der MA 25 zur Berechnung der förderbaren Nutzflächen für Mehrwohnungshäuser und Heime», so ist die förderbare Nutzfläche, die «*Nutzfläche einer Wohnung oder eines Geschäftsraumes [,] [...] die gesamte Bodenfläche abzüglich der Wandstärken und der im Verlauf der Wände befindlichen Durchbrechungen (Ausnehmungen)*»[34, B]] Nebenräume zählen auch hier nicht zur Wohnnutzfläche. In dieser Arbeit ist es zweckdienlich den Begriff «Nutzfläche» lt. ÖNORM mit dem Begriff «Wohnnutzfläche» lt. Wiener Wohnbauförderungs- und Wohnhaussanierungsgesetz (WWFSG) gleichrangig zu betrachten.

$$NF = BGF/B02 \quad (3.10)$$

NF ... Nutzfläche in m²
BGF ... Bruttogeschoßfläche in m²
B02 ... Kalkulationsfaktor sh. Tab.3.4

Der Wert für B02 (vgl. Tabelle 3.4) wird für die Berechnung der Nutzfläche aus dem Bauflächenpotential mit 1,6 angenommen.

Wirtschaftlichkeit im Wiener Wohnbau

Referenzwert-Tabelle mit Erläuterungen

		Referenzbereich *)	Einheit
		von - bis	
B01	Bruttogeschossfläche	1,10 - 1,20	Faktor
	Nettogeschossfläche		
B02	Bruttogeschossfläche	1,50 - 1,80	Faktor
	Wohnnutzfläche		
B03	Nettogeschossfläche		

Tabelle 3.4.
Werttabelle für die
Berechnung der
Wohnnutzfläche
(Quelle: [33, p.35])

Kalkulation der Nutzflächen der Brutto-Geschossflächenpotentiale:

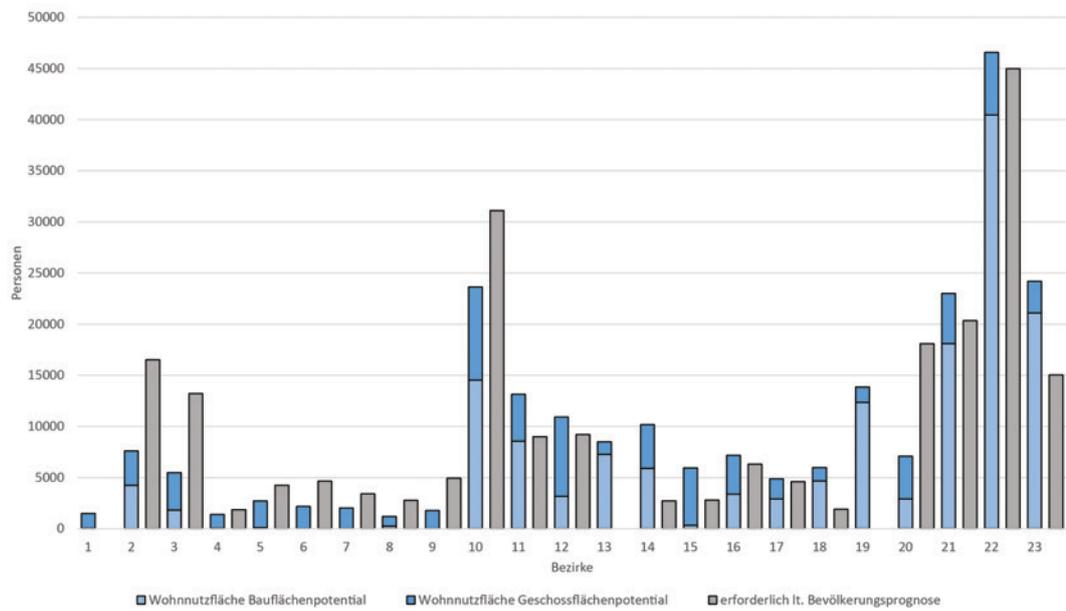
Zur Kalkulation der Nutzflächen, der kalkulierten Geschossflächenpotentiale, wird der «Umrechnungsfaktor von konditionierter Brutto-Grundfläche auf Nutzfläche von 0,8» [35, p.31] herangezogen. Dieser Faktor wurde auch für die Erstellung des Wiener Wärmekatasters⁵, der als Grundlage für den Wiener Versorgungssicherheitsplan erstellt wurde, verwendet. Der Wärmekataster gibt Auskunft über Heizwärmebedarf, Energieversorgung (Gasanschluss, Fernwärmeanschluss,...), Kältebedarf, Warmwasserbedarf, usw. und bildet auch eine Grundlage für die Berechnung der Sanierungsraten (vgl. 3.4.1).

⁵Datengrundlage:
Magistratsabteilung
39 der Stadt Wien,
erhalten am
23.6.2014

Kalkulationsergebnisse der Verfügbarkeit im zeitlichen Ablauf:

Laut den Daten der Statistik Austria (Stand 19.03.2015) beträgt die durchschnittliche Wohnfläche pro Person in Wien ca. $37,8 \text{ m}^2$ (Datenquelle:[36]). Unter der Annahme, dass jede weitere nach Wien kommende Person durchschnittlich die gleiche Wohnfläche benötigt, lässt sich basierend auf den Daten der Bevölkerungsprognose auf Bezirksebene bis 2030 feststellen, ob der durch Erhebungen festgestellte (aus [36]) und derzeit benötigte zusätzliche Wohnraum durch die in der vorliegenden Arbeit kalkulierten Flächenreserven theoretisch gedeckt werden kann. Nachfolgendes Diagramm in Abbildung 3.27 basiert auf den Bevölkerungsprognosen der MA 23 (Magistratsabteilung für Wirtschaft, Arbeit und Statistik der Stadt Wien). Das Diagramm stellt die lt. dieser Bevölkerungsprognose pro Bezirk zu erwartenden Personen, den Personen gegenüber, die pro Bezirk durch die Flächenreserven bis 2030 aufgenommen werden können. Die Umrechnung der Geschoss- und Bauflächenreserven in Wohnnutzflächen, erfolgte gemäß den in diesem Kapitel angeführten Annahmen zur Kalkulation von Bruttogeschossflächen in Wohnnutzflächen.

Abbildung 3.27.
 Notwendige
 und verfügbare
 Flächenreserven
 für Wien auf
 Bezirksebene
 (Datenquelle: [37])



Die diagrammatische Abbildung 3.27 zeigt, dass Wien bis 2030 theoretisch ausreichend freie Flächenpotentiale besitzt, um den prognostizierten Bevölkerungszuwachs aufnehmen zu können. Die dafür erforderlichen Flächen können bezirksübergreifend gedeckt werden. Zusätzlich können weitere Flächenreserven auch durch Umwidmungen von Bauflächen oder eine Umnutzung von bestehenden Gebäudeflächen lukriert werden. Diese Maßnahmen werden jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht.

3.5 Nachführungsfähigkeit der Flächenuntersuchungen und bestehende Aufwärtskompatibilität

Die in Kapitel 3.3.1 und 3.3.2 beschriebene automatisierte Kalkulation und Analyse zur Ermittlung von Geschoss- und Bauflächenpotentialen in der Stadt Wien und deren gleichzeitige Verortung, bilden eine Grundlage für weiterführende Analysen, wie beispielsweise Untersuchungen von Bebauungsstrukturen. Sie können einfach an neue Datenbestände (Widmungsänderungen, Änderungen der Bauordnung,...) angepasst werden. Ein geplanter Analyseprozess kann durch die genannten Methoden in kurzem Zeitraum durchgeführt werden. So können beispielsweise jene Gebiete und Stadtquartiere gefiltert werden, bei denen Potentiale zur konzentrierten Innenentwicklung vermutet und daher detaillierte Untersuchungen durchgeführt werden sollen.

Die Ermittlung der Flächenpotentiale nach den beschriebenen Methoden kann sowohl auf realen, als auch auf virtuellen Gebieten durchgeführt werden. Dadurch ist einerseits die Möglichkeit des Einsatzes zur raschen Analyse ausgewählter Bebauungsstrukturen und gleichzeitig auch deren quantitativer Vergleich von zusätzlich bebaubarer Fläche gegeben. Ein Beispiel für die Anwendung ist der quantitative Flächenvergleich eingereicherter Konzepte und Ideen in städtebaulichen Wettbewerben.

Zur genaueren Verifizierung der Ergebnisse angewendeter Methode ist eine detaillierte Weiterführung des Ansatzes hinsichtlich der Implementierung der Planungsrichtlinien und der Einsatz in anderen Städten bzw. Planungsgebieten wünschenswert. Vor allem Untersuchungen zu Dichte und Ausnutzbarkeit unterschiedlicher urbaner Planungsgebiete können so vereinfacht durchgeführt werden.

Die in Kap.3.3.2 beschriebene geometriebasierte Kalkulation von Flächenpotentialen kann als direkte Anknüpfung an digitale Landvermessungssysteme wie beispielsweise LISA (vgl. 2.3.1) konzipiert werden. Die verorteten, digitalen Ergebnisdaten dieses Landmonitoringsystems bilden eine ausreichende Grundlage zur Anwendung der geometrischen Flächenuntersuchung und gebietsweisen Analyse potentieller Flächenreserven.

Zusammenfassend bilden die genannten Methoden eine Grundlage, die einerseits Übersicht und andererseits Struktur für die Erkundung großer Untersuchungsgebiete verlangt. Die Eingabeparameter wie Modulgrößen oder Modulanzahl sind dabei variable Stellschrauben, die eine Untersuchung mit unterschiedlichsten Bebauungsstrukturen zulassen. Die Generierung unterschiedlicher Bebauungsstrukturen kann ebenso automatisiert und algorithmenbasierend erfolgen. Kapitel 3.5.1 wird einen kurzen Einblick in die verschiedenen Möglichkeiten der Generierung von Bebauungsstrukturen geben und anschließend deren Einsatz im städtebaulichen Entwurf diskutieren.

3.5.1 Automatisierte Verfahren zur Untersuchung unterschiedlicher Bebauungsstrukturen in bestehenden Bauflächenpotentialen

Die algorithmengestützte Planung von Bebauungen bringt mittels Computerunterstützung die Möglichkeit unterschiedliche Planungsvarianten zu generieren und nachfolgend zu analysieren. Dadurch bietet diese Herangehensweise auch im Bereich der Bebauung von Flächenreserven viele Möglichkeiten. In Kombination mit digitalen graphischen Hilfsmitteln lassen sich schnell Übersichten unterschiedlicher Varianten generieren und über qualitative und quantitative Ergebnisse (Bsp. Bruttogeschossflächen,...) untersuchen.

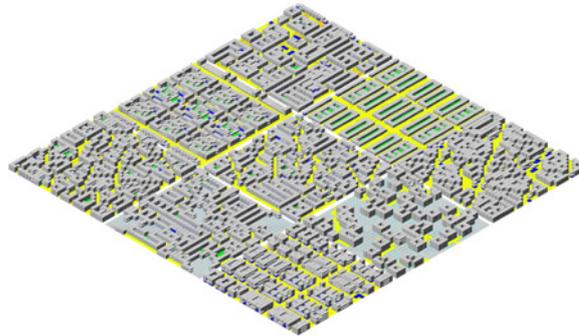
Die Anzahl der zum Entwurf von Bebauungsstrukturen zur Verfügung stehenden Algorithmen ist groß. Eignung und Einsatzmöglichkeiten sind daher fallspezifisch auszuwählen und bauen auf entsprechende Erfahrung der einsetzenden Planer/Programmierer. Für die einfache Umsetzung der Regelwerke in konkrete, digitale Objekte haben sich in den letzten Jahren viele CAD- und GIS-gestützte Programme (City Engine,...) und Applikationen für Programme (Rhino Grasshopper,...) entwickelt. Dabei ist der Planer nicht mehr nur auf das Programmieren der Regelwerke mit «rohem Code» beschränkt, sondern es werden graphische Eingabemöglichkeiten zur regelbasierten Entwurfsunterstützung bereitgestellt. Einsatz und Anwendbarkeit haben sich durch diese Entwicklungen schlagartig gewandelt und der Zugang für ein erweitertes Anwenderfeld ist deutlich erleichtert.

Im Folgenden wird auf zur Verfügung stehende Algorithmen im Detail nicht näher eingegangen, sondern vielmehr deren grundsätzlicher Einsatz für die Entwicklung von Bebauungsstrukturen auf Flächenreserven aufgezeigt. Unter dem Begriff Bebauungsstrukturen wird in diesem Zusammenhang sowohl die Bereitstellung und Einteilung von Bauplätzen auf den zur Verfügung stehenden Flächen, als auch der Bebauungstypus (offene, geschlossene Bebauung, usw.) verstanden.

Im städtebaulichen Bereich entwickelten König und Bauriedel eine umfangreiche Übersicht von Entwürfen, die mit Hilfe ausgewählter Algorithmen generiert wurden. Sie erarbeiteten detaillierte Grundlagen zum Experimentieren mit parametrischen Systemen. Dabei versuchten sie einerseits historische, städtebauliche Entwicklungen mittels mathematischer Regelwerke zu erfassen und andererseits schnelle Wege für eine Lösungsvielfalt anzubieten um «*Stadtentwicklungsprozesse simulieren, deuten und prognostizieren*»[38, p.9] zu können. Abbildung 3.28 zeigt, wie im Raster ausgerichtete Bebauungsvarianten durch den Einsatz zellulärer Automaten generiert werden können. König und Bauriedel generierten dabei auf der Basis von zweidimensionalen Flächeneinteilungen (gelb - Straßen, blau - Bebauung, rot - nicht zu bebauende Flächen usw. vgl. Abb.3.28a, Abb.3.28c und Abb.3.28e) dreidimensionale Bebauungsstrukturen (vgl. Abb. Abb.3.28b, Abb.3.28d und Abb.3.28f).



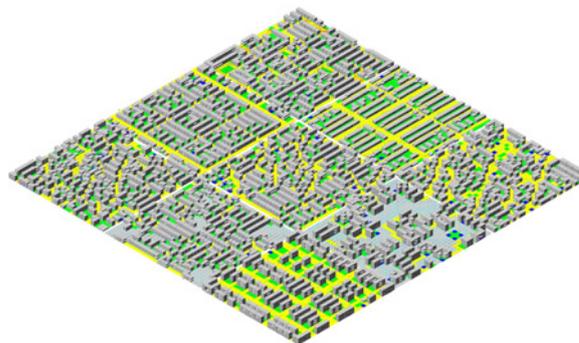
(a) Quelle: [38, p.103]



(b) Quelle: [38, p.105]



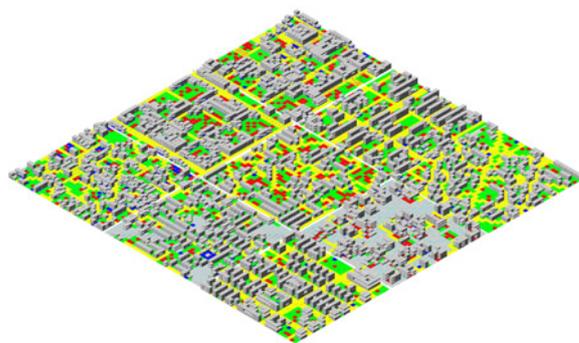
(c) Quelle: [38, p.103]



(d) Quelle: [38, p.106]



(e) Quelle: [38, p.104]



(f) (Quelle: [38, p.107])

Abbildung 3.28. Mittels zellulärer Automaten generierte dreidimensionale Bebauungsstrukturen basierend auf 2D Zellrastern (Quelle sh. Bildbeschreibung)

Die Verwendung von Algorithmen im Zusammenhang mit der Innenentwicklung und dabei im Detail mit der Auseinandersetzung von Flächenreserven bedarf der Konzeption von Entwurfsmustern, die sich für eine multiskalare Anwendung eignen. Multiskalar bedeutet in diesem Zusammenhang in mehreren Planungsmaßstäben, wie beispielsweise im Städtebau, in der Gebäudeplanung, in der Grundrissplanung, in der Fassadengestaltung, in der Konstruktionsoptimierung usw. funktionierend. Diese multiskalar anwendbaren Regelwerke gewährleisten eine einfache Analyse von unterschiedlichen Planungsproblemen. Dadurch können sowohl Gebiete vom Ausmaß

mehrerer Fußballplätze, als auch Baulücken von der Größe eines Einfamilienhauses untersucht werden. In den Computerwissenschaften sehr häufig verwendete Algorithmen, die diese Voraussetzungen erfüllen, sind genetische Algorithmen und zelluläre Automaten, die in ihrer Anwendungsvielfalt auch zur Lösungsfindung in Bezug auf Packungsprobleme Einsatz finden. Die Bebauung eines Grundstückes unter der Prämisse dessen bestmöglicher Ausnützung ist mathematisch betrachtet ein Packungsproblem, dessen Lösung eine Vielzahl an zulässigen Ergebnissen erlaubt.

Um automatisierte Entwurfsanwendungen im praktischen Zusammenhang darstellen zu können, werden nachfolgend die Zusammenhänge zwischen den Grundlagen des «herkömmlichen» manuellen Entwurfs mit theoretischen, automatisierten Untersuchungen gegenübergestellt. Dies geschieht mit dem Fokus der schnellen Überblickgewinnung und der effizienten Abschätzung von Auswirkungen verschiedener Bebauungsvarianten.

3.5.2 Anwendbarkeit von automatisierten Entwurfsmustern auf Flächenreserven

Gleichsam dem manuellen, städtebaulichen Entwurf bilden auch bei der Entwicklung geeigneter Regelwerke zur automatisierten Generierung von Entwurfsvarianten, die Erschließung, die Belichtung und bestehende gesetzliche Vorschriften, die Rahmenbedingungen. Zur Identifikation von Planungsproblemen, welche zumeist auf den steigenden Herausforderungen der Stadtplanung basieren, zur Entwicklung diesbezüglicher Maßnahmen oder zur Ausarbeitung von Richtlinien im raumplanerischen Verständnis (vgl. 4) sind sowohl intuitive und gestalterische Impulse als auch Erfahrungen der Planungsteilnehmer, kurzum menschliche Richtungsgeber grundlegend. Um diese Fähigkeiten zu gewährleisten, sind bei einem parametrischen Entwurf neben mathematisch erfassbaren Grundlagen auch eine gute Steuerungsmöglichkeit bzw. eine individuelle Beeinflussbarkeit zielführend.

Durch die gezielte Steuerung der genetischen Entwurfsmuster können Bebauungsstrukturen ausgerichtet an Erschließung, Belichtung und Trakttiefe, Flächenbedarf, bestehender Bebauung, geografischer Gegebenheiten usw. effizient hergestellt und visuell verarbeitet werden. Abbildung 3.29 zeigt einige Grundstrukturen für städtebauliche Entwurfsraster, die einerseits als Strukturierung von Grundstücken (Masterplan) und andererseits zur Strukturierung der Bebauung fungieren können.

Abbildung 3.29.
Schematische
Darstellung
unterschiedlicher
Bebauungsmuster
(Quelle: Eigene
Darstellung)



Die Bebauung der Grundstücke selbst, kann nach Bebauungstypus (geschlossene oder offene Blockrandbebauung, Einfamilienhaus, Doppelhaus, Mehrfamilienhaus,...) unterschieden werden. Abbildung 3.30 ist ein praktisches Anwendungsbeispiel. König und Bauriedel zeigen darin Einsatzmöglichkeiten, der bereits in Abb.3.28 vorgestellten parametrischen Entwurfsmuster.

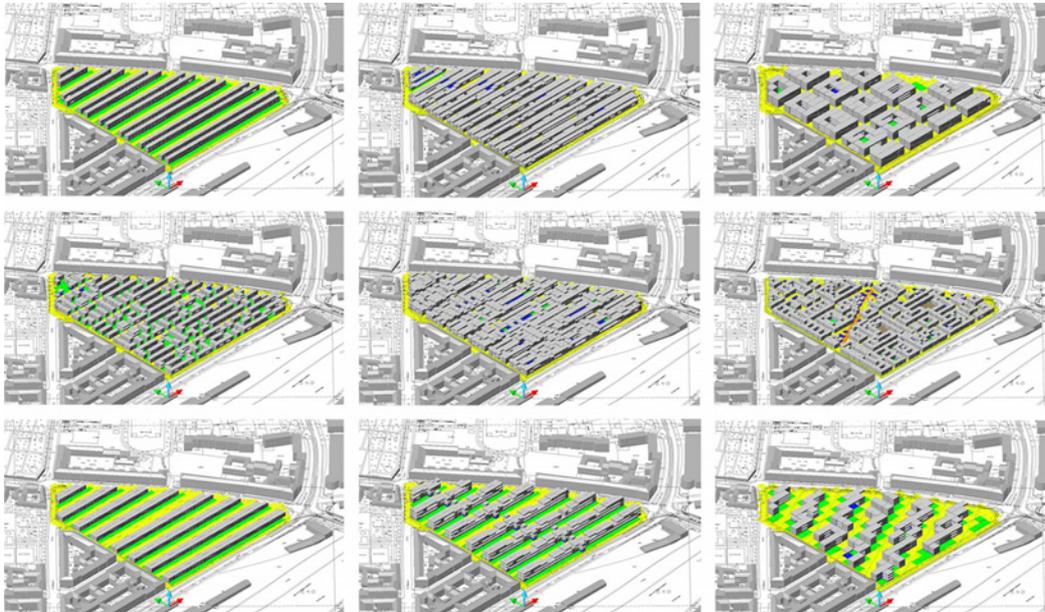


Abbildung 3.30.
Generierte
Bebauungsstrukturen
basierend auf den
in Abbildung
3.28 dargestellten
Entwurfsmustern
(Quelle: [38,
p. 115+121])

3.6 Zusammenfassung und Zwischenfazit aus diesem Kapitel

In diesem Kapitel wird ein neuer Zugang zur raschen Übersichtsgewinnung von Flächenreserven aufgezeigt um für eine nachhaltige Innenentwicklung zur Verfügung stehende Flächen unserer Städte aufzuspüren. Die für den Auffindungsprozess entwickelten algorithmengestützten Methoden sind multiskalar einsetzbar, da sie sowohl für die gesamte Stadt als auch für ein einzelnes Grundstück angewendet werden können. Da die beschriebenen Methoden nur rein quantitative Analysen darstellen, ist eine zukünftige Erweiterung durch die Einbeziehung qualitativer Aspekte für die Anwendung in der Praxis erstrebenswert. Die Einbindung qualitativer Untersuchungsaspekte kann Transformationsflächen, die durch neue Nutzungen Flächenreserven darstellen und auch Grundstücke deren Bebauung für eine Neue abgerissen wird, im Analyseprozess berücksichtigen. Im Bereich der Transformation wäre es vor allem das Wissen über geplante Umwidmungen bebaubarer Flächen, das für eine detailliertere Analyse die qualitativen Aspekte darstellen kann.

Die beschriebenen Methoden zeigen durch die erzielten Ergebnisse, dass die Automation von Planungsuntersuchungen und die dadurch schnelle Analysierbarkeit unterschiedlicher Planungsvarianten (Bebauung, Erschließung) eine gute Eignung für raumplanerische

Auseinandersetzungen aufweist. Dies wird durch die Anknüpfungsmöglichkeiten von algorithmengestützten Entwurfsmethoden aus der Architektur zusätzlich bestätigt. Kapitel 3.5 listet weitere Beispiele für den Einsatz algorithmengestützter Untersuchungen für die Analyse von Flächen im Sinne raumplanerischer Interessen. Die durch automatisierte Untersuchungsmodelle produzierbaren Ergebnisse können in weiterer Folge die Grundlagen für die Untermauerung und zielgerichtete Argumentation in Planungsprozessen darstellen.

Der Fokus im nachfolgenden Teil dieser Arbeit wird auf die Unterstützung und zielorientierte interdisziplinäre Kommunikation in diesen Planungsprozessen gesetzt. Die bisherige Auseinandersetzung in dieser Arbeit stellt somit die Beschreibung von Inhalt, Funktion und Ergebnis eines Berechnungsmodells dar. Zur Verwendung als Kommunikationsgrundlage ist es zielführend die Ergebnisse dieses Berechnungsmodells mit Daten aus anderen Disziplinen zu verknüpfen und in ein visuelles Darstellungssystem einzubetten, um in Planungsprozessen mit unterschiedlichen Interessens- und Fokusgruppen (Stakeholder) als Entscheidungs- und Planungsunterstützungssystem zu fungieren.

4 Strategische Planung, planungstheoretische Ansätze und kooperative Planungsverfahren

Dieses Kapitel liefert theoretische Grundlagen, wie Modellbildung und Simulation eine Kommunikationsunterstützung für Beteiligte bei Planungsprozessen bieten können. Weil durch den steigenden Bedarf an Boden, nicht nur in der Aufspürung von Flächenreserven ein rasches Voranschreiten notwendig ist, sondern auch die räumlichen und zeitlichen Ressourcen planungsrelevanter (oft interdisziplinärer) Akteure knappe Güter darstellen, ist eine Kommunikationsunterstützung eine Kernfunktion eines Entscheidungs- und Planungsunterstützungssystems. Digitale visuelle Kommunikationsunterstützung fördert einen strukturierten Ablauf von Planungsverfahren, die eine mögliche Problemlösungsstrategie der Raumplanung darstellen. Als Beispiel für einen schnelles und strukturiertes kooperatives Planungsverfahren wird die «Testplanung» aufgezeigt. Dieses Planungsverfahren wurde bereits nachweislich in Problemstellungen der Innenentwicklung angewandt. (sh. [39]) Anhand des Beispiels der Testplanung wird dargelegt wie eine räumliche Visualisierung zur Unterstützung in kooperativen Planungsverfahren beitragen kann und welche Grundanforderungen an die Visualisierung dabei entstehen.

4.1 Visualisierung zur Kommunikationsunterstützung

Der Begriff Kommunikation (lat. *communicare* = jmdm. etw. mitteilen) kann in der Informationstheorie als kodierte Datenübertragung von Sender zu Empfänger mit möglichst geringer Störung bzw. Verfälschung während dieser Übertragung beschrieben werden. (vgl. [40, p.3] und Abb.4.1) Grundlage dabei ist, dass Sender und Empfänger die gleiche Kodierung verwenden. (vgl. [41, p.8]) In Planungsdisziplinen haben sich mehrdimensionale Darstellungen (analog und digital) des Raumes als Mittel der «Kodierung» etabliert. Zur Herstellung zeitlicher Bezüge, zur Prognose unterschiedlicher Entwicklungen und um Auswirkungen alternativer Szenarien räumlich veranschaulichen und bewerten zu können, dienen räumliche Simulationen. (vgl. [10, p.68]) «*Der Begriff Simulation kann [...] in einem allgemeinen Sinne gekennzeichnet werden als die Abbildung einer objektiven Realität durch menschliche Gedanken und Tätigkeiten.*» [42, p.19] Die Simulation oder wie von Markelin und Fahle bezeichnete «Sensorische Umweltsimulation», ermöglicht es, ein Planungsobjekt mit seinen Beziehungen zur umgebenden Umwelt darzustellen und immaterielle, menschliche Wahrnehmungen,

*Sender-Empfänger
Modell*

Simulation

Erlebnisse und Handlungen zu berücksichtigen.(vgl. [42, p.12]) Markelin und Fahle erläutern, dass «das eigentliche Ziel der Darstellung architektonischer und städtebaulicher Planungsinhalte» darin liegt, «eine Reaktion, eine Antwort des Betrachters zu erzeugen, d.h. seine emotionale oder intellektuelle Einschätzung und Beurteilung der dargestellten Umweltsimulation»[42, p.12] Diese Einschätzung und Beurteilung unterschiedlicher Betrachter ist die Grundlage von Problemlösungsstrategien in der Raumplanung und ermöglicht gezielte Planungsverfahren, wie beispielsweise die Testplanung (vgl. Kapitel 4.2.2).

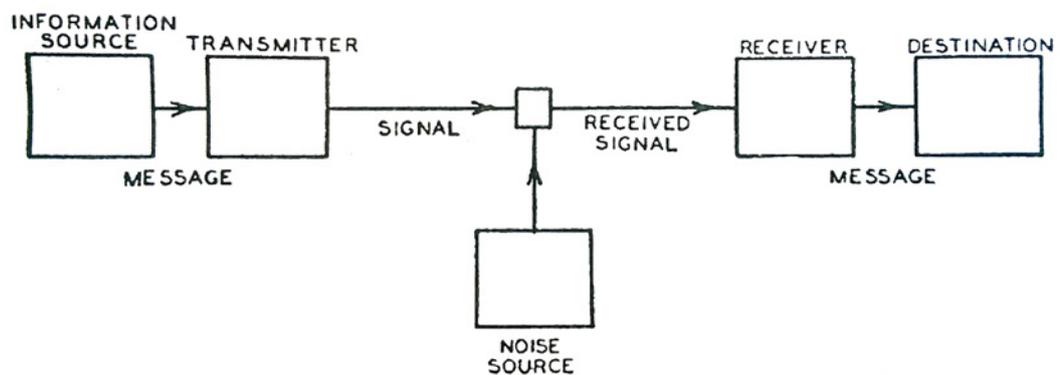


Abbildung 4.1.
Kommunikationsmodell nach Shannon und Weaver (Quelle: [40, p.98])

Verortung von Informationen

Die Grundlage einer räumlichen Simulation sind mehrdimensionale Modelle mit unterschiedlichen Informationsinhalten. Jede Art der Information kann einem Objekt und dadurch einer Position im Raum zugewiesen werden und ist somit verortet. Auch Beziehungen, Wahrnehmungen und Gedanken werden damit in ein geeignetes «Benutzerkoordinatensystem» überführt. Das Benutzerkoordinatensystem beschreibt den Raum in dem die Teilnehmer eines Planungsprozesses bzw. eines Planungsverfahrens agieren und bildet gleichzeitig ein Bezugssystem zwischen Modell, Simulation und Wirklichkeit.

Die Zusammenhänge zwischen diesen drei Begriffen lassen sich funktional (sh. Abb.4.2) durch eine Verschachtelung ihrer selbst beschreiben. Die Abbildung und Repräsentation von Vorgängen der Wirklichkeit kann durch Simulation passieren. Die Simulation ist dabei gleichermaßen ein Teil der Wirklichkeit. Das Grundelement einer Simulation bildet ein Modell oder mehrere Modelle und diese Modelle spiegeln dabei sichtbare und nicht sichtbare Objekte der Wirklichkeit wieder.

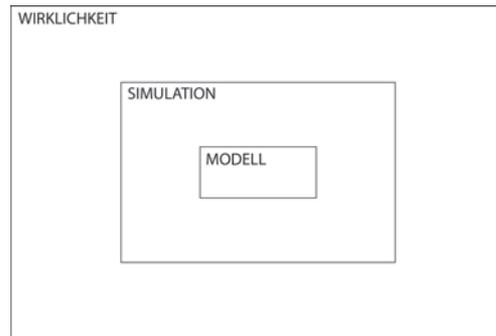


Abbildung 4.2. Technischer und funktionaler Zusammenhang von Wirklichkeit, Simulation und Modell durch deren Verschachtelung ineinander (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Beziehungen zwischen den drei Begriffen werden in einer für die räumliche Darstellung angepassten Adaption des «Semiotisches Dreieck» von Voigt erläutert.(vgl. [10, p.86] und sh. Abb.4.3)

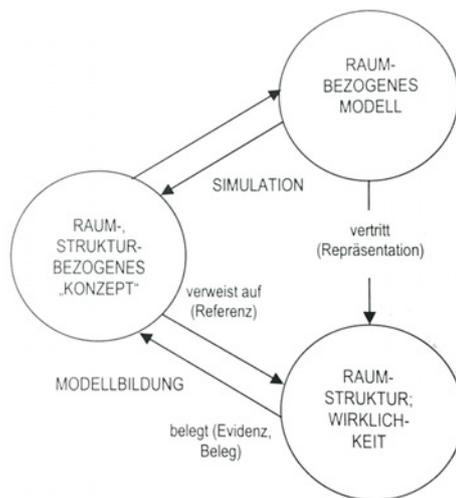


Abbildung 4.3. Die Beziehung zwischen Wirklichkeit, Modell und Simulation im «Semiotischen Dreieck» (Quelle:[10, p.68])

Die Darstellung in Abbildung 4.3 beschreibt die Modellbildung als Weg von der räumlichen Wirklichkeit und die Simulation als Weg zur Wirklichkeit.(vgl.[10, p.68]) Das zwischen Modell und Wirklichkeit liegende »raumbezogene Konzept« kann als Handlungszentrum und Interaktionsraum der Benutzer interpretiert werden, dass «im Spannungsfeld von Raum-Wirklichkeit und raumbezogenem Modell (bzw. Sprache) Gestalt- und Strukturbildung»[10, p.68] ermöglicht.

Der Begriff «Simulation» gründet auf dem lat. Wort «simulare», das nicht nur das «nach- und abbilden», sondern vielmehr «etwas vorgeben» beschreibt. In unserer Vorstellung wird die Simulation zumeist mit beweglichen Bildern in Zusammenhang gebracht. Um ein umfassenderes Bild, statische, dynamische, multidimensionale, reale und abstrakte Vorstellungen, beschreiben zu können, wird im Verlauf dieser Arbeit der Begriff der (räumlichen) Visualisierung verwendet. Die Herleitung dieses Wortes (lat. «video») suggeriert einen allgemeineren Zugang und bedeutet «Aussehen bzw. Gestalt».(Übersetzungen vgl. [43])

Begriffe: Simulation und Visualisierung

Die bildhafte Darstellung von Information eröffnet Möglichkeiten die Vielfältigkeit sowohl sichtbarer, als auch unsichtbarer, realer Umweltgegebenheiten zu veranschaulichen. Dabei können einzelne Elemente des Gesamtsystems in unterschiedlichen Abstraktionsgraden dargestellt und kontrolliert untersucht werden. Dies ermöglicht nicht nur einzelne Modelle und ihre beinhalteten Objekte, sondern auch deren *«regelmäßige Beziehungen, Ordnung und Struktur»* ([42, p.19]) im Bezug auf ein System zu erfassen.

In Planungsdisziplinen wird durch die visuelle Darstellung, unter zusätzlicher Einbringung von Szenarien und Ausbaustufen, eine Kommunikationsgrundlage für planungsbeteiligte Personen und Entscheidungsträger ermöglicht. Entscheidungen selbst können so nachvollziehbar, die unterschiedlichsten Faktoren unserer umgebenden Umwelt berücksichtigen und ihre Auswirkungen genauer abschätzen.

Um herauszufinden welche Entwicklungsstandorte sich aus der Betrachtungsweise unterschiedlicher Fachgebiete als sinnvoll erweisen und in welchen Bereichen eine reale Umsetzung angestrebt werden soll, muss eine *«systematische Erfassung, Analyse und Zusammenführung aller für die Stadtentwicklung maßgeblichen Faktoren unter besonderer Beachtung der regionalen Zusammenhänge»* [44] erfolgen. Darüber hinaus müssen einzelne Maßnahmen funktional, räumlich und zeitlich aufeinander bezogen und abgestimmt werden. (vgl. [45, p.16])

Eine grundlegende Aufgabe der Raumplanung ist die Koordination solcher *«Maßnahmen, welche auf die Standortqualität wirken und wirken sollen und welche die Verteilung der Standortqualität über die Bevölkerung verändern[...]»* [45, p.16] Ein erweitertes Verständnis der raumplanerischen Aufgaben betont *«ein kommunikatives, den Interessenausgleich aktiv anstrebendes Handeln [...], das von Diskursivität und Kooperation geprägt ist und mittels dessen die Verfahren gesteuert werden.»* [46, p.380]

Planungsverfahren u.
Planungsprozesse

Der Begriff Verfahren bezieht sich in diesem Zusammenhang auf Planungsverfahren bzw. in erweiterter Betrachtung auf die Planungsmethoden der Raumplanung, die geordnete und zielgerichtete Vorgangsweisen ermöglichen. Diese Planungsmethoden sollen strukturiert und nachvollziehbar Ideen, Entwicklungspfade und Entscheidungen für definierte Planungsgebiete vorantreiben und ermöglichen in Planungsverfahren Problemlösungsstrategien zu erarbeiten, da die Lösung von komplexen Problemen den Kerninhalt jeder Planung darstellt. (vgl. [47, p.7])

Fürst und Scholles beschreiben Planung als einen *«Koordinations- und Konsensfindungsprozess, um kollektives Handeln zu ermöglichen.»* [48, p.24] Die Kommunikation steht daher im Zentrum jedes Planungsprozesses.

4.2 Problemlösungsstrategien in der Raumplanung

Die Aufgabe von Planern ist es, Lösungen für Probleme aufzuzeigen.(vgl. [47, p.7]) Die Zugänge, Strategien, Methoden und Konzepte zur Lösung von Planungsproblemen sind dabei so unterschiedlich wie die Planer selbst.

Als möglichen Ablauf von Planungsprozessen präsentiert Schönwandt, basierend auf dem Uexküllschen Funktionskreis und abgeleitet von Heidemann, ein Grundschema der Planung. (vgl. Abb.4.4) Dieses Schema erlaubt die Beschreibung von Planenden, die mittels Wahrnehmung, Denken und Handlungen *«als Systemkern im Kontext einer Umwelt agieren und [...] [sich] auf bestimmte Art und Weise in ständigem Austausch mit den für sie relevanten Komponenten dieser Umwelt»*[49, p.39] befinden. Die Umwelt stellt dabei die Alltagswelt dar, welche wiederum die Planungswelt der Akteure inklusive deren Wissen und der durch sie eingebrachten Erfahrung umgibt. Die Akteure der Planungswelt erarbeiten die Anleitungen, die in der Alltagswelt zum Einsatz bzw. zur Ausführung kommen können.(vgl.[49, p.40])

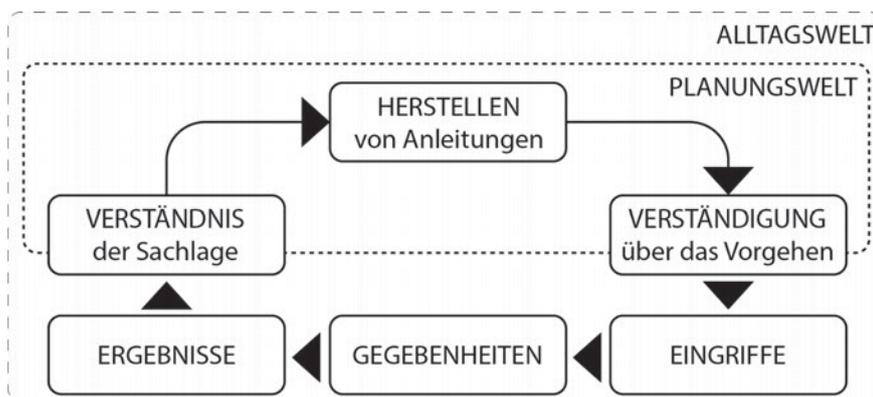


Abbildung 4.4. Grundschema der Planung (Quelle: Eigene Darstellung nach [49, p.40])

In der Planungspraxis ist die Herausforderung, Problemlösungsstrategien mit stets knappen Mitteln (zeitlich, finanziell, materiell usw.) zu entwickeln. Ein diesbezüglich gangbarer und erprobter *«Weg besteht darin, basierend auf einer organisatorischen Strategie flexible Ad-hoc-Organisationen einzurichten.»*[50, p.8] Diese Strategie wurde konkret im *«Wiener Modell»* angewendet.(vgl. [51]) Nachfolgendes Kapitel gibt einen Einblick in dieses kooperative Planungsverfahren und zeigt die Eignung für dessen Einsatz bei komplexen Planungsproblemen, wie dem der Innenentwicklung auf.

4.2.1 Das Wiener Modell als Grundlage der Testplanung

Das Wiener Modell ist ein umfassend räumlich-gesellschaftliches Planungsverfahren, das in den 70er Jahren entwickelt wurde. Zu dieser Zeit wuchs der spezifische Flächenbedarf der Stadt Wien und das Stadtgebiet am linken Donauufer rückte in den planerischen

Spieltheorie

Fokus der Stadtentwicklungsplanung. Ebenso entstand der Gedanke eines über den Rahmen von Obrigkeit und der Entscheidungsträger erweiterten Diskurs mit allen Interessenvertretern zu ermöglichen. Es wurde erstmals der Gedanke der Simulation durch den Einsatz von spieltheoretischen Techniken und mathematischen Modellen verwirklicht.(vgl. [51, p.32]) Die Hauptziele des Planungsverfahrens das 1972/73 begann, waren die Stadterweiterung über die Donau und dem dazugehörigen Auland zu ermöglichen und der trennenden Wirkung des Flusses entgegenzuwirken, die Donau als internationale Schifffahrtsstraße auszubauen, die natürlichen Qualitäten des Aulandes für Jagd, Fischerei und Erholung zu erweitern sowie eines der Kernprobleme, den Hochwasserschutz, zu gewährleisten.(vgl. [51, p.33])

*Kooperatives
Planungsverfahren als
Problemlösungsstrategie*

Für die Erreichung dieser Ziele unter Berücksichtigung und Anhörung der vielen Interessengruppierungen, wurde ein mehrjähriges (ca. 3 Jahre) und mehrstufiges Planungsverfahren entwickelt. Alle Planungsteilnehmer trafen sich vierteljährlich einmal für eine Woche um gemeinsam an der Planungsaufgabe und den Planungszielen zu arbeiten. Diese Vorgangsweise erwies sich als zielführend und das Ergebnis ist die heutige Wiener Donauinsel, welche mit ihren zahlreichen Sport- und Freizeitangeboten, als Naherholungsgebiet in Wien, nicht mehr wegzudenken wäre.

Basierend auf dem Wiener Modell wurde in der Schweiz die «Testplanung» entwickelt. Der Ansatz eines mehrstufigen Prozesses wurde übernommen, der Ablauf jedoch zeitlich etwas verkürzt. «Eine heutige Testplanung dauert in der Regel noch ein Jahr mit einem weiteren Jahr für eine eventuelle Vertiefungsphase.»[39, p.7](sh. Abb.4.5)

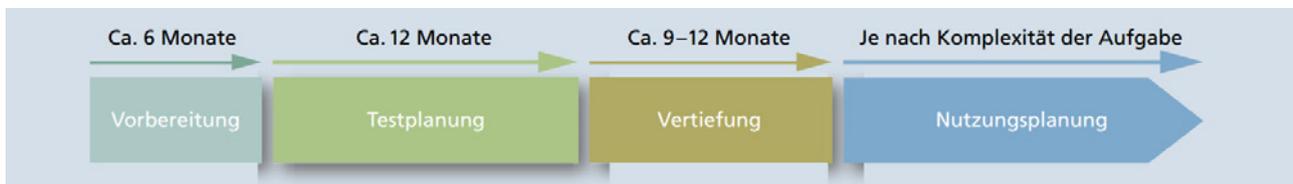


Abbildung 4.5. Zeitlicher Ablauf und Einordnung der Testplanung in einen Planungsprozess (Quelle:[39, p.7])

4.2.2 Inhalte und Erkenntnisse einer Testplanung

Die Testplanung ist ein kooperatives Planungsverfahren. Dabei ist der zentrale Kern die Kooperation aller Planungsbeteiligten, um eine grobe Idee bzw. Entwurfskonzeption zu entwickeln und eine kritische Auseinandersetzung zu ermöglichen. Vor- und Nachteile dieses Entwurfes werden daraufhin abgewogen und im weiteren Prozessverlauf zu einem schnellen Entschluss über Weiterverfolgung oder Verwurf gedrängt. Jakob Maurer, Vorsitzender im Verfahren «Wiener Modell», beschreibt folgende Erkenntnisse für eine zielorientierte Testplanung (vgl.[50, p.8]): In dem gesamten Planungsverfahren werden alle nicht zur Problemlösung beitragenden Informationen weggelassen. Disziplinenübergreifende Probleme sollen möglichst soweit «entflochten»[50, p.8] werden, dass sie von einzelnen Disziplinen gehandhabt werden können. Als Problemlösungsstrategie ist es zielführend kleine Gruppierungen mit konstanten

Planungsteilnehmern zu bilden, die im Bedarfsfall mit «*wechselnden Beteiligten voranschreiten*»[50, p.8]. Dabei kann zwischen kooperativen und individuellen Arbeitsphasen unterschieden werden. Er hält fest, dass in Kooperationsphasen sämtlichen Beteiligten nachvollziehbar Zugang zu allen Informationen und vorgeschlagenen Problemlösungen ermöglicht werden muss.(vgl.[50, p.8])

Ein Testplanungsverfahren, welches nach vorangegangener Beschreibung gestaltet ist, kann bildlich auch als «Theaterstück» verstanden werden. Gleichsam wie bei der «Comedia dell'Arte» ist die Testplanung eine Inszenierung, die eine «*ausgeprägte Rollendifferenzierung der Mitwirkenden [...] [und] Angaben über die Szenenfolgen und ihre Leitgedanken, nicht aber genaue Vorschriften, wie diese zu gestalten sind*»[52, p.212] umfasst.

Diese Rahmenbedingungen können durch visuelle Hilfestellungen Planungsverfahren strukturieren und anleiten. Dabei sind neben der visuellen Darstellung auch die «Trägermedien» der Visualisierung entscheidend, da sie die Bühne für die Inszenierung eines Planungsverfahrens stellen. Kap. 6.5 befasst sich mit einem möglichen «Setup» für die Konfiguration von Darstellungsmedien im Einsatz beschriebener, kooperativer Planungsverfahren.

4.2.3 Innenentwicklung als Problemstellung - Testplanung als Grundlage einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung

Eine nachhaltige Siedlungsentwicklung nach innen eröffnet neue Planungsprobleme und erfordert zeitgemäße Strategien um die steigende Komplexität der Planungsinhalte zu bewerkstelligen bzw. die Planungsziele zu erreichen. Dadurch werden auch die Anforderungen an Koordination, Kooperation und Kommunikation während der Planungsprozesse erhöht.

Betrachtet man die steigende Bevölkerungsanzahl in Wien und verfolgt eine nachhaltige Siedlungsentwicklung innerhalb der Stadtgrenzen, so kann festgehalten werden (vgl. Auswirkungen steigender Flächeninanspruchnahme in Kapitel 3.1), dass ein strategischer Plan zur gezielten Nutzung der Innenentwicklungspotentiale und zur gesteuerten Nachverdichtung innerhalb der Stadtgrenzen notwendig ist. Die herkömmlichen Steuerungsmechanismen der Raumplanung, wie die Regulation und Einflussnahme über Flächenwidmung und Flächennutzung, ist in diesem Zusammenhang nur sehr beschränkt möglich und erlaubt auch keine strategisch koordinierte Planung. Die Rolle der Raumplanung diesbezüglich ist zu versuchen strategische Wege zu initiieren und aufzuzeigen. Diese müssen den Aufgaben entsprechen und die Flexibilität aufweisen die unterschiedlichen Interessen, Konflikte und Interaktionen der Akteure zu berücksichtigen und zu managen. «*Im Wesentlichen sind raumplanerische Strategien [dabei die] [...] Richtschnüre in die Zukunft.*»[53, p.1122]

Das methodische Aufspüren und Verorten von eventuellen Potentialflächen innerhalb der Stadtgrenzen (sh. Kapitel 3) ist ein Schritt zu einer strategischen Innenentwicklung von Wien. Um die vorhandenen Potentiale einer praktischen Nutzung zuzuführen und sie nachhaltig verwendbar zu gestalten, ist die Aufgabe der Raumplanung bzw. der Planungsdisziplinen, die zeitliche Verfügbarkeit der Potentiale zu untersuchen und die Vor- und Nachteile bzw. Folgeplanungen in Bereichen wie Infrastruktur, Energie, Ökologie, Gesellschaft usw. zu berücksichtigen. Demnach muss der Gedanke von einem zukünftig vermehrten Einsatz kooperativer Planungsverfahren verfolgt werden und die beschriebenen Erkenntnisse bereits getätigter Verfahren dabei einfließen.

Um die Ausgangssituation und die analysierten Grundlagen für alle Verfahrensbeteiligte erfassbar zu gestalten, sind visuelle Darstellungen als Grundlage zur Vorbereitung solcher Verfahren und zur Unterstützung während der Verfahren nützliche Hilfsmittel. Diesbezüglich können alle Medien, die der Informationsaufbereitung, -verarbeitung und -visualisierung dienen und die gleichzeitige Betrachtung für unterschiedliche Nutzergruppen erlauben, Verwendung finden.

Im Bereich der Innenentwicklung und zur Analyse unterschiedlicher Einflussfaktoren von Potentialflächen sind digitale räumliche Informationsdarstellungen zielführend, da viele Informationen, wie die Auswirkung der Geschossflächenpotentiale auf die bestehenden Bebauungsstrukturen usw. erst durch eine dreidimensionale Darstellung erfasst werden können. Räumliche Visualisierungen können bei der Problemstellung, Flächenpotentiale aufzuspüren, helfen. Dabei unterstützen sie auf unterschiedlichen Maßstabsebenen, um sowohl einen Überblick gewinnen zu können, als auch detaillierte Einblicke auf Baublock- und Gebäudeebene zu gewährleisten. Dadurch können Planungsstrategien entwickelt und ihre Vor- und Nachteile individuell und kooperativ (interdisziplinär) betrachtet werden.

Aufbauend auf Planungsverfahren wie dem Wiener Modell bzw. Ad-Hoc-Testplanungen, kann eine räumliche Visualisierung auf ihre planungsunterstützenden Fähigkeiten, Einsatzgebiete und Potentiale zur Abbildung zukünftiger Entwicklungen getestet werden. An konkreten Beispielen kann durch Übersichtsgewinnung und detaillierte Untersuchungen der Einsatz einer Visualisierung zur Entscheidungsunterstützung von Planungsmitgliedern evaluiert werden.(vgl. Kap.7)

4.3 Die Visualisierung als Planungs- und Entscheidungsunterstützungswerkzeug

«Die wichtigsten Basismerkmale von räumlicher Planung sind: kollektives Handeln, Konsensbildung, Zukunftsbezug, zielorientierte Handlungsvorbereitung und fachübergreifende, raumbezogene Planinhalte.»[48, p.25] Dabei integrieren Experten unterschiedlichste fachliche Domänen.

Einerseits sind raumbezogene Modelle hilfreiche Mittel, um komplexe Inhalte und ihre Zusammenhänge sichtbar und begreifbar zu machen. Viele unterschiedliche

Fachdisziplinen und die damit verbundenen Inhalte in einem raumbezogenen Modell zu berücksichtigen, steigert andererseits jedoch auch die Komplexität von Modellen. In räumlichen Systemen beeinflussen einander die ablaufenden Prozesse zudem gegenseitig und erhöhen damit die Schwierigkeiten sie darzustellen, zu verstehen und zu bearbeiten.

Um zu planen und die Auswirkungen der Planungsmaßnahmen vor ihrer Realisierung abschätzen zu können, sind Visualisierungen wichtige Hilfsmittel. Diesbezüglich sind es vor allem Möglichkeiten der Betrachtung von Maßnahmen und Auswirkungen über bestimmte Zeitspannen. König erkannte, «*dass sich das Wesen einer Stadt erst erschließt, wenn man ihre Entwicklungen über die Zeit betrachtet.*» [54, p.25] Diese Tatsache kann auf alle räumlichen Strukturen ausgedehnt werden. Sowohl im urbanen als auch im ländlichen Bereich stellen die unterschiedlichen Interessen, wie beispielsweise jene von Land- und Forstwirtschaft, Boden- und Wasserwirtschaft sowie individuelle ökonomische und ökologische, private und öffentliche Sichtweisen, sichtbare und unsichtbare Prozesse dar. Nur durch das Verständnis deren komplexer Zusammenhänge und Entwicklungen im Zeitverlauf, können Ideen und Planungen für gezielte Zusammenarbeit entstehen (Bsp. Nationalparks).

Zur Vorhersage und Bestimmung zukünftiger Bedingungen werden in vielen Fachbereichen Berechnungsmodelle erstellt. Wenn die Ergebnisse solcher Kalkulationen an Objekte innerhalb von Modellen räumlich geknüpft werden, lassen sich Relationen, Wechselwirkungen und Gegensätze erkennen. Durch die visuelle Unterstützung zur Darstellung dieser Verknüpfungen im Raum ist eine Kommunikationsgrundlage für strategische Entwicklungen inner- und interdisziplinär gegeben. Darüber hinaus können durch die visuelle Überlagerung von Darstellungsinhalten Entwicklungen, die unterschiedlichen Maßnahmen zu Grunde liegen, aufgezeigt werden.

Nachhaltige Energie-Raumplanung, die sowohl bedarfs- als auch verbrauchsbezogenen Haltungen und Interessen, nutzer- und produktionsseitig abwägt, fordert opaquere Strukturen, um die Probleme verstehen und die Grundlagen der Schwierigkeiten aufspüren zu können. Das Verständnis der Probleme und allen damit verbundenen Zusammenhänge bildet die Basis für Entscheidungs- und Planungsprozesse. (vgl. «*problems first*» in [55, p.292]) Um in diesen Prozessen Übersicht und Klarheit zu gewinnen, die relevanten Aspekte zu hinterleuchten und Kernfunktionen unterschiedlicher Bereiche in einer Gesamtstruktur zu beleuchten, ist eine visuelle räumliche Veranschaulichung wesentlich.

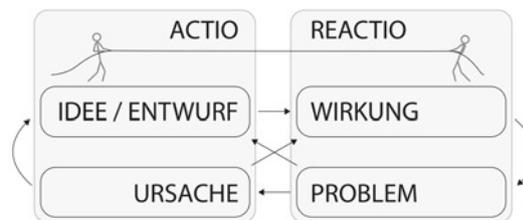
4.4 Überlegungen zu den Anforderungen an eine Visualisierung im raumplanerischen Kontext

Die Visualisierung kann in Planungsdisziplinen Entwicklungen über einen definierten Zeitraum darstellen. Der Planungsprozess selbst kann dabei als «*Actio und Reactio*» (als Wechselwirkungsprinzip vgl. Abb. 4.6) angesehen werden. Eine Idee wird geboren, entwickelt und ihre Auswirkungen untersucht. Eine Visualisierung zur

*Wechselwirkungs-
prinzip*

Planungsunterstützung muss genau dabei anschließen, indem sie sowohl das grundlegende Problem abbildet, ein Modell der entwickelten Idee (bzw. unterschiedlicher Ideen) beinhaltet, als auch die Auswirkungen und notwendigen Informationen für Entscheidungsprozesse präsentiert. Ebenso ist auch oft ein umgekehrter Prozess notwendig, um herauszufinden welche Ursachen einem Problem zu Grunde liegen.

Abbildung 4.6.
Wechselwirkungs-
prinzip in der
Planung (Quelle:
Eigene Darstellung)



Sowohl Themen und Ideen als auch Problemstellungen bzw. Lösungsvorschläge in Planungsprozessen und -verfahren sind einem ständigen Veränderungsprozess unterworfen. Daher muss eine räumliche Visualisierung schnelle Änderungen der Darstellung erlauben. Dabei sind die Teilnehmer eines Planungsverfahrens «die wichtigste Quelle für das Wissen, für Problemlösungen und für die offenen und verborgenen Absichten».[50, p.8] Folglich sind die Teilnehmer auch die Gestalter der Visualisierung. Demnach muss die räumliche Visualisierung grösstmögliche Flexibilität in der Änderung und Weiterentwicklung ihrer Inhalte aufweisen und ihre Handhabung eingängig gestaltet sein.

Die Actio-Reactio-Wirkung in Planungsverfahren kann direkt auf die Entwicklung einer Visualisierung zur Planungsunterstützung übertragen werden. Denn nur die wechselwirkende Gestaltung von entwickelnden und anwendenden Akteuren eines bildgebenden Verfahrens kann zu deckenden Ergebnissen zwischen den Intentionen der Visualisierenden und den Erwartungen der Benutzenden führen.

Um Planungsverfahren zeitlich und räumlich flexibel gestalten zu können, ist es notwendig den Status einer Visualisierung (Momentaufnahme) speichern zu können. Wie der Spielstand eines Computerspieles kann somit der Planungsstand eines Verfahrens gesichert und transportiert werden. Dadurch ist eine individuelle Weiterentwicklung zwischen unterschiedlichen Planungsphasen möglich, die in einem darauffolgenden kooperativen Verfahrensschritt eingebracht und zusammengeführt werden können.

Die graphische Gestaltung der räumlichen Modelle muss je nach Anforderung für die Akteure der Planungswelt und Alltagswelt adaptierbar sein. Dabei können Unterschiede in Informationsinhalt und -schärfe angepasst werden. Ein Leitgedanke ist diesbezüglich die Möglichkeit der prozeduralen Informationsschärfung mittels interaktiver Darstellung. Die schrittweise Annäherung von Übersicht zu Detailinformationen beeinflusst Einschätzungen und Entscheidungen der Akteure und ermöglicht Kursänderungen und Fehlerkorrekturen.

Durch simultane Planungstätigkeiten und Entscheidungsprozesse, vor allem im interdisziplinären Kontext, können unzählige thematische Verknüpfungen entstehen. Um die Abhängigkeiten beherrschbar zu halten, ist es nach Maurer zielführend «*Konstellationen zu finden, in denen Vorgänge weitgehend unabhängig voneinander gewollte Resultate erbringen.*»[50, p.9] Diesbezüglich kann die räumliche Visualisierung die Akteure einerseits durch das Aufzeigen unabhängiger Pfade zur Problemlösung unterstützen, andererseits aber auch dabei helfen diese Pfade zu vergleichen, zusammen zu führen und in ihrer Rolle in Bezug auf ein übergeordnetes System zu betrachten.

Innerhalb eines Planungsverfahrens (vgl. 4.2.2) kann die Visualisierung in jedem Teilprozess (vgl. Abb.4.5) eingesetzt werden. Dabei bildet sie die Präsentations- und Kommunikationsgrundlage im Verfahren, stellt Maßnahmen und deren Auswirkungen dar und ist gleichzeitig das Repräsentationsmedium für die Ergebnisse.

Fürst und Scholles schreiben der Planung unterschiedliche Funktionen zu, die direkt als Anforderungsprofil für ein Werkzeug zur Entscheidungs- und Planungsunterstützung übernommen werden können (vgl. [48, p.24]):

Funktionen der Planung nach Fürst und Scholles

- Frühwarnfunktion
- Orientierungsfunktion
- Koordinationsfunktion
- Moderationsfunktion

Die Anforderung der «Frühwarnfunktion» an eine räumliche Visualisierung verortet den Problemlösungsraum und gibt damit auch eine Grundstruktur dessen vor. Die «Orientierungsfunktion» kann dabei räumlich und zeitlich in einen Zusammenhang gestellt werden. Einerseits wird durch die Verortung des Problemareals eine Einbettung in die Umgebung und dadurch ein visueller räumlicher Bezug bereitgestellt, andererseits wird dadurch auch «*die Zeitachse des Handelns in die Zukunft verlängert.*»[48, p.24] In der Anwendung der Visualisierung im Planungsprozess wirken «Koordinationsfunktion» und «Moderationsfunktion» als wichtige Steuerungs- und Antriebsmechanismen, um die Leitgedanken voranzutreiben und entstehende Konflikte auszuräumen.

Betrachtet man die Visualisierung als Kommunikationswerkzeug, so unterliegt sie dabei auch den von Shannon und Weaver beschriebenen drei Problemidentifikationen der Informationsübertragung: Dem technischen Problem, dem semantischen Problem und dem effektivitätsbezogenen Problem. (vgl. [40, p.96]) Die Anforderungen an eine Visualisierung als Kommunikationsgrundlage können auch auf Basis dieser drei Problemidentifikationen abgeleitet werden.

Drei Problemidentifikationen nach Shannon und Weaver

Die Technische Anforderung der Visualisierung obliegt der Genauigkeit der Informationsübertragung bzw. der Visualisierungsinhalte in Bezug auf die Verständlichkeit der Inhalte für interdisziplinäre Akteure. Die semantische Anforderung an eine räumliche Darstellung, um einen möglichst weiten Benutzungsspielraum für unterschiedlichste

Akteure einzuräumen, kann durch die Verwendung eines interaktiven digitalen Mediums erleichtert werden. Benutzerspezifische Darstellungen innerhalb einer Visualisierung sind dabei mittels digitaler Hilfsmittel umsetzbar. Die Effektivität der Visualisierung für den Benutzenden obliegt jedoch sowohl der semantischen Umsetzung der Visualisierungsinhalte, als auch der Haltungen der Anwender gegenüber dem digitalen Hilfsmittel selbst.

5 Räumliche Darstellungsformen und Interpretationshilfen

Zur Unterstützung der strategischen Planung wachsender urbaner Strukturen und zur diesbezüglichen Untersuchung raumbedeutsamer Probleme im Kontext ressourcenschonender Energie- und Mobilitätsplanung, stellen räumliche Visualisierungen wichtige Hilfsmittel dar. Dieses Kapitel zeigt einige Grundlagen räumlicher Darstellungsformen. Der Fokus wird besonders auf Fähigkeiten digitaler Darstellungsformen und die Interaktionsmöglichkeit der Benutzenden mit räumlichen Modellen gelegt. Anschließend werden, basierend auf den angeführten Darstellungsgrundlagen, persönlich entwickelte Experimente von visuellen Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystemen angeführt und daraus bezogene Erkenntnisse zur technischen Umsetzung einer räumlichen Visualisierung durch Überlagerung urbaner Gesamtstrukturen abgeleitet.

5.1 Graphische Darstellungsformen von Daten und Informationen

Seit prähistorischen Zeiten gehören Illustrationen mit wissenschaftlichen Inhalten zum kulturellen Erbe der Menschen. Das Ziel wissenschaftlicher Illustrationen ist das genaue Verständnis eines untersuchten Gegenstandes (Objekt, Lebewesen, Sachverhalt, ...) und der Wunsch das Verstandene weiterzugeben. Da wissenschaftliche Abhandlungen zumeist für Fachfremde und Nicht-Wissenschaftler schwer lesbar sind, können Abbildungen klare Vorstellungen für unterschiedliche Zielgruppen vermitteln. *«Aristoteles [...] behauptete, wir können nicht ohne Vorstellung denken.»*[56, p.9] Demzufolge ermöglichen Abbildungen dem Menschen eine Umwandlung von *«stehenden Bildern in geistige Erfahrungen»*. [56, p.9] Weiters unterstützen Abbildungen auch die *«Tätigkeit des Ordnen und Benennens»*. [56, p.9] Elemente unseres Lebens können so klassifiziert, zusammengefasst und ihre Ähnlichkeiten und Unterschiede erarbeitet werden.

Illustration

Durch Illustrationen können auch Experimente in unserer Gedankenwelt und Ideen zukünftiger Entwicklungen (Szenarien) Gestalt gewinnen. So wird durch die Visualisierung nicht nur Wissen gespeichert und vermittelt, sondern auch die Neugier für Überlegungen und Ideen geweckt.

Grundsätzlich dient eine Abbildung der Visualisierung und Vermittlung von Daten und Informationen. Dabei können sowohl sichtbare und unsichtbare Gegenstände und Lebewesen unserer Umgebung und Gedankenwelt abgebildet, als auch Sachverhalte, Bewegungen und Vorgänge, realistisch oder abstrakt dargestellt werden. Die Visualisierung ermöglicht das Erzählen von Geschichten durch Informationen bzw. Daten. Dies ist bereits in Höhlenmalereien lange vor der christlichen Zeitrechnung zu erkennen.(vgl. Abb.5.1)

*Daten, Information
und Informations-
visualisierung*

Der Begriff «Daten» beschreibt die kleinste Einheit einer Information, welche als Wert an Objekte, Ausdrücke, Funktionen oder Eigenschaften übergeben werden kann.(vgl. [57, p.12]) Durch die Verknüpfung von Daten und deren Datenverbindungen entsteht Information.(vgl. [57, p.13]) Durch die Verknüpfung von Informationen kann Wissen generiert werden.



Abbildung 5.1.
Deckenbemalung
der Höhle von
Lascaux bei
Montignac,
Frankreich
(Quelle:[58, p.46])

*Technische
Zeichnungen und
Plandarstellungen*

In der Informationsvermittlung und Datenvisualisierung haben sich im Laufe der Zeit in vielen Fachbereichen festgesetzte Richtlinien, die dem besseren Verständnis der Abbildungsinhalte dienen, entwickelt. In diesem Zusammenhang sind technische Zeichnungen und Plandarstellungen unterschiedlicher Disziplinen anzuführen. Dabei haben sich bestimmte Symbole, Darstellungen, Schraffuren, Farbgestaltungen, Bezeichnungen, Beschriftungen, Abkürzungen usw. zur Datendarstellung etabliert und wurden auch länderspezifisch durch Normen für die unterschiedlichen Disziplinen (Bsp. aus Österreich: ÖNORM A 6240-1/2) festgelegt.

Informationsgrafik

Die Informationsgrafik erlaubt dagegen sehr kreative Zugänge zur Informationsvermittlung. Um beispielsweise numerische Datenmengen zu visualisieren und dadurch Möglichkeiten der Analyse und Vermittlung zu schaffen, wurden und werden verschiedene graphische Aufbereitungsformen entwickelt, die zumeist nutzerspezifisch abgestimmt sind, um eine einfache Lesbarkeit zu gewährleisten.

Digitale Visualisierung

In den letzten Jahrzehnten werden visuelle Kommunikationsformen weitgehend digital erstellt, beispielsweise mittels moderner Zeichenprogramme. Der Computer ermöglicht eine multidimensionale Objekterstellung, Planerstellung oder Kartengestaltung und die

Entwicklung automatisierter Informationsgraphiken. Dadurch können große Datenmengen ausgewertet, animiert und ihre Inhalte an ein breites Publikum kommuniziert werden.

Zur Darstellung raum-zeitlicher Informationen werden als Grundlage geographische Karten eingesetzt. Je nach inhaltlichen Anforderungen werden darauf aufbauend Plandarstellungen und Informationsgrafiken kombiniert.

5.2 Karten und kartographische Kommunikation

Zur Darstellung ortsbezogener Informationen und zur Darstellung der Erdoberfläche und aller darauf befindlichen Objekte, sowie der Himmelskörper werden analoge und digitale Karten verwendet. Dabei unterscheidet man die zwei Hauptkategorien: topografische Karten und thematische Karten. Während die topografischen Karten Höhenlagen, Geländeverläufe, Gewässer, usw. mittel- bis großmaßstäblich abbilden, werden in thematischen Karten (oder angewandten Karten) bestimmte Themen und thematische Zusammenhänge (z.B. Sachbezug, Zeitbezug, Raumbezug) visuell dargestellt.(vgl. [41, 461])

Kartografische Produkte dienen der bestmöglichen Darstellung von verortbaren Sachverhalten und bilden seit jeher die Grundlage der intradisziplinären und interdisziplinären Kommunikation. Kohlstock definiert *«die Karte [...] [als] ein verkleinertes, vereinfachtes und verebnetes Abbild der Erdoberfläche»*[59, p.15] Dabei werden die vermessenen Objekte auf eine Bezugsfläche projiziert und können so in der Ebene dargestellt werden. (vgl. [59, p.19]) *«Rotationsellipsoide [bieten als] mathematische Regelflächen [...] als bestmögliche Näherung [an unseren Planeten], eine geeignete Bezugsfläche [...]»*. [59, p.22] Rotationsellipsoide sind uns besser als analoge und digitale Globen bekannt.(vgl. Abb. 5.2)

Abbild der Erdoberfläche



Abbildung 5.2.
 Globus
 ausgestellt im Winterpalais in Wien im Zuge der Ausstellung von Olafur Eliasson:
 Baroque Baroque von 21.9.2015 - 6.3.2016
 (Quelle: Autorin; Erstellt: 2016, Winterpalais Wien;)

Um Abbildungen der Erdoberfläche oder darauf verorteter Objekte in der Ebene darstellen zu können, bedarf es geeigneter *«Koordinatensysteme, welche die abzubildenden Objekte in ihrer absoluten und gegenseitigen Lage festlegen.»*[59, p.22] Durch eine Verortung von Objekten, werden sie in Relation zueinander gesetzt und es entstehen visuelle Verknüpfungen. Die Karte dient daher seit Jahrtausenden nicht nur als Orientierungshilfe, sondern stellt auch einen Wissenspeicher dar. Historisch betrachtet, werden dabei geographische Merkmale in Zeit und Raum, festgelegte Herrschaftsgrenzen und Handelsrouten aufgezeichnet. Darüber hinaus ermöglicht die Karte auch die Vermittlung ganzer Weltansichten und Vorstellungen der jeweiligen Epoche.(vgl. [60, p.11]) Demnach kann der Kartograph durch Interpretation und eine gezielte Darstellungsform unterschiedlichste Grundinformationen an Kartennutzende (Kommunikationsteilnehmer) vermitteln. Zugleich besitzt der Kartograph dadurch auch die Möglichkeit Informationsinhalte, deren persönliche Auslegung und die Betrachtungsperspektive in der Kartendarstellung zu bestimmen.

Aus mathematisch-physikalischer Sicht kann der Vorgang des Kartenerstellens als einseitige Informationsübertragung, von Sender (Expedient) zu Empfänger (Rezipient), bezeichnet werden.(vgl. [41, p.8] und Kommunikationsmodell sh. Kapitel 4.1) Der Kartenersteller (Sender) codiert dabei die darzustellenden Objekte und Informationen durch Zeichen (z.B. Buchstaben, Symbole,...). Die *«wechselseitige, dialogisierende (bidirektionale) Kommunikation ist jedoch nur [...] sinnvoll, wenn die Kommunikatoren ein bestimmtes gemeinsames Repertoire an Zeichen (Zeichenvorrat und Zeichenbedeutungen) besitzen.»*[41, p.10](vgl. Kap.4.1)

Ein solch gemeinsamer Vorrat bestimmter Zeichen und Symbole wächst und etabliert sich innerhalb einer Fachdisziplin bzw. Interessengruppe historisch. Legenden bilden ein zusätzliches Hilfsmittel für sehr umfangreiche Zeichensammlungen. Zusätzlich verknüpft und interpretiert der Kartennutzer die Karteninhalte auch durch die Verknüpfung von Informationen, die auf bestimmtem Vorwissen beruhen. (vgl.[61, p.24]) Wichtig ist in diesem Zusammenhang ein deckendes Symbolverständnis und gleiche Interpretation der Karteninhalte von Kartenerstellenden und Nutzenden.

Karten als Kommunikationsmittel

In der Kartographie ist die Verwendung von Karten als Kommunikationsmittel vor allem zur Darstellung der räumlichen Informationen ein bedeutendes Hilfsmittel. Ihr visuelles Erscheinungsbild und die inhaltliche Gestaltung sind daher ein wesentliches Kriterium zu Verständnis, Wahrnehmung und Interpretation der Karteninformationen. Die Karte gilt daher auch als kartographische Informationsgrafik, welche *«einfach, übersichtlich und prägnant raumbezogene Informationen»*[62, p.19] vermittelt. Zum sinnhaften Ableiten und Wahrnehmen werden in digitalen Kartensystemen Interpretationshilfen verwendet.

Digitale Karten ermöglichen es die Überlagerung unterschiedlichster Karteninhalte in eine gemeinsame Darstellung einzubetten und so ein unterstützendes Hilfsmittel für komplexe Zusammenhänge und themenübergreifende Informationen bereitzustellen. Den Nutzenden werden Überlegungen und Informationen in Kontexten, die sonst möglicherweise nicht erkannt werden können, präsentiert. In digitalen Interpretationshilfen können interaktive Elemente ein- und ausgeblendet und somit zusätzliche Hintergrundinformationen (z.B. Beschreibungen, Textdokumente, Diagramme, Graphen) ergänzt werden.

Karten in denen wissenschaftliches Hintergrundwissen und statistische Aussagen eingebettet werden, sind den «Synthetische Karten» zuzuordnen. Abhängig von den darzustellenden Karteninhalten und den Adressaten der Informationen sind unterschiedliche Darstellungen notwendig. Dies erschwert die Überlagerung interdisziplinärer Informationen. Unterstützung bietet in diesem Zusammenhang der Einsatz digitaler Medien. Die Verwendung interaktiver Kartenelemente und die Nutzung räumlicher Darstellungsformen ermöglicht es, Inhalte interdisziplinär zu überlagern und Schwierigkeiten, die auf Symbolverständnis oder Darstellungsform gründen, zu minimieren.

Synthetische Karten

Karten sind Kommunikationsmittel, genauer definiert sind sie «Mittel menschlicher Kommunikation über räumliche Strukturen der Umwelt. Damit gelten auch für sie die allen Kommunikationen zugrunde liegenden Merkmale und Abläufe.»[41, p.22] Durch die Anwendung allgemeiner Kommunikationsgrundlagen auf die Kartographie lassen sich unterschiedliche Informationsübertragungen aneinanderreihen oder laufen simultan ab. Es entsteht ein «Kartographisches Kommunikationsnetz».(sh. Abb. 5.3)

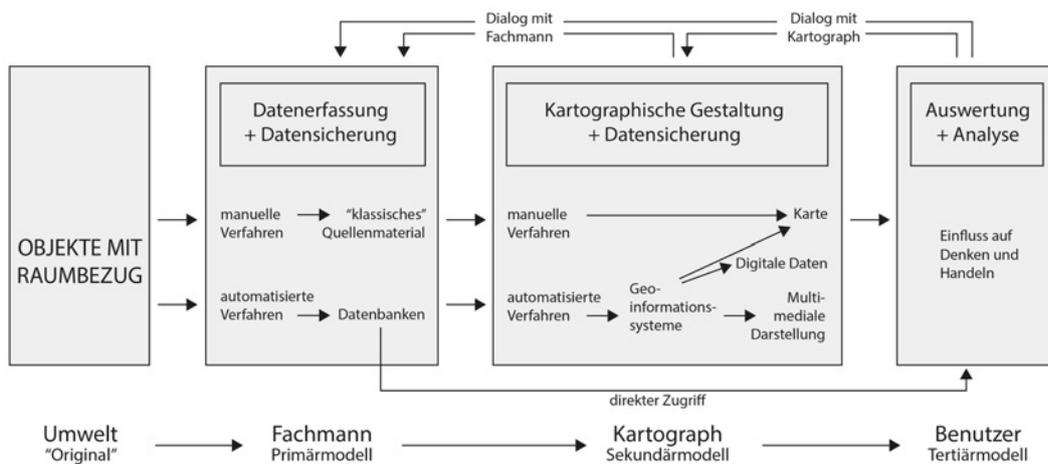


Abbildung 5.3.
Kartographisches Kommunikationsnetz
(Quelle: Eigene Darstellung nach [41, p.22])

Das Kommunikationsnetz (Abb. 5.3) zeigt den Vorgang der Kartenherstellung und Kartennutzung. Der Kartenersteller ist dabei als erster Informationssender, der durch manuelle oder digitale Verfahren die Karten für Auswertung und Analyse durch den Benutzer bzw. Informationsempfänger aufbereitet, zu verstehen. Dieser lineare Prozess entsteht nur, «wenn der Benutzer auf diesem Wege neue Informationen [...] erhält.»[41, p.23] Wenn der Benutzer die Karteninhalte mit der realen Umwelt, anderen Kartendarstellungen oder virtuellen Modellen vergleicht, entwickelt sich eine Erweiterung des Informationsflusses, da nun eventuelle Änderungen oder Erweiterungen durch den Kartenersteller getätigt werden müssen. Zwischen Sender und Empfänger entwickelt sich Kommunikation über den Informationsgehalt.

Denkt man nun an die Verwendung von Kartendarstellungen zur Unterstützung von Planungsprozessen, so gibt es mehrere Benutzer, die untereinander ihre Informationen austauschen und somit die Datengrundlagen ändern und weiterentwickeln. Es entsteht ein Netz aus Informationsflüssen, wobei die Karte dabei *«als graphische Präsentation der Objektinformationen die Funktion eines Kommunikationsangebotes»*[41, p.24] übernimmt.

5.3 Digitale multidimensionale Modelle zur Visualisierung von Informationen

Virtuelle Modelle haben im Gegensatz zu ihren Vorbildern, den physischen Modellen, den Vorteil anpassungsfähiger zu sein. Änderungen können rascher implementiert und der Abstraktionsgrad den Erfordernissen objektweise angepasst werden. Des Weiteren teilen digitale Modelle auch allgemein bekannte Vorteile digitaler Daten, wie die einfache Verbreitung, die Möglichkeit der Bearbeitung durch Einzelpersonen oder Teams (Referenzierbarkeit der Objekte und Dateien) sowie die Integration oder Anbindung von Datenbanken. Darüber hinaus hat das digitale Modell gegenüber dem physischen Modell mehr Möglichkeiten bei der Wahl der Perspektive (Verzerrungsgrad) und Betrachtungsweise (Vogelperspektive, ...).

GIS, CAD und BIM

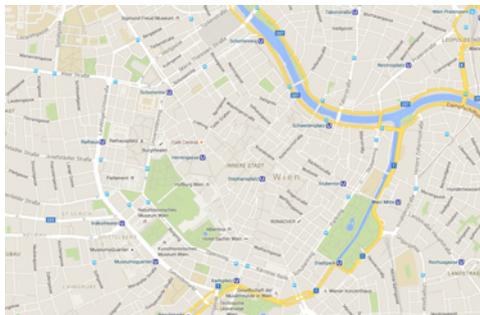
Um digitale Modelle für breite und interdisziplinäre Anwendungsgebiete nutzbar gestalten zu können, haben sich in den letzten Jahren einige Entwicklungen als Standards festgesetzt. Zur gezielten virtuellen Planungsunterstützung sind CAD-Softwarelösungen, die den Umgang mit Building Information Models (BIM) ermöglichen, zukunftsweisend. Diese Modelle können (ähnlich GIS Daten) graphische mit nicht-graphischen Informationen verknüpfen sowie projektbezogene Datenbanken für klare Planungsstrukturen automatisiert und während der Modellierung generieren (Bsp. Fensterpositionslisten, ...). Anwendung finden diese Systeme vorwiegend im Bauwesen, in der Ausführungsplanung und in der Objektverwaltung.

Im Bereich der 3D Stadt- und Landschaftsmodelle hat sich, für eine vielfältige Einsetzbarkeit, der «CityGML» Standard etabliert. Auch hier liegen Datenbanken, graphischen Daten zu Grunde. CityGML legt dabei unterschiedliche Detaillierungsgrade (LoD - Level of Detail) für die Darstellung der Modelle fest. (vgl. [63])

Durch die Verschränkung zwischen graphischem Objekt und verknüpfter Information in Geoinformationssystemen (GIS) sind digitale Stadtmodelle Werkzeuge zur Visualisierung von Daten. Mit der GIS-gestützten Publikation von Kartenmaterial im Internet (vgl. Web-Mapping) sind neue Möglichkeiten der Informationsvermittlung und Informationsdarstellung entstanden. Grundlage dafür sind Web-GIS-Applikationen, die den notwendigen Datenzugriff auf die Geodaten ermöglichen.

Das Open Geospatial Consortium (OGC) (vgl. [64]) hat diesbezüglich einige Standards definiert, die sich unter den Bezeichnungen WMS (= OGC Web Map Service), WMTS (=Web Map Tile Service), WCS (=OGC Web Coverage Service) und WFS (= OGC Web Feature Service) etablierten. (vgl. [65])

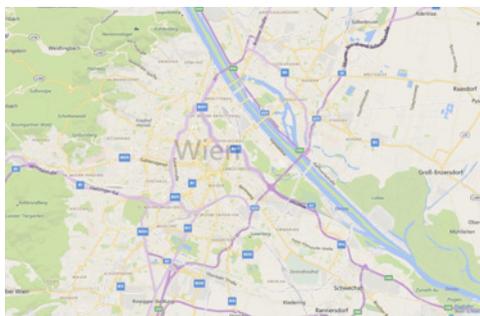
Auf dieser Basis begannen viele Unternehmen und Projekte, inhaltlich und graphisch unterschiedlichst aufbereitetes Kartenmaterial anzubieten. Als bekannteste Beispiele sind hier Google Earth + Maps (Google), Stamen Maps (Open Projekt unterstützt durch die Knight Foundation), Open Street Maps (Open Data Project) und Bing Maps (Microsoft) anzuführen.(vgl. Abb.5.4)



(a) Wien in Google Maps
(Quelle: <https://www.google.at/maps/>; Zugriff: 2.5.2016)



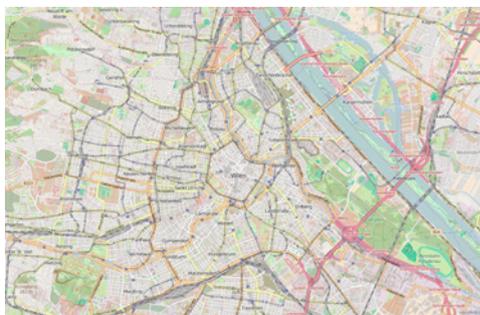
(b) Wien in Google Earth
(Quelle: Google Earth; Zugriff: 2.5.2016)



(c) Wien in Bing Map
(Quelle: <http://www.bing.com/maps/>; Zugriff: 2.5.2016)



(d) Bing Maps mit Luftaufnahme
(Quelle: <http://www.bing.com/maps/>; Zugriff: 2.5.2016)



(e) Open Street Map
(Quelle: <https://www.openstreetmap.org/>; Zugriff: 2.5.2016)



(f) Wien in Stamen Toner Map
(Quelle: <https://maps.stamen.com/>; Zugriff: 2.5.2016)

Abbildung 5.4.
Kartendarstellungen
unterschiedlicher
Anbieter im
Vergleich
(Quelle: sh.
Bildbeschreibungen)

Die statische Karte hat sich durch diese technologischen Entwicklungen und vor allem durch die starke Entwicklung der Web-Anwendungen zu einer dynamischen, interaktiven Informationsvisualisierung, die jedem Anwender nicht nur die Betrachtung, sondern auch die Mitgestaltung ermöglicht, entwickelt. Dadurch verändert sich die klassische Anwenderrolle, da nun die Anwender selbst Informationsinhalte generieren und in Karten implementieren können. Als Beispiel im 2D Kartenbereich können hierzu die ausschließlich durch Anwender erstellten Karteninhalte in Open Street Maps genannt werden.

Google Earth ist ein «Digital Globe System» und ermöglicht es dem Anwender auch 3D Inhalte (via kml) zu verorten und so sehr rasch realitätsnahe, texturierte Stadtmodelle zu erstellen. Zeile beschreibt diese Entwicklungen durch Google Earth als «*Bewusstseinswechsel der breiten Öffentlichkeit [...] hinsichtlich der Erstellung, Verwendung und Präsentation von Daten mit Ortsbezug*» [66, p.111] Die Nutzerbeteiligung solcher Anwendungen steht in direktem Zusammenhang mit den von den Diensten erlaubten und technischen Grenzen der Systeme. Es wird damit versucht sicherzustellen, die mit großen Datenmengen einhergehenden Probleme wie Speicherung, Verwaltung und Filterung, welche die Herzaufgabe des Informationszeitalters prägen, zu begrenzen.

«*Die wichtigste Voraussetzung für planerische Aktivitäten war und ist Wissen - Wissen, das gesammelt, geordnet, ständig erneuert und aufbereitet wird, um für konkrete Planungsaktivitäten in komplexer oder verdichteter Form zur Verfügung zu stehen.*» [67, p.11] Interaktive Web-Kartenanwendungen sind durch ihre vielfältigen Fähigkeiten und Nutzungsmöglichkeiten eine geeignete Grundlage zur Darstellung von Planungsinhalten und als begleitendes Hilfsmittel in Planungsprozessen.

5.4 Raumvorstellungen und räumliche Visualisierung

Um Räume virtuell darstellen zu können sowie die Fähigkeiten von virtuellen Räumen erfassen zu können, benötigt es eine Auseinandersetzung mit dem Begriff Raum und dessen Verständnis.

Aristoteles beschäftigte sich durch Überlegungen über die Bewegung von Körpern, die «*ohne Zeit und Raum nicht feststellbar*» [68, p.31] ist, mit dem Verständnis und der Auffassung von «Raum». Aristoteles und später Newton betrachten den Raum dabei als «Gefäßraum» (Aristoteles) bzw. «absoluten Raum» (Newton), in dem sich die materiellen Objekte befinden. Durch die etymologische Definition wird dieser Raumbegriff zu einem durch Handlungen geformten Prozess. (vgl. [69, p.21])

Absoluter Raum Die Beschreibung des «absoluten Raumes» von Newton, als «*ohne Beziehungen auf einen äußeren Gegenstand stets gleich und unbeweglich*» [70, p.25], ist die Grundlage für seine Lehre der Mechanik. (vgl. [68, p.37]) Da wir den absoluten Raum jedoch nicht beobachten oder wahrnehmen können, «*sind wir auf die Beobachtung des relativen und*

beweglichen Raumes angewiesen [...]».[68, p.36] Der relative Raum beschreibt dabei nicht mehr nur physikalisch, materielle Prozesse, sondern wird durch soziale Beziehungen zueinander definiert. Kant formuliert genereller, dass *«die Vorstellung des Raumes nicht aus den Verhältnissen der äußeren Erscheinung erbort sein [kann], sondern diese äußere Erfahrung [...] selbst nur durch gedachte Vorstellung allererst möglich [ist].»*[71, Kapitel 14] Dadurch schafft er es, die unterschiedlichen Ansichten von absolutem und relativem Raum einzuordnen, die in unserer Raumvorstellung parallel existieren müssen um eine allgemeine Vorstellbarkeit des Raumes zu erhalten.

Relativer Raum

Die Vorstellbarkeit des Raumes stellt die Grundlage der Planung des Raumes und insbesondere der interdisziplinären Planung dar. Die räumliche Visualisierung muss so beschaffen sein, dass bedarfsweise statische und bewegliche Vorstellungen dargestellt werden können, um einem breiteren Anwendungs- und Anwenderspektrum bereit zu stehen und zu einem allgemein besseren Verständnis der Inhalte beizutragen.

Die Vorstellung des absoluten und relativen Raumes ist auch zur Beschreibung der Fähigkeiten von analogen und digitalen Modellen anwendbar. Das analoge, physische Modell besitzt in seiner klassischen Vorstellung, als manchmal mehr und manchmal weniger maßstabsgetreue Abbild des Originalobjektes, Darstellungsgrenzen (Größe, Materialität, Detailgenauigkeit,...). Das digitale Modell vermag es diese Grenzen zu brechen, maßstabsübergreifend zu agieren, unterschiedliche Darstellungsformen innerhalb eines Modells zu gewährleisten und dadurch soziale Interaktionen zu erleichtern.

Der digitale, virtuelle Raum besitzt im Prinzip auch keine endliche Größe. Dargestellte Objekte können durch die Hilfe der digitalen Medien in einer «unendlichen Welt» verortet werden. Gleichsam den Vorstellungen der US Fernsehserie Star Trek kann der Mensch in der digitalen Welt somit in «unendliche Weiten» vordringen und fiktive Zukunftsszenarien erforschen. So wie die Literatur es vermag Vorstellungen von «unendliche Welten» zu generieren, so können gerade virtuelle Darstellungen die unerschöpfliche Vielfalt von unbegrenztem Raum vermitteln. Einschränkungen in der Darstellung, Nutzung und Interaktion sind dabei nur den technischen Grenzen von Software und Hardware unterworfen.

Jeder Raum bildet auch ein Medium für Übertragungsvorgänge. Krämer beschreibt als Grundlage für eine Übertragung *«eine nicht auf raum-zeitliche Entfernung reduzierbare Differenz»*[72, p.262]. Daraus folgert sie, dass ein Übertragungsmedium den «Umgang mit Differenz» ermöglicht und so auch die Funktion des «Wahrnehmarmachens» innehat. Der virtuelle Raum, abgebildet durch digitale Technologien, dient folglich nicht nur als Übertragungsmedium von Informationen (Informationsvisualisierung, Wissenspeicher) oder initiiert diese (Kommunikationsgrundlage), sondern macht die Unterschiede zwischen realem und virtuellem Raum erst sichtbar und wahrnehmbar. Für Pfister stellt die Information selbst die verbindende Materie dar, welche einen Veränderungsprozess vom abstrakten in den physikalischen Zustand der «Masse» erfährt.(vgl. [73, p.15])

Raum als Medium für Übertragungsvorgänge

Die Vorstellung eines Informationsflusses kann die Grundlage des Zusammenhangs zwischen physikalischen und virtuellen Raum veranschaulichen.(vgl. Abb.5.5) Der

physische Raum liefert dabei die Informationsgrundlagen zur Erstellung der Modelle und Inhalte im virtuellen Raum. Unsere Handlungen und sozialen Gefüge stoßen dabei diesen Informationsfluss an und generieren in ihrer Gesamtheit die Vorstellung des physischen Raumes.

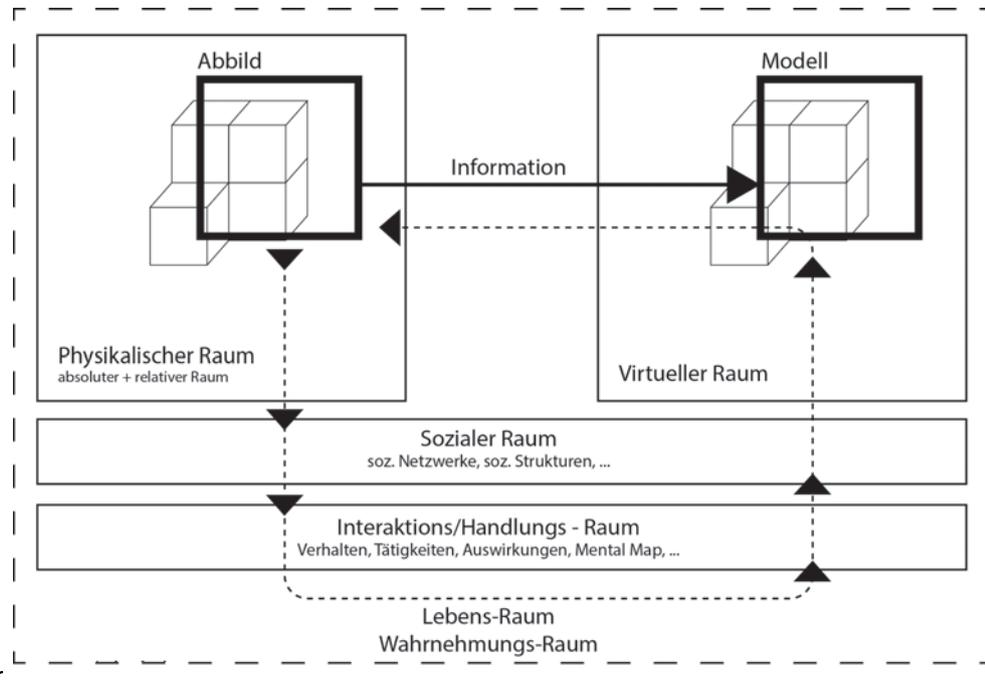


Abbildung 5.5.
Zusammenhang
zwischen
physischem und
virtuellem Raum
(Quelle: Eigene
Darstellung)

5.5 Informationspräsentation und Wahrnehmungspsychologie

Die Darstellung von Information bezeichnet nicht nur das bloße Abbilden der Information, sondern kann gleichsam deren Interpretation implizieren. Unter Betrachtung des Kommunikationsmodells (vgl. Abb. 4.1) findet diese Interpretation sowohl auf Sender- als auch auf Empfängerebene statt. Um Aufmerksamkeit und Interesse zu lenken, bedient sich der Informationsvisualisierer der farblichen Gestaltung, verschiedener Techniken der Darstellung und gezielter Anwendung der Detaillierungsgrade (LoDs). Die Kognitionswissenschaften setzen sich mit der Interpretation und Verarbeitung von räumlichen Informationen und Wahrnehmungen des Menschen sowie deren Orientierungsvermögen im Raum auseinander. Diese Auseinandersetzung kann wichtige Informationen und Hinweise bezüglich der Aufbereitung und Darstellung in räumlichen Visualisierungen liefern.

Durch die Sinneswahrnehmungen kann der Mensch sich selbst und seine Umwelt «erfahren». Lynch hält fest, dass «in jedem Augenblick mehr vorhanden [ist], als das Auge zu sehen und das Ohr zu hören vermag» [74, p.10] und richtet den Blick damit auf den Zusammenhang von einem Lebewesen zu seiner Umgebung. Der Mensch

entwickelt durch seine Sinneswahrnehmungen im Raum und durch Informationsmedien wie räumliche Visualisierungen, Karten, Wegbeschreibungen usw. räumliches Wissen.(vgl. [75, p.84]) Die Ausprägung des dabei entstehenden Raumverständnisses ist von Art und Weise des Wissenserwerbs abhängig. Downs und Stea belegten, dass die Erlebnisse, die Vorlieben und Abneigungen, Erfahrungen, Vorwissen, Empfindungen usw. eines Menschen, den Prozess der räumlichen Kognition beeinflussen.(vgl. [76, p.186]) Je mehr Erfahrung und Vorwissen vorhanden ist, desto schneller werden die Informationsinhalte erfasst.(vgl. [77, p.1]) Das kognitive Bild der Umwelt ist daher für unterschiedliche Wahrnehmer ein anderes.(vgl. [74, p.16]) Zudem unterliegt *«die kognitive Repräsentation [...] einem ständigen Anpassungsprozess aufgrund unseres Verhaltens.»*[78]

Unter «kognitivem Kartieren» werden die *«kognitiven und geistigen Fähigkeiten umfasst, die es uns ermöglichen, Informationen über die räumliche Umwelt zu sammeln, zu ordnen, zu speichern, abzurufen und zu verarbeiten.»*[76, p.23] Dabei werden die räumlichen *«Erfahrungen vereinfacht und strukturiert»*[76, p.187]. Lynch beschreibt sowohl für den psychischen als auch für den physischen Raum fünf Strukturelemente: Wege, Grenzlinien (Ränder), markante Punkte, Knotenpunkte und Bereiche.(vgl. [10, p.19] nach [74, p.60ff]) Diese Elemente unterstützen den Menschen bei der räumlichen Orientierung und helfen das räumliche Wissen im Gedächtnis zu repräsentieren. Eine räumliche Visualisierung soll demnach starke Orientierungsmerkmale aufweisen, um den Nutzenden zu unterstützen, seine kognitiven räumlichen Vorstellungen zu erweitern bzw. zu korrigieren.

kognitives Kartieren

Die räumliche Vorstellung ist die Grundlage für jeden planerischen Eingriff, die Entwicklung von Maßnahmen und jeden Entscheidungsprozess. Während analoge und digitale Visualisierungen dem Menschen zumeist durch Sehen, Hören und/oder Fühlen präsentiert werden, kann eine kognitive Raumvorstellungen auch *«andere Sinneswahrnehmungen wie Düfte und Emotionen»*[79, p.28] einbinden. Diese sozialen Elemente unserer Umwelt definieren die «kognitive Karte» als dynamisches Produkt wechselseitiger Verhältnisse zwischen Objekten und Ereignissen. Dabei werden in kognitiven, räumlichen Vorstellungen Objekte nicht in ihrer exakten geometrischen Form und Lage abgebildet, sondern in wahrgenommenen Lagebeziehungen untereinander. Zudem besitzt der Mensch die Fähigkeit, aus unterschiedlichsten Informationsgrundlagen (die zudem auch meistens keinen Anspruch auf Vollständigkeit besitzen) Vorstellungen und Aussagen über reale und virtuelle Umgebungen zu generieren. Im Bereich der künstlichen Intelligenz wird dieses Geschick auch unter dem Begriff «qualitativ räumliches Schließen» diskutiert.

Um die Wahrnehmungsunterschiede in Bezug auf eine räumliche Visualisierung gering zu halten, ist es sinnvoll, spezifische Darstellungen für unterschiedliche Fokusgruppen (Experten, Laien) zu wählen. In Bezug auf Kartendarstellungen schlägt MacEachren, für eine verbesserte Darstellung, die ergänzende Kombination von künstlerischen und wissenschaftlichen Ansätzen vor.(vgl. [61, p.9]) MacEachren beschreibt den künstlerischen Zugang als holistisch und intuitiv, den wissenschaftlichen Ansatz sieht er als induktiver und reduzierter an. (vgl. [61, p.9]) Die Vorstellung der Kombination dieser Ansätze stellt einen festen Baustein einer Visualisierung als Entscheidungs- und Planungsunterstützungswerkzeug, denn die Visualisierung in diesem Einsatzgebiet muss

sowohl die wissenschaftliche Herangehensweise, Probleme zu erörtern, in Teilprobleme zu trennen und schrittweise, faktenbasiert Ideen entwickeln zu können, unterstützen als auch intuitive Erörterungen zulassen. Neben rationellen Herangehensweisen stellen dabei vor allem persönliche Erfahrungen und der Fokus auf die Schlüsselziele eine wichtige Rolle im Prozess dar.(vgl. [80, p.29])

5.6 Interaktivität in digitalen Darstellungsformen

Die Interaktion mit digitalen Modellen bildet die Grundlage für deren Betrachtung und definiert bestechend deren Einsatz in der Planungsunterstützung. Diese Interaktion wird von Voigt in den Bereich der Bewegung innerhalb der virtuellen Modelle und die Veränderung der Modelle selbst eingeteilt.(vgl. [10, p.203]) Die durch die Interaktion mit virtuellen Modellen entstehenden Vorteile bilden auch stichhaltig den Gewinn durch digitale Visualisierungen (vgl. nachstehende Auflistung nach Voigt (vgl. [10, p.204])) mit eigenen Ergänzungen).

Bewegung (Navigation)

- Freie Wahl von Betrachtungsstandpunkten durch den Benutzer, Variation der Augenhöhe
- Dynamisches Raumerlebnis, Fahrten bzw. digitale Kamerawege in Echtzeit
- «Zeitreisen»

Veränderungen (Manipulation)

- Bewegen - Verschieben, Drehen, Skalieren, Dehnen, Stauchen usw. in Echtzeit
- Gliedern, Texturieren - Farbgebung
- Sichtbarkeit (eigene Ergänzung)
- Hinzufügen, Weglassen (eigene Ergänzung)

Im Bereich der digitalen Kartographie stellt die Interaktivität eine «*unerlässliche Notwendigkeit*»[79, p.1] für die Kartenerstellung, Kartenbearbeitung und Kartenbetrachtung dar. Kelnhofer formuliert, dass die Zielsetzung des kartographischen Informationssystems in der aktiven Einbindung der Nutzer liegt.(vgl. [79, p.3]) Er schlussfolgert aus Überlegungen über die Interessen von Kartographen und Nutzern, dass interaktive Karten eine «*integrative Zusammenschau unterschiedlichster Geofaktoren [...] durch Interaktion in der Informationstiefe*»[79, p.3] ermöglichen.

In interaktiven Karten können unterschiedliche Informationsinhalte ein- und ausgeblendet werden. Dabei werden Navigationselemente benötigt. Die Interaktivität einer Karte kann sowohl auf die Benutzerinteraktion, die Steuerungsmöglichkeiten und Eingabegeräte

Bezug nehmen, als auch auf die Steuerung innerhalb der Karteninhalte, die Anzeigemodi und die Layersteuerung referenzieren. Gleichsam wie der Informationsumfang werden alle interaktiven Elemente einer Visualisierung vom Kartenersteller definiert. Als Steuerungsgerät virtueller, räumlicher Darstellungen (Bsp. Digital Globe Systems) etablierten sich «Maus-Events», die den Steuerungselementen in CAD-Software gleichen (Pan, Zoom, 3D-Orbit) und durch Bildschirmberührung oder Tasteneingabe initiiert werden. Die Navigation innerhalb der Informationsinhalte ist durch Menüleisten usw. wie das Design von Websites frei wählbar.

Die genannte, etablierte Steuerung in CAD-Software, Virtual Globe und Virtual Web Engines bilden eine Grundvoraussetzung zur Navigation und Umsetzung einer interaktiven mehrdimensionalen Interpretationshilfe. Für die Entwicklung eines visuellen Entscheidungs- und Planungsunterstützungswerkzeugs bilden sie die Grundlage zur interaktiven Navigation. Dem Benutzenden wird dadurch die Wahl seiner Perspektive freigestellt («Gott Perspektive») und erlaubt so individuelle Betrachtungsweisen.

Nachfolgendes Kapitel gibt einen Überblick über generelle Charakteristika einer interaktiv steuerbaren Visualisierung und weist dabei auch schon auf Anforderungen für deren Einsatz in Planungsverfahren, wie beispielsweise der Testplanung, hin.

5.7 Charakteristika der Visualisierung

Kap.5.4 und Kap.5.5 reflektieren, was die Aussage «sich ein Bild von etwas machen» impliziert. Neben den verschiedenen kognitiven, räumlichen Vorstellungen kann auch bei der Betrachtung der abgebildeten Umwelt und der realen Umwelt unterschieden werden. Signer bezeichnet die Interaktion mit der realen Umwelt als «Umweltsehen», die Erkundung eines materiellen Bildes nennt er «Bildersehen».(vgl. [81, p.57]) Gleichsam wie bei der Betrachtung von Bildern, kann diese Bezeichnung auch auf die Betrachtung einer Visualisierung mit interaktiven Inhalten angewendet werden. In Bezug auf Bilder wurden von Signer einige Charakteristika erarbeitet (vgl. [81, p.57ff]), welche im Folgenden für eine bewegte interaktive Visualisierung angepasst und erweitert werden. Die angeführten Charakteristika dienen dabei nicht nur der Beschreibung und Einordnung der Visualisierung, sie können vielmehr auch als Sammlung der Fähigkeiten interpretiert werden. Die Auflistung erhebt dabei keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

- **Visualisierungsvermögen**⁶ – Darstellungen liefern neue Perspektiven und vermögen Nicht-Sichtbares (Bsp. Stoffströme) und Flüchtliges (Bsp. Geräusche, Gerüche) zu zeigen.
- **Chassis** – Die Visualisierung ist in ihrer Darstellung begrenzt, da die Ausgabe auf flachen Oberflächen erfolgt (Bildschirm, 2D/3D Druck). Ohne Trägermaterial ist die Visualisierung nicht möglich.

⁶Abgeänderter Begriff v.[81, p.57]

- **Gleichzeitigkeit** – Überblickgewinnung und Einblick sind die Hauptziele einer strategischen Visualisierung. Dabei wird in einer Momentaufnahme vieles gleichzeitig dargestellt, wobei nicht alles auf einmal erfasst werden kann.
- **Präsentieren und Repräsentieren** – «*Alle Bilder präsentieren, die meisten Bilder repräsentieren [...]. Bilder können nicht reden, sie sind zu explorieren.*»[81, p.59] Folglich kann ohne eine Beschreibung (Text, Sprache) der Visualisierung, der Betrachter nicht alle Inhalte erfassen.
- **Gesamttexte**⁷ – Durch die Kombination von Darstellung, Zahl und Wort entsteht eine «kommunikative Einheit»⁸
- **Visualisierungsfreiheit** – Es gibt eine Vielzahl an Darstellungsmöglichkeiten für ein und denselben Visualisierungsinhalt. Die «Kodierung»⁹ liegt in der Hand des Erstellers.
- **Lesefreiheit** – An allen Enden der Informationsübertragung befinden sich soziale Wesen, deren eigener Phantasie und Interpretation es obliegt wie eine Visualisierung «gelesen» wird. Um Fehlinterpretationen zu vermeiden, ist die «*Sprache [...]* ein wichtiges Instrument, u.a. um Zeigehandlungen innerhalb bildlicher Darstellungen umsetzen und Bilder metakommunikativ kommentieren zu können.»[82, p.112]
- **Nicht-Linearität** – Für die Visualisierung gibt es keine festgesetzte Richtung, in die «gelesen» werden muss/soll. «*Die Perzeption erfolgt [...]* ganzheitlich und simultan.»[81, p.61] Beim Einsatz der Visualisierung als Entscheidungs- und Unterstützungswerkzeug wird eine Richtschnur zur Orientierung, Steuerung und Übersichtlichkeit vom Ersteller gespannt. Der Nutzer bleibt aber Richtungsgeber.
- **Vergleichbarkeit** – Die digitale Visualisierung ermöglicht «im Bild» Vergleiche und somit eine synchrone Gegenüberstellung unterschiedlicher Situationen.
- **Proportionalität** – Die Positionierung von Objekten im virtuellen Raum (2D+3D) liefert die Information über die Proportionalität der Objekte zueinander und zu ihrer umgebenden Umwelt. Der Maßstab bzw. maßstabsähnliche Skalierung kann in der interaktiven Visualisierung fließend vom Nutzer definiert werden.
- **Referenzmöglichkeit** – Die Darstellungsinhalte einer Visualisierung referenzieren auf Informationen über die Inhalte. Signer beschreibt dazu das Beispiel der topografischen Karten. Diese bilden «*nicht einfach eine Landschaft [...]*»[ab], sondern ein Wissen über die Landschaft, indem zum Beispiel notwendig verzerrende Projektionsmethoden angewendet werden. Solche Karten beziehen sich auf ein reales, aber auch fiktives Territorium, zum Beispiel auf Umgrenzungen eines Landes, die so nicht sichtbar ist [...].»[81, p.65]
- **Übertragbarkeit und Tragbarkeit** – Digitale Daten zeichnen sich durch ihre einfache Vervielfältigung und Verbreitung aus. Visualisierungen auf der Basis digitaler Daten besitzen diese Eigenschaften entsprechend auch.
- **Zugänglichkeit** – Die interaktive Visualisierung ermöglicht einen breiten Zugang zu komplexen Daten und beschreibt Informationszusammenhänge für ein theoretisch unendlich großes Publikum.

⁷Begriff: [82, p.112]

⁸Begriff: [83, p.16]

⁹vgl. Kap.4.1

- **Beweglichkeit** – Multidimensionale digitale Darstellungen ermöglichen die freie Wahl von Standort und Blickwinkel für die Betrachtenden.
- **Bewegungsfreiheit** – Virtuelle Umgebungen bieten Benutzenden viele Arten sich in ihnen zu bewegen (Bsp. gehen, laufen, fahren, fliegen). Die Art der gewählten Fortbewegung kann auch innerhalb eines ablaufenden Prozesses schnell geändert werden.
- **Anpassungsfähigkeit und Ergänzung** – Durch digitale visuelle Modelle (2D,3D) werden flexible Rahmenbedingungen für Informationsinhalte sichergestellt, wie beispielsweise ein fließender Übergang unterschiedlicher Detaillierungsgrade innerhalb eines Modells. Bei Änderungen oder Ergänzungen bestehen sie durch schnelle Adaptierbarkeit.
- **Sicherheit und Restriktion** – In virtuellen Systemen kann der Zugriff auf Informationen nicht nur überwacht, sondern auch nutzerspezifisch definiert werden. Diese Voraussetzung gilt auch für die Darstellung visueller Informationen in virtuellen Systemen.

Die hier angeführten Charakteristika bilden auch ein Anforderungsprofil für die Auffindung geeigneter Softwarelösungen zur Entwicklung einer räumlichen interaktiven Informationsvisualisierung. Kapitel 5.8 gibt einen Einblick in die, im Verlauf dieser Arbeit, untersuchten Umsetzungszugänge.

5.8 Experimente und Anwendungen zur Auseinandersetzung mit visuellen Entscheidungs- und Planungsunterstützungssystemen

Um die in Kapitel 5.7 dargestellten Charakteristika, die gleichzeitig auch Anforderungen für die Entscheidungs- und Planungsunterstützungen darstellen, praktisch in digitale Anwendungen zu implementieren, wurden einige prototypische Entwicklungen persönlich durchgeführt. Dabei wurde einerseits mit kommerziell entwickelten Web-Viewern, die durch GIS-Softwareumgebungen zur Verfügung gestellt werden und andererseits mit Game Engines experimentiert.

*Web-Viewer und
Game Engine*

Mittels Web-Viewern wurde eine visuelle Entscheidungsunterstützungsumgebung für die Untersuchung unterschiedlicher Strategien der solaren Wärmegegewinnung in Wien entworfen.(vgl.[84]) Die Umgebung, namentlich «City Engine Viewer», bietet dabei eine einfache Navigation und räumliche Analyse zur Abschätzung unterschiedlicher Szenarien in Bezug auf die Untersuchung solarer Wärmegegewinne. Besonders erwähnenswert ist eine Funktion, die eine parallele Betrachtung unterschiedlicher Varianten erlaubt.

Unter Zuhilfenahme von Game Engines wurden zwei Prototypen, die inhaltlich einen interdisziplinären Zugang aufweisen, entwickelt. Zur Abschätzung von Maßnahmen

und Entwicklung von nachhaltigen Strategien für urbane Energie- und Mobilitätssysteme wurde ein dreidimensionales Stadtmodell generiert und die darin enthaltenen Objekte mit Berechnungsergebnissen verknüpft. Das prototypisch für den 4. Wiener Gemeindebezirk entwickelte Modell konnte so beispielsweise den gebäudebezogenen Heizwärmebedarf oder die Frequentierung von Haltestellen des öffentlichen Verkehrsnetzes anzeigen.(vgl.[85])

Ein weiteres mittels Game Engines umgesetztes Projekt zielt wiederum auf einen interdisziplinären Zugang und die Implementierung domänenübergreifender Daten innerhalb einer digitalen multidimensionalen Modellumgebung ab. Dabei wurde ein besonderer Fokus auf die zur Verfügungstellung der Berechnungsergebnisse als Input für interdisziplinäre Kalkulationsmodelle einerseits und andererseits für die visuelle Darstellung gelegt. Die Visualisierung mit den darin enthaltenen Modellen wird daher auf cloudbasierte Services, in denen die einzelnen Berechnungsmodelle domänenübergreifend miteinander verknüpft werden, aufgesetzt. Der entstandene Prototyp zur Planungsunterstützung zukünftiger Maßnahmen ermöglicht dabei nicht nur die Analyse unterschiedlicher Rahmenbedingungen (Szenarien) sondern auch die Anzeige von Entwicklungen im zeitlichen Verlauf.(vgl.[86])

Aufbauend auf die Erfahrungen, die durch die persönliche Entwicklung beschriebener prototypischer Anwendungen gesammelt werden konnten, zeigt Kapitel 6 die Konzeption und Umsetzung einer räumlichen Visualisierung, die interaktiv benützlich szenarienspezifische, interdisziplinäre Berechnungsergebnisse darstellen kann, auf. Die Visualisierung stellt dabei, durch die Anbindung an interdisziplinäre Berechnungs- und Simulationsmodelle, das Interface für ein Entscheidungs- und Planungsunterstützungswerkzeug zum Einsatz in kooperativen Planungsverfahren dar.

5.9 Zwischenfazit aus den prototypischen Entwicklungen zur Gestaltung von digitalen Hilfestellungen

Die in Kapitel 5.8 persönlich durchgeführten Experimente mit unterschiedlichsten Softwaresystemen zeigen eine Lücke bei der Handhabung großer Datenmengen auf. Dabei sind es vor allem die Steuerbarkeit und Darstellung umfangreicher multidimensionaler, geometrischer Objekte, die bestehende Softwarelösungen und Hardwaressysteme schnell an ihre Leistungsgrenzen bringen. Auch die Darstellung unterschiedlicher Modelldaten (LoD), innerhalb eines Modells, ist in den untersuchten Systemen zumeist nur manuell möglich. Für den Einsatz in strategisch ausgerichteten Planungsprozessen ist durch erforderliche Systemübersichten und Einblicke in Systemdetails für die Planungsbeteiligten, die Verwendbarkeit mit großen geometrischen Datensätzen (Gebäudedaten einer Stadt usw.) und eine freie Gestaltung der Detaillierungsgrade eine Notwendigkeit. Aus diesem Grund wurde prototypisch ein neues System, basierend auf bestehenden Programmbibliotheken entwickelt. Nachfolgendes Kapitel zeigt das dafür gestaltete Konzept und beschreibt die Ausarbeitung des Prototypen, der genannte Anforderungslücken bestehender Systeme füllt.

6 Die URBEM-Visualisierung

Aufbauend auf den in Kapitel 5 beschriebenen grundlegenden Funktionen analoger und digitaler Darstellungsformen sowie dort beschriebener persönlich durchgeführte experimenteller Entwicklungen von visuellen Planungs- und Entscheidungsassistenzsystemen zeigt dieses Kapitel ein Konzept und eine prototypische Entwicklung eines räumlichen Visualisierungssystems, das durch Übersichtsgewinnung die strategische Planung urbaner Gesamtstrukturen (Grund- oder Trägerstrukturen und Versorgungsstrukturen) erlaubt: Die URBEM-Visualisierung.

Die URBEM-Visualisierung ist konzipiert um interdisziplinäre Planungs- und Entscheidungsprozesse zur Entwicklung ressourcenschonender Maßnahmen und Handlungsweisen in urbanen Strukturen voranzutreiben.

Für den schonenden Umgang mit Ressourcen sind strategische Planungen mit unterschiedlichen Planungsbeteiligten notwendig. Diesen Planungsbeteiligten gesteuert Systemüberblick und Systeme Einblick zu ermöglichen, ist eine neue Herausforderung für ein visuelles Unterstützungswerkzeug. In diesem Kapitel wird daher zuerst aufgezeigt warum eine visuelle Anpassung von Informationen durch ein Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystem gewährleistet sein muss. Die gesamte Entwicklung einer räumlichen Visualisierung, die auf das Einsatzgebiet «nachhaltige Energie-Raumplanung» abzielt, ist wie der architektonische oder raumplanerische Entwurf, ein mehrstufiger Prozess. Nachfolgend wird daher zuerst ein Konzept dargestellt, das die erforderlichen Grundfunktionen zusammenfügt und Ideen zur Gestaltung und Systemimplementierung skizziert. Aufbauend auf diesem Konzept wird die digitale Umsetzung anhand der innerhalb des URBEM-DK erarbeiteten Datengrundlagen und Berechnungsergebnisse erläutert und ein basierend darauf entwickelter Prototyp vorgestellt: Der URBEM-Visualisierungsprototyp.

Im Abschluss dieses Kapitels werden mögliche Präsentationsmöglichkeiten zur Anwendung der URBEM-Visualisierung dargelegt.

6.1 Neue Ansprüche an die visuelle Entscheidungs- und Planungsunterstützung

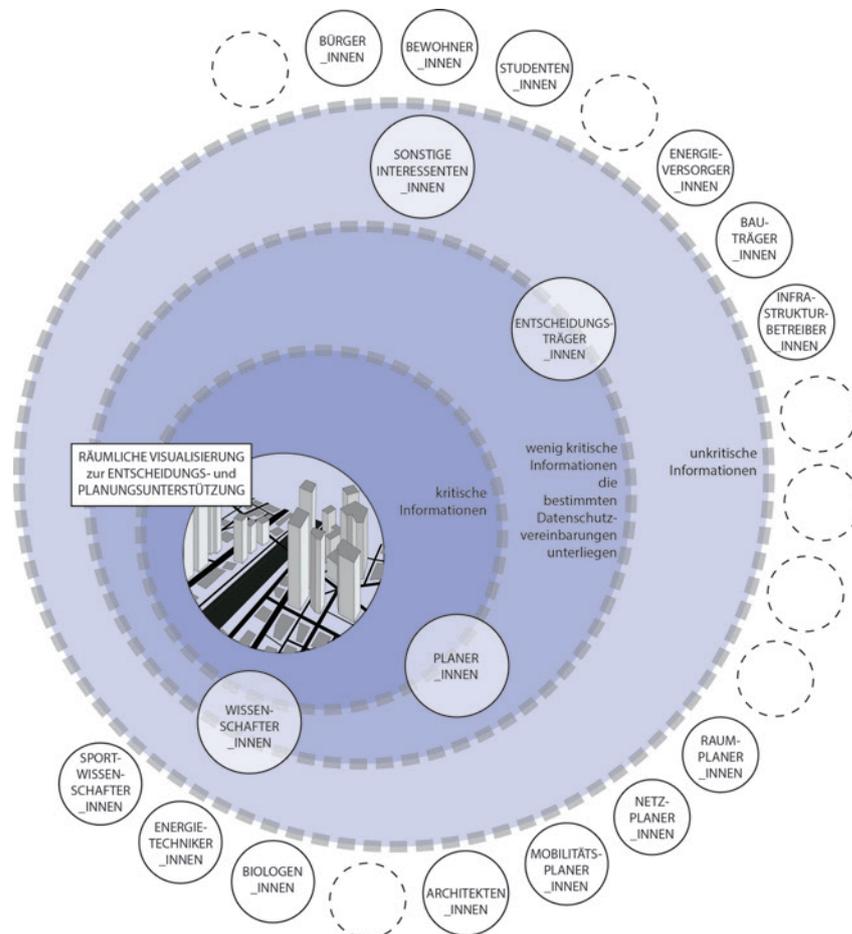


Abbildung 6.1. Unterschiedliche Teilnehmer und Teilnehmerinnen (Stakeholder) in Planungsprozessen stellen unterschiedliche Ansprüche an die Darstellung von Informationen (Quelle: Eigene Darstellung)

Innerhalb kooperativer Planungsprozesse (sh. Kap.4) stellt eine räumliche Darstellung von Planungsinhalten Kommunikations-, Steuerungs- und Orientierungswerkzeug dar. Die am Planungsprozess beteiligten Personen vertreten unterschiedliche Domänen und verfolgen verschiedene Interessen. Aus diesem Grund muss eine visuelle Anpassung der Darstellungsinhalte und Informationen an die differenzierten Blickwinkel der Planungsbeteiligten in einer räumlichen Visualisierung möglich sein. Diese Funktionalität wird derzeit durch kein digitales Planungswerkzeug (CAD-Programm, GIS-Programm) abgedeckt. Neben den persönlichen Voraussetzungen, die jeder und jede Planungsbeteiligte mit sich bringt um die dargestellten Informationen zu erfassen, spielen auch Beschränkungen auf Informationsinhalte aus Datenschutzgründen eine wichtige Rolle bei der visuellen Planungsunterstützung. Für einen Stadtplaner beispielsweise ist die Information, ob die elektrische Versorgung in einem betrachteten Stadtgebiet für ein bestimmtes Szenario sichergestellt werden kann, ausreichend. Der Netzplaner hingegen will neben dieser Information auch wissen welche Auslastungen einzelne Kabel und Trafostationen in diesem Szenario besitzen und braucht somit Einblick in die

genaue Lage der elektrischen Netzinfrastruktur. Die elektrische Netzinfrastruktur zählt zu kritischen Informationen, die nur ausgewählten Personen zugänglich sein dürfen. Eine räumliche Visualisierung, die als Entscheidungs- und Planungsunterstützungssystem in kooperativen Planungsverfahren Einsatz findet, muss somit für unterschiedliche Planungsteilnehmergruppen spezifisch adaptierte Darstellungen bereitstellen.

Abbildung 6.1 zeigt eine Auswahl möglicher Stakeholder die an einem Planungs- und Entscheidungsprozess beteiligt sind. In Gruppierungen zusammengefasst, kann eine klare Differenzierung der visuellen Inhalte, die den Mitgliedern dieser Gruppen im Planungsprozess zur Verfügung stehen bzw. in welche Informationsbereiche Einblick gewährt sein darf, aufgezeigt werden. Dabei können die in der Visualisierung bereitstehenden Informationsinhalte einerseits nach Interessenfeldern und persönlichem Fokus und andererseits nach kritischen (Bsp. Gefahr vor terroristischen Anschlägen), wenig kritischen (Bsp. Personen- oder Objektbezogene Daten, Datenschutzvereinbarungen) und unkritischen Informationsinhalten (Bsp. Open Data) unterschieden werden. In Abbildung 6.1 wird beispielhaft dargestellt, welche Einblicke unterschiedlichen Stakeholdern in Informationen gewährt sein können.

Um die visuelle Anpassung von Informationen und weitere Anforderungen in einer räumlichen Visualisierung für Planungsbeteiligte zur Verfügung stellen zu können, wird nachfolgend eine Konzept entwickelt.

6.2 Konzept der URBEM-Visualisierung

Ein System zur Unterstützung der Beteiligten von Planungsprozessen im Bereich der Energie-Raumplanung beinhaltet interdisziplinäre Berechnungs- und Simulationsmodelle. Diese liefern szenarienspezifische Ergebnisse und damit in Rahmenbedingungen gebettete Folgerungen. Um nachhaltig räumliche Strukturen zu planen, müssen diese Schlüsse faktorenabhängig in Verbindung gestellt werden. Dies ist am einfachsten durch eine räumliche Verortung der Ergebnisse und der daraus gestaltbaren räumlichen Darstellung umzusetzen. Visuell aufbereitet, bildet der Output der einzelnen Berechnungs- und Simulationsmodelle ein Instrument zur Unterstützung der Planung zukünftiger räumlicher Systeme. Dabei fasst es einerseits die Entwicklungen unterschiedlicher Rahmenbedingungen zusammen, andererseits erlaubt es neue Ideen für Maßnahmen und Richtlinien zu finden. Entwickelte Ideen können im Planungsprozess auch als Steuerungsparameter für neue bzw. geänderte Rahmenbedingungen Anwendung finden.

Die wichtigste Maßnahme zur interdisziplinären Handlungsfähigkeit ist eine räumliche Überlagerung unterschiedlicher Darstellungsinhalte. Die Überlagerung führt zu einer visuellen Verknüpfung von Informationen und steigert damit das Vorstellungsvermögen der Betrachtenden bzw. stimuliert es.

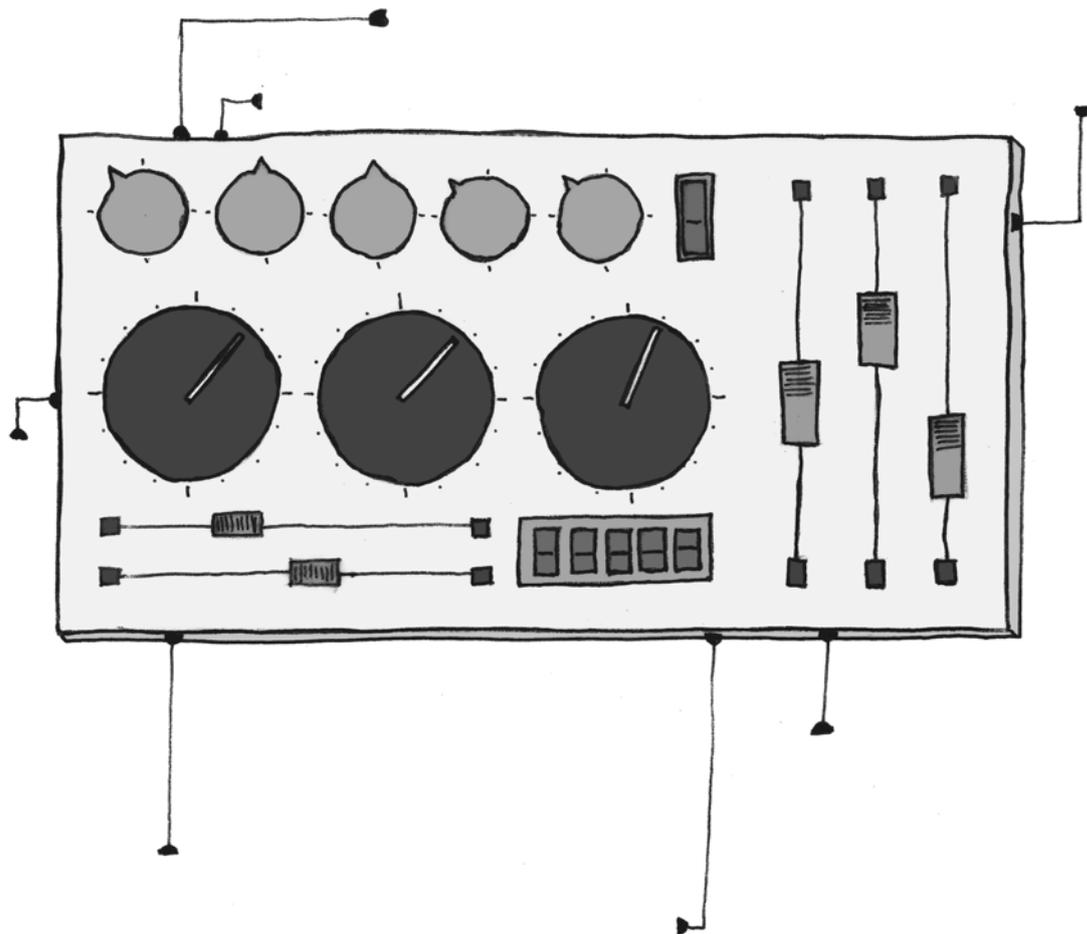
Probleme zu erkennen und Ideen und Maßnahmen für Lösungsstrategien zu entwickeln, basiert auf einem Grundverständnis der Gesamtstruktur und einzelner Zusammenhänge

darin. Die Visualisierung kann daher als abstrahiertes Modell einer Gesamtstruktur, das einzelne Teilmodelle der Strukturelemente umfasst, konzipiert sein.(vgl. Abb.6.6) Die Strukturelemente sind die Informationsträger, an welche szenarienabhängige Berechnungsergebnisse und Auswertungen geknüpft werden. Dadurch können nicht nur Maßnahmen entwickelt, sondern auch deren Auswirkungen visuell dargestellt werden.(vgl. Abb.6.5)

Die Abbildungen 6.2 bis 6.6 geben einen visuellen Eindruck der Ideen für die Konzeption einer interaktiven räumlichen Visualisierung, die interdisziplinäre Kommunikation und domänenübergreifende Entscheidungs- und Planungsprozesse unterstützt. Die Darstellungen liefern dabei nicht nur eine Grundvorstellung der Struktur einer räumlichen Visualisierung, sondern implizieren gleichsam einige Anforderungen an diese. Die einzelnen Blätter der Seiten mit den Abbildungen 6.2 bis 6.6 spiegeln die Idee der Überlagerung wechselnder Informationsebenen wider. Genau diese Möglichkeit der interdisziplinären Informationsüberlagerung, organisiert auf Ebenen, stellt den Kerngedanken für die räumlichen Modelle in einem interaktiven System dar. Das konzipierte System gewinnt dadurch seine Fähigkeiten der strukturierten Informationsspeicherung, -verknüpfung und -vermittlung, erlaubt Entwurf und Simulation von Maßnahmen, Reflexion von Auswirkungen und kann inhaltlich und strukturell uneingeschränkt erweitert werden.

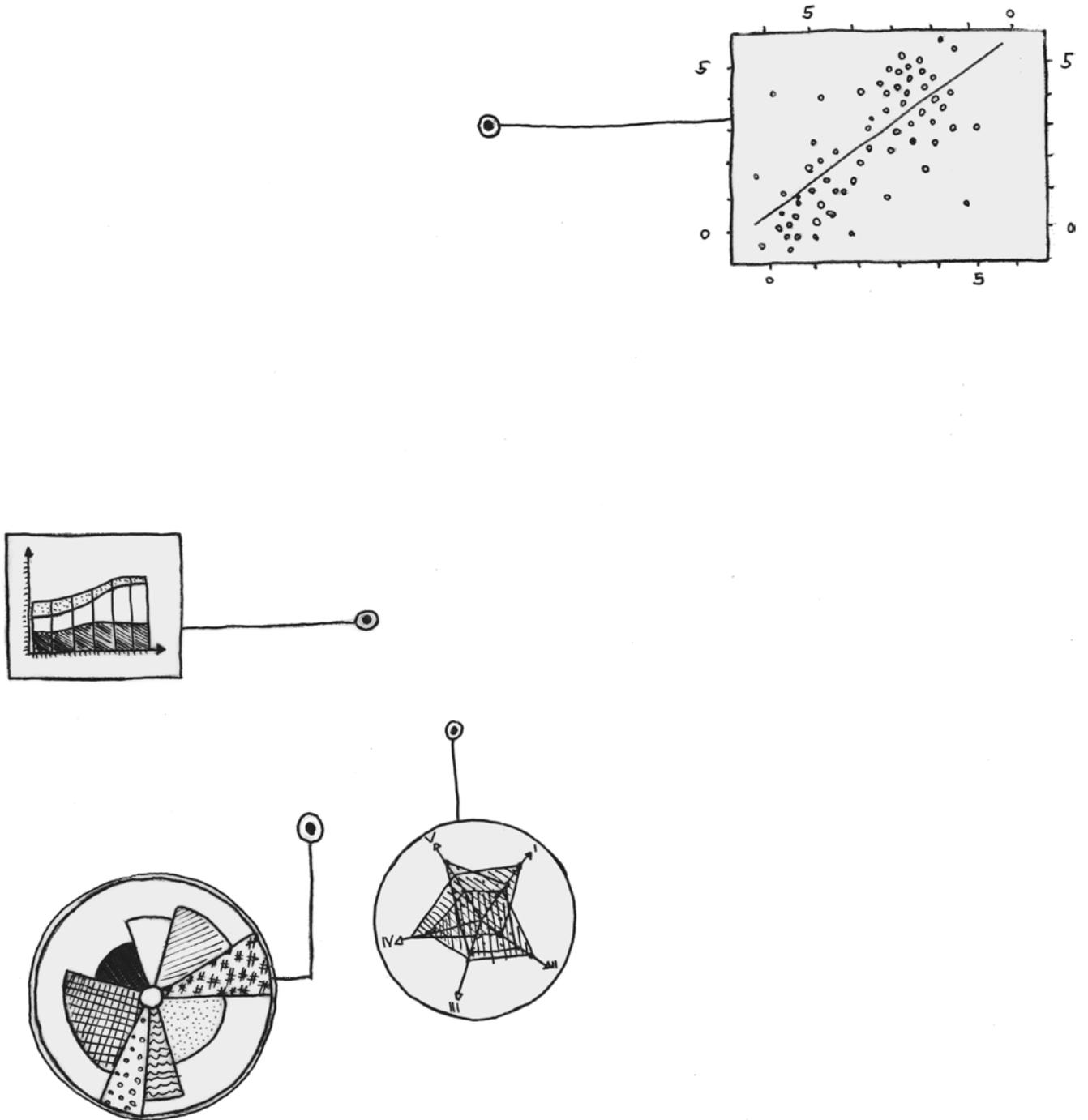
Als Orientierungsgrundlage und Stützgerüst dient ein abstrahiertes Bezugssystem.(vgl. Abb.6.6) Dieses Bezugssystem beinhaltet verortete Objekte. Das Erscheinungsbild (Farbe, LoD) dieser Objekte kann für die Untersuchung unterschiedlicher Rahmenbedingungen herangezogen und angepasst werden. Mögliche Entwicklungen gewinnen so Gestalt und Maßnahmen können erprobt werden. (vgl.Abb.6.5) Jede Ebene eröffnet der Visualisierung neue Fähigkeiten und erweitert dadurch die Anwendungsmöglichkeiten. Beispielsweise können Veränderungen über bestimmte Zeitspannen und räumliche Bewegungen von Objekten (Bsp. Personen, Autos) dargestellt und simuliert werden. (vgl.Abb.6.4) Die objektbezogene räumliche Informationsdarstellung gestaltet durch die Verknüpfungen mit zusätzlichen Ausgabeformaten (Diagrammen, Notizen) ein Werkzeug, das sowohl verortbare Daten, als auch ortsunabhängige Informationen veranschaulicht.(vgl. Abb.6.3) Zur Verbindung der Visualisierung mit den Anwendern bildet eine Ebene die Benutzersteuerung. Wie für einen DJ (disc jockey) das Mischpult als Hilfestellung zur Tonträgerauswahl und Tonebenensteuerung agiert, ist auch für die Steuerung der Inhalte in einer räumlichen Visualisierung ein Schaltbrett unentbehrlich. Denn erst durch die Möglichkeit der Interaktion mit den Darstellungsinhalten wird die Visualisierung zu einem effektivem Unterstützungswerkzeug für Akteure der Alltagswelt und Planungswelt.

Die Konzeption einer räumlichen Visualisierung auf der Basis unterschiedlicher miteinander verknüpfter Darstellungsebenen erlaubt eine friktionsfreie Planung über mehrere Maßstäbe (multiskalar). Durch die räumliche Zusammenführung und Integration unterschiedlicher Informationsmodelle (von verschiedenen Disziplinen) entsteht eine simultane Darstellung, die eine interdisziplinäre Übersicht eines Energie- und Mobilitätssystems liefern kann. Das hier vorgestellte Konzept der überlagerten Darstellungsinhalte auf Darstellungsebenen erlaubt die in der Raumplanung essentielle teamorientierte simultane Bearbeitung von Planungsproblemen.



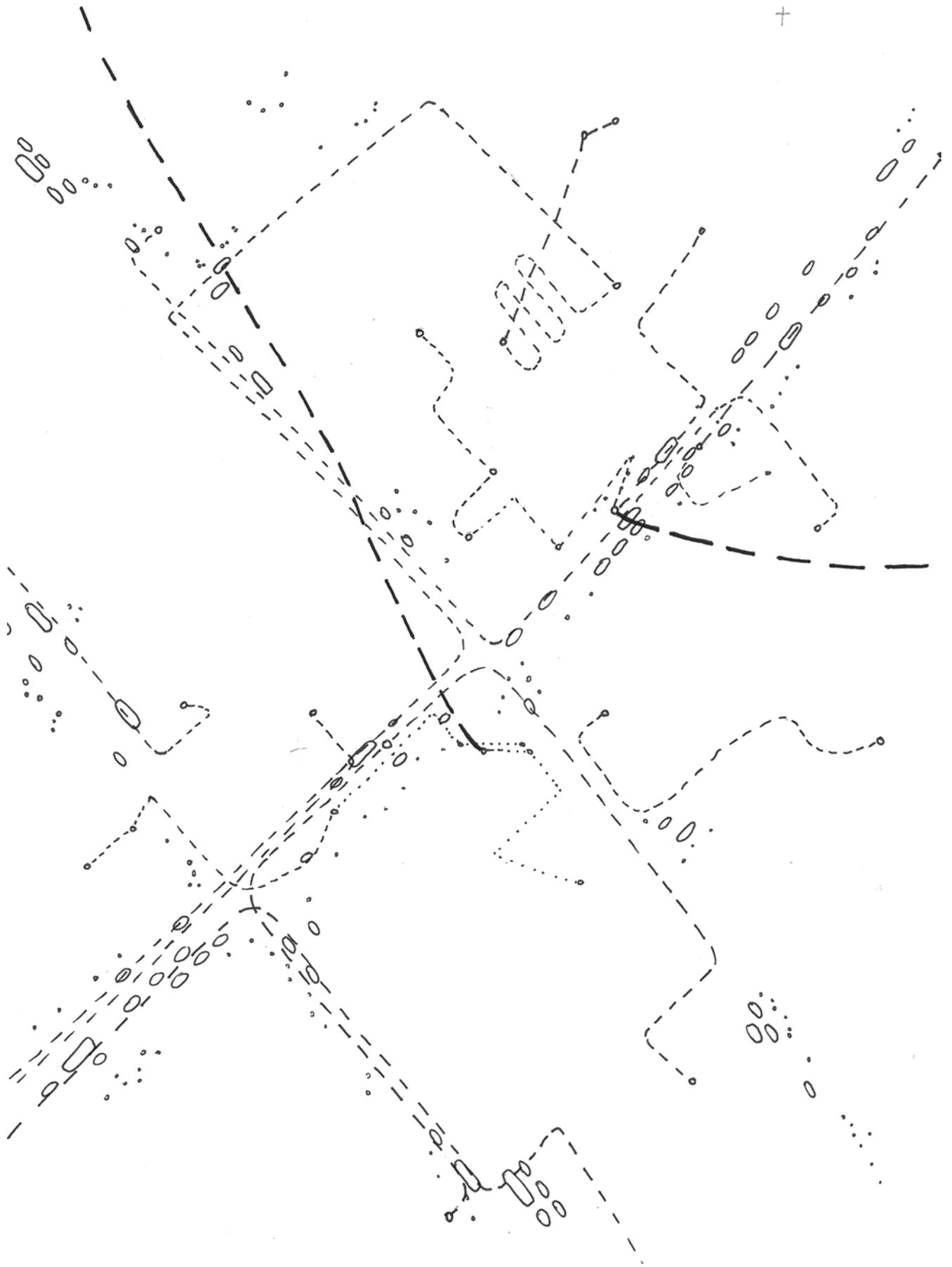
Diese Seite bitte auf transparentem Papier drucken!

Abbildung 6.2. Steuerung - Benutzerinteraktion mittels graphischem Mischpult/Schaltbrett
(Quelle: Eigene Darstellung)



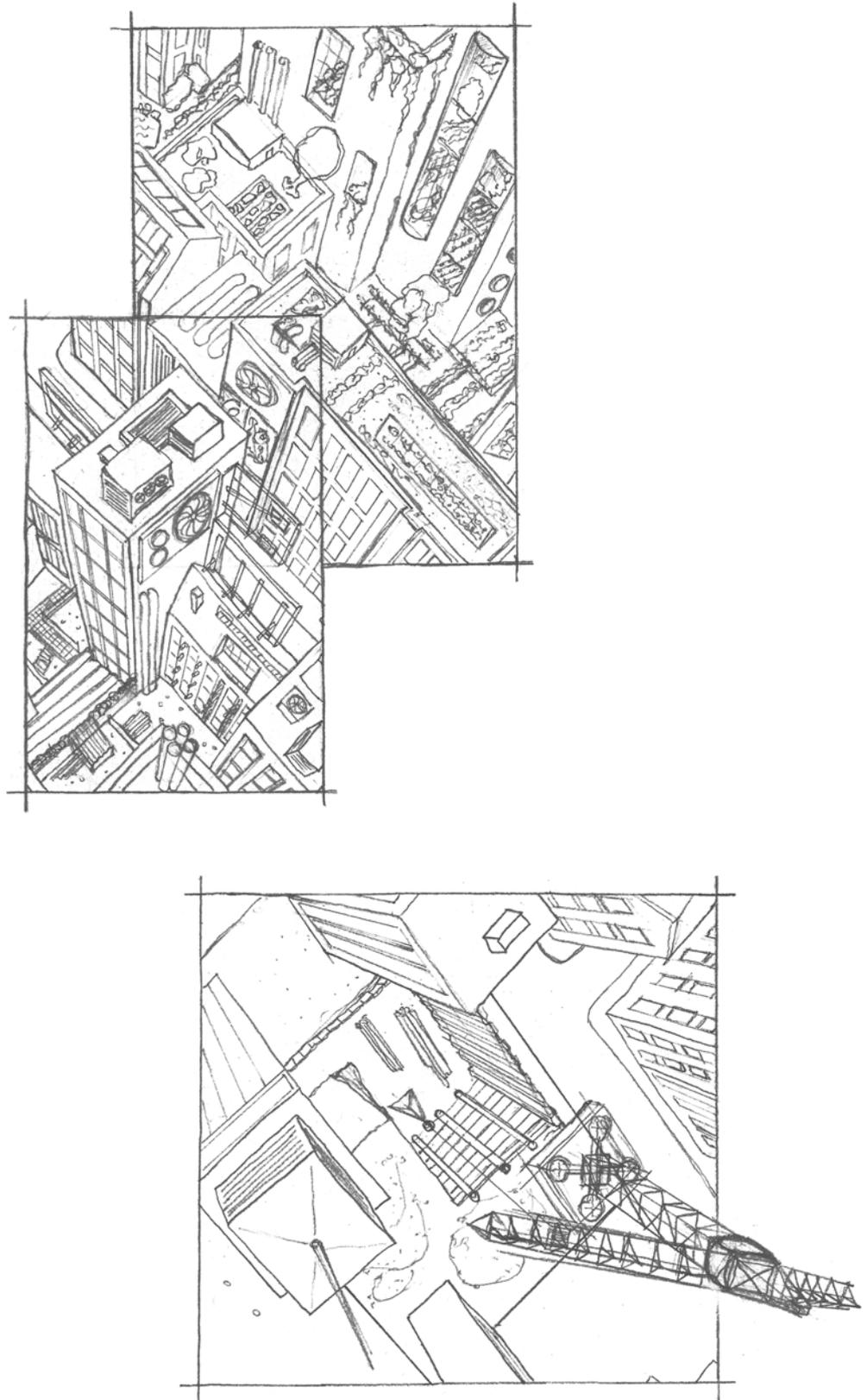
Diese Seite bitte auf transparentem Papier drucken!

Abbildung 6.3. Diagramme zur erweiterten datenbasierten Informationsvermittlung
(Quelle: Eigene Darstellung)



Diese Seite bitte auf transparentem Papier drucken!

Abbildung 6.4. Zeitabhängige Darstellungen - Darstellung der Bewegungsströme mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln zwischen und innerhalb gebauter Strukturen (Quelle: Eigene Darstellung)



Diese Seite bitte auf transparentem Papier drucken!

Abbildung 6.5. Simulation zukünftiger Entwicklungen - Darstellung von verschiedenen (szenarienabhängigen) Aggregatzuständen eines bebauten Bereiches (Quelle: Eigene Darstellung)

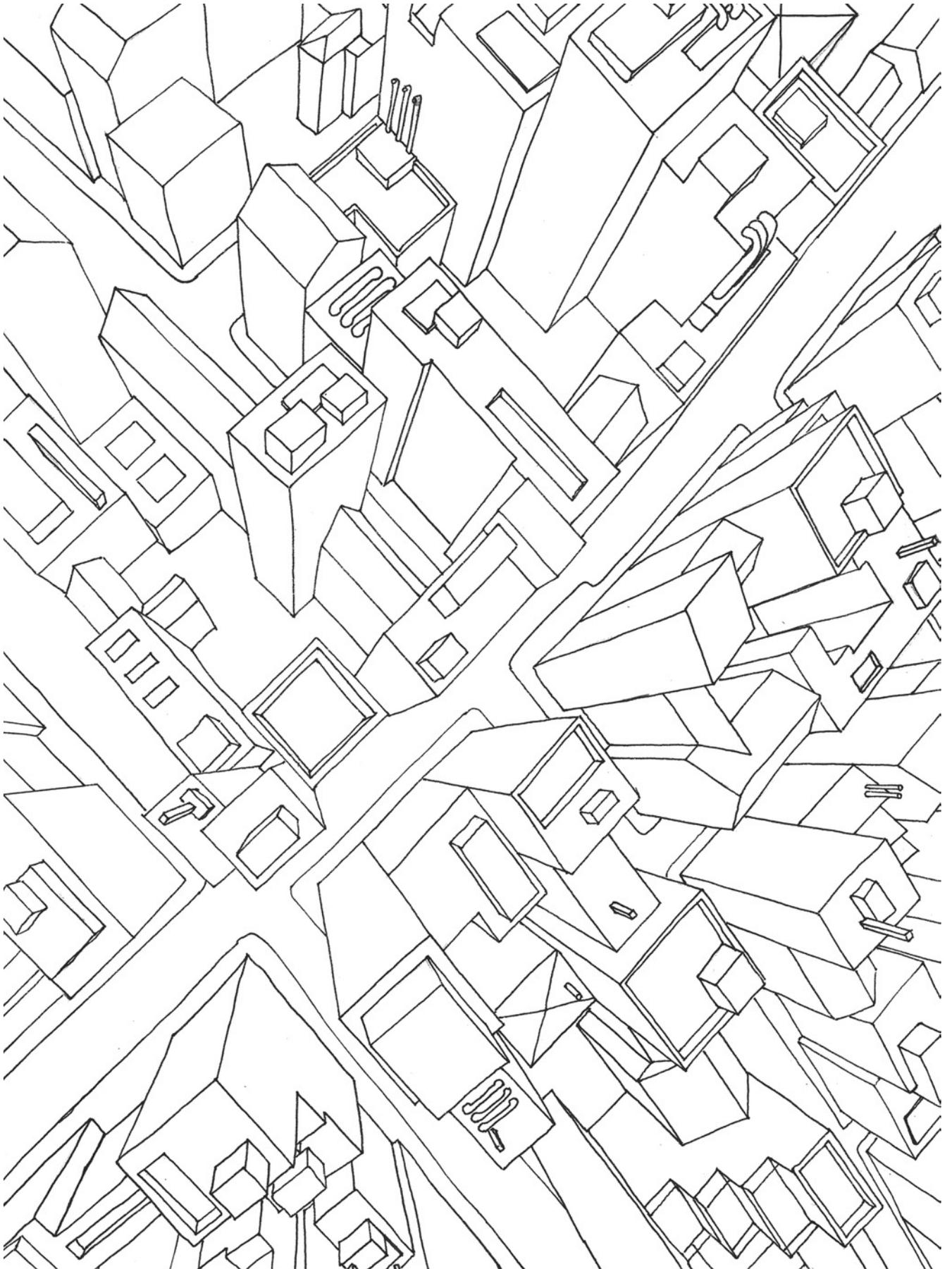


Abbildung 6.6. Abstrahierte Systemdarstellung - bestehende Bebauung in einer urbanen Zone
(Quelle: Eigene Darstellung)

6.3 Digitale Umsetzung

Die URBEM-Visualisierung lässt sich lt. der Definition von Jansen als kartographische Informationsgrafik, die darauf abzielt *«einfach, übersichtlich, prägnant, kontrastreich und sofort verständlich die Nutzer über Raum, Werte und/oder Zeit zu informieren»*[62, p.142], einordnen.

Um diese Eigenschaften und theoretischen Anforderungen bestmöglich in die praktische Entwicklung umzusetzen und einem breiten Publikum zur Verfügung stellen zu können, gestaltet sich die URBEM-Visualisierung webbasiert, räumlich (2D und 3D) und interaktiv. Der Webbrowser als visueller Datenvermittler profiliert sich dabei nicht nur aufgrund der Verwendbarkeit auf unterschiedlichen Betriebssystemen (Bsp. Linux, Windows) und Ausgabegeräten (Bsp. PC, Mobile Devices), sondern auch wegen der Nutzbarkeit, ohne Zusatzinstallationen (Programme, Apps, Plugins) tätigen zu müssen.

6.3.1 Benutzeroberfläche und Steuerung

Als Darstellungsbasis dienen Web-Kartendarstellungen (Bsp. Google Earth, Open Street Map), die sowohl eine graphischen Orientierungshilfe als auch, in Bezug auf die Navigation, die Standards zur Steuerung der multidimensionalen Inhalten stellen. Der dadurch frei wählbare Betrachtungsstandort und intuitive Perspektivenwechsel bieten einen fließenden Übergang von Übersicht- und Detailbetrachtung.

Die grundlegenden Visualisierungsinhalte werden durch die Menüauswahl getroffen. Dabei kann zwischen Darstellungsebenen und Inhaltsebenen unterschieden werden. Die Darstellungsebenen (Bezirk, Zählbezirk, Baublock, Gebäude und Infrastrukturnetze - vgl. Abb. 6.7) bestimmen den LoD (Level of Detail) und können durch graphische Eingabe von einer Ebene zur angrenzenden Ebene umgewandelt werden.

*Darstellungs- und
Inhaltsebenen*

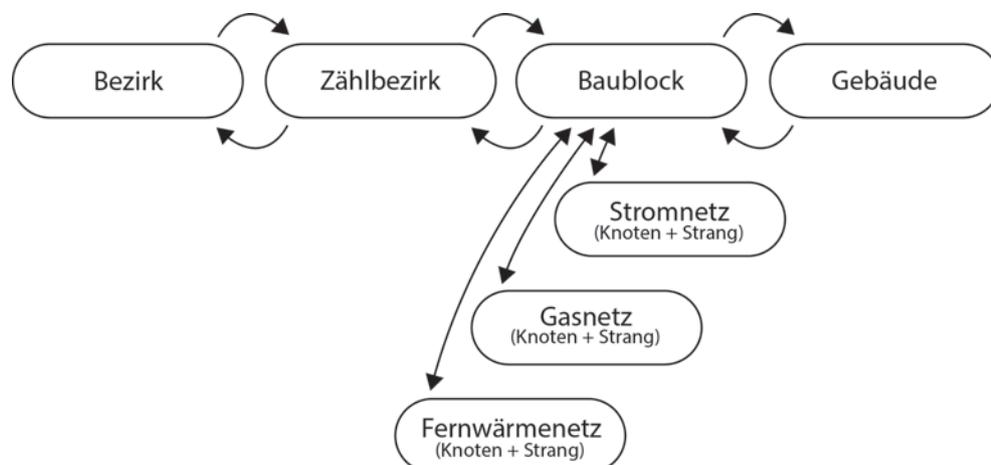


Abbildung 6.7.
*Stufen der
Visualisierung
(Quelle: Eigene
Darstellung)*

Die stufenweise Betrachtungsmöglichkeit der einzelnen Darstellungsebenen legt auch die Steuerungsstruktur fest. So werden den Benutzenden einerseits Überblick und Orientierung in der Darstellungsstruktur geboten, andererseits ermöglicht diese Festlegung auch gezielt Rechenleistung einzusparen. Genauer bedeutet das, dass exakt nur jene Bereiche, welche im Betrachtungsfokus der Nutzenden stehen, in einem höheren LoD angezeigt werden. So wird die Anzahl der darzustellenden Objekte gezielt gering gehalten (gegenüber herkömmlicher GIS- oder CAD-Software, deren Detaillierungslevel für alle Objekte gleichwertig festgelegt ist) und senkt dadurch die Anforderungen an Hard- und Software des Ausgabegerätes.

Für eine erleichterte Orientierung und Navigation innerhalb der URBEM-Visualisierung wird ein definiertes Farbschemata verfolgt. Dieses Schema (vgl. Abb.6.8) orientiert sich einerseits an dem Aufbau der Darstellungsebenen, andererseits werden dadurch logische Gruppierungen in die Themenbereiche der Inhaltsebenen vorgenommen. Die Definition des Farbschemas ist ein Versuch strukturierte graphische Darstellungen, die stufenlose Erweiterungen erlaubt, bereitzustellen. Die Farbauswahl basiert auf einer Abstimmung mit den jeweiligen fachlichen Disziplinen und berücksichtigt domänenspezifische Farbgebungen.

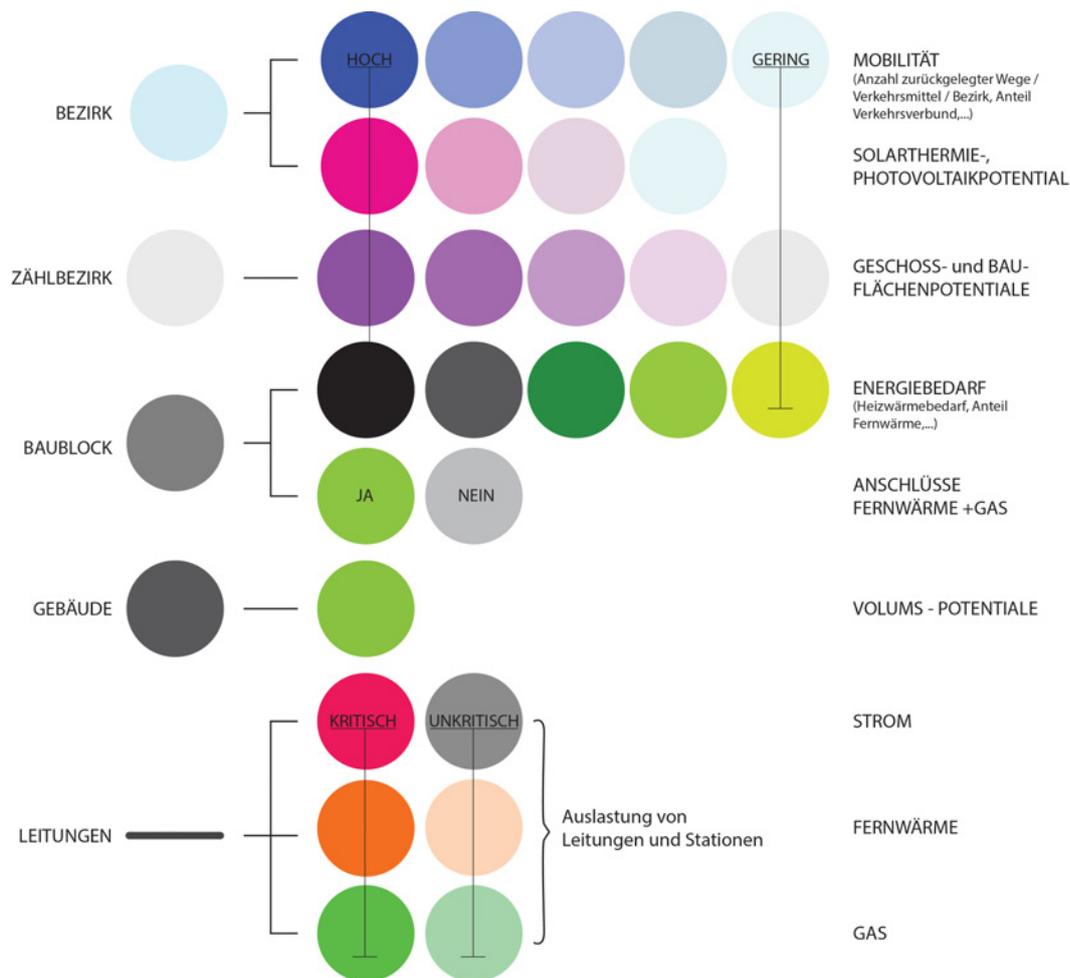


Abbildung 6.8.
Farbschema der URBEM-Visualisierung (Quelle: Eigene Darstellung)

6.3.2 Datengrundlagen zur Objektgenerierung

Die URBEM-Visualisierung dient nicht nur zur Veranschaulichung der Berechnungsergebnisse der einzelnen Fachdisziplinen, sie zeigt vielmehr deren komplexe Verbindungen und notwendige Vernetzung auf. In diesem Zusammenhang ist die Visualisierung als graphischer Speicher (vgl. Diagramme, Karten), der räumliche Objektbezüge herstellt und so zur interdisziplinären Ergebnisverknüpfung und -verwaltung beiträgt, anzusehen.

Die Grundlage der einzelnen Objekte (Bezirk, Gebäude, Leitung) innerhalb der Darstellungsebenen der Visualisierung bildet das geographische Datenstrukturformat «GeoJSON», das mittels ID die Referenzierung zu den einzelnen objektbezogenen Berechnungsergebnissen in den Datenbanken (PostGis, usw.) erlaubt. (vgl. Abb.6.9) Diese bilden damit die Eigenschaften des Objektes, welche wiederum die Basis der graphischen Objektdarstellung ausmachen. Ein Objekt besitzt so sowohl die Information was es ist (Bsp. Gebäude, Bezirk) als auch mit welchen anderen Objekten es verknüpft ist. Das Objekt Gebäude weiß so beispielsweise, in welchem Zählbezirk es sich befindet und kann so auch Informationen des Objektes Zählbezirk abfragen.

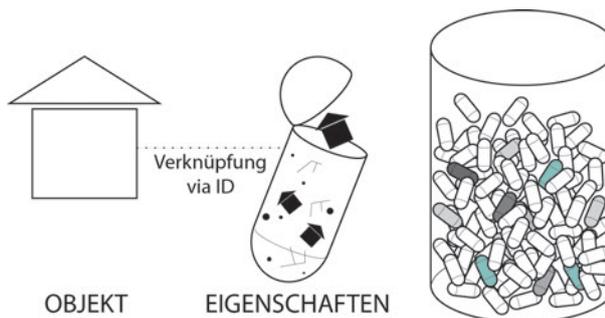


Abbildung 6.9.
Daten-Objekt-
Verknüpfung
(Quelle: Eigene
Darstellung)

Die Datenbankanbindung wird so einfach, strukturiert, erweiterbar und stellt die Steuerung unterschiedlicher Zugriffs- bzw. Darstellungsrechte sicher.

6.3.3 Die URBEM Smart City Application (USCA) und die Einbettung der URBEM-Visualisierung

*URBEM Smart City
Application (USCA)*

Als Daten und Modellplattform wurde im Rahmen von URBEM die «URBEM Smart City Application» (USCA) entwickelt. (vgl. [87] und [88]) In die USCA sind die interdisziplinären Berechnungsmodelle, Datenspeicher und Datenverwaltung und die URBEM-Visualisierung eingebettet. (vgl. Abb.6.10) Dies ermöglicht einerseits einen flexiblen Datenaustausch zwischen den einzelnen Modellen als auch die direkte Anbindung der Berechnungsergebnisse an die URBEM-Visualisierung. Die USCA ist in eine cloudbasierte Applikation, die in ihrer Gesamtheit die technische Schnittstelle

zur Systembereitstellung, Ausführung, Koordination, Verteilung und Verbindung der einzelnen Inhalte (Berechnungsmodelle, Ergebnisse, Datengrundlagen) sicherstellt.

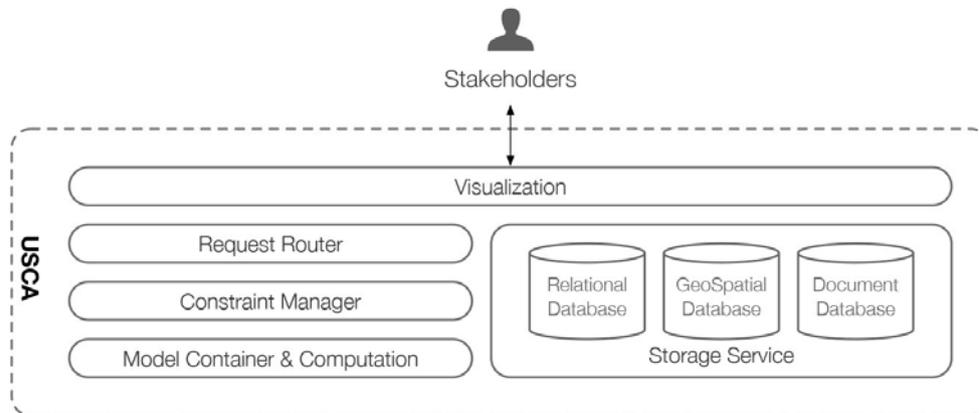


Abbildung 6.10.
Aufbauskiizze der
URBEM Smart City
Application (USCA)
(Quelle: Adaption
von [87, p.3])

Um spezifischen Sicherheitsanforderungen gerecht zu werden, kann mittels USCA der Zugriff auf einzelne Visualisierungsinhalte für unterschiedliche Entwicklungsphasen und unterschiedliche Benutzergruppen zentral gesteuert werden.

Die USCA bettet die URBEM-Visualisierung in eine elastische Umgebung und ein maßgeschneidertes Betriebssystem, das dynamisch an neue Anforderungen angepasst oder für diese erweitert werden kann, ein. Gemeinsam bilden USCA und URBEM-Visualisierung eine dynamische Grundstruktur, die explizit auf die Verbindung zwischen den einzelnen Teilen und dem Gesamtsystem (URBEM) abzielt und so den Einsatz in Planungsprozessen gewährleistet.

6.3.4 Die URBEM-Visualisierung als URBEM-Interface

Die URBEM-Visualisierung dient nicht nur der Informationsvisualisierung, sondern bildet auch das Interface zur Interaktion (Objektauswahl, Objektskalierung, Objektkennzeichnung, Objektveränderung) mit den Berechnungsmodellen der unterschiedlichen Domänenexperten. Sie ist die Benutzerschnittstelle, die einerseits den visuellen Output erstellt und andererseits auch den Impuls für Berechnungen innerhalb der Modelle der Domänen setzt. Respektive ist die URBEM-Visualisierung der Impulsgeber für die Anfragen der Betrachtenden an die USCA. Die Benutzenden erzeugen einen Kreislauf, welcher der URBEM-Visualisierung die Rolle als URBEM-Interface der gesamten USCA zuordnet. (vgl. Abb.6.11) Hinsichtlich der Betrachtung als Planungsunterstützungswerkzeug hilft die Visualisierung dadurch nicht nur szenarienspezifische Sachverhalte darzustellen, sondern auch Ideen- und Entwurfsprozesse in Gang zu setzen und anzuleiten.

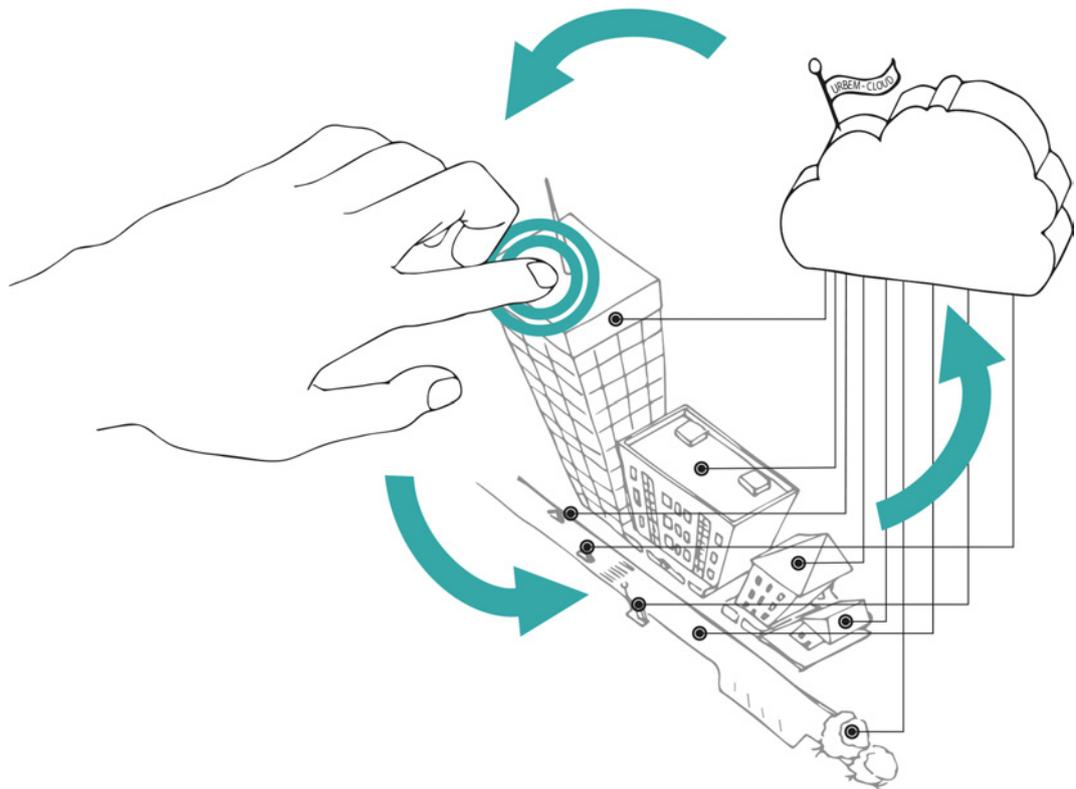


Abbildung 6.11.
 Die URBEM-
 Visualisierung als
 URBEM-Interface
 (Quelle: Eigene
 Darstellung)

Der ablaufende Prozess zwischen den Anwendenden und der USCA insgesamt, kann als ständige Rückkoppelung von Informationen, Meinungen, Haltungen und Sichtweisen betrachtet werden, da Informationen und deren unterschiedliche Verknüpfungen in wiederholter Weise dargestellt, analysiert, verändert und bewertet werden.

6.4 Der URBEM-Visualisierungsprototyp

Basierend auf den interdisziplinären Anforderungen der Domänenexperten des URBEM-DK wurde der URBEM-Visualisierungsprototyp entwickelt. Dieser basiert auf den Grundlagen der URBEM-Visualisierung bzw. definiert diese. Abbildung 6.12 gibt einen Überblick über die Anforderungen, die an die URBEM-Visualisierung zur Unterstützung von Planungs- und Entscheidungsprozessen gestellt sind und zeigt wie diese im URBEM-Visualisierungsprototyp umgesetzt werden.

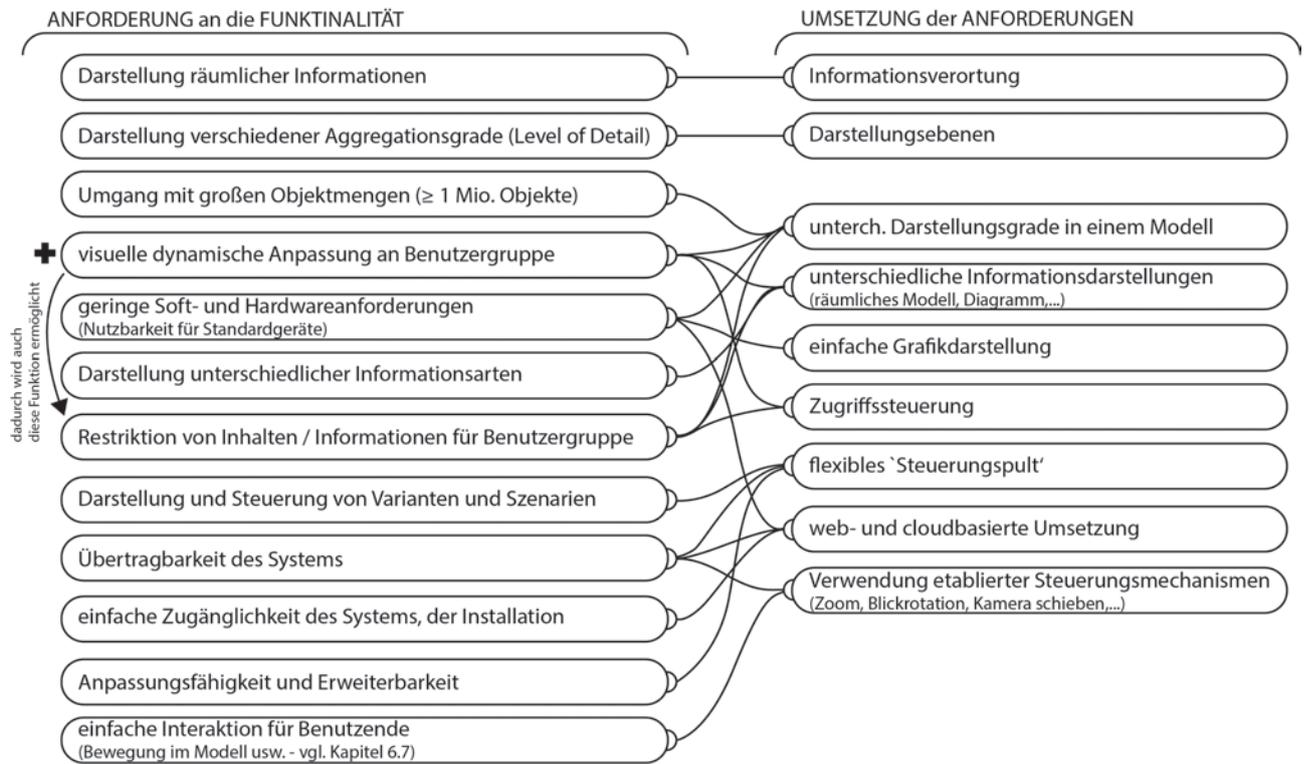


Abbildung 6.12. Anforderungen an die URBEM-Visualisierung und deren Umsetzung (Quelle: Eigene Darstellung)

Abbildung 6.13 zeigt einen Screenshot der Benutzeroberfläche des Visualisierungsprototypen im Webbrowser. Als Basiseinstellung werden zu Beginn die Wiener Bezirke als Darstellungsebene angezeigt.

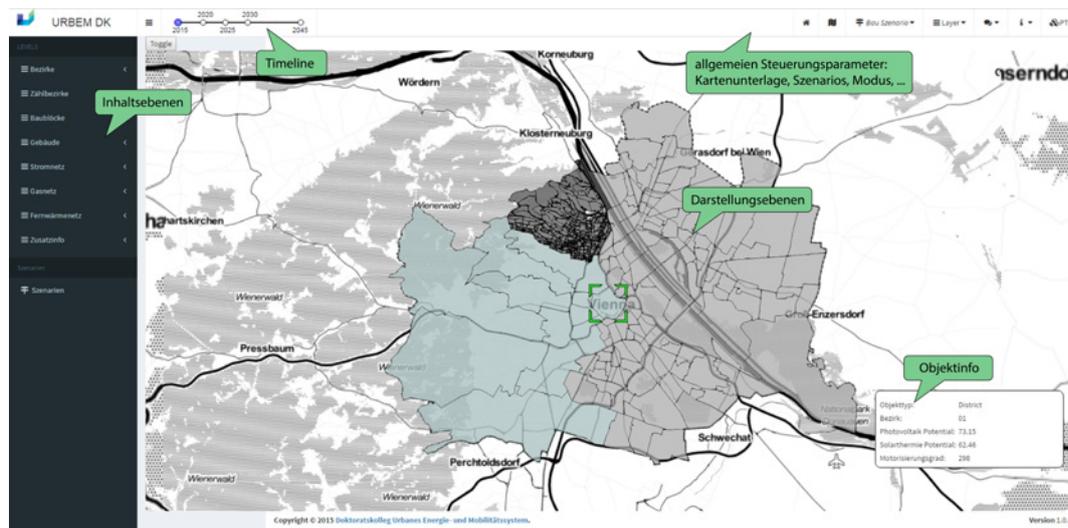


Abbildung 6.13. Die Benutzeroberfläche des URBEM-Visualisierungsprototypen (Quelle: Eigene Darstellung)

6.4.1 Inhaltsebenen

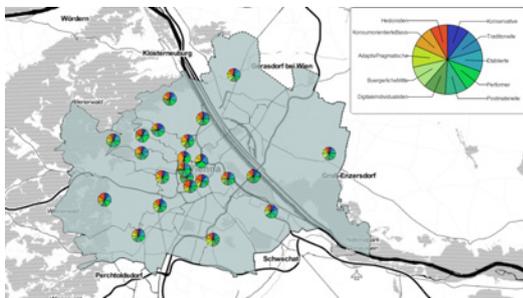
Die einzelnen Berechnungsmodelle der Domänenexperten in der USCA liefern große Datenmengen mit szenarienabhängigen Berechnungsergebnissen. Für den URBEM-Visualisierungsprototypen wird daraus, in Absprache mit dem jeweiligen Domänenexperten, ein Subset verortbarer Daten gewählt und graphisch dargestellt. Jede Ergebniskategorie bildet so eine Inhaltsebene der Visualisierung und kann einer Darstellungsebene zugeordnet werden. Abbildung 6.14 zeigt eine Auswahl dieser Inhaltsebenen für den URBEM-Visualisierungsprototypen.

Darstellungsebene	Inhaltsebene	Beschreibung
Bezirk	Milieus / Bevölkerungszusammensetzung	Die Sinus-Milieus fassen Menschen zusammen, die sich in ihrer Lebensauffassung und Lebensweise, d.h. in grundlegenden Wertorientierungen und allgemeinen Einstellungen zur Arbeit, Familie, Freizeit, zu Geld und Konsum ähneln (Gruppe Gleichgesinnter).
	Milieuverortung	Verteilung der Sinus Milieus in Wien nach Bezirk.
	Modal Split	Der Modale Split von öffentlichem Verkehr, Radverkehr, Fußgehern und motorisiertem Individualverkehr auf Bezirksebene.
	Verkehrsmenge	Die morgendlichen Verkehrsströme verschiedener Verkehrsmittel pro Bezirk.
	Photovoltaik	Der Ertrag der installierten Photovoltaikanlagen auf Bezirksebene.
	Solarthermie	Der Ertrag der installierten Solarthermieanlagen auf Bezirksebene.
Zählbezirk	Sanierungsraten	Die gemittelten, jährlichen Sanierungsraten aller Gebäudekategorien innerhalb eines Zählbezirktes.
	Geschossflächenpotential	Die Geschossflächenpotentiale (Bsp. Aufstockung v. Gebäuden) auf Zählbezirksebene.
	Bauflächenpotential	Die Bauflächenpotentiale (Bsp. An-, Zu- und Neubauten) auf Zählbezirksebene.
Baublock	Energiebedarf lokal	Der berechnete Endenergiebedarf für Raumwärme und Brauchwasser; aggregiert für die einzelnen Baublöcke; basierend auf den Ergebnissen des Simulationsmodells.
	Energiebedarf FW	Der Endenergiebedarf für Raumwärme und Brauchwasser, der zentral durch Fernwärme gedeckt wird. Aggregiert für die einzelnen Baublöcke. Basierend auf den Ergebnissen des Simulations- und Investitionsoptimierungsmodell.
	Energiebedarf %	Anteil Endenergiebedarf Fernwärme am gesamten Wärmebedarf. Der prozentuelle Anteil von Fernwärme am gesamten Wärmebedarf für Brauchwasser und Raumwärme.
	Gasanschluss	Indikator, ob ein Block an das bestehende Gasnetz angeschlossen ist oder nicht.
	Fernwärmeanschluss	Indikator, ob ein Block an das bestehende Fernwärmenetz angeschlossen ist oder nicht.
Gebäude	Geschossflächenpotential	Die Geschossflächenpotentiale (Bsp. Aufstockungen v. Gebäuden) auf Gebäudeebene.
Stromnetz	Stromnetz	Die Auslastungen von Stationen und Leitungen im Stromnetz auf Baublockebene.
Gasnetz	Hochdrucknetz	Geschwindigkeiten und Drücke in Bestandsleitungen auf Baublockebene für das Hochdrucknetz.
	Niederdrucknetz	Geschwindigkeiten und Drücke in Bestandsleitungen auf Baublockebene für das Niederdrucknetz.
Fernwärmenetz	Vorlaufnetz	Geschwindigkeiten und Temperatur in Bestandsleitungen auf Baublockebene für das Vorlaufnetz.
	Rücklaufnetz	Geschwindigkeiten und Temperatur in Bestandsleitungen auf Baublockebene für das Rücklaufnetz.
Kraftwerkspark	Kraftwerkspark	Gesamtportfolio des Kraftwerksparks

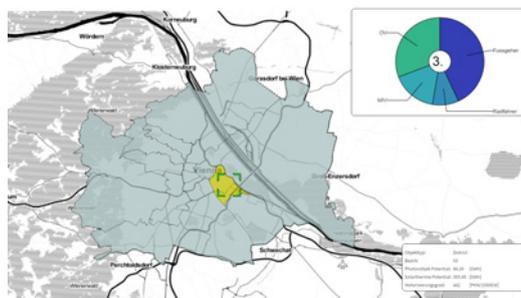
Abbildung 6.14. Übersicht der Inhaltsebenen des URBEM-Visualisierungsprototypen (Quelle: Eigene Darstellung)

6.4.2 Informationsvisualisierung

Um eine «Momentaufnahme» für das System Stadt und szenarienabhängige Projektionen in die Zukunft entwickeln zu können, müssen alle Modellinhalte abstrahiert werden. Die Informationen der in Kapitel 6.4.1 angeführten Inhalte wurden durch die Anwendung und Kombination folgender Mittel zur Informationsvisualisierung dargestellt: Kolorierung von Objekten (vgl. Abb. 6.15(d)&(f)), Diagramme (vgl. Abb. 6.15(a)&(b)), Labeling (vgl. Abb. 6.15(a)), zusätzliche räumliche Grafikobjekte (vgl. Abb. 6.15(c)). Dabei können die Darstellungsebenen und Informationsebenen ebenenübergreifend simultan agieren und benutzergesteuert kombiniert werden.(vgl. Abb. 6.15(e))



(a) Die sozialen Milieus (Sinus Milieus) auf Bezirksebene



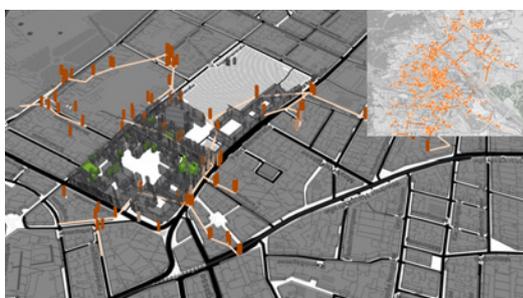
(b) Der Modale Split (Anteil von Reisenden nach Verkehrsmittel) auf Bezirksebene



(c) Die morgendlichen Verkehrsströme verschiedener Verkehrsmittel pro Bezirk.



(d) Die Geschossflächenpotentiale auf Zählbezirksebene



(e) Das Infrastruktur-Fernwärmenetz und das Geschossflächenpotential auf Gebäudeebene.



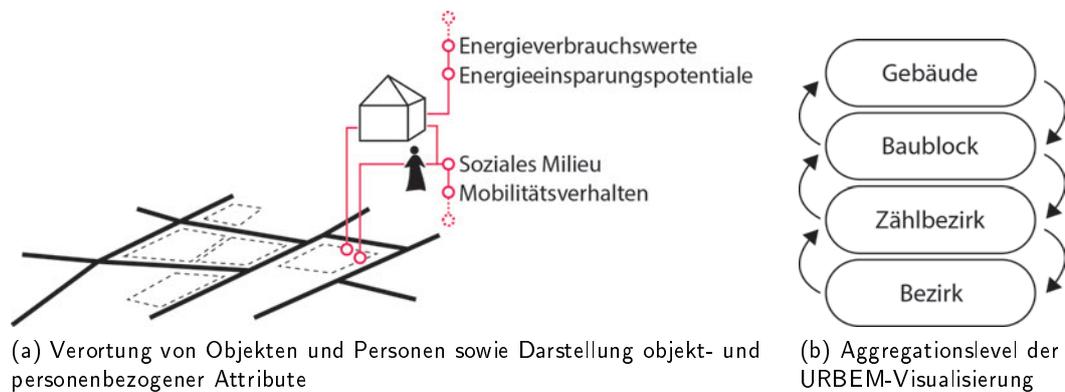
(f) Die Geschossflächenpotentiale auf Gebäudeebene.

Abbildung 6.15. Informationsdarstellung im URBEM-Visualisierungsprototyp (Diese Darstellungen basieren auf Dummy-Berechnungsdaten des URBEM-DK.) (Quelle: Eigene Darstellung)

Die mittels der Abbildungen 6.15 beispielhaft angeführte Informationsdarstellungen können einerseits für Benutzende Fokus abhängig eingebettete Informationen darbieten, andererseits erlaubt das System auch die Restriktion von Darstellungen für Benutzergruppierungen aus Datenschutzgründen. Dabei kann es sich beispielsweise um Objekt- und Personenbezogene Daten handeln. Grund dafür ist die Vorbeugung eines potentiellen Missbrauchs der transportierten Informationen.(vgl. Abb.6.16(a)) In Bezug auf die URBEM-Visualisierung war dieses Thema vor allem bei der Visualisierung von gebäudebezogenen Ergebnissen relevant.

Um dieser Problemstellung entgegenzuwirken, wurden alle gebäude- und personenbezogenen Daten in den jeweiligen Berechnungsmodellen auf höhere Darstellungsebenen aggregiert.(vgl. Abb.6.16(b)) Die Ergebnisse im Bereich der gebäudebezogenen Energienutzung werden daher in der URBEM-Visualisierung beispielsweise auf der Darstellungsebene Baublock angezeigt.

Abbildung 6.16.
Informations-
verknüpfung und
aggregation (Quelle:
Eigene Darstellung)



Die Verortung und Darstellung von Objekten im digitalen Raum ist auch durch unterschiedliche Nutzergruppen eines Entscheidungs- und Planungsunterstützungswerkzeugs als potentielle Gefahrenstelle für sensible Daten zu bewerten. Konkret war dies im Entwicklungsprozess der URBEM-Visualisierung bei den Darstellungen der Versorgungsnetze der Stadt Wien und den leitungs- und stationsbezogenen Ergebnissen eine ernstzunehmende Sicherheitsthematik. Hintergrund ist, dass detaillierte Stations- und Leitungspositionen eine potentielle Gefahr für terroristische Angriffe darstellen.

Für die Anzeige und interdisziplinäre Kommunikation der Simulationsergebnisse der Versorgungsnetze Strom, Gas und Fernwärme wurden innerhalb der URBEM-Visualisierung Zugriffsbeschränkungen für unterschiedliche Nutzergruppen eingerichtet. Die detaillierte Anzeige von Leitungen und Stationen ist damit nur noch ausgewählten Personengruppen passwortgeschützt erlaubt. Für die interdisziplinäre Anwendung der Simulationsergebnisse der Versorgungsnetze in kooperativen Planungsprozessen (beispielsweise zur Untersuchung unterschiedlicher Versorgungsvarianten) werden die Ergebnisdaten mittels abstrahierten Objekten visualisiert. Dabei werden die verorteten Stationspunkte mittels Delaunay Triangulierung

*Delaunay
Triangulierung als
Mittel der
Abstraktion für die
Darstellung der
Versorgungsnetze*

derart verfremdet, dass eine räumliche Zuordnung der Ergebnisse nur noch gebietsweise möglich ist. Abbildung 6.17 veranschaulicht den Abstraktionsprozess.

Zur Abstraktion werden aus den in Abbildung 6.17 links aufgezeigten Stationspunkten (1) durch Delaunay Triangulierung Dreiecke gebildet. Mit deren Schwerpunkten (Voronoi-Diagramm aus dieser Punktmenge) wird daraufhin nochmals trianguliert. Die zu visualisierenden Ergebniswerte der Netzsimulationen werden dabei in jedem Triangulationsschritt mit übergeben. Dabei wird der jeweils höchste Wert als potentiell schlechtester Wert in die nächste Abstraktionsphase weitergeführt. Die «Sprechblasen» in Abbildung 6.17 zeigen diese Wertweitergabe auf.

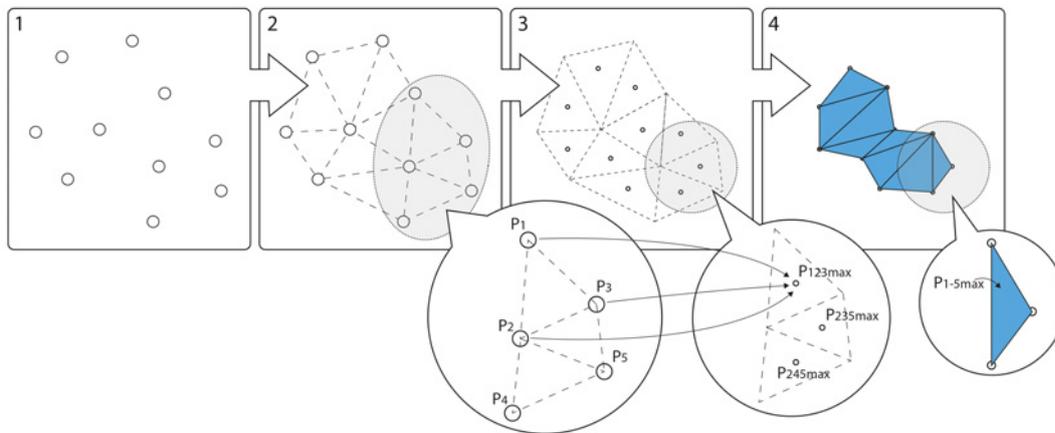


Abbildung 6.17.
Triangulierungsprozess
zur Abstraktion der
Versorgungsnetze
(Quelle: Eigene
Darstellung)

Abbildung 6.18 zeigt das Ergebnis der beschriebenen Abstraktionsmethode im URBEM-Visualisierungsprototypen. Im rechten Bildausschnitt von Abbildung 6.18 sind die verorteten Stationen und Leitungen eines Versorgungsnetzes dargestellt, im linken Bildausschnitt wird durch Abstraktion mittels Dreiecksmaschennetz eine Landschaft zur Darstellung dieses Versorgungsnetzbereiches der Stadt angezeigt. Diese Darstellung erlaubt es die Informationsinhalte visuell an einen Stakeholder anzupassen und ermöglicht eine rasche Übersicht ob in einem Szenario und Zeitabschnitt Netzüberlastungen zu erwarten sind.

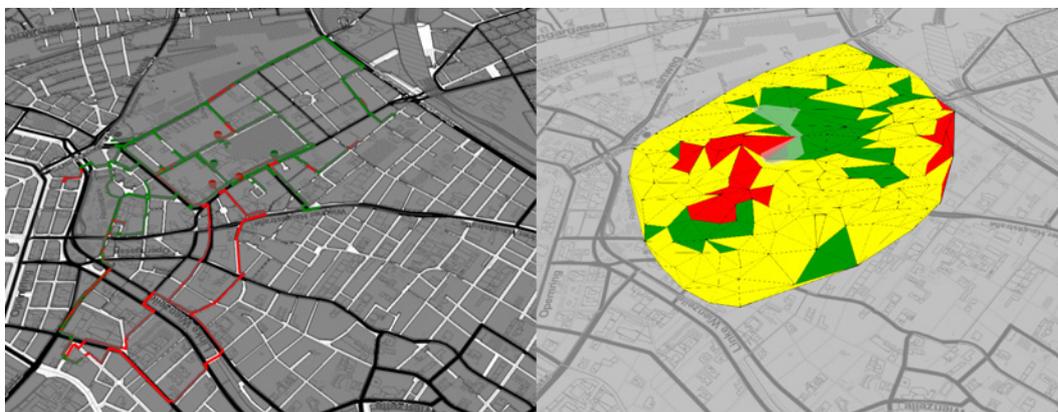


Abbildung 6.18.
Verortete
Leitungen der
unterschiedlichen
Versorgungs-
netzwerke in
der URBEM-
Visualisierung
mit angezeigten
Dummy-Daten
(Quelle: Eigene
Darstellung)

Neben der Triangulation gibt es noch viele weitere geometrische Abstraktionsmöglichkeiten. Für gegebene Problemstellung wäre davon beispielsweise das Auftragen eines Farbrasters, eine starke Skalierung der Stationen zu Kugelobjekten oder eine Verfremdung der genauen Positionskordinaten denkbar. Alle genannten Methoden zielen darauf ab, die genaue räumliche Position auf einer Kartengrundlage nicht mehr ausmachen zu können.

6.5 Geräteanforderung und Präsentation - Die Bühne der URBEM-Visualisierung

Interaktive Planungs- und Entscheidungsunterstützungssysteme basieren auf digitalen Technologien. Die Technologieträger sind dabei die Berührungspunkte für alle beteiligten Akteure. Dabei wachsen mit der steigenden Anzahl medialer Kanäle gleichzeitig die technologischen Berührungspunkte. Durch die technischen Entwicklungen ist der Informationsfluss dabei aber nicht mehr nur bipolar gerichtet sondern kann netzwerkartig gestreut werden. Ähnlich der Benutzung von «Multi-User Games» ermöglicht die richtige Einbettung einer räumlichen Visualisierung die gezielte Kommunikation bzw. eröffnet neue Services für Akteure. Damit muss die Anpassungsfähigkeit an bestimmte Nutzergruppen soft- und hardwaretechnisch ermöglicht werden. Vor allem der Einsatz von räumlicher Visualisierung zur Entscheidungs- und Planungsunterstützung während angeleiteter Prozesse fordert einerseits die Unterstützung in Gruppenarbeitsphasen (Workshops) und andererseits die individuelle Hilfestellung in Analyse-, Entwurfs- oder Ideenfindungsprozessen von einzelnen Personen.

Im Folgenden wird schrittweise erörtert, wie das «Amphitheater» (vgl. Comedia dell'Arte in Kap.4.2.2) für die Inszenierung der URBEM-Visualisierung beschaffen sein muss, um sowohl individuelle Planungsprozesse als auch teamorientierte Testplanungsverfahren «aufzuführen».

Die haptischen, digitalen Ein- und Ausgabegeräte für Planungs- und Entscheidungsunterstützungssysteme können nach ihren Berührungspunkten mit den Nutzern wie folgt kategorisiert werden: bildschirmbezogene Geräte, raumbezogene Geräte und das «Internet der Dinge». Den Benutzenden werden jeweils Bereiche innerhalb dieser Kategorien erschlossen. (vgl. Abb.6.19)

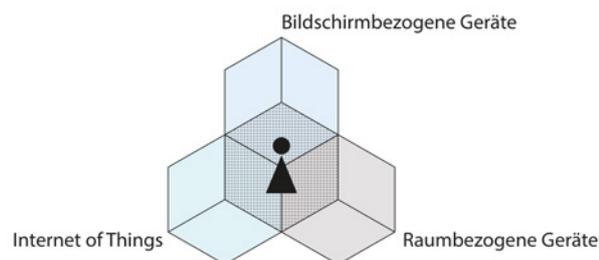


Abbildung 6.19.
Gerätekatgorien
über ihre
Berührungspunkte
(Quelle: Eigene
Darstellung)

Zu den bildschirmbezogenen Geräte zählen alle portablen und statischen Technologien mit elektrisch ansteuerbaren Anzeigen, deren Informationsinhalte durch Anwendungen und/oder Applikationen in einem Betriebssystem gesteuert werden (Bsp. Desktop PC, Smart Phone, Tablet). Der Begriff «raumbezogene Geräte» umfasst Projektionsflächen, welche durch bauliche Maßnahmen implementiert werden und mittels Steuerungsgeräten oder Gesten navigiert werden können. Dabei handelt es sich um interaktive Installationen, die ganze Räume oder Architekturen bespielen können (Bsp. VR-Wall, VR-Cube, interaktive Fassaden). Das Internet der Dinge (IoT) beinhaltet netzwerkfähige Objekte des alltäglichen Bedarfs. Diese Kategorie kann im Verbund mit bildschirm- oder raumbezogenen Medien im Rahmen eines Planungs- oder Entscheidungsprozesses sowohl der Benutzereingabe von Maßnahmen als auch zur haptischen Ausgabe von Ergebnissen eingesetzt werden. Ein «smartem Objekt» (ein Objekt mit eingebetteten Informationstechnologien) referenziert dabei auf ein Objekt in einer räumlichen Visualisierung eines Entscheidungs- und Planungsunterstützungswerkzeug und repräsentiert dessen Verhalten durch bestimmte Entscheidungen bzw. Maßnahmen.

Entscheidend für die Gesamtinszenierung des Einsatzes von Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystemen ist, wie potentielle Verknüpfungen zwischen den einzelnen Ein- und Ausgabegeräten der beschriebenen Kategorien (vgl. Abb.6.19) miteinander interagieren können. Abbildung 6.20 zeigt die unterschiedlichen Interaktionsmuster, die zwischen Geräten möglich sind:

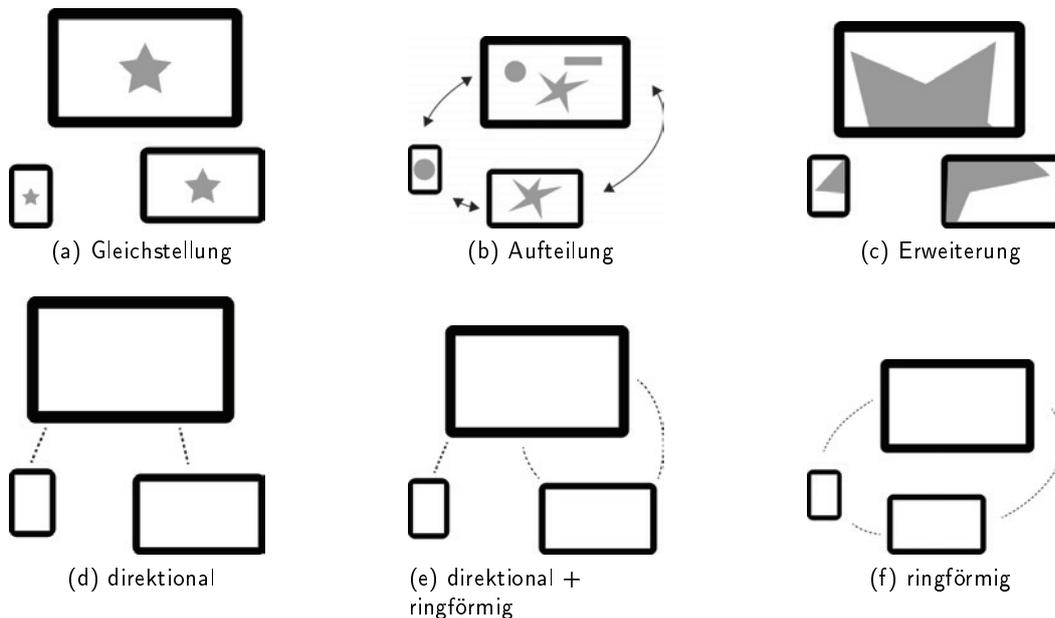


Abbildung 6.20. Interaktionsmuster zwischen digitalen Ein- als auch Ausgabegeräten (Quelle: Eigene Darstellung)

Die in Abbildung 6.20 dargestellten Interaktionsmuster nehmen in (a) bis (c) Bezug auf Möglichkeiten der Anordnung der Darstellungsinhalte von verbundenen Geräten. Die Synchronisation zwischen den Geräten selbst kann dabei direkt (Peer to Peer) initiiert werden aber auch als Kette geschaltet sein, sodass die Informationen ringförmig von Gerät zu Gerät weitergegeben werden (vgl. Abb.6.20 (d) bis (f)).

Die vorbereitete Kombination der Interaktionsmuster zwischen den einzelnen Geräten ist maßgebend für deren effizienten Einsatz bzw. die Anwendbarkeit von visuellen Entscheidungs- und Planungsunterstützungssystemen. Im Folgenden (vgl. Abb.6.21 Abb.6.22) werden Ideen für mögliche raumbezogene Konfigurationen und gerätebezogene Kombinationen aufgezeigt.

Abbildung 6.21 wurde in der Ausstellung *Körper, Psyche und Tabu* des MUMOK Wien (Museum Moderner Kunst Wien) aufgenommen und präsentiert auf drei rechtwinklig zueinander angeordneten Projektionsflächen Computeranimationen und «Tanzloops» des Künstlerduos GRAF+ZYX. Diese Darstellung ist die vereinfachte aber durchaus sehr effiziente Möglichkeit, die Wahrnehmungen des Betrachters zu intensivieren. Kombiniert mit Rückprojektion und Virtual Reality Software (VR), sowie beliebig um Boden und Deckenprojektion erweitert, hat sich diesbezüglich die Bezeichnung «VR-Cube» etabliert.

Virtual Reality

Abbildung 6.21.
Raumbezogene
Planungsplattform-
konfigurationen:
Räumliche
Installation
des Videos
«Murderer Redux»
der Künstler
GRAF+ZYX;
(Quelle: Autorin;
Erstellt: 2016,
MUMOK Wien;)



Die Möglichkeiten der Wahrnehmungssteigerung und Nutzereinbeziehung gehen mit den technischen Anwendungen einher. Die Notwendigkeit (temporäre oder permanente Installation, statisch oder mobil) und das verfolgte inhaltliche Vermittlungsziel sowie die Zielakteure (Alltagswelt, Planungswelt) sind die grundlegenden Parameter für die räumlichen Konzeptionen, in denen Planungs- und Entscheidungsassistenzsysteme zum Einsatz kommen können.

Der Gedanke einzelne Geräte in Serie oder wechselseitig informationsaustauschend zu «schalten», bildet viele Möglichkeiten, interaktive Visualisierungsinhalte in Arbeits- bzw. Präsentationsräumlichkeiten vorzustellen. Fortschreitende technologische Errungenschaften wie «Augmented Reality» (AR) geben auch Anregung interaktive Planung in die reale Planungsumgebung zu transportieren. Durch Überlegungen, Planungsinhalte der Alltagswelt für Stakeholder und Bürger veranschaulichen zu können, entstanden Ideen für neue Präsentationsumgebungen (vgl. Abb.6.22(a)+(c)) und neue Anwendungsfelder im öffentlichen Raum (6.22(b)).

Augmented Reality

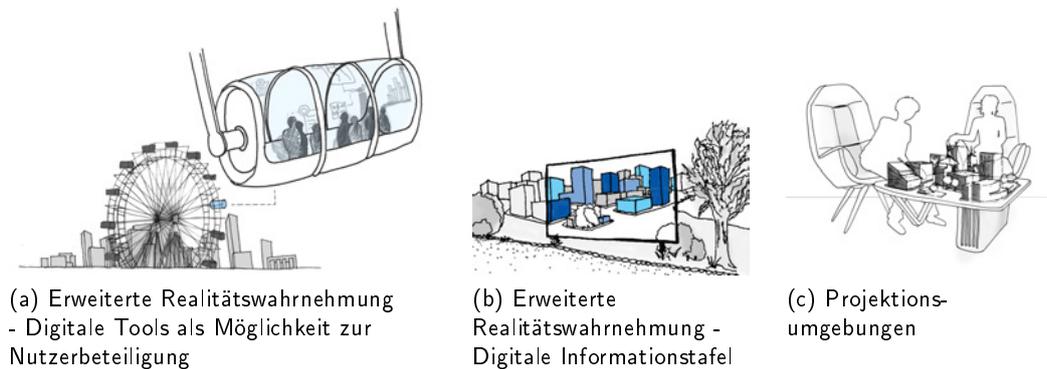


Abbildung 6.22.
Konzepte für
zukünftige
Planungsplattform-
konfigurationen
(Quelle: Eigene
Darstellungen)

6.6 Der Mehrwert der URBEM-Visualisierung

Die URBEM-Visualisierung ermöglicht durch ihre räumliche, interaktive Vermittlung von domänenübergreifenden Informationen ein interdisziplinäres Zusammenwirken in Planungs- und Entscheidungsprozessen. Durch ein Zusammenwirken unterschiedlicher Disziplinen entsteht domänenübergreifendes Wissen. Der Wissensaustausch über die eigene Disziplin hinaus ist ein interdisziplinärer Lernprozess, der die Grundlage für jede nachhaltige Energie-Raumplanung darstellt.

Die URBEM-Visualisierung ist ein Kommunikationswerkzeug. Der Austausch zwischen den teilnehmenden Akteuren in Prozessen (Planung, Entscheidung) kennt viele Wege der zwischenmenschlichen Auseinandersetzung. Die Visualisierung eröffnet daher einerseits einen Informationsaustausch von Angesicht zu Angesicht im direkten (Workshop, Meeting) oder digital gestützten Umfeld (Videotelefonie), andererseits erlaubt sie auch anonymisierte Kommunikationsformen (anonyme Textkommentare).

Allgemein betrachtet verhelfen planungsunterstützende Instrumente zur strukturierten Diskussion. Die digitale Stütze erleichtert diesbezüglich die Zuordnung (Person, Interessenvertretung), die Einordnung (zeitlich) und abrufbare Sicherung von Aussagen, Ideen und Meinungen. Gleichzeitig erleichtert eine Informationsvisualisierung einen effizienteren Erkenntnisaustausch. Netzwerkgestützt kann die visualisierungsbasierte Erkenntnisverbreitung rasch und gezielt geschehen. Dadurch eröffnen sich Informationen nicht nur einem breiteren Nutzerfeld, sondern oftmals auch anderen Anwendungsfeldern.

Die räumliche Informationsvisualisierung verspricht auf den ersten Blick die Informationsverortung und damit die detaillierte Informationszuweisung. Gleichzeitig entwickelt sich dadurch auch die Fähigkeit der Betrachtung von Informationen in unterschiedlichen Kontexten. Die kontextbezogene Betrachtung eröffnet besseres Verständnis und verhilft zu genaueren Analysen von Systemzusammenhängen. Die Möglichkeit Ideen und Strategien, in einer Testumgebung, verfolgen zu können, Anpassungen durchzuführen und mittels Ergebnissen die Eingaben zu reflektieren, erlaubt «exploratives Lernen».

Die räumliche Verbindung und Verknüpfung von Informationen bildet die Grundlage zur Abbildung eines «Gesamtsystems» (Bsp. Stadt, Region). Die digitale Interaktion ermöglicht die multiskalare Untersuchung dieses Systems. Dadurch erhält die Visualisierungsumgebung die Fähigkeit, einzelne Systemelemente und verschiedene Systeme insgesamt vergleichen zu können. Die Unterschiede, Vor- und Nachteile sowie Entwicklungen werden sichtbar und bestehende Lösungen finden neue Anwendungen.

Die große Stärke graphischer Darstellungen sowohl sichtbare als auch nicht-sichtbare Elemente abzubilden, spielt gerade bei komplexen Strukturen (Bsp. Städte) eine tragende Rolle. In räumlichen Visualisierungen können so stoffliche Änderungen und Bewegungen ihren Platz als Systemelemente einnehmen, lokalisiert und für unterschiedliche Planungsbeteiligte veranschaulicht werden. Ein Beispiel dafür sind die Auslastungen in elektrischen Leitungen (sh. Abb.6.15(e) und Abb.6.18), die durch eine Verortung und Anzeige in einer räumlichen Darstellung sichtbar gemacht werden können, in der Realität jedoch zumeist nicht sichtbare Objekte von unseren Versorgungsnetzwerken darstellen.

In Planungs- und Entscheidungsprozessen ist die URBEM-Visualisierung als Strukturgeber, durch den Planungs- und Steuerungsprozesse organisiert, angeleitet und repräsentiert werden, zu verstehen. Die Visualisierungsumgebung als Unterstützungssystem agiert in diesem Zusammenhang sowohl als «Spurgeber» als auch als «Pfadfinder».

Zusammengefasst ist die URBEM-Visualisierung Orientierungs- und Organisationshilfe für Akteure, Repräsentations- und Speichermedium (vgl. Kap.6.5), Impulsgeber (vgl. Kap.6.3.4), Operationsmittel, erlaubt individuelle Handlungen und erschließt interdisziplinäre Informationen, die ansonsten nicht so umfassend und ganzheitlich betrachtet werden könnten.

Systemgrenzen und weiterführende Ideen

Der URBEM-Visualisierungsprototyp lässt sich durch die Anwendung in Workshops und als Hilfestellung für den Austausch von (internen und externen) Experten als gelungener Versuch, unterschiedlichste Informationsinhalte zu verorten und graphisch zu interpretieren, feststellen. Als Werkzeug zur Benutzereingabe und Steuerung in dem Gesamtsystem URBEM lassen sich von Entwicklerseite jedoch auch Grenzen, die bei der weiteren Entwicklung von räumlichen Visualisierungen wichtige Lehrpfade sind, aufzeigen.

Die Systemgrenzen einer visuellen digitalen Darstellung sind gesetzmäßig an Soft- und Hardwaregrenzen geknüpft. Die Möglichkeiten simultaner Anzeigen hoher Objektzahlen gehen daher mit Rechner- bzw. Grafikleistung einher. Für kooperative Planungs- und Entscheidungsprozesse ist es zielführend, gewisse lokale Fokusse zu setzen. Das bedeutet für die Praxis die Darstellungsgebiete in ihrer räumlichen Ausdehnung, gemäß dem zu erarbeitenden Fokus, einzugrenzen.

Sollen Gebiete (Städte, Regionen) selbst untereinander vergleichbar gemacht werden, sind simultan verwendbare Darstellungsprozesse (mehrere Viewer) effektiv.(vgl. Abb. 6.20)

Grundsätzlich ist die Qualität einer räumlichen Visualisierung für die Benutzenden durch die visuelle Umsetzung und Informationsvisualisierung bestimmt. Da sich die URBEM-Visualisierung primär datenabhängig positioniert, basieren ihre Stärken vor allem auch auf den ihr zugrunde liegenden Berechnungsmodellen und deren intelligenter Verknüpfung.

Diese Kenntnis führt zu Überlegungen, ein «Network Workflow Management» zur Steuerung der Modellverknüpfungen untereinander und zur Visualisierung anzustreben. Besonders die graphischen Interpreter solcher Aufsätze erlauben eine einfache und zielorientierte Benutzersteuerung und flexibilisieren dadurch das gesamte System.(vgl. Kap.8.3)

Verbesserungspotentiale der Visualisierung zur Erhöhung der Flexibilität und zur Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten bietet auch der digitale Datenviewer selbst. Das digitale «Sichtfenster» generiert und stellt geometrische Objekte sowie graphische Elemente und Text dar. Das Darstellungsvermögen auf geometrischer Objektebene ist dabei von den unterstützten Formaten und eingebundenen Bibliotheken abhängig. Eine neue Generation des URBEM-Visualisierungsprototypen kann eine erweiterte Datenbankanbindung, die sowohl GIS basierte Datenbanken und Formate (Bsp. GeoJSON), digitale Kartendienste (Web-Mapping-Services) und CAD basierte Geometrien (Bsp. BIM) gleichermaßen ansteuern und implementieren kann, besitzen.

Der nächste Schritt in Bezug auf den bestehenden URBEM-Visualisierungsprototypen stellt die Entwicklung eines «Planungstestlaufes» dar. Dabei wird für eine definierte städtische Zone eine neue Bebauung in den bestehenden Strukturen simuliert und die Auswirkungen auf die bestehende Infrastruktur getestet. Dadurch können nicht nur bauliche Entwürfe multiskalar erkundet, sondern auch unterschiedliche Varianten (Bebauung, Netzausbau) erprobt werden. Für einen vermehrten Einsatz in den Planungsdisziplinen ist es zukunftsweisend, ein «Sim City Add On», das bauliche Eingriffe interaktiv zulässt, zu implementieren, um mögliche Auswirkungen schneller feststellen zu können.

Grundsätzlich ist die Benutzerfreundlichkeit der Schlüssel zu einem effektiven Einsatz und bestmöglichem Nutzen eines Planungsassistenzsystems. Die Verständlichkeit für Planungswelt und Alltagswelt gleichermaßen ist dabei ein entscheidender Faktor für eine interdisziplinäre Nutzbarkeit des Systems. In weiteren Entwicklungsschritten und zur Unterstützung nachhaltiger Energie-Raumplanung ist demnach zwischen erforderlichem domänenspezifischen Know-How und der Implementierung einfacher intuitiver Benutzung abzuwiegen.

7 Integrierte Energie-Raum-Planung

Kapitel 3.3.1 und 3.3.2 zeigen Berechnungsmethoden und Übersichten von theoretischen Flächenpotentialen zur städtischen Nachverdichtung auf. Nachfolgend wird exemplarisch, an einem Entwicklungsgebiet der Stadt Wien, die Überführung dieser theoretischen Potentiale in detaillierte manuelle Analysen hinsichtlich Bebauung und Energieversorgung, unter Berücksichtigung der bestehenden Infrastrukturen und prognostizierten gebäudebezogenen Energieverbräuchen, dargelegt. Dabei ist die URBEM-Visualisierung die Grundlage der interdisziplinären Untersuchungen.

Beschriebene Vorgehensweise gründet auf der Leitidee der vorliegenden Arbeit: Für eine zielorientierte Nachverdichtung in Wien und eine interdisziplinär gesteuerte Innenentwicklung ist ein schrittweiser, multiskalarer Analyseprozess notwendig. Dabei werden durch eine vorangehende Übersichtsgewinnung der Nachverdichtungspotentiale innerhalb der Stadt (vgl. Kap.3.3.1 und 3.3.2), «Hot Spots» für die Innenentwicklung definiert. Innerhalb von darauffolgenden Detailanalysen werden diese in «Planungstestläufen» mit Hilfe des URBEM-Visualisierungsprototypen erforscht werden.

Planungstestlauf

Durch die Einbettung in das digitale Planungstool wird die Erkundung möglicher Varianten für das Planungsgebiet erleichtert. Durch die visuelle Aufbereitung der Handlungsräume und die Darstellung potentieller Eingriffe (Bebauungsstrukturen, Bebauungstypen) eröffnen die interdisziplinären Untersuchungen innerhalb des Planungstestlaufes, neue Zugänge und erlauben daraus resultierende Maßnahmen bzw. Handlungen abzuleiten und festzulegen.

Zur Durchführung von Planungstestläufen wurde innerhalb des URBEM-Visualisierungsprototypen ein «Planungsmodus» implementiert. Diese Funktion dient der Untersuchung unterschiedlicher Entwicklungsvarianten an ausgewählten Standorten. Der Planungsmodus kennzeichnet sich für den Nutzenden mittels farbllichem Feedback (orange Färbung der Titelleiste; vgl. Abb.7.2 linke Titelleiste). Ist der Planungsmodus aktiviert, werden alle in der Visualisierung abrufbaren Kalkulationsergebnisse (soweit relevant) unter Berücksichtigung des Planungstestgebietes dargestellt. Neben den szenarienspezifischen Rahmenbedingungen (Bsp. URBEM-Szenarien) erlaubt diese Funktion eine Analyse zusätzlicher Untersuchungsvarianten (Bsp. Energieversorgung, öffentliche Anbindung, Bebauungstypen).

Planungsmodus

Um den Einsatz der Planungsumgebung des URBEM-Visualisierungsprototypen zu erproben, wird ein URBEM-Planungstestlauf im Stadtentwicklungsgebiet Wien Westbahnhof durchgeführt. Im Zuge dieses Planungstestlaufs werden für das Untersuchungsgebiet des Wiener Westbahnhofes einerseits Flächen, die teils durch vorangegangene Umwidmungen von Infrastrukturflächen der Bahn in «Gemischtes Baugebiet» und andererseits auch Flächen die derzeit noch der Bahninfrastruktur dienen, untersucht. Prototypisch wird dabei mit zwei Bebauungsvarianten entlang der Gleistrassen eine innerstädtische Verdichtung angestrebt.

Nachfolgend werden in Kapitel 7.1 die Basisinformationen des Stadtentwicklungsgebietes und die grundlegende visuelle Einbettung in den Planungsmodus vorgestellt. Dies ist für ein Nachvollziehbarkeit der Vorgangsweisen und Zielsetzungen, die im Planungstestlauf (vgl. Kap.7) beschrieben werden, notwendig. In Kapitel 7.3 werden daraufhin die innerhalb des Planungstestlaufes entwickelten Ergebnisse präsentiert und daraus resultierende weiterführende Überlegungen erörtert.

7.1 Stadtentwicklungsgebiet Westbahnhof

7.1.1 Geschichte und bisherige Entwicklungen

Geschichte des Westbahnhofs

Der Wiener Westbahnhof wurde 1858 mit zwei Hallengleisen in Betrieb genommen.(vgl. [89, p.18]) Durch starke Bombenschäden 1945 und nach der Umstellung der Österreichischen Staatsbahnen auf die Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) 1947 wurde der Bahnhof 1949 abgerissen und nach Plänen von Hartinger und Wönhart neu aufgebaut.(vgl. [89, p.22]) 1951 wurde der neue Westbahnhof (vgl. [89, p.22]), dessen Bahnhofshalle auch nach einem grundlegenden Um- und Erweiterungsbau 2014 noch heute den typischen Stil der Nachkriegsmoderne trägt, eröffnet. Die Abbildungen 7.1(a-c) zeigen die baulichen Entwicklungen des Bahnhofareals von 1938 bis heute.

Abbildung 7.1.
Luftbilder des Planungstestgebietes Westbahnhof
(Quelle: Open Data Wien [27])



(a) Luftbild 1938



(b) Luftbild 1956



(c) Luftbild 2014

Das Gebiet um den Wiener Westbahnhof hat sich durch die Erneuerung des Bahnhofgebäudes und der gesamten Infrastrukturpolitik der ÖBB ab 2014 grundlegend verändert. Die zahlreichen Gleistrassen, die für den internationalen Personen- und Güterverkehr notwendig waren sowie einige Infrastrukturgebäude der Bahn (Lagerhallen, Zugwaschanlagen) können, durch die Verlegung des internationalen Zugverkehrs an den Wiener Hauptbahnhof (vormals Wiener Südbahnhof), als potentielle Innenentwicklungspotentiale und Flächenreserven der Stadt herangezogen werden.

7.1.2 Planungsgrundlagen im Untersuchungsgebiet

Das untersuchte Innenentwicklungsgebiet entlang der Gleistrassen nahe dem Wiener Westbahnhof liegt im 15. Wiener Gemeindebezirk und bildet eine Querverbindung zwischen dem Wiener Mariahilfergürtel und der Schloßallee. Abbildung 7.2 gibt einen Überblick über die Lage des Gebietes innerhalb der Stadt und veranschaulicht gleichzeitig die Einbettung der Planungsumgebung des Planungstestlaufes in den URBEM-Visualisierungsprototypen.

Lage

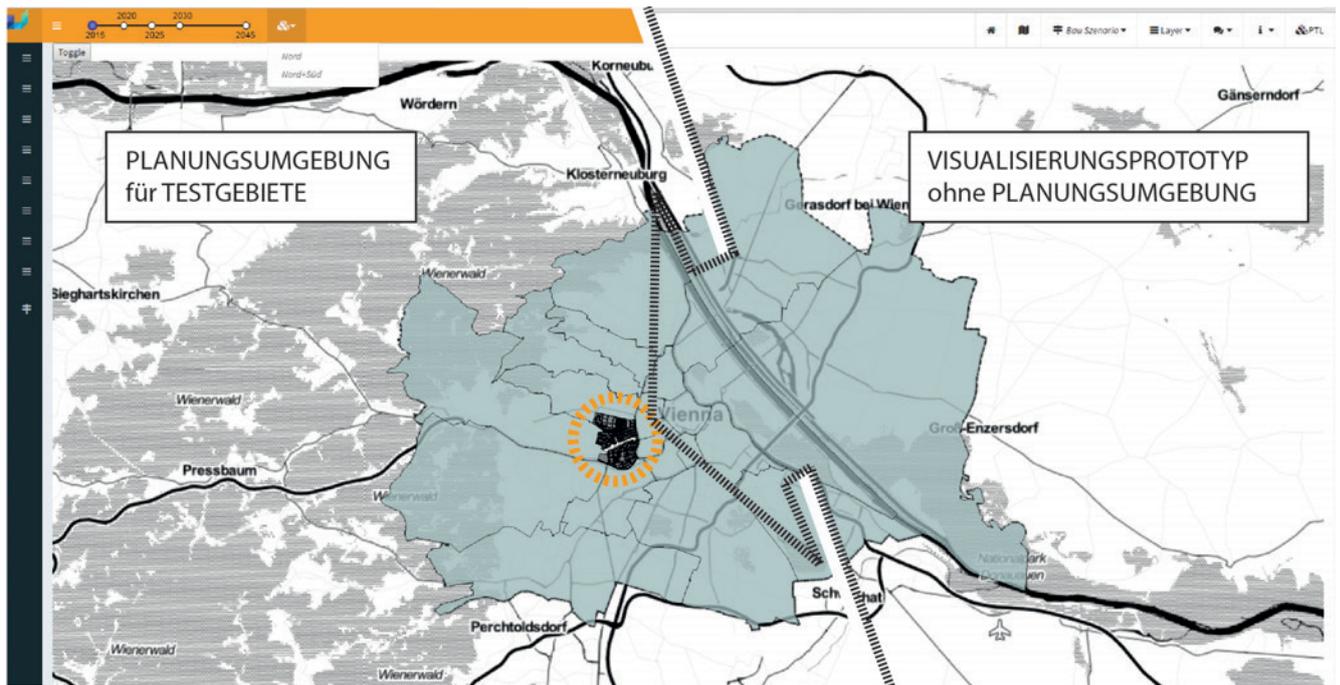


Abbildung 7.2. Planungstestlauf für das Gebiet des Wiener Westbahnhofes mit Hilfe der Planungsumgebung des URBEM-Visualisierungsprototypen (Quelle: Eigene Darstellung)

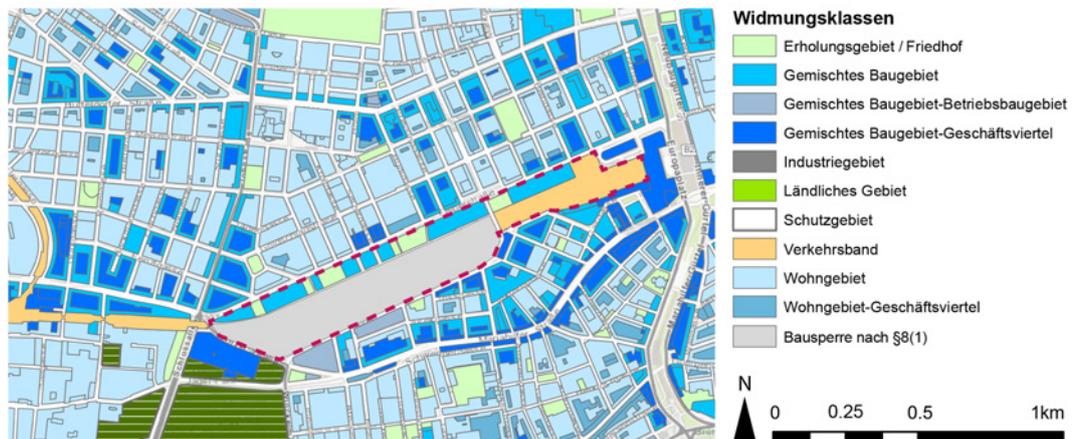
Die im Planungstestlauf Westbahnhof betrachteten Flächen (vgl. Abb. 7.3) sind vorwiegend als «gemischtes Baugebiet» gewidmet. Für das betrachtete Planungsgebiet südlich der Gleisanlagen ist momentan noch eine Bausperre nach §8(1)¹ im Flächenwidmungsplan eingetragen. Die Wiener Bauordnung bezieht sich in §8(1)¹ auf noch nicht erfasste Stadtgebiete, auf denen «bis zur Festsetzung dieser Pläne

Widmung

¹Wiener Bauordnung;
Stand: 21.08.2008

Bausperre»[90] besteht. Sofern die Entwicklungsvorhaben (Bebauung) «mit den gesetzlichen Zielen der Stadtplanung [...] unter Berücksichtigung des Baubestandes im betroffenen Stadtgebiet vereinbar sind»[90], sind für diese Gebiete Baubewilligungen nach §70¹ zu erteilen.

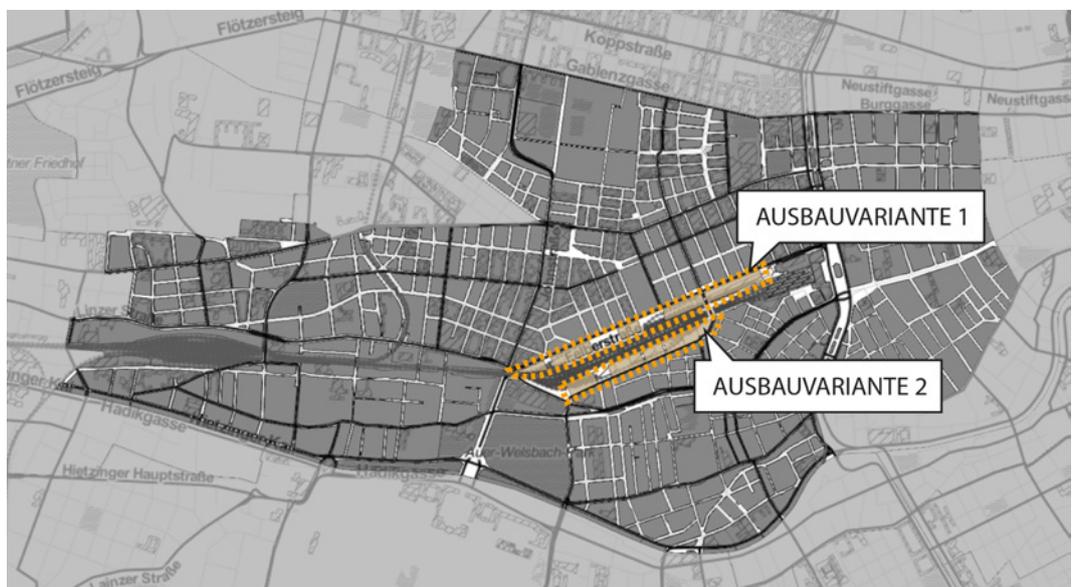
Abbildung 7.3.
Derzeitige Widmung für das Gebiet des Wiener Westbahnhofes
(Quelle: Eigene Darstellung)



Im Rahmen des Planungstestlaufes im Wiener Westbahnhofareal wird der Bereich von Europaplatz bis Linzer Straße betrachtet. Dabei werden für das Jahr 2020 zwei Ausbauvarianten erarbeitet. Ausbauvariante 1 bedient nur eine Bebauungsstruktur nordseitig der Bahntrasse und deren Versorgung. Ausbauvariante 2 sieht eine Bebauung des gesamten Gebietes, also an beiden Seiten der Gleisanlagen, vor. (vgl. Abb.7.4)

Ausbauvarianten

Abbildung 7.4.
Untersuchte Bebauungsvarianten ober und unterhalb der Gleisanlagen im Bereich des Entwicklungsgebietes Wiener Westbahnhof
(Quelle: Eigene Darstellung)



Die Spaltung in diese Ausbauvarianten wurde auf Basis des 2002 von den Österreichischen Bundesbahnen (ÖBB) und der Stadt Wien durchgeführten internationalen Wettbewerbsverfahren zur «Erlangung eines städtebaulichen Leitbildes [...] [als] Grundlage für den Flächenwidmungs- und Bebauungsplan der Stadt Wien»[91,

Wettbewerb Wien
Westbahnhof 2002

p.52] festgelegt. Abbildung 7.5 gibt einen Überblick der 2002 in dem Verfahren auszuarbeitenden Teilbereiche A bis D des Planungsgebietes. Die Teilgebiete B, C und D der Abbildung 7.5 aus dem Wettbewerbsverfahren stellen das Untersuchungsgebiet innerhalb des URBEM-Planungstestlaufes dar. Während der Um-, Zu- und Neubau der Wettbewerbsgebiete A1 bis A4 bereits 2011 fertiggestellt wurde, sind die Areale B bis E bis heute unangetastet geblieben. Die derzeitige Widmung (vgl. Abb.7.3) in den Bereichen B und C wurde am 15.12.2006 durch den Gemeinderat beschlossen. (vgl. Flächenwidmungs- und Bebauungsplan; Plandokument Nr.7630t2)

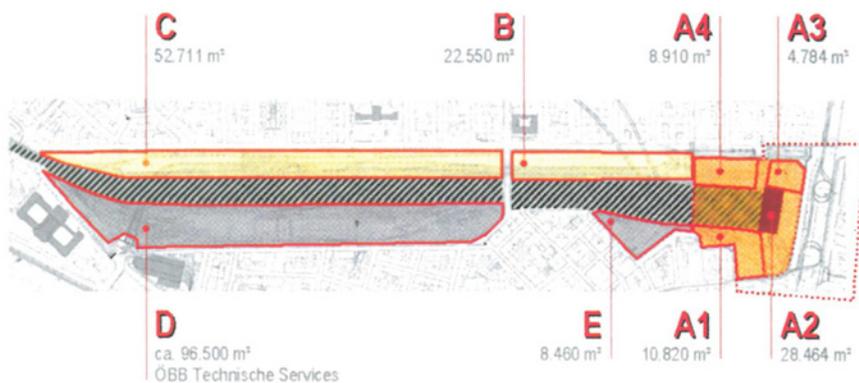


Abbildung 7.5.
Wettbewerb Wien Westbahnhof 2002
- Darstellung der Teilbereiche des Wettbewerbsverfahrens (Quelle: [91, p.55])

Die derzeitige Bebauung in den Teilbereichen B und C sind Lagerstätten und nur noch teilweise genutzte Logistikzentren. Im Planungsgebiet D sind noch in Verwendung stehende Einrichtungen der technischen Infrastruktur der ÖBB (Zugwaschanlagen, Lagerräume). Kurzfristig ist im Planungsgebiet D daher nicht von einer Umnutzung des Gebietes auszugehen. Ergebnis der Um-, Zu- und Neubauten der Bereiche A1 bis A4 ist die derzeitige Bahnhofscity Wien West, die heute als Regionalbahnhof, Bahnhof der privaten Bahngesellschaft Westbahn und Shoppingcenter genutzt wird.

Nutzung

7.1.3 Anbindung und Verbindung

Die geplanten Bauungen im Entwicklungsgebiet des Wiener Westbahnhofs werden nördlich der Gleise durch die Felberstraße und südlich der Gleise durch die Avedikstraße erschlossen. Die zentrale Lage und gute Erschließungsmöglichkeiten mit motorisiertem Individualverkehr (MIV), sowie die bestehende Infrastruktur von Bildungs- und Gesundheitseinrichtungen im benachbarten Bestand und vor allem auch die Nähe zu großen Grünflächen wie dem Auer Welsbach Park und der Parkanlage von Schönbrunn zeigen, dass eine Nachverdichtung bzw. eine zusätzliche Bebauung dieses Gebiets für die steigende Bevölkerung Wiens eine lebenswerte Option darstellt.

*Erschließung:
Motorisierter
Individualverkehr*

Das Planungstestgebiet um den Wiener Westbahnhof besitzt ostseitig (Bereich Bahnhof City Wien West) eine sehr gute Anbindung an den öffentlichen Verkehr (Ubahn Linien U3 und U6, sowie einige Straßenbahnlinien). Die Erreichbarkeit des Planungsgebietes mit öffentlichen Verkehrsmitteln sinkt mit zunehmender Entfernung zum Bahnhofsgebäude.

*Erschließung:
öffentlicher Verkehr*

Erschließung:
fußläufig

Abbildung 7.6 zeigt die Haltestellen (blaue Marker) von U-Bahn (U) sowie Straßenbahn und Bus (H). Die lila Markierung im Bereich des Bahnhofgebäudes weist jenen Radius aus, der in 5 Minuten Gehdistanz erreichbar ist (Distanz abgeleitet von Fahrplanauskunft Wiener Linien - vgl. [92]).

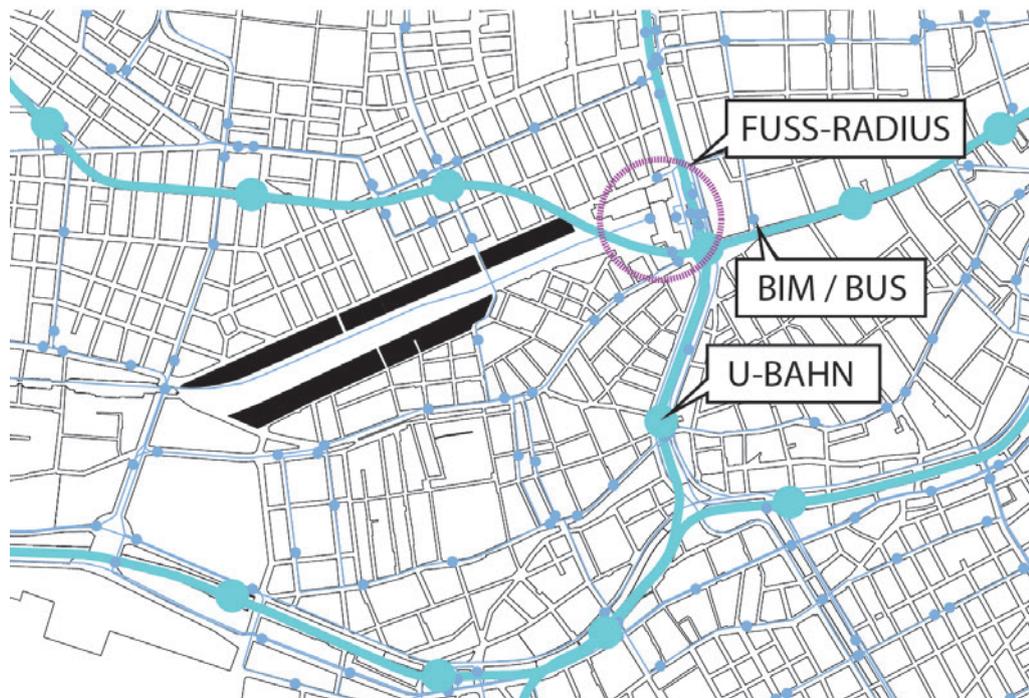


Abbildung 7.6.
Öffentliche
Verkehrsanbindung
im
Untersuchungsareal
Wien Westbahnhof
(Quelle: Eigene
Darstellung)

Die graphische Darstellung (vgl. Abb.7.6) zeigt auf, dass für eine nachhaltige Nachverdichtung in untersuchtem Planungsgebiet auch ein Verkehrskonzept für die öffentliche Erreichbarkeit unumgänglich ist. Das derzeitige Verkehrsnetz von Straßenbahn und Bus ist dabei gegebenenfalls zu adaptieren oder zu erweitern.

Erschließung: Fahrrad

Im großräumigen Gebiet des Planungsareals ist ein bestehendes Radwegenetz vorhanden, für eine zusätzliche Bebauung und deren Erschließung mit dem Fahrrad jedoch unzureichend. Die Erweiterung des bestehenden Radnetzes und Schaffung einer direkten Anbindung an das Planungsgebiet ist in jedem Fall in den Planungsprozess mit einzubeziehen.

Die Gleisanlagen des Zugverkehrs teilen das Planungsgebiet und den gesamten Bezirk und fungieren als eine bauliche Barriere. Die momentan einzigen Wegverbindungen vom nördlichen zum südlichen Teil des 15. Wiener Gemeindebezirkes sind die Schmelzbrücke und der nur fußläufig nutzbare Rustensteg. Werden die Flächenpotentiale auf beschriebenem Gebiet geplant, so ist die Verbindung der Bezirkshälften durch die Schaffung von Zusammenhängen der nördlichen und südlichen Planungsgebiete eine erstrebenswerte Zielsetzung. Vor allem eine Durchbrechung der durch die Gleiskörper gegeben Barriere mittels Fuß- und Radüberfahrten und deren frühzeitige Integration in die Bebauungsstruktur ist eine gute Möglichkeit der erweiterten sozialen Infrastrukturnutzung im Bestand.

7.2 URBEM-Planungstestlauf

Im Rahmen des URBEM-Planungstestlaufes Wien Westbahnhof werden mit Hilfe der Planungsumgebung im URBEM-Visualisierungsprototypen mögliche Bebauungs- und Versorgungsvarianten visuell aufgezeigt und darauf aufbauende Untersuchungen in Bezug auf die Energiebereitstellung (Strom und Wärme) sowie unterschiedliche Einflüsse und Auswirkungen auf die nähere und erweiterte Umgebung (gesamt Wien) erforscht.

7.2.1 Zielsetzung in Bezug auf das Planungstestgebiet Westbahnhof

Ausgehend von den in Kapitel 7.1.1 bis Kapitel 7.1.3 dargelegten Grundlagen sind im Rahmen des URBEM-Planungstestlaufs für das Stadtentwicklungsgebiet Wien Westbahnhof folgende Zielsetzungen festgelegt worden:

Das Gebiet entlang der Gleistrassen im Bereich des Wiener Westbahnhofes stellt eine Flächenreserve für die steigende Bevölkerung der Stadt Wien dar. Neben den sich derzeit in Entwicklung befindenden Bahnhofsarealen im Norden, Osten und Süden der Stadt, soll innerhalb des URBEM-Planungstestlaufs die Nutzung der Flächenreserven entlang der Gleisanlagen des Wiener Westbahnhofes untersucht werden.

Untersuchung des Gebietes als Flächenreserve

Die in dem Gebiet anzustrebende Bebauung soll eine gemischte Nutzung aufweisen. Die bestehenden sozialen (Bsp. Schulen) und technischen (Bsp. Versorgungsnetze) Infrastrukturen sind in allen Planungsüberlegungen zu berücksichtigen. Neue Infrastrukturen sollen bestmöglich eine Aufwertung für das gesamte Stadtgebiet darstellen. (Bsp. Grünflächen)

Gemischte Nutzungen und Verwendung bestehender Infrastrukturen

Die im Bereich der Erschließung bereits angeführten Problemsituationen (vgl. Kap.7.1.3), vor allem die «Brückenfunktion» zwischen den Bezirksteilen und die öffentlichen Anbindung des westlichen Untersuchungsgebietes, sind in alle Planungsüberlegungen miteinzubeziehen.

Erschließung

Diese Zielsetzungen geben grundlegende Untersuchungsrichtungen für den URBEM-Planungstestlauf vor. Zusätzlich weisen sie auch bereits auf Planungsprobleme, für die in einem späteren Planungsverfahren Handlungen festgesetzt werden müssen, hin.

7.2.2 Planungsprozessablauf und der Informationsfluss zwischen den Disziplinen

Der URBEM-Planungstestlauf versucht die linearen, top-down Stadtentwicklungsprozesse durch «reaktive», multiskalare und interdisziplinäre Planung abzulösen. Die Schemaskizze in Abbildung 7.7 zeigt den angestrebten «ringwirksamen» Planungsprozess. Jedes Quadrat stellt dabei einen Planungsschritt und damit auch eine disziplinäre Abhängigkeit dar. Die angestrebte Prozessablaufstrategie zielt auf eine intensivere Betrachtungsweise der Energieversorgung von Stadtentwicklungen und besonders von noch un bebauten Stadtentwicklungsgebieten ab. Die Idee basiert auf den Überlegungen des Wechselwirkungsprinzipes (vgl. 4.4), das in Abbildung 4.6 das Zusammenspiel der einzelnen Planungsakteure veranschaulicht. Der Planungs- bzw. Untersuchungsprozess läuft dabei interdisziplinär und kooperativ ab.

Abbildung 7.7.
Schemaskizze
des im URBEM-
Planungstestlauf
angewandten
Planungsprozesses
(Quelle: Eigene
Darstellung)



Der grundlegende Ablauf zur Planung neuer Stadtgebiete ist die Entwicklung eines städtebaulichen Masterplanes, der beispielsweise durch ein städtebauliches Wettbewerbsverfahren entsteht. Dieser Masterplan bildet für das Planungsgebiet die Grundlage für alle nachfolgenden, detaillierteren Planungen. Er schafft die Richtlinien, die in weiterer Folge Flächenwidmungen festlegen. Die Bebauungskonzepte der im Masterplan ausgewiesenen Baufelder werden in einem weiteren Planungsabschnitt zumeist durch Architekturwettbewerbsverfahren entwickelt. Die Art der Energiebereitstellung ist dabei zumeist durch die Geldgeber (Investoren, Bauträger usw.) definiert und bestimmt damit auch die notwendigen Versorgungsleitungen. Ökonomische Interessen der Investoren und ökologische Bestrebungen von öffentlicher Seite sind dabei nicht immer kongruent in Bezug auf die Energieversorgung. Das Streben nach der Erfüllung der Klimaschutzziele verfolgt eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes (Bsp. EU 20/20 Ziele). Die Verwendung von Gas zur Wärmegewinnung soll daher in den nächsten Jahren drastisch reduziert werden. Aus volkswirtschaftlicher Sicht soll jedoch vor allem der Ausbau unterschiedlicher Infrastrukturen zur Wärmegewinnung, wie derzeit in Wien oftmals durch Fernwärme und Gasnetz in einem Gebiet der Fall, verhindert werden. Denn der Ausbau von mehreren Versorgungsnetzen innerhalb eines Gebietes mit gleichem Versorgungszweck verursacht Mehrkosten im Bau und in der Erhaltung der Netzinfrastruktur.

Abbildung 7.8 zeigt die einzelnen Prozesse und deren Zusammenhänge während der Planung neuer Stadtentwicklungsgebiete diagrammatisch auf und veranschaulicht mit den farblich dargestellten Rückkoppelungen den verfolgten Ansatz innerhalb des URBEM-Planungstestlaufes. Ziel dieser Rückkoppelungen ist ein Vortasten an eine Prozessablaufveränderung, um die frühzeitige Planung und nachhaltige Bereitstellung von Energie in der Stadtentwicklung mit der Berücksichtigung von Klimaschutzmaßnahmen zu gewährleisten.

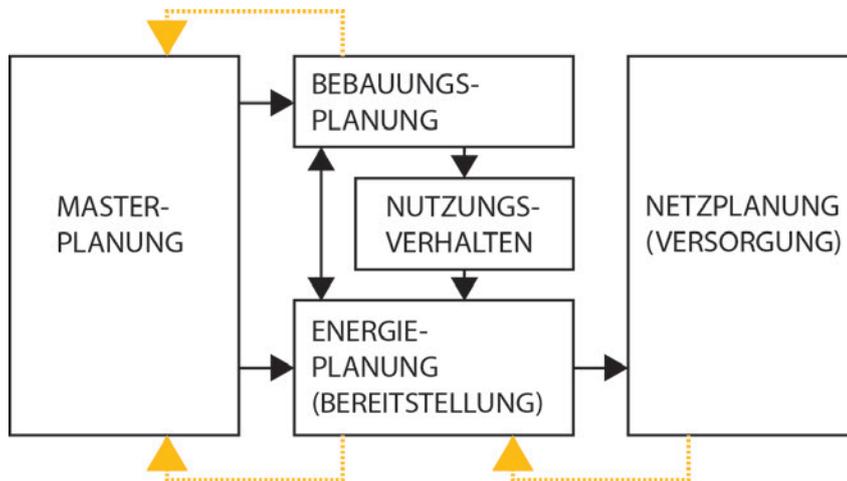


Abbildung 7.8.
Diagramm der Planungsabschnitte zur Entwicklung von Stadtgebieten (Quelle: Eigene Darstellung)

Der beschriebene Planungsprozess beim URBEM-Planungstestlauf wurde mit der Erstellung eines Masterplanes für das Gebiet des Wiener Westbahnhofes begonnen. Dieser beinhaltet neben den grundlegenden Annahmen zu Widmung, Erschließung und einem Energiebereitstellungskonzept, das Strom, Gas, Fernwärme, PV und thermische Speicher umfasst, auch ausgewiesene Erholungs- und Grünräume sowie deren Nutzungskonzept (öffentlich zugänglich, halböffentlich, privat). Die Grundannahmen basieren auf einem städtebaulichen Entwurf der Verfasserin der vorliegenden Arbeit. Abbildung 7.9 liefert diesbezüglich einen Überblick. Der Entwurf wurde wie dargestellt gewählt, um ein möglichst großes Spektrum an Bebauungsvarianten und architektonischen Lösungen zuzulassen. Auf dieser Basis können Konzepte für die Bebauung (Architekturkonzepte) erstellt werden. Die im Masterplan 7.9 rot eingetragene Bebauung stellt ein solches Konzept dar. Die Energiebereitstellung für dieses Bebauungskonzept wird nicht vorab definiert sondern wird mittels Simulationsprozessen und der Erprobung unterschiedlicher Versorgungsvarianten kalkuliert. Die dafür notwendigen Netzsimulationen werden im Bereich Stromnetze durch Thomas Kaufmann (vgl. [93]) und in den Bereichen Gas und Fernwärme durch Dominik Bothe (vgl. [94]) durchgeführt. Alle Annahmen und Ergebnisse werden mittels URBEM-Visualisierungsprototyp für Entscheidungsträger visuell bereitgestellt.

Abbildung 7.9.
 Masterplan für das
 URBEM-Planungs-
 testgebiet Wien
 Westbahnhof
 (Quelle: Eigene
 Darstellung)



7.2.3 Kalkulations- und Simulationsgrundlagen

Um innerhalb eines Planungstestlaufes interdisziplinäre Untersuchungen durchführen, aussagekräftige Ergebnisse erzielen und diese mittels URBEM-Visualisierungsprototypen graphisch darstellen zu können, müssen grundsätzliche Annahmen für Bebauung, Nutzung und die Einbettung in die allgemeinen Rahmenbedingungen von URBEM (URBEM-Szenarien) getroffen werden.

Angelehnt an die Bebauungsstrukturen der direkten Umgebung des URBEM-Planungstestgebietes und hinsichtlich einer wirtschaftlichen Umsetzbarkeit (Bsp. ökonomischen Grundstücksausnutzung für Bauträger) werden in dem Masterplan (vgl. Abb. 7.9) siebengeschossige Blockbebauungen in der Bauklasse IV (vgl. Wiener Bauklassen Kap. 3.2.1) durch die Verfasserin der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an benachbarte Bebauungshöhen mit einer damit festgesetzten maximalen Traufhöhe von 21m festgelegt. Im nördlichen Bereich der Gleisanlagen ist diese Annahme ab dem Niveau der Felberstraße (vgl. Abb. 7.10) zu sehen und stellt somit erweiterte Möglichkeiten für bis zu 3 Kellergeschosse. Diese Kellergeschosse dienen sowohl den Anforderungen der Wiener Bauordnung in Bezug auf die erforderlichen Nebenräume in Wohnbauten (BA), als auch den im Wiener Garagengesetz §50(1) geforderten Stellplatz pro errichteter

Wohnung unterzubringen.(Stand: 2008 / WGarG 2008) Abbildung 7.10 zeigt einen Querschnitt durch die Gleisanlagen und zeigt den Verlauf der künstlichen Gleisplateaus und den dadurch entstehenden Geländesprung zur Felberstraße. Die Darstellung skizziert auch die lt. Wiener Bauordnung möglichen Bebauungsvolumen (punktiert eingetragen) in der Bauklasse IV.

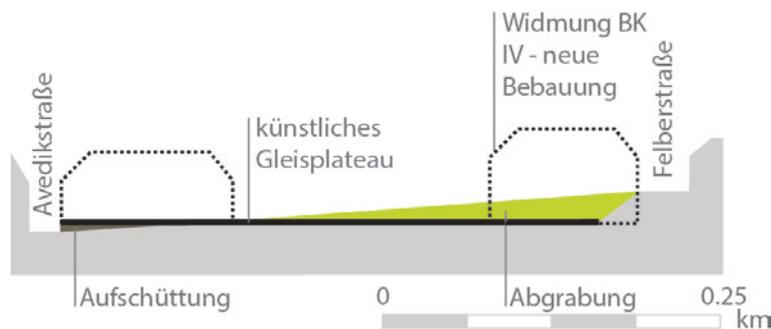


Abbildung 7.10.
Kalkulations-
und Simulations-
grundannahmen
für den
URBEM-Planungstest-
lauf - Querschnitt
der Gleisanlagen
(Quelle: Eigene
Darstellung)

Entlang der nördlich und südlich der Gleistrassen als Simulationsgrundlage festgelegten Baublöcke ist die Umsetzung unterschiedlicher Bebauungsstrukturen möglich. Das im Masterplan (vgl. Abb.7.9) erarbeitete Bebauungskonzept gibt einen Überblick des URBEM-Planungstestgebietes mit geschlossenen Hofbebauungen. Diese sind als konzeptuelle Anlehnung an die gründerzeitlichen Baustrukturen der Umgebung platziert und dienen als erste Analysegrundlagen.

Neben der geschlossenen Bebauungsstruktur zeigt Abbildung 7.11 die Kalkulationsgrundlagen der innerhalb des URBEM-Planungstestlaufs simulierten Versorgungsnetze Strom, Gas und Fernwärme. Die dargestellten Versorgungsstationen und -leitungen sind als Ergänzung der bestehenden Netze konzipiert.

Zur Kalkulation des Energiebedarfs der geplanten Bebauungsstrukturen wurde eine Mischnutzung von Büro und Wohnen festgelegt. Die Annahmen diesbezüglich sind zwei zur gewerblichen Nutzung vorgesehene Geschosse und fünf reine Wohngeschosse.

Die in diesem Kapitel genannten Annahmen sind die Grundlage der Netzsimulationen für das Planungstestgebiet. Die Netzsimulationen des URBEM-Planungstestlaufs beschränken sich dabei auf die Kalkulation- und Simulation von Ergebnissen innerhalb der Rahmenbedingungen des BAU-Szenarios.(vgl. Abb.1.2)



7.3 Ergebnisse des URBEM-Planungstestlaufes

Innerhalb einer Zusammenkunft der URBEM-Domänenexperten wurden für das Stadtentwicklungsgebiet Wien Westbahnhof die verschiedenen Ergebnisse des URBEM-Planungstestlaufes visuell analysiert und für die fachfremden Kollegen erläutert. In den nachfolgenden Kapiteln 7.3.1 und 7.3.2 werden diese Erläuterungen zusammengefasst und die Ergebnisse im URBEM-Visualisierungsprototypen dargestellt. Anschließend werden gemeinsam Schlussfolgerungen aus den innerhalb des Treffens geführten Gesprächen kurz formuliert.

7.3.1 Betrachtung unterschiedlicher Versorgungsvarianten

Auf Basis von Berechnungsergebnissen für die Energienutzung im untersuchten Stadtentwicklungsgebiet Wien Westbahnhof wurden im URBEM-Planungstestlauf Analysen unter rein technischer Betrachtung der Versorgungsvarianten durchgeführt. Abbildung 7.12 gibt einen Überblick der dafür notwendigen Informationsflüsse

und zeigt gleichzeitig die an der Untersuchung beteiligten Disziplinen auf. Die Basis für die Netzsimulationen der unterschiedlichen Versorgungsvarianten bilden die Berechnungsergebnisse von Sara Fritz (vgl.[95]). In die dafür erstellten Berechnungsmodelle fließen die durch Manuel Ziegler erstellten Lastprofile für vergleichbare Gebäude ein.(vgl. [96]) Diese Lastkurven berücksichtigen das Nutzerverhalten, das mittels Analysen des milieusbezogenen (Sinus Milieus), energetischen Konsumverhaltens von Nadine Haufe (vgl. [97]) einfließt.

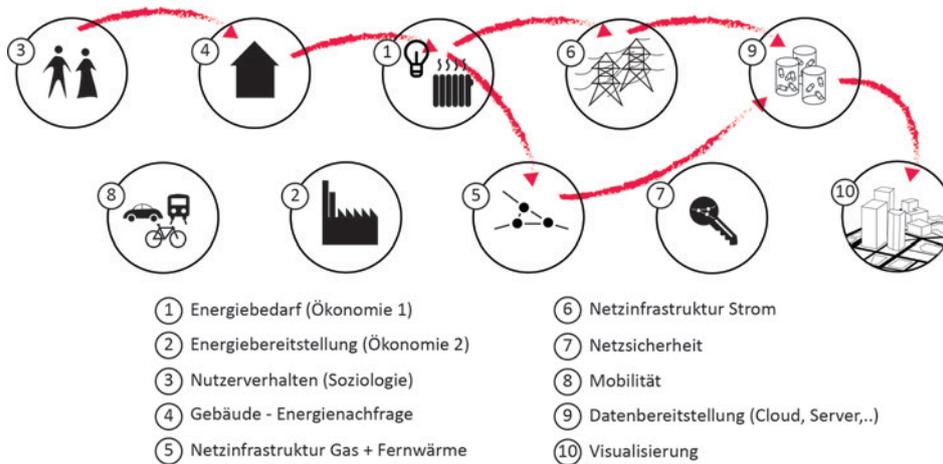


Abbildung 7.12. Informationsfluss im URBEM-Planungstestlauf zur Untersuchung unterschiedlicher Versorgungsvarianten; (Quelle: Eigene Darstellung)

Ausgehend von den Gebäuden in den Baublöcken mit deren Energieverbräuchen und Solarpotentialen werden verschiedene Versorgungsmöglichkeiten des Stadterweiterungsgebiets anhand von vorgegebenen Netzausbauvarianten gegenübergestellt. Im Zuge des URBEM-Planungstestlaufes für das Stadtentwicklungsgebiet Wien Westbahnhof wurden nachfolgende Energieversorgungsvarianten für Strom und Wärme untersucht und Netzsimulationen für die Jahre 2015, 2030 und 2045 durchgeführt:

- Strom zur Bereitstellung von Strom und Wärme
- Strom zur Bereitstellung von Strom und Fernwärme für die Bereitstellung der Wärme
- Strom zur Bereitstellung von Strom und Gas für die Bereitstellung der Wärme
- Strom zur Bereitstellung von Strom und thermische Speicher für die Bereitstellung der Wärme
- Strom zur Bereitstellung von Strom und Photovoltaik-Anlagen für die Bereitstellung der Wärme
- Strom zur Bereitstellung von Strom und eine Kombination aus Photovoltaik und thermischen Speichern für die Bereitstellung der Wärme

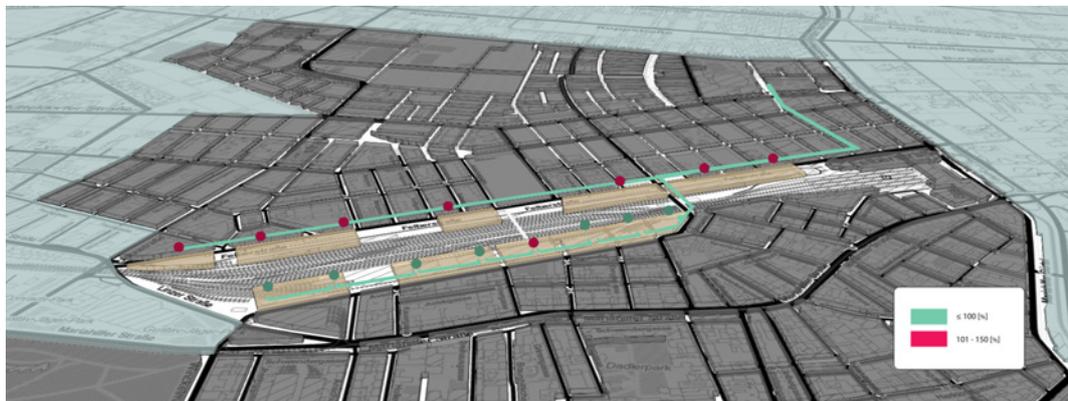
Tabelle 7.1 zeigt die Ergebnisse der Berechnungsmodelle für die unterschiedlichen Versorgungsvarianten von Thomas Kaufmann (vgl.[93]) und Dominik Bothe (vgl. [94]).

Tabelle 7.1.
 Untersuchte Versorgungsvarianten im URBEM-Planungstestlauf für das Gebiet des Wiener Westbahnhofs

Versorgungsart	2015	2030	2045
nur Strom	✗	✗	✗
Strom + Fernwärme	✓	✓	✗
Strom + Gas	✓	✓	✗
Strom + thermische Speicher	✓	✓	✓
Strom + PV	-	✗	✗
Strom + PV + thermische Speicher	-	✓	✓

Verzichtet man auf den Ausbau von Fernwärme und Gas in diesem Bereich und wählt eine rein elektrische Versorgung ohne die Verwendung von Speichertechnologien so wird in Abbildung 7.13 ersichtlich, dass mit der vorgegebenen Netzausbauvariante kein zulässiger Betrieb möglich ist. Hinweis geben die rötlich gefärbten Trafostationen, deren Auslastung über 100% liegt.

Abbildung 7.13.
 Die Auslastungen von Stationen und Leitungen im Stromnetz auf Baublockebene (Quelle: Eigene Darstellung)



Wird zusätzlich zum Stromnetz, Fernwärme oder Gas im Erweiterungsgebiet ausgebaut, entsteht eine gültige Versorgungsvariante. Abbildung 7.14 zeigt die Versorgung des Stadtentwicklungsgebietes mit Strom und Fernwärme. Die Auslastungen der Betriebsmittel für die dargestellten Versorgungsnetze befinden sich durchgehend im gültigen Bereich. (vgl. auch Legende Abb. 7.13).

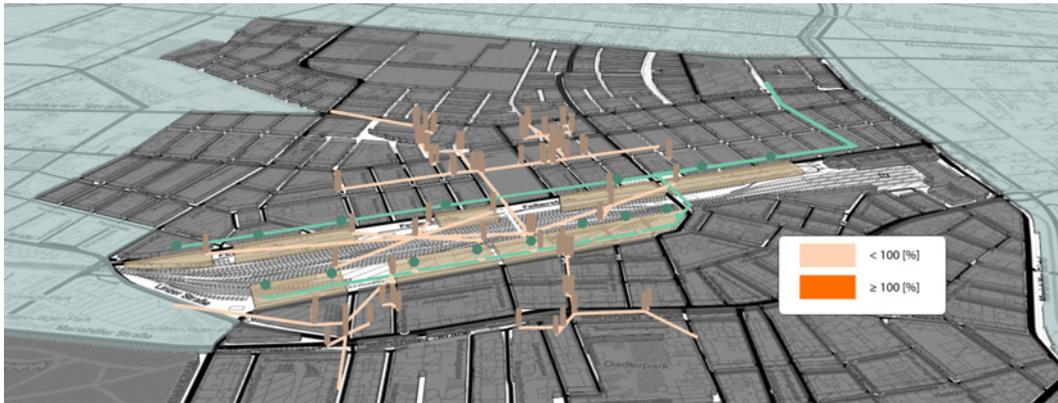


Abbildung 7.14. Die Auslastungen von Stationen und Leitungen im Stromnetz in Kombination mit der Wärmeversorgung des Gebietes mit Fernwärme auf Baublockebene (Quelle: Eigene Darstellung)

Eine weitere Möglichkeit zur Versorgung des Testplanungsgebiets stellt die Verwendung des Stromnetzes in Kombination mit Photovoltaikanlagen und Speichern dar. Durch den Einsatz dieser wird eine rein elektrische Versorgung des Stadterweiterungsgebiets ermöglicht. Abbildung 7.15 zeigt diese Versorgungsvariante.

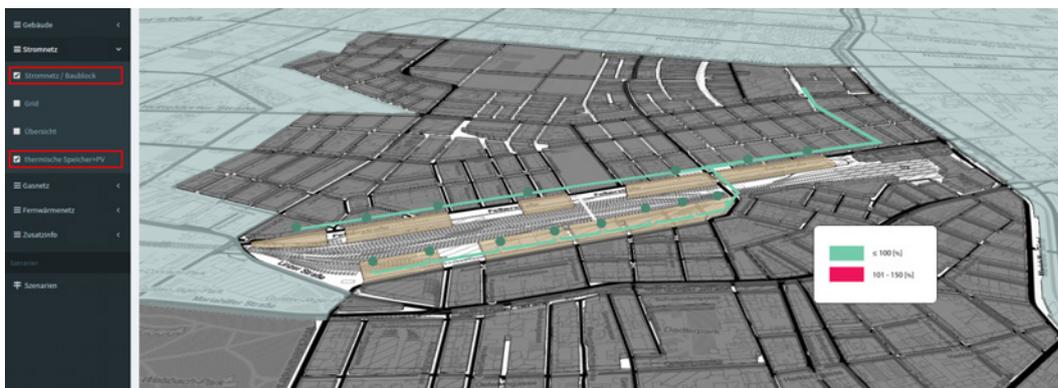


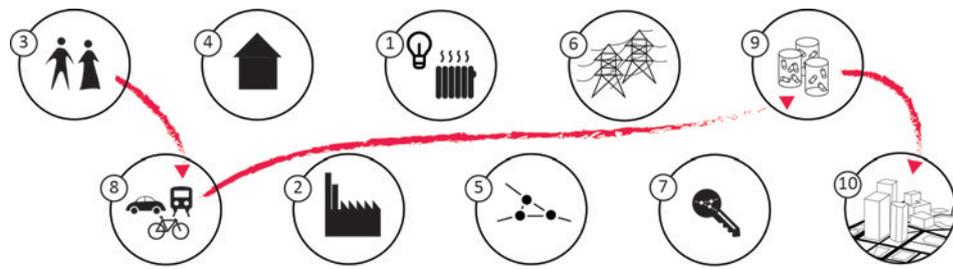
Abbildung 7.15. Die Auslastungen von Stationen und Leitungen im Stromnetz in Kombination mit Photovoltaikanlagen und Speichern auf Baublockebene (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Untersuchung unterschiedlicher Versorgungsvarianten im Rahmen des URBEM-Planungstestlaufes hat gezeigt, dass eine gemeinsame Betrachtung der Energieversorgungsnetze neue Möglichkeiten zur Flexibilisierung der Planung in zukünftig entstehenden Stadterweiterungsgebieten eröffnet. Die Betrachtung unterschiedlicher Energieträger kann dabei als einzuhaltende Grundlage für ein Stadtgebiet und alle darin ausgewiesenen Bauplätze festgesetzt werden. Solche Festlegungen zur Wärmeversorgung können dadurch bereits strategisch in Wettbewerbsverfahren einfließen und somit als Anforderungen an die Bauträger gestellt werden. Dem Bauträger obliegt daraufhin die Wahl einer geeigneten Speichertechnologie und die damit verbundenen baulichen Aufwendungen. Dies führt wiederum zu einer Dezentralisierung der Energieversorgung.

7.3.2 Öffentliche Anbindung

Auf Basis eines Verkehrsmodellierungsmodells (MARS vgl.[98]) kann Auskunft über die verkehrstechnische Erschließung des Stadtentwicklungsgebietes, sowie die Verteilung der einzelnen Anteile an verwendeten Verkehrsmitteln (Modal Split) ermittelt werden. Abbildung 7.16 gibt einen Überblick über die Einbindung der Modellergebnisse und notwendigen Informationsflüsse im URBEM-Planungstestlauf. Dabei werden Informationen zu milieubezogenem Verkehrsverhalten (vgl. [97]) in das Verkehrsmodell MARS gespeist und die Simulationsdaten an die Visualisierungsumgebung weitergegeben.

Abbildung 7.16.
Informationsfluss im
URBEM-Planungs-
testlauf zur
Untersuchung der
verkehrstechnischen
Erschließung;
Legende vgl.
Abb.7.12 (Quelle:
Eigene Darstellung)



Ziel der Einbindung und visuellen Analyse der Verkehrsmodelldaten in den URBEM-Planungstestlauf ist die Abschätzung und Entwicklung von städtebaulichen Zielen in Bezug auf die verkehrstechnische Erschließung und Einbindung neuer Gebäudestrukturen in den Bestand. Gewünschte Entwicklungen im Sinne einer nachhaltigen Verkehrsmittelwahl können dadurch unterstützt und gefestigt werden. Dadurch kann auch auf die derzeitige Bevölkerungszusammensetzung sowie auf die vertretenen sozialen Milieus im direkten Anschluss an das Stadtentwicklungsgebiet Rücksicht genommen werden.

Das Planungsgebiet Westbahnhof verfügt über eine sehr gute Anbindung an das Netz des öffentlichen Verkehrs. Im Umkreis von 300 Metern stehen 2 U-Bahn-Linien, 7 Bus- und Straßenbahnlinien sowie mehrere Fernbusse, Regional- und Schnellzüge zur Verfügung. Das Verkehrsmodell MARS zeigt auf, dass der Anteil des Umweltverbands aus zu Fuß gehen, Radfahren und öffentlichem Verkehr im 15. Wiener Gemeindebezirk mit über 80% sehr hoch ist. (vgl. Abb.7.17 Modal Split 2015) Gründe dafür sind neben der guten Anbindung an das ÖV-Netz vor allem die hohe Dichte und der niedrige Motorisierungsgrad.

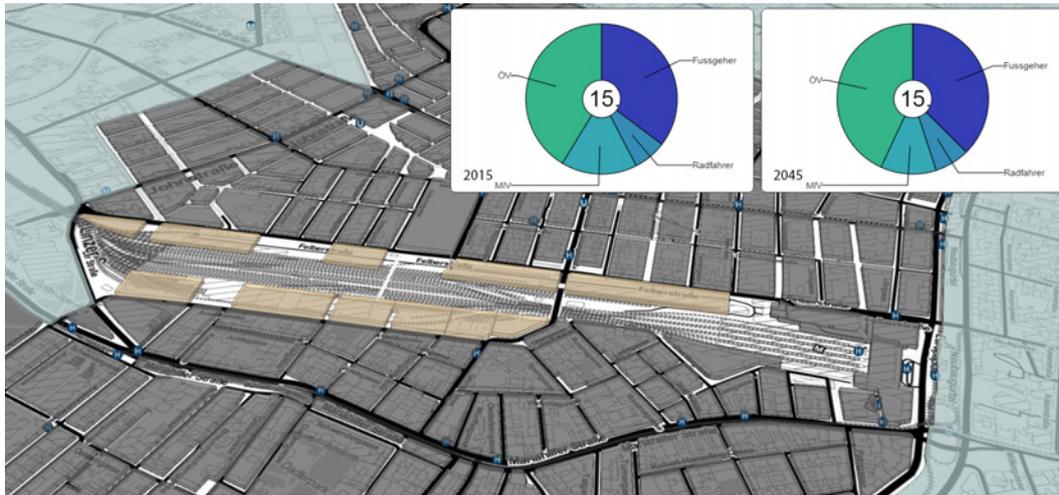


Abbildung 7.17. Anteil an Reisenden nach Verkehrsmitteln (Modale Split) für den 15. Bezirk für 2015 und die Prognose für 2045 (Quelle: Eigene Darstellung)

Abbildung 7.18 zeigt den Vergleich zu allen übrigen Wiener Gemeindebezirken. Prognosen des Verkehrsmodells MARS (vgl. [98]) lassen erkennen, dass bei einer Fortsetzung der heutigen Verkehrspolitik die Bedeutung des Umweltverbunds bis 2045 weiter zunehmen wird.(vgl. Abb.7.17)

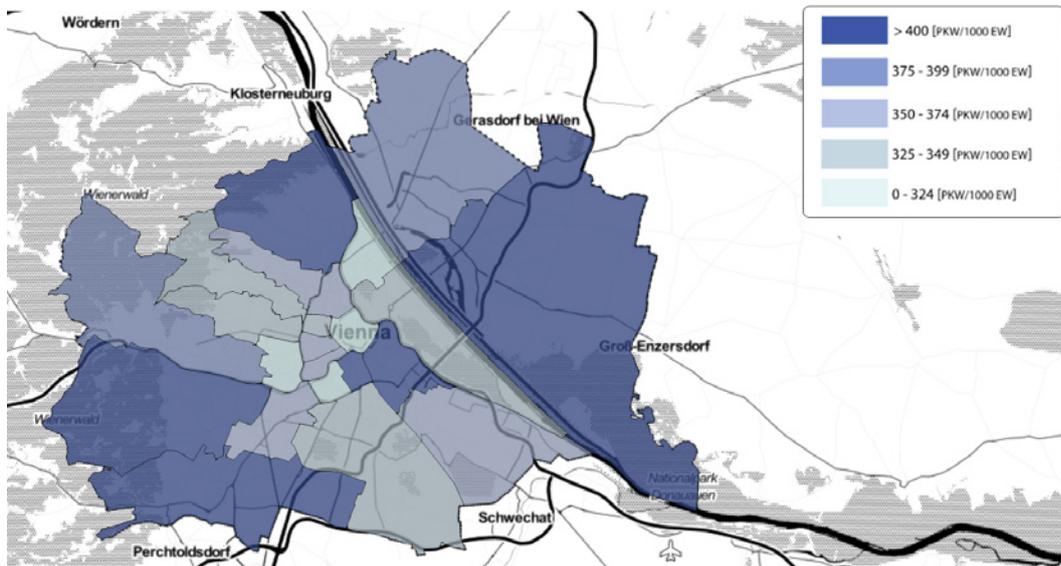
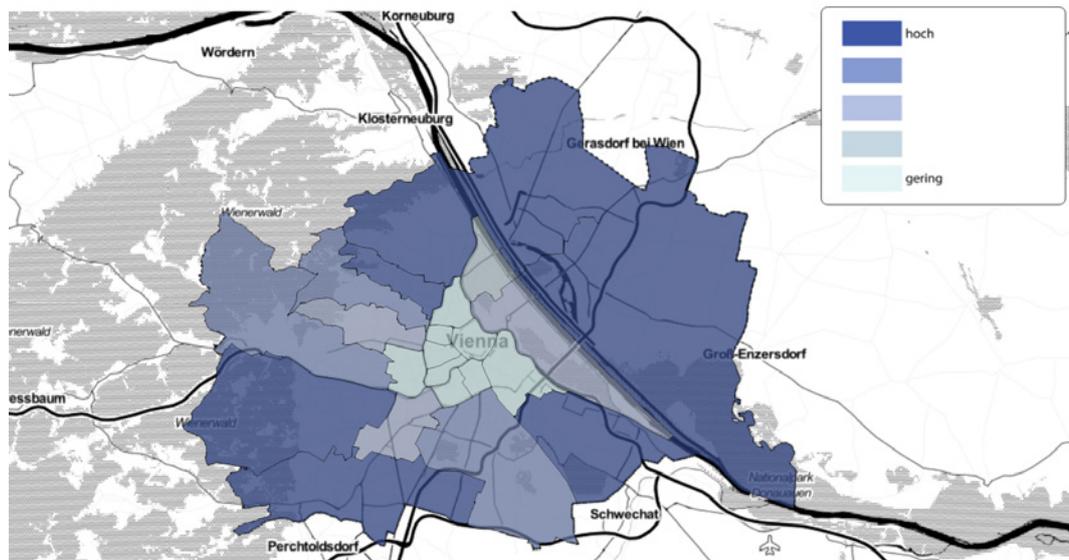


Abbildung 7.18. Motorisierungsgrad der Wiener Gemeindebezirke im Vergleich (Quelle: Eigene Darstellung)

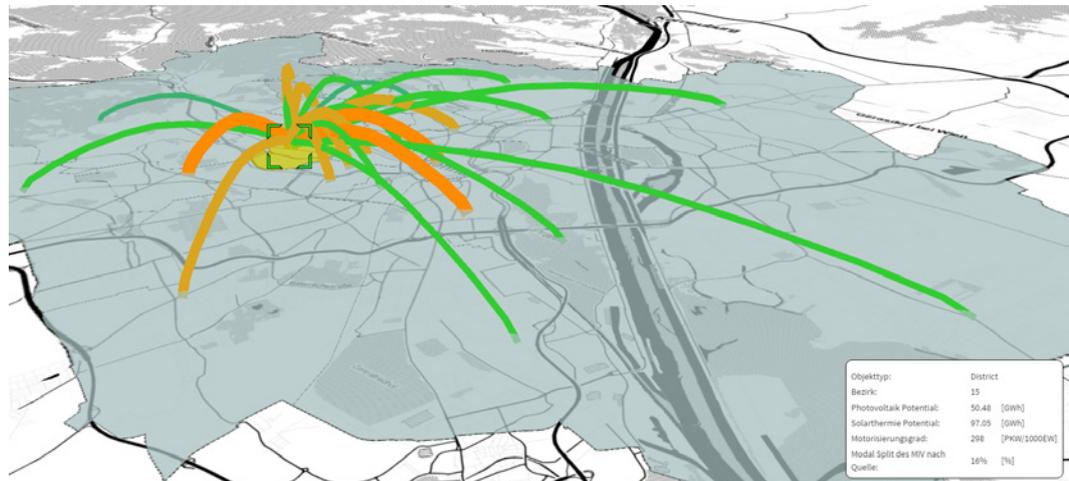
Unter allen Bezirken außerhalb des Gürtels weist der 15. Bezirk den niedrigsten Anteil an Pkw-Verkehr auf. Nur innerhalb des Gürtels wird der Pkw teilweise noch seltener genutzt.(vgl. Abb.7.19)

Abbildung 7.19.
 Anteil des mobilen Individualverkehrs im Bezirksvergleich
 (Quelle: Eigene Darstellung)



Wichtige Ziele für die Einwohnerinnen und Einwohner des 15. Bezirks sind unter anderem die Innenstadtbezirke 1 bis 3. Mehr als 70% der Wege dorthin werden mit dem öffentlichen Verkehr zurückgelegt. (vgl. Abb.7.20)

Abbildung 7.20.
 Darstellung der Verkehrsflüsse aus dem 15. Bezirk in andere Wiener Gemeindebezirke. Durchmesser und steigender Rotanteil der Bewegungskurven ist dabei Indikator für höhere Verkehrsmengen
 (Quelle: Eigene Darstellung)



Zusammenfassend können die Tendenzen der Bevölkerung des 15. Bezirkes von Wien, vorwiegend Verkehrsmittel des Umweltverbundes zu wählen, ein erstrebenswertes und weiterzuführendes Ziel für das neue Stadtentwicklungsgebiet Wien Westbahnhof darstellen. Dabei kann die bestehende Erschließung mit dem öffentlichen Verkehr weiter ausgebaut (Bsp. Umlenkung bestehender Straßenbahn und Buslinien) sowie das bestehende Radnetz der durch die Gleisanlagen getrennten Bezirksbereiche, durch eine kontrollierte Einbindung in die neuen Bebauungsstrukturen verdichtet werden. Die neue Bebauung stellt diesbezüglich eine «Brückenfunktion» für den fußläufigen Verkehr und den Radverkehr dar. Planungsrechtliche Bestimmungen, wie die vorgeschriebene Errichtung von einem Stellplatz pro Wohnung (vgl. §50(1) Wiener

Garagengesetz 2008 Stand 31.12.2013) bei Neubauten, sind für die Erreichung dieser Ziele mittels Stellplatzregulativ anzupassen und bestenfalls nur in einem Umfang für mobilitätseingeschränkte Personen zu berücksichtigen.

7.4 Fazit des URBEM-Planungstestlaufes

Der Planungstestlauf zeigt, dass die Zuhilfenahme digitaler Hilfsmittel keinesfalls zu einer Automatisierung von Planungen führt, sondern ein nützliches Werkzeug für komplexe Planungsaufgaben darstellt. Darüber hinaus hat der Planungstestlauf aufgezeigt, dass die beteiligten Akteure (Innerhalb des URBEM-Planungstestlaufes waren das Vertreter der Disziplinen Mobilität, Thermodynamik, Elektrische Anlagen, Energienachfrage und Bereitstellung, Stadtplanung und Architektur) in Planungsprozessen die wichtigsten Bestandteile darstellen. Ihr jeweiliges Fachwissen ist notwendig, um im Modell enthaltene Informationen zu deuten und bei Planungsüberlegungen Maßnahmen abzuschätzen. Im Planungstestlauf wird der automatisierte Berechnungs- und anschließende Informationsvisualisierungsprozess in Echtzeit nachvollziehbar. Es wird ersichtlich, dass sowohl Eingabe als auch Ergebnisse der Berechnungsmodelle für den Entscheidungs- und Planungsprozess relevant sind, da die Festsetzung von Handlungen (Beispiel: Auswahl der Versorgungsvariante) interdisziplinär und wechselwirksam zwischen Akteuren und Planungsphasen festgelegt werden.

Der URBEM-Planungstestlauf ist als «Option Testing Phase», der sowohl auf die Akteure und Vertreter der Energiebereitstellung und Energieversorgungsnetze als auch auf die Entwickler von Masterplänen und dafür notwendigen Konzepte abzielt, zu verstehen. Da jeder Akteur ein anderes Interesse vertritt, ist die Kommunikation das zentrale Thema des Testlaufes. Die URBEM-Visualisierung sorgt diesbezüglich für mehr interdisziplinäres Verständnis und bestärkt damit eine zielorientierte Stadtentwicklung. Der Planungstestlauf demonstriert die Notwendigkeit, bestehende und zumeist historisch gewachsene Verwaltungs- und Entscheidungsstrukturen aufzubrechen. Die einzelnen Phasen von Stadtentwicklungsprozessen können dadurch besser verknüpft und so Maßnahmen, die Reihenfolge von Eingriffen, Wechselwirkungen von Entscheidungen und Auswirkungen abgeschätzt werden. Dadurch entsteht ein engeres Ineinandergreifen unterschiedlicher Planungsprozessphasen und der Versuch praktisch aufzuzeigen, wie technische und planerische Entscheidungen in der Stadtentwicklung vorweg und distanziert von politischen Austragungen betrachtet werden können.

Der URBEM-Planungstestlauf veranschaulicht mittels der URBEM-Visualisierung das Entstehen eines «Stadtinformationsmodells», das Eigenschaften von BIM (Building Information Model) aufweist und neben der multiskalaren, interdisziplinären Darstellung, die Betrachtung und vor allem Steuerung von Objekten ermöglicht. Das Stadtinformationsmodell bietet dabei, gleichsam wie BIM-Technologien, auch die Steuerung und Überwachung im Betrieb (Beispiel Gebäudesteuerung) und übergibt damit der Stadt ein sehr starkes, funktionales Werkzeug für den Verwaltungsbetrieb.

Neben der Anwendung von interaktiven Stadtmodellen als Steuerungs- und Verwaltungshilfe, ist vor allem die eigenständige Entwicklung einer solchen digitalen Umgebung (Bsp. USCA) die Grundlage, um klare, steuerbare und besonders um nachvollziehbare innere Systemstrukturen über die notwendigen Informationsflüsse zu gewährleisten. Diese Nachvollziehbarkeit ist besonders für kooperative Planungsverfahren mit Vertretern unterschiedlichster Interessen (Stadt, Energieversorger) zur Kommunikation von Ursachen und als Argumentationsstütze relevant. Die Überprüfung und eigenständige (Stadt-interne) Entwicklung von Anwendungen sowie die Gestaltung nachvollziehbarer Systemstrukturen erleichtert auch die Zuweisung von Restriktionen für unterschiedliche Akteurguppen innerhalb des Systems. Die Systemumgebung erlaubt dabei unterschiedliche Informationssichtbarkeiten zu steuern und erleichtert zudem die Systemwartung und Erweiterung.

Zusammenfassend ist mittels URBEM-Planungstestlauf festzustellen, dass das Konzept der USCA für Wien eine autonome Möglichkeit darstellt, die Stadt zu analysieren und darin ablaufende Prozesse zu steuern.

8 Zentrale Erkenntnisse und weiterführende Überlegungen

8.1 Erkenntnisgewinne aus der automatisierten Feststellung von Flächenreserven

Die geometrische Flächenuntersuchung zur Feststellung von Bodenressourcen hat sich zur raschen Übersichtgewinnung und zur Abschätzung größenspezifischer Tendenzen als nützliches Hilfsmittel erwiesen. Die Ergebnisse eines Berechnungsmodells sind jedoch immer nur so gut wie die dafür gesetzten Annahmen. Die Annahmen der unter Kapitel 3 vorgestellten Methoden basieren auf gesetzlichen Parametern. Soziale Einflüsse wie beispielsweise persönliche Intentionen der Haus- oder Grundeigentümer, Aufstockungen, Umbauten oder eine neue Bebauung auf einem Bauplatz durchzuführen, fehlen gänzlich. Aus diesen Gründen sind die aus den vorgestellten Berechnungsmethoden resultierenden Ergebnisse nur als Richtwerte hilfreich und bilden rein theoretische Flächenreserven ab. Die genaue Feststellung von Flächenpotentialen bedarf weiterhin einer zeitintensiven, qualitativen manuellen Untersuchung unter Berücksichtigung aller bauplatzspezifischen Informationen (besonderen Bebauungsbestimmungen, Intentionen des Grundstückseigentümers). Der Einsatz der unter Kapitel 3 beschriebenen Methoden ist daher besonders als vorgelagertes Vorgehen von qualitativen Untersuchungsverfahren die auf Befragungen basieren, wie beispielsweise Raum+ (vgl. Kap.2.3.1) anzusehen. Die Anwendung andere Städte, Industriezonen oder auch der Einsatz in ländlichen Bereichen stellt einen neu zu erprobenden Forschungsbereich dar. Dabei ist die Übertragbarkeit der in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Methode zur Feststellung un bebauter Ressourcen in neue Untersuchungsgebiete gemäß eigener Einschätzung durch die Flexibilität des angewendeten Algorithmus, mit Sicherheit gewährleistet. Diesbezüglich zu ergänzender Forschungsgegenstand ist die Anpassungsfähigkeit an neue Eingabedaten (Datengrundlagen, Planungsrichtlinien), denn der bisherige Einsatz ist «maßgeschneidert» für die Anwendung in Wien. Besonders spannend wäre die Konfiguration des Analysewerkzeugs für die Verwendung auf Basis von Luftbildaufnahmen (Satellitenbilder usw.; vgl. LISA Kap.2.3.1).

Grundsätzlich wäre eine österreichweite Übersicht von Nachverdichtungspotentialen, die zumindest alle Bundeshauptstädte umfasst, wünschenswert. In verschiedenen Städten angewendete Strategien der Innenentwicklung können so besser verglichen und die

Notwendigkeit der inneren Entwicklung unserer Siedlungsräume einem breiten Publikum nahe gebracht werden.

8.2 Erkenntnisgewinne aus der Entwicklung des URBEM-Visualisierungsprototypen und dem durchgeführten URBEM-Planungstestlauf

Der URBEM-Planungstestlauf mit dem URBEM-Visualisierungsprototypen hat gezeigt wie unterschiedliche Infrastruktursysteme in einem Modell dargestellt werden können. Dadurch wurden «Was-Wäre-Wenn-Fragestellungen» mit dem Ziel der ressourcenschonenden Entwicklung urbaner Systeme ermöglicht. Durch die räumliche Visualisierung können schrittweise Raumübersichten mit wechselnden Informationsinhalten szenariobasierend erstellt werden. So kann schon frühzeitig erkannt werden, wo im Raum und wann in der Zeit Handlungsbedarf notwendig ist. Ist ein Handlungsbedarf im Raum und in der Zeit verankert, ist es einfacher die notwendigen Akteure der Planung festzumachen. So ist ein aufgrund begrenzter Ressourcen (zeitlich, personell, finanziell) notwendiges, schnelles Voranschreiten von Planungen initiiert. Diese Vorgehensweise stellt eine Methode für ein nachhaltiges Flächenmanagement dar, um aktiv und proaktiv Reserven und Ressourcen (Boden, Energie) zu erkennen und zu bewahren.

Beim Planungstestlauf haben sich die Fähigkeiten der einfachen und raschen Informationseinholung (Ergebnisabfrage v. Simulationsmodellen), die interdisziplinäre Verwendbarkeit, die benutzerspezifische Informationsdarstellung und eine einfache Erweiterbarkeit der Informationsinhalte, des URBEM-Visualisierungsprototypen als besonders nützlich erwiesen. Der Planungstestlauf hat gezeigt, dass der entstandene Rückkopplungsprozess von Ergebnissen und Maßnahmen an andere Domänenexperten schnell die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Varianten abschätzen lässt. In weiteren Analyseprozessen wäre es zielführend, mehrere städtebauliche und architektonische Entwurfsvarianten in gleicher Weise zu testen. Weitere Analysedurchgänge mit dem URBEM-Visualisierungsprototypen können auch auf Prozessebene und durch Wechsel teilnehmender Planungsteams neue Zugänge erschließen. Gemäß persönlicher Einschätzung ist durch den durchgeführten URBEM-Planungstestlauf und dem Austauschprozess der dabei stattgefunden hat, ein erweitertes Verständnis der stadtraumbezogenen Zusammenhänge für alle Planungsbeteiligten entstanden, zu dem vor allem die unterschiedlichen domänenspezifischen Zugänge beigetragen haben.

Als große Herausforderung in der Zusammenarbeit im URBEM-DK hat sich die Datenübergabe zwischen den einzelnen Disziplinen und dabei vor allem der genaue Ablauf sowie die Details zu Art, Inhalt und Struktur der Daten herausgestellt. Die Herausforderung in Bezug auf die Visualisierung war dabei, Datenformate und Datenstrukturen mit den Berechnungsmodellen abzustimmen um das Vermögen, die Daten räumlich verorten zu können, sicherzustellen. Durch zu bearbeitende Fragestellungen in Bezug auf die Entwicklung von Energie und Mobilität der Stadt

Wien, konnten Informationsflüsse zwischen den Berechnungsmodellen strategisch festgemacht werden. Darauf aufbauend bietet das Konzept der USCA einen Vorschlag der Datenabwicklung im IT-technischen Bereich. Für das Gelingen eines reibungslosen Datenflusses ist jedoch auch die zwischenmenschliche Komponente ein maßgebendes Kriterium. Bei der Übergabe von Informationen sind in diesem Zusammenhang einerseits Datenstruktur, Datenformat und Datenaufbereitung (Einheitlichkeit) domänenspezifisch oft sehr unterschiedlich und es obliegt den Bearbeitern, Übereinkommen für die Verwendung in disziplinenübergreifenden Systemen zu finden. Andererseits verlangt auch die Auswertung der Daten und die gemeinsame Betrachtung der visuellen Ergebnisse soziale Kompetenz. Vor allem das Hintergrundwissen der Domänenexperten über berücksichtigte Parameter in den bei der Datenvisualisierung nicht sichtbaren Berechnungsmodellen bildet für Detailbetrachtungen und fallspezifische Diskussionen wichtige Grundlagen. Der URBEM-Planungstestlauf hat gezeigt, dass ein System, wie die in der vorliegenden Arbeit vorgestellte URBEM-Visualisierung, seine Fähigkeiten erst durch ein geeignetes Team entfalten kann.

Der URBEM-Planungstestlauf hat auch gezeigt, dass für die kooperative Planung der Einsatz geeigneter Präsentationshardware, wie beispielsweise Rückprojektionswand, Touch-Monitor und Tabletsteuerung zielführende Medien für die Anwendung visueller Kommunikationshilfsmittel wie der URBEM-Visualisierung als Planungsunterstützungswerkzeuge und deren simultane Betrachtung durch mehrere Planungsbeteiligte darstellen.

Für eine intensivere Wahrnehmung und die Anreicherung der Informationsdarstellung um eine zusätzliche Dimension ist die Anbindung der URBEM-Visualisierung an eine Virtual Reality (VR) Umgebung denkbar. Die dadurch entstehenden, zusätzlichen Visualisierungsmöglichkeiten bieten für kooperative Planungsverfahren, Möglichkeiten für ein intensiviertes «Eintauchen» in die betrachteten Problemstellungen. Die VR-Umgebung bietet dem Nutzer die Möglichkeit, mehr Perspektiven und Blickwinkel innerhalb der Modelle einzunehmen. Zudem kann die VR-Umgebung dem Nutzer zusätzliche Bewegungen im virtuellen Raum wie «gehen», «überfliegen» oder die simulierte Fortbewegung in Fahrzeugen realitätsnah ermöglichen.

Auch die Anbindung an ein Augmented Reality (AR) System wäre eine interessante Fortsetzung des momentanen Forschungsstandes, da sich dadurch auch das Einsatzgebiet der URBEM-Visualisierung auf die Anwendung in öffentlichen Bereichen, Freibereichen, usw. erweitert. Die primären AR-Medien Smart Phone, Tablet und AR-Brillen dienen dabei nicht nur der Informationsbereitstellung sondern auch der Informationsgewinnung. Ein AR-System bietet die Möglichkeit nicht nur Information zur Verfügung zu stellen, die Nutzenden generieren zusätzliche Informationen auch selbst. Diese Überlegungen bieten eine weitere Vernetzung der Systeme. Beispielsweise könnten Smart Metering Systeme, die in immer mehr Wiener Haushalten aktiviert werden und die dadurch generierten Daten direkt über die USCA mit der URBEM-Visualisierung verknüpft werden. So entsteht die Möglichkeit, auch diese sensiblen Daten in den Berechnungsmodellen zu berücksichtigen und nach Bedarf, detailliert oder aggregiert darzustellen. In naher Zukunft werden wohl auch immer mehr holographische Systeme (Bsp. Microsoft HoloLens) durch zusätzliche Präsentationsfähigkeiten der Informationsbereitstellung

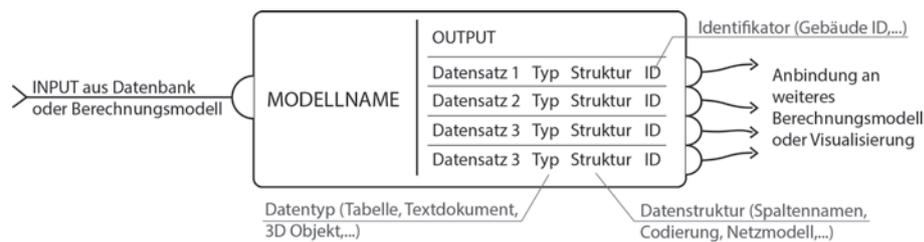
und Informationshandhabung, die Planungswelt erweitern.

Grundsätzlich hat die Entwicklung der URBEM-Visualisierung durch die interdisziplinäre Zusammenarbeit innerhalb des URBEM-DK aufgezeigt, wie wichtig die visuelle Betrachtung und Überprüfung von Berechnungsergebnissen und Informationen ist. Die Anzeige numerischer Daten in räumlichem Zusammenhang bot allen Kollegiaten des URBEM-DK neue Sichtweisen auf die eigenen Ergebnisse. Unterstützt hat dabei natürlich auch die räumliche Nähe der Kollegiaten und der dadurch schnell mögliche, interimistische Abgleich untereinander.

8.3 Weiterführende Gedanken für eine erleichterte domänenübergreifende Datenübergabe

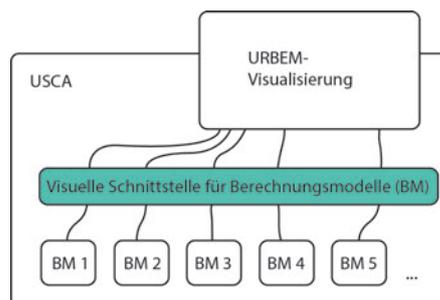
Abbildung 8.1.
Schemaskizze für eine zusätzliche visuelle Benutzerschnittstelle innerhalb der USCA für die Ergebnisse der einzelnen Berechnungsmodelle beteiligter Domänenexperten (Quelle: Eigene Darstellung)

Die Datenübergabe innerhalb der USCA zwischen den einzelnen Domänenexperten kann durch visuelle Eingabehilfen verbessert werden und allgemeinere Zugänge bieten. Abbildung 8.1 zeigt die Schemaskizze einer beschriebenen visuellen Schnittstelle.



Eine diesbezüglich anwendbare Entwicklung ist beispielsweise das System «Lightweight Urban Computation Interchange» (LUCI), das an der ETH Zürich entwickelt wird.(vgl. [99]) Die Adaption eines solchen Systems erlaubt jedem Domänenexperten, der ein Berechnungsmodell in das System einbindet, die Datenstruktur, -art usw. selbst festzulegen und gibt dem Gesamtsystem (Bsp. USCA) die Fähigkeit, die eingebrachten Daten automatisiert zu verarbeiten und für andere Berechnungsmodelle zur Verfügung zu stellen. Gleichsam wie in BIM-basierten Systemen werden dabei einzelne Informationsobjekte, deren Inhalte durch Eigenschaften definiert und so auch in vorgefertigten Strukturen abrufbar sind, generiert. Abbildung 8.2 zeigt ein Einbindungskonzept beschriebener Middleware in die USCA.

Abbildung 8.2.
Schemaskizze für die Einbindung einer visuellen Benutzerschnittstelle nach Abb.8.1 in die USCA (Quelle: Eigene Darstellung)



9 Schlussbemerkungen und Ausblick

Bei der Konzeption der URBEM-Visualisierung ging klar hervor, dass eine Entwicklung eines Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystems ohne interdisziplinäre Beteiligung und domänenübergreifendes Wissen nicht umsetzbar ist. Aufbauend auf dieser Erkenntnis ist es ein persönliches Bestreben für die Zukunft, den Einsatz der Visualisierungsumgebung für neue Gebiete zu erproben und damit auch neue Anwendungsgebiete zu erschließen. Im Vordergrund steht dabei vor allem die Erweiterung der Darstellungsmöglichkeiten von Objekttypen, wie beispielsweise die Absicht der Einbindung CAD basierter Geometrien.

Die rasanten Entwicklungen der visuellen Präsentation werden in Zukunft viele Wege für eine bessere graphische Umsetzung und Verarbeitung räumlicher Daten bieten. Damit wächst auch die Komplexität der Präsentationssysteme stetig. Die klassischen Planungsdisziplinen Architektur, Bauingenieurwesen und Raumplanung werden daher in Zukunft noch enger mit der Informatik zusammenspielen.

Die digitale Stütze wird ausgehend von der Planung auch immer weiter in die ausführenden Disziplinen Einzug halten. In jüngsten Besichtigungen der ETH Zürich wurden bereits Einblicke in die robotergestützte, bauliche Umsetzung von digitalen Entwürfen ermöglicht. Die Vorstellung der Anwendung einer räumlichen Informationsvisualisierung, die mittels AR-Technologie ein Straßenbahnfenster zu einem bewegten raumbezogenem Präsentationsmedium gestaltet, wirkt neben diesen Entwicklungen vielleicht bald schon veraltet.

10 Anhang

Glossar

Ad-hoc-Organisation Bezeichnet eine spontan aus der Situation entstandene Organisation. Ein Beispiel für eine solche Ad-hoc-Organisation als Problemlösungsstrategie in Planungsdisziplinen ist das «Wiener Modell». (vgl.[51]).

Alltagswelt «Die Alltagswelt beinhaltet all das, was die Planungswelt umgibt»[100, p.137]; Amateure.

AR Augmented Reality. Digitale Erweiterung der Realitätswahrnehmung.

BIM Building Information Model. 3D-Objekt mit graphischen, parametrischen und nicht graphischen Informationen (z.B. Gewicht, Energiekennwerte, Kosten, . . .).

CAD Computer Aided Design - rechnergestütztes Konstruieren in 2D und 3D.

CityGML CityGML (GML-Geography Markup Language) ist ein durch das Open Geospatial Consortium festgesetzter internationaler Standard. Dieser Standard beinhaltet verschiedenste Vorschriften zu Aufbau und Gestaltung von 3D Stadt- und Landschaftsmodellen (vgl. [63]).

Delaunay Triangulierung Verfahren zur Generierung von Dreiecksnetzen auf der Basis von Punktmengen, benannt nach dem Mathematiker Boris Nikolajewitsch Delone.

Domänenexperten Experten in einem bestimmten Fachgebiet bzw. in einer bestimmten Disziplin.

Energie-Raumplanung verbindet die Stadt- bzw. Raumplanung mit der Energieplanung, um eine stabile, leistbare, effiziente und ökologische Energieversorgung zu gewährleisten.

Fitnessfunktion Suchprozess (eines Algorithmus) um ein bestmögliches Ziel für eine Problemstellung und dazu definierten Lösungsregeln zu erreichen. Basiert auf dem biologischen Vorbild eines Organismus, der sich an eine bestimmte Umgebung anpasst.

Flächenmanagement *«Unter Flächenmanagement wird allgemein die Kombination von hoheitlichen und konsensualen Instrumenten zur Realisierung einer ressourcenschonenden und bedarfsgerechten Bodennutzung verstanden»*[53, p.317].

Flächenmonitoring Flächenbezogene, laufende oder periodisch durchgeführte Beobachtungen, durch die flächenbezogene Informationen (Dichte, Gebäudealter, Energiekennwerte, Ausbaugrad,...) erfasst werden. Das Flächenmonitoring kann als Kontrollinstrument der Raumplanung angesehen werden.

Game Engine Software zur Gestaltung von Videospielen. Kann auch zur Entwicklung von Serious Games eingesetzt werden.

Gartenstadt Eine in der Wiener Realnutzungskartierung 2014 (vgl. [27] - Datendownload am 20.11.2015) eingetragene Nutzung, die aufgelockerte Bebauungsstrukturen mit Wohn- und Mischnutzung beschreibt. Der Begriff »Gartenstadt« bezeichnet eine Siedlungsform mit Garten, wie sie beispielsweise bei Einfamilienhausstrukturen vorkommt..

GDB Grundstücksdatenbank des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen.

GeoJSON offener Dateiformatstandard zur Speicherung von geographischen Informationen (Linien, Polygonen,...) und deren Verknüpfung mit nicht-räumlichen Eigenschaften.

GIS Geographische Informations Systeme sind Systeme (Hard- und Software) zur Erfassung, Bearbeitung, Organisation, Analyse und Präsentation von räumlichen Daten.

IoT Internet der Dinge (Internet of Things). Intelligente Gegenstände des Alltags mit eingebetteten Informationstechnologien und Web-Anbindung (Bsp. Küchengeräte, Wearables,...).

Kartographisches Kommunikationsnetz *«Wendet man die allgemeinen Erkenntnisse über Kommunikation auf Kartographie an, so ergibt sich ein Netz aus mehreren Kommunikationsvorgängen [...]*»[41, p.22].

kml Key Markup Language. Durch Google entwickelter Standard zur Erstellung und Speicherung von 3D Modellen.

Kognitives Kartieren (auch «Mental Mapping») Kognitive Fähigkeiten zum Vereinfachen und Speichern von mehrdimensionalen, räumlichen Systemen.

LiDAR Kurzform von Light Radar; Methode zur optischen Abstands- und Geschwindigkeitsmessung.

LISA Land Informationssystem Austria (vgl.[14]).

LoD Level of Detail; Detailierungsgrad; LoD Standard von CityGML für Stadtmodelle: LOD 0 - Regionalmodell bzw. Geländemodell; LOD 1 - Gebäudeblöcke; LOD 2 - Gebäudeaußenhüllen und Dachstrukturen; LOD 3 - Architekturmodell (inkl. Texturen); LOD 4 - Innenraummodelle.

Network Workflow Management Überbegriff für netzwerkgestützte Steuerungssoftware zur flexiblen Kontrolle unterschiedlicher Geräte, Instrumente, Berechnungsmodelle, usw.

Planungsassistenzsystem Systeme zur Unterstützung und Hilfestellung von Nutzern in Planungsprozessen.

Planungsdisziplinen Summe der Disziplinen zur direkten und indirekten Gestaltung unserer Umwelt. In der vorliegenden Arbeit werden damit vorzugsweise Architektur, Bauingenieurwesen und Raumplanung verstanden.

Planungswelt *«Die Planungswelt ist der Bereich, in dem die Pläne bzw. Anleitungen erarbeitet werden. In der Regel sind daran mehrere Akteure beteiligt (der Alltagswelt) die in bestimmten Organisations- bzw. Kooperationsformen agieren»* [100, p.137]; Professionisten.

PostGis Datenbankerweiterung für geografische Objekte und Funktionen.

Raum+ An der ETH Zürich entwickelte Methode zur Erhebung von Siedlungsflächenreserven (vgl. [16]).

REFINA Projekt in Deutschland zur Reduktion der Flächeninanspruchnahme (vgl. [17]).

Semiotisches Dreieck Modell zur Beschreibung der Verbindungen zwischen Symbol eines Objektes, Begriff eines Objektes und realem Objekt.

Sensorische Umweltsimulation *«Sensorische Umweltsimulation bezeichnet Verfahren, in denen mit Hilfe adäquater Abbildungsmedien und -techniken Bedingungen geschaffen werden, unter denen menschliche Wahrnehmung, menschliches Erleben und Handeln in bestehenden oder geplanten Umweltsituationen simuliert werden können»*[42, p.12].

Stakeholder Person oder Gruppe die Beteiligung und Interesse am Verlauf und Ergebnis eines Prozesses hat..

Synthetische Karten *«Synthetische Karten ergeben sich als Darstellung eines Gesamtbildes über das Zusammenwirken mehrerer Themen durch Überarbeitung analytischer Karten [...]»*[41, p.465] .

Testplanung Der Begriff Testplanung hat sich in der Schweiz für den in Österreich verwendeten Begriff des Testentwurfes etabliert. Testplanung bezeichnet ein kooperatives Planungsverfahren und stellt eine Weiterentwicklung des Wiener Modells dar (vgl. [39, p.7]).

Uexküllschen Funktionskreis Funktionskreis des Biologen Jacob von Uexküll; System-Umwelt-Paradigma (vgl.[49, p.36f]).

Viewer Datenbetrachter. Webbasiert bzw. in eine Webpage integriert wird der Viewer als Web-Viewer bezeichnet.

VR Virtual Reality. Wirklichkeitsdarstellung und -wahrnehmung in Echtzeit durch eine interaktive virtuelle Umgebung.

Web-GIS Beschreibt eine Technologie zur Bereitstellung von Geodaten im Internet.

Web-Mapping (auch Web-Kartographie) beschreibt den Verwendungsprozess von Kartengrundlagen im Internet, die mittels GIS-Systeme erstellt wurden.

Literaturverzeichnis

- [1] Matthew Ward, Georges G. Grinstein, und Daniel Keim. *Interactive Data Visualization: Foundations, Techniques, and Application*. A K Peters, 2010.
- [2] Carolyn M. Bloomer. *Principles of visual perception*. Herbert, London, 1990. OCLC: 834659917.
- [3] Nikolaus Rab und Christina Winkler. *Szenarien für exogene Einflussfaktoren: Endbericht (interner Bericht), 20. August 2015*. Urbanes Energie und Mobilitätssystem URBEM, Wien, August 2015.
- [4] Peter Prenner und et.al. *Stadtpunkte: Wien Wächst - Herausforderungen zwischen Boom und Lebensqualität: Tagungsband der AK-Wien Fachtagung*. Kammer für Arbeiter und Angestellte Wien, Wien, 2014.
- [5] Statistik Austria, Magistratsabteilung 23. *Bevölkerungsprognose - Statistiken Wien*. Technical report. <https://www.wien.gv.at/statistik/bevoelkerung/prognose>, abgerufen am: 6.4.2016.
- [6] Magistratsabteilung 18, Stadt Wien. *STEP 2025 - Stadtentwicklungsplan Wien*. Technical report, Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung, Vienna, 2014. www.step.wien.at, abgerufen am: 6.4.2016.
- [7] Bernd Scholl. *Methoden, Einsatz und Denkmuster für Einsatz und Umgang in der Raumplanung*. In *Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung*, Seiten 281–291. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover, 2011.
- [8] Reto Gabriel Nebel. *Siedlungsflächenmanagement Schweiz: Problemorientierte Flächenübersichten als zentrale Grundlage für eine Siedlungsentwicklung nach innen*, volume 6 of *IRL*. vdf Hochschulvlg, Zürich, 1., auflage edition, 2014.
- [9] Anita Grams. *Spielräume für Dichte*. Dissertation, ETH Zürich, Zürich, 2015.
- [10] Andreas Voigt. *Raumbezogene Simulation und örtliche Raumplanung: Wege zu einem (stadt-) raumbezogenen Qualitätsmanagement*. Band 11 der Reihe: Projektieren, konzipieren, konstruieren, bauen, sanieren, demolieren: architektonische (Un-) Kultur in Österreich. Österreichischer Kunst- und Kulturverlag, Wien, 2005.
- [11] Walter Schönwandt. *Grundriß einer Planungstheorie der 'dritten Generation'*. disP - The Planning Review. Volume 35(Issue 136-137):S. 25–35, 1999.

- [12] Die Österreichische Justiz. Grundstücksdatenbank. <https://www.justiz.gv.at>. abgerufen am: 8.8.2016.
- [13] Wolfgang Lexer und Stefanie Linser. *Nicht-nachhaltige Trends in Österreich: Qualitative Lebensraumveränderung durch Flächenverbrauch*. Umweltbundesamt, Wien, 2005.
- [14] GeoVille GmbH. Landinformationssystem Österreich (LISA). <http://www.landinformationssystem.at/de-at/lisa/%C3%BCberblick.aspx>. abgerufen am: 6.4.2016.
- [15] Land Tirol. tiris Maps. https://portal.tirol.gv.at/weboffice/tirisMaps/synserver;jsessionid=3534C335A4E5C793307735D0135496AF?synergis_session=ecce88e1-6f87-456b-95cf-41faaba47b70&user=guest&project=tmap_master. abgerufen am: 6.4.2016.
- [16] ETH Zürich. Raum+: Initiative der Professur für Raumentwicklung ETH Zürich. <http://www.raumplus.ethz.ch/home/>. abgerufen am: 4.6.2016.
- [17] Bundesministerium für Bildung und Forschung in Deutschland. Forschung für die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und ein nachhaltiges Flächenmanagement (REFINA). <http://www.refina-info.de/>. abgerufen am: 8.8.2016.
- [18] Michael Weinstock (ed.). *System City: Infrastructure and the space of flows. Architectural Design*, volume 04/2013 Volume 83, Issue 4. Journals Administration Department, West Sussex and UK, 2013.
- [19] Smart Urban Adapt. SUA - Smart Urban Adapt: Forschungsprojekt der ETH Zürich, Imperial College London, IBM, ESRI. <http://sua.ethz.ch>, 2012. abgerufen am: 6.4.2016.
- [20] Simstadt. SimStadt: Forschungsprojekt zur Gestaltung einer neuen urbanen Stadtumgebung. <http://www.simstadt.eu>. abgerufen am: 6.4.2016.
- [21] Cityzenith. Cityzenith: The Data Platform for the City. <http://www.cityzenith.com/>. abgerufen am: 8.8.2016.
- [22] Reto Nebel, Anita Grams, und Karin Widler. FSU- Kommunales Flächenmanagement zur systematischen Umsetzung der Siedlungsentwicklung nach innen: Trendwende in der Siedlungsplanung. COLLAGE - Zeitschrift des Fachverbandes der Schweizer RaumplanerInnen. (COLLAGE 3):S.18–21, 2013.
- [23] Umweltbundesamt. *Umweltsituation, Raumentwicklung, Flächeninanspruchnahme*. Wien, 2014.
- [24] Magistrat der Stadt Wien. Zeichensprache Flächenwidmungsplan und Bebauungsplan Wien. <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/flaechenwidmung/planzeigen>, 2015. abgerufen am: 6.4.2016.

- [25] Magistrat der Stadt Wien. Die Wiener Bauordnung (aktuelle Fassung vom 31.12.2013). Technical report, Wien, 2013. <http://www.wien.gv.at/recht/landesrecht-wien/rechtsvorschriften/html/b0200000.htm>, abgerufen am: 6.4.2016.
- [26] Bernd (Hrsg.) Scholl. *Thesen zur inneren Entwicklung unserer Städte und Regionen, in: Stadtgespräche, Veranstaltungsheft mit Unterstützung der Hamasil Stiftung. Veranstaltungsdurchführung: Institut für Raum- und Landschaftsentwicklung: Innenentwicklung vor Aussenentwicklung!* ETH Zürich und Institut für Städtebau und Landesplanung der Universität Karlsruhe., Zürich, 2007.
- [27] Magistrat der Stadt Wien. Open Data Wien. <https://open.wien.gv.at/site/open-data>. abgerufen am: 6.4.2016.
- [28] Julia Forster, Sara Fritz, und Nikolaus Rab. Spatial simulation environment for decision support. In *WIT Transactions on Ecology and The Environment*, Seiten 313–322, Medellin; Colombia, 2015. WIT Press.
- [29] Ruben Molano, Pablo Rodriguez, Andres Caro, und M. Luisa Duran. Finding the largest area rectangle of arbitrary orientation in a closed contour. *Applied Mathematics and Computation*, 218:9866–9874, 2012.
- [30] Frithjof Müller-Reppen. *Le Corbusier's Wohneinheit 'Typ Berlin'*. Jovis, Berlin, 2008.
- [31] Andreas Müller und Lukas Kranzl. *Energieszenarien bis 2050: Wärmebedarf der Kleinverbraucher: Projektendbericht - Ausarbeitung im Auftrag der Umweltbundesamt GmbH, Wien*. Energy Economics Group and Zentrum für Energiewirtschaft und Umwelt, Wien, 2015.
- [32] ÖNORM B 1800. *Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken und zugehörigen Außenanlagen*. Österreichisches Normungsinstitut, Wien. Ausgabe: 2002-01-01.
- [33] A. Kolbitsch, M. L. Stalf-Lenhardt, A. Kropik, und L. Prestros. Studie über Wirtschaftlichkeitsparameter und einen ökonomischen Planungsfaktor für geförderte Wohnbauprojekte in Wien: im Auftrag des Arbeitskreises Wiener Wohnbau in der Geschäftsstelle Bau der Wirtschaftskammer Österreich. Technical report, Wien, 2008. https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/Geschaeftsstelle-Bau/Langfassung_Studie_.pdf, abgerufen am: 6.4.2016.
- [34] Magistratsabteilung 25. *Leitfaden der MA 25 zur Berechnung der förderbaren Nutzflächen für Mehrwohnhäuser und Heime: nach dem WWFSG 1989 und der NeubauVO 2007*. MA 25, Stadt Wien, Wien, 2013.
- [35] Anton Pech, Christian Pöhn, Thomas Bednar, und Wolfgang Streicher. *Bauphysik: Erweiterung 1 ; Energieeinsparung und Wärmeschutz ; Energieausweis - Gesamtenergieeffizienz*, volume 1,1. Springer, Wien, 2007.
- [36] Statistik Austria. *Wohnungsgröße von Hauptwohnsitzwohnungen nach Bundesland (Zeitreihe)*. 2015.

- [37] Wien Magistratsabteilung 23. Bevölkerungsprognosen auf Bezirksebene. <https://www.wien.gv.at/statistik/bevoelkerung/tabellen/bev-bez-prog-projektion-14-34.html>. abgerufen am: 6.4.2016.
- [38] Reinhard König und Christian Bauriedel. Computergenerierte Stadtstrukturen v 1.0. Technical report, Technische Universität Karlsruhe, 2004. <http://www.entwurforschung.de/alt/compStadt/compStadt.htm>, abgerufen am: 31.5.2016.
- [39] Bernd Scholl, Martin Vinzens, und Bernard Staub. *Testplanung - Methode mit Zukunft: Grundzüge und Hinweise zur praktischen Umsetzung am Beispiel der Testplanung Riedholz/Luterbach*. Amt für Raumplanung Kanton Solothurn und Bundesamt für Raumentwicklung ARE (Hrsg.), Solothurn, 2013.
- [40] Claude Elwood Shannon und Warren Weaver. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, 1949.
- [41] Günter Hake, Dieter Grünreich, und Liqiu Meng. *Kartographie: Visualisierung raum-zeitlicher Informationen*. De Gruyter, Berlin, 8., vollständig neu bearbeitete und erw. aufl edition, 2002.
- [42] Antero Markelin und Bernd Fahlé. *Umweltsimulation: Sensorische Simulation im Städtebau*. Schriftenreihe 11 des Städtebaulichen Instituts der Universität Stuttgart. Krämer, Stuttgart, 1979.
- [43] Joseph M. Stowasser, Alexander Christ, Michael Petschenig, und Franz Skutsch. *Stowasser: Lateinisch-deutsches Schulwörterbuch*. Hölder-Pichler-Tempsky [u.a.], Wien, ausg. 1998 edition, 1998.
- [44] Stadt Wien Magistratsabteilung 18. Auszug aus der Geschäftseinteilung des Magistrats der Stadt Wien. <https://www.wien.gv.at/advuew/internet/AdvPrSrv.asp?Layout=geschaeftseinteilung&Type=K&Hlayout=&S%E2%84%A1LECD=1995060915103983>. abgerufen am: 7.4.2016.
- [45] Dieter Bökemann. *Theorie der Raumplanung: Regionalwissenschaftliche Grundlagen für die Stadt-, Regional- und Landesplanung*. Oldenbourg, München and Wien, 2. aufl., zugl. unveränd. nachdr. der 1. aufl edition, 1999.
- [46] Jens Dangschat. *Raumplanung unter Unsicherheiten – Beherrschbarer Widerspruch? In: Selle, K. (Hrsg.), volume Bd. 1*. Rohn, Dortmund, 2006.
- [47] Walter L. Schönwandt. *Komplexe Probleme lösen: Ein Handbuch*. Jovis, Berlin, 2013.
- [48] Dietrich Fürst. *Handbuch Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung*. Rohn, Dortmund, 3., vollst. überarb. aufl edition, 2008.
- [49] Walter L. Schönwandt. *Planung in der Krise? theoretische Orientierungen für Architektur, Stadt- und Raumplanung*. Kohlhammer, Stuttgart, 2002. OCLC: 237650743.
- [50] Jakob Maurer. *Innenentwicklung: Eine theoretische Annäherung: In: Stadtgespräche*. ETH Zürich, Zürich, 2007.

- [51] Kurt Freisitzer, Reinhard Breit, und Jakob Maurer. *Das Wiener Modell: Erfahrungen mit innovativer Stadtplanung: empirische Befunde aus einem Grossprojekt*. Compress, Wien, 1985.
- [52] Rolf Signer. *Argumentieren in der Raumplanung*. Dissertation, ETH Zürich, Zürich, 1994.
- [53] Ernst-Hasso Ritter. *Handwörterbuch der Raumordnung*. ARL, Hannover, 4., neu bearb. aufl edition, 2005.
- [54] Reinhard König. *Simulation und Visualisierung der Dynamik räumlicher Prozesse: Eine computergestützte Untersuchung zu den Wechselwirkungen zwischen baulichen Strukturen und sozialräumlicher Organisation städtischer Gesellschaften*. Computersimulationen in den Sozialwissenschaften. VS, Verl. für Sozialwiss., Wiesbaden, 1. aufl edition, 2010.
- [55] Walter Schönwandt. Probleme als Ausgangspunkt für die Auswahl und den Einsatz von Methoden. In *Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung*, Seiten 291–310. Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover, 2011.
- [56] Harry Robin. *Die wissenschaftliche Illustration: Von der Höhlenmalerei zur Computergraphik*. Birkhäuser, Basel and Boston and Berlin, 1992.
- [57] Gerhard Schmitt. *Information Cities*. Future Cities. Online Course on edX, 2015.
- [58] Walter Torbrügge. *Kunst im Bild - Europäische Vorzeit*. Holle Verlag GmbH, Germany and Baden-Baden, 1968.
- [59] Peter Kohlstock. *Kartographie: Eine Einführung*, volume 2568. Schöningh, Paderborn and München and Wien and Zürich, 2004.
- [60] Ute Schneider. *Die Macht der Karten: Eine Geschichte der Kartographie vom Mittelalter bis heute*. Primus-Verl., Darmstadt, 3. erw. u. aktualis. aufl edition, 2012.
- [61] Alan M. MacEachren. *How maps work: Representation, visualization, and design*. Guilford Press, New York, 1995.
- [62] Angela Jansen und Wolfgang Scharfe. *Handbuch der Infografik: Visuelle Information in Publizistik, Werbung und Öffentlichkeitsarbeit*. Springer, Berlin, 1999.
- [63] Thomas H. Kolbe. CityGML. <http://www.citygml.org/index.php?id=1523>, April 2012. abgerufen am: 6.4.2016.
- [64] OGC. Open Geospatial Consortium. <http://www.opengeospatial.org/>. abgerufen am: 6.4.2016.
- [65] ESRI. ARC MAP Online Desktop Help: About using OGC service layers. <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/web-maps-and-services/about-using-ogc-service-layers.htm>. abgerufen am: 8.8.2016.

- [66] Peter Zeile. *Echtzeitplanung: Die Fortentwicklung der Simulations- und Visualisierungsmethoden für die städtebauliche Gestaltungsplanung*. PhD thesis, Technische Universität, Kaiserslautern, 2010.
- [67] Bernd Streich. *Stadtplanung in der Wissensgesellschaft: Ein Handbuch*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 1. aufl edition, 2005.
- [68] Markus Schroer. *Räume, Orte, Grenzen: Auf dem Weg zu einer Soziologie des Raums*, volume 1761. Suhrkamp, Frankfurt am Main, 1. aufl edition, 2006.
- [69] Julia Kleeberger. *Beyond Google Earth: The Future of Maps In The Automotive Context: Ein anwenderzentrierter Ansatz zur Gestaltung digitaler Karten im Fahrzeug*. PhD thesis, Hochschule für bildende Künste, Braunschweig, 2014.
- [70] Sir Isaac Newton. *Mathematische Principien der Naturlehre: Mit Bemerkungen und Erläuterungen Herausgegeben von Prof. Dr. J. Ph. Wolfers*. Verlag von Robert Oppenheim, Berlin, 1872.
- [71] Immanuel Kant und Raymund Schmidt. *Kritik der reinen Vernunft*, volume 37a. F. Meiner, Hamburg, 3. ed edition, 1990.
- [72] Sybille Krämer. *Medium, Bote, Übertragung: kleine Metaphysik der Medialität*. Suhrkamp, Frankfurt am Main, 1. aufl edition, 2008.
- [73] Dieter Pfister. *Raum - Gestaltung - Marketing im ganzheitlich-nachhaltigen Management: Konsequenzen einer topisch-heraclitischen Raumauffassung für Weltbilder, Wissenschaftsmodelle und Unternehmenspraxis*. Ed. gesowip, Basel, 2007.
- [74] Kevin Lynch. *Das Bild Der Stadt*, volume 6. Birkhauser, Schweiz, 2010.
- [75] Robert Lloyd und et.al., editors. *Cognitive mapping: Past, present, and future*, volume 4. Routledge, London and New York, 2000.
- [76] Roger M. Downs, David Stea, und Robert Geipel. *Kognitive Karten: Die Welt in unseren Köpfen*, volume 1126: Geographie, Psychologie. Harper & Row, New York, 1982.
- [77] Kristien Ooms, Philippe de Maeyer, und Veerle Fack, editors. *Can experts interpret a map's content more efficiently?* Department for Applied mathematics, computer science and statistics and Department of Geography, Paris, 2011.
- [78] Daniela Ziervogel. *Mental-Map-Methoden in der Quartiersforschung: Wahrnehmung, kognitive Repräsentation und Verhalten im Raum*. In *Positionen zur Urbanistik I*, Seiten 187–206. Wien, 2011.
- [79] Fritz Kelnhofer, Mirjanka Lechthaler, und et.al. *Interaktive Karten (Atlanten) und Multimedia - Applikationen: Geowissenschaftliche Mitteilungen*. Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik, Wien, 2000.
- [80] Walter Schönwandt et.al. *Die Kunst des Problemlösens: Entwicklung und Evaluation eines Trainings im Lösen komplexer Planungsprobleme- disP - The Planning Review*. (185), 2011.

- [81] Michael Koch, Markus Nepl, Walter Schönwandt, Bernd Scholl, Andreas Voigt, Udo Weilacher, und et.al. *Forschungslabor Raum: Das Logbuch*. Jovis Berlin, Berlin, 2012.
- [82] Hartmut Stöckl. *Die Sprache im Bild, das Bild in der Sprache: Zur Verknüpfung von Sprache und Bild im massenmedialen Text : Konzepte, Theorien, Analysemethoden*, volume 3. Walter de Gruyter, Berlin and New York, 2004.
- [83] Thomas Friedrich und Gerhard Schweppenhäuser. *Bildsemiotik: Grundlagen und exemplarische Analysen visueller Kommunikation*. Birkhäuser Basel, Basel, 2010.
- [84] Julia Forster, Sara Fritz, und Nikolaus Rab. Solar Heat Strategies For Vienna: Identifying Regions with Highly Reliable And Affordable Potential. In *Definite space - fuzzy responsibility*, Prague; Czech Republic, 2015. AESOP Prague.
- [85] Julia Forster, Thomas Kaufmann, Nikolaus Rab, und Christina Winkler. URSETA – an interdisciplinary decision support tool for sustainable energy and mobility strategies. In *WIT Transactions on The Built Environment*, Seiten 557–566, Siena; Italy, 2014. WIT Press. ISSN 1743-3509 (on-line).
- [86] Julia Forster, Sara Fritz, Johannes Schleicher, und Nikolaus Rab. Developer Tools for Smart Approaches to Responsible-Minded Planning Strategies. In *Towards Smarter Cities*, volume 1, Seiten 545–551, Wien, 2015.
- [87] Johannes Schleicher, Michael Vögler, Christian Inzinger, Sara Fritz, Manuel Ziegler, Thomas Kaufmann, Dominik Bothe, Julia Forster, und Schahram Dustdar. *A Holistic, Interdisciplinary Decision Support System for Sustainable Smart City Design*. International Conference on Smart Cities (SMART-CT 2016), Malaga; Spanien, 2016.
- [88] Johannes Schleicher. *Engineering and Management of heterogenous Smart City Application Ecosystems*. Dissertation, TU Wien, Wien. 2017.
- [89] Nikolaus Korab und Stefan May. *Der Westbahnhof: Geschichte - Wandel - Aufbruch*. Pichler, Wien, 2012. OCLC: 799019724.
- [90] RIS - Bauordnung für Wien § 8 - Landesrecht Wien. <https://www.ris.bka.gv.at/Dokument.wxe?Abfrage=LrW&Dokumentnummer=LWI40010019&FassungVom=28.06.2016>. abgerufen am: 4.7.2016.
- [91] Wettbewerbe Architekturjournal. *Westbahnhof, Wien 15*, (223/224):49–73, 2003.
- [92] Wiener Linien. <http://www.wienerlinien.at>. abgerufen am 4.7.2016.
- [93] Thomas Kaufmann. *Modellierung und Simulation von urbanen Stromversorgungsnetzen in einem multiskalaren Gesamtmodell*. Dissertation, TU Wien, Wien. 2016.
- [94] Dominik Bothe. *Modellierung und Simulation von weit verzweigten, vermaschten Netzen für thermische Energie und Gas*. Dissertation, TU Wien, Wien. 2016.

- [95] Sara Fritz. *Economic assessment of the long-term development of buildings' heat demand and grid-bounded supply*. Dissertation, TU Wien, Wien. 2016.
- [96] Manuel Ziegler. *Method for Establishing Scalable Load Profiles for Residential and Office Buildings to run an Urban Simulation Environment considering Construction and Mechanical Engineering Technologies as well as the Impact of Social Differentiation*. Dissertation, TU Wien, Wien. 2016.
- [97] Nadine Haufe. *Energiekonsum, Stadt und soziale Milieus*. Dissertation, TU Wien, Wien. bevorstehend.
- [98] Paul Pfaffenbichler. Anwendungskapitel Thema 8: 'Strategische Modellbildung des Wiener Personenverkehrssystems in einer wachsenden Stadt – Folgen ausgewählter Maßnahmenbündel für Modal Split, Stadtentwicklung und Energiesysteme'. Technical report, Urbanes Energie- und Mobilitätssystem Doktoratskolleg, Technische Universität Wien, Wiener Stadtwerke, Wien. 2016.
- [99] Lukas Treyer. LUCI 2 (ETH Zürich) - Bitbucket. <https://bitbucket.org/treyer/luci2/>. abgerufen am: 11.9.2016.
- [100] Andreas Voigt. Metropolregion Wien. In *Forschungslabor Raum: Das Logbuch*, Seiten 118–143. Jovis Berlin, Berlin, 2012.

Abbildungsverzeichnis

1.1	URBEM - Beteiligte Disziplinen und deren Zusammenhänge (Quelle: Eigene Darstellung)	10
1.2	BAU-Szenario - Referenzszenario (Quelle: Eigene Darstellung)	11
1.3	Stagnations Szenario - Alternativszenario 1 (Quelle: Eigene Darstellung)	12
1.4	Klimaschutz Szenario - Alternativszenario 2 (Quelle: Eigene Darstellung)	12
2.1	Bevölkerungsentwicklung 1961 bis 2044 (Quelle: [5])	13
2.2	Schematische Darstellung zum Aufbau der Arbeit (Quelle: Eigene Darstellung)	23
3.1	Maximale Gebäudevolumen lt. Wiener Bauordnung (Quelle: Eigene Darstellung)	27
3.2	Übersicht der Bauklassenfestlegung in Wien auf Basis des Wiener Flächenwidmungs- und Bebauungsplanes (Quelle: Eigene Darstellung)	28
3.3	Nutzungsreserven (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an [8, p.28])	29
3.4	Unterschiedliche Nutzungsreserven (Quelle: [8, p.33])	30
3.5	Möglichkeiten der Verdichtung auf einem Grundstück, die in der vorliegenden Arbeit untersucht werden (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an [8, p.36])	31
3.6	Evaluierungsprozess Geschossflächenpotential (Quelle: Eigene Darstellung)	33
3.7	Attikadetail, Annahme zur Höhenkalkulation, Maße in cm (Quelle: Eigene Darstellung)	34

3.8	Übersicht Geschossflächenpotentiale pro Zählbezirk in Wien (lt. Datenbestand vom 28.01.2015) (Quelle: Eigene Darstellung)	36
3.9	Entwicklung der Geschossflächen- potentiale in unterschiedlichen Varianten auf Zählbezirksebene	37
3.10	Auffindung des größten einschreibbaren Rechtecks in einen Muskelfleisch- querschnitt (Quelle: [29, p.9873])	38
3.11	Evaluierungsprozess Bauflächenpotential (Quelle: Eigene Darstellung) . . .	39
3.12	Wohnungsgrundriss einer 1-Zimmerwohnung, einer 2-Zimmerwohnung und einer 3-Zimmerwohnung des Wohnhochhauses <i>Heilsberger Dreieck - Typ B</i> von Le Corbusier (Quelle: [30, p.63+64])	40
3.13	Wohnungstypen der <i>Unité d'habitation</i> in Marseille von Le Corbusier - Längsschnitt und Grundrisse (Quelle: [30, p.11])	40
3.14	Geometrische Kalkulation der potentiell bebaubaren Bereiche innerhalb der Untersuchungsflächen (Quelle: Eigene Darstellung)	42
3.15	Festgelegte Rotationsrichtung bei der Positionierung der Geometrie parallel zur x-Achse (Quelle: Eigene Darstellung)	43
3.16	Manuelle Untersuchung der verorteten Modulflächen innerhalb der Bauflächenpotentiale auf ihre Bebaubarkeit (Quelle: Eigene Darstellung) .	44
3.17	Übersicht Bauflächenpotentiale pro Zählbezirk in Wien (lt. Datenbestand vom 28.01.2015)(Quelle: Eigene Darstellung)	46
3.18	Leitbild Stadtentwicklung (Quelle:[6])	46
3.19	Überlagerung der Bauflächenpotentialübersicht Wiens auf Zählbezirksebene und der im Stadtentwicklungsplan 2025 (vgl. [6]) ausgewiesenen Gebiete mit Entwicklungspotenzial (Quelle: Eigene Darstellung)	47
3.20	Bauflächenpotentialübersicht Wiens - Mittels Methode zur Übersichtsgewinnung von Bauflächenreserven zusätzlich zu den im Stadtentwicklungsplan 2025 (gelbe Kreise) (vgl. [6]) aufgefundene Flächenreserven (orange Kreise) (Quelle: Eigene Darstellung)	48
3.21	STEP 2025 Ziel: Entwicklung von 120.000 Wohnungen - anteilmäßige Verortung (Quelle: [6, p.37])	51
3.22	Geometrische Analyse der öffentlichen Erreichbarkeit pro Baublock (Quelle: Eigene Darstellung)	52

3.23	Durchschnittliche Miet- und Eigentumspreise pro m ² für Wien (Quelle: sh. Bildtext)	53
3.24	Geschossflächenpotentialnutzung von 2015 bis 2050 - BAU-Szenario (Quelle: Eigene Darstellung)	54
3.25	Geschossflächenpotentialnutzung von 2015 bis 2050 - Klimaschutz-Szenario (Quelle: Eigene Darstellung)	54
3.26	Geschossbezogene Grundflächen (Quelle: [32, p.11])	55
3.27	Notwendige und verfügbare Flächenreserven für Wien auf Bezirksebene (Datenquelle: [37])	58
3.28	Mittels zellulärer Automaten generierte dreidimensionale Bebauungsstrukturen basierend auf 2D Zellrastern (Quelle sh. Bildbeschreibung)	61
3.29	Schematische Darstellung unterschiedlicher Bebauungsmuster (Quelle: Eigene Darstellung)	62
3.30	Generierte Bebauungsstrukturen basierend auf den in Abbildung 3.28 dargestellten Entwurfsmustern (Quelle: [38, p.115+121])	63
4.1	Kommunikationsmodell nach Shannon und Weaver (Quelle: [40, p.98]) . .	66
4.2	Technischer und funktionaler Zusammenhang von Wirklichkeit, Simulation und Modell durch deren Verschachtlung ineinander (Quelle: Eigene Darstellung)	67
4.3	Die Beziehung zwischen Wirklichkeit, Modell und Simulation im «Semiotischen Dreieck»(Quelle:[10, p.68])	67
4.4	Grundschemata der Planung (Quelle: Eigene Darstellung nach [49, p.40]) . . .	69
4.5	Zeitlicher Ablauf und Einordnung der Testplanung in einen Planungsprozess (Quelle:[39, p.7])	70
4.6	Wechselwirkungsprinzip in der Planung (Quelle: Eigene Darstellung)	74
5.1	Deckenbemalung der Höhle von Lascaux bei Montignac, Frankreich (Quelle:[58, p.46])	78

5.2	Globus ausgestellt im Winterpalais in Wien im Zuge der Ausstellung von Olafur Eliasson: Baroque Baroque von 21.9.2015 - 6.3.2016 (Quelle: Autorin; Erstellt: 2016, Winterpalais Wien;)	79
5.3	Kartographisches Kommunikationsnetz (Quelle: Eigene Darstellung nach [41, p.22])	81
5.4	Kartendarstellungen unterschiedlicher Anbieter im Vergleich (Quelle: sh. Bildbeschreibungen)	83
5.5	Zusammenhang zwischen physischem und virtuellem Raum (Quelle: Eigene Darstellung)	86
6.1	Unterschiedliche Teilnehmer und Teilnehmerinnen (Stakeholder) in Planungsprozessen stellen unterschiedliche Ansprüche an die Darstellung von Informationen (Quelle: Eigene Darstellung)	94
6.2	Steuerung - Benutzerinteraktion mittels graphischem Mischpult/Schaltbrett (Quelle: Eigene Darstellung)	97
6.3	Diagramme zur erweiterten datenbasierten Informationsvermittlung (Quelle: Eigene Darstellung)	97.I
6.4	Zeitabhängige Darstellungen - Darstellung der Bewegungsströme mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln zwischen und innerhalb gebauter Strukturen (Quelle: Eigene Darstellung)	97.II
6.5	Simulation zukünftiger Entwicklungen - Darstellung von verschiedenen (szenarienabhängigen) Aggregatzuständen eines bebauten Bereiches (Quelle: Eigene Darstellung)	97.III
6.6	Abstrahierte Systemdarstellung - bestehende Bebauung in einer urbanen Zone (Quelle: Eigene Darstellung)	97.IV
6.7	Stufen der Visualisierung (Quelle: Eigene Darstellung)	98
6.8	Farbschema der URBEM- Visualisierung (Quelle: Eigene Darstellung)	99
6.9	Daten-Objekt- Verknüpfung (Quelle: Eigene Darstellung)	100
6.10	Aufbauskizze der URBEM Smart City Application (USCA) (Quelle: Adaption von [87, p.3])	101
6.11	Die URBEM-Visualisierung als URBEM-Interface (Quelle: Eigene Darstellung)	102

6.12 Anforderungen an die URBEM-Visualisierung und deren Umsetzung (Quelle: Eigene Darstellung)	103
6.13 Die Benutzeroberfläche des URBEM-Visualisierungsprototypen (Quelle: Eigene Darstellung)	103
6.14 Übersicht der Inhaltsebenen des URBEM-Visualisierungsprototypen (Quelle: Eigene Darstellung)	104
6.15 Informationsdarstellung im URBEM-Visualisierungsprototyp (Quelle: Eigene Darstellung)	105
6.16 Informationsverknüpfung und -aggregation (Quelle: Eigene Darstellung) . .	106
6.17 Triangulierungsprozess zur Abstraktion der Versorgungsnetze (Quelle: Eigene Darstellung)	107
6.18 Verortete Leitungen der unterschiedlichen Versorgungs- netzwerke in der URBEM- Visualisierung mit angezeigten Dummy-Daten (Quelle: Eigene Darstellung)	107
6.19 Gerätekategorien über ihre Berührungspunkte (Quelle: Eigene Darstellung)	108
6.20 Interaktionsmuster zwischen digitalen Ein- als auch Ausgabegeräten (Quelle: Eigene Darstellung)	109
6.21 Raumbezogene Planungsplattformkonfigurationen: Räumliche Installation des Videos «Murderer Redux» der Künstler GRAF+ZYG; (Quelle: Autorin; Erstellt: 2016, MUMOK Wien;)	110
6.22 Konzepte für zukünftige Planungsplattformkonfigurationen (Quelle: Eigene Darstellungen)	111
7.1 Luftbilder des Planungstestgebietes Westbahnhof (Quelle: Open Data Wien)	116
7.2 Planungstestlauf für das Gebiet des Wiener Westbahnhofes mit Hilfe der Planungsumgebung des URBEM-Visualisierungsprototypen (Quelle: Eigene Darstellung)	117
7.3 Derzeitige Widmung für das Gebiet des Wiener Westbahnhofes (Quelle: Eigene Darstellung)	118
7.4 Untersuchte Bebauungsvarianten ober und unterhalb der Gleisanlagen im Bereich des Entwicklungsgebietes Wiener Westbahnhof (Quelle: Eigene Darstellung)	118

7.5	Wettbewerb Wien Westbahnhof 2002 (Quelle: [91, p.55])	119
7.6	Öffentliche Verkehrsanbindung im Untersuchungsareal Wien Westbahnhof (Quelle: Eigene Darstellung)	120
7.7	Schemaskizze des im URBEM-Planungstestlauf angewandten Planungsprozesses (Quelle: Eigene Darstellung)	122
7.8	Diagramm der Planungsabschnitte zur Entwicklung von Stadtgebieten (Quelle: Eigene Darstellung)	123
7.9	Masterplan für das URBEM-Planungstestgebiet Wien Westbahnhof (Quelle: Eigene Darstellung)	124
7.10	Kalkulations- und Simulationsgrundannahmen für den URBEM-Planungstestlauf - Querschnitt der Gleisanlagen (Quelle: Eigene Darstellung)	125
7.11	Kalkulations- und Simulationsgrundannahmen für den URBEM-Planungstestlauf (Quelle: Eigene Darstellung)	126
7.12	Informationsfluss im URBEM-Planungstestlauf zur Untersuchung unterschiedlicher Versorgungsvarianten; (Quelle: Eigene Darstellung)	127
7.13	Die Auslastungen von Stationen und Leitungen im Stromnetz auf Baublockebene (Quelle: Eigene Darstellung)	128
7.14	Die Auslastungen von Stationen und Leitungen im Stromnetz in Kombination mit der Wärmeversorgung des Gebietes mit Fernwärme auf Baublockebene (Quelle: Eigene Darstellung)	129
7.15	Die Auslastungen von Stationen und Leitungen im Stromnetz in Kombination mit Photovoltaikanlagen und Speichern auf Baublockebene (Quelle: Eigene Darstellung)	129
7.16	Informationsfluss im URBEM-Planungstestlauf zur Untersuchung der verkehrstechnischen Erschließung; Legende vgl. Abb.7.12 (Quelle: Eigene Darstellung)	130
7.17	Anteil an Reisenden nach Verkehrsmitteln (Modale Split) für den 15. Bezirk für 2015 und die Prognose für 2045 (Quelle: Eigene Darstellung) . .	131
7.18	Motorisierungsgrad der Wiener Gemeindebezirke im Vergleich (Quelle: Eigene Darstellung)	131

7.19 Anteil des mobilen Individualverkehrs im Bezirksvergleich (Quelle: Eigene Darstellung)	132
7.20 Darstellung der Verkehrsflüsse aus dem 15. Bezirk in andere Wiener Gemeindebezirke. Durchmesser und steigender Rotanteil der Bewegungskurven ist dabei Indikator für höhere Verkehrsmengen (Quelle: Eigene Darstellung)	132
8.1 Schemaskizze für eine zusätzliche visuelle Benutzerschnittstelle innerhalb der USCA für die Ergebnisse der einzelnen Berechnungsmodelle beteiligter Domänenexperten (Quelle: Eigene Darstellung)	138
8.2 Schemaskizze für die Einbindung einer visuellen Benutzerschnittstelle nach Abb.8.1 in die USCA (Quelle: Eigene Darstellung)	138

Tabellenverzeichnis

3.1	Bauklassen der Wiener Bauordnung gemäß §75(2) (vgl. [25])	27
3.2	Modulabmessungen nach Bauklassen	41
3.3	Kalkulation der Abminderung der potentiell bebaubaren Fläche basierend auf Abbildung 3.16	45
3.4	Werttabelle für die Berechnung der Wohnnutzfläche (Quelle: [33, p.35]) .	57
7.1	Untersuchte Versorgungsvarianten im URBEM-Planungstestlauf für das Gebiet des Wiener Westbahnhofs	128

Julia Forster

Curriculum Vitae

Geburtsdatum *6.10.1983
Adresse Unterlaussa 98, 8934 Altenmarkt
Felberstraße 14-16/4/12, 1150 Wien
Mobil +43 650 7332533
Email julia.forster@gmail.com



AUSBILDUNG

Doktoratskolleg Urbane Energie und Mobilitätssysteme <i>TU Wien</i>	2013 - 2016
Master of Building Science and Technology <i>TU Wien</i>	2009 - 2011
Diplomstudium der Architektur <i>TU Wien; Thema d. Diplomarbeit: L-Systeme in der Architektur</i>	2002 - 2008
Bundesgymnasium Steyr Werndlpark <i>Steyr, Oberösterreich</i>	1994 - 2002

BERUFSERFAHRUNG

Stadtraumsimulationslabor TU Wien, Wien <i>Projektassistentin</i>	seit 2013
F+P Architekten, Wien <i>Projektmanagement, Ausführungsplanung</i>	2011 - 2013
Archiguards Projects, Wien <i>Einreichplanung</i>	2010 - 2011
Schwaiger, Sturm Architekten, Wien <i>Einreichplanung, Ausführungsplanung</i>	2009 - 2010
Duda, Testor Architektur, Wien <i>Wettbewerbe, Einreichplanung</i>	2005 - 2008
Institut für Darstellende Geometrie TU Wien, Wien <i>Tutorin DG-Grundkurs</i>	2005 - 2008
Atelier Carl Pruscha, Wien <i>Studien, Wettbewerbe</i>	2006 - 2007