



Dissertation

zur
Erlangung des Doktorgrades (Dr. rer. nat.)
der
Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

vorgelegt von
Axel Häusler
aus Köln

Bonn, August 2010

Angefertigt mit Genehmigung der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. Klaus Greve

2. Gutachter: Prof. Dr. Winfried Schenk

Tag der Promotion: 04. Februar 2011

Erscheinungsjahr: 2011

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer und Doktorvater Herrn Prof. Dr. Klaus Greve vom Geographischen Institut der Universität Bonn, der sich dieses freien, interdisziplinären Forschungsansatz angenommen und meine inhaltlichen und methodischen Ansätze in die richtigen Bahnen gelenkt hat. Ohne seine Bereitschaft, Offenheit und Voraussicht wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Ein weiterer Dank gilt meiner Familie, die den Entschluss und Prozess zur Verfassung dieser Arbeit mitgetragen und unterstützt hat, sowie meiner Freundin Dr. Sandra Plietker und all meinen Freunden, die als Laien intuitiv die richtigen Fragen gestellt haben. Abschließend sei in besonderer Weise meinem Vater gedankt, der mir viele gute Ideen und hilfreiche Anmerkungen zu dieser Arbeit lieferte.

Mit Abgabe dieser Dissertation freue ich mich, dass ich Gelegenheit hatte die klassische Perspektive meiner bisherigen Arbeit in Frage stellen zu dürfen. Ich widme diese Arbeit meinen Töchtern Hannah, Frida & Greta.

Gliederung

Vorwort	7
1. Einleitung	9
1.1 Hintergrund und Motivation.....	13
1.2 Methodische Eingrenzung und Hypothesen	15
1.3 Aufbau und Struktur der Arbeit	18
2. Aspekte der Standortentwicklung	21
2.1 Zukünftige Aufgaben der Stadtplanung.....	21
2.2 Entwicklungshemmnisse.....	23
2.2.1 aus immobilienökonomischer Perspektive: Das Problem der kleinen Märkte.....	23
2.2.2 aus soziologischer Perspektive: Quartierseffekte.....	28
2.3 Bausteine und Funktionsweise des räumlichen Monitorings.....	30
2.3.1 Institutionelle Kooperationen zur Datengewinnung.....	32
2.4 Indikatoren räumlicher Entwicklung.....	33
2.5 Werkzeuge der Raumabgrenzung.....	36
2.5.1 Lebensweltlich orientierte Räume.....	39
2.6 Steuerungsmöglichkeiten der Stadtentwicklung.....	41
2.6.1 Stadtumbau & Soziale Stadt.....	43
2.7 Gebietsbezug der Förderprogramme.....	45
2.8 Wissenschaftliche Raumtheorien.....	47
2.9 Zwischenergebnis Stadtentwicklung und Stadtplanung.....	52

3.	Theorien und Methoden der Raumentwicklung	55
3.1	Die Betrachtung von Prozessen.....	55
3.2	Systeme und Netzwerke.....	56
3.3	Raumauffassung der neueren Wirtschaftsgeographie:.....	57
3.3.1	Mikroökonomie und Embeddedness.....	57
3.3.2	Analyse ökonomischer Beziehungen.....	60
3.3.3	Soziales Kapital.....	62
3.4	Interaktion.....	64
3.5	Räumliche Ausbreitung von Informationen.....	69
3.6	Komplementarität in der Stadtentwicklung.....	73
3.7	Verknüpfung räumlicher und sozialer Interaktionen	74
3.8	Dynamik räumlicher Prozesse.....	77
3.9	Rhythmen städtischer Veränderungen.....	81
3.10	Lebenszyklen in der Immobilienwirtschaft.....	83
3.11	Stabilität von Stadtentwicklungsprozessen.....	85
4.	Konzeption des Simulationsmodells	89
4.1	Grundlagen der Modellstruktur.....	93
4.2	Multiagentensysteme	93
4.3	Topologie der Stadtstruktur.....	96
4.4	Nachbarschaftsbeziehungen.....	100
4.5	Struktur und Aufbau des Simulationsmodells.....	107
4.6	Die obere Modellebene.....	110
4.6.1	Aufbau und Funktion der oberen Modellebene.....	110
4.6.2	Simulationsablauf und Messmethoden.....	115
4.6.3	Methoden der quantitativen Datenauswertung.....	116
4.6.4	Mathematische Zusammenhänge.....	120
4.6.5	Methoden der qualitativen Datenauswertung.....	123
4.6.6	Netzwerkdichte.....	124
4.6.7	Grad der Verbundenheit.....	124
4.6.8	Strukturelle Merkmale in Netzwerken.....	126
4.6.9	Zwischenergebnis der qualitativen Messmethoden.....	130
4.6.10	Zusammenführung der qualitativen und quantitativen Ergebnisse.....	131
4.6.11	Analyse von Ähnlichkeiten durch Kreuzkorrelation.....	132

4.7	Die untere Modellebene.....	136
4.7.1	Simulationsverlauf und Messmethoden.....	136
4.7.2	Räumliche Abgrenzungsmöglichkeiten.....	138
4.7.3	Messgrößen des Nachbarschaftsgraphen.....	140
4.7.4	Pfadsuche und Informationsexpansion.....	143
4.7.5	Ergänzungen zur unteren Modellebene.....	150
4.7.6	Zwischenergebnis zur unteren Modellebene.....	153
4.8	Zusammenführung der oberen und unteren Modellebene.....	154
4.9	Betrachtungen der qualitativen und quantitativen Ergebnisse im rückgekoppelten Gesamtmodell.....	158
5.	Zusammenfassung und Ausblick.....	161
5.1	Hintergrund und Theorie des Modellaufbaus.....	161
5.2	Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse.....	162
5.3	Diskussion aus Perspektive der Stadtplanung.....	163
5.4	Diskussion aus Perspektive der Immobilienökonomie.....	164
5.5	Ausblick auf weiterführende empirische und nicht-empirische Forschungsthemen.....	166
	Abbildungsverzeichnis.....	169
	Quellenangaben.....	174
	Zusammenfassung.....	184
	Curriculum Vitae.....	185
	CD-Datenträger mit Programmdateien (Einbindung am Dokumentende)	

Vorwort

Jeden Tag ist sie uns im Weg – die Baustelle. Wir sitzen auf dem Fahrrad und versuchen, waghalsig einen Weg zwischen aufgebrachtten Autofahrern zu finden. Passanten kreuzen in Schwärmen die Straße über Zebrastreifen, von denen keiner mehr weiß, ob sie in der provisorischen Verkehrsführung überhaupt noch Gültigkeit besitzen. Am späten Vormittag, wenn die erste Welle des Berufsverkehrs vorübergezogen ist, entspannt sich die Situation ein wenig, um dann zum Nachmittag hin wieder im Chaos zu versinken.

Die Straßen zwischen den Gebäuden sind kaputt. Asphaltlöcher aller Größen werden vom Straßenbauamt in regelmäßigen Abständen immer wieder mit Teer aufgefüllt. Die vollständige Erneuerung der Straße, einschließlich Begrenzung auf zwei Fahrspuren ist im Stadtrat schon lange verabschiedet worden. In der Fülle der Baumaßnahmen kommt die Straßenerneuerung aber als Letztes an die Reihe. Eine vorzeitige Erneuerung würde bei all den Kran- und Grabegeräten, die Tag für Tag den Untergrund aushöhlen, kaum Sinn ergeben.

Die neue U-Bahn-Strecke, die hier mitten in der Innenstadt gebaut wird, soll als zusätzliches Infrastrukturelement eine adäquate Verbindung der jüngeren Stadtareale mit dem historischen Stadtkern gewährleisten. Die Gleise der alten, oberirdischen Straßenbahn sind noch als teervergossene Stahllinien im Straßenbelag sichtbar. Einzelne Gebäude im Umfeld der Baustelle sind nach und nach in den Leerstand überführt worden, indem Mietverträge nicht weiter verlängert oder Modernisierungsarbeiten bewusst aufgeschoben wurden. Die Hauseigentümer versprechen sich eine deutliche Wertsteigerung ihrer Immobilien, wenn die neue U-Bahnstation vollendet ist und der Platz als hochfrequentierter Halte- und Umsteigepunkt dient. Globale Konzerne und Großhandelsketten haben das Potential der künftigen Standortattraktivität schon früh erkannt, so dass die Leuchtreklamen ihrer Filialketten bereits heute schon durch Bauzäune und Arbeitscontainer einwandfrei zu erkennen sind, wo im Vorjahr noch ein Schnellimbiss und ein Wettbüro geöffnet hatten.

Nicht das dies unvertraut klingt oder irgendwo anders wäre.

Jegliche Siedlungsformen in allen Regionen der Erde befinden sich in einem kontinuierlichen Veränderungsprozess.

Aber was verändert sich oder vielleicht besser, wer verändert was?

Wollte man alle sich verändernden Elemente, Bauteile und Eigenschaften der eingangs beschriebenen Szenerie in exakter Summe auflisten, würde man schnell an kapazitäre Grenzen stoßen. In der Regel entwickelt jeder Betroffene eine eigene Hierarchie innerhalb der er oder sie die Summe aller Veränderungen auf eine einzige kurze Aussage verkürzt, z.B.: „Da wird gerade die Straße aufgerissen...“ oder: „Sieht aus als ob der ganze Block neu gebaut wird.“ .

An dieser Betrachtung ist von besonderem Interesse, dass die Beschreibung einer sich verändernden Situation häufig als *Zustand* definiert wird und eher selten als kurze, vorübergehende Maßnahme. Doch wann genau beginnt eigentlich dieser *Zustand der Veränderung* oder wann ist er endgültig abgeschlossen? Zahlreiche Einflussfaktoren bedingen immer andere zeitliche Abgrenzungen. Mithin ist es äußerst schwierig überhaupt einen Zeitpunkt festzulegen. Wer kann schon sagen, wann die Notwendigkeit einer neuen U-Bahn-Linie entstanden ist? Wohl kennen wir den Termin, wann der Entschluss im Stadtrat verabschiedet wurde. Wir können auch den Startpunkt der Bauarbeiten an Stelle xy exakt terminieren. Dennoch bleibt es nahezu unmöglich, alle Zusammenhänge und bedingenden Einflüsse, die zu der einen oder anderen Entscheidung geführt haben zeitlich zu bestimmen. Demnach liegt der Schluss nahe, dass wir uns eigentlich in einem *permanenten* Zustand der Veränderung befinden.

Würde man alle Satellitenaufnahmen einer beliebigen Stadt aus den letzten Jahrzehnten in gleicher Perspektive zu einem Film zusammenfügen, ließe sich der Zustand permanenter Veränderung als Zeitrafferaufnahme deutlich ablesen. Menschen-, Fahrzeug- und Güterströme würden als Partikelteilchen die betrachtete Umgebung durchqueren, ansteuern, aktivieren, zahlreiche Areale auf-, ab- und umbauen und die städtische Materie damit ständig weiterentwickeln. Zählt man nun noch die nicht auf der Oberfläche sichtbaren Elemente, wie z.B. unterirdische Kanalisationen, im Untergrund fahrende Verkehrsmittel oder technische Versorgungsmedien hinzu, ergibt sich eine in allen Dimensionen durchflossene Raumstruktur permanenten Wandels.

Allgemein gesagt, die wichtigste Funktion: das Durchfließen des Raums mit Menschen, Gütern, Daten oder sonstigen Elementen blieb der Stadt über all die Jahre immanent. Doch der Allgemeinheit dieser Aussage in hinreichender Näherung gegenüberzutreten, ist eine der Intentionen dieser Arbeit.

1. Einleitung

1.1 Hintergrund und Motivation

Die „Stadt“ - ein Wortbild.

Helmuth Berking und Martina Löw bezeichnen damit relativ treffend die vielschichtigen Bedeutungs- und Interpretationsmöglichkeiten des Stadtbegriffs in ihrem Buch „Die Eigenlogik der Städte“ [2008].

Als komplexe Struktur unterschiedlichster Verknüpfungen, Bezüge und Raumbereiche bildet die Stadt den Lebensmittelpunkt für weltweit mehr als die Hälfte der Gesamtbevölkerung. Es ist ein Ort an dem sich ökonomische, ökologische, politische, soziale und kulturelle Prozesse kontinuierlich vergegenständlichen und wandeln. Dieser permanente Wandel urbaner Strukturen lässt gegenwärtig immer neue Einflussfaktoren erkennen, die im Zuge der Globalisierung und demographischen Entwicklung stadtplanerisches Handeln zunehmend komplexer werden lassen. Das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) prognostiziert, dass die damit einhergehenden Bedarfs- und Angebotsveränderungen in fast allen Lebensbereichen weltweit erhebliche sozio-ökonomische Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft erwarten lassen. Die aktuelle Suche nach Leitbildern und Handlungsstrategien thematisiert die Notwendigkeit einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung, die zum einen funktions- und leistungsfähig bleibt, zum anderen sich flexibel den Anforderungen des globalen Wandels annimmt [vgl. Städtebaulicher Bericht der Bundesregierung, BBR 2004].

Grundsätzlich haben Veränderungen, beispielsweise des gesellschaftlichen oder ökonomischen Zustands, unmittelbar Auswirkung auf das Leben innerhalb der Stadt und auf ihr äußeres Erscheinungsbild. Es gibt kaum einen Lebensbereich, für den räumliche und strukturelle Umweltveränderungen nicht von Belang wären. Themen, wie zum Beispiel Bevölkerungsabnahme, Überalterung, Abwanderung, etc. bilden weltweit seit jeher einen Schwerpunkt innerhalb des politischen, wirtschaftlichen, gesellschaftlichen und kulturellen Diskurses. Vergleiche mit vergangenen Entwicklungen oder der Bedarf an wissenschaftlich fundierten Prognosen sind für Unternehmen, Dienstleister, Verwaltung genau wie für den einzelnen Bürger von ständigem und existentiellstem Interesse. Die daraus resultierende Verantwortung für Entscheidungen in der *Stadtplanung* und *Stadtentwicklung* begründet die Notwendigkeit eines fortlaufenden Beobachtungs- und Überwachungswerkzeugs - dem sogenannten *Monitoring*.

In Deutschland werden grundsätzlich und fortlaufend Daten und Informationen zur strukturellen Entwicklung des Landes durch die statistischen Ämter des Bundes und der Länder beobachtet, gemessen und bewertet. Die Vorhaltung und laufende Aufbereitung von spezifisch raumbezogenen Informationen ist dabei in der Bundesrepublik Deutschland durch das Raumordnungsgesetz (ROG) gesetzlich verankert¹ und dem zuständigen Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) zugeordnet. Diese permanente Erhebung und Analyse von Daten dient dem näheren Verständnis raumstruktureller Zusammenhänge und der empirischen Überprüfung formulierter Hypothesen urbaner Entwicklungsprozesse.

Gleichzeitig ist dieser Datenbestand an raumbezogenen Informationen auch für große Teile der standort-orientierten Politik- und Wirtschaftsberatung von großem Interesse. Zum Beispiel ist die Wahl des richtigen Standorts für Unternehmen und Dienstleister von entscheidender ökonomischer Bedeutung.

Eine Abnahme der lokalen Kaufkraft oder der Einwohnerzahl im Einzugsgebiet kann erhebliche wirtschaftliche Einbußen zur Folge haben. Die inhaltliche wie auch darstellungstechnische Aufbereitung dieser Rauminformationen durch sogenannte *Geomarketing-Unternehmen* bietet in diesem Zusammenhang ein zur Standortberatung passendes Produkt. Aktuelle geocodierte Datensysteme sind in der Lage, raumbezogene Parameter als Mikro- oder Makrostrukturen dynamisch zu verknüpfen und verschiedene Datenbanken untereinander zu vernetzen. Diese Technologie findet zunehmend Verwendung in den Bereichen der Markt- und Konsumforschung, um potentielle Zielgruppen zu identifizieren und deren Konsumverhalten zu beobachten [vgl. Sinus-Milieus der Sinus-Sociovision GmbH]. Auf diese Art entstehen spezifische kartographische Darstellungen im Stadtteil- und Straßenplanmaßstab, die eine kundenorientierte Auswertung des räumlichen und sozio-ökonomischen Ist-Zustands zeigen [vgl. Mosaic-Milieus der microm Micromarketing-Systeme und Consult GmbH]. Darüberhinaus werden diese Daten in spezifische Werkzeuge zur Risikoabschätzung eingeflochten, die bei Standortentscheidungen und Bonitätsprüfungen eine immer größer werdende Rolle spielen [vgl. Schuldneratlas 2009, Creditreform e.V. oder microdialog der Deutschen Post AG].

Da es sich bei der Zielgruppe dieser Informationen selbst um Stadtakteure, wie Wohnungsbaugesellschaften, Einzelhandelsunternehmen, Dienstleistungs- und Handwerksbetriebe, etc. handelt, liegt es nahe, in oben genannten

¹ § 25 ROG: (1) Das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung führt ein Informationssystem zur räumlichen Entwicklung im Bundesgebiet und in den angrenzenden Gebieten. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung stellt den Ländern die Ergebnisse des Informationssystems zur Verfügung. (2) Das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung erstattet dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zur Vorlage an den Deutschen Bundestag in regelmäßigen Abständen Berichte.

Geomarketing-Produkten ein zur klassischen Stadtplanung indirekt paralleles Steuerungsinstrument zu vermuten. Während die herkömmliche Stadtplanung auf Werkzeugen der empirischen und kartographischen Analyse basiert, vollzieht sich auf der Ebene des Stadtakteurs eine handlungsoptimierte, individualmaßstäbliche Form der Stadtentwicklung. Der Perspektive auf eine Vielzahl von Standorten in einem abgegrenzten Untersuchungsgebiet steht das singuläre Interesse an einem einzigen Standort gegenüber. Unternehmen passen sich in ihren Standortentscheidungen selten übergeordneten, städtebaulichen Leitbildern an. Vielmehr bilden die konjunkturell bedingten, lokal vorhandenen Marktverhältnisse und deren Absatzchancen ein zeitlich begrenztes, kalkulierbares Entscheidungskriterium. Sieht man von der langfristigen, vorbereitenden Stadtplanung ab, bestehen die Handlungsmöglichkeiten der Planungsämter eher in einem reaktiven Zulassen oder Ablehnen von beantragten Nutzungsanfragen im Abgleich mit dem bestehenden Regelwerk. Infolge finden alle Standort- und Nutzungsentscheidungen, die nicht explizit den Planungsrichtlinien widersprechen oder sich in ihrer Art nicht eindeutig den bestehenden Regelwerken zuordnen lassen ihre räumliche und nutzungsspezifische Umsetzung. Trotz der hohen Aktualität und räumlichen Genauigkeit des privatwirtschaftlichen Datenbestandes birgt diese fortwährende Bestätigung vorhandener sozio-ökonomischer Raumzustände die Gefahr sich selbst bestätigender Prognosen (i.A. als *self-fulfilling prophecies* bezeichnet). Die bisher angewandten, administrativen Werkzeuge der Strukturplanung basieren hauptsächlich auf *statischen* Informationssystemen und durch *räumliche Abgrenzung* fixierte Handlungsstrategien, was im Folgenden noch eingehender erläutert wird. Aus diesem Grund sind die Komplexität der Auswirkungen derartiger Prozesse und der räumliche Verlauf der daraus resultierenden Segregation im Vorfeld mit herkömmlichen Planungswerkzeugen nur sehr schwer einschätzbar.

Der hier angesprochene Begriff *Komplexität* beschreibt im allgemeinen dynamische und unregelmäßige Prozessverläufe, die durch sich selbst und einer Vielzahl zum Teil noch unbekannter Wirkfaktoren beeinflusst werden. Ein Beispiel: Jegliche Standortentscheidungen lassen sich in ihrer Wirkung nicht nur auf die ausgewählte Grundstücksparzelle beschränken, sondern werden darüber hinaus auch in ihrem räumlichen Umfeld wahrgenommen. Es ist also davon auszugehen, dass jede ökonomisch motivierte Standortentscheidung nicht nur sich selbst genügt, sondern darüber hinaus ein Signal an sein räumliches Umfeld darstellt, infolgedessen sich andere Akteure in ihrem ökonomischen Standortverhalten

orientieren können. Clusterbildungen bestimmter Dienstleistungen sind dabei nur ein Beispiel an dem deutlich wird, wie sehr Standortentscheidungen und marktwirtschaftliche Prozesse in der Entwicklung städtischer Räume miteinander verwoben sind.

Der inhaltliche Ansatz und die Motivation dieser Dissertation besteht nicht in einer empirischen Untersuchung der angesprochenen Wechselwirkungen, sondern versucht, im handlungsoptimierten Verhalten der Stadtakteure eine neue Form der Lesbarkeit urbaner Strukturen zu finden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, dynamische ökonomische Zusammenhänge und ihre räumlichen Auswirkungen in einer exakteren Form darstellbar, messbar und interpretierbar zu machen. Anders formuliert:

Lassen sich Standort- oder Nutzungsentscheidungen in ihrer stadträumlichen Wirkung abbilden und möglicherweise die Auswirkungen eines simulierten Gesamtmarktverhaltens in Relation zur topologischen Stadtstruktur abschätzen?

Zur Klärung dieser Fragestellung werden Methoden und Werkzeuge aus den Bereichen der Geographie, der sozialen Netzwerkanalyse, der Immobilienökonomie und der Stadtplanung in Form eines Machbarkeitsnachweises zu einem nicht-empirischen Modell urbaner Veränderungsprozesse verknüpft (*Proof-of-Concept*). Die Konzeption und programmiertechnische Umsetzung als Simulationsmodell, sowie eine erste, prototypische Auswertung der Ergebnisse zeigen einen Weg vom aktuellen, oben beschriebenen Diskurs zu empirisch-naturwissenschaftlichen Erkenntnismodellen, um mögliche Ansätze für zukünftige Planungsinstrumente zu finden.

1.2 Methodische Eingrenzung und Hypothesen

Die vorliegende Arbeit nähert sich dem allgegenwärtigen Phänomen *Stadt* aus einer prozessualen und systemtheoretischen Perspektive.

Der hierin verwendete Begriff „Stadt“ umfasst sämtliche personale, räumliche, soziale, ökonomische und prozessuale Komponenten einschließlich der Einbettung in ihren Beziehungskontext. Sie bildet somit eine dynamische Organisationsform räumlicher, sozialer, kommunikativer und ökonomischer Wechselwirkungen. Die einzelnen städtischen Handlungen und Interaktionen besitzen eine derart große Vielfalt an wechselseitigen Einflussfaktoren, dass sie im Gesamtzusammenhang keinesfalls als kausale, linear-verknüpfte Einzelkomponenten betrachtet werden können. Mit Verweis auf die Ausführungen Luhmanns [1984] zur Systemtheorie und in Anlehnung an die Forschungen des Santa-Fe-Instituts [vgl. Page, S., 1998] wird *Stadt* demnach als ein *komplexes System* definiert, dessen dynamisches Interaktionsverhalten über begrenzte Zeitverläufe untersucht wird. Die bereits mehrfach erwähnte „prozessuale Perspektive“ innerhalb dieser Arbeit besteht darin, weder Ursache noch Wirkung städtischer Veränderungsprozesse im Sinne eines kausalen Einzelzusammenhangs isoliert zu betrachten, sondern die gesamte Entwicklungsphase vom Initialzeitpunkt über interagierende Zwischenstufen bis zu einem definierten Endzustand in die Untersuchung möglicher Wechselwirkungen miteinzubeziehen. *Prozess* bedeutet in diesem Zusammenhang nicht die Veränderung zeitlich aufeinander folgender Einzelzustände zu dokumentieren, sondern *Wandel und Dauer* als gemeinsame dynamische Kategorie zu verstehen, die als eigenständige Erscheinungsform ihrerseits neue Wechselwirkungen auslöst.

Da aber sowohl die Komplexität als auch die Dynamik einer städtischen Entwicklung im Gesamtzusammenhang nicht abbildbar sind, wird daher in den nachfolgenden Ausführungen repräsentativ ein sehr stark abgegrenztes Modell entwickelt, an dem ausgewählte Elemente einer fiktiven städtischen Struktur in ihrem Verhalten beobachtet werden können. Unter Verwendung multiagenter Simulationsmethoden können auf diese Art Interaktionsmuster und etwaige Selbstorganisationsprozesse im *bottom-up-Verfahren* beobachtet und differenziert werden.

Diese Arbeit wird damit dem relativ jungen Forschungsgebiet der angewandten Theorie komplexer Systeme zugeordnet. Die Aufgabe dieser wissenschaftlichen Auseinandersetzung ist es, z.B. in geographischen, ökonomischen, raumstrukturellen oder sozialwissenschaftlichen Themen die Wechselwirkungen und Selbst-

organisationsformen dynamischer Prozesse zu analysieren.

Hierbei kommen insbesondere Methoden der Chaos- und Netzwerktheorie, der diskreten Mathematik, sowie multiagente Simulationsverfahren zum Einsatz. Exemplarisch können hier Beiträge von Klügl [2001], Koch [2003], Mandl [2003], Gilbert und Troitzsch [2005] oder im weiteren theoretischen Kontext von Portugali [2000, 2006], Batty [2005] als Beispielarbeiten dieser Forschungsrichtung angeführt werden.

Die Anwendung der Komplexitätstheorie und ihrer Untersuchungsmethoden auf die oben beschriebenen, aktuellen Probleme städtischer Strukturveränderungen, insbesondere unter dem Gesichtspunkt der (Stadt-)Planung ist noch relativ neu. Neben einigen erwähnenswerten älteren Beiträgen von Wegener [1994] und aktuelleren Ansätzen bei Franck [2002], Spiekermann/Wegener [2002,2009] und Nagel/Koll-Schretzenmayr [2007] ist dieser Weg noch relativ unbeschritten. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen methodischen Beitrag zur weiteren Öffnung des Themas für anknüpfende Forschungsarbeiten zu leisten.

„Voraussetzung für jede erfolgreiche Simulationsstudie ist, dass ein Modellierer einen Teil der Wirklichkeit so in einem Modell abbildet, dass das Modell diesen Ausschnitt für das Simulationsziel ausreichend genau widerspiegelt.“²

Im Rahmen dieser Dissertation soll der Fragestellung nachgegangen werden, ob sich die handlungsoptimierten Interaktionen städtischer Einzelakteure in ihren Auswirkungen auf die städtische Struktur simulativ abbilden lassen. Im Gegensatz zu vielen agentenbasierten Simulationsmodellen städtischer Wachstums- und Wegeoptimierungsprozesse [vgl. Batty 2005, Portugali 2006 oder König 2008] wird in dieser Arbeit von einer *gegebenen* Stadtstruktur ausgegangen, innerhalb der sich die angesprochenen Prozesse verorten lassen. Wie im folgenden noch eingehender erläutert wird, eignet sich die Darstellung der städtischen Struktur auf Quartiersebene am besten zur Visualisierung innerstädtischer Standortzusammenhänge.

In Anbetracht des experimentellen Charakters des hier vorgestellten Modells erscheint es wenig sinnvoll, ein reales Stadtquartier zum Ausgangspunkt der Untersuchung zu machen, da eine maximale Abstraktion auf ausschließlich die prozessbeeinflussenden Parameter notwendig für den Erhalt aussagekräftiger Resultate ist. Somit repräsentiert die Modellstruktur ein rein fiktives Stadtquartier mit einer frei gewählten Nutzungsstruktur.

² aus: Informatiklexikon - Multiagentensimulation, Gesellschaft für Informatik e.V., 2007

In der inhaltlichen Herleitung der nachfolgenden Kapitel wird ein bestimmter Interaktionsprozess ausgewählt, der den Verlauf der Simulation charakterisiert: das *Interagieren* verschiedener Nutzungsstandorte auf Basis einer ungerichteten, immobilienökonomischen *Angebots-Nachfrage Beziehung*.

Wie im weiteren Verlauf noch erklärt wird, stellen diese gegenseitigen Standortbeziehungen wichtige Grundmuster des städtischen Zusammenlebens dar. Beeinflusst durch räumliche Nähe, Standortattraktivität und Interaktionsfähigkeit lassen sich hiermit interessante Szenarien urbaner Entwicklungsprozesse modellieren. Da sich aber sowohl städtische als auch konjunkturelle Rahmenbedingungen permanent wandeln, werden diese Beziehungen kontinuierlich in Frage gestellt. In gleicher Weise stellen die momentan existierenden Angebots-Nachfrage-Beziehungen ihrerseits auch immer nur einen temporären Zustand dar, der sich über die aktuell vorhandenen Akteure und ihre zu diesem Zeitpunkt ablaufenden ökonomischen Tauschprozesse definiert. Mit Verweis auf die einführenden Anmerkungen zur Systemtheorie in Kapitel 1.2 kann auch dieses Verhalten marktwirtschaftlich verbundener Akteure als ein komplexes System bezeichnet werden. Die Frage, ob derartige immobilienökonomische Beziehungen zwischen Standortakteuren über längeren Zeitraum *diffus* und *voneinander unabhängig* ablaufen oder unter welchen Umständen hierbei von einem *emergenten, synergetischen System* gesprochen werden sollte, kann demnach als eine der Hauptfragestellungen dieser Arbeit aufgefasst werden.

Geht man davon aus, dass Angebots-Nachfrage-Beziehungen sich grundsätzlich an den ökonomisch-optimalsten Transaktionen orientieren, dem sogenannten *Best Deal* und das Gesamtmarktgeschehen, wie oben erwähnt, als dynamisches System zu verstehen ist, lassen sich in Bezug auf die nachfolgenden Konzeptansätze folgende detaillierte Hypothesen an einen derartigen Modelllaufbau knüpfen:

- *In der Modellierung immobilienökonomischer Interaktionsbeziehungen lassen sich zeitlich stabile Muster finden.*

Da aber derartige Transaktionsprozesse innerhalb des städtischen Raums stattfinden beziehungsweise innerhalb dieser Arbeit im städtischen Raum verortet werden, bleibt zu klären ob sie grundsätzlich an jeder Stelle des Raums gleich ablaufen. Infolgedessen lässt sich zur Überprüfung formulieren:

- *Die zeitliche Stabilität von Mustern im Interaktionsverhalten der Akteure ist von der topologischen Struktur des Raumes unabhängig.*

Geht man, wie hier vermutet, von der Annahme aus, dass ökonomisches Interaktionsverhalten durchaus durch die räumlichen Gegebenheiten beeinflusst wird und die Struktur einer Stadt ihrerseits durch externe Planungsentscheidungen beeinflusst und verändert wird, ist folgender Nachweis im Umkehrschluss von besonderem Interesse:

- *Bestimmte Regionen des Interaktionsnetzes sind von externen Planungsentscheidungen mehr betroffen als andere.*

Schlussendlich bleibt zu klären, ob bei den beobachteten Systemen unter gemeinsamer Berücksichtigung der zeitlichen, räumlichen und aktEURSSPEZIFISCHEN Einflussgrößen tatsächlich von *Emergenz* gesprochen werden kann, insbesondere die Annahme:

- *Im Entscheidungsverhalten interagierender Akteure lassen sich selbstorganisierende Strukturen beobachten.*

Ausgehend von diesen Hypothesen wird im nachfolgenden Kapitel der Aufbau und die Struktur der Arbeit eingehender erläutert.

1.4 Aufbau und Struktur der Arbeit

Diese Dissertation gliedert sich in zwei Bausteine:

Der *erste, theoretische* Teil dient der inhaltlichen Vorbereitung wie auch der Zusammenstellung und Erörterung benötigter wissenschaftlicher Konzepte.

Zunächst wird erläutert in welchen räumlichen Bereichen sich die zukünftigen Aufgaben der Stadtplanung verorten lassen und worin die Problematik in der Umsetzung besteht. Die Risiken einer *sich selbstbestätigenden Stadtentwicklung* und die darausfolgende Notwendigkeit räumliche Informationen fortlaufend zu dokumentieren, werden im folgenden Kapitel des *Stadtmonitorings* erläutert.

Ausgehend von der Beschreibung der Funktionsweise und Bausteine des Monitorings entsteht ein Übergang zu den *aktuellen Steuerungswerkzeugen* der Stadtentwicklung. Am Beispiel verschiedener Forschungsansätze wird die Problematik fehlender Werkzeuge zur Bewältigung aktueller Herausforderungen erörtert. Verschiedene Diskurse erläutern dabei die wichtige Rolle, die eine ökonomische Immobilienprojektentwicklung als beeinflussender Stadtakteur einnimmt.

Unter Verwendung aktueller Konzepte *wissenschaftlicher Raumtheorien*, werden handlungstheoretische Forschungsansätze aus der Geographie vorgestellt und in die Fragestellung mit einbezogen. Zum Abschluss dieses Abschnitts wird aus den zusammengetragenen Informationen und wissenschaftlichen Konzepten ein Weg zu einem *interdisziplinären prozessualen Analysemodell* aufgezeigt.

Im *zweiten, konzeptionellen* Abschnitt dieser Arbeit wird dieses Analysewerkzeug als agentenbasiertes Simulationsmodell entwickelt, programmiert wie auch in seinen mathematischen Zusammenhängen in drei aufeinander aufbauenden Teilen vorgestellt und exemplarisch angewendet. Die vorgestellten Algorithmen und Prozeduren sind als einzelne Programmbausteine (Code Examples in NetLogo 4.1) dieser Arbeit ebenso beigelegt, wie das finale Programm des Gesamtmodells (NetLogo 4.1 3D). An Hand der abgeleiteten Resultate werden abschließend die formulierten Hypothesen überprüft und in ihrer Bedeutung für den Stadtplanungsprozess diskutiert.

Aufgrund des interdisziplinären Charakters dieser Arbeit wird der jeweils *innere* Rand jeder Seite für wichtige im Text besprochene Stichwörter freigehalten, um ein Vor- und Zurückblättern bei möglichen inhaltlichen Fragen zu erleichtern. Wichtige inhaltliche Begriffe werden im Text *kursiv* dargestellt, ansonsten entspricht die Arbeit im Grunde den üblichen formalen Konventionen.

2. Aspekte der Standortentwicklung

2.1 Zukünftige Aufgaben der Stadtplanung



Abb. 1: Straßenkreuzung in Köln-Raderberg

Die seit den 50er Jahren zu beobachtenden Suburbanisierungs- und später folgenden Desurbanisierungsprozesse sind in Anbetracht des immensen Flächen- und Ressourcenverbrauchs und der demographischen Entwicklung hin zu einer alternden Gesellschaft weder finanzierbar noch strukturell zukunftstauglich.

In nahezu allen größeren Städten ist seit einigen Jahren ein Rückzug der Bevölkerung ins Stadtzentrum zu beobachten. Bodenschätz [2005] prägte in diesem Zusammenhang die Formulierung einer „Renaissance der Innenstädte“.

Damit gehört der *Stadtumbau* in Zukunft zu den wichtigsten städtebaulichen Aufgaben. Mit großmaßstäblichen Stadterneuerungsprojekten wurde in vielen Großstädten diesem Trend Rechnung getragen. Die Öffnung und Umnutzung innerstädtischer Hafensareale in Hamburg, Köln, Düsseldorf und Duisburg oder großmaßstäbliche Neugestaltungen innerstädtischer Brach- und Konversionsflächen, wie z.B. das 5-Höfe-Areal in München oder der Krupp-Gürtel in Essen sind Beispiele einer Revitalisierung der Innenstädte zur Stärkung der Attraktivität als Unternehmensstandort und zur Aufnahme zurückströmender Mittel- und Oberschichten.

Grundsätzlich sind derartige Reaktivierungsstrategien trotz hoher Kosten und der starken privaten Einflussnahme (Public-Privat-Partnership) in ganz Europa als Erfolg zu bewerten. Dennoch muss die Entwicklung dieser *neuen* Stadtkerne durch eine langfristige und nachhaltige Stärkung der Innenstädte konsolidiert werden. Entscheidende Bedeutung kommt hierbei dem Zentrumsrand, als kernumgebender Ring aus Wohnvierteln, Industrie- und Gewerbeflächen und Infrastruktureinrichtungen zu [vgl. Polinna, 2008]. Der Zentrumsrand wird für das Funktionieren der Gesamtstadt demnach zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Die Eigenschaften des Zentrumsrandes lassen sich durch eine Vielzahl unterschiedlicher Faktoren charakterisieren. In diesen Stadtbereichen lebt der größte Teil aller Stadtbewohner. Daher weist der Zentrumsrand einen enorm umfangreichen, aber zum Teil schlechten und überalterten Gebäude- und Wohnungsbestand auf. Die morphologische Siedlungsstruktur ist zum Teil stark fragmentiert und äußerst heterogen. Nichts desto trotz finden sich hier neben einem überproportional hohen Anteil an Infrastrukturf lächen große Flächenreservoirs in ehemaligen Industriestandorten. Die zum Teil hohe Konzentration von Immigranten birgt die Gefahr einer sich verstärkenden Segregation. Polinna [2008] weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass die sozialen und kulturellen Einrichtungen des Zentrumsrandes den Großteil der gesellschaftlichen Integrationsleistung bewältigen müssen.

Zentrumsrand

Entgegen der zentralen Lage im Stadtkern sind hier öffentlichkeitswirksame, gut zu vermarktende und investorenfreundliche Umbaustrategien nur schwer umsetzbar. Andererseits bietet die Lage am Zentrumsrand aufgrund niedriger Einstandsinvestition bei besseren Entwicklungsmöglichkeiten Chancen auf eine langfristig höhere Rendite als im Zentrum.

Wegen der zuletzt genannten Investitionshemmnisse für private Entwicklungsgesellschaften und Investoren kann nicht auf die gleichen Aufwertungsmechanismen wie im Zentrum zurück gegriffen werden.

Die vorhandene und z.T. noch andauernde Fragmentierung der Stadtstruktur außerhalb des Kernbereichs erschwert die räumlichen, sozialen und strukturellen Abgrenzungsmöglichkeiten zu Analyse- und Bewertungszwecken.

Das Auffinden bestehender Strukturen, wie auch die Entwicklung attraktiver Stadtteilidentitäten stellt aber einen entscheidenden Faktor zur Verbesserung oder Aufwertung strukturschwacher Stadtgebiete innerhalb des Stadtentwicklungsprozesses dar.

Als weitere Problempunkte sind außerdem die finanzielle Handlungsschwäche der Kommunen durch Langzeitverschuldung und mangelnde konjunkturelle Gewerbesteuererinnahmen, als auch sich selbst bestätigende Markt- und Standorteinschätzungen durch Datenmangel, insbesondere bei Städten außerhalb der A-Lagen anzumerken. Als Folge der bereits in der Einleitung angesprochenen *self-fulfilling prophecies* besteht die Gefahr einer sich beschleunigenden Zunahme der sozioökonomischen Segregation.

2.2 Entwicklungshemmnisse

2.2.1 aus immobilienökonomischer Perspektive: Das Problem der kleinen Märkte

Standort- gebundenheit

Immobilien nehmen, aufgrund der mit ihnen verbundenen hohen Investitionsvolumina, den größten Anteil am Gesamtvermögen privater Haushalte als auch Unternehmen ein. [vgl. Schulte/Bone-Winkel/Focke, 2008]

Immobilien unterscheiden sich zudem durch eine Vielzahl besonderer Eigenschaften von anderen Gütern. Immobilienmärkte weichen beispielsweise mehr als andere Gütermärkte vom neoklassischen Modell des vollkommenen Marktes ab. Bone-Winkel [2008] begründet dies durch die besonderen Charakteristika der Immobilie. Die *Standortgebundenheit* bildet hierbei die zentralste Eigenschaft. Immobilien sind, wie der Name schon sagt, immobil, also nicht beweglich.

Eine Immobilie wird immer durch ihre spezifische Lage im Hinblick auf ihre Nutzungsmöglichkeiten, als auch auf ihren ökonomischen Wert durch den Standort beeinflusst. Jeder Standort ist für sich genommen einzigartig und nicht duplizierbar. Somit besteht auch eine besondere Schwierigkeit im unmittelbaren Vergleich von Immobilien. Die Folge sind keine eindeutig zu definierenden Marktpreise. Schulte spricht hierbei von der *reduzierten Informationsfunktion* der Immobilienpreise. Die lokale Bindung an den Ort bedingt weiterhin, dass Immobilienmärkte immer räumlich-lokale Teilmärkte sind [Schulte, 2008]

2. Aspekte der Standortentwicklung

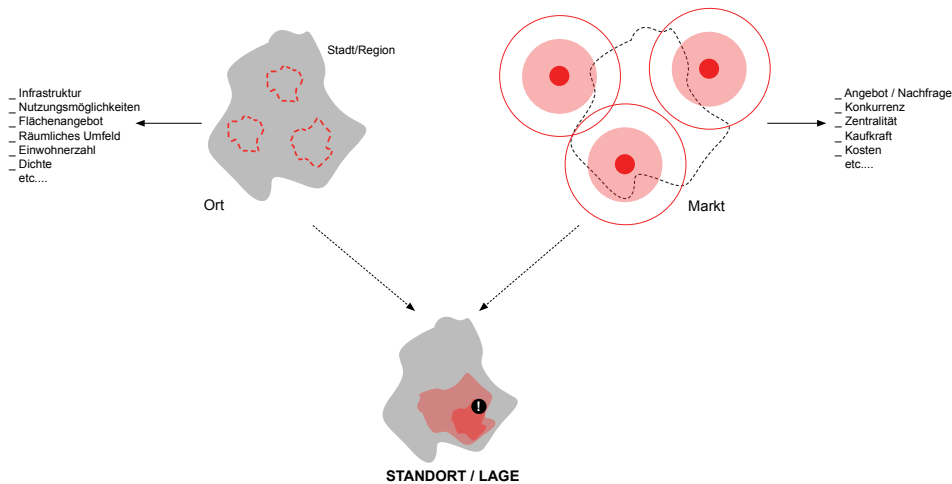


Abb. 2: Schematische Darstellung von Teilmärkten [eigene Darstellung]

Der Standort einer Immobilie nimmt aber die Schlüsselrolle im Hinblick auf ihre Nutzungsmöglichkeiten und Werthaltigkeit ein. [vgl. Immobilienzeitung, 2007] In Ableitung der theoretischen Planungsmaxime Christallers besteht ein direkter Zusammenhang zwischen Standort, Nutzungsart und Nachfrage, wie somit auch zwischen dem lagespezifisch angemessenen Angebot und den hierfür erzielbaren Miet- bzw. Kaufpreis [vgl. Immobilienzeitung, 2007]. Je weniger klar umrissen der relevante Teilmarkt, je größer das zu untersuchende Marktgebiet und je vielschichtiger die konkurrierenden Standorte, desto schwieriger gestaltet sich die Wettbewerbsanalyse [vgl. Immobilienzeitung, 2007]. Teilweise wird von Gutachtern empfohlen, sich die Wettbewerber des relevanten Marktsegments durch eine Internetrecherche des örtlichen Branchenbuchs ausfindig zu machen.

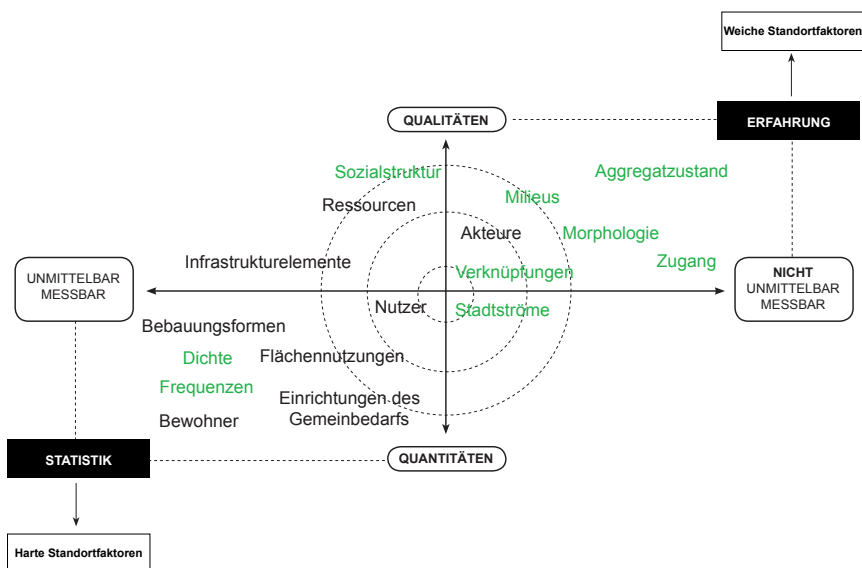


Abb. 3: Schematische Darstellung der Eigenschaften von harten und weichen Standortfaktoren. [eigene Darstellung]

Dziomba, Walther und Muncke [2007] beschreiben die Problematik der Anlagemhemmnisse folgendermaßen: Ein äußerst kleinteiliges und regional gestreutes Portfolio muss auf seine Marktfähigkeit und sein Wertsteigerungspotential geprüft werden. Bei B-Standorten, sind in der Regel Märkte gemeint, die abseits der sieben Immobilienhochburgen liegen. Die geringe Marktgröße und Ausprägung des Immobilienmarkts bedeutet für den Investor:

- Geringe Flächennachfrage
- Schlechte Nachvermietungsprospektiven
- Schlechte Exit-Perspektiven
- Geringe Vermietungsdynamik
- Geringe Mietpreise
- Geringe Liquidität
- zu geringer Entwicklergewinn (Trading Profit)
- Hohes Risiko durch fehlende Benchmarks und Referenz-Deals

Als Vorteile lassen sich vermerken:

- Geringe aber stabile Mieten
- dadurch stabilisierende Wirkung innerhalb des Gesamtportfolios
- Geringere Konkurrenz als in A-Standorten
- Höhere Renditemöglichkeiten

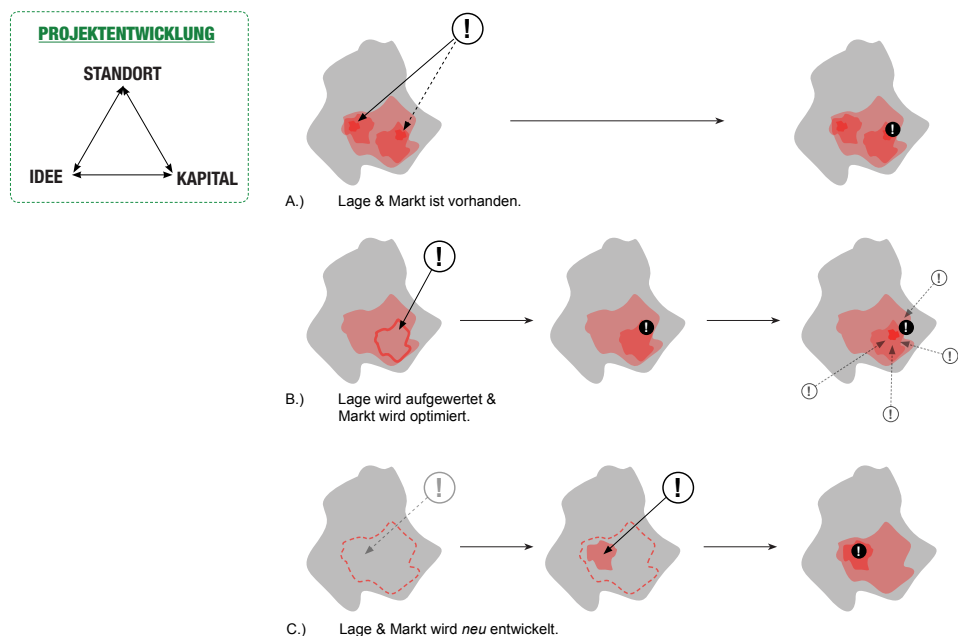


Abb. 4: Schematische Darstellung des Projektentwicklungsprozesses in Abhängigkeit der Lagequalität [eigene Darstellung] Je nach Entwicklungsstadium der Lagequalität ergibt sich für den Projektentwickler eine unterschiedliche Chancen- und Risikobetrachtung seines Investments. Im Falle A.) wird in eine bereits bestehende Lage investiert. Es müssen demnach bestehende Marktanteile erworben werden. Im Falle C.) existiert nur das Potential einer späteren Lagequalität. Dem Investment kommt somit eine Pionierrolle zu, die sich im Falle einer positiven Entwicklung als wirtschaftlicher Vorsprung auszeichnet. Gleichzeitig birgt sie aber auch das größte Risiko in Hinblick auf eine negative Lageentwicklung.

Neben der *Standortanalyse* bildet die Untersuchung der Marktsituationen den wichtigsten Analysebaustein eines Immobilieninvestments.

Die Standortanalyse dient der Vorauswahl standort-geeigneter Nutzungssektoren. Sie bildet die Grundlage für die weitergehende Untersuchung der am Standort vorherrschenden marktrelevanten Rahmenbedingungen.

Die Aufgabe der *Standortanalyse* ist es, alle derzeitigen wie zukünftig absehbaren Gegebenheiten im räumlichen Umfeld einer Immobilie zu erheben und entsprechend ihrer Bedeutung für den jeweiligen Markt- bzw. Nutzungssektor zu beurteilen.

Die *Marktanalyse* hingegen gliedert sich grundsätzlich in drei Bausteine: eine Analyse der *Angebotssituation*, der vorherrschenden *Nachfragebedingungen*, sowie eine zusätzliche *Potentialsanalyse*.

Markt- und
Standortanalyse

In herkömmlicher Verfahrensart wird davon ausgegangen, dass das Projektziel im Zentrum der zu bewertenden umgebenden Standortfaktoren steht.

Am Beispiel der umgebenden Sozialstruktur spielen Faktoren wie Einkommensstruktur, Arbeitslosenanteil, demographische Entwicklung, Migrationsanteil, Kaufkraft, oder Dichte der umgebenden Bevölkerung eine entscheidende Rolle. Motiviert wird die Bewertung dieser Einflussgrößen durch die angestrebte Vermeidung möglicher Risiken für das Projekt. Fällt also die Bewertung der Einkommensstruktur als nachteilig für die gewünschte Standortqualität aus, so wird sie folglich als potentielle Projektschwäche klassifiziert.

Üblicherweise endet damit die Untersuchung dieses einen Standortfaktors.

Eine weitergehende Analyse, für welche anderen Nutzungen sich dennoch Möglichkeiten bieten würden, wird nicht ausgeführt, da es für das Projektziel nicht relevant ist. Die zentrale Ausrichtung der Standortuntersuchung auf das Projektziel lässt daher a priori keinen Perspektivenwechsel zu.

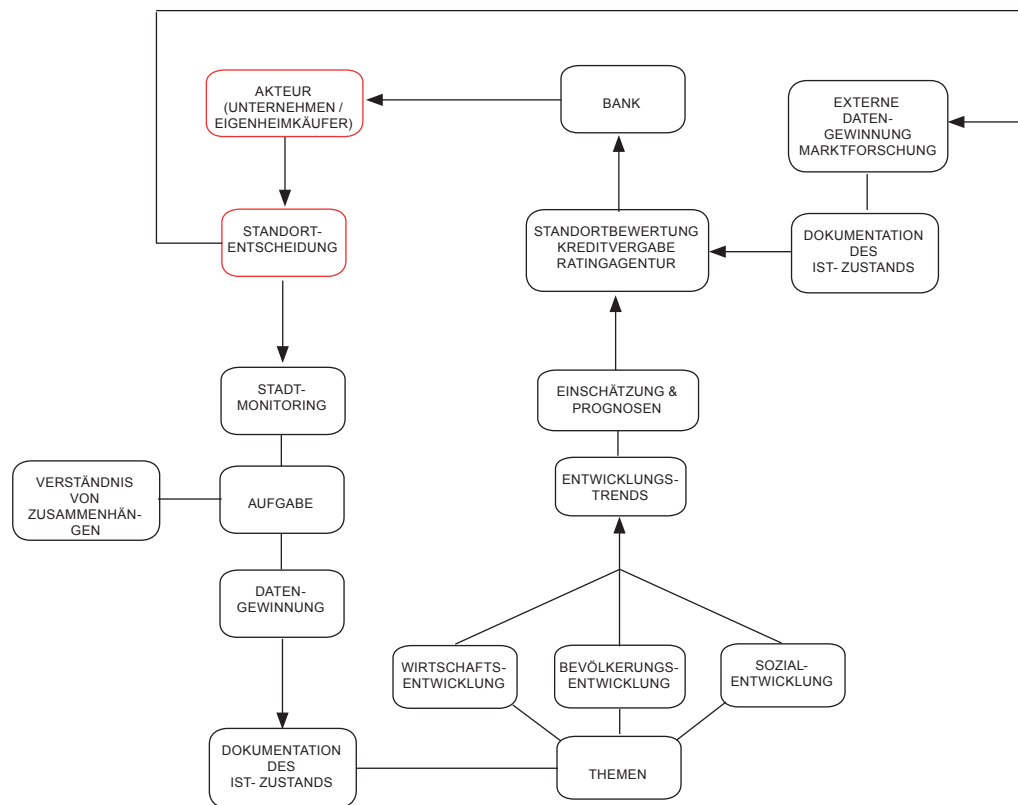


Abb. 5: Prozessskizze einer *self-fulfilling prophecy* aus idealisierter ökonomischer Betrachtung [eigene Darstellung]

Self-fulfilling
Prophecies

Da Standortentscheidungen, wie im Falle von Projektentwicklungen, ökonomischen Notwendigkeiten folgen müssen, gilt es grundsätzlich Risiken soweit wie möglich zu minimieren. In der Immobilienökonomie existieren bereits Werkzeuge, die, zum einen Risiken und zum anderen die darin inliegenden Chancen eingehender strukturieren. Eine entscheidende Rolle übernimmt hierbei die sogenannte *SWOT-Analyse*. Dieses ursprünglich aus der Betriebswirtschaftslehre stammende Instrument gliedert eingetragene Parameter für Stärken und Schwächen zusätzlich nach Chancen und Risiken. In Form einer Matrix werden strategische Zielsetzungen dahingehend geprüft, inwieweit Stärken genutzt werden können, um Risiken abzuwenden, und Schwächen verändert werden können, um neue Möglichkeiten zu nutzen. In letzterer Aussage findet sich ein Aspekt, der im Ansatz die Existenz von negativer Einflussfaktoren zunächst nicht ausschließt. Chancen werden hierbei als *günstige Bedingungen* und Risiken als *ungünstige Bedingungen* definiert. Diese Zustandsbeschreibungen stellen aber noch keine konkreten Strategien oder Handlungsanweisungen dar.

Die Einschätzung der Situation erfolgt also wieder aus zentraler Perspektive des einzelnen Projekts.

2.2.2 Entwicklungshemmnisse aus soziologischer Perspektive: Quartierseffekte

Der sozialen Heterogenität kam bereits in historischen Gesellschaftsentwürfen eine hohe Bedeutung zu. [vgl. Paquot, 2005].

Quartierseffekte

Im Verlauf des 20. Jahrhunderts entwickelte sich die Vorstellung, mit einer gezielten sozialen Mischung der Stadtbevölkerung den Problemen städtischer Armutskonzentrationen entgegenzuwirken, zum allgemeinen Credo der Stadtplanung [Nieszery, 2009]. Unabhängig der sozialen Mischung als städtebauliches Ideal erforschen aktuelle wissenschaftliche Konzeptansätze raumsoziologische Prozesse, wie z.B. *Gentrification* oder *Segregation* in einem spezifischeren Maßstab. Unter dem Begriff *Quartierseffekte* werden sozio-ökonomische Einflussgrößen in ihrer Auswirkung auf die ansässige Bewohnerschaft analysiert.

Um die Forschungen zu Quartierseffekten innerhalb der soziologischen Wissenschaften korrekt zu positionieren, muss zunächst die folgende Annahme zu Grunde gelegt werden:

Das Wohnen in sozial schwachen Stadtbereichen wirkt sich nachteilig auf die Lebensqualität und Chancen der betroffenen Bewohner aus.

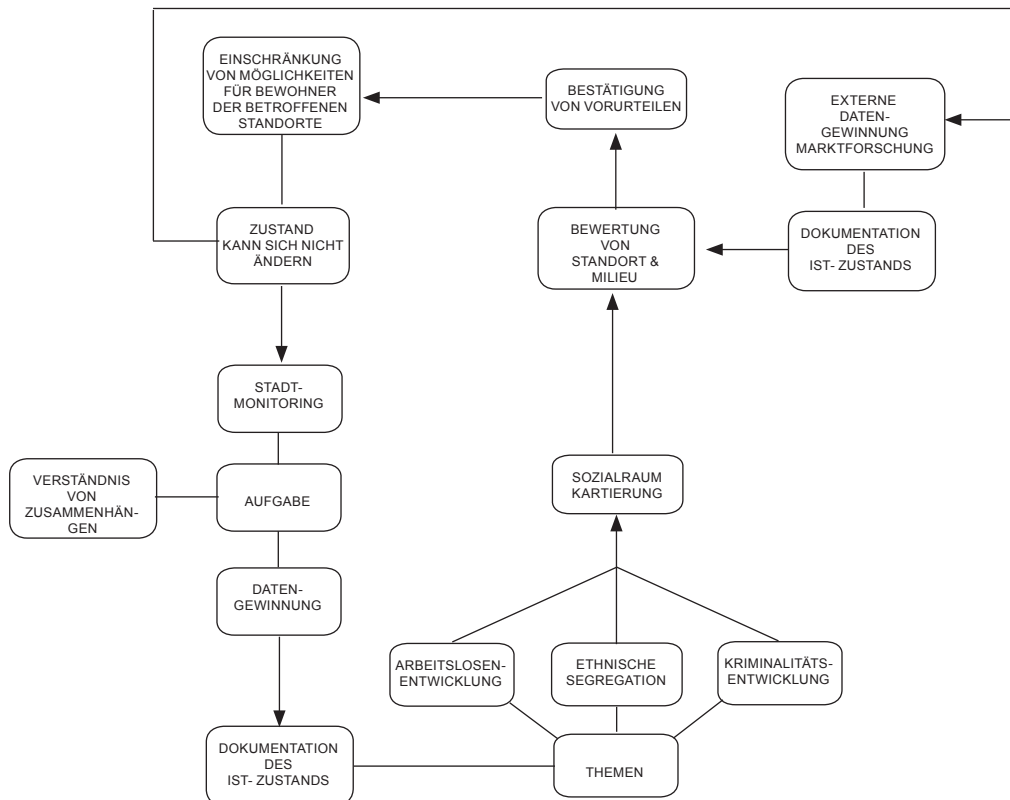


Abb. 6: Prozessskizze einer *self-fulfilling prophecy* aus idealisierter soziologischer Betrachtung [eigene Darstellung]

Global beobachtete Quartierseffekte, wie sie in den Housing Studies „*Frontiers of Quantifying Neighbourhood Effects*“ [Vol.22, Nr.5, 2007] formuliert wurden, lassen sich nach Nieszery [2009] grundsätzlich in drei Wirkdimensionen unterscheiden:

- a.) *Objektive Ressourcen* des Quartiers/der Nachbarschaft
Hierin sind die Qualität des Wohnumfelds, die soziale und kommerzielle Infrastruktur, sowie die Lage und Verkehrsanbindung zusammengefasst.
- b.) Bereich *sozialer Beziehungen*
Unter diesen Punkt werden die Interaktionsdichte im Quartier, die Existenz sozialen Kapitals, als auch vorherrschende Normen und Verhaltensweisen betrachtet.
- c.) *Symbolische Dimension*
Diese Resultieren aus dem Image des Stadtquartiers und möglichen räumlichen Stigmatisierungen oder Erfahrungen mit Ratingnachteilen im Kredit- und Vertragswesen.

Neben den von Atkinson [2005] und Fitzpatrick [2004] erwähnten Untersuchungsparametern der Verwaltungskosten in Bezug auf die soziale Mischung oder dem Maß der Kohäsion in Bezug auf die soziale Homogenität, lassen sich viele weitere Einflussbereiche von Quartierseffekten identifizieren. Folgende Beispiele seien hierfür stichpunktartig erwähnt:

- Die sogenannte *Armutskultur* [„Culture of Poverty“ Lewis 1959]
- *Konzentrationseffekte* der New Urban Underclass [Wilson, 1987]
- Die Bedeutung von *Sozialem Kapital* [Bourdieu, 1983]
- Generelle *Mobilitäts- und Erreichbarkeitsunterschiede*
- Die *Muster sozialer Beziehungen und sozialer Mobilität*

2.3 Bausteine und Funktionsweise des räumlichen *Monitorings*

Unabhängig von einem direkten Verwendungszweck wird durch staatlich initiierte Institute eine fortlaufende Erhebung und Analyse von Daten für das nähere Verständnis raumstruktureller Zusammenhänge und der empirischen Überprüfung formulierter Hypothesen durchgeführt.

laufende
Raumbeobachtung

Seit dem 01.01.2009 werden die wissenschaftlichen Leistungsbereiche, wie z.B. Beobachtung, kontinuierliche Dokumentation und vergleichende Analyse nationaler und europäischer raumstruktureller Veränderungen, dem angegliederten Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) übertragen.

Das in Bonn ansässige Institut übernimmt die wissenschaftliche Beratung des Bundes in Fragen der Stadt- und Raumentwicklung, sowie des Wohnungs-, Immobilien- und Bauwesens. Neben der Organisation und Umsetzung verschiedenster Forschungsprogramme gehört das Arbeitsfeld der *Raumbeobachtung* in den folgenden Rubriken zum Hauptaufgabenbereich des Instituts:

- Laufende Raumbeobachtung
- Vergleichende Stadtbeobachtung
- Europäische Raum- und Stadtbeobachtungen
- Wohnungs- und Immobilienmarktbeobachtung
- Erreichbarkeitsmodell
- Laufende Bevölkerungsumfrage
- Raumwirksame Mittel und
- Raumordnungsprognose

Die Aufbereitung der fortschreitenden Datenerfassungen, Karten, Statistiken, Tabellen und Abbildungen erfolgt dabei u.a. in Form eines räumlichen Informationssystems mit dem Namen *Raumbeobachtung.de*.

Dieses im Internet öffentlich zugängliche Online-Portal bietet eine zum Teil interaktive Bereitstellung der angeforderten Informationen in chronologischer Abfolge und unterschiedlichen thematischen Bezugsebenen.

Regionale Unterschiede des Haushaltseinkommens oder ortsspezifische Angaben zur demographischen Entwicklung sind nur einige Beispiele der online abrufbaren Informationen. Desweiteren können Nutzer durch das interaktive Kartenmodul eigene thematische Deutschlandkarten für alle Gemeinden, Landkreise, kreisfreien Städte und Regionen in den vorliegenden Indikatoren online erstellen und über den Browser selbst ausdrucken.

Neben dem bereits erwähnten Informationssystem *Raubeobachtung.de* geben weitere initiierte Publikationen und Produkte, wie die jährlich erscheinende CD-ROM *INKAR*, regelmäßige Fachzeitschriften (*Informationen zur Raumentwicklung (IzR)* oder *Raumforschung und Raumordnung*), als auch zahlreiche Sonderveröffentlichungen, Expertisen und Kongressveranstaltungen kontinuierlich Auskunft über Tendenzen und Strukturveränderung unserer räumlichen Umgebung. Die zur Verfügung stehenden Komponenten und Indikatoren dokumentieren Inhalte, die „ganz allgemein mit den Lebensverhältnissen der Menschen in ihrer gebauten Umgebung“ in Verbindung gebracht werden [vgl. www.bbsr.bund.de]. Das BBSR benennt in seinem Portfolio für die 16 Bundesländer ca. 180 Indikatoren aus den Bereichen:

Arbeitsmarkt, Bevölkerung/Sozialstruktur, Bildung/Ausbildung, Finanzen, Medizinische Versorgung, Siedlungsstruktur/Flächennutzung, Umwelt, Verkehr
Wirtschaft und Wohnen

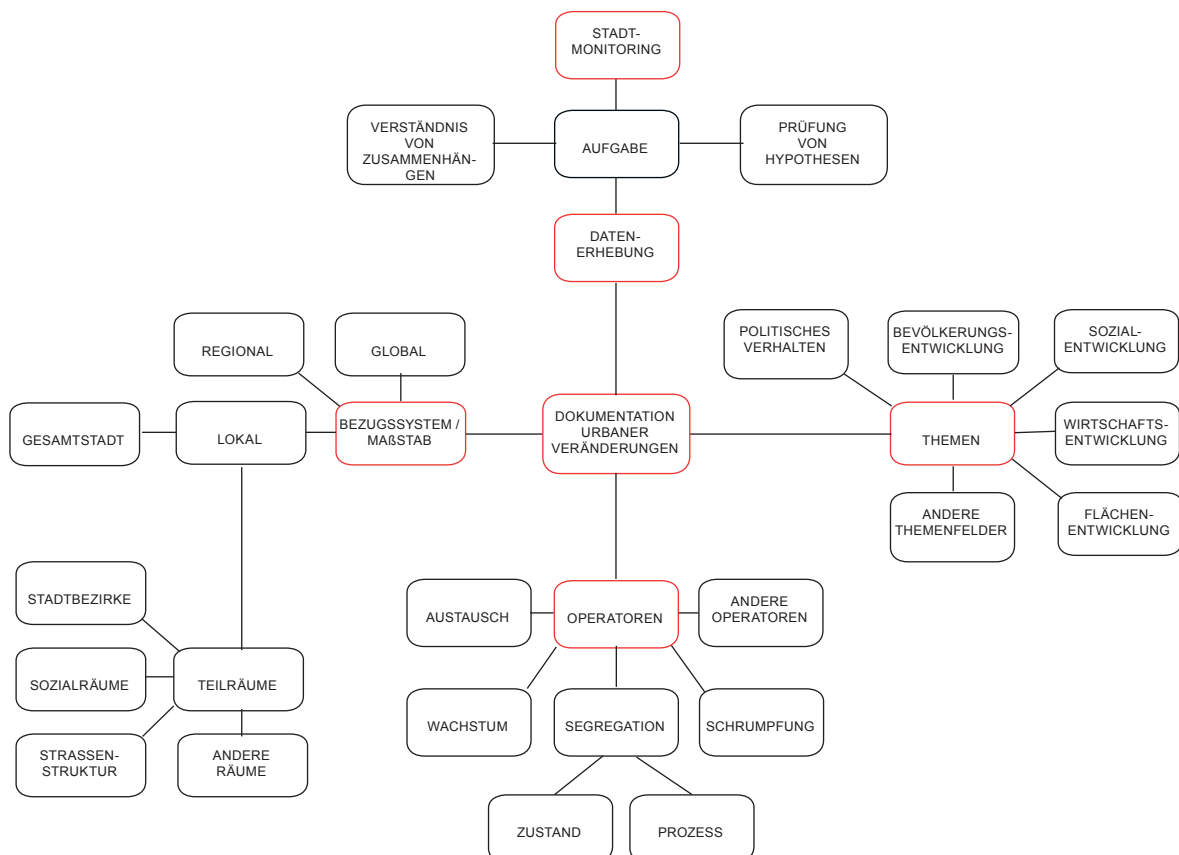


Abb. 7: Strukturdiagramm der Dokumentation urbaner Veränderungen [eigene Darstellung]

2.3.1 Institutionelle Kooperationen zur Datengewinnung

Regelmäßig erhobene Rohdaten vom Statistischen Bundesamt *DESTATIS* und dem Amt für Statistik der Europäischen Gemeinschaft *EUROSTAT* liefern aktuell quantitative Informationen zu insgesamt 28 Themenbereichen, zuzüglich separat erhobener Einzelindikatoren. Der Umgang mit den Daten, sowie die Art und Weise der Erhebung und Veröffentlichung sind durch das Bundesstatistikgesetz *BStatG* juristisch geregelt. Grundsätzlich stehen sie allen ohne Nutzungsbeschränkung über das Online-Portal *www.destatis.de* öffentlich zur Verfügung. Neben dieser Sammlung großmaßstäblicher Bundes- und Regionaldaten besteht die Aufgabe der *vergleichenden Stadtbeobachtung* innerhalb des BBSR in der Kombination und Ergänzung der Informationen durch differenziertere Angaben zu Raum- und Stadtveränderungen.

Eine genaue Beschreibung der verwendeten *Datenebenen* und räumlichen Abgrenzungen erfolgt im nächsten Abschnitt. An dieser Stelle sei aber schon auf die enthaltenen Informationen der *Laufenden Raumb Beobachtung*, auf Ebene der Stadt- und Landkreise, und auf die kleinräumlichen Angaben aus dem Kooperationsprojekt der *innerstädtischen Raumb Beobachtung (IRB)* hingewiesen.

Seit 1986 liefert die *IRB* in Zusammenarbeit des BBSR mit dem *Deutschen Städtetag (DST)*, dem *Verband Deutscher Städtestatistiker (VDSt)*, dem *kommunalstatistischen Informationssystem (KOSIS-Verbund)* und dem *Deutschen Institut für Urbanistik (DIfU)* kleinräumige Daten unterhalb der Gemeindeebene in einen gemeinsamen Pool, den alle Parteien für vergleichende Analysen nutzen können. Seit 2002 erfolgt die Zusammenstellung und Aufbereitung der Daten direkt in Kooperation mit den 50 teilnehmenden Städten.

Neben den *IRB*-Daten finden innerhalb des BBSR-Themengebiets *Stadtbeobachtung* auch noch kleinräumige Basisinformationen der *Arbeitsgemeinschaft Kommunalstatistik (KOSTAT)* Verwendung, sowie weiterhin die im Auftrag der Europäischen Kommission erhobenen Informationen aus dem Stadtbeobachtungsprojekt *Urban Audit*.

Für die inhaltliche Fokussierung dieser Arbeit auf den angesprochenen Quartiersmaßstab sind hierbei die Analysewerkzeuge der *vergleichenden Beobachtung städtischer Räume* von besonderem Interesse.

vergleichende
Beobachtung
städtischer
Räume

Um die erhobenen Informationen für alle Beteiligten gleichermaßen nutzbar zu machen, bedarf es eines *gemeinsamen Ordnungssystems* zur thematischen, räumlichen und zeitlichen Abgrenzung der Untersuchungsinhalte.

Dem BBSR und seinen Partnerinstitutionen stehen hierfür zwei Werkzeuge zur Verfügung:

1. *Indikatoren* und
2. eine hierarchische Gliederung bestimmter *Raumabgrenzungen*.

In den folgenden Abschnitte werden beide Werkzeuge näher erläutert.

2.4 Indikatoren räumlicher Entwicklungen

Eine wissenschaftliche Dokumentation und Analyse urbaner Veränderungsprozesse ist auf vergleichbare und empirisch-valide Informationen angewiesen.

Solche Informationen sind aber nicht unmittelbar aus den erhobenen Daten zu entnehmen. Die thematische Präzisierung innerhalb der Stadt- und Raumbeobachtung erfolgt durch eine Transformation der statistischen Angaben zu sogenannten *Indikatoren*.

In den Naturwissenschaften bezeichnet ein *Indikator* ein Element zum Nachweis einer Größe, die nicht oder nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand gemessen werden kann. Diese Definition kann ebenso auf die Untersuchung urbaner Raumsysteme angewendet werden.

Zum besseren Verständnis stelle man sich z.B. die unendliche Zahl persönlicher Beziehungen, wirtschaftlicher Abhängigkeiten oder räumlicher Wirkungszusammenhänge in einer Stadt wie London vor. Niemand wäre hier in der Lage alle vorhandenen Einzelbeziehungen zu entflechten, geschweige denn darzustellen. In diesem Zusammenhang lässt sich auch wieder auf den Stadtbegriff des *komplexen Systems* verweisen. Es liegt auf der Hand, dass Erkenntnisse über solch komplizierte Zusammenhänge folglich nur ausschnittsweise gewonnen werden können. Gleichzeitig müssen die Informationen aber verständlich, vergleichbar und im Gesamtzusammenhang möglichst aussagekräftig sein.

Um nachvollziehbare Aussagen zu quantitativen (oder auch qualitativen) Verhältnissen formulieren zu können, müssen ausgewählte Daten daher zu einer Art *Anzeiger* zusammengefasst werden [vgl. Fürst/Scholles 2004].

Diese Art der Informationsverdichtung wird *Indikation* genannt.

Der Indikator steht damit in direktem Zusammenhang zum formulierten Untersuchungsziel. Gleichzeitig kann er nur eine Vereinfachung und Reduktion auf die wesentlichen Zusammenhänge sein.

Um beim angeführten Beispiel zu bleiben: Die persönlichen Beziehungen innerhalb Londons sind in ihrer Gesamtheit nicht erfassbar; die persönlichen Beziehungen aller Londoner Jugendlicher im Alter von 16 Jahren ebenso wenig. Die Zahl der Mobilfunkkunden im Alter von 16 Jahren mit Wohnsitz in London lässt sich der Gesamtzahl aller 16-jährigen

Jugendlichen Londons aber durchaus gegenüberstellen.

Ebenso kann die durchschnittliche Menge der unterschiedlichen Anrufnummern aus allen Mobilfunkverträgen 16-jähriger Londoner Jugendlicher durch die Mobilfunkanbieter ermittelt werden. Geht man nun davon aus, dass ein hinreichend großer Anteil der persönlichen Kommunikation zwischen Jugendlichen über das persönliche Mobiltelefon stattfindet, könnte die durchschnittliche Menge der unterschiedlichen Anrufnummern einen *Indikator* für die Zahl der persönlichen Beziehungen 16-jähriger Jugendlicher in London liefern.

Welche Erkenntnis die Information dieses Indikators nun liefert hängt davon ab, in welchem wissenschaftlichen Kontext die persönlichen Beziehungen Londons untersucht werden sollen. Erst der Anwendungsbezug auf bestimmte Fragestellungen und die Bewertung der Einzeldaten erzeugt folglich verwertbare und vergleichbare Informationen. Demnach ist weniger die *Menge* der ermittelten Indikatoren entscheidend, als vielmehr deren Aussagekraft bezogen auf das Untersuchungsziel. Entsprechend gehört die Definition des *Zielsystems*, sowie die Auswahl der benötigten Indikatorenklassen zu den grundlegenden Vorbereitungen bei der Arbeit mit Indikatoren.

Fürst und Scholles [2004] führen in ihrer Publikation eine grundsätzliche Unterscheidung in *deskriptive*, also ausschließlich beschreibende und *normative* regelgebende Indikatoren an. Über die Verwendung normativer Indikatoren führen sie an: „Der Einsatz von Modellen und Indikatoren in der Planung dient einerseits dem Erkennen und Bewerten von Prozessen und ihrer Wirkungen sowie andererseits der Auswahl und Einschätzung von Maßnahmen und ihrer absehbaren Folgen“ [Fürst, Scholles,2004].

In Bezugnahme auf den *Pressure-State-Response-Ansatz* [1994] der OECD erläutern sie ausführlicher die Unterscheidung der 3 Indikatorenklassen:

- *Antriebsindikatoren* (pressure indicators)
- *Zustandsindikatoren* (state indicators)
- *Maßnahmenindikatoren* (response indicators)

Zu dieser typologischen und noch nicht anwendungsbezogenen Klassifizierung werden in der Regel fachspezifische Anforderungen ergänzt.

Das BBSR zählt in seinen Unterlagen zur Raum- und Stadtbeobachtung folgende Anforderungen auf, denen Indikatoren genügen müssen:

- *Zielkonformität*
- *Aussagekraft*
- *Verständlichkeit*
- *Räumliche Vergleichbarkeit*
- *Durchführbarkeit / Praktikabilität*

Indikatoren

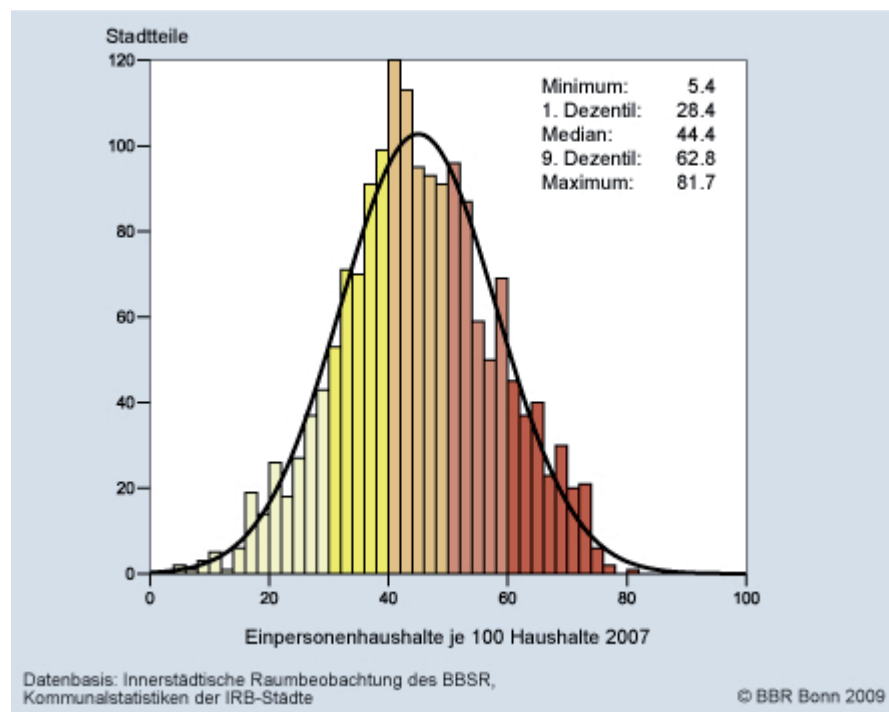


Abb. 8: Beispiel einer Indikatorarstellung [BBSR, 2009]
Verteilung des Anteils der Einpersonenhaushalte auf 1684 Stadtteile mit mindestens 100 Einwohnern

2.5 Werkzeuge der Raumabgrenzung

Wie bereits erwähnt, wird der Großteil aller Daten durch die statistischen Ämter des Bundes und der Länder, sowie von kooperierenden Städten und Stadtkreisen erhoben. Demnach besitzen alle Daten von Haus aus einen Raumbezug entsprechend dem Herkunftsort ihrer Erhebung. Damit die Informationen den Anforderungen für Vergleichbarkeit und Aussagefähigkeit genügen, ist es dennoch erforderlich, ein gemeingültiges *Ordnungsprinzip* der räumlichen Abgrenzung zu vereinbaren. Eine Erwerbslosenquote von 35% der Bevölkerung bezogen auf einen ganz bestimmten Stadtteilbezirk sagt inhaltlich etwas völlig anderes aus, als wenn die gleiche Quote auf ein ganzes Bundesland bezogen wird.

Im folgenden soll die Methodik räumlicher Abgrenzungen, sowie deren Anwendung innerhalb der vergleichenden Stadt- und Raumbesichtigung erläutert werden.

Die vorhandenen Monitoring-Werkzeuge des Bundes und seiner Kooperationspartner unterscheiden grundsätzlich zwischen den Betrachtungen

- a.) des *Städtesystems* der Bundesrepublik, welches alle Städte und Stadtregionen des Bundesgebiets nach Größe, Einwohnerzahl und Wertigkeit gliedert, und
- b.) der Fokussierung auf rein *innerstädtische Strukturveränderungen* in deutschen Großstädten - die *innerstädtische Raumbesichtigung IRB*.

Da die häufige Verwendung der Worte „Raum“, „Stadt“ und „städtisch“ beim Laien oftmals zu Unklarheiten führt (allein der letzte Absatz beinhaltet das Wort „Stadt“ bereits in 5-facher Anwendung - Städtesystem, Stadt, Stadtregion, innerstädtisch und Großstadt.), soll an dieser Stelle eine Zusammenstellung der aktuell verwendeten Termini ausreichendes Verständnis zur Definition „städtischer“ Strukturen liefern. Vorab ist aber unbedingt zu erwähnen, dass sich die nun aufgeführten Methoden z.T. auf unterschiedlichen Maßstabsebenen bewegen und daher weniger untereinander konkurrierend, als sich gegenseitig ergänzend betrachtet werden müssen.

Der vielleicht bekannteste methodische Ansatz zur prinzipiellen Abgrenzung urbaner Verdichtungsräume ist:

**Christallers
Zentrenstruktur**

- *Das System der Zentralen Orte nach Walter Christaller [1933/1941]*

Notwendige Planungsentscheidungen, wie z.B. die Versorgung der Gesamtfläche eines Staates, werden grundsätzlich durch geographische Raumbedingungen (Topographie, natürliche Grenzen, regionale Ressourcenvorkommen, Lagequalitäten, Bevölkerungsdichte, etc.) beeinflusst und mitbestimmt.

Auf diesem Sachverhalt basiert Christallers These, dass innerhalb eines Gesamtraums (Land, Staat, etc.) nicht jeder Ort ein Angebot an Versorgung, Dienstleistung, Verwaltung und Bildung in einem für die Gesamtbevölkerung optimalen Umfang bereit halten kann.

Gliedert man allerdings die vorhandenen Orte nach unterschiedlichen Wertigkeiten, wie z.B. Bevölkerungszahl inkl. Einzugsbereich, Ressourcen und Ausstattung, so lässt sich ein flächendeckendes Versorgungsnetz für die Gesamtbevölkerung mit ausreichenden Steuerungs- und Ausgleichsmöglichkeiten herstellen. Christaller definierte hierfür vier Ordnungsstufen struktureller Siedlungsformen: Unterzentren, Mittelzentren, Oberzentren und Großzentren.

Diese von Walter Christaller empirisch nachgewiesene Theorie wurde 1945 in die Landesplanung des Bundes und der Länder aufgenommen und bildet seit dem die Grundlage der dezentralen Raumordnungspolitik. Weiterhin ist sie auf europäischer und internationaler Ebene für den strukturellen Ausbau unterschiedlichster Regionen von großer Bedeutung.

Als weitere, wichtige Methode zur spezifischeren Definition von Agglomerationsräumen sei noch erwähnt:

**Kernbereich
nach Boustedt**

- *Die Abgrenzung von Stadtregionen nach Olaf Boustedt [1953]*

Boustedts Ansatz definiert eine Stadtregion durch die Begriffe *Kernbereich* und *Ergänzungsgebiet*. Seine Abgrenzungsmethode lässt sich in zwei Schritten erläutern:

Zuerst wird innerhalb des Untersuchungsraums der *Kernbereich* definiert.

Ein *Kernbereich* besteht aus einer oder mehreren Kernstädten, die von einem dazugehörigen *Kernstadtergänzungsgebiet* umschlossen sind. Boustedt bezieht sich hierbei auf Städte und Gemeinden, die *kernstadtadäquate* Merkmale, wie z.B. Verdichtungen, Funktionen, sowie bauliche und wirtschaftliche Indikatoren aufweisen. Alle umliegenden Räume, die *kernstadtähnliche* Charakteristika aufweisen und durch *Pendlerströme* zwischen Wohn- und Arbeitsort eine räumliche Verflechtung und Orientierung zum Kern besitzen, bilden das dazugehörige *Ergänzungsgebiet*.

Im zweiten Schritt definiert Boustedt durch statistische Schwellenwerte der Pendlerbewegungen die *äußere räumliche Grenze* der Stadtregion und damit die mögliche Zugehörigkeit bestimmter umliegenden Kommunen zur untersuchten Stadtregion.

Diese Methodik bildet heute noch eine der wichtigsten Grundlagen der räumlichen Abgrenzungen innerhalb der laufenden Raum- und Stadtbeobachtung durch das BBSR.

Neben diesen theoretischen Abgrenzungsmethoden regionaler und städtischer Raumbereiche existieren durch die anwendungsbezogene Raumnutzung alltäglicher Handlungen und Dienstleistungsangebote öffentlicher, privater oder unternehmerischer Akteure eine Vielzahl unterschiedlicher Gliederungssysteme des Stadtraums. Die Einteilung des Stadtgebiets in statistische Wahlbezirke, infrastrukturelle Zonierungen durch Verkehrszellen, Postleitzahlenbezirke oder Schuleinzugsgebiete stellen parallel zur Verfügung stehende Raumabgrenzungen dar, deren inhaltliche Veränderungen in regelmäßigem Turnus dokumentiert und datenbankgestützt gespeichert werden.

Sozialraum-
kartierung

Um wichtige, stadtentwicklungsrelevante Themen wie zum Beispiel die demographische Veränderung, Änderungen in der Sozialstruktur oder Zu- und Fortzüge hinreichend erklären zu können, ist es notwendig eine Vielzahl dokumentierter Einzelindikatoren zu aussagekräftigen Indikatorensets zu kombinieren.

Anhand der räumlichen Abgrenzungen können alle städtischen Dezernate ihre aktuellen Handlungsanweisungen und Mittelzuweisungen koordinieren.

Seit Ende der 70er Jahre spielen auch zunehmend soziale Teilräume, beispielsweise in der öffentlichen Kinder- und Jugendarbeit, eine wesentliche Rolle in der Stadtplanung. Entsprechend vorhandener Wohnformen und dokumentierter Einkommensstrukturen lassen sich zusätzlich zu den statistischen Raumeinteilungen relativ trennscharf soziale Quartiersabgrenzungen abbilden.

Insbesondere für derzeit aktuelle Instrumente der Städtebauförderung, wie zum Beispiel das *Soziale Stadt*-Programm oder die *Stadtumbau West/Ost*-Förderung wird grundsätzlich auf diese Sozialraumabgrenzungen zurückgegriffen [vgl. Kap.2.6.1].

Die Komplexität städtischer Entwicklungsprozesse hat aber zur Folge, dass sich sowohl die Datenerhebung als auch die betreffenden Programmumsetzungen nicht ausschließlich auf eine Raumabgrenzung fokussieren können. Vielmehr gilt es die unterschiedlichen Gliederungstypen im Sinne einer gut funktionierenden Bereichsentwicklungsplanung zu kombinieren, was mitunter zu einigen

Schwierigkeiten führen kann, da nicht immer alle Teilräume vollständig erfasst werden können [vgl. Bömermann, Jahn, Nellus, 2006]. Ein aktueller Lösungsvorschlag der Senatsverwaltung Berlin zu dieser Problematik soll nachfolgend eingehender erläutert werden.

2.5.1 Abgrenzung lebensweltlich orientierter Räume (LOR)

Selbstverständlich stellen statistische, verwaltungstechnische oder infrastrukturelle Gebietsgrenzen ebenfalls einen Weg zur räumlichen Zonierung eines Stadtgebiets dar. Oftmals unterscheiden sich aber die Gebietsstrukturen so stark, dass eine Verwendung der Daten im gemeinsamen Kontext äußerst schwierig ist. Aus der Notwendigkeit der Vereinheitlichung von Planungsräumen ist in jüngster Vergangenheit eine neue Methode der Raumabgrenzung entstanden.

Kombination von Planungsräumen

Im Auftrag des Abgeordnetenhauses von Berlin entwickelte der Berliner Senat mit Unterstützung des Planungsbüros Jahn, Mack & Partner ein neues übergeordnetes Instrument zur Raumgliederung Berlins. Da viele städtische Planungsressorts, wie z.B. die Straßen- und Verkehrsplanung, Städtebau oder Sozialplanung auf einen spezifischen Datenbestand angewiesen sind, bestehen in der alltäglichen Planungspraxis erhebliche Schnittstellenprobleme bei der Abgrenzung der jeweiligen Teilräume. Zunehmend verlangt der integrierte Charakter städtischer Entwicklungsmaßnahmen, dass die akteursrelevanten Sozialräume *lebensweltlich* orientiert und abgegrenzt werden sollen. „Da jedoch die statistischen Gebiete als alleinige Grundlage für die Abgrenzung herangezogen wurden, konnte eine lebensweltlich begründete Abgrenzung nicht konsequent vorgenommen werden“ [Bömermann, Jahn, Nellus, 2006].

Als hauptsächliche Kritik wurde das Fehlen einer anschlussfähigen Gliederung und die nicht problemadäquate Gebietsabgrenzung identifiziert. Grenzt man städtische Teilbereiche nach bestehenden Verwaltungsstrukturen ab, werden wichtige Sozialräume entweder zu groß oder zu klein zusammengefasst oder gar abgeschnitten. Bezieht man sich auf beobachtete (Sozial-)Räume, die durch individuelle Handlungen und Verhaltensmuster (re-)produziert werden, entsteht die Frage, ob alle Akteure vollständig und mit angemessener Gewichtung in die Betrachtung miteinbezogen werden.

2. Aspekte der Standortentwicklung

Im Ergebnis der Untersuchung wurde festgestellt, dass die vorhandenen Methoden *nicht* harmonisiert werden können. Verschiedene Verwendungszwecke lassen sich nicht in einem gemeinsamen Raumgliederungssystem abbilden und die Forderung nach zeitlich invarianten Räumen lässt in Folge keine Modifikationen der Raumzuschnitte zu [vgl. Bömermann 2007].

Im Ergebnis wurde die Konzeption eines *neuen, zusätzlichen* Raumabgrenzungssystems beschlossen, dass Inhalte der Sozialraumanalyse mit statistischen Raumgliederungen und Verkehrszellen zu sogenannten *Lebensweltlich orientierten Räumen* kombiniert.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Problematik und methodische Vorgehensweise bei der Vereinheitlichung der Planungsräume:

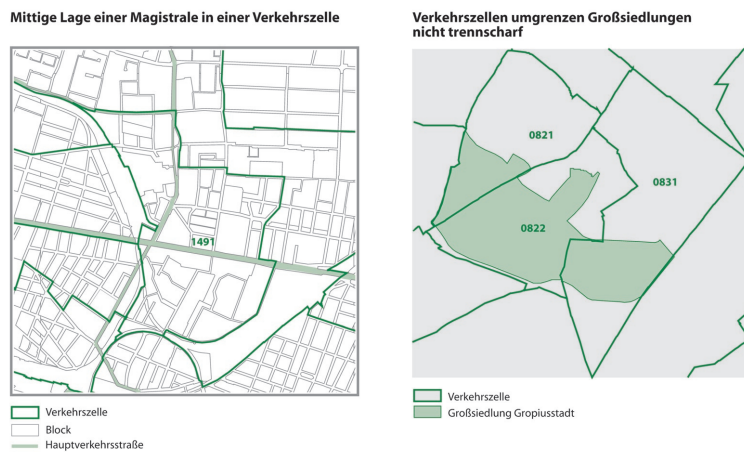


Abb. 9 & 10: Problematik der nicht-adequaten Gebietsabgrenzung Berlins [Bömermann, Jahn, Nelius, 2006]

Hierarchische Räume im Regionalen Bezugssystem

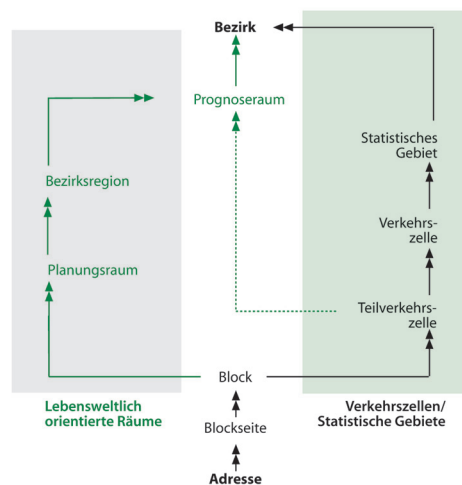


Abb. 11: Methode der Vereinheitlichung von Planungsräumen Berlins [Bömermann, Jahn, Nelius, 2006]

Aus raumtheoretischer Perspektive ist an diesem interdisziplinären Ansatz besonders interessant, dass grundsätzlich wesensfremde Teilräume einer Stadt zu einem Raumgliederungssystem zusammengeführt wurden. Im Verweis auf die obigen Ausführungen kann hier durchaus von einem *gemeinsamen Ordnungssystem* im Sinne des BBSR gesprochen werden. Da aber der Einsatz dieses Raumgliederungssystem derzeit nur aus der Stadt Berlin bekannt ist und auch bislang noch keine weiteren, vergleichenden Erfahrungen damit dokumentiert sind, bleibt abzuwarten ob und wie sich dieses neue Werkzeug bewährt. Für diese Arbeit ist an den letzten Ausführungen von besonderem Interesse, dass am Beispiel der lebensweltlich orientierten Räume klar geworden ist, dass die klassische Vorgehensweise der Überlagerung statistischer und akteursbestimmter Gebietsabgrenzungen zu keinem der Stadtentwicklungsplanung dienenden Ergebnis geführt hat.

2.6 Steuerungsmöglichkeiten der Stadtentwicklung

Seit Mitte der 1960er Jahre wurden unter dem Begriff der *Stadterneuerung* Prozesse zur Erhaltung, Verbesserung, Umgestaltung und Weiterentwicklung bestimmter städtischer Teilbereiche durchgeführt.

In der Regel wurde hierunter die *Modernisierung* oder *Instandhaltung* klar umgrenzter Stadtgebiete verstanden. Die Errichtung moderner Großwohnsiedlungen war hierin ebenso eingeschlossen, wie die Erhaltung denkmalgeschützter Bausubstanz. Mit dem Jahre 1971 wurden städtebauliche Entwicklungsmaßnahmen in das Baugesetzbuch (BauGB) aufgenommen und im *Besonderen Städtebaurecht* weiter differenziert. Hierunter fielen alle Maßnahmen der städtebaulichen Neuordnung in fest umgrenzten Entwicklungsgebieten. Sie müssen im öffentlichen Interesse liegen und für die Entwicklung der Gemeinde von besonderer Bedeutung sein. Man unterscheidet hierbei:

Städtebauförderung

- a.) *Außenentwicklung*
(neue Orte werden geschaffen bzw. vorhandene Orte werden um neue Orte erweitert) und
- b.) *Innenentwicklung*
(vorhandene Orte werden zu neuen Siedlungseinheiten entwickelt)

Die *Städtebauförderung* ist ein differenziertes Förderprogramm des Bundes und der Länder in der Bundesrepublik Deutschland zur Förderung von Städten und Dörfern. Erstmals wurde das Programm 1969 in Modellstädten und dann bundesweit mit dem *Städtebauförderungsgesetz* im Juni 1971 eingeführt.

Das Städtebauförderungsprogramm differenziert die finanzielle Unterstützung folgender raumbezogener Einsatzbereiche:

- *erneuerungsbedürftige*, zumeist ältere Stadtkerne und Gründerzeitstadtteile
- städtebaulicher *Denkmalschutz in historischen Stadtkernen*,
- Stadtumbau vom *Leerstand betroffener Wohnviertel*
- Soziale Stadt in *sozial bedrängten Gebieten*
- die Entwicklung neuer Stadtteile in *besonderen städtebaulichen Lagen*.

Weiterhin entstanden Regelwerke für die Durchführung von Sanierungsvorhaben zur Behebung städtebaulicher Missstände.

Merkmale einer Sanierung als *Gesamtmaßnahme* sind:

Sanierung

- Bezug auf ein bestimmtes Gebiet
- Behebung städtebaulicher Missstände als allgemeines Ziel
- Ausrichtung auf eine einheitliche Konzeption und Planung langfristiger Dauer
- Bündelung und zielgerichtete Ausrichtung einer Vielzahl zum Teil verschiedenartiger Einzelmaßnahmen
- gesteigerte Verantwortung der Gemeinde

Zur internationalen Bauausstellung (IBA) in Berlin-Kreuzberg 1984 wurde das Thema städtebaulicher Strukturveränderungen u.a. auch von Hardt-Walther Hämer aufgenommen und in 12 Leitsätze zum Umgang mit städtebaulichen Erneuerungsmaßnahmen zusammengefasst. Sie wurden durch das Abgeordnetenhaus von Berlin förmlich bestätigt und von Kreuzberg auf die übrigen Erneuerungsgebiete West-Berlins übertragen. Die Leitsätze fanden ab 1993 in abgewandelter Form auch Anwendung auf den späteren Stadterneuerungsprozess in Ost-Berlin. Diese Grundsätze markierten die Wende der Berliner Sanierungspolitik von vorangegangener Flächensanierung zur demokratisch organisierten *behutsamen Stadterneuerung* unter Berücksichtigung gewachsener baulicher und sozialer Strukturen.

2.6.1 Die Bund-Länder-Programme Stadtumbau & Soziale Stadt

Bereits seit Mitte der 1980er Jahre wird in europäischen Städten eine zunehmende Veränderung in Qualität und Quantität sozialer Ungleichheiten beobachtet. Zunehmende kleinräumige Segregationen, Integrationsschwierigkeiten in Bezirken mit hoher Migrantenzahl, sowie stellenweise die Entstehung von Armutsquartieren beschreiben einen Trend der zum Ende der 90er Jahre als die „Krise der Städte“ [Heitmeyer, 1998] bezeichnet wurde. Häussermann spricht in ähnlichem Ansatz von sogenannten *exkludierten* Stadtteilen als städtische Teilräume, die durch die hohe Konzentration ausgeschlossener Bevölkerungsteile selbst rückwirkend benachteiligend wirken [Häußermann, 2000, Franke, 2008]. Um derartigen komplexen miteinander verflochtenen Problemen begegnen zu können, wurde 1999 vom BMVBS in Kooperation mit dem Deutschen Institut für Urbanistik (Difu) das deutsche Bund-Länder-Programm *Stadtteile mit besonderem Entwicklungsbedarf - Soziale Stadt* ins Leben gerufen. Stadtgebiete, die mit diesem Programm gefördert werden können, charakterisieren [Franke, Löhr & Sander, 2000] durch folgende Eigenschaften:

- | | |
|----------------------|---|
| Soziale Stadt | <ul style="list-style-type: none"> - städtebauliche und umweltökologische Probleme - Probleme in der infrastrukturellen Ausstattung - Probleme im Bereich der lokalen Ökonomie - sozio-ökonomische Probleme - nachbarschaftliche Probleme - Negativ-Imageprobleme / Stigmatisierung |
|----------------------|---|

Stadtumbau	<p>Mit <i>Stadtumbau</i> werden städtebauliche Maßnahmen in Stadtteilen oder ganzen Städten bezeichnet, die in besonderem Maße von Strukturwandel und Rückgang der Bevölkerung betroffen sind. Dem damit einhergehenden Funktionsverlust versucht der Stadtumbau auf der Grundlage eines städtebaulichen Entwicklungskonzepts entgegen zu wirken. Da die Förderungen innerhalb Deutschlands zeitlich versetzt begannen, lassen sie sich in die Programme <i>Stadtumbau Ost</i> (2002-200X) und <i>Stadtumbau West</i> (2004-200X) unterteilen.</p>
-------------------	--

Das Stadtumbaukonzept ist eine *informelle* Planungsleistung der Kommunen, die insbesondere folgende Aspekte umfasst:

- die Überprüfung und Neubestimmung der Stadtentwicklungsziele,
- die Entwicklung neuer Leitbilder für die Stadtentwicklung,

- die Festlegung von räumlich und sachlichen Handlungsschwerpunkten
- die Planung, Abstimmung und zeitliche Einordnung konkreter Maßnahmen auf Stadtteilebene zur Vorbereitung von Rückbau- und Aufwertungsmaßnahmen
- die Ausgestaltung der öffentlich-privaten Partnerschaft insbesondere Maßnahmen zur Wohnungsmarktstabilisierung.

Inhalt und Umfang der Arbeiten am Stadtumbaukonzept sowie der erforderliche Aufwand sind abhängig von der Größe der geförderten Stadt und der Qualität der bereits vorhandenen Entwicklungskonzepte, Bauleit- und Rahmenplanungen. Als weitere beeinflussende Kriterien können die Einwohner- und Leerstandsentwicklung, der Umfang der betroffenen Belange und Interessen und die Anzahl der mitwirkungsbereiten Beteiligten angeführt werden.

Das Stadtumbaukonzept bildet damit die Grundlage für die im Weiteren erforderlichen *formellen* Verfahren der Bauleitplanung. [vgl. Leitfaden zur Erarbeitung von integrierten Stadtentwicklungskonzepten, 2001]

Die Stadtumbauprogramme gehören, wie auch die *Soziale Stadt* - Förderung, zu den sogenannten *Integrierten Stadtentwicklungskonzepten (ISEK)*.

Integrierte Stadtteil- bzw. Quartiersentwicklungskonzepte haben das Ziel, ressort-übergreifende gebietsbezogene Ansätze einer *ganzheitlichen* Entwicklung benachteiligter Stadtteile zu erproben.

Einzelsektorale und singuläre Problemlösungen werden in diesem Instrument bewusst ausgeschlossen. Mit integrierten Handlungsansätzen wird auch der Fokus auf eine neue Regulationspolitik innerhalb des Stadtentwicklungsprozesses gesetzt. In integrativen Verfahren wird der Einbezug *nicht-staatlicher* Akteure bewusst gefördert und verankert. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von neuen *Governance*-Modellen oder verwendet den Begriff des *Aktivierenden Staats*.

BMVBS, BBR und Difu [2007] führen als Kernelemente einer integrierten Stadtentwicklung die *Ressourcenbündelung* als fachübergreifende Zusammenarbeit von Stadtakteuren, Politik & Verwaltung an.

Neben der aktiven Einbeziehung und Beteiligung externer Akteure und Betroffener, auch als *Empowerment* bezeichnet, zeichnen sich integrierte Stadtentwicklungskonzepte durch ein *vernetzungsorientiertes Management* und Organisationsformen, wie beispielsweise dem Quartiersmanagement aus.

Integrierte
Stadtentwicklung

2.7 Gebietsbezug der Förderprogramme

Voraussetzung für den generellen Mitteleinsatz aus integrativen Förderprogrammen und für die Freigabe angeschlossener Projektrealisierungen ist eine *dezidierte Ausweisung entsprechender Programmgebiete* durch die Antragssteller [vgl. § 171e BauGB].

Damit bildet der *Gebietsbezug* die Grundlage für die Identifizierung von Problem- und Potentialfeldern einer Stadt. Darüber hinaus ist die Festlegung dieses räumlichen Aspekts auch ausschlaggebend für die Kommunikation und Kooperation zwischen allen beteiligten Akteuren.

Das festgelegte Gebiet wird damit „[...] zum Fokus und kleinsten gemeinsamen Nenner“ [Franke, 2008] der integrierten Ansätze und Entwicklungsmaßnahmen.

Franke untersuchte die Programmrichtlinien nach räumlichen Implikationen und führt nachfolgende Beispiele an:

Zum Einen wurden großstädtische Problemviertel anhand klassischer Indikatoren zu Datenräumen entsprechend vorhandener Verwaltungseinheiten zusammengefasst [EuKom 1994].

Value for Money

Zum Anderen stehen eingesetzte Fördermittel in Bezug zur Größe der Gebietsbevölkerung und unterliegen dem Effizienzkriterium *Value for money* durch eine geforderte Sichtbarkeit der Ergebnisse.

Die Folge ist, dass der Zuschnitt der Fördergebiete im Grunde nach den Antragskriterien der Mittelzuweisung erfolgt und nicht entsprechend den tatsächlich vorhandenen Problemfaktoren. Zum Beispiel bedarf es einer Förderdichte von 500,-€/EW über die gesamte Förderlaufzeit bei URBAN II-Gebieten. Entsprechend müssen die primären Zielbereiche unter Umständen um einige Wohnstandorte gekürzt oder erweitert werden.

Die Effizienzforderung legt zusätzlich fest, dass eine erkennbar große Wahrscheinlichkeit besteht, dass Potentiale auch wirklich entwickelt werden können. Folglich wird die Gebietsgröße im Grunde ohne Spielräume für flexiblere Lösungen festgelegt.

Desweiteren finden sich in den Programmrichtlinien indirekte Hinweise darauf, wie Fördergebiete zu identifizieren und auszuweisen sind.

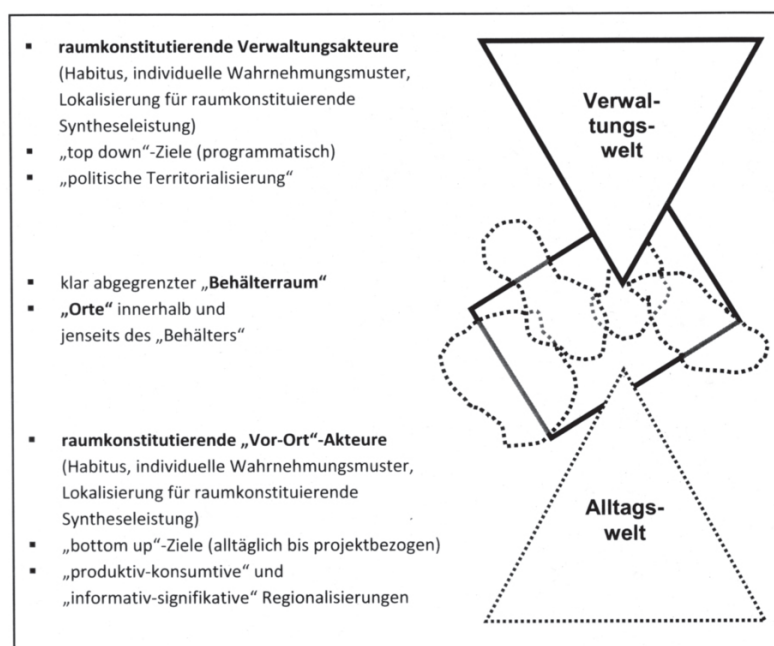
Dem zunächst unpräzisen Globalanspruch, die Lebensqualität der Bewohner der betreffenden Gebiete zu verbessern und sich dem menschlichen Potential und den Möglichkeiten für die Initiierung einer positiven Dynamik in den ausge-

wählten Wohngebieten zu verbessern, folgt eine Unterscheidung in *HARTE* Zielsetzungen, womit in der Regel bauliche Maßnahmen gemeint sind und *WEICHE* Zielsetzungen, die überwiegend soziale Belange charakterisieren.

Harte und Weiche
Zielsetzungen

Franke [2008] weist im Verlauf seiner Betrachtungen darauf hin, dass sich in Folge die Ziele an sozio-ökonomisch und wirtschaftlich *messbaren Größen* orientieren müssen.

Messbare Indikatoren sind in diesem Zusammenhang beispielsweise Arbeitslosenzahlen, Insolvenzen, Transferleistungsempfänger oder Existenzgründungen. Im Falle des Nachweises harter Zielsetzungen spielen Erhebungen zum Sanierungsgrad einzelner Straßenzüge, die Zahl der durchgeführten Modernisierungen oder die messbare Verbesserung der Erreichbarkeiten eine entscheidende Rolle. Die nachfolgende Abbildung Frankes [2008] verdeutlicht die Problematik dieses „doppelten Gebietsbezugs“ Franke [2008]:



Problematik der
Fördermittel-
vergabe

Abb. 12: Doppelter Gebietsbezug der Förderprogramme [Franke, 2008]

Hieran ist problematisch, dass viele Fragen intakter oder nicht-intakter sozialer Netzwerke oder Identifikationen raumsozialer Probleme gar *nicht ausreichend statistisch messbar* und *einschätzbar* sind.

Franke [2008] unterscheidet in Folge:

- *objektbezogene Zielsetzungen* mit klar definierter Lage im Raum von
- *subjektbezogenen Zielen*, beziehend auf individuelle Akteure, die sich im o.g. Raum nur schwer verorten lassen, bzw. ihren Raum inklusive der dazugehörigen Grenzen selbst sozial produzieren.

Daran schließt die Frage an, ob für die angestrebten Entwicklungsziele das vorgeschriebene Raummodell überhaupt passend ist, beziehungsweise welche Akteure auf Grund welcher Kriterien in welcher Form die Abgrenzung der Programmgebieten vornehmen.

2.8 Wissenschaftliche Raumtheorien

Für eine dynamische Betrachtungsweise städtischer Strukturen lassen sich in der bisherigen Fachliteratur viele Beispiele finden. Zu nahe liegen Begriffe wie Netzwerk, Interaktion und Raum beisammen, als dass diese noch nie eine Verknüpfung herstellen konnten. Das Themenspektrum der *fließenden Stadt* tangiert die Bereiche der Verkehrswissenschaften genauso wie die Kunstrichtung des Fluxus oder theoretischen Überlegungen zu einem „Raum der Ströme“ [vgl. Castells, 2002]. Im Kontext stadtplanerischer Forschungen bilden seit geraumer Zeit heterogene, nicht mehr eindeutig zu identifizierende Stadtentwicklungsmuster das Zentrum theoretischer Forschung.

Die Annäherung an immer komplexer werdende Strukturzusammenhänge durch Begriffe, wie z.B. „Nicht-Ort“ [de Certeau, 1980, Augé, 1994] oder „Zwischenstadt“ [Sieverts, 1997] verdeutlicht das Bestreben aktuell-existierende städtische Erscheinungsformen inhaltlich und strukturell abgrenzen zu können. Neben der rasanten Entstehung globaler Megastädte durch ein informelles Hyperwachstum [vgl. Hall/Pfeiffer 2000] lassen sich andernorts folgenreiche Zersetzungsprozesse ehemals florierender Stadtareale beobachten [vgl. Oswalt 2005]. Zahlreiche Publikationen und interdisziplinäre Ausstellungen versuchen, sich diesen Themen durch empirische, künstlerische oder phänomenologische

Methoden und Konzepte zu nähern. Neueste interdisziplinäre Forschungsansätze zum erweiterten Verständnis städtischer Raumzusammenhänge kommen dabei aus dem Bereich soziologischer Wissenschaften. Die Analyse ortstypischer Verhaltensweisen, Interaktionsmuster und lokal gespeicherter Raumempfindungen versucht in der Vielfalt städtischer Erscheinungsformen eine Eigenlogik auszumachen, die jede Stadt individuell charakterisiert [vgl. Berking/Löw, 2008]. Aktuelle Handlungsansätze zur Analyse und Entwurf städtischer Raumstrukturen verbinden morphologische Parameter der klassischen Stadtplanung mit Indikatoren sozialer, physischer und struktureller Verknüpfungsmuster. Als eine der umfassendsten Arbeiten kann hier exemplarisch das von Oswald und Baccini an der ETH Zürich entwickelte „Netzstadtmodell“ genannt werden [2003]. Alternativ hierzu lassen sich auch programmatische Ansätze erwähnen, wie z.B. die Modellierung urbaner Regionen durch das experimentelle Softwaretool „Regionmaker“ [vgl. NRW Forum Kultur und Wirtschaft mit MVRDV, 2002].

Die anstehenden Herausforderungen an eine zunehmend städtische Gesellschaft in Bezug auf Nachhaltigkeit, Ressourcenmanagement und zukunftsichernde Handlungsstrategien begründen diese Fülle wissenschaftlicher Diskussionsbeiträge. All diesen Forschungsansätzen ist gemeinsam, dass sie das *klassische* Raumverständnis einer abgegrenzten, deterministisch modellierbaren Oberfläche im Sinne einer Bühne geplanter Handlungen hinterfragen. Aus diesem Grund erlebt die Suche nach alternativen Raumdefinitionen derzeit eine Renaissance, während parallel die Stadtentwicklung mangels adäquater Werkzeuge tagtäglich neue, diffuse Stadtbilder produziert.

Aus dem obigen Beitrag ist deutlich geworden, dass die eingenommene Perspektive bei der Betrachtung räumlicher Grenzen eine wesentliche und das Ergebnis stark beeinflussende Rolle spielt. Nicht zuletzt aus diesem Grund plädieren aktuelle Vertreter aus Soziologie und Stadtplanung für eine neue Definition des *Raumbegriffs*. Im nachfolgenden Abschnitt wird deshalb auf verschiedene wissenschaftliche Raumverständnisse näher eingegangen.

Zu Beginn wird die Newton'sche Vorstellung vom *absoluten Raum* erläutert. Der *absolute* Raum stellt für alle Akteure eine gleichermaßen existente und homogene Grundfläche des Handelns dar [Löw, 2001].

Behälter-Raum

Eine alternative Formulierung für diese empirisch begründete und messbare Perspektive lautet auch *Behälter-Raum*.

Diese Raumauffassung resultierte aus der newtonschen Mechanik der klassischen Physik und verbreitete sich von dort schnell in die Gesellschaftswissenschaften und Wirtschaftswissenschaften [vgl. Thünen, Christaller, und andere]. Der Raum fungiert hierbei als Ordnung körperlicher Dinge. Entsprechend seiner Definition ist er ein a priori gegebener Behälter für gesellschaftliche oder gesellschaftsrelevante Rauminhalte, beispielsweise Menschen oder Gegenstände.

Löw [2001] führt hierzu an, dass in diesem absolutistischen Raumverständnis die eigene Konstitution und Beschaffenheit des Raums von den Funktions- und Entwicklungszusammenhängen seines Inhalts entkoppelt wird.

Der *absolute* Raum lässt sich aber nicht direkt experimentell beweisen. Die Messung und Beobachtung *absoluter Bewegungen* erlauben aber, auf seine Existenz zu schließen [vgl. Newtons Eimerversuch]. Die innere Struktur des Raums ist wichtiger als alle Lagebeziehungen. Seine Koordinaten sind absolute, reale und unbewegliche, aber nicht wahrnehmbare Orte.

Heutige Kritikpunkte aus ökonomischer Perspektive bestehen darin, dass der Raum in dieser Theorie auch als *Behälter* der Volkswirtschaft fungiert und sich als eine Addition klar *abgegrenzter* Wirtschaftsteilräume darstellt.

Es handelt sich damit um eine mehr oder weniger *banale* Anordnung von Standorten, die ein statisches und unveränderliches Raumbild repräsentieren.

Relationaler Raum

Eine andere wissenschaftliche Herangehensweise findet sich in der Raumkonzeption einer *relationalen Ordnung* - kurz: *Relationaler Raum*.

Diese Raumtheorie geht im Ursprung auf Gottfried-Wilhelm Leibniz (1646-1716) zurück. Er formuliert in seinen Ausführungen zur Analyse der Lage (*Analysis Situs*) ein dynamisches Prinzip der Bewegung von Körpern, dass mathematisch betrachtet dem physikalischen Raum vorgeordnet ist.

In dieser Theorie dient der Raum als Lagerungs-Qualität der Körperwelt [vgl. Läßle, 2007]. Raum ist hierbei ohne körperliche Objekte gar nicht denkbar .

Er definiert sich über die *Ordnung der vorhandenen Körper*.

Körperliche Objekte und Raum bilden einen unauflösbaren Zusammenhang, der sich erst durch sich ständig verändernde Lageverhältnisse von Objekten oder

Menschen konstituiert. Entscheidend an dieser Theorie von Leibniz ist, dass die nicht empirisch nachweisbare Relationsordnung des Raums als Folge alle in ihr wahrgenommenen Phänomene mit einbezieht.

Eine weitere räumliche Theorie definiert einen *Aktionsraum* als die Menge der Orte, die eine Person oder Gruppe innerhalb eines bestimmten Zeitabschnitts zur Ausübung bestimmter Aktivitäten aufsucht, und deren zeitliche wie räumliche Relationen [Dangschat, 1982, Friedrichs, 1983]. Erste Ansätze gehen zurück auf [Hägerstrand, 1963]. Der Aktionsraum bildet dabei die unterste Ebene einer selektiven Raumwahrnehmung auf der Grundlage individuell begrenzter Informationen, sowie physischen und sozialen Hemmnissen. Aus einer *handlungstheoretischen* Perspektive wird Raum dabei als *sozialer Lebensstilraum* und als *Repräsentation sozialer Ausdifferenzierung* weiter differenziert.

Aktionsraum

Hierbei wird ein Teil handlungsbezogener Kriterien der Raumnutzung und Raumwahrnehmung angesprochen, der sich mit den Vorstellungen des *absoluten* und auch *relationalen Raums* nicht mehr darstellen lässt. Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht dieses Raumverständnis an einem fiktiven Beispiel. Für die Stadtteilgrenzen Düsseldorfs werden exemplarische Aktionsräume Jugendlicher in verschiedenen Altersstufen in Relation zu ihrem Mobilitätsverhalten dargestellt.

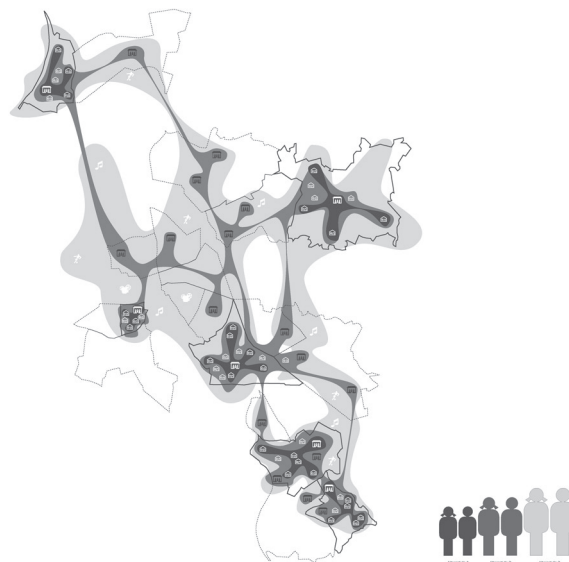


Abb. 13: Aktionsräume Jugendlicher in Düsseldorf [Häusler / Kniess, 2005]
Die Abbildung zeigt wie sehr aktorenspezifische Raumabgrenzungen vom jeweiligen Mobilitätsverhalten und den im Stadtteil gewählten Angeboten abhängen. Insbesondere durch die Überlagerung der statistischen Stadtteilbezirke mit den altersspezifischen Aktionsräumen wird deutlich, wie groß die Abweichung beider Abgrenzungssystem sein kann.

In jeder alltäglichen Bewegung durch den Raum gibt es Orte, die selbst gewählt werden, solche, die von anderen vorgegeben werden und solche, die in der Wahl anderer Orte mit inbegriffen sind. Die Abbildung macht dabei deutlich, dass in der Raumwahrnehmung jedes Individuums grundsätzlich *weiße Flecken* bestehen. Trotz theoretischer Kenntnis des eigenen Stadtteils lassen sich immer Raumbereiche finden, die man nicht wahrnehmen konnte, weil man nie hingekommen ist. Insbesondere unter Betracht der bereits erwähnten Sozialraumkartierungen [vgl. Kap. 2.5] wird an dieser Abbildung deutlich, wie groß die Abweichung sozialer Lebensstil- und Aktionsräume von der Abgrenzung statistischer Räume sein kann und welche Vielzahl von Einflusskriterien diese Abweichung bedingen.

RaumZeit

Resultierend aus Überlegungen zum *abstrakten* Raumbegriff der Mathematik, entwickelt sich eine eigene unabhängige Betrachtungsweise, zu Raum und Zeit - die *RaumZeit*.

Aus den Erkenntnissen der Einstein'schen *Relativitätstheorie* entwickelte sich ein Raumverständnis, in dem *Raum* und *Zeit* nicht mehr getrennt voneinander betrachtete Ausgangseinheiten darstellen, sondern eine sich gegenseitig beeinflussende Strukturgröße darstellen. Filk [2009] formuliert hierzu sehr treffend folgende Fragen:

„Ist Raum etwas anderes als die Relationen zwischen den Körpern und ist Zeit etwas anderes, als was von Uhren angezeigt wird?

(Relationale Raumzeit versus absolute Raumzeit)

Ist Raum mit nur einem einzelnen Teilchen denkbar?

Ist Raum und Zeit diskret oder kontinuierlich?

Gibt es leeren Raum oder ist Raum immer mit Substanz (Körpern) angefüllt?

Gibt es Zeit ohne Veränderung?“ Filk [2009].

Im Alltag stellt man sich in der Regel *Zeit* und *Raum* als eine *Kontinuum* vor.

Manche physikalische Erklärungsmodelle lassen sich aber in dieser kontinuierlichen Vorstellung von Raum und Zeit nicht anwenden.

Wenn ein System im Ausgangspunkt durch seine funktionalen Beziehungen definiert ist und keinen direkten Bezug zur Lage eines Punktes oder Objektes aufweist, geht man davon aus, dass es nicht in einen Raum und in eine *Zeit eingebettet* ist, sondern selbst eine *Raumzeit* bildet.

Leeren Raum bzw. *Raumzeitgebiete ohne Ereignisse* kann es nach dieser Vorstellung nicht geben. Ein tatsächliches Kontinuum von Ereignissen ist innerhalb dieser Logik vom Menschen nicht wahrnehmbar, daher wird dieser Begriff inhaltlich eliminiert [vgl. Filk 2009]. „Nur die Relationen zwischen Ereignissen sind relevant. Eine solche *relationale Raumzeit* lässt sich am einfachsten durch eine diskrete Ereignismenge realisieren“ [Filk 2009].

2.9 Zwischenergebnis Aspekte der Standortentwicklung

Die raumsoziologischen Forschungen der letzten Jahrzehnte haben erkannt, wie wichtig es ist, vorhandene gesellschaftliche Strukturen und institutionelle Netzwerke durch Bürgerbeteiligungen, Diskussionsforen und Werkstattverfahren in die Stadtplanung zu integrieren. Aus dem Beitrag Frankes [2008] wurde deutlich, dass die Problematik der Gebietsabgrenzung und Fördermittelvergabe unter anderem in der inhaltlichen Vermischung von komplett unterschiedlichen Raumtheorien besteht (*absoluter Raum* und *sozialer Lebensstilraum*). Durch die räumliche Projektbezogenheit bestehen folglich immer auch städtische Bereiche, die außerhalb der Förderregionen liegen. Die Abgrenzung städtischer Teilbereiche nach bestehenden Verwaltungsstrukturen kann dazu führen, dass wichtige Sozialräume nur unzureichend erfasst werden. Gleiches gilt für Sozialräume, deren Ungenauigkeit mit dem Fehlen / Nicht-Erfassen relevanter Akteure rapide ansteigt.

Das neue, zusätzliche Raumgliederungssystem Berlins zeigt deutlich, dass die Fülle an bisher entstandenen Raum- und Datenabgrenzungen nur noch eingeschränkt miteinander kompatibel sind. Am Beispiel der *Lebensweltlich orientierten Räume (LOR)* ist klar geworden, dass aktuellen Herausforderungen in der Stadtentwicklung nur unter *neuer* Betrachtungsperspektive begegnet werden kann. Eine einfache Überlagerung unterschiedlicher, kartographischer Raumgrenzen führt bezogen auf die Quartiersentwicklungsplanung zu einer ungenügenden räumlichen Schnittmenge, die mitunter weniger Aussagekraft besitzen kann als ihre einzelnen Teilkarten. Infolgedessen sind zusätzliche methodische Werkzeuge der Raumabgrenzung notwendig, die in der Lage sind Akteure einschließlich ihrer Handlungen zu lokalisieren. Es reicht aber nicht aus, bestimmte

Akteure aufgrund ihres Aufenthalts an einem Ort als maßgeblichen Bezugspunkt zu wählen. Erst ihre Einbettung in zeitliche und räumliche Handlungsmuster leistet einen nützlichen Ansatzpunkt.

Die Erläuterungen der Elemente und Funktionsweise des Stadtmonitorings hat aber gezeigt, dass eine kontinuierliche, empirische und nachhaltige Analyse stadtstruktureller Veränderungen nur mit Hilfe messbarer und in Folge vergleichbarer Indikatoren und Raumabgrenzungen möglich ist.

In Anbetracht der eingangs geschilderten Aufgaben die zukünftig auf die Stadtentwicklungsplanung zukommen, kann daher zusammenfassend gesagt werden:

Zunächst muss eine raumwissenschaftliche Perspektive gefunden werden, die in geeigneter Weise sowohl den subjektiv-handlungsmotivierten Veränderungen der Stadtbewohner, als auch den klassisch-quantitativen Abgrenzungsmöglichkeiten der städtischen Umgebung entspricht. Erst in Folge lassen sich neue Indikatoren und Raumabgrenzungsmöglichkeiten durch die empirische Auswertung quantitativer und qualitativer Veränderungen der Stadt und ihrer Bewohner daraus ableiten.

Am Beispiel der handlungsorientierten Aktionsräume ist klar geworden, wie sich die Frequentierung einzelner Orte entsprechend der räumlichen Mobilität und zeitlichen Flexibilität ihrer Akteure ändert. Orte verändern ihre Priorität folglich unter anderem dadurch, wie bewusst sie in Interaktionen eingebunden sind. Sowohl die räumliche als auch zeitliche Einbettung dieser Interaktionsprozesse sind für die Raumabgrenzung von wesentlicher Bedeutung.

Unter diesen Bezugspunkten erscheint die Theorie einer *raumzeitlichen* Perspektive auf Stadt von besonderem Interesse.

3. Theorien und Methoden der Raumentwicklung

3.1 Die Betrachtung von Prozessen

Lefebvre [1974] formuliert in Analogie zur Definition des *Relationalen Raums* eine von ihm so genannte *Produktion von Raum*.

Raum ist demnach nicht a priori vorhanden, sondern wird erst durch (soziale) Bewegung in der Zeit *produziert*.

Die Theorie der *relationalen Raumzeit* geht noch weiter, in dem sie *Raum und Zeit* als zwei unterschiedliche, auf Ereignisse einwirkende Bezugssysteme identifiziert. Franck [2002] macht dies an folgendem Beispiel deutlich:

„Je ferner eine Sache im Raum und je ferner ein Ereignis in der Zeit, umso mehr verlieren sie an existentieller Bedeutung: räumliche und zeitliche Entfernung werden im Bewusstsein „diskontiert“ [ARL Arbeitskreis, 2002].

Die Raumzeit wird demnach aus *beiden Bezugssystemen zusammen* gebildet und kann aus diesem Grund auch nicht als statisch oder unveränderlich aufgefasst werden. Folglich bedingt die *Raumzeit* das umgebende Geschehen, was seinerseits wieder neue Situationen und Ereignisse erzeugt.

Rückkopplung

Forrester [1971] vermerkt dazu: „Wir betrachten oft und irrig Ursachen und Wirkungen als Vorgänge, die nur in einer Richtung ablaufen. Wir sagen, der Vorgang A verursache die Wirkung B. Aber das ist grundsätzlich nur die halbe Wahrheit; denn tatsächlich stellt die Wirkung B einen neuen Zustand innerhalb des Gesamtsystems dar und verändert die künftigen Einflüsse, die A wiederum hervorrufen. Rückkopplungskreise bestimmen die Vorgänge in den allereinfachsten ebenso wie in den kompliziertesten Systemen.“

Ein Ereignis ist in Folge immer in ein rückgekoppeltes Ursache-Wirkungs-System eingebunden. Aus diesem Grund muss es in seiner gesamten zeitlichen und räumlichen Ausprägung betrachtet werden.

Es handelt sich aber hierbei nicht um eine reine Abfolge von Einzelzuständen, die isoliert betrachtet werden können. Vielmehr sind Dauer und Wandel eines Ereignisses gleichermaßen als *dynamische Kategorie* zu betrachten [vgl. ARL Arbeitskreis, 2002]. Eine Berücksichtigung dieser Belange ist nur durch die Betrachtung von *Prozessen* möglich.

3.2 Systeme und Netzwerke

Im Kapitel zur methodischen Eingrenzung wurde bereits der hier zugrunde gelegte Stadtbegriff als *komplexes System* vorgestellt. ein besonderes Wesensmerkmal komplexer Systeme ist die *Nichtlinearität* [vgl. Koch, 2008].

Es ist demnach von Interesse, wie die Gesamtheit der im System enthaltenen Komponenten, einschließlich ihrer Einbettung in den Beziehungskontext, organisiert ist. Mit dieser Fragestellung beschäftigt sich neben der *Systemtheorie* auch die Wissenschaft der *sozialen Netzwerkanalyse*.

Holzer [2008] weist in seinem Artikel über das Verhältnis von Netzwerken und Systemen darauf hin, dass die Organisation (sozialer) Komplexität einen gemeinsamen Bezugspunkt von Netzwerken und sozialen Systemen darstellt, indem beide Begriffe auf der selektiven *Verknüpfung von Elementen* beruhen.

Jansen [2006] beschreibt die Netzwerkanalyse als Instrument zur Verbindung von Akteurs- und Handlungstheorien mit Theorien über Institutionen, Strukturen und Systemen. Das Netzwerk selbst wird dabei als zusätzliche, übergeordnete Ebene der Handlungskoordination verstanden. Holzer [2008] erklärt Netzwerke als Formen einer *höher-aggregierten Ordnungsbildung*. Am Beispiel von Kommunikationsprozessen erläutert er, dass eine *stabile* Kommunikation mindestens zwei Teilnehmer im Sinne höherer sozialer Adressaten benötigt. Es kommt nicht darauf an mit wem geredet werden kann (wer überhaupt in der Lage ist zu kommunizieren), sondern welche Adressaten über die größeren Kontaktchancen verfügen (wird überhaupt zugehört) und welche sich darüber hinaus bei der Weiterleitung kommunikativer Inhalte (Informationen) bewähren [vgl. Holzer, 2008]. Demzufolge sind Systeme eine Voraussetzung um Netzwerke hervorzubringen, indem sie überhaupt erst verwendbare Beziehungen aufweisen.

Grundsätzlich wird in den Forschungen der Netzwerkanalyse davon ausgegangen, dass das Ganze Eigenschaften besitzt, die die Einzelemente nicht haben können. Diese Eigenschaften werden in der Regel als *emergent* bezeichnet (Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile.). Netzwerke bestehen also nicht aus einer Addition einzelner Zustandsverknüpfungen, sondern drücken die Beziehungen zwischen den Einzelementen aus.

Folgt man weiter den Ausführungen Holzers [2008] ist es durchaus möglich, dass einzelne Beziehungen einen höheren spezifischen Wert besitzen, durch den sie selbst wieder ein eigenes (Kontakt-)System innerhalb der sozialen Umwelt darstellen. Luhmann [1984] vermerkt dazu: „Die Beziehung wird selbst zur

Netzwerkanalyse

Reduktion von Komplexität. Das aber heißt: sie muss als emergentes System begriffen werden.“ Die Ebene einzelner Beziehungen besitzt also durchaus Systemcharakter [Holzer 2008]. Koch [2008] merkt dazu an, dass für die Emergenz von Strukturen, vielmehr unterschiedliche Verknüpfungen zwischen sozialen, psychischen und räumlichen Systemen entscheidend zu sein scheinen.

Holzer [2008] beschreibt folglich Netzwerke als Formen sozialer Ordnungsbildung, die sich *innerhalb* und *zwischen* Systemen herausbilden.

Führt man sich erneut den gemeinsamen Bezugspunkt von Netzwerken und Systemen vor Augen, der in einer *selektiven Verknüpfung von Elementen* besteht, lässt sich sagen, dass es die Netzwerkanalyse ermöglicht, den sogenannten emergenten Eigenschaften von Systemen auf die Spur zu kommen [vgl. Jansen 2006].

3.3 Raumauffassungen der neueren Wirtschaftsgeographie:

3.3.1 Mikroökonomie & Embeddedness

Basierend auf Studien aus den siebziger Jahren spielen in der Wirtschaftssoziologie heute drei Ansätze eine Rolle [Bögenhold, Marschall, 2008]:

- a.) Märkte als *Netzwerke*
- b.) Märkte als *Kultur*
- c.) Märkte als *Geflecht von Institutionen*

Spricht man von Märkten als Netzwerke, bezieht man sich meistens auf die Verbindungen zwischen wirtschaftlichen Akteuren, die Informationen, Güter, Wissen, o.ä. austauschen. Untersuchungsgegenstand hierbei ist, wie sich die Struktur eines Netzwerks auf einem Markt auswirkt und welche Handlungschancen Akteure aufgrund ihrer Position im Netzwerk haben (Burt 1992).

Das Verhältnis von Ökonomie und Kultur wird in Städten besonders ersichtlich. Städte stellen eine Infrastruktur zur Verfügung, die zum Beispiel Kapitalkreisläufe mit spezifischer Umschlagsdauer ermöglichen.

Globale Ökonomie findet nicht anderswo statt, sondern wirkt über die Verflechtungen mit regionalen Ressourcen lokal. Löw [2008] verweist hierbei auf die Berücksichtigung von harten beziehungsweise weichen Standortfaktoren bei der

Immobilienprojektentwicklung. „Der Konkurrenzkampf zwischen den Städten wird nicht nur ökonomisch, sondern auch kulturell geführt“ Löw [2008].

Die mikroökonomische Perspektive auf die Stadt besteht in der Betrachtung der räumlichen Struktur als Wettbewerb um Raum auf den Immobilienmärkten [vgl. Löw, Steets, Stoetzer 2008; 124]. In den Anfängen neoklassischer Forschungsarbeiten wird raumbezogenes Handeln von Individuen vor dem Hintergrund ihres Strebens nach Gewinnmaximierung analysiert.

ökonomische
Netzwerkriterien

Ein alternativer Ansatz findet sich in der *Urban Political Economy*

Die Trennung der Stadtakteure erfolgt in 2 Gruppen:

- a.) *Tauschwert* des städtischen Bodens zu erhalten/maximieren
- b.) *Gebrauchswert* des städtischen Bodens zu erhalten, zu verbessern

Gewinn- und Nutzenerwartungen stehen in Opposition zu einander.

Beide Gruppen beeinflussen aber unter einander die Entwicklung eines Ortes.

Der Markt wird definiert als Resultat kultureller Interaktionen.

Embeddedness

Die bisherige Fehlannahme ging davon aus, dass ökonomisches und soziales Handeln kontextfrei geschieht. Ökonomisches Handeln ergeignet sich aber nicht zwischen isolierten Akteuren, sondern ist *eingebettet* in fortdauernde Systeme sozialer Beziehungen. Eine Unterscheidung der sozialen Einbettung in zwei Typen liefert [Granovetter, 1990]:

- a.) *Relationale Embeddedness*
 - kennzeichnet die Qualität der Beziehungen zwischen zwei Akteuren
 - ökonomische Beziehungen sind die Grundlage zur Bildung von Vertrauen
 - Vertrauen ist eine informelle Institution zur Reduktion von Unsicherheit
 - Gegenseitiges Vertrauen wird durch Erfahrung aufgebaut und erhöht die Erwartungssicherheit
- b.) *Strukturelle Embeddedness*
 - kennzeichnet die Qualität der Beziehungsstruktur zwischen einer Menge von Akteuren, d.h. das Handeln zweier Akteure hängt auch vom Kontext der Beziehungen mit anderen Akteuren ab.
 - ökonomisches Handeln ist in eine Struktur sozialer Beziehungen eingebettet

Interessant an dieser Theorie ist die Aussage des Umkehrschlusses:

Wenn gemeinsame Beziehungspartner vom Vertrauensmissbrauch eines Akteurs erfahren, wirkt sich das nicht nur auf den Akteur, sondern auch auf weitere verbundene Partner aus. In gleicher Weise kann der umgekehrt Mechanismus zum Aufbau von Reputationen gegenüber Dritten dienen [vgl. Bathelt, Glückler 2003]:

Das Konzept der Embeddedness ist *kontingent*, d.h. trotz gleicher technologischer und ökonomischer Voraussetzungen können sich aufgrund unterschiedlicher sozialer Strukturen in Raum und Zeit verschiedene Ergebnisse einstellen [Granovetter, 1992]

Alle Beziehungen zwischen Akteuren unterliegen dem Prinzip einer *lokalen* Einbettung. Der soziale Kontext von Unternehmen wird folglich als lokaler Kontext untersucht.

Als Problem betrachten Kritiker der Theorie, dass der Raum als Bedingung des Sozialen überbewertet werden könnte, d.h. vom Physischen Raum könnte eine Wirkung auf das Soziale geschlussfolgert werden.

Damit wird der Raumbezug innerhalb empirischer Studien deterministisch.

Ein Korrekturvorschlag kommt von [Bathelt, Glückler 2003]:

Embeddedness *in räumlicher Perspektive*, d.h. die Struktur sozialer Beziehungen ist nicht notwendigerweise durch räumliche Nähe begrenzt und nicht ausschließlich durch räumliche Kriterien gekennzeichnet.

Mögliche zusätzliche Kriterien könnten sein:

- Organisationsstruktur der Unternehmen, durch Gesetze, Regeln, Gewohnheiten
- Einbettung in regionale institutionelle Zusammenhänge, wie Arbeitsmarktstrukturen, lokale Ressourcen oder Zuliefererpotentiale

Aber auch räumliche Nähe kann Vertrauensbildung erheblich erleichtern und beschleunigen, weil ein gemeinsames Verständnis der umgebenden Situation zugrunde liegt und sich private und geschäftliche Aktionskreise der Akteure überlappen. Vertrauen erfordert über einen längeren Zeitraum hinweg wiederkehrende Interaktionen.

3.3.2 Analyse ökonomischer Beziehungen

Powell [1991] und Grabher [1993] entwickeln zur Analyse ökonomischer Beziehungen folgende Kriterien und Typologien von Unternehmensnetzwerken:

a.) *Reziprozität*

Netzwerkbeziehungen sind freiwillige Sequenzen von Transaktionen über einen längeren Zeitraum. Nicht jede Transaktion wird genau aufgerechnet.

Die Tauschpartner vertrauen darauf, dass keiner von beiden langfristig zu Lasten des anderen profitiert.

b.) *Interdependenz*

In der Theorie sind Märkte konzeptionell durch eine vollständige Unabhängigkeit der Akteure gekennzeichnet, wohin gegen sich Hierarchien durch eine vollständige Abhängigkeit der Akteure auszeichnen. Im Zeitablauf werden innerhalb von Netzwerkbeziehungen Reputation, Loyalität und Vertrauen aufgebaut. Durch wiederholte Interaktion wächst gegenseitiges Verständnis, woraus gemeinschaftliche Lernprozesse und blindes Verstehen resultieren.

c.) *Macht*

Netzwerke müssen nicht ausschließlich egalitär strukturiert sein.

Netzwerkasymmetrien beschreiben den Sachverhalt, dass einige Unternehmen mehr Macht besitzen als andere Netzwerkpartner. Machtasymmetrien können durchaus Vorteile bedingen, indem sie Ströme innerhalb des Netzwerks dynamisieren.

d.) *Lose Kopplung*

Im Gegensatz zu verknüpften Akteuren in hierarchischen Systemen sind Transaktionspartner in Netzwerken lose aneinander gekoppelt. Sie sind frei und autonom in der Entscheidung, eine Beziehung fortzusetzen oder zu beenden. Durch die freiwillige Mitwirkung entsteht ein stabiler Kontext für die Interaktion, woraus interaktive Lernprozesse resultieren können (Interdependenz).

Durch lose Koppelungen werden Redundanzen geschaffen, die verhindern, dass ein Netzwerk bei Ausscheiden eines Partners zusammenbricht.

weak and
strong ties

In diesem Zusammenhang unterscheidet [Granovetter 1973] auch *enge* Verbindungen und *schwache* Verbindungen

Schwache und zudem überbrückende Verbindungen sind unerlässlich um die Offenheit eines Systems zu garantieren. Je weniger schwache Verbindungen ein System enthält, umso stärker ist es vom Rest der Welt isoliert.

Enge Verbindungen können innerhalb von Netzstrukturen leichter ersetzt werden, da es in den seltensten Fällen bei einer engen Verbindung bleibt. Um Ausfallrisiken zu minimieren werden oftmals zusätzliche schwache Verbindungen (z.B. über Dritte Partner) geknüpft [vgl. Granovetter 1973].

Granovetters Analysen zum Verhalten jobsuchender Akteure ergaben, dass es gerade die so genannten schwachen Beziehungen sind, über die die wirklich wichtigen Informationen gewonnen werden. Mit schwachen Beziehungen sind hierbei Personenkontakte gemeint, die sich nicht im gleichen alltäglichen Umfeld bewegen wie der betrachtete Akteur.

Somit haben sie Zugang zu Informationen, die sich von denen unterscheiden, die Ego³ erhält [Bögenhold, Marschall, 2009]

Betrachtet aus der Mikroperspektive geht Granovetter [1973] von einer *verbotenen Triade* aus. In seinem Makromodel folgert er, dass schwache Beziehungen genau die Brücken sind, von denen die Handlungsfähigkeit der Gemeinschaften entscheidend abhängt. Stadtteile beispielsweise, die über viele schwache Verbindung verfügen, sind besser in der Lage sich zu mobilisieren als Stadtteile, die wenige schwache Verbindung aufweisen und sich in relativ geschlossenen Cliquen organisiert haben.

Lock-In

Bei einer wachsenden Anzahl von Akteuren entstehen in Netzwerken Koordinationsprobleme, die hin bis zu Blockaden führen können. In diesem Fall laufen alle Akteure Gefahr, Teil des Netzwerkausfalls zu werden.

Weiterhin besteht die Gefahr, dass sich lose Kopplungen zu stark verfestigen und einen *Lock-In* bewirken.

Außerdem können sich eine Übermaß an Konsens und Vertrauen hemmend auf potentielle Innovationsprozesse auswirken.

³ Als „Ego“ wird in der sozialen Netzwerkanalyse der zentrale Hauptakteur eines persönlichen Netzwerks bezeichnet. In der Regel wird in ego-zentrierten Netzwerken die Struktur sozialer Beziehungen zwischen einer ausgewählten Person (Ego) und ihren Kontaktpersonen (Alteri) abgebildet. Die Analyse von Ego-Netzwerken dient z.B. der Erforschung von Integrationsstrukturen ausgewählter Akteure [vgl. Jansen 2006].

3.3.3 Soziales Kapital

Eine netzwerktheoretische Übertragung des ökonomischen Kapitalgedankens auf einen sozialwissenschaftlichen Bezug liefert der *Sozialkapital-Ansatz*.

Sozialkapital

Soziales Kapital als Ressource befindet sich nicht in der Verfügungsgewalt eines einzelnen Akteurs oder einer einzelnen Organisation. Es existiert nur in der Beziehung zwischen verknüpften Partnern.

Der Vorteil dieses Konzeptansatzes ist, dass er die Möglichkeit eröffnet, nicht-monetäre Ressourcen als wichtige Quellen von Macht und Einfluss zu erfassen und anderen Formen von Kapital gegenüberzustellen.

Soziales Kapital verschafft den Begünstigten eine Reihe von Vorteilen:

- es ermöglicht die Bildung von Transaktionen innerhalb der vernetzten Akteure
- die Akteure genießen zusätzliche Informationsvorteile
- Effizienz und Sicherheit von Transaktionen steigt, durch Herausbildung von Werten, Normen und Handlungsorientierungen innerhalb des Netzwerks

Nach [Coleman, 1988] resultiert soziales Kapital vor allem aus der relativen Geschlossenheit von sozialen Netzwerken, deren Eigenschaften nicht unproblematisch sind:

- *soziale Kohäsion* (Zusammenhalt) bewirkt Ausgrenzung externer Nicht-Mitglieder
- passives *Free-Riding* einzelner Gruppenmitglieder (Ressourcen werden in Anspruch genommen ohne dass selbst Ressourcen eingebracht werden)
- wichtige Informationen können durch die Abgeschlossenheit nicht in die Gruppe dringen

Eine entgegengesetzte Perspektive nimmt [Burt 1992] in seiner *Structural Hole - Theorie* ein.

Structural Hole

Er geht davon aus, dass unverwirklichte Beziehungen zwischen Akteuren eines Netzwerks Informations- und Kontrollvorteile für denjenigen schaffen, der mit seinen Beziehungen die unverbundenen Akteure erreicht.

Solche nicht-redundanten Beziehungen konstituieren das soziale Kapital eines Akteurs, dass diesem die Gelegenheit des Aushandelns und Vermittelns zwischen anderen unverbundenen Akteuren bietet [Bathelt, Glückler 2003]

Nach Burt ist soziales Kapital keine kollektive Ressource, sondern eine individuelle Gelegenheit Kontrollvorteile zu erlangen, die sich aus *structural holes* und offenen Netzwerken ergeben.

Eine Zusammenführung der beiden Ansätze erfolgt durch Sandefur & Laumann, [1998]. Sie vermerken:

- eine bestimmte Form des sozialen Kapitals kann verschiedene Vorteile bewirken (Information, Einfluss, Solidarität)
- verschiedene Formen sozialen Kapitals variieren in ihren Wirkungen, da sie Vorteile für ein bestimmtes oder mehrere Ziele persönlichen Handelns bedeuten können.
- soziales Kapital kann Vorteile und zugleich Nachteile für bestimmte Handlungsziele darstellen

Demnach hat Soziales Kapital eine *Valenz*, die abhängig von den Zielen ist, die ein Akteur verfolgt.

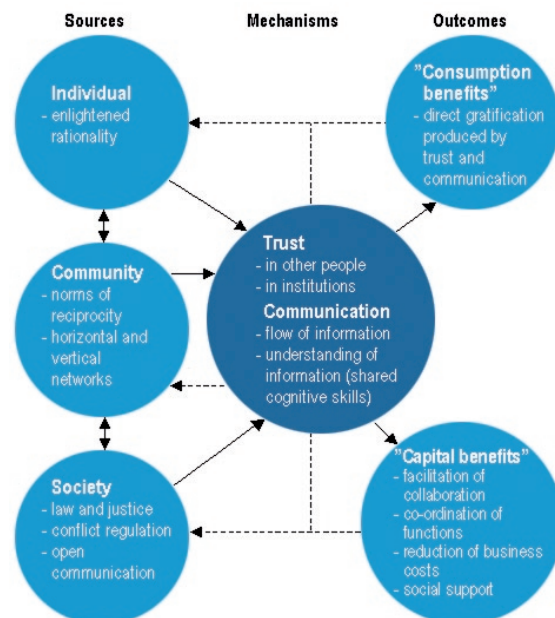


Abb. 14: Konzept des Sozialen Kapitals nach Bourdieu und Coleman [Ruuskanen, 2001]
Die Abbildung beschreibt die gegenseitigen Wechselwirkungen im Austausch sozialer, nicht-monetärer Ressourcen zwischen Individuen, Gemeinschaften/Gruppen und Gesellschaften.

3.4 Interaktion

Betrachtet man Netzwerke topologisch besitzen sie nur zwei Komponenten:

Akteure und die *Beziehungen* zwischen den Akteuren

Eine *Interaktion* beschreibt jede Form von wechselseitigen Beziehungen zweier oder mehrerer Elemente (Personen, Gruppen, etc.). Ganz allgemein gesprochen ist Interaktion eine wechselseitige Beeinflussung individueller Akteure oder Dinge.

Spricht man von einem *Interaktionsfeld*, sind neben dem abstrakten Netz der in Kontakt stehenden Individuen auch noch deren räumliche Standorte gemeint.

Interaktionsfeld

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen *Interaktionsfeld*, *Informationsfeld* und *Kontaktfeld*.

Ein Kontaktfeld beruht auf den Verknüpfungen einer Face-to-Face- Kommunikation. Das Interaktionsfeld erweitert diesen Bereich um jene Bereiche, in denen wechselseitige Beziehungen ohne direkten persönlichen Kontakt bestehen (beispielsweise Post - und Telekommunikationsfelder, oder Geld- und Warenströme).

Entscheidend für das Interaktionsfeld ist, dass gegenüber dem Informationsfeld die wechselseitigen Beziehungen aktiv gesteuert werden können.

Die Bewegungen von Arbeit, Kapital, technischem Wissen oder auch Gütern und Dienstleistungen zwischen Standorten und Regionen stellen beispielhafte Interaktionen ökonomischer Raumsysteme dar. Innerhalb der Stadtforschung wird die Interaktion zwischen Städten oder Stadtteilen mithilfe von Faktoren wie zum Beispiel Austausch, Wanderungen, Pendlerverflechtungen, Innovations- und Ausbreitungsbewegungen, Eisenbahnverbindungen oder auch Telefonverbindungen untersucht. Auch die Untersuchung gesellschaftlich-organisatorischer Abhängigkeiten oder Machtbeziehungen gehört in den Rahmen der Interaktionsforschung.

Das bekannteste Beispiel sind die täglichen Pendlerbewegungen von Arbeitnehmern aus Wohnorten der Peripherie in das Stadtzentrum.

An diesem Beispiel lässt sich auch gut sehen, dass Interaktionen immer eine Richtung entsprechend ihres räumlichen Verlaufs besitzen. Durch Bewegungen und Ströme entlang dieser Richtungen werden also Wechselwirkungen zwischen Orten und Regionen aufrechterhalten.

Räumliche Interaktion ist abhängig von vier Faktoren:

- *Komplementarität*
- *Übertragbarkeit*
- *intervenierende Faktoren*
- *Diffusion*

Komplementarität *Komplementarität* ist die Voraussetzung für Wechselwirkungen zwischen Orten. Eine Interaktion zwischen zwei Orten findet dann statt, wenn an einer Stelle eine Nachfrage besteht, die durch ein entsprechendes Angebot an der anderen Stelle teilweise oder vollständig befriedigt werden kann.

Urlaubsreisen stellen ebenso eine Interaktion zwischen zwei komplementären Orten der physischen Umwelt dar, wie Warenströme basierend auf ökonomischen Ressourcen an den jeweiligen Standorten.

Übertragbarkeit *Übertragbarkeit* beeinflusst räumliche Interaktionen dahingehend, dass der Aufwand, die Kosten, die Distanz oder die zeitlichen Rahmenbedingungen, einen Gegenstand oder eine Information zu bewegen, einen erheblichen Einfluss auf die Wechselwirkung zwischen den Orten nimmt. Neue Technologien oder verbesserte Infrastrukturen können Raumwiderstände wie z.B. die Distanz zwischen Orten vermindern und die Übertragungsgeschwindigkeiten erhöhen. Die Möglichkeit der räumlichen Interaktionen zwischen zwei Orten oder Elementen steigt demnach entsprechend ihres sinkenden Übertragungswiderstands. Übertragbarkeit ist demnach genau wie Komplementarität eine Voraussetzung für räumliche Interaktionen zwischen Orten.

Faktoren, die Bewegungen und Ströme zwischen Orten positiv oder negativ beeinflussen können, nennt man intervenierende Faktoren. Sie bilden selbst keine Voraussetzung für räumliche Interaktionen, beeinflussen aber das Ergebnis der Wechselwirkung. Die Erhebung von Importszöllen oder finanzielle Subventionen für Exportgüter wären Beispiele für intervenierende Faktoren innerhalb von Güterströmen zwischen zwei Staaten.

Diffusion Unter räumlicher *Diffusion* wird die Eigenschaft sowie der zeitliche Verlauf der Ausbreitung von Dingen im Raum verstanden. Auf den Diffusionsbegriff wird zum späteren Zeitpunkt noch genauer eingegangen.

Empirische Untersuchungen belegen, dass die räumliche Interaktion mit zunehmender Distanz abnimmt. Beispiele aus der Verkehrsgeographie machen deutlich, dass sich Ströme zwischen Regionen (Grad der räumlichen Interaktion) umgekehrt proportional zur Entfernung verhalten. Orte die nahe beieinander liegen weisen demnach eine intensivere Interaktion auf.

Schon früh wurde festgestellt, dass sich Wanderungsströme zwischen Städten reziprok zu der zu überwindenden Distanz verhalten.

Weiterhin ist bekannt, dass die Größe der Ströme mit der Größe der beiden interagierenden Pole (Städte) zusammenhängt.

Die Stromgröße zwischen zwei Regionen kann durch Multiplikation der Masse der beiden Regionen und die Teilung des Ergebnisses durch die dazwischen liegende Entfernung grob geschätzt werden.

Seien x und y die Variablen der betrachteten Regionen (oder Städte), P die Masse und D die Distanz zwischen ihnen, dann lautet die entsprechende Gleichung zur Berechnung der Stromgröße F :

$$F_{xy} = \frac{P_x \cdot P_y}{D_{xy}} \quad (1)$$

Gravitation

Formel: Gravitationsformel zur Berechnung der Stromgröße zwischen zwei Punkten

Die Masse wurde in vielen Gravitationsstudien mit der Bevölkerungsgröße gleichgesetzt. Allerdings werden so möglicherweise existierende Unterschiede zwischen zwei Regionen nicht ausreichend berücksichtigt

Gravitationsmodelle schätzen die Stromgrößen zwischen Zentren ausschließlich anhand der *Gewichtung* der Knoten und der angegebenen *Distanz* dazwischen ab. Die *Gewichtung* muss aber nicht unbedingt der Einwohnerzahl gleichgesetzt werden. Durch geeignete Bewertungsverfahren können auch andere und zusätzliche Parameter in die *Gewichtung* einbezogen werden.

Um die interagierenden Knoten durch entsprechende Massen gewichten zu können, werden i.d.R. verschiedene Variablen anhand ihrer Prioritäten aufgestellt.

Die Einteilung in Kategorien verschiedener Wichtigkeit oder die Wertung mithilfe einer Nutzwertanalyse dienen der Verrechnung der Pole zu ihrem entsprechenden Gewicht. Beispiele hierfür wären die Beschreibung der Standortqualität durch die Anzahl der Besucher, die Fläche des zur Verfügung stehenden Angebots, und die Anzahl der zur Verfügung stehenden Möglichkeiten.

Gewichtung

Entsprechend dieser Erkenntnis ist es möglich innerhalb der Analyse von Interaktionsnetzen einzelne Knoten mit unterschiedlichen Gewichtungen anzugeben. Weiterhin kann räumliche Interaktion auf unterschiedlichen Maßstabsebenen ablaufen. So können sich Wechselbeziehungen zwischen zwei Städten auf Interaktionen verschiedener Standorte innerhalb eines Stadtteils auswirken. In diesem Fall wird von horizontalen Beziehungsebenen und vertikalen Beziehungsebenen gesprochen. Die besondere Eigenschaft von Interaktionen ist, dass sie sowohl horizontal als auch vertikal ablaufen können.

Interaktionsnetze

Nachfolgend sind einige typologische Beispiele zu möglichen Interaktionsbeziehungen und Abschätzung ihrer Stromgrößen abgebildet.

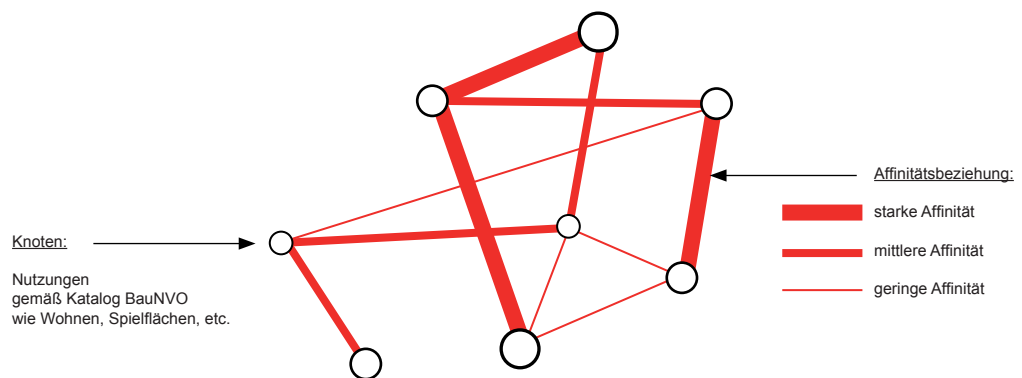


Abb. 15: Affinitätsbeziehungen als Interaktionsform zwischen verschiedenen Standorten [eigene Darstellung]

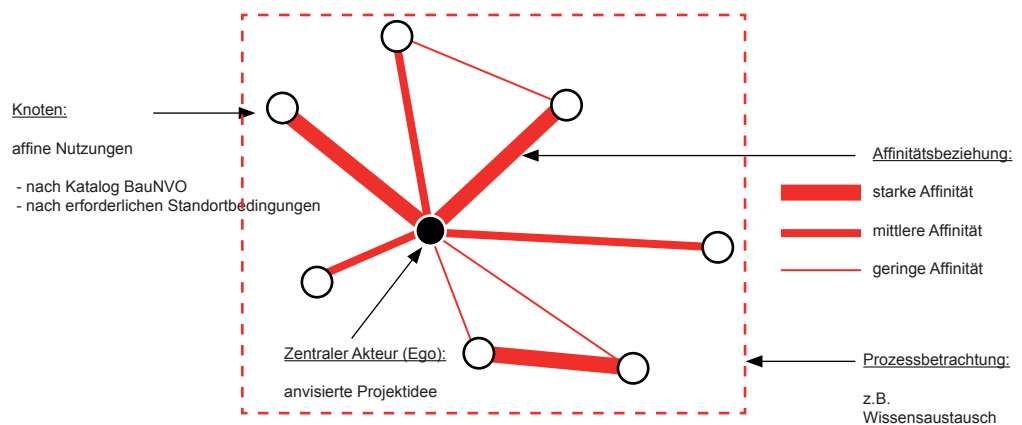


Abb. 16: Affinitätsbeziehung als Interaktionsform eines zentralen Akteurs mit seinen umgebenden Standorten [eigene Darstellung]

3. Theorien und Methoden der Raumentwicklung

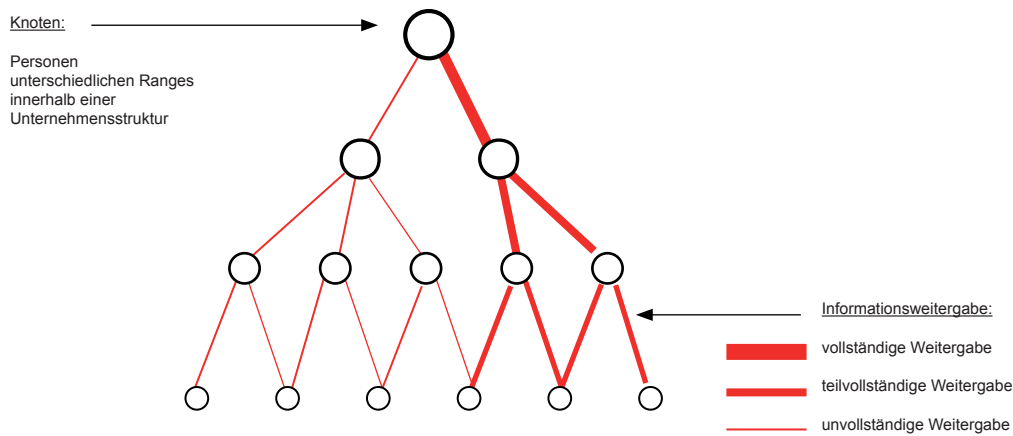


Abb. 17: Vertikale Weitergabe von Information [eigene Darstellung]

In Ergänzung und zur näheren Erläuterung soll hier auf das beiliegende Programm verwiesen werden, an dem sich die Stromgrößen einer selbst erstellten Knotenstruktur in Abhängigkeit der gewählten Distanz und Gewichtung simulieren lassen. Durch die Wahl des GO-Buttons kann eine zufällige Änderung der Struktur animiert werden.

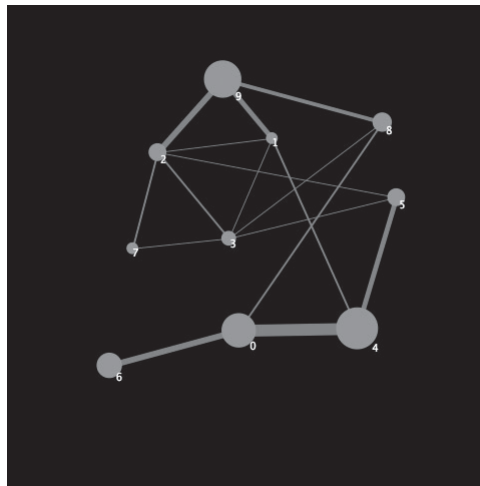
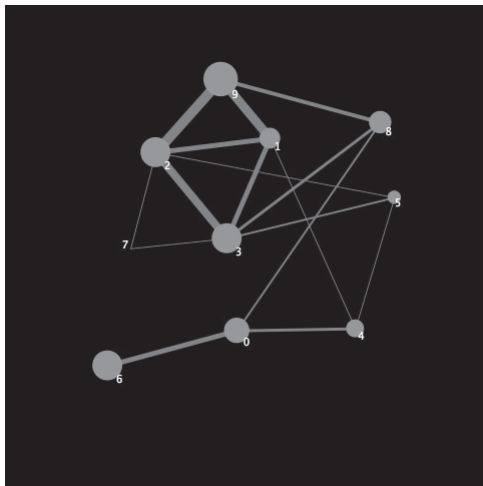


Abb. 18&19: Code Example der Stromgrößen innerhalb eines Netzwerks mit unterschiedlicher Gewichtung [eigene NetLogo generierte Darstellung]

3.5 Räumliche Ausbreitung von Informationen

Informations- expansion

Eine mögliche Form der Interaktion zwischen Akteuren ist beispielsweise die *Weitergabe von Informationen*. Der Inhalt der Information ist für die weitere Betrachtung zunächst nicht von Interesse. Je nach struktureller Organisation der Akteure im Netzwerk unterscheidet sich der Weg auf dem die Information weitergegeben werden kann. Diese kontinuierliche Weitergabe kann auch als *Informationsausbreitung* beschrieben werden.

Ein Ausbreitungsprozess materieller oder immaterieller Informationen, Güter oder sonstiger Phänomene in räumlicher und zeitlicher Hinsicht wird allgemein als *Diffusion* bezeichnet.

Der von Hägerstrand [1968] entwickelte Forschungsansatz zeigt, dass sich unter Zuhilfenahme von Diffusionsmodellen beispielsweise raumzeitliche Veränderungen von sozialen und wirtschaftlichen Verhaltensweisen analysieren lassen. Hägerstrands Konzept geht davon aus, dass eine Informationsübertragung auf Grundlage einer freiwilligen oder unfreiwilligen Annahme eines neuen materiellen und geistigen Phänomens erfolgt. Hägerstrand modellierte seinen Diffusionsprozess auf Grundlage eines *Mean Information Field*, indem die Ausbreitung von Phänomenen, wie zum Beispiel Epidemien, wissenschaftliche Neuerungen, etc. durch die Überwindung bestimmter physischer oder sozialökonomischer Barrieren beeinflusst wird.

Demzufolge breiten sich Innovationen durch soziale Kontakte in benachbarten Gebieten (*Nachbarschafts Effekt*) und entsprechend einer zentral örtlichen Hierarchie (*Hierarchie Effekt*) aus. Diese beiden Effekte werden auch als Expansionsdiffusion bezeichnet. In Ergänzung folgert Hägerstrand, dass auch eine Diffusionsform vorstellbar ist, die an eine Migration der Informationsträger gebunden ist.

Diffusionseffekte

Hägerstrand unterscheidet zwischen *Expansionsdiffusion*, *Verlagerungsdiffusion* und *Relokationsdiffusion*.

Expansive Diffusion beschreibt den Prozess mit dem sich Informationen, oder Materialien, usw. von einem Ort zum anderen ausbreiten. Der diffundierende Ausgangspunkt bleibt dabei in seiner Ursprungsregion bestehen und erweitert sich räumlich im Laufe der Zeitperioden.

Im Gegensatz dazu beschreibt die Verlagerungsdiffusion (auch *Relokationsdiffusion* genannt) einen Ausdehnungsprozess bei dem das Ursprungsgebiet verlassen wird und sich die Erweiterung zu neuen Orten hin bewegt.

Expansive und *relokative* Diffusion sind auch in ihrer Kombination beobachtbar. Hierbei bleiben die diffundierenden Sachbestände zumindest teilweise im Ursprungsgebiet bestehen.

Neben diesen grundsätzlichen Typologien unterscheidet man Diffusionsformen auch nach der Art ihrer *Übertragung*.

Übertragung

So bezeichnen zum Beispiel hierarchische Diffusionen eine Übertragung von Informationen oder Innovationen innerhalb eines strukturellen Systems verschiedener Ordnungen. Bei der hierarchischen Diffusion kann die Ausbreitung innerhalb einer Rangordnung sowohl von oben nach unten als auch von unten nach oben verlaufen. Die Ausdehnung auf eine höhere Ebene verläuft langsamer, kann sich dann aber von der erlangten Stufe wieder schneller nach unten ausbreiten.

Anders verhält sich die kontaktabhängige Diffusion. Diese Form der Ausbreitung ist durch eine Übertragung direkter Kontaktpartner gebunden.

Bei dieser manchmal auch *wellenförmigen* Diffusion genannten Erscheinungsform liegen folgende Annahmen zu Grunde:

- die Ausbreitung erfolgt durch die Weitergabe von Informationen, (d.h.: je näher der Anbieter, desto wahrscheinlicher die Übernahme)
- die Weitergabe beruht auf individuellen Kontakten
- die Kontaktaufnahme ist distanzabhängig
- die Weitergabe ist an alle Richtungen gleich gut
- es bestehen keine Dichteunterschiede

Innerhalb der zeitlichen Abfolge eines Diffusionsprozesses lassen sich bestimmte Profilschritte erkennen:

Im *Anfangsstadium* bestehen noch große Unterschiede zwischen dem Ausgangszentrum der Innovation und potentiellen entlegenen Zielgebieten.

Diffusionsstadien

Im *Diffusionsstadium* startet ein zentrifugaler Effekt der die Neuerungen auch in entferntere Gebiete ausweitet.

Im *Verdichtungsstadium* führen an der Peripherie neu entstandene Sub-Diffusionszentren zu einer stärkeren Verdichtung der Innovation innerhalb des Ausweitrungsraums.

Das schlussendlich folgende *Sättigungsstadium* ist gekennzeichnet durch eine Verlangsamung und das Ende des Diffusionsprozesses. Die Neuerung ist überall angenommen worden und es bestehen kaum mehr regionale Abweichungen.

Die Anzahl der erfolgreichen Übernahme einer Innovation lässt sich mit der Höhe einer Diffusionswelle darstellen. Die Innovationswellen ändern ihre Eigenschaft mit der Entfernung vom Ursprung und mit dem Zeitabstand.

Die allmählich nachlassende Welle über Raum und Zeit ist demnach auch zeitlich und räumlich bedingt.

Die Eigenschaften des Trägers, auf den sich die Welle hinbewegt, können dazu beitragen, dass sie sich beschleunigt oder verlangsamt.

Eine Welle, die sich von einem Innovations Zentrum fortbewegt, verliert an Identität, wenn sie auf eine Welle trifft, die aus einer anderen Richtung kommt. Das gleiche passiert, wenn die Diffusionswelle schwieriges Terrain passieren muss oder auf Hindernisse trifft [Haggett, 1991].

Hägerstrand [1968] beschreibt in seiner Theorie der Kontaktfelder, dass zusätzlich zu der bereits erwähnten Beeinflussung der Distanz, ebenso der Ausweitungsprozess durch die Kontaktwahrscheinlichkeit der angesprochenen Knoten beeinflusst wird. Die Wahrscheinlichkeit eines Kontakts zwischen zwei Personen ist nach seiner Auffassung umgekehrt proportional zur Entfernung zwischen ihnen.

Ein exakter Verlauf der Abnahme ist aber schwierig nachzuweisen. Im allgemeinen ergeben sich eher unregelmäßige Muster, die als Kontaktfelder bezeichnet werden.

Das Diffusionsmodell von Hägerstrand berücksichtigt weiterhin die Tatsache, dass die Wahrscheinlichkeit einer Informationsübertragung nicht grundsätzlich gleichmäßig ablaufen muss. Der Idealzustand eines absolut homogenen Mean-Information-Fields entspricht selten der Wirklichkeit. Vielmehr muss man davon ausgehen, dass die Bereiche, in denen die Diffusion vordringt, unterschiedliche Kontaktwahrscheinlichkeiten besitzen (beispielsweise durch eine unterschiedliche Personenanzahl). Weiterhin ist nicht gesagt, dass alle Kontakte ihnen zugetragene Informationen gleichermaßen annehmen. Hägerstrand erkannte, dass er in seinem Diffusionsmodell von unterschiedlichen Widerständen bei der Kontaktaufnahme ausgehen muss.

In den Weiterentwicklungen des Hägerstrandmodells durch Haggett [1991] und Yuill wurden ebenso Hindernisse und Grenzen in Diffusionsprozessen bedacht. Prinzipiell lassen sich *natürliche* Barrieren, z.B. geographische Grenzen, wie Flüsse, Bergketten, etc. von *sozial-psychologische* Barrieren, wie Hemmfakto-

ren, die sich durch Ablehnung oder mangelnde Kontakte bemerkbar machen, unterscheiden. Bei diesem Forschungsansatz wurde von vier unterschiedlichen Hindernistypen ausgegangen, die eine *Hemmung* der Diffusion verursachen und die *Kontaktwahrscheinlichkeit* zweier oder mehrerer Partner in folgender Weise herabsetzen:

Diffusionsbarrieren

- Typ 1: *superabsorbierende* Barrieren
Die Nachricht wird zwar absorbiert, der Übermittler aber zerstört.
- Typ 2: *absorbierende* Barrieren
Die Nachricht wird absorbiert, der Übermittler wird nicht beeinträchtigt.
- Typ 3: *reflektierende* Barrieren
Die Nachricht wird nicht absorbiert, der Übermittler kann aber im selben Zeitraum eine neue Nachricht weitergeben.
- Typ 4: *direkt reflektierende* Barrieren
Die Nachricht wird nicht absorbiert, wird aber zur nächsten verfügbaren Nachbarzelle im Umkreis des Übermittlers abgelenkt.

Haggett stellte ebenso heraus, dass die räumliche Ausbreitung von Diffusionswellen durch Hindernisse und Barrieren *verzerrt* wird. Nach Ablauf einer gewissen Zahl von Zeiteinheiten gelingt es den Diffusionswellen ihre ursprüngliche Struktur wiederherzustellen. Die Zeit, welche die ursprüngliche Wellenlinie braucht, um sich wieder herzustellen, nennt man *Regenerationszeit*. Sie wird beeinflusst zum einen durch die Länge der Barriere, als auch durch den jeweiligen Typ der Barriere (Typ 1 - 4).

Anwendung finden Diffusionsmodelle zum Beispiel in der Simulation von Schutzmaßnahmen gegen Infektionsausbreitungen oder in der Analyse der Verbreitung technischer Neuerungen (wie beispielsweise Mobiltelefone).

Ganz allgemein gesprochen lässt sich sagen:

Diffusionsmodelle können die Auswirkungen verschiedener Handlungen erklären, simulieren und somit bei der Suche der effektivsten Lösungen helfen.

3.6 Komplementarität in der Stadtentwicklung

Wie bereits erwähnt, ist für das Gelingen eines Diffusionsprozesses die Interaktion zwischen den beiden Kontaktpartnern eine grundsätzliche Voraussetzung. Für den Fall der Anwendung von Diffusionsmodellen im Stadtplanungsprozess wäre demnach zu klären welche Formen der Interaktion auf der Ebene der Stadtentwicklung überhaupt denkbar sind. Wie oben dargestellt beschreibt Interaktion jede Form von wechselseitigen Beziehungen zwischen zwei oder mehreren Elementen. Komplementarität und Übertragbarkeit bilden dabei die grundsätzlichen Voraussetzungen um überhaupt eine Wechselwirkung zwischen zwei Punkten stattfinden zu lassen. Welche Formen von Komplementarität sind also innerhalb der Stadtentwicklung denkbar?

Standortkriterien Laut Definition findet eine Interaktion zwischen zwei Punkten dann statt, wenn einer Nachfrage an einer Stelle durch ein entsprechendes Angebot an der anderen Stelle begegnet werden kann. Bezieht man sich nun auf den beispielhaften Fall der Umnutzung einer Brachfläche, so wäre die neue Nutzung entweder als Angebot zu definieren, auf das die umliegenden Bereiche in Form einer Nachfrage reagieren können. Oder man definiert die Neunutzung als Initial, welches seinerseits bestimmte Standortkriterien nachfragt.

Innerhalb der Immobilienprojektentwicklung sind eine Vielzahl solcher erforderlichen Standortkriterien für die jeweiligen Nutzungsmöglichkeiten innerhalb der Markt- und Standortanalyse zusammengetragen.

Ein neu zu vermarktendes Büroobjekt benötigt beispielsweise eine gute ÖPNV-Anbindung, ein bestimmtes Nahversorgungsangebot (Gastronomie, Einzelhandel), eine gute Zuwegung für Fußgänger, die Nähe zur 1A-Lage, eine gute Sozialstruktur des Umfelds, etc.

Lassen sich Standortfaktoren wie die Nahversorgung, die ÖPNV-Anbindung oder die Zuwegung zum Grundstück noch relativ gut geographisch verorten, so stellt sich die Modellierung einer *guten* Sozialstruktur im Umfeld schwieriger dar.

Die Definition als *gute* Sozialstruktur wird im Rahmen einer Standortanalyse in der Regel auf das festgelegte Projektziel verstanden. Mit anderen Worten: eine Sozialstruktur ist dann gut, wenn sie sich positiv auf die geplante Büronutzung auswirkt.

Folglich ist eine Sozialstruktur dann *nicht gut*, wenn negative Einflüsse auf das geplante Projekt zu erwarten sind. Durch die singuläre Betrachtung der Standortfaktoren bezogen auf das Projektziel kann man hier also von einer Entweder-Oder-Entscheidung sprechen. Wohl lassen sich mithilfe einer Sensitivitätsanalyse verschiedene Abstufungen von gut bis nicht gut auftragen, dennoch führt eine Bewertung der Standortssituation in dieser Methode unweigerlich zu einer wiederholten Bestätigung der bereits bekannten Zustände – Self-fulfilling Prophecies.

In Anlehnung an van Toorn [2001] wurde in planungsmethodischen Theoriediskussionen oft angemerkt, dass eine nachhaltige Stadtentwicklung nicht mehr nur auf der Logik des *entweder-oder*, sondern vielmehr auf einer Logik des *und*, also einer *sowohl-als auch*-Strategie fußen muss.

Logik des UND

Bleibt man beim Beispiel der empfundenen Qualität einer Sozialstruktur, wäre zu überlegen welche Faktoren hinter einer *sowohl nicht-gut, als auch gut-Klassifizierung* wirken könnten. Die oben erwähnten Analyseansätze zum Nachweis von *Sozialem Kapital* in prekären Standortlagen könnten an dieser Stelle weitere hilfreiche Ergebnisse liefern.

3.7 Verknüpfung räumlicher und sozialer Interaktionen

Grundsätzlich bestehen die bisher angeführten Probleme in einem *gleichzeitigem Auftreten sozialer und räumlicher Interaktionen*. Infolgedessen wechseln die Betrachtungsebenen zwischen der klassischen (sozialen) Netzwerkanalyse, die Akteure innerhalb ihrer Beziehungsstruktur abbildet, und einem räumlich fixierten System aus einzelnen über Erschließungswege verbundenen Standorten, Grundstückspartellen oder Gebäuden.

Raumdynamische Prozesse

Wie aus Kapitel 2.9 deutlich wurde sind alle Handlungen und Prozesse sowohl räumlich als auch zeitlich eingebettet, daher erscheint es sinnvoll, der singulären Betrachtung einer einzigen Analyseebene, im herkömmlichen Fall die räumliche Abgrenzung, eine weitere Betrachtungsebene hinzuzufügen.

Das die klassische (soziale) Netzwerkanalyse und die Untersuchung räumlicher Veränderungen auf einer morphologisch-infrastrukturellen Ebene, wie sie zum Beispiel die Stadtentwicklungsforschung darstellt, grundsätzlich nicht als Gegensatz zu verstehen sind wird deutlich, wenn man beide Analyseformen als Untersuchungsmethoden *struktureller Erscheinungsformen zwischen interagieren-*

den *Knotenpunkten* versteht. Vyborny und Maier [2008] weisen in ihrem Beitrag über die Regionalforschung als Anwendungsgebiet der Netzwerkanalyse bereits auf mögliche Potentiale einer Kooperation dieser beiden Disziplinen hin.

Neben den bereits erwähnten Ausführungen Granovetters [1973, 1985] und Burts [1992] zur Beschreibung von *embeddedness* und *sozialem Kapital* weisen Vyborny und Maier [2008] auch die Berechnung von Maßzahlen wie dem Zentralitätsgrad, Dichtewerte und die Anwendung stochastischer Untersuchungsmethoden als bereits existente Parallelen zwischen der Regionalforschung und der Netzwerkanalyse aus. Es erscheint daher sinnvoll die lokale Einbettung sozialer Netzwerkprozesse auf einer räumlichen Ebene als zusätzliche Betrachtungsperspektive abzubilden.

Das nachfolgend beschriebene Modell verknüpft dabei das Netzwerk der sozialen Akteursbeziehungen mit einem räumlich-gebundenen Netzwerk lokaler Standorte zu einem *gemeinsamen interagierenden System*.

Die Interaktion selbst wird in der nachfolgend abgebildeten Modellstruktur skizzenhaft durch den möglichen Diffusionsprozess einer räumlichen Intervention auf Grundlage einer integrierten Stadtentwicklung erläutert.

Der Modellaufbau gliedert sich dabei in 3 Ebenen:

- einer *ökonomischen bzw. wirtschaftlichen Ebene*
(als klassisches, ökonomisches Akteursnetzwerk)
- einer *geographischen Ebene*
(als räumliches Netzwerk infrastrukturell verbundener Einzelstandorte)
- einer *sozial-institutionellen Ebene*
(als klassisches, soziales Netzwerk)

Ausgangspunkt des Szenarios bildet ein Immobilieninvestment an einem für das Projektziel zunächst mäßig bis schlechten Standort. Die Investition wird aber extern auf der ökonomischen Ebene mit der Renditeerwartung an eine mittel- bis langfristig steigende Lagequalität entschieden.

Der ortsfremde Käufer mit seiner für den Standort unverhältnismäßig hohen Kapitaleinlage stößt bei Nachbarn und der weiteren Umgebung auf Skepsis bis hin zu Ablehnung. Niemand möchte in der Neuinvestition ein Entwicklungsinitial zur Standortaufwertung sehen, noch eine diesbezügliche Veränderung des eigenen Hausbesitzes durchführen.

Die erhoffte Annahme des Entwicklungsinitials bleibt aus und die angestrebte Diffusion des Aufwertungsprozesses kann sich auf der geographischen Ebene

nicht weiter ausbreiten. Im Stadtteil werden nun zusätzlich soziale Netzwerke, wie z.B. Vereine, Bürgerinitiativen, etc. angenommen. Institutionennetze mit Personen, die in Standortnähe ebenfalls Eigentum besitzen oder Standortinteressen vertreten. Das beschriebene Modell geht nun davon aus, dass es dem externen Investor gelingt, in das Netzwerk der sozialen Ebene aufgenommen zu werden und seine Ziele der Standortaufwertung unter Berücksichtigung von Synergieeffekten einzubringen, abzustimmen und schlussendlich zu realisieren. Somit kann sich der *horizontal* (auf der geographischen Ebene) *blockierte* Diffusionsprozess *vertikal* durch die vorhandenen Netzstrukturen ausbreiten und wieder auf die geographische Ebene rückwirken.

Die nachfolgende schematische Modelldarstellung zeigt wie sich Handlungsansätze in Abhängigkeit der vorgefundenen Netzwerkstrukturen durchsetzen lassen.

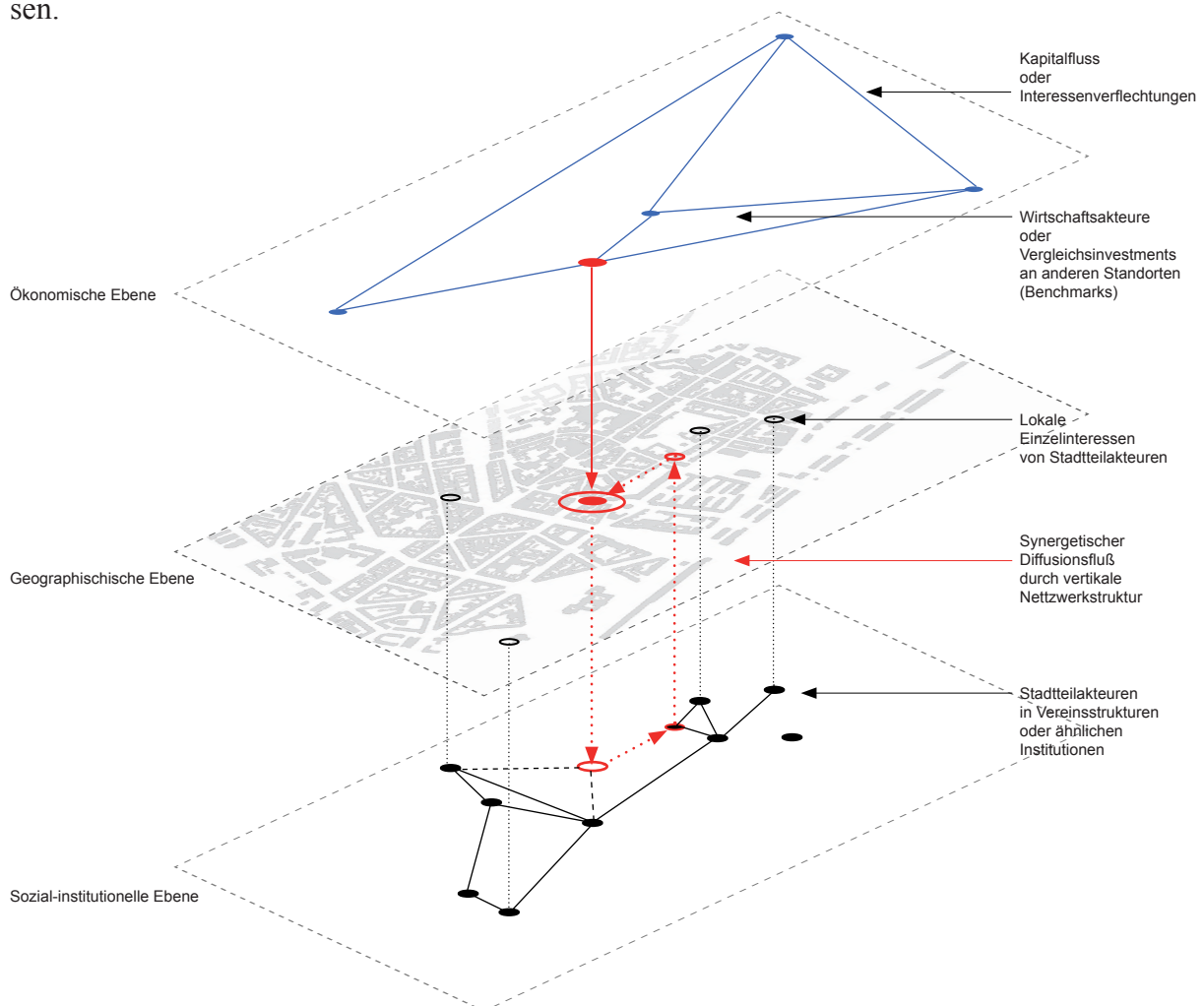


Abb. 20: *Gedankliches Strukturmodell der Funktionsweise einer integrierten Stadtentwicklung [eigene Darstellung]*
Eine Innovation wird auf der wirtschaftlichen Ebene beschlossen und im Stadtraum umgesetzt. Sie kann sich aber auf Grund natürlicher oder sozialer Barrieren im Stadtteil nicht ausbreiten. Der Innovation versucht über persönliche oder institutionelle Kontakte eine Akzeptanz im Stadtteilnetzwerk zu erhalten. Gelingt es strategische Partner(-standorte) zu finden, kann die Innovation auf diesem Weg in den Stadtteil eingebettet werden.

3.8 Dynamik räumlicher Prozesse

Die letzte Abbildung machte deutlich, dass die erfolgreiche Expansion einer Idee oder Information mitunter mehrere Akteursebenen benötigen kann.

In Bezug auf die eingangs erläuterten Entwicklungshemmnisse des Zentrumsrands stellt dieses Bild einen alternativen Weg zur Initiierung eines (Immobilien-) Projekts dar.

Aus Perspektive der Stadtplanung besteht aber ein Mangel an Handlungsstrategien für gesamte Stadtquartiere. Darüber hinaus reicht es nicht, Entwicklungen nur über die Dauer eines Prozesses zu sehen. Um die notwendige Nachhaltigkeit der Stadtplanung zu gewährleisten, müssen bauliche, strukturelle oder soziale Neuerungen in Veränderung über die Zeit betrachtet werden.

Übertragen auf die Netzwerkanalyse lässt sich somit sagen, dass es nicht reicht, ein Netzwerk nur in seiner momentanen Zusammensetzung zu kennen.

Entscheidend ist vielmehr, in welcher Art sich das Netzwerk im zeitlichen Bezugssystem verändert. An dieser Stelle kann wieder auf den Begriff der Dynamik eines Prozesses aus Kapitel 3.1 verwiesen werden.

Die folgenden beiden Abschnitte geben im Wesentlichen die Arbeit Franck und Wegeners [2002] zur Dynamik räumlicher Prozesse wieder.

Eine ausführliche Erläuterung ihres Forschungsansatzes ist notwendig, da sich die das hier vorgestellte Simulationsmodell in seiner Konzeption auf die Theorien Franck und Wegeners inhaltlich bezieht.

Dynamische Prozesse

Nach Franck und Wegener [2002] lassen sich verschiedene Strukturkonzepte raumdynamischer Prozesse unterscheiden:

- unterschiedliche *Anpassungsgeschwindigkeiten* (z.B. sozio-ökonomischer und technischer Wandel)
- *Stabilität* räumlicher Prozesse
- *Rhythmen* räumlicher Prozesse
- Koppelung *stabiler* und *instabiler* Raumprozesse
- *Diffusionsprozesse* nach [Hägerstrand, 1968]

3. Theorien und Methoden der Raumentwicklung

[Wegener, 1986] klassifiziert räumliche Prozesse in Bezug auf ihr zeitliches Verhalten durch folgende Maßstäbe:

- langfristige (langsamen) Prozesse
- mittelfristige (mittelschnelle) Prozesse
- kurzfristige (schnelle) Prozesse.

Auf Grundlage eines Reiz-Reaktions-Schemas entwickeln Franck und Wegener [2002] weiterführende Beschreibungskriterien, die eine exaktere Definition über die jeweilige Geschwindigkeit eines Prozesses erlauben. Unter dem Aspekt der Anpassungsgeschwindigkeit werden Prozesse nach *Reaktionszeit*, *Wirkungsdauer* und *Wirkungstiefe* unterschieden.

Reiz-Reaktions-Schema

Tabelle 1 Städtische Veränderungsprozesse

Ebene	Prozess	Bestand	Reaktionszeit Jahre	Wirkungsdauer	Wirkungstiefe	Reversibilität
1 Langsam	Straßen- und Eisenbahnbau	Straßen, Eisenbahnen	5–10	> 100	niedrig	fast keine
	Industriebau	Industriebauten	2–3	60–80	niedrig	niedrig
	Industrie					
	Wohnungsbau	Wohnbauten	3–5	50–100	niedrig	sehr niedrig
2 Mittlere Geschwindigkeit	Wirtschaftlicher Strukturwandel	Arbeitsplätze, Arbeitslosigkeit	2–5	10–20	mittel	hoch
	Demographischer Wandel	Bevölkerung, Haushalte	0–70	0–70	mittel	teilweise
	Technische Veränderungen	Verkehrsmittel, Kommunikationssysteme	3–5	10–15	mittel	keine
3 Schnell	Betriebsverlagerungen	Beschäftigung	< 1	5–10	hoch	hoch
	Umzüge	Wohnungsbelegung	< 1	5–10	hoch	hoch
	Veränderung Aktivitäten	Verkehr, Kommunikation	< 1	2–5	hoch	hoch

Abb. 21: Städtische Veränderungsprozesse unterschiedlicher Geschwindigkeit [Franck / Wegener, 2002]
 Verschiedene städtebauliche Maßnahmen benötigen unterschiedliche lange bis sie sich im umgebenden Bestand durchgesetzt haben. Ist die Maßnahme angenommen, sind die daran gebundenen Strukturveränderungen entsprechend langfristig, nachhaltig und zum Teil irreversibel.

Zur besseren Verständlichkeit dieses Reiz - Reaktionsschemas werden die von Franck und Wegener, [2002] angegebenen Definitionen der einzelnen Prozessabschnitte nachfolgend zitiert:

„ Die erste Dimension bezeichnet den Prozess selbst, den Reiz. Die zweite Dimension bezeichnet den betroffenen Bestand. Vier weitere Dimensionen kennzeichnen die Art der Wirkung des Reizes auf den betroffenen Bestand. Die Reaktionszeit bezeichnet die Zeit, die normalerweise zwischen Reiz und dem ersten

Zeichen einer Reaktion vergeht. Die Wirkungsdauer bezeichnet die Zeit, die normalerweise zwischen dem Beginn der Reaktion und ihrem Ende vergeht, das heißt der Zeit, die der Reiz benötigt, seinen Weg durch den Bestand zu machen. Diese Zeit könnte auch der Lebenszyklus des Bestands genannt werden.

Die Wirkungstiefe hängt mit der Wirkungsdauer zusammen. Sie bezeichnet das Verhältnis zwischen der Veränderungsrate, die normalerweise mit dem Prozess verbunden ist, und der Größe des betroffenen Bestands. Wenn der Lebenszyklus des Bestands lang ist, erscheint die Wirkungstiefe in der Regel klein, und umgekehrt. Die letzte Dimension, Reversibilität, bezeichnet den Grad der Umkehrbarkeit des Prozesses“ [Franck, Wegener, 2002].

Prozess- geschwindigkeiten

Bautätigkeiten, insbesondere große Verkehrsbauprojekte fallen auf Grund der großen Anstrengungen und Zeitspannen zwischen Entschluss, Planung und Fertigstellung grundsätzlich zu den *langsamen* Prozessen. die lange Lebensdauer der realisierten Eingriffe spiegelt sich in den niedrigen Veränderungsraten wieder. Die großen Investitionskosten, Interessen- und Nutzungsverknüpfungen führen oft zu einer praktischen Unumkehrbarkeit der baulichen Veränderung.

Als Prozesse *mittlerer Geschwindigkeit* geben Franck und Wegener [2002] sozioökonomische Veränderungen und technische Wandlungen an.

Als Beispiel werden die städtische Wirtschaft, Zusammensetzung der Bevölkerung und die Verkehrs- und Kommunikationstechnik angeführt.

Ein Indikator, der die Auswirkungen wirtschaftlicher Zyklen auf die Stadt widerspiegelt, ist die Zahl und Zusammensetzung der Arbeitsplätze. Die durchschnittliche *Lebensdauer* eines Arbeitsplatz von zehn bis fünfzehn Jahren orientiert sich an der durchschnittlichen Existenz und Geschäftsdauer von Firmen und Unternehmen.

Schnelle Veränderungen, die in weniger als einem Jahr ablaufen betreffen Bewegungen von Menschen, Gütern und Informationen innerhalb und zwischen Gebäuden über Verkehrs- und Kommunikationsnetze. Arbeitsplatzwechsel, Umzüge und tägliche Rhythmen von Wegen und Nachrichten sind relativ flüchtige Erscheinungen städtischer Veränderung.

Beispielhaft geben Franck und Wegener [2002] eine kleinteiligere Spezifizierung von Bestand, Wirkungsdauer und Wirkungstiefe für *demographische Veränderungsprozesse* innerhalb der Stadtstruktur an:

Tabelle 2 Demographische Veränderungen

Ebene	Prozess	Bestand	Reaktionszeit Jahre	Wirkungsdauer	Wirkungstiefe	Reversibilität
2 Mittlere Geschwindigkeit	Geburt, Altern, Tod	Bevölkerung, Haushalte	--	0-70	niedrig	keine
		Grundschulen	6	4	hoch	keine
		Gymnasien	10	6-10	mittel	keine
		Universitäten	18	4-8	mittel	keine
		Erwerbspersonen	16-22	40-45	niedrig	keine
	Einbürgerung	Bevölkerung, Haushalte	--	0-70	niedrig	keine
	Heirat, Scheidung	Haushalte	--	1-50	mittel	hoch
Einzug, Auszug	Haushalte	--	1-50	mittel	hoch	
Beginn/Ende Erwerbstätigkeit	Erwerbspersonen	--	10-50	mittel	hoch	
Einkommensveränderung	Haushalte	--	1-50	mittel	hoch	

Abb. 22: Demographische Veränderungsprozesse mittlerer Geschwindigkeit [Franck / Wegener, 2002]

Als weiteres Beispiel können Prozesse der *Migration* und *Mobilität* angeführt werden. *Standortveränderungen* werden bei Franck und Wegener [2002] von *täglichen Bewegungen* unterschieden. Umzüge von Haushalten oder Unternehmen sind in der Regel mit erheblichen Kosten verbunden und finden daher im Durchschnitt nur alle 5 Jahre statt. Die Verteilung der Nutzung in der Stadt wird dadurch nicht verändert, lediglich die Verteilung der Gebäudebelegung von genutzten zu nicht genutzten Gebäuden. Kurzfristige Standortveränderungen täglicher Wegeaktivitäten haben keine Auswirkung auf die Verteilung der Stadt, sondern werden eher umgekehrt durch diese bestimmt. Langfristig betrachtet spielen jedoch *Erreichbarkeiten* eine große Rolle für die Standortwahlentscheidungen. Berufswege haben daher eine ambivalente Zeitstruktur zwischen unmittelbarer Planung und Ausführung und längerfristigen Gewohnheitsmustern [Franck, Wegener, 2002]. Standortveränderungen und tägliche Bewegungen sind voll *reversibel*. Kommunikationsbeziehungen besitzen eine Reaktionszeit und Wirkungstiefe von Minuten und haben dementsprechend eine sehr hohe Wirkungstiefe und Reversibilität. Kommunikationsbeziehungen haben eine hohe Substitutionswirkung auf tägliche Bewegungen und Standortwahlentscheidungen. Oftmals führen die flüchtigsten Veränderungen zu den stärksten und langfristigen Veränderungen der Stadtstruktur. Als Beispiel lässt sich anführen: Telekommunikation kann Arbeitswege oder Einkaufswegen überflüssig machen, aber neue Wege durch Lieferfahrten erzeugen. Die veränderten Wegbeziehungen verändern Erreichbarkeitsverhältnisse und damit Standortwahlmodelle.

3.9 Rhythmen städtischer Veränderung

Das Maß der Geschwindigkeit ist neutral in Hinblick auf Dauer und Häufigkeit (Stabilität) des Prozesses. Reproduktionsprozesse haben die typische Form von Rhythmen und haben charakteristische Intervalle. Sie unterscheiden sich zunächst in der Frequenz der Wiederholung. Das Maß der Stabilität liegt in der Zeit, die Prozesse brauchen, um sich nach einer Störung zu erholen.

Demnach ist ein Rhythmus als Prozess umso stabiler, je weniger Zeit er benötigt, sich nach einer Störung gegebener Größe zu erholen. Entsprechend lassen sich Prozesse von vollkommen stabil bis völlig instabil klassifizieren.

Weiter schlussfolgern Franck und Wegener [2002], dass wenn die *Stabilität* ein Maß für die Widerstandskraft von Prozessen ist, so die *Instabilität* ein Maß für die Neigung, Veränderungen der Dynamik zu verstärken, sein muss.

Schwingungs-
verhalten urbaner
Prozesse

Der Grundrhythmus in dem Städte schwingen ist die *tägliche Umverteilung* von *Tag-* und *Nachtbevölkerung*. Die Tagbevölkerung eines Territoriums ist signifikant verschieden von der Nachtbevölkerung. Die Tagbevölkerung ist an Werktagen deutlich höher zentralisiert, weil die Arbeitsplätze in der Regel zentraler gelegen und dichter gepackt sind als die Wohnplätze. Der Grund liegt darin, dass Unternehmen im Unterschied zu Haushalten in der Lage sind, Skalenerträge zu erwirtschaften und daher dazu neigen mit anderen Betrieben derselben Art räumlich zu agglomerieren oder selbst zu einer konzentrierten Ansammlung von Arbeitsplätzen zu werden. Ein gegenteiliges Beispiel sind Haushalte: Es besteht prinzipiell der Trend zur Individualisierung und zur zunehmenden Präferenz niedriger Wohndichte bei steigendem Einkommen. Freizeitaktivitäten haben eine noch stärkere Präferenz für Geräumigkeit, so dass die Tagbevölkerung an den Wochenenden noch weniger zentriert ist als die Nachtbevölkerung.

Entsprechend der Kalenderstruktur lassen sich tägliche Rhythmen in wöchentliche, monatliche, quartalsweise Rhythmen gliedern. Jahreszeitliche Witterungseinflüsse wirken sich insbesondere auf Freizeitaktivitäten aus. Demnach ist die Frage nach der Qualität eines Wohnstandorts erst über das Jahr gerechnet zu beantworten. [Franck, Wegener, 2002]

Diese Prozesse, die im *circadianen* Rhythmus schwingen, werden von Franck und Wegener [2002] als schnelle Prozesse klassifiziert, obgleich sie keine Prozesse des schnellen Wandels sind. Im Gegenteil: diese Prozesse sind verantwortlich für die Aufrechterhaltung und Dauerhaftigkeit städtischer Strukturen.

Umgekehrt basiert die Aufrechterhaltung der Rhythmen auf der Langlebigkeit der baulichen Strukturen. Renovierungsrhythmen von 5 bis 30 Jahren sind dementsprechend auch Investitions- und Reinvestitionszyklen. Verödung, Verslumung und Brachliegen von Stadtgebieten sind typische Erscheinungsformen der Störung der circadianen Rhythmen.

Diese Desinvestitionsphasen können aber auch ihrerseits zu Taktteilen noch längerer Rhythmen werden, zum Beispiel das Brachliegenlassen, um später wieder höherwertige Nutzungen zu etablieren.

Zum näheren Verständnis kann hier die 3-Felder-Wirtschaft in der Landwirtschaft als stark vereinfachte Analogie angeführt werden. Durch die parallele Bewirtschaftung zweier Nutzfelder durch beispielsweise Getreideanbau bleibt ein Feld für mindestens ein Jahr brach liegen, indessen Zeitraum sich die Bodennährstoffe regenerieren können und das Feld dem Vieh als Weidefläche dient. In einer anderen Form wird dieser Prozess des Wechsels aus Investitions- und Desinvestitionsphasen seit einigen Jahren auch als Steuerungsinstrument der Stadtentwicklungsplanung angewendet. Der Hintergrund des sogenannten *nachhaltigen kommunalen Flächenmanagements*, insbesondere dem (Brach-)Flächenrecyclings ist die Zielsetzung den täglichen Flächenverbrauch in Deutschland bis 2020 durch stadtübergreifende Kooperationen in der Flächenentwicklung auf 30 ha zu reduzieren, um eine zukunftsfähige Flächeninanspruchnahme und damit einen schonenden Umgang mit der Ressource Boden zu gewährleisten [vgl. LAG21 NRW, 2010].

In der Regel hat aber großflächiger Leerstand und die Brachlage ganzer Stadtquartiere einen erheblich negativen Informationsgehalt [vgl. Oswald, 2006] der weit über die betroffenen Straßenzüge hinaus spürbar ist.

Folgt man weiter den Ausführungen Franck und Wegeners [2002] stellt sich als besondere Charakteristik heraus: Die Dynamik der Rhythmen resultiert aus *Taktgebern*, die ihrerseits wieder aus dem rhythmischen System hervorgehen. An einem Beispiel: Arbeitszeit resultiert aus den Quartalsberichten, welche wiederum in den Rhythmus der Konjunkturzyklen eingespannt sind. Konjunkturzyklen sind ein Taktgeber für Regierungswechsel, die wiederum für Schwankungen bei Zinssätzen und Börsenkursen sorgen. Die Zinssätze sind ihrerseits aber wieder verantwortlich für Marktwerte und Investitionszyklen. Daraus lässt sich schließen: Es sind nicht nur die externen Taktgeber, die die Dynamik des Gesamtsystems bestimmen. Die Synchronisation der Rhythmen bringt auch ihre eigenen Taktgeber hervor, die freien Verläufen ein Schwingen aufzwingen.

3-Felder-
Wirtschaft

Taktgeber

3.10 Lebenszyklen in der Immobilienwirtschaft

Der hierin verwendete Begriff des *Lebenszyklus* gehört zu den grundlegenden Aspekten der Immobilienökonomie. Als Immobilien-Lebenszyklus bezeichnen Ökonomen den Veränderungsprozess einer Immobilie im zeitlichen Verlauf von der Entstehung über verschiedene Nutzungsstadien bis hin zum Abriss.

Diese Betrachtungsweise zielt vorrangig auf den Bau und Betrieb des Gebäudes selbst ab, wobei das Grundstück als zu verwertende Investitionsgrundlage indirekt auch enthalten ist. Im Begriff Lebenszyklus wird die tatsächliche Lebensdauer eines Gebäudes untergliedert in eine *technische Lebensdauer* und eine *wirtschaftliche Lebensdauer*. Die *technische Lebensdauer* einer Immobilie endet dann, wenn eine vorgesehene oder geplante Funktion/Nutzung nicht mehr erfüllt oder umgesetzt werden kann.

Lebensdauer von Immobilien

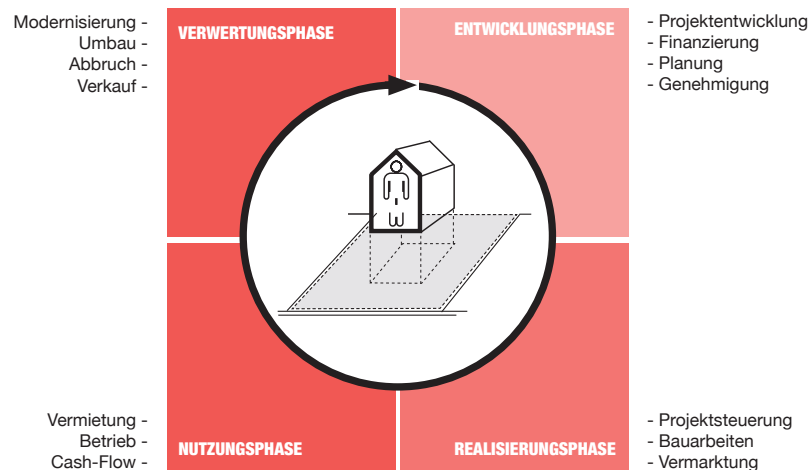


Abb. 23: Schematische Darstellung des Lebenszyklusmodell der Immobilienwirtschaft nach Schulte (1998) u.a. [eigene Darstellung]

Die *wirtschaftliche Lebensdauer* beschreibt den Zeitabschnitt, in dem Gebäude und Grundstück unter Berücksichtigung aller Kosten eine Rentabilität aufweisen. Genauer, wenn sich eine alternative Nutzung von Immobilie und Standort als lukrativer darstellt, ist die wirtschaftliche Lebensdauer beendet. Die tatsächliche Nutzungsdauer eines Gebäudes oder Standorts kann dabei durchaus höher liegen. [vgl. Schulte, Immobilienökonomie Bd 1, 2008]

Aus diesem Grund sind auch Leerstände als ökonomische *Nutzungs*-Option möglich. In dieser rein monetären Betrachtung wird zwischen Instandhaltungs- und Betriebskosten, wirtschaftlicher Lebensdauer und einem, sofern möglichen, Umnutzungsaufwand abgewogen.

Schulte [2008] gibt in diesem Zusammenhang folgende von Bebauungstypologie und Drittverwendungsfähigkeit abhängige Schätzwerte der wirtschaftlichen Lebensdauer an:

Immobilienart	Wirtschaftl. Lebensdauer
1.) Büroimmobilien	20 - 50 Jahre
2.) Wohnimmobilien (Vermietung)	30 - 50 Jahre
3.) Einzelhandel	
a.) Solitäre (Kaufhaus, Fachmarkt)	10 - 25 Jahre
b.) Innerstädtischer Einzelhandel	20 - 50 Jahre
4.) Industrieimmobilien	
a.) klassische Produktion	50 Jahre und mehr
b.) Logistikzentren, etc.	10 - 30 Jahre
5.) Hotelimmobilien	20 - 50 Jahre

Lebenszyklen verlaufen nicht grundsätzlich immer und allerorts identisch. Es handelt sich dabei vielmehr um eine *phasenorientierte* Betrachtungsweise [vgl. Schulte, 2008] in der die Prozesse durch interne und externe Einflüsse bestimmt werden. Das Immobilienmanagement unterscheidet hier zwischen einer technischen Dimension, einer Marktdimension und einer finanzwirtschaftlichen Dimension, die sich gegenseitig beeinflussen und auf die wirtschaftliche Lebensdauer einwirken. Alle Alterungs- und Veränderungsprozesse von Grundstück und Baukörper, inkl. Planung, Entstehung und Abriss sind dabei der technischen Dimension zuzuordnen. Exogene Einflüsse, wie das gesamte sozioökonomische Umfeld des Standorts, gehören in den Bereich der Marktdimension. Alle mit der Immobilie verbundenen Kapital- und Zahlungsströme werden in der finanzwirtschaftlichen Dimension zusammengefasst [Schulte, Immobilienökonomie Bd 1, 2008].

3 Dimensionen
der
Immobilien-
ökonomie

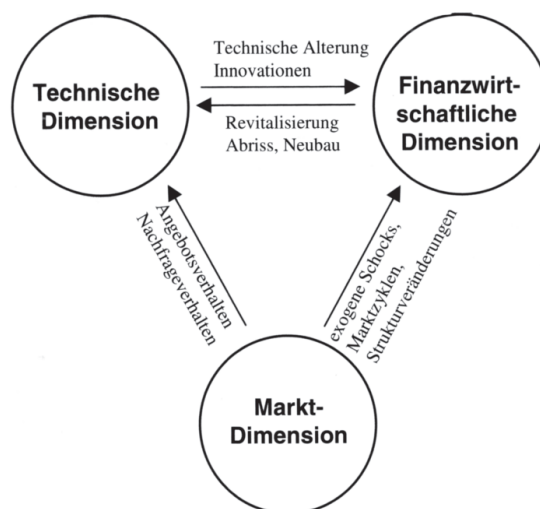


Abb. 24: Gegenseitige Abhängigkeit der drei immobilienmarktrelevanten Einflussgrößen [Schulte, 2008]

Betrachtet man dieses Lebenszyklusmodell aus städtebaulicher Perspektive ergeben sich inhaltliche Schnittstellen in allen drei Dimensionen.

Nutzungen zu entwickeln, zu ändern oder überhaupt erst zugänglich zu machen gehört zu den Hauptaufgaben der Stadtplanung. Instrumente wie der Flächennutzungsplan als vorbereitende Bauleitplanung oder die Festlegung von Nutzungsdichten und Gebäudetypologien durch Bebauungspläne haben unmittelbaren Einfluss auf die *technische Dimension* der immobilienwirtschaftlichen Lebenszyklen.

Gleichermaßen wirken sich Entscheidungen zu Nutzungsmischungen, ÖPNV-Erreichbarkeiten oder Wohndichten direkt auf die sozioökonomische Struktur des Stadtkörpers aus und bestimmen damit u.a. die immobilienökonomische *Marktdimension*. Abschließend bestimmen auch politische Entscheidungen zur Städtebauförderung, Stadtumbauprogrammen oder die Ausweisung von Sanierungsgebieten nicht selten die Rentabilität und hierfür nötigen Finanzierungspartner der *finanzwirtschaftlichen Dimension*.

Da aber sowohl immobilienwirtschaftliche, wie auch stadtplanerische Prozesse und Entscheidungen nicht im isolierten Raum ablaufen, bilden externe Einflüsse wie exogene Schocks oder Konjunkturzyklen eine alles beeinflussende Metaebene. Es ist daher schlüssig, den von Franck und Wegener [2002] skizzierten Ansatz der prozessualen Betrachtung städtischer Veränderungen durch ein Reiz-Reaktionsschema aufzugreifen und seine Verwendung als Planungs- und Analysetool zu überprüfen und ggf. auszubauen.

3.11 Stabilität von Stadtentwicklungsprozessen

In Berufung auf Franck und Wegener [2002] können Städte also als hierarchisch geschichtete und vertikal verschränkte Systeme von Rhythmen betrachtet werden. Sie gehören zu den robustesten kulturellen Strukturen überhaupt. Je massiver die Störung, umso länger dauert es in der Regel, bis der Gesamtprozess sich wieder erholt. Etliche Katastrophen wie Erdbeben, Kriegszerstörungen, Gebäudeeinstürze oder ähnliches können diesen Tatbestand beispielhaft belegen.

Franck und Wegener [2002] führen diesbezüglich weiter aus, dass der Gesamtprozess aber nach seiner Erholung um das neue Gleichgewicht schwingt, das

durch den neuen räumlichen und zeitlichen Systemzustand charakterisiert ist. Sie definieren: Prozesse sind *stabil*, wenn sie auf Störungen *dämpfend* reagieren. Je stärker die Dämpfung, umso stabiler ist der Prozess. Je stärker die Kraft zur Dämpfung, umso schneller findet der Prozess zum Ausgangszustand zurück.

Als vereinfachte Analogie lässt sich aus der Physik, im speziellen der dynamischen Mechanik das Verhalten eines gedämpften Pendels anführen.

Nach einer Störung der Pendelschwingung kehrt das Pendel wieder in sein Schwingungsverhalten zurück. In Abhängigkeit der Dämpfung entscheidet sich, ob zum Beispiel bei einer zusätzlichen Anregung des Pendels dieses sich zu einer immer stärkeren Resonanzbewegung aufschaukelt oder ob die Störung entsprechend soweit abgedämpft wird, bis sie schlussendlich kompensiert wurde.

Das Maß der Dämpfung spannt somit ein Spektrum auf zwischen Systemen, die in kürzester Zeit auch nach massivsten Störungen zu ihrem Ausgangszustand zurückkehren und Systemen, die auf kleinste Störungen mit massiver Verstärkung derselben reagieren. Keine Dämpfung bedeutet, dass sich die Veränderung auf Grund einer Störung hält, bis eine neue Störung sie wieder verändert.

Analog zum Dämpfungsmaß gibt es ein Maß der Instabilität, das sich durch die Zeit definiert, nach der keine sinnvolle Prognose über den weiteren Verlauf mehr möglich ist.

Städte stellen ein Zusammenspiel und eine sich selbst organisierende Mischung aus *stabilen* und *instabilen* Prozessen dar. Man kann im Grunde von einer *Kopplung stabiler mit instabilen Prozessen* ausgehen. Franck und Wegener [2002] verdeutlichen dies an folgendem Beispiel: Publikumsorientierte Betriebe müssen ein größeres Publikum als nur die unmittelbare Nachbarschaft versorgen. Demnach fallen Wege zwischen Betrieb und Kundschaft im Einzugsbereich an. Durch Agglomeration mit ähnlichen oder gleichen Betrieben können diese Wege verkürzt oder vermieden werden. Auf dem Weg ins Zentrum können demnach mehrere Einrichtungen auf einmal besucht werden, was entsprechend die Wegekosten mindert. Der durch die Nachfrage ausgelöste Kundenverkehr stellt einen *stabilen* Prozess dar. Die ökonomische Struktur des Markts mit am gleichen Standort untereinander konkurrierenden Unternehmen, stellt einen für sich genommen *instabilen* Prozess dar. Größere Unternehmen nehmen im Markt eine mächtigere Position ein und profitieren innerhalb des Ausscheidungskampfs schlussendlich mit einer Monopolstellung, die ihrerseits aber die Ausgangssituation - ein existierender agglomerierter Markt - zerstört.

Stabilitätskriterien Die Tendenz zur Selbstzerstörung wird aufgehalten durch die Kopplung der Kundenpendelbewegungen an den Konkurrenzprozess. Selbst wenn Skalenerträge wachsen, werden sich die Einzugsbereiche auf Grund der Fahrtkosten nicht vergrößern. Eher entwickeln sich mehrere Zentren.

Die Frage ob Prozesse stabil sind, ist eine der wesentlichen Fragen der Systemtheorie. Eine Vielzahl mathematischer Stabilitätskriterien, wie zum Beispiel das *Routh-Hurwitz-Kriterium* stammen aus der Dynamik und Regelungstechnik deren Differentialgleichungssysteme in der Auflösung mitunter sehr aufwendig sind. Franck und Wegener [2002] weisen an dieser Stelle auf den *Ljapunov-Exponenten* der dynamischen Systemforschung hin.

Hierfür ist es notwendig zu wissen, dass nicht nur Prozesse als stabil erscheinen in denen wenig passiert, sondern auch solche mit ausgesprochen heftiger Dynamik und charakteristisch kurzen Frequenzen.

Attraktoren Stabilität nach *Ljapunov* bedeutet nicht, dass ein System, wenn es aus seiner Ruhelage gebracht worden ist, zwingend in diese zurückkehren muss [Nise, 1995]. Intrinsisch instabile Prozesse lassen sich im Maß anhand der Summe der *Ljapunov-Exponenten* abschätzen [Atmanspacher, 1993, Schuster 1988].

Obwohl auf diese Messgröße im weiteren Verlauf der Arbeit nicht unmittelbar Bezug genommen wird, folgt eine kurze Erläuterung um den Begriff des *Phasenraums* einzuführen.

Die *Ljapunov-Exponenten* leisten nicht nur eine Einteilung in stabile, konservative stochastische Prozesse, sondern sind auch geeignet die Zustände zu klassifizieren, denen das System nach einer Störung zustrebt. Das Konzept des Lyapunov-Exponenten ist ein Maß für das durchschnittliche Wachstum eines infinitesimal kleinen Fehlers in der Systemumgebung. Dieser Attraktor-Zustand kann entweder im Anfangszustand in einer bestimmten Abfolge von Zuständen bestehen oder sich in einem bestimmten Gebiet abbilden, im sogenannten *Phasenraum* [vgl. Nise, 1995].

Phasenraum Unter einem Attraktor versteht man die Kurve im Phasenraum, an die sich eine Bewegung nach dem Start immer mehr annähert [Ruelle 1980]. Insbesondere wird ein System, das einmal einen Zustand auf dem Attraktor angenommen hat, diesen Attraktor weiter durchlaufen. Der Attraktor bildet somit einen Endzustand im Phasenraum.

Als *Phasenraum* wird in der Mathematik der Raum bezeichnet, indem sich dynamische Raumzeit-Prozesse abspielen. Je nach betrachtetem System kann

ein Phasenraum aus der Gesamtheit aller relationalen Positionen bestehen, die ein Zustand einnehmen kann. Als einfaches Beispiel kann hier die räumliche Verteilung eines thermodynamischen Indikators über die betrachtete Zeit angeführt werden. Attraktoren, die im *Phasenraum* liegen sind für Prozesse charakteristisch, die stabile und instabile Prozesse vereinigen.

Systemverhalten

Vereinigt ein System mehrere stabile und instabile Komponenten, dann liegt ein *chaotischer Attraktor* vor. Das Systemverhalten wird dann als *deterministisches Chaos* beschrieben. Folglich lassen sich die Bedingungen für die Beschreibung der selbstorganisierten Stabilität der räumlichen Struktur von Städten durch chaotische Attraktoren erklären [vgl. Franck, Wegener, 2002].

Dieser von Franck und Wegener [2002] entwickelte Ansatz legt nahe, räumliche Planungen als gezielte *Stabilisierung* bzw. *Entstabilisierung* der städtischen Struktur zu verstehen. Das Konzept legt eine Stabilitätsanalyse räumlicher Prozesse nahe, in der jeweils Taktgeber, Kopplungsverhältnisse und die intrinsische Stabilität räumlicher Planungen untersucht werden.

Innovation

Im Folgenden soll daher der Begriff der *räumlichen Planung* dem Begriff der *Innovation* gleichgesetzt werden, um auf diesem Weg eine Kopplung der Theorien Hägerstrands, Haggetts und Franck / Wegeners zu erreichen.

Innovation beschreibt demnach alle städtebaulichen Maßnahmen oder Nutzungsänderungen, die auf eine Einbettung in das städtische Gefüge angewiesen sind. Es gilt demnach mögliche Auswirkungen planerischer Entscheidungen prozessual zu analysieren.

4. Konzeption der Modellstruktur

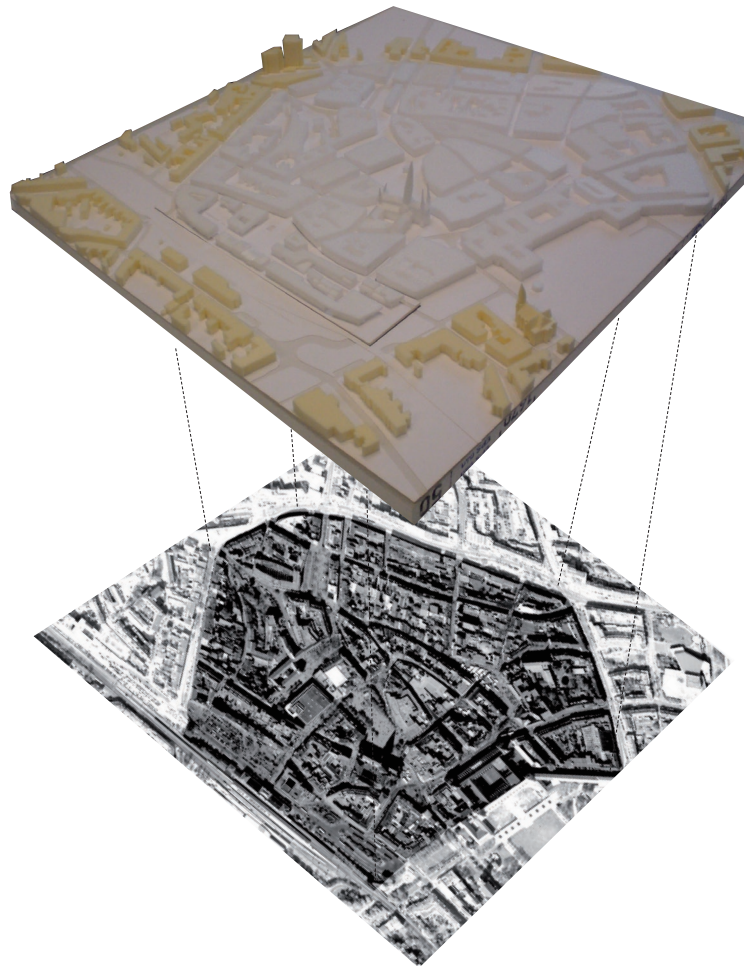


Abb. 25: Stadtmodell und Luftbild der Bonner Innenstadt [eigene Darstellung].

Mean-Information-Field Sowohl Hägerstrands als auch Haggetts Studien zum Diffusionsprozess basieren auf einer einzigen, für die räumliche Ausbreitung definierten Bezugsebene. Im einfachsten Fall das vollkommen homogene, planare *Mean Information Field*. Die angesprochenen Barrieren, Hindernisse und Grenzen sind somit Bestandteil dieser einen Ebene. In Anwendung des Diffusionsmodells im stadtplanerischen Kontext, lassen sich aber eine Vielzahl unterschiedlicher Hemmniss- und Verstärkungskriterien finden, die nicht immer zur gleichen Einflusskategorie gehören und sich somit nicht unmittelbar auf eine einzige Bezugsebene reduzieren lassen. Nachfolgend wird der Begriff *Innovation* als *jegliche städtebauliche oder sozialräumliche Veränderung* definiert, deren Informationsgehalt sich mit dem zeitlichen Verlauf vom Initialpunkt aus räumlich ausbreitet.

Innovation

4. Konzeption der Modellstruktur

Als Beispiel hierfür können markante Neubauprojekte, entscheidende Nutzungsänderungen oder infrastrukturelle Störungen dienen, deren Auswirkungen sich nicht nur auf die eigene Grundstücksparzelle beschränken, sondern im weiteren räumlichen Umfeld spürbar sind. Die nachfolgende Abbildung fasst einige Einflussgrößen am Beispiel eines räumlich eingebetteten, städtebaulichen Diffusionsprozess zusammen.

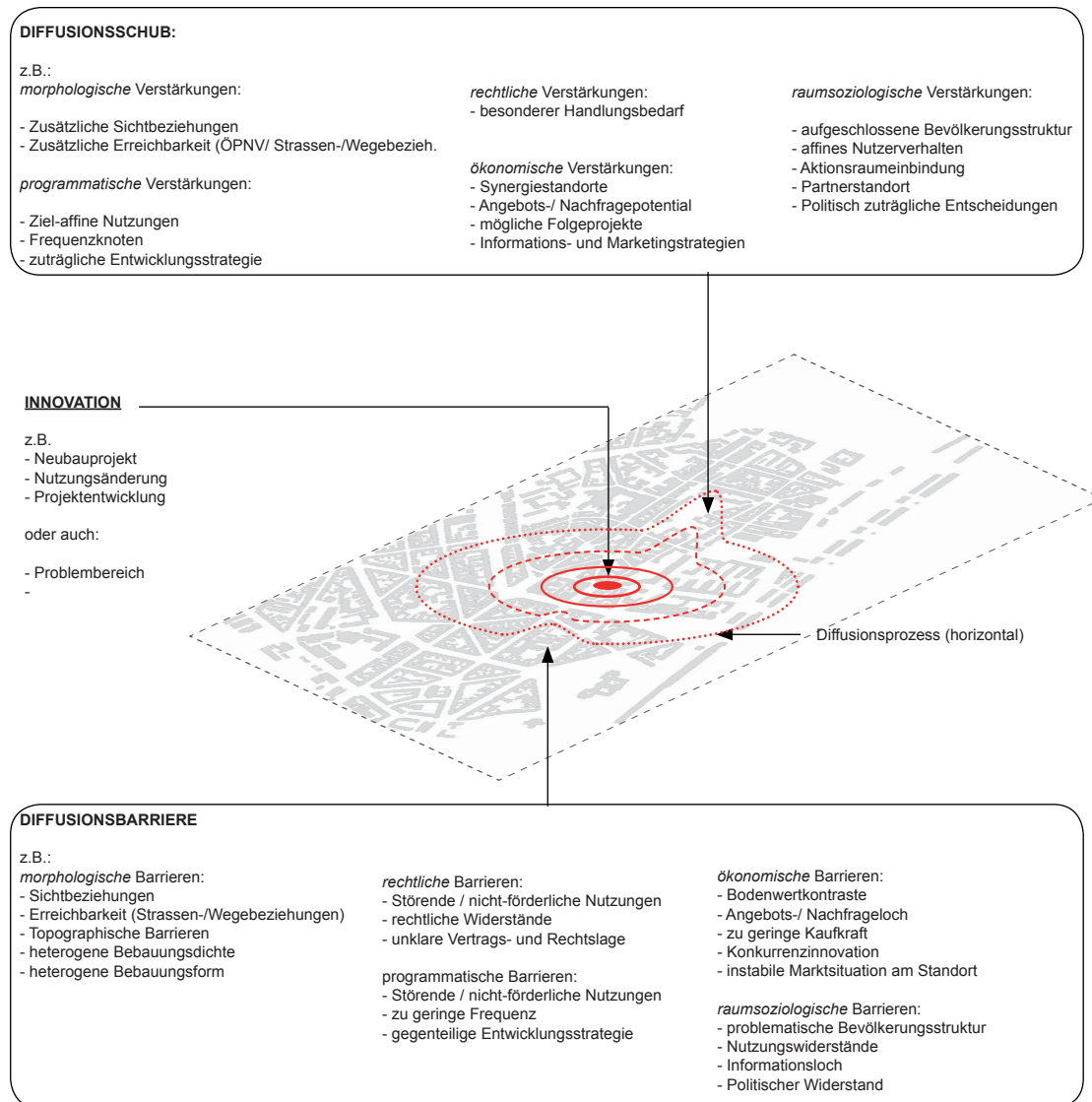


Abb. 26: Gedankliches Strukturmodell zu möglichen Diffusionsbarrieren und -verstärkern [eigene Darstellung]. Am Beispiel der radial-räumlichen Ausbreitung eines städtebaulichen Innovationsprozesses wird deutlich, dass Einflussgrößen aus sozialen, rechtlichen oder politischen Teilsystemen grundsätzlich räumlich eingebettet sind.

Infolgedessen erscheint es wenig aussichtsreich Hemmnisse oder innovationsverstärkende Einflussgrößen gemeinsam und flächig auf einer planaren Bezugsebene (Mean-Information-Field) zusammenzufassen.

Vielmehr erfordert der unter Kap. 3.7 formulierte Anspruch einer Kombination sozialer und räumlich-infrastruktureller Netzwerke eine präzisere Modellumsetzung. Wie bereits erwähnt stellt die räumlich-morphologische Bezugsebene eine Verknüpfung infrastrukturell verbundener Einzelstandorte dar. Unter diesem Gesichtspunkt lässt sich die Bezugsebene alternativ auch als *Straßennetz* in Abhängigkeit von zuträglichen (oder hemmenden) Umgebungsnutzungen abbilden. Das Straßennetz selbst besteht also aus Standortknoten, die eine hemmende oder verstärkende Eigenschaft besitzen können. Die Innovation wird ihrerseits als Informationsfluss entlang der infrastrukturellen Verbindungslinien weitergeleitet.

Standortknoten Um beispielsweise die Einschränkungen des Expansionsprozesses entlang einer heterogenen städtischen Straßenstruktur zu analysieren, können die Netzbestandteile in Analogie zum bereits erwähnten Gravitationsmodell gewichtet und die Stromgröße entlang des Weges entsprechend berechnet werden. Die nachfolgende Abbildung erläutert skizzenhaft diesen gewichteten Stromfluss entlang einer Straßenverbindung.

Informationsfluss



Abb. 27: Diffusionsausbreitung auf stadtmorphologischer Ebene [eigene Darstellung]
Die graphentheoretische Darstellung einer städtischen Straßen- und Standortstruktur ermöglicht die Abbildung einer resultierenden Informationsstromgröße.

Graphentheorie Diese Überlegung hat zur Folge, dass der Diffusionsprozess aus der geographischen, stadtmorphologischen Ebene herausgelöst wird, da er sich rein auf der Netzwerkebene darstellen und erklären lässt. Die Übersetzung der Bezugsebene in eine Netzstruktur mit Knoten und Kanten ermöglicht folglich eine *graphentheoretische Analyse* mit Hilfe der topologischen Mathematik, was in den fol-

4. Konzeption der Modellstruktur

genden Kapiteln noch eingehender erläutert wird. An dieser Stelle sei aber noch hinzugefügt, dass sich anhand dieser Form der räumlichen Darstellung in Erweiterung auch die vorgefundenen Nutzungen gemäß dem von Franck und Wegener [2002] aufgestellten Reiz-Reaktionsschema einteilen lassen. Auf diese Weise ergibt sich ein Rückschluss von der Art der Nutzung auf die Geschwindigkeit ihrer Expansion. In Abhängigkeit von dem am Initialzeitpunkt eingeleiteten Prozess kann anhand der Stromgröße entlang jedes Punkts die resultierende Empfindlichkeit gegenüber anderen Veränderungsprozessen (Innovationen) abgeschätzt werden (siehe nachfolgende Abbildung).

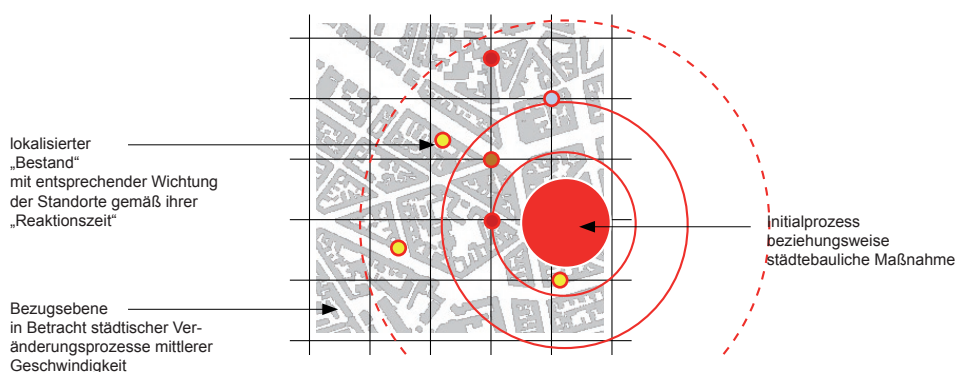


Abb. 28: Kartierung der prozessual gewichteten Standorte [eigene Darstellung]
Ausgehend von einer festgelegten Prozessbetrachtung kann das städtische Umfeld nach Standorten untersucht werden, die von der ausgelösten Strukturveränderung betroffen sind. Die qualitativen Unterschiede in der Reaktionstiefe können durch unterschiedliche Gewichtung abgebildet werden.

Es ist zu überprüfen, welche der angegebenen Kenngrößen, wie Reaktionszeit, Wirkungsdauer und Wirkungstiefe, überhaupt sinnvoll dargestellt werden kann und welche Parameter die verknüpfende Funktion der graphentheoretisch relevanten *Kanten* übernehmen können. Dennoch lässt die Verknüpfung der Theorien Hägerstrands, Haggetts und Franck und Wegeners den Schluss zu, dass für einen vorher definierten Veränderungsprozess *stabile* und *instabile* Räume einer Stadt an Hand ihrer quantitativen und qualitativen Reaktion, abzulesen an der Änderung ihres Informationsflusses (Stromgröße), zumindest abbildbar sind.

4.1 Grundlagen der Modellstruktur

Wirkungsmodell

Die nachfolgenden Schritte beschreiben Struktur und Funktionsweise eines agentenbasierten Simulationsmodells, das eine Beobachtung der beschriebenen Systemprozesse unter Verwendung netzwerkanalytischer Methoden ermöglicht. In der grundsätzlichen typologischen Unterscheidung zwischen *Wirkungsmodellen* und *Planungsmodellen*, lässt sich der hier beschriebene Gegenstand als nicht-empirisches *Wirkungsmodell* einordnen.

Im ersten Abschnitt wird erarbeitet, welche Elemente der Stadtstruktur im Hinblick auf die oben beschriebene Prozessanalyse als Modellgrundlage topologisch übersetzt und abgebildet werden können.

Der zweite Teil beinhaltet Aufbau und Regelwerk für ein agentenbasiertes Modell, dass Veränderungsprozesse innerhalb der erstellten Netzwerkstruktur simuliert. Die darin enthaltenen Modellbausteine werden einzeln erörtert und ihre Anwendung unter Veränderung verschiedener Variablen auf verwertbare Ergebnisse überprüft.

Im dritten Abschnitt werden die einzelnen Modellbausteine zu einem *rückgekoppelten Gesamtmodell* zusammengeführt, in dem verschiedene Diffusions- und Veränderungsprozesse der Netzwerkstruktur auf graphentheoretische Typologien der sozialen Netzwerkanalyse ausgewertet werden.

Im Abschluss erfolgt eine Zusammenfassung der gewonnenen Informationen und Reflexion der Ergebnisse unter Berücksichtigung der eingangs beschriebenen Fragestellungen und Hypothesen.

4.2 Agentenbasierte Simulationssysteme

Die Anfänge der Modellierung urbaner Prozesse als zeitliche Veränderungen ausgewählter Zustandsgrößen gehen zurück in die späten 1960er Jahre [vgl. Forrester, 1969]. So genannte Large-Scale-Models waren bemüht möglichst viele Einflussgrößen in den Modellaufbau zu integrieren, um urbane Entwicklungen möglichst realitätsnah abbilden zu können. Sowohl die Unmöglichkeit alle Einflusskriterien eines komplexen Systems, wie es dynamische Stadtentwicklungsprozesse darstellen, als auch die steigende Ungenauigkeit und nicht mehr ausreichende Rechnerkapazität führte bald zu einem Umdenken in der Simulation komplexer Systeme [vgl. Lee, 1973]. Für sehr gute, eingehendere Erklärungen zur geschichtlichen Entwicklung und theoretischen Positionierung von Simula-

tionsmodellen, einschließlich der ihnen entgegneten Kritik sei an dieser Stelle auf [König, 2008], [Malottki, 2009] oder [Schätzl, 2003] verwiesen.

Als *Multiagentensysteme* bezeichnet man Modelle, die die Interaktion autarker Charaktere (sog. Agenten) miteinander und innerhalb der modellgegebenen Umwelt simulieren können. Ein Agent ist hierbei ein, mit bestimmten Regeln und Eigenschaften ausgestattetes Element, das räumlich getrennt und zielgerichtet operieren kann ohne dabei zentral gebunden zu sein.

Zustandsraum

Die grundsätzlichen Eigenschaften eines Agenten beschreiben Woolridge & Jennings [1995] als *autonom*, *reaktiv*, *proaktiv* und *sozial*. Je nach Modellstruktur und Einsatzgebiet wird zwischen verschiedenen Agenten-Typen unterschieden [vgl. Schick 2005], so z.B.: Mobile Agents, Spatial Agents, Cognitive Agents, Reactive Agents oder Interface Agents. Fischer [1993] stellt alternativ eine hierarchische Agentenklassifikation nach folgendem Schema auf:

Primitiver Agent -> Technischer Agent -> Technisch-intelligenter Agent
-> Kognitiver Agent -> Sozialer Agent

Als primitive und technische Agenten sind Sensor-Aktor-Systeme, Roboter, Werkzeugmaschinen und flexible Transportsysteme zu verstehen, wohingegen technisch-intelligente & kognitive Agenten autonome Systeme mit der Fähigkeit zu Schlussfolgerungen, Reflexion und Lerngedächtnis darstellen. Soziale Agenten bilden dabei die höchste Stufe mit der Eigenschaft soziale Regeln zu kennen und das eigene, wie das Handeln der anderen Agenten, zu bewerten. Die Eigenschaften und Fähigkeiten der Vorgänger sind hierbei immer in der nächstfolgenden Klassifikationsstufe enthalten.

Klügl [2001] definiert darüberhinaus simulierte Agenten als modelleigene Einheiten, die sich durch die folgenden vier Merkmale auszeichnen:

- Agenten verändern nicht nur sich selbst, sondern wirken auf ihre Umwelt und bleiben in dieser persistent. Aktionen finden nicht nur als passive Reaktion statt.
- Agenten agieren in Relation zur Umwelt, verändern diese und beziehen Informationen aus ihr.
- Agenten besitzen einen beschränkten Wahrnehmungs- und Aktionsradius
- Sie verfügen über ein nicht-triviales Verhaltensrepertoire.

Ein Multiagentensystem beschreibt demnach ein Modell einer simulierten Umwelt und virtuellen Zeit, das ein reales Multiagentensystem (z.B. Straßenverkehr, Sozialgruppe, etc.) nachbilden soll, um interne und externe Interaktionen als Verhaltensmuster auf einer höheren, aggregierten Ebene kenntlich zu machen.

Basierend auf den obigen Ausführungen über unterschiedliche wissenschaftlichen Raumtheorien wird das strukturelle Modellkonzept dieser Arbeit in der Form eines *abstrakten Zustandsraums* festgelegt.

Graphentheorie

Der hier erwähnte *Zustandsraum* definiert sich als mathematischer *Phasenraum*, der von den zeitlich veränderlichen Variablen des betrachteten dynamischen Systems aufgespannt wird. Dieses Raumkonzept ermöglicht es, Zustandsveränderungen und zeitliche Entwicklungen dynamischer Systeme graphisch zu veranschaulichen. Der Phasenraum besteht dabei selbst nur aus den generierten Ergebnispunkten aller untersuchten Parameter in Abhängigkeit ihres zeitlich veränderten Werts. Im einfachsten Fall entspricht der Phasenraum dem Vektorraum, der von den Geschwindigkeiten und Orten eines bewegten Masseteilchens aufgespannt wird. Komplexere Systeme werden in der Mathematik durch n-dimensionale Phasenräume berechnet.

Da bei der Untersuchung prozessualer Zusammenhänge prinzipiell von einer *Alles ist mit Allem verbunden* - Situation ausgegangen werden muss, werden auch stadtstrukturelle Elemente als *momentaner Zustand räumlicher Organisation in der Zeit* definiert. Betrachtet man aus dieser Perspektive beispielsweise einen Flächennutzungsplan, so stellt er sich als momentane Anordnungen benachbarter Nutzungsmöglichkeiten für den Zeitraum t_0 bis t_x dar. Ökonomische, politische oder morphologische Einflüsse können je nach Zeitpunkt, Dauer und Intensität zu einer anderen Struktur und Anordnung führen.

Der Flächennutzungsplan eignet sich noch in anderer Hinsicht gut als Ausgangspunkt einer Modellentwicklung, da er neben der Regulation vorhandener Nutzungen auch als Planungswerkzeug die Möglichkeiten räumlicher Aneignung ausweist. Ebenso werden in ihm Gemeinbedarfs- und Kultureinrichtungen, Sport- und Grünflächen sowie viele andere Nutzungsarten angegeben, die in der Bewertung weicher und harter Standortfaktoren oftmals eine zentrale Rolle spielen. Eine weitere Variable, die insbesondere die Erreichbarkeit, Zentralität und räumliche Distanz stadtimmanenter Prozesse beeinflusst, findet sich in der Erschließungsstruktur des Stadtkörpers. Stadträume werden grundsätzlich durch

Wege, Straßen und Verkehrsflächen erschlossen. Nicht erschlossene Bereiche des (Stadt-)Raums, also Flächen ohne Zugangsmöglichkeit, können nicht angeeignet und infolge auch nicht genutzt werden. Straßen und Wege bilden damit eine Grundvoraussetzung für die Verortung stadtstruktureller Prozesse.

4.3 Topologie der Stadtstruktur

Das Straßennetz stellt das älteste, charakteristischste und zugleich langlebigste Element jedes Stadtkörpers dar. An der Straßenstruktur lassen sich für jede Stadt Alter, Wachstumsentwicklungen, wie gesellschaftliche und politische Wertehierarchien ablesen [vgl. Curdes 1997, Humpert, 1992, u.a.]. Gleichzeitig regelt das Straßennetz und die daran aufgetragene Struktur des Bodenrechts (Flure und Parzellenstruktur) die grundsätzliche Unterscheidung zwischen öffentlichen und privaten Zugangsformen. In der Regel gehören Straßen und Erschließungswege zum öffentlichen Gut, wohingegen Parzellen und andere Grundstücksflächen private Nutzungsrechte aufweisen können. Aufgrund der elementaren Bedeutung der Straßenfunktion für stadtstrukturelle Prozesse gilt es, eine einfache Übersetzung des Straßennetzes und der Flächennutzungsstrukturen für den Modellaufbau zu finden. Schon seit den ersten Anfängen derartiger Überlegungen durch den Mathematiker Leonhard Euler im Jahr 1736 ist bekannt, dass sich Straßennetze direkt als Punkte (Knoten) und Verbindungen (Kanten) darstellen lassen [vgl. Eulerscher Kreis, Königsberger Brückenproblem]. Die Gesamtstruktur bezeichnet man als einen Graphen. Die Erforschung derartiger Verknüpfungsstrukturen und Netzwerke gehört zu den Themenfeldern der *diskreten Mathematik bzw. Topologie* und wird im Allgemeinen als *Graphentheorie* bezeichnet.

Graph

Graphen sind demnach mathematische Modelle netzartiger Strukturen.

Straße und Zugang

In der Darstellung räumlicher Flächenzusammenhänge wird oftmals die Erschließung unterschiedlicher Raumbereiche durch Standortknoten mit dazwischenliegenden verbindenden Kanten ausgedrückt. Knoten übernehmen dabei die Funktion der darzustellenden Raumeinheiten und Kanten die Aussage über eine existierende Zugänglichkeit bzw. Verbindung. Gute Konzeptansätze neueren Datums zur Darstellung räumlicher Zugänglichkeit finden sich zum Beispiel bei [Hillier und Hansen, 1984].

Die Verwendung graphentheoretischer Elemente als strategisches Planungswerkzeug im stadtplanerischen Kontext war bereits in den frühen 70er Jahren in vereinzelt Fachpublikationen anzutreffen. Erwähnenswert sind hierbei die „Pattern Language“ von Christopher Alexander [1977] oder die gesellschaftspolitischen Überlegungen zur Selbstplanung der Stadt von Yona Friedman in „Meine Fibel“ und „Machbare Utopien“ [1983]. Geprägt durch die Themenstellungen der damaligen Zeit, wie die Erneuerung gesellschaftlicher Konventionen von hierarchischen zu egalitären Organisationsstrukturen oder die zunehmende Technisierung im Fabrikationsprozess von Gebäudearchitekturen, positionierten sich diese Überlegungen zunächst im planungs- und architekturtheoretischen Umfeld.

Die Universalität der Graphentheorie lässt allerdings unter Inbetrachtung der heutigen Möglichkeiten und Voraussetzungen in diesen Skizzen wertvolle Ansätze für zukünftige Handlungsanweisungen finden.

Forschungen aus den Bereichen der Infrastruktur- und Verkehrsplanung oder der Regionalökonomie haben gezeigt, dass viele Zusammenhänge mit Hilfe der Graphentheorie und algorithmischen Operationen analysiert werden können. Insbesondere software-basierte Technologien zur Routenplanung, die Planung und Instandhaltung städtischer Versorgungsleitungen oder die Organisation von Mobilfunknetzen und ihren Sendestationen stellen wichtige aktuelle Anwendungsgebiete der Graphentheorie dar. Für einen ersten Überblick der grundlegendsten Anwendungsfälle sei an dieser Stelle auf Nitzsche [2009] verwiesen.

Die grundlegende mathematische Definition eines Graphen lautet:

Ein ungerichteter Graph $G = (V, E)$ besteht aus einer Knotenmenge V und einer Kantenmenge E , wobei jede Kante e , Element aus E von G , zwei (nicht notwendig verschiedene Knoten aus V zugeordnet sind.

In welchen thematischen Bezug diese abstrakte Sprache übersetzt wird, spielt dabei keine Rolle. Für eine Implementierung von Flächennutzungsfunktionen in einen Straßengraphen wird nachfolgend dieses Konzept entsprechend der erweiterten Definition von *Zugang* modifiziert.

Unter geometrischen Gesichtspunkten erschließen Straßen Raum in zweierlei Hinsicht. Zum einen verbindet eine Straße zwei getrennt liegende Raumpunkte miteinander, zum anderen ermöglicht das Vorhandensein eines Verbindungswe-

ges zwischen zwei Punkten eine Erschließung der links und rechts vom Weg liegenden Umgebungsbereiche. Demnach übernimmt ein Straßensegment die Erschließung vier verschiedener Raumfelder.

Bei der Zusammenstellung verschiedener Wegesegmente zu einem Straßennetz überlagern sich in der Regel eine Vielzahl der Zugangsbereiche, da sie entweder Kreuzungspunkte von Straßen oder Eckgrundstücke darstellen.

Eine Übersetzung des oben skizzierten Straßennetzabschnitts als Graph stellt sich folgendermaßen dar.

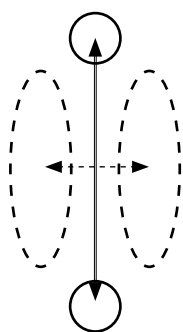


Abb. 29: Vier verschiedene Zugangsbereiche einer Wegeverbindung [eigene Darstellung]

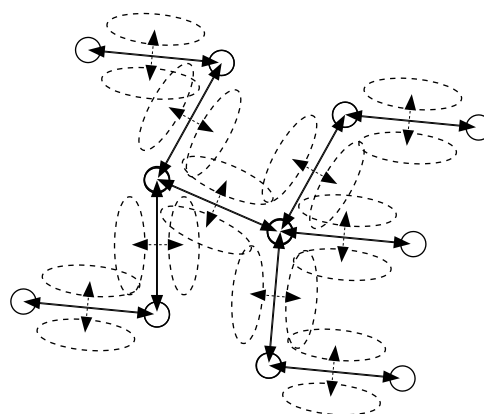


Abb. 26: Zugangsbereiche innerhalb der Verkettung von Wegeverbindungen (z.B. Straßennetz) [eigene Darstellung]

Knoten übernehmen in dieser Darstellung sowohl die Bedeutung von Wegekreuzungen, als auch den Zugang zu Grundstücksbereichen. In Anbetracht der Tatsache, dass an diesem Modell Diffusionsprozesse innerhalb von Netzwerkstrukturen untersucht werden, ist eine genauere Differenzierung zwischen Zugang und erschlossenem Raumbereich notwendig.

Wie schon erwähnt bildet der Zugang eine Grundvoraussetzung zur Aneignung und Nutzung von Grundstücken. Weiterhin besteht auch die Möglichkeit, dass Raumbereiche zwar erschlossen und zugänglich sind, aber noch nicht angeeignet wurden bzw. genutzt werden. Folglich ist die Markierung von Zugängen innerhalb einer Graphenstruktur aussagekräftiger als die bloße Darstellung der Grundstücksbereiche. Dennoch sind die Zugangsknoten entsprechend der durch sie erschlossenen Grundstücksfelder zu gewichten.

Weiterhin lässt sich sagen, dass ein Straßensegment, das zwei gegenüberliegende Raumbereiche (Straßenseiten) voneinander trennt, auch mindestens zwei Zugangsknoten besitzt. Eine Straße mit nur einem Zugangsknoten deutet demnach auf das Vorhandensein einer geographischen oder morphologischen Barriere (Uferstraße, Bergstraße, Straße, die entlang einer Mauer führt). Eine andere Ausnahme könnten Schnellstraßen oder Autobahn darstellen, die per se keine Seitenzugänge zulassen.

Führt man diese Überlegung zusammen ergibt sich ein Graph folgender Struktur:

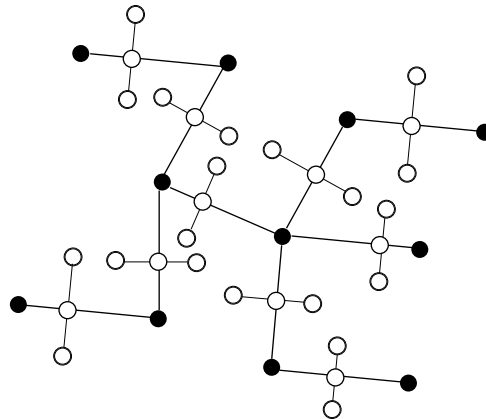


Abb. 30: Vereinfachung der Darstellung von Zugängen [eigene Darstellung]

Von-Neumann-
Nachbarschaft

Moore-
Nachbarschaft

Voronoi-Polygone

Allerdings können die einzelnen Zugangsbereiche nicht als gleichwertig angesehen werden. Zugänge in andere Straßen unterscheiden sich von Zugängen in Raumnutzungsbereiche, da unmittelbar auf Erschließungsflächen kaum Aneignung von Raum möglich ist. Temporäre Interventionen auf Knotenpunkten der Erschließung (z.B. Kunstprojekte im öffentlichen Raum) stellen eher Sondersituationen dar, die einzeln betrachtet werden müssen. Bei der Übersetzung der Zugangsbereiche in eine Graphenstruktur lässt sich an dieser Stelle gut der Vorschlag von [König, 2008] einbringen, in dem die Zugangsknoten miteinander verknüpft werden, die über eine Straßenkreuzung miteinander in Verbindung stehen.

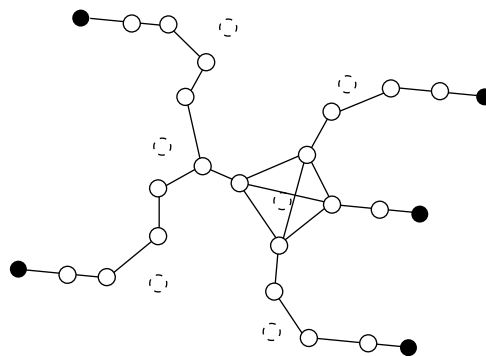


Abb. 31: Graph unter Wegfall der Kreuzungsknoten [eigene Darstellung]
Knoten übernehmen grundsätzlich nur noch die Repräsentanz von Zugängen in Nutzungsbereiche. Die Verknüpfung der Knoten ergibt sich aus ihrer Lage innerhalb des Straßennetzes. Benachbarte oder über eine Kreuzung erreichbare Standorte weisen eine gemeinsame Kante auf.

4.4 Nachbarschaftsbeziehungen

In nächster Betrachtung ist zu bemerken, dass sich Innovationsprozesse, wie sie in den vorangegangenen Kapiteln als räumliche Auswirkungen städtebaulicher oder sozialräumlicher Veränderungen definiert wurden, nicht nur über das öffentliche Straßensystem verbreiten, sondern auch über die räumliche Anordnung in Nachbarschaften transportiert werden. Findet auf einem Grundstück eine Veränderung statt, beispielsweise der Neubau oder Abriss eines Gebäudes, so sind die angrenzenden Nachbarn davon unmittelbar betroffen. Folglich sind neben der Verkettung der Zugänge über das Straßennetz, auch noch die Nachbarschaftsbeziehungen im Graphen aufzutragen.

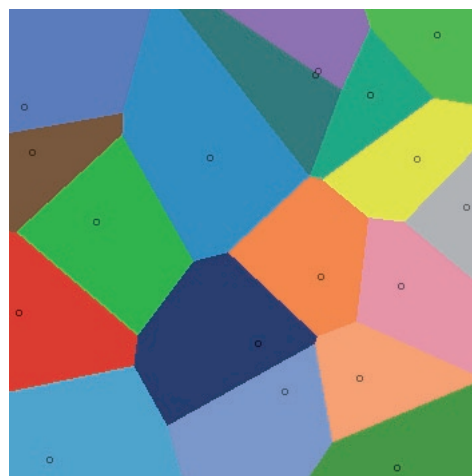
In der Topologie werden zunächst zwei Nachbarschafts Typen unterschieden: *Von-Neumann-Nachbarschaft* und *Moore-Nachbarschaft*.

Beide Nachbarschaftsbeziehungen definieren sich auf Grundlage eines Rasterzellen-Modells. Die unmittelbar horizontal und vertikal angrenzenden vier Nebenfelder einer Zelle werden als *Von-Neumann-Nachbarn* der Ursprungszelle begriffen. Erweitert man diese vier Nachbarzellen um die vier diagonal angrenzenden Zellen spricht man von der achteckigen *Moore-Nachbarschaft*.

Weitere Nachbarschaftsbeziehungen unter Verwendung der euklidischen Metrik lassen sich bei einer *Dirichlet-Zerlegung* des Raumes in Regionen finden. Sogenannte *Voronoi-Diagramme* beinhalten direkt aneinandergrenzende *Thiessen-Polygone*, die durch ein genaues metrisches Zentrum bestimmt werden.

Die Fläche eines *Thiessen-Polygons* umfasst alle Punkte des Raumes, die in Bezug zur euklidischen Metrik näher an dem Zentrum der Region liegen, als an jedem anderen Zentrum.

Delaunay-
Triangulation



Geoinformations-
systeme (GIS)

Abb.: 34: Voronoi-Thiessen Polygone [NetLogo generierte Darstellung]
Die Kreise in jedem Polygon beschreiben das metrische Zentrum jedes Thiessen-Felds.

Polygone tauchen im städtebaulichen Kontext insbesondere bei der Kennzeichnung von Flurstücken und Grundstückspartellen auf. Auch die räumliche Abgrenzung von Flächennutzungsbereichen oder Bebauungsfeldern kann durch Polygone dargestellt werden.

**vektorbasierte
Geoinformationen**

Die Nachbarschaftsdefinition durch gemeinsame Kanten einer *Voronoi*-Darstellung von Flächennutzungsbereichen trifft im Hinblick auf die zu erarbeitende Modellstruktur allerdings auf zwei Probleme:

Zum einen ist der geplante Modellaufbau als Netzwerk bestehend aus Knoten und Kanten vorgesehen, die zunächst keinen metrisch-räumlichen Bezug wie Polygone aufweisen. Eine Übersetzung der *Voronoi*-Diagramme in einen *dualen Graphen* durch eine *Delaunay-Triangulation* könnte hier Abhilfe schaffen.

Zum anderen bedeutet aber, das Zusammenfallen von Polygonkanten einiger Flächennutzungsbereiche nicht unmittelbar, dass über diese Verbindungen auch gleichermaßen Innovationen oder Prozessauswirkungen weitergegeben werden.

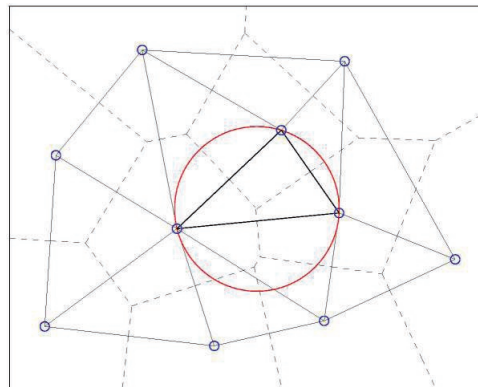


Abb.: 35: Delaunay-Triangulation mit Kennzeichnung einer möglichen Nachbarschaft [Friedrich/Galster, 2007]

Ein Lösungsansatz für diese Problematik lässt sich allerdings in der Methodik der *geometrischen Datenverarbeitung* finden.

Geoinformationssysteme (GIS) haben gleichermaßen die Aufgabe, große Flächenbereiche unterschiedlichster morphologischer Struktur in digitaler Form darstellbar und mathematisch berechenbar zu machen.

Informationen die in jüngster Vergangenheit noch in Plänen und Karten analog kartiert wurden, liegen durch den Einsatz von Geoinformationssystemen seit einigen Jahren in Form einer rechnergestützten Sammlung flächenbezogener Daten als Raster- und Vektordarstellung vor und können digital ausgetauscht und weiterbearbeitet werden. Das riesige Einsatzgebiet neuer GIS-Technologien wird

4. Konzeption der Modellstruktur

an dieser Stelle als bekannt vorausgesetzt und deshalb nicht weiter ausgeführt. Vielmehr soll die Methodik der Geoinformationssysteme bei der Abstraktion einer dreidimensionalen geographischen Oberfläche in ein zweidimensionales digitales Modell eingehender erläutert werden, um diese in den hier vorliegenden Sachverhalt zu implementieren.

Von den beiden Hauptdarstellungsformen eines Geoinformationssystems, Rasterdarstellung und Vektordarstellung, beschränken wir uns auf die Diskretisierung flächenbezogener Daten durch Vektoren. Meyer [1986] beschreibt die Vektordarstellungen als Randdarstellung, da hierbei Objekte durch ihren Rand erfasst werden. Der Rand selbst besteht aus Eckpunkten in Koordinatenform und dazwischen verbindende und/oder abgrenzende Streckenlinien. Einfacher gesagt existieren in der Vektordarstellung punkt-, linien- und flächenartige Elemente.

Punkt

(0-dimensional)



Beispiele:

Grenzpunkt einer Parzelle
Anfangspunkt einer Strecke
Eckpunkt eines Vielecks
Triangulierungspunkt, etc.

Linie

(1-dimensional)



Beispiele:

Grenzlinie
Strasse
Telefonleitung, etc.

Wichtige Spezialfälle von Linien:

Strecke	= kürzeste Verbindung zweier Punkte
Streckenzug	= Kette aus endlich vielen Strecken
Netz	= Netz aus endlich vielen Strecken
Kreisbogen	= Ausschnitt einer Kreislinie

Fläche

(2-dimensional)



Beispiele:

Region, Nutzungsfläche, See,
Bauzone, etc..

Wichtige Spezialfälle von Flächen:

Gebiet	= ausgezeichnete Fläche
Parzelle	= vermessungsamtliche Fläche
Polygon	= Fläche begrenzt durch geschlossenen Streckenzug
Strasse	= Streckenzug mit Eigenbreite

Abb. 36: Grundsätzlich geocodierbare Vektortypologien [nach Meier, 1986]

Jedes dieser Elemente ist eindeutig definiert und kann durch seine individuellen Merkmale im Gesamtdatenbestand identifiziert werden.

Von besonderem Interesse sind die auftretenden Kombinationen dieser Grundtypen. Werden endlich viele Strecken zu einer Kette aneinander gefügt wird von einem Streckenzug gesprochen. Gleichermäßen bezeichnet ein Polygon die Fläche, die durch einen geschlossenen Streckenzug begrenzt wird. Bei der Anwendung dieser Polygoneffinition auf eine Oberfläche mit aneinander grenzenden Grundstückspartzen, wie oben beschrieben, liegt demnach eine endliche Menge disjunkter Polygonflächen vor, die durch Streckenzüge voneinander abgegrenzt werden.

Entscheidend hierbei ist, dass die Trennung zweier Polygonflächen durch eine einzige Grenzstrecke, beziehungsweise einen Streckenzug erfolgt.

Demnach stoßen an jeder Grenzstrecke grundsätzlich zwei, und an jedem Grenzpunkt mehrere Nachbarflächen zusammen.

Jede Einzelstrecke besitzt also vier Informationen:

Startpunkt, Endpunkt, ein Merkmal der Fläche, die zur Linken abgegrenzt wird und ein Merkmal der Fläche, die zur rechten Seite abgegrenzt wird.

Die numerische Kennzeichnung jeder vorhandenen Strecke durch diese vier Merkmale ermöglicht in der digitalen Bearbeitung eine schnelle und eindeutige Identifizierung der abstrahierten geographischen Information innerhalb des gesamten Datenbestandes.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Zuordnung der Merkmalswerte Flächennummer, Flächeninhalt, Punktnummer und XY-Koordinaten in vereinfachter Weise für zwei aneinander grenzende Grundstückspartzen.

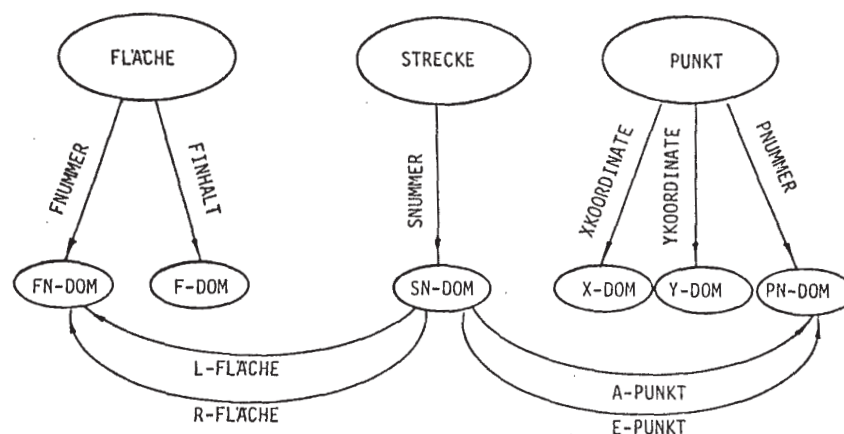


Abb. 37: Vereinfachter Strukturgraph eines Parzellenplans [Meier 1982]

Auffallend ist die topologische Übersetzung der Einzelbeziehungen in Knoten und Kanten. Diese Darstellungsform des Strukturgraphen macht deutlich, dass Knoten flächenbezogene Objektmengen und Kanten mehrere individuelle Beziehungen zwischen diesen Objekten repräsentieren können.

Standortnutzungen

[Meyer, 1986] erläutert die Merkmale dieser Strukturobjekte genauer:

- 1.) Eine Fläche umfasst die Merkmalswerte *Flächennummer* und *Flächeninhalt*.
- 2.) Ein Punkt wird identifiziert durch eine *Punktnummer* und seine *XY Koordinate*.
- 3.) Eine Strecke ist durch eine *Streckennummer* definiert und drückt darüber hinaus *vier* weitere Beziehungen aus:
Zwei Beziehungen zu den Flächen je *links* und *rechts* und zwei Beziehungen bezüglich der an den *Enden* liegenden Punktnummern.

Meier führt weiterhin ein Set von sechs operativen Regeln an, mit denen Flächen, Strecken und Punkte modifiziert, geteilt und verbunden werden können, ohne dass die Konsistenz des Regelwerks bei der Zustandsänderung verloren geht. Für den hier behandelten Fall ist besonders die Merkmalskennung von Strecken und Streckenzügen wichtig. Da räumliche Nachbarschaftsverhältnisse untersucht werden ist das Verfahren der Kennung von Grenzstrecken durch unterschiedliche Merkmalstypen von besonderem Interesse.

Die Implementierung dieser Methodik in den hier bearbeiteten Sachverhalt führt zu folgenden Modellkriterien:

Die räumliche Position von Grundstücken bzw. abgegrenzten Bereichen mit bestimmter Nutzungsmöglichkeit lässt sich grundsätzlich durch Polygone am präzisesten darstellen. Dennoch enthält die exakte vektorielle Darstellung jeder Parzelle durch Eckpunkte mit definierter xy-Position und dazwischen verbindende Streckenlinien für das hier formulierte Modell zu viele Einzelinformationen.

Aus planerischer Perspektive ist vor allem die Verankerung von Zugängen und Nachbarschaftsbeziehungen im vorliegenden Modell entscheidend und notwendig. Die Vektordarstellung einer Fläche durch einen Streckenzug entlang Knotenpunkten lässt für jede Einzelstrecke genau eine Nachbarschaftsbeziehungen zu. Mit anderen Worten: Jede im flächenumschließenden Streckenzug enthaltene Einzelstrecke grenzt die betrachtete Parzelle zu einer anderen Fläche ab. Die in

der GIS-Methodik dargestellten verketteten Streckenzüge sind somit eine Abfolge von Nachbarschaften zwischen den unterschiedlichen außen angrenzenden Flächen und der Kernfläche selbst.

Nachbarschafts-
konstellationen

Nicht alle Nachbarschaften der stadtmorphologischen Oberfläche besitzen eine gemeinsame Kante (Grenzstrecke), die eine Grundstücksparzelle von einer anderen trennt. Sofern Grundstücke nicht über andere Grundstücke erschlossen werden (z.B. bei Bebauungen in zweiter Reihe) existiert für jede Nutzungsfläche mindestens eine Kante mit einer Nachbarschaft zum öffentlichen Raum, z.B. einer Strasse. In aller Regel besteht genau über diese Kante auch der Zugang auf die Grundstücksfläche selbst. Noch deutlicher wird dies, wenn man die Abfolge der an den Straßenraum angrenzenden Nachbarschaften als Abwicklung darstellt.

Nachbarschafts-
konstellationen



Abb. 38: Darstellung der Flächennutzungen als Abwicklung der Straßenseiten [Häusler, 2008]
Alle Flächeninformationen zur Parzellengröße oder Grundstückszuschnitt bleiben unberücksichtigt und nur die rein-binäre Information der Nutzungsexistenz wird in ihrer Position an der Straßenseite aufgetragen.

Topologische Graphenstrukturen müssen aber nicht nur aus den binären Informationen bestehen, Knoten bzw. Kante sind existent oder nicht. Darüber hinaus ist es möglich sowohl Knoten, als auch Kanten neben einer Richtung auch einen Wert zuzuweisen. Im Falle des Richtungsbezugs von Kanten spricht man von einem *gerichteten Graphen*, im Falle der Zuweisung von Werten zu Knoten oder Kanten, wird das Netzwerk als *gewichteter Graph* bezeichnet.

Die Wichtung von Knoten beziehungsweise Kanten erfolgt in aller Regel numerisch. Sofern jede Kante eindeutig identifiziert werden kann ist es darüber hinaus noch möglich den Kanten individuelle Attribute zuzuordnen. Im angesprochenen Fall der Kantendarstellung innerhalb eines Geoinformationssystems

wird die Information über die Abgrenzung des linken zum rechten Bereich als Attribute der Kantenstrecke angegeben.

Für das hier beschriebene Modell wird aus Gründen der notwendigen Eingrenzung von einer *definierten Menge möglicher Nachbarschaftskonstellationen* ausgegangen. Die hier verwendete Struktur beschränkt sich daher auf eine Nachbarschaftsdefinition, die unmittelbar angrenzende Grundstücke und Übergänge zum öffentlichen Raum berücksichtigt, sofern die Zugangsknoten nicht bereits durch eine verbindende Straßenstruktur (Eingänge liegen von der Straße aus gesehen nebeneinander) miteinander verknüpft sind.

Prinzipiell ist es auch denkbar, diese Struktur um eine Akteursebene zu ergänzen. Von den einzelnen Zugangsknoten der Nutzungsbereiche würde sich eine weitere Auffächerung in die jeweiligen Grundstückseigentümer ergeben. Genau wie die Nutzungsknoten können auch diese Akteursknoten einzeln gewichtet und im Hinblick auf ihr nachbarschaftliches Verhältnis miteinander verbunden werden.

Der Vorteil einer derart feinen Aufgliederung ist, dass sich hiermit eine exaktere Angebots-Nachfrage-Struktur darstellen lässt, die z.B. die strukturelle Einbettung eines Einfamilienhausgebiets von der einer gemeinschaftlichen Wohnanlage unterscheidet. Auf dieser Ebene können sowohl städtebauliche Informationen der Wohndichte, Bodenrichtwerte oder Bebauungsdichten, als auch sozio-ökonomische Bewertungen wie Kaufkraft oder Affinität zu bestimmten Nutzungen aus den Datenbeständen der Marktforschung implementiert werden.

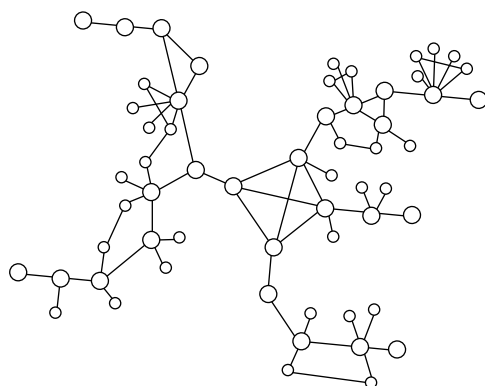


Abb. 39 : Erweiterung des Netzwerks um Nachbarschaftsbeziehungen und eine Akteursebene [eigene Darstellung]
Die kleinen Netzwerkbaume an den Knotenenden stellen die Nutzung eines Standortknotens durch mehrere Akteure dar.

Gleichzeitig ist dies aber mit einer enormen Erhöhung des Datenaufwands und den damit einhergehenden Erhebungsrisiken verbunden [vgl. Lee, Requiem for Large-Scale Models, 1973].

4.5 Struktur und Aufbau des Simulationsmodells

Aus den Ausführungen über die immobilienökonomischen Einflüsse auf die Stadtentwicklung [Kap. 2.2 und Kap. 2.3] ist deutlich geworden, dass insbesondere Grundstücks- und Immobilienwerte immer von der Entwicklung ihres räumlichen Umfelds abhängen. Eine beispielhafte Fragestellung die sich daran anknüpfen lässt ist: In welcher Weise profitieren einzelne Standorte von der ökonomischen Entwicklung ihrer Nachbarn? Gleiches lässt sich für den gegenteiligen Fall anführen: Wie sehr sind benachbarte Standorte in ihrem Wertverfall oder ihren Umsatzeinbußen von lokalen, städtebaulichen Veränderungen betroffen? Man denke nur an den Einsturz des Kölner Stadtarchivs und die Zwangsevakuierung mit anschließender Leerstandsphase der benachbarten Gebäude im Jahr 2009. Insbesondere die Simulation von Worst-Case oder Best-Case-Szenarien der ökonomischen Entwicklung eines Stadtquartiers können beispielhafte Motivationen für den Einsatz eines hier beschriebenen Simulationsmodells darstellen.

Der nachfolgende Abschnitt erläutert ein prozessuales Regelwerk basierend auf den oben beschriebenen Lebenszyklen der Immobilienökonomie, innerhalb dessen Möglichkeiten und Rückkopplungen Zustandsänderungen simuliert und zu bestimmten Zeiten netzwerkanalytisch ausgewertet werden können.

Im Grundsatz lässt sich das Simulationsmodell in zwei Teilbereiche gliedern.

NetLogo 4.1

1.) Eine obere Ebene, die ökonomische Interaktionsbeziehungen zwischen unterschiedlichen Standorten der städtischen Struktur erzeugt und unter Veränderung diverser Variablen die Effizienz der Beziehungen im Zeitverlauf rückgefragt, korrigiert und gegebenenfalls auflöst.

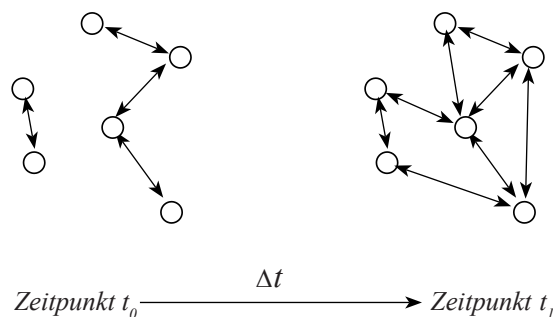


Abb. 40 : Akteursnetzwerke anhand immobilienökonomischer Interaktionsbeziehungen [eigene Darstellung]
Mit dem zeitlichen Verlauf werden die Angebots-Nachfrage-Beziehungen permanent auf ihre Pareto-Optimalität kontrolliert und gegebenenfalls abgeändert.

2.) Eine untere Ebene, die basierend auf einer angenommenen Straßenstruktur die festgelegten Standorte räumlich verortet. Anstelle der tatsächlichen metrischen Längen- und Flächenverhältnisse wird die räumliche Standortstruktur auf ihre topologischen Nachbarschaftsbeziehungen abstrahiert. Somit bildet die untere Ebene einen Graphen dessen Knoten Standorte und dessen gewichtete Kanten Ähnlichkeitsverhältnisse räumlicher Nachbarschaften repräsentieren.

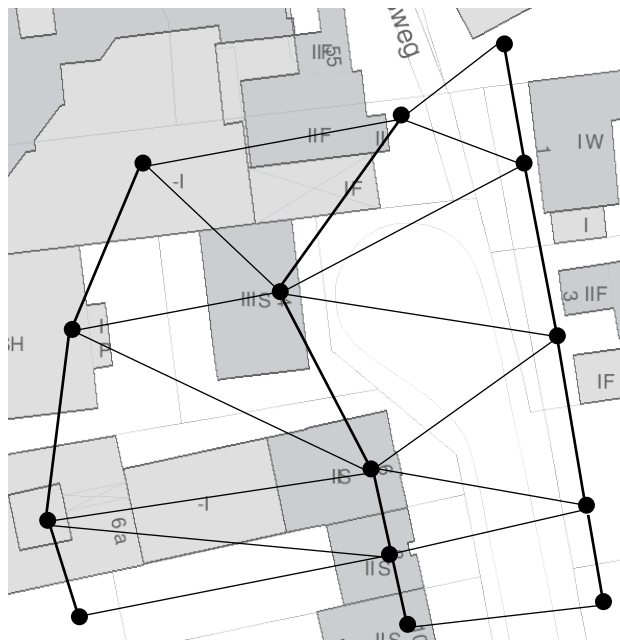


Abb. 41 : Standortnetzwerke aus einzelnen Parzellennutzungen in ihrer nachbarschaftlichen Verknüpfungsstruktur [eigene Darstellung]
Die Lage der Parzellen zueinander definiert die Wichtung der jeweiligen Nachbarschaftskanten

Die Implementierung des Modells erfolgt in der Open-Source-Software NetLogo (Version 4.1.), die Modellierung, Simulation und Visualisierung agentenbasierten Verhaltens im dreidimensionalen Raum ermöglicht.

NetLogo besitzt vier grundsätzlich unterschiedliche Agententypen:

1. *Turtles* (frei bewegliche Agenten, die auf sich selbst und ihre Umgebung reagieren können)
2. *Links* (eine modellierbare lineare Verbindung zwischen Turtles)
3. *Patches* (nicht bewegliche Rasterpunkte, die eine Art Umgebungswelt darstellen und auf sich selbst, turtles und links reagieren können.
4. *Observer* (eine nicht visuelle Agentenform, mit der übergeordnete Befehle und Prozeduren für alle Agenten ausgeführt werden können.)

Allen Agententypen können eine Vielzahl unterschiedlicher Attribute zugewiesen werden, so dass auch Unterklassen und dynamische Gruppen verschiedener Agentenarten modellierbar sind. Eine Integration von GIS-Daten als *shape-file* (ESRI-Datenformat) ist ebenfalls möglich, ebenso wie die Hinzufügung von Rasterbilddarstellungen, was aber für die hier beschriebene Modellstruktur zunächst noch nicht von Interesse ist.

An dieser Stelle muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass sämtliche dem Modell zu Grunde liegenden Datenwerte und Prozesseigenschaften frei angenommen werden, vorbehaltlich einer empirischen Überprüfung.

Das Modell bildet ausschließlich einen Teil frei gewählter städtischer Zusammenhänge als simulatives Experiment *in vitro* ab. Die nachfolgenden Auswertungen liefern daher nur Ergebnisse prinzipieller Natur, die nicht ohne weiteres auf reale Gegebenheiten übertragen werden können.

4.6 Die obere Modellebene

4.6.1 Aufbau und Funktion der oberen Modellebene

Zunächst wird die *obere Modellebene* der ökonomischen Interaktionsbeziehungen eingehender erörtert.

Grundlage der Modellebene bildet eine angenommene Standortstruktur mit einer festgelegten Anzahl von Knoten, die jeweils Zugänge zu einzelnen Flächennutzungsbereichen markieren. Die Abgrenzung, Eigenschaften und Anzahl der gewählten Knoten ist hierbei frei gewählt.

Basierend auf den Überlegungen zum oben geschilderten *Phasenraum* wird die topologische Struktur der Flächennutzungen als *momentaner Zustand* definiert. Mit zeitlichem Verlauf ändern sich die Anzahl der Knoten und die Qualität ihrer Interaktion. Als Verknüpfungsrelation wird hier von einer einfachen und ungerichteten Angebots - Nachfragebeziehung ausgegangen, die aus einem klassischen Standortanforderungskatalog der Immobilienwirtschaft abgeleitet wird.

Jeder Knoten (Standort bzw. Nutzungsbereich) wird zu jedem Zeitpunkt für eine Interaktion angeboten bzw. nachgefragt. Das Modell weist dabei zwei dynamische Komponenten auf:

Zum einen wird die Interaktionsfähigkeit jedes Knotens durch seinen momentanen *Value* beeinflusst, der sich aus seinem Lebensalter und seiner Einbettung in das Gesamtnetzwerk zusammensetzt. Zum anderen unterliegen die Interaktionsverknüpfungen kontinuierlichen Schwankungen. Eine strukturelle Veränderung des Netzwerks ergibt sich in dem Moment, wenn bestimmte Knoten mangels Nachfrage sterben, oder infolge einer maximalen Nachfrage sich selbst in ihrem Lebenszyklus erneuern können und wieder frische Anknüpfungspunkte für andere Standorte darstellen. Der Modellebene werden folgende Regeln zu Grunde gelegt:

Regel 1:

Jeder Zugangsknoten entspricht einer aus fünf Nutzungsmöglichkeiten unter Einbezug der dazugehörigen Lebenserwartung:

A := 100 Jahre	(öffentl. Einrichtungen, Universitäten, Parks, etc.)
B := 30 Jahre	(Wohnnutzungen, Kindergärten, etc.)
C := 10 Jahre	(Büronutzungen, Betriebe, Gewerbe, etc.)
D := 5 Jahre	(Einzelhandel, etc.)
E := 1 Jahr	(Pionier- oder Zwischennutzungen)

Regel 2:

Jeder Zugangsknoten (Erschliessung eines Nutzungsbereichs) kann nur überleben, wenn er in ökonomische Interaktion mit einem anderen Knoten tritt. Die Interaktionsbeziehung wird durch eine ungerichtete Kante (*link*) zwischen zwei interagierenden Standortknoten repräsentiert.

Regel 3:

Jeder Knoten besitzt zudem einen zeitgebundenen *Value*, der sich aus seiner momentanen Lebenszeit und dem Grad seiner Einbettung in das Gesamtnetzwerk *degree d* zusammensetzt.

Regel 4:

Verknüpfungen (*links*) entstehen jederzeit auf Grundlage der nachfolgenden Interaktionsmatrix und unter Abschätzung des optimalen Einbegrades.

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	
(A)		X	X		X	A : = öffentliche Einrichtungen, Universitäten, Parks, etc.
(B)	X			X		B : = Wohnnutzung, Kindergärten, etc.
(C)	X			X		C : = Büronutzung, Betriebe, Gewerbe, etc.
(D)		X				D : = Einzelhandel, etc.
(E)	X			X		E : = Pionier- und Zwischennutzungen

Abb. 42: Matrix zur Festlegung der Interaktionsaffinitäten zwischen den Standortgruppen [eigene Darstellung]

Regel 5:

Jeder der fünf Knotentypen besitzt für seine unterschiedlichen Verknüpfungsmöglichkeiten einen eigenen räumlichen Interaktionsradius innerhalb dem er nach einem geeigneten Partner sucht. Die räumliche Lage der Standortknoten beeinflusst somit das jeweilige Interaktionsverhalten.

Regel 6:

Der Grad der Einbettung in das Gesamtnetzwerk *degree d* berechnet sich für jeden Knoten *i* als die Summe seiner ungerichteten Beziehungen *x* in erster Ebene:

$$d_i = \sum_{j=1}^N x_{ij} = x_i \quad \text{für } i \neq j \quad (2)$$

Formel: Berechnung des *degrees d* für einen einzelnen Knoten. Der degree misst die Anzahl der verbundenen Partner und gibt somit eine erste Abschätzungsgröße der Hierarchie von Netzwerken an.

Regel 7:

Der *optimale* Einbettungsgrad zur Entstehung von *links* wird definiert durch das Verhältnis von *degree* d zur räumlichen Entfernung *ndistance* im Gesamtnetzwerk.

Regel 8:

Weist ein Knoten nach Ablauf seiner Lebenszeit eine maximale Einbettung in das Gesamtnetzwerk auf ($value = 0 + d_{max}$), reproduziert er sich und beginnt somit eine neue Lebensphase gleicher Laufzeit. Besitzt der Knoten nach Ablauf seiner Lebenszeit nicht mindestens die durchschnittliche Anzahl an Verknüpfungen (Links bzw. Kanten) stirbt er und verschwindet aus der Modellebene.

Zur erstmaligen Erzeugung der beschriebenen Knoten und Verbindungen wird in der Setup-Prozedur des Programmcodes eine bestimmte Anzahl von Knoten jedes Nutzungstyps auf der Modelloberfläche erstellt. Jedem Knoten wird ein Attribut *lifetime* zugewiesen, das der Lebenszeit des jeweiligen Standorttyps entspricht. Zur Unterscheidung der Knoten im Visualisierungsfenster werden entsprechend der Nutzungszugehörigkeit verschiedene Farben verwendet.

Die vollständige Initialisierung erfolgt durch eine einmalige Verknüpfung der Knoten unter Einbezug des Kriteriums *räumliche Nähe* und unter Berücksichtigung der zulässigen Konstellationen aus *Regel 4*. Somit wird ein Initialnetzwerk erzeugt, indem sich alle Knoten mit den räumlich nächstgelegenen Interaktionspartnern in Form ungerichteter Kanten verknüpfen.

Die folgende Abbildung stellt Aufbau und Simulationsablauf der oberen Modellebene diagrammatisch dar. Einstellbare Parameter werden hierin mit einer roten Umrandung markiert.

4. Konzeption der Modellstruktur

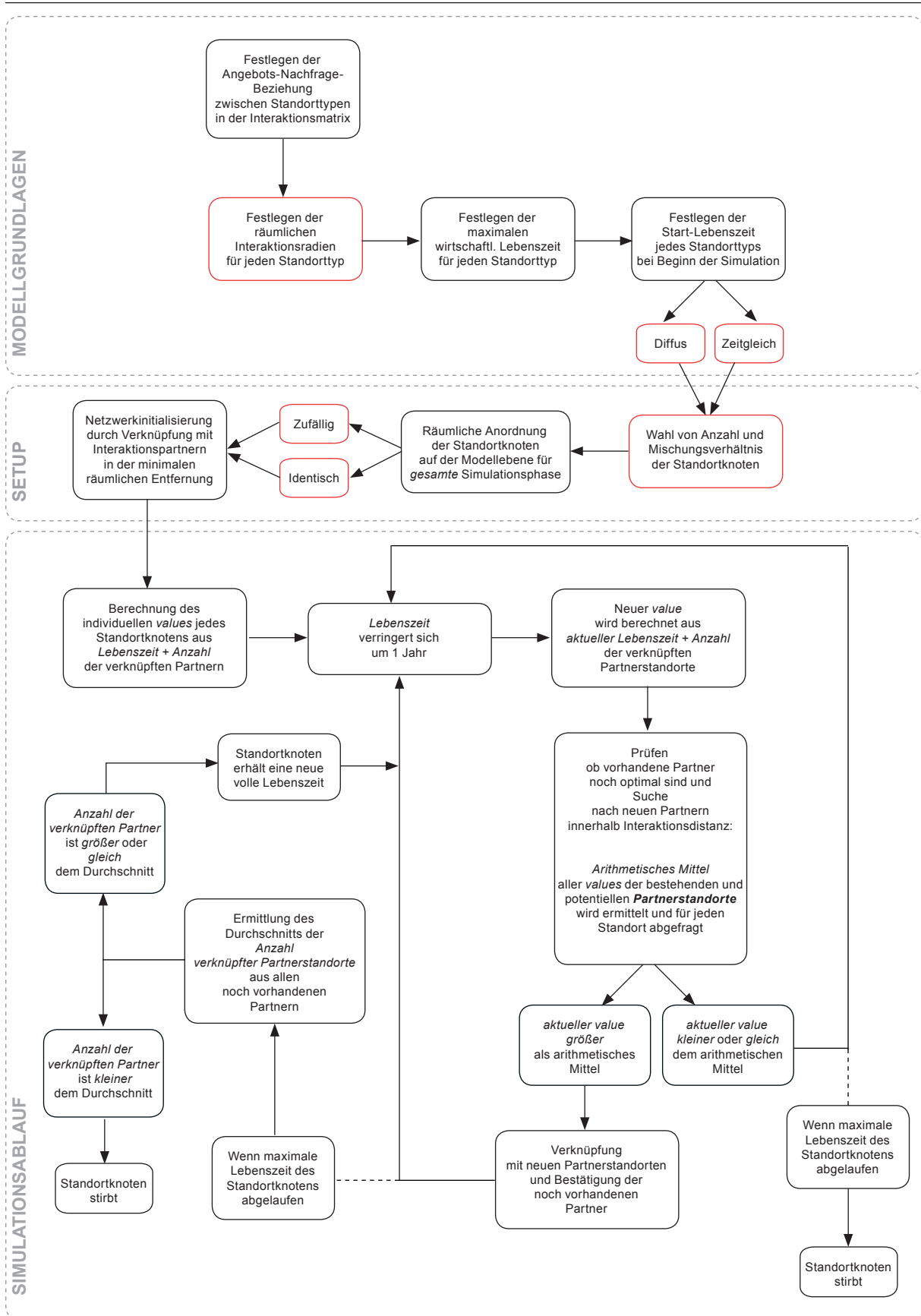


Abb. 43: Ablaufschema der Simulation der oberen Modellebene [eigene Darstellung]

Die Modellsstruktur weist somit folgende variable Parameter auf:

- Anzahl und Mischungsverhältnis der Standortknoten
- Position der Standortknoten im Raum (räumliche Nähe)
- Einstiegslebenszeit der Standorte mit Beginn der Simulation und
- Interaktionsradius der Verknüpfungskombinationen

Der Zusammenhang zwischen der Anzahl der gewählten Standortknoten und der *topologischen Netzwerkdichte* ist sicherlich evident. Eine Veränderung des Mischungsverhältnisses hingegen lässt unterschiedliche netzwerkanalytische Strukturqualitäten vermuten. Bezugnehmend auf den stadtplanerischen Diskurs entspricht dies der Unterscheidung zwischen Quartieren mit heterogenen und homogenen Nutzungsstrukturen. Gleichermaßen bildet die räumliche Position der Standortknoten im Modell eine Abstraktion der räumlichen Nutzungsdichte im Stadtgebiet ab. Weiterhin beschreibt die Einstiegslebenszeit der Knoten das quantitative Spektrum verschiedener parallel existenter Entwicklungszeitläufe.

Es ist zu überprüfen, inwiefern sich Quartiere, deren Nutzungen zum gleichen Zeitpunkt zu altern beginnen (z.B. Stadtteile die im gleichen Zeitrahmen errichtet und bezogen wurden) von Quartieren mit unterschiedlichen Lebenszeitläufen (z.B. alt-ingesessene Standorte gemischt mit neuentstandenen Nutzungen) voneinander unterscheiden. Schlussendlich beschreibt der Interaktionsradius eine Art räumlichen *Einzugsbereich* der jeweiligen Nutzungen in Verknüpfung zum Partnerstandort. Wichtig zu erwähnen bleibt, dass das Modell entgegen tatsächlicher Nutzungsstrukturen des realen Kontexts keine konjunkturelle Fluktuation aufweist. Das bedeutet, dass im Modell kein grundsätzlicher und langfristiger Bedarf an Nutzungen implementiert ist. Die Anzahl an anfangs gewählten Nutzungsknoten kann sich im Ablauf der Simulation nicht erhöhen und strebt auch keinem ökonomischen Gleichgewichtszustand entgegen.

Es handelt sich somit nicht um eine Abbildung des Verhaltens nutzungsspezifischer Marktstrukturen. Vielmehr wird die Langlebigkeit oder Trägheit existierender ökonomischer Interaktionsbeziehungen abgebildet.

4.6.2 Simulationsablauf und Messmethoden der oberen Modellebene

Ist der Aufbau und die Funktionsweise des Modells definiert, lässt sich für den oben geschilderten Anwendungsfall die Frage anknüpfen, welche Netzwerkakteure von den beschriebenen Interaktionsprozessen eher gestärkt oder eher gehemmt werden. Es gilt folglich dieses Profitieren oder die Benachteiligung in entsprechender Weise als Messgröße auszuwerten.

Ausgehend von den zuletzt beschriebenen Parametern bieten sich grundsätzlich zwei verschiedene Methoden zur Messung von Veränderungen innerhalb der Modellsstruktur an:

Eine *quantitative Datenauswertung* und eine *qualitative Datenauswertung*

Die Methodik der Ergebnissauswertung des hier beschriebenen Simulationsmodells wird in eben diesen beiden Kategorien nachfolgend eingehender erläutert. Nach der Erklärung der grundsätzlichen Unterschiede werden ausgehend von einigen exemplarischen Simulationsdurchläufen ergebnisbeeinflussende Parametereinstellungen selektiert und in unterschiedlichen Neukombinationen auf aussagekräftige Änderungen im Simulationsergebnis hin überprüft.

Im ersten Messverfahren, der *quantitativen Datenauswertung*, lassen sich *Anzahl* und *Lebensdauer* der einzelnen Standortknoten in Abhängigkeit des *zeitlichen Verlaufs* unter verschiedenen Variableneinstellungen vergleichen. Hierbei wird die Veränderung der *Zerfallsrate* angenommener Knoten in Abhängigkeit der Zeit beobachtet.

Die zweite Methode, die *qualitative Datenauswertung*, legt ihr Hauptaugenmerk auf das *Verhalten der ungerichteten Interaktionsverknüpfungen*. Neben der Zerfallsrate der Netzwerkbeziehungen in Abhängigkeit von Zeit und räumlicher Distanz sind bestimmte Netzwerkmerkmale, wie z.B. die Existenz, Größe und Anzahl von *Cliquen* und *Cutpoints* von Interesse.

Im folgenden Abschnitt werden zunächst verschiedene Simulationsverläufe der oberen Modellebene unter beiden methodischen Gesichtspunkten durchgeführt, dokumentiert und die Ergebnisse in Bezug auf ihre Aussagekraft für den Stadtentwicklungsprozess analysiert. Um eine Vergleichbarkeit der erzielten Ergebnisse zu gewährleisten, besitzen alle Standorte während der Messungen die gleiche festgelegte räumliche Position auf der Modelloberfläche (gleicher Untersuchungsaufbau).

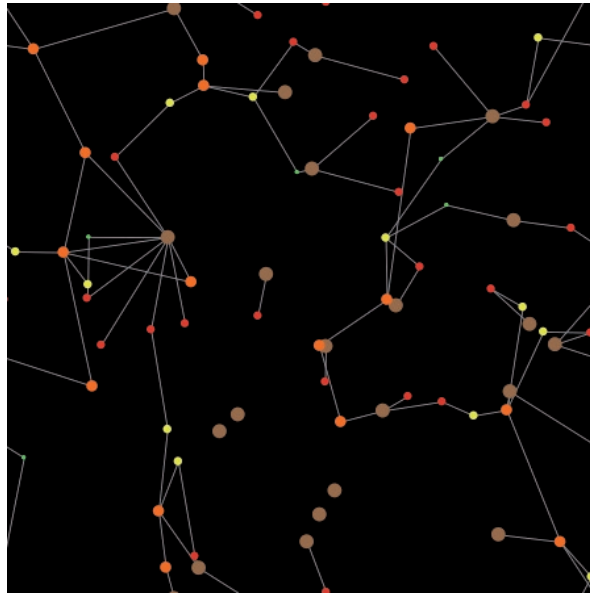


Abb. 44: Darstellung der verschiedenen Standortknoten auf der Simulationsoberfläche [eigene NetLogo generierte Darstellung]. Die jeweiligen Nutzungstypen sind in Zugehörigkeit und Lebensdauer farblich beziehungsweise in ihrer Größe unterschiedlich dargestellt.

4.6.3 Methoden der quantitativen Datenauswertung

In der Initialposition der Simulation existiert eine festgelegte Anzahl unterschiedlicher Standortknoten auf der Modelloberfläche. Diese Anzahl stellt zugleich auch die maximale Summe aller möglichen Standorte dar. Mit fortschreitendem Zeitverlauf reduziert sich die Anzahl der Standorte.

Das Modell bietet zwei Optionen zur Definition der Lebenszeit zum Initialzeitpunkt t_0 :

- 1.) alle Standorte gleichen Typs besitzen die *gleiche Lebensdauer*
- 2.) Standorte gleichen Typs besitzen eine *zufällige Lebensdauer* im Spektrum zwischen einem Jahr und maximaler Lebenslänge

In Abhängigkeit dieser Option sterben nach Ablauf der Lebenszeit die Standorte entweder *phasenweise* oder innerhalb ihres Zeitspektrums *diffus*.

Hieraus ergibt sich die erste *quantitative* Auswertungsmöglichkeit:

Die folgenden Abbildungen zeigen die Anzahl der unterschiedlichen Standorttypen in Abhängigkeit des zeitlichen Verlaufs zunächst noch *ohne Verknüpfungsprozedur* und *ohne Option zur Verlängerung der Lebenszeit*.

Aus Gründen der Vergleichbarkeit wird hierbei davon ausgegangen, dass von jedem Nutzungstyp zu Beginn der Simulation eine *gleichgroße Anzahl* an Standorten vorhanden ist.

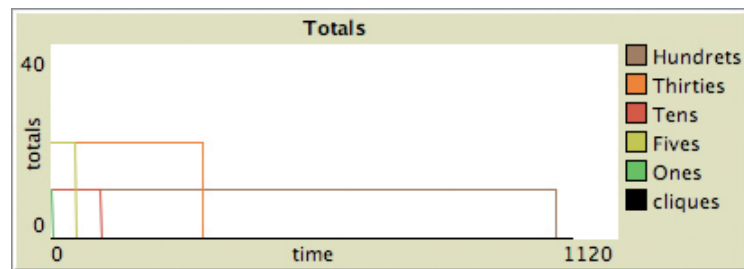


Abb. 45: Abnahme der Standortknoten im zeitlichen Verlauf bei gleicher Ausgangslebenszeit [eigene NetLogo generierte Darstellung]

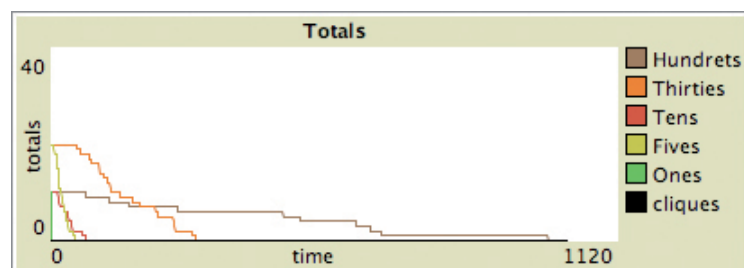


Abb. 46: Abnahme der Standortknoten im zeitlichen Verlauf bei diffuser Ausgangslebenszeit [eigene NetLogo generierte Darstellung]

Während in der oberen Darstellung innerhalb einer Zeiteinheit die maximalvorhandene Anzahl eines Standorttyps auf *Null* abfällt, besitzt die zweite Abbildung weichere Verläufe, die insbesondere bei einer Betrachtung mit höherer Standortanzahl auch temporäre Verschiebungen unter den unterschiedlichen Lebenszeittypen aufweisen kann. Die Wahrscheinlichkeit derartiger Verschiebungen nimmt aber mit fortschreitendem Zeitverlauf ab, was in Anbetracht des oben angegebenen Lebenszeitspektrums evident ist, da kein Knoten länger als seine maximale Lebenslänge existieren kann.

Wie im obigen Regelwerk beschrieben ist es für jeden Knoten existenziell, sich mit anderen Standorten zu verknüpfen. Demnach liefert die Anzahl der Interaktionspartner, gemessen durch die am Knoten vorhandenen *links*, eine weitere quantifizierbare Größe. Neben der Maximal- und Minimalanzahl aller vorhandenen *links* ist für das Überleben jedes Standortknotens insbesondere der *aktuelle Durchschnittswert* relevant. Mit fortschreitender Regression sinkt dieser naturgemäß. Die Anzahl der Verknüpfungspartner je Knoten hängt unmittelbar vom gewählten Interaktionsradius ab. Knoten mit geringem Radius finden entsprechend wenige mögliche Partner in ihrer räumlichen Umgebung.

Zur Verdeutlichung: Übertragen auf die Immobilienökonomie lässt sich der Interaktionsradius als *Einzugsgebiet* beziehungsweise relevanter *Aktionsraum* beschreiben, innerhalb dessen eine Angebots-Nachfragebeziehung mit verschiedenen Nutzungen möglich ist. Die Ermittlung der durchschnittlichen *Partnerstandortzahl* liefert daher nur sinnvolle Ergebnisse, sofern die Modelleinstellungen eine *räumliche Überlappung der Interaktionsradien* aufweisen, da nur in den Schnittbereichen echte Entscheidungen zur Partnerwahl getroffen werden müssen. Nachfolgende Abbildung zeigt den zeitlichen Verlauf des Durchschnittswerts bei stark überlappenden Interaktionsradien.

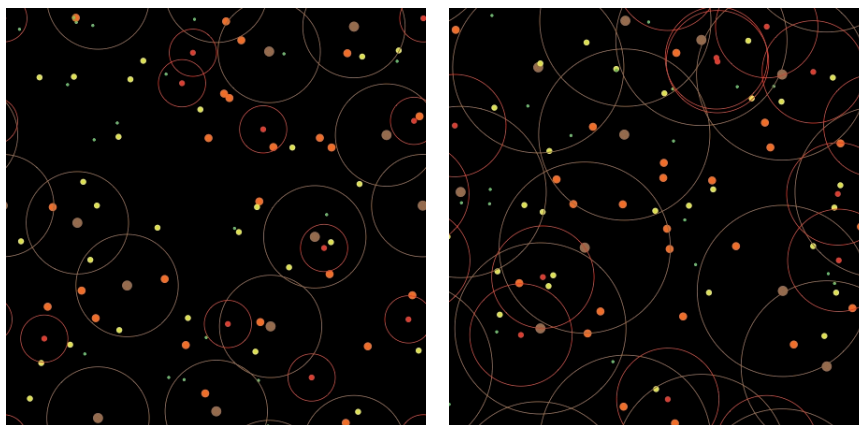


Abb. 47: Darstellung der Initialposition mit zwei verschieden großen Interaktionsradien [eigene NetLogo generierte Darstellung] (links: nahezu autarke Anordnung der Radien, rechts: überlappende Anordnung)

Führt man im nächsten Schritt die Option einer möglichen Lebenszeitverlängerung ein, ergeben sich eine Vielzahl neuer quantitativer Auswertungsmöglichkeiten. Hierbei ist vor allem der individuelle *value* jedes Standorts von Interesse. Neben der kontinuierlichen Regression der Lebenszeit stellt der *value* einen objektgebundenen Wert der *Interaktionsattraktivität* dar. Knoten mit höherem *value* werden gegenüber solchen mit niedrigerem Wert für eine Interaktion bevorzugt ausgewählt. Als numerischer Zahlenwert, gebildet aus der Summe der vorhandenen Interaktionspartner und der aktuellen Lebenszeit, stellt er eine weitere quantitative Messgröße innerhalb der Simulationsstruktur dar, die innerhalb des zeitlichem Ablaufs quantitativen Schwankungen und Veränderungen unterworfen ist.

Aufgrund der großen Variabilität der vorkommenden *values* eignet sich eine Darstellung in Histogrammform am besten. Das Histogramm dokumentiert das gesamte Spektrum aller insgesamt vorkommenden *values* zum aktuellen Zeitpunkt. Da dieser Wert prozentual betrachtet zum größten Teil von der Lebenszeit abhängt, lässt sich natürlich auch in der Histogrammdarstellung der oben beschriebene Unterschied zwischen gleicher und zufälliger Startlebenszeit im Simulationsverlauf beobachten.

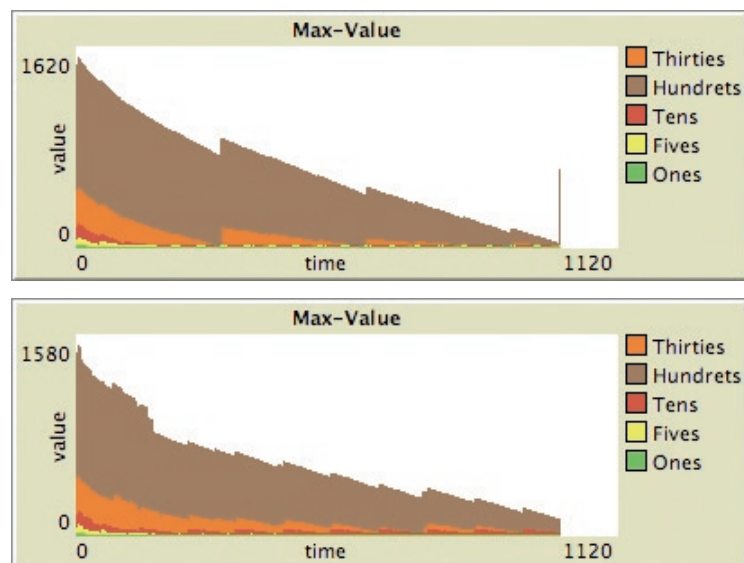


Abb. 48&49: Zeitlicher Verlauf der maximalen *values* für jeden Standortknotentyp [eigene NetLogo generierte Darstellung]
 Mit abnehmender Lebenszeit sinkt auch die Interaktionsattraktivität. Besitzen alle Standortknoten je Typ die gleiche Ausgangslebenszeit verhält sich der Verlauf des maximalen *values* deterministisch (oberes Bild)
 Ist die Lebenszeit zum Initialzeitpunkt *diffus*, entstehen auch diffusere *value*-Werte (unteres Bild).

Da nun das grundsätzliche Verhalten der Standortknoten innerhalb der Simulation und die Zusammenhänge zwischen *Lebenszeit*, *value* und *Interaktionsradius* bekannt sind, kann zu etwas komplexeren Auswertungen übergegangen werden.

Im Grunde lässt sich die kontinuierliche Regression der Lebenszeiten bis hin zum endgültigen Verschwinden von Standortknoten als *Zerfallsprozess* städtischer Nutzungsräume beschreiben. Im Unterschied zu multiagenten Simulationsmodellen städtischer Wachstumsprozesse, wie man sie u.a. in den Arbeiten von Batty [2005], König [2008], Bauriedel [2008] oder anderen findet, wird hier die *umgekehrte Funktionseigenschaft* betrachtet. Die mathematischen Grundlagen und Rechenoperationen bleiben dabei allerdings gleich, da der einzige Unterschied nur in einem umgekehrten Vorzeichen liegt.

4.6.4 Mathematische Zusammenhänge

In ihrer rein mathematischen Form lassen sich Zerfalls-, wie Wachstumsprozesse grundsätzlich als *Exponentialfunktionen* beschreiben. Innerhalb der Berechnung wird der Prozess durch folgende drei Eigenschaften charakterisiert:

- a.) ein Ausgangszustand
- b.) eine kontinuierliche (*stetige*) Veränderungsrate
- c.) ein betrachtetes Intervall (z.B. Zeitabschnitt)

Die ersten beiden Eigenschaften legen die Kennzahlen des Prozesses quantitativ fest, der dritte Punkt lässt die Berechnung eines numerischen Ergebnisses zu. In den Naturwissenschaften werden für Wachstums- und Zerfallsprozesse folgende Formeln verwendet:

$$f(t) = f(0) \cdot e^{lt} \quad (3)$$

Formel: Exponentialfunktion eines Wachstumsprozesses

$$f(t) = f(0) \cdot e^{-lt} \quad (4)$$

Formel: Exponentialfunktion eines Zerfallsprozesses

Allerdings muss nicht grundsätzlich eine Veränderung im Verlauf der Zeit betrachtet werden. Im allgemeinen wird mit dieser Exponentialfunktion das Verhalten einer Größe in Abhängigkeit einer anderen Größe beschrieben. Als weitere Anmerkung soll noch kurz auf die *Eulersche Zahl* e als Basis eingegangen werden. Wachstumsfunktionen lassen sich auch an Hand anderer Basiswerte berechnen, da aber bei allen Prozessen von einer sehr kleinen Zahl im Exponenten ausgegangen wird und die Funktionen e^x und $1+x$ in der Nähe des Punktes $(0 ; 1)$ einen sehr ähnlichen Verlauf haben, kann näherungsweise angenommen werden e^x entspricht ungefähr $1+x$ für $|x| \ll 1$.

Aus diesem Grund wird die *Eulersche Zahl* e in ihrer Exponentialfunktion auch als *natürliche Basis* bezeichnet und den meisten Wachstumsfunktionen zu Grunde gelegt.

Die Berechnung der Zerfalls- und Wachstumsveränderungen an Hand einer festgelegten Veränderungsrate, in denen die Zeit durch eine reelle Variable abgebildet wird, bedeutet grundsätzlich die Betrachtung eines *kontinuierlichen Modells*.

Der Verlauf rückgekoppelter Prozesse weist allerdings keine *kontinuierliche Stetigkeit* auf. In diesem Zusammenhang spricht man auch von *diskreten Modellen*. Hier sind insbesondere die Phasenübergänge von großem Interesse, weswegen die Zeit in *unterschiedlichen Abschnitten* betrachtet werden muss.

Durch Umformung der obigen Exponentialfunktion, kann die Veränderungsrate auf eine Gleichungsseite gebracht werden. Sie steht damit als Funktion zweier unterschiedlicher Zustandsgrößen aus den jeweiligen Zeitpunkten zur Verfügung. Somit ist es möglich, aus den quantitativen Grunddaten, die im vorangegangenen Abschnitt erläutert wurden, zeitabschnittsabhängige Veränderungsrate abzuleiten.

Die Betrachtung derartiger *Zerfallsraten städtischer Nutzungsräume* unter Einbezug der Interaktionsradien und Streuung der vorhandenen Lebenszeitwerte eröffnet interessante, weiterführende Analysemöglichkeiten.

Drei unterschiedliche Methoden der Prozessbetrachtung stehen dabei im Vordergrund:

- 1.) Messung der Zerfallsraten aller Standorttypen für unterschiedliche Zeitintervalle Δt (für $I \leq \Delta t \leq T$)
- 2.) Vergleich der Zerfallscharakteristik verschiedener Standorte über den gesamten Zeitablauf $\Delta t = T$
- 3.) Ermittlung prognostizierter Standortzahlen bei stetig angenommener Zerfallsrate an unterschiedlichen Zeitpunkten t_i

Aus der Perspektive der Stadtplanung sind insbesondere die ersten beiden Prozessbetrachtungen von Interesse. Die Analyse städtischen Zerfalls für unterschiedliche Zeitintervalle Δt liefert Ergebnisse in welchen Abständen die *relativen höchsten Zerfälle* auftreten können. Hierbei wird für jedes Zeitintervall Δt_i je eine Standortanzahl zu Beginn und nach Ablauf der Messphase ausgewertet, wobei die Anfangszahl für das nachfolgende Zeitintervall Δt_{i+1} der Endanzahl aus Phase Δt_i entspricht.

4. Konzeption der Modellstruktur

Bei der Betrachtung des Zerfallsprozesses über den gesamten Zeitraum lassen sich als charakteristische Merkmale z.B. die *Häufigkeit* der beobachteten Zerfallsphasen oder auch der *zeitliche Zusammenhang* bestimmter *gleichzeitig auftretender Zerfallsprozesse* unterschiedlicher Standorttypen ablesen.

Die nachfolgenden Abbildungen demonstrieren die unterschiedlichen Ergebnismöglichkeiten einer Zerfallsratenanalyse.

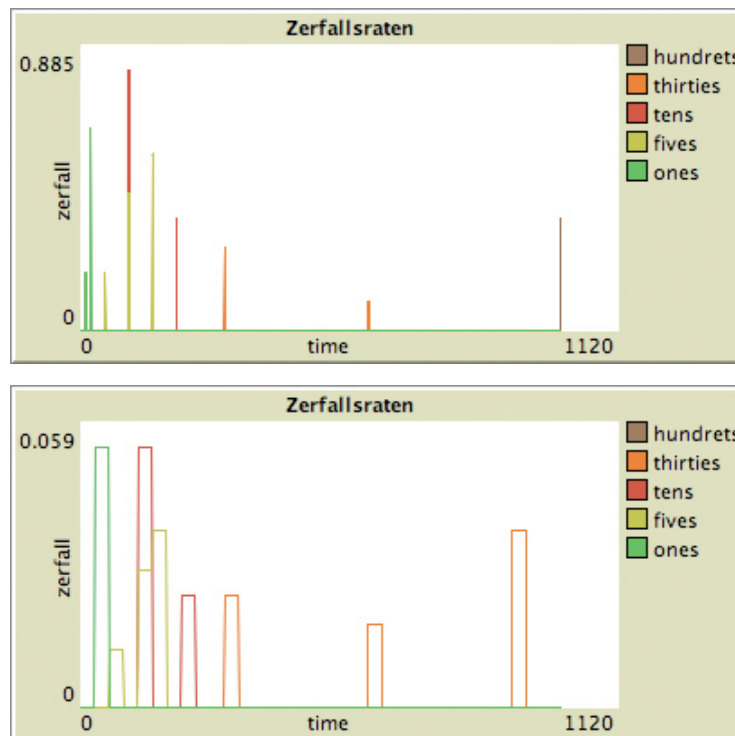


Abb. 50&51: Zerfallsraten der einzelnen Standorttypen im Verlauf der Zeit [eigene NetLogo generierte Darstellung]
Die obere Abbildung misst die Zerfallsraten nach jedem Zeitintervall von $\Delta t = 2$ ticks (entspricht ca. 2 Monate Lebenszeit)
Die untere Abbildung ermittelt die Zerfallsraten nach jedem Zeitintervall von $\Delta t = 30$ ticks (entspricht ca. 2,5 Jahre Lebenszeit)

Eine weitere Auswertungsmöglichkeit besteht darin eine statistisch valide Anzahl an Wiederholungen des Simulationsablaufs durchzuführen, um eine *durchschnittliche mittlere Zerfallsrate* für bestimmte Zeiträume zu ermitteln. Diese Durchschnittsrate kann wieder als Exponent in oben angegebene Gleichung eingetragen werden und ermöglicht so die statistische Ermittlung einer *prognostizierten Standortanzahl* zu einem festgelegten Zeitpunkt t_i . Hierbei ist allerdings deutlich zu machen, dass die unmittelbare Strukturumgebung des Simulationsmodells verlassen wird und ausschließlich die durch die Simulation gewonnenen Daten in ein entkoppeltes statistisches Prognosemodell implementiert werden.

Betrachtet man diese Ergebnisse aus einer realen Anwendungsperspektive lässt sich folgern:

Soll im Rahmen einer nachhaltigen Stadtentwicklungspolitik tatsächlichem Standort-*verfall* vorgebeugt werden, können aus diesen Analysemethoden eingeschränkt *optimale Reinvestitionszyklen*, bzw. *Sanierungszyklen* abgeleitet werden. Auch die Betrachtung der *Zerfallscharakteristika* in Abhängigkeit der unterschiedlichen Variablen liefert in erster Linie eine qualitative Aussage über die *Zusammensetzung städtischer Räume*.

4.6.5 Methoden der qualitativen Datenauswertung

In der Betrachtung qualitativer Zusammenhänge rücken vermehrt die standortverbindenden *links* ins Zentrum des Interesses.

Diese ungerichteten linearen Beziehungsdarstellungen besitzen im Grunde nur die binäre Information: Beziehung existiert oder existiert nicht.

Wird ein Knoten im Simulationsverlauf gelöscht, weil seine Lebenszeit endgültig abgelaufen ist, sterben auch alle übrigen *links*, durch die er selbst mit anderen Knotenpunkten verbunden ist. Die Gesamtheit aller Knoten und Kanten in ihrer jeweiligen Verknüpfungskonstellation wird dabei im weiteren Verlauf mit dem allgemeinen Begriff *Netzwerk* bezeichnet.

Folgende Aussagen lassen sich somit zur Netzwerkstruktur innerhalb der oberen Modellebene formulieren:

- 1.) Die minimale Anzahl aller auf der Modellebene möglichen *links* ist 0. (Knoten können genau eine Lebenszeit ohne Verknüpfung existieren.)
- 2.) Die maximale Anzahl aller auf der Modellebene möglichen *links* beträgt

$$l_{max} = \frac{N \cdot (N - 1)}{2} = \frac{(N^2 - N)}{2} \quad (5)$$

Formel.: Gleichung zur Berechnung der maximalen Kantenanzahl eines vollständigen Graphen

(Jeder Knoten ist mit jedem anderen Knoten genau einmal verbunden. In diesem Fall wird der Netzwerkgraph als *vollständig* bezeichnet.)

4.6.6 Netzwerkdichte

Aus diesen beiden Gesetzmäßigkeiten kann die erste *qualitative* Messgröße abgeleitet werden. Aus dem Verhältnis aller existierender Kanten zu der im Graph maximalen Anzahl möglicher Beziehungen kann eine temporäre *Netzwerkdichte* D_i für jeden Zeitpunkt t_i ermittelt werden.

$$D_i = \frac{2 \cdot l_i}{n \cdot (n - 1)} \quad \text{für } i = 1 < i < T \quad (6)$$

Formel: Formel zur Berechnung der Netzwerkdichte zum gewählten Zeitpunkt t_i .

Ein Graph mit der Netzwerkdichte 0 besitzt demnach keine Kanten. Eine Netzwerkdichte von 1 bedeutet, dass ein *vollständig verbundener* Graph vorliegt. Im Rahmen der hier behandelten Modellstruktur hängt die Existenz einer Kante von den Faktoren *Interaktionsdistanz*, *Verknüpfungsmatrix* und *value* der optionalen Partnerknoten ab. Aus diesem Grund ist die reine Ermittlung der Netzwerkdichte bezogen auf das *Gesamtnetzwerk* allein nicht aussagekräftig.

4.6.7 Grad der Verbundenheit

Es bietet sich allerdings eine Auswertungsmöglichkeit, die im weiteren Verlauf von großem Interesse ist. Hierfür ist es aber zunächst erforderlich eine weitere Messgröße einzuführen.

In der Graphentheorie heißen zwei Knoten *adjazent*, oder auch *benachbart*, wenn sie durch eine gemeinsame Kante miteinander verbunden sind. Als *unverbunden* werden Knoten bezeichnet, die innerhalb des Netzwerks nicht (auch nicht indirekt) durch Kanten erreicht werden können.

Demnach besitzt jeder verbundene Knoten eine sogenannte *Nachbarschaft*, bestehend aus den Knoten zu denen er eine direkte Verbindung besitzt.

Folglich kann für jeden *verbundenen* Knoten ein *Grad der Verbundenheit* *degree* d angegeben werden, der aus der Summe seiner direkten Nachbarn besteht. Entsprechend lässt sich für jedes ungerichtete Netzwerk ableiten:

- 1.) Der minimale *degree* d eines verbundenen Knotens ist 1
- 2.) Der maximale *degree* d eines verbundenen Knotens ist $n-1$

mit n als Anzahl aller im Netzwerk vorhandenen *adjazenten* Knoten
(Ein Knoten kann demnach maximal mit allen anderen Knoten,
außer mit sich selbst verbunden sein.)

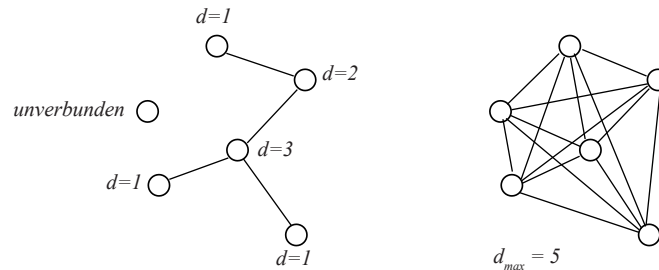


Abb. 47: Grad der Verbundenheit [eigene Darstellung]
Die linke Abbildung zeigt den Grad der Verbundenheit degree d in einem Netzwerk geringer Dichte. Ein Knoten ist nicht adjazent, also mit keinem Nachbarn verbunden.
Die rechte Darstellung zeigt ein vollständig geschlossenes Netzwerk maximaler Dichte. Der degree d jedes Knoten beträgt genau $n-1$, da er mit jedem Knoten außer mit sich selbst verbunden (adjazent) ist.

Innerhalb der angenommenen Modellstruktur bietet daher die Ermittlung der sich verändernden Werte für den *Grad der Verbundenheit degree d* eine erste aussagekräftige Messgröße.

Die Ermittlung des *degree d* in Abhängigkeit der Zeit kann unter folgenden Gesichtspunkten erfolgen:

- a.) Beobachtung der *degree-Veränderung* eines einzigen Standorts über einen festgelegten Zeitraum Δt
- b.) Ermittlung eines Durchschnittswerts d_c für alle Standortknoten eines Nutzungstyps zu einem festgelegten Zeitpunkt t_i
- c.) Beobachtung der *Zerfallsrate* der Kanten resultierend aus einem sich verändernden *degree d* .

4.6.8 Strukturelle Merkmale in Netzwerken

Eine weitere Analyseebene zur Untersuchung der Interaktionsverknüpfungen bildet die Suche nach möglicherweise temporär existierenden strukturellen Merkmalen innerhalb der Netzwerkstruktur. Operationen, die einen Graphen in weitere Komponenten zerfallen lassen, erlauben es, Knoten und Kanten mit besonderen Eigenschaften zu identifizieren.

Aus Graphentheorie und Netzwerkanalyse ist bekannt, dass sich jedes Netzwerk in so genannte *k-Tupel* zerlegen lässt. *k-Tupel* sind strukturelle *Subgruppen*, die sich innerhalb der vorhandenen Netzwerkstruktur eindeutig abgrenzen lassen. Üblicherweise werden für *k* die Werte 2, 3, 4 oder 5 eingesetzt.

Die Bildung der kleinsten Merkmalseinheit *2-Tupel*, im allgemeinen als *Dyaden* bezeichnet lässt sich in diesem Modell direkt an der Standortverknüpfungsmatrix verdeutlichen, die mögliche Kanten zwischen zwei Standortknoten definiert. Von größerem Interesse für die qualitative Auswertung der Knoten-Kanten-Beziehungen sind jedoch *Tupel* mit einer Größe ≥ 3 , in Graphentheorie und Netzwerkanalyse als *Triaden*, *Quadrupel* bzw. *Quintupel* usw. ausgedrückt.

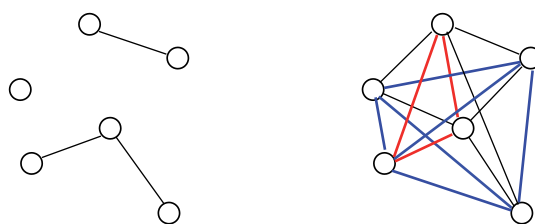


Abb. 52: k-Tupel [eigene Darstellung]
Die linke Abbildung zeigt adjazente und unverbundene Knoten. Die Kanten stellen immer nur eine unmittelbare Nachbarschaft dar. Es handelt sich demnach um 2-Tupel, sogenannte Dyaden, die minimalste Verknüpfungsform jedes Netzwerks.
Die rechte Darstellung zeigt das vollständig geschlossene Netzwerk aus dem obigen Beispiel und markiert farblich die im Netzwerk enthaltenen *Subgruppen*. Ein exemplarisches 3-Tupel, eine sogenannte *Triade* ist in rot und ein exemplarisches 4-Tupel, auch *Quadrupel* genannt ist mit blauen Kanten markiert. Das gesamte Netzwerk könnte auch als *Quintupel* bezeichnet werden.

Jansen [2006] weist in diesem Zusammenhang auf zwei grundsätzlich unterschiedliche Herangehensweisen bei der Abgrenzung von Gruppen hin.

Für die graphentheoretische Charakterisierung struktureller Gruppen wird im allgemeinen der Begriff *Clique* verwendet.

Das typologische Merkmal einer *Clique* besteht in der direkten Verbundenheit zwischen allen Gruppenmitgliedern. *Cliquen* weisen demnach an ihren Knoten den für die Gruppengröße notwendigen *degree d* und eine maximale Anzahl interner (abgegrenzter) Kanten auf. Eine *graphentheoretische Clique* ist also eine Gruppe von mindestens drei Akteuren (Knoten).

Eine weiterführende Erläuterung findet sich bei Jansen [2006] in der die Gruppenkohäsion an Hand folgender vier Faktoren identifiziert wird:

1. Gegenseitige, direkte Beziehungen
2. Nähe und Erreichbarkeit der Cliquenmitglieder
3. Häufigkeit der direkten Beziehungen zwischen den Mitgliedern
4. Höhere Beziehungsdichte innerhalb der Clique im Vergleich zum Umfeld

Die zweite eher inhaltlich geprägte Abgrenzungsmethode von Gruppen besteht darin, Knoten zusammenzufassen, die *strukturelle Ähnlichkeiten*, wie zum Beispiel *Verbundenheitsgrad* oder *Lage* und *Erreichbarkeit* innerhalb des Netzwerks aufweisen. Hierauf wird im Kapitel zur unteren Modellebene noch näher eingegangen.

Beide Betrachtungsweisen sind in der folgenden Auswertung der Simulationsergebnisse von großem Interesse. Knoten als Akteure eines Netzwerks, hier die angenommenen Standortknoten, sind demnach in der Lage, sich durch ihre Verknüpfung mit anderen Netzwerkakteuren innerhalb des Gesamtnetzwerks als Gruppe abzugrenzen, wobei sich einzelne Gruppen ohne weiteres überlagern können.

Innerhalb des Simulationsmodells erfolgt die Suche nach vorhandenen *Cliquen* mit Hilfe einer *k-Core*-Prozedur und *einem mathematischen Ausschlussverfahren*. Nachfolgend werden die beiden Komponenten kurz erläutert.

Als *k-Cores* werden Knoten bezeichnet, die die notwendige Mindestzahl an Gruppenmitgliedern *k* als unmittelbare Nachbarn aufweisen. In einem *Quadrupel*, also einer *Clique* in der 4 Knoten miteinander maximal verbunden sind, besitzt jeder Knoten mindestens 3 Nachbarn und ist nach Definition mindestens ein *3-Core*. Bei der Suche nach einer oder mehrerer *4er-Cliquen* innerhalb des Gesamtnetzwerks können entsprechend alle Knoten mit einer Nachbarzahl < 3 vernachlässigt werden.

Das graphentheoretische Ausschlussverfahren innerhalb der Prozedur erfolgt durch den *Satz von Turán* (1941):

Sei $G = (V; E)$ ein ungerichteter Graph mit $n = |V|$ und $m = |E|$.

$$\text{Falls } m > \frac{n^2 \cdot ((k-2) / (k-1))}{2}$$

dann existiert eine Clique der Größe k in G .

Satz: Der Satz von Turán definiert die Bedingung, innerhalb der die Existenz einer maximalen Cliquengröße abgefragt werden kann.

Da sich jede k -Clique mit $k > 3$ in überlappende Dreiecke (*3er-Cliquen/Triaden*) zerlegen lässt, muss zusätzlich noch der *Satz von Mantel* (1907) abgefragt werden, um auszuschliessen, dass es sich nicht um einen Spezialfall handelt:

Satz von Mantel (1907):

Die maximale Anzahl von Kanten in einem dreiecksfreien Graphen

$$\text{ist } \frac{n^2}{4} .$$

Satz: Satz von Mantel (1907)

Die vorherige Abfrage dieser Bedingungen, wobei n die Anzahl aller Knoten und m die Anzahl aller Kanten zum Zeitpunkt t_i darstellen, beschleunigt den Simulationsablauf entscheidend, da nicht jeder k -Core grundsätzlich auf seine maximale Teilgraphendichte überprüft werden muss.

Ausgehend von diesen Bedingungen ergeben sich aus der *Anzahl* und der *Größe* der zum Zeitpunkt t_i vorhandenen *Cliquen* zwei weitere quantitative Auswertungsgrößen der Simulationsergebnisse, die auf den folgenden Seiten erläutert werden.

Auf der Simulationsoberfläche werden vorhandene Dreiecks-Cliquen durch gelbe Verknüpfungslinien dargestellt, deren aktuelle Anzahl kontinuierlich über den gesamten Simulationszeitraum erfasst wird.

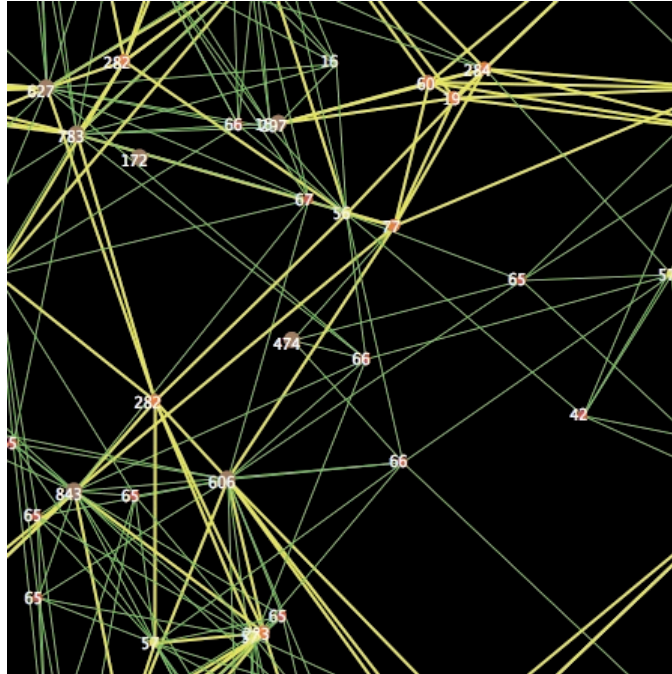


Abb. 53: Ausschnitt der oberen Modellebene im Simulationsverlauf [eigene NetLogo generierte Darstellung]
Die grünen Linien zeigen die Interaktionsverknüpfungen auf Grundlage der Angebots-Nachfragebeziehung.
Die gelben Linien repräsentieren im Netzwerk vorhandene Triaden (3er-Cliquen).
Die Zahlen an den Standortknoten geben Auskunft über den *value* jedes Standortknotens zum aktuellen Zeitpunkt.

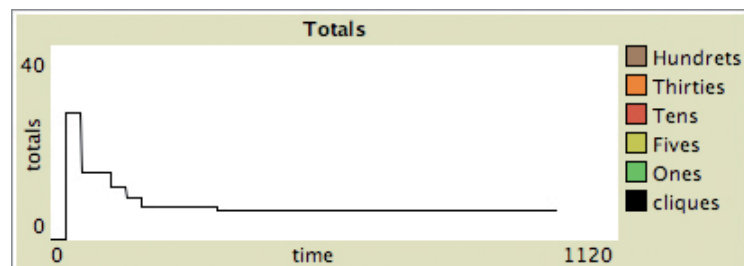


Abb. 54: Dieser Plot zeigt die maximale Anzahl beobachteter Triaden (3er-Cliquen) im zeitlichen Verlauf der Simulation [eigene NetLogo generierte Darstellung]

Neben den Strukturmerkmalen *k-tupel*, *k-cores* und *Cliquen* existieren noch weitere interessante Muster in Netzwerkstrukturen, wie *k-Plexe*, *Bäume*, *Sterne*, *Ketten*, *Kreise*, *Zyklen*, *Blöcke* u.v.a. , auf die aber aus Gründen der Rechenkapazität und notwendigen inhaltlichen Beschränkung des Simulationsaufbaus in dieser Arbeit nicht mehr eingegangen wird. Jedoch sollen nachfolgend noch zwei weitere wichtige Merkmale erörtert werden, die sich unmittelbar aus der Existenz von *Cliquen* herleiten lassen.

Nach ihrer Definition stellen Cliques einen *Teilgraphen* des Gesamtnetzwerks dar. Mit anderen Worten sind sie in einen Ausgangsgraphen integriert oder eingebettet. Daraus lässt sich folgern, dass jeder Knoten auch einen *Übergang* vom Teilgraphen zur restlichen umliegenden Graphenstruktur darstellen kann, welcher die interne Gruppe von der äußeren Netzwerkstruktur abgrenzen. Da oftmals mehr als eine Clique innerhalb eines Graphen identifiziert werden, ergeben sich Charakteristika, in denen zwei topologisch unterschiedliche Cliques durch einen *dazwischenliegenden Knoten* oder eine *dazwischenliegende Kante* miteinander verbunden sind.

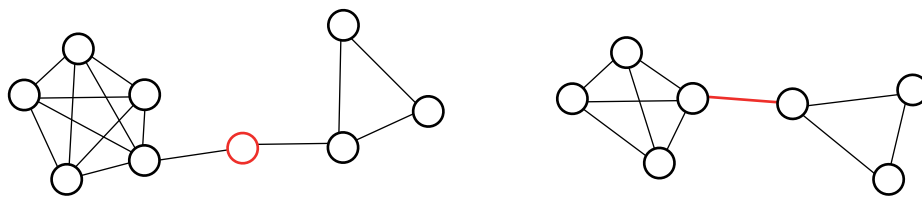


Abb. 55: Skizzenhafte Darstellungen von *cutpoints* (links) und *Brücken* (rechts) [eigene Darstellung]
Beide Elemente sind wesentlich, um einen Zerfall des Gesamtnetzwerks zu verhindern.

Diese besonderen Merkmalstypen werden *cutpoint* (im Falle von Knoten) und *Brücke* (im Falle von Kanten) genannt und stehen im Schnittpunkt mehrerer Gruppen, lassen sich aber keiner direkt zuordnen. Diese Sonderstellung kann grundsätzlich als strategische Position innerhalb des Gesamtnetzwerks bezeichnet werden. *Cutpoints* und *Brücken* stellen in einem zusammenhängenden Graphen genau die Elemente dar, deren Entfernen aus dem Netzwerk den Zusammenhang zerstört.

4.6.9 Zwischenergebnis der qualitativen Messmethoden

Wie oben schon erwähnt liefert der zeitliche Verlauf der reinen Netzwerkdichte bezogen auf das Gesamtnetz im Simulationskontext keine ausreichend verwertbare Information. Der Kennwert des Grades an Verbundenheit *degree d* ist aus stadtplanerischer und immobilienökonomischer Betrachtung allerdings von besonderem Interesse, da Standortknoten mit einem hohen *degree d* einen hohen Interaktionsstatus aufweisen. Das bedeutet, sie werden besonders häufig nachgefragt oder stellen für viele adjazente Partner in erreichbarer Nähe ein entsprechendes Angebot dar.

Das Vorhandensein einer oder mehrerer Cliques macht deutlich, dass in Erweiterung des unmittelbaren Zusammenhangs aus der Interaktionsmatrix bestimmte Standorte dazu neigen, sich gegenseitig zu *versorgen*, zumindest über die Dauer eines bestimmten Zeitraums. Da sich die jeweilige Interaktion räumlich und ökonomisch qualitativ definiert (*Interaktionsradius, value*), kann durch die multiagentenbasierte Simulation jedem Standort ein *handlungsorientierter Abwägungsprozess* unterstellt werden. Somit liegt es nahe an dieser Stelle eine mögliche inhaltliche Verwandtschaft zur Theorie des *place*-Konzepts aus der Sozialgeographie und Soziologie zu untersuchen. Genauer zu den raumsoziologischen Dimensionen und der theoretischen Einbettung des *place*-Konzepts in die handlungsorientierte Perspektive auf städtische Strukturen findet sich u.a. bei Pred [1984], Johnston [1991] und Vogelpohl [2008].

Die Analyse von *cutpoints* und *Brücken* innerhalb des Strukturverlaufs ermöglicht es, besondere *raumzeitlich - strategische* Standortknoten aufzufinden, die den Übergang zweier ansonsten unabhängiger, sich selbst versorgender Standortgruppen markieren. Ihre Anzahl im zeitlichen Verlauf betrachtet, liefert eine Aussage über den *Grad der Autarkie* gleichzeitig vorhandener Subgruppen. Liegt zu einem bestimmten Zeitpunkt *keine gemeinsame Brücke* oder *kein cutpoint* vor, können Informationen oder Innovationsprozesse zwischen den sich selbst versorgenden Raumbereichen höchstens *indirekt* über eine gewisse Zahl nicht unmittelbar eingebundener Standorte ausgetauscht werden. Weiterhin stellt der Ausfall von *Cliques* und *cutpoints* einen topologischen Wertverlust für die betroffene Standortregion dar, da miteinander verbundene städtische Umgebungen nicht mehr voneinander profitieren können.

4.6.10 Zusammenführung der qualitativen und quantitativen Ergebnisse

Jede der bislang angegebenen Untersuchungsmethoden besitzt bereits für sich genommen eine eigene Aussagekraft, die in den Zwischenergebnissen in groben Zügen erörtert wurde. Rückt man allerdings das beschriebene Gesamtmodell der oberen Simulationsebene wieder ins Zentrum des Interesses, stellt sich die Frage, ob sich aus den Einzelergebnissen des rückgekoppelten Prozessablaufs nicht auch noch eine weitere Analyseebene ableiten lässt.

Grundsätzlich handelt es sich bei allen erwähnten Messgrößen um *zeitabhängige* oder durch einen *gewählten Zeitrahmen* beeinflusste Werte.

Es liegt entsprechend nahe in unterschiedlichen Messergebnissen mit gleichem Zeitablauf nach möglichen Zusammenhängen zu suchen. Eine derartige Vergleichsanalyse zweier Messreihen wird in Mathematik und Naturwissenschaften üblicherweise als *Korrelationsanalyse* bezeichnet. Wobei die *Korrelation* selbst keine *Kausalität*, sondern nur die reine statistische Existenz eines gefundenen Zusammenhangs ausdrückt. Man unterscheidet zwischen *Autokorrelation* und *Kreuzkorrelation*. Die Autokorrelation ermittelt interne *Ähnlichkeiten* einer Messreihe mit sich selbst. Die *Kreuzkorrelation* betrachtet Ähnlichkeiten in den Werten zwischen zwei verschiedenen Messreihen, auch unter dem Gesichtspunkt einer zeitlichen Verschiebung dt .

Im hier beschriebenen Simulationszusammenhang ist vor allem die *Kreuzkorrelation* von entscheidender Bedeutung, daher werden nachfolgend die mathematischen Zusammenhänge, sowie die Anwendung auf unterschiedliche Ergebnisreihen der Simulation erläutert.

4.6.11 Analyse von Ähnlichkeiten durch Kreuzkorrelation

Die Anwendungsgebiete der Korrelationsanalyse sind vielfältig. Prinzipiell können jede Art zeitlich veränderlicher Messgrößen miteinander korreliert werden. Neben der Analyse von Frequenzspektren und Signalen in Physik, Elektrotechnik oder Telekommunikation, bieten sich auch alle sozial-statistischen Vergleichsgrößen, finanzwissenschaftliche Ergebnisreihen oder Elemente der Bildverarbeitung zur Korrelation an.

Sämtliche Verfahren basieren auf einem sogenannten Korrelationsintegral.

Für den Kreuzabgleich zweier Zeitfunktionen $x(t)$ und $y(t)$ lautet die Kreuzkorrelationsfunktion.

$$K(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot y(t + \tau) dt \quad (7)$$

Formel: Integral über dt zur Bestimmung der Korrelation zweier Zeitfunktionen

Somit lässt sich bestimmen, ob sich zwei Messreihen ähnlich und um wie viel sie zeitlich verschoben sind. dt definiert dabei den betrachteten Zeitabschnitt und τ beschreibt den Wert, um den die beiden Signale zeitlich verschoben sein können.

Im vorliegenden Fall liegen aber die eingegebenen Werte nicht als mathematisch stetige Funktionen vor, sondern als diskrete Zeitsignale, die zu bestimmten Zeitintervallen ($t_0 + \Delta t, \dots, t_0 + i\Delta t, \dots, t_0 + N\Delta t$ mit $i = 1 \dots N$) höchst unterschiedliche Werte aufweisen können.

Hierbei wird ein Übergang vom Integral zur Summe vollzogen und das Ergebnis mit dem Effektivwert der einzelnen Signale normiert. Die Funktion des Korrelationskoeffizienten lautet nach der Umformung folgendermaßen:

$$\text{corr} \{ \tau \} = \frac{\sum_{t=1}^N x[t] \cdot y[t + \tau]}{\sqrt{\sum_{t=1}^N (x[t])^2 \cdot \sum_{t=1}^N (y[t + \tau])^2}} \quad (8)$$

Formel: Gleichung zur Bestimmung des Kreuzkorrelationskoeffizienten zweier Zeitfunktionen

Sofern die Signale für irgendein tau gleich sind, liefert die Kreuzkorrelation den Wert 1. Ein Korrelationsergebnis von -1 bedeutet, dass die beiden Messreihen gegenphasig sind. Das Resultat 0 drückt aus, dass die betrachteten Messreihen unkorreliert sind. In der Regel treten nur sehr selten Korrelationswerte auf, die nahe an 1 bzw. -1 heranreichen. Aber ein Korrelationsfaktor von 0,7 ist durchaus schon aussagekräftig.

Kreuzkorrelation qualitativer mit quantitativen Simulationsergebnissen

Im vorangegangenen Kapitel sind einige, für eine Korrelation in Frage kommende Messgrößen angesprochen worden, die gerade im stadtplanerischen Kontext von wichtiger Bedeutung sind. Insbesondere das Auftreten von *Cliquen*, wie auch die *Zerfallsrate* lohnen einer vergleichenden Betrachtung.

Der folgende Abschnitt behandelt daher, ob sich ein Zusammenhang zwischen dem *Auftreten von Cliquen* und der speziellen *Charakteristik* einer *Zerfallsrate* über einen festgelegten Zeitraum an Hand einer Kreuzkorrelation nachweisen lässt. Die Auswahl der beiden exemplarischen Messreihen erfolgt aus dem bereits oben erhaltenen Ergebnisspektrum, nicht zuletzt um eine Vergleichbarkeit im Simulationsaufbau und der Messanalyse zu gewährleisten.

Zunächst werden die beiden Messreihen: *Anzahl der beobachteten 3er-Cliquen (Triaden)* und *Zerfallsrate der Standorte des Typs B (Lebenszeit 30 Jahre)* miteinander korreliert.

Da die Ergebnisreihen beide aus dem gleichen rückgekoppelten Simulationsprozess stammen, können innerhalb dieses Auswahlkriteriums folgende bereits bekannte Untersuchungsvariablen miteinander verglichen werden:

- 1.) Korrelation unter Wahl der Standortknoten mit *gleicher Ausgangslebenszeit* zum Startzeitpunkt
- 2.) Korrelation unter Wahl der Standortknoten mit *diffuser Ausgangslebenszeit* zum Startzeitpunkt

Für jede dieser beiden Simulationsaufbauten kann die Kreuzkorrelation unter folgenden veränderbaren Größen durchgeführt und der erhaltene Korrelationskoeffizient miteinander verglichen werden.

- a.) Korrelation der Messreihen zu *unterschiedlichen Zeitintervallen Δt*
- b.) Korrelation der Messreihen für *unterschiedliche Zeitverschiebungen τ*

Da die Eingangsparameter des hier durchgeführten Simulationsprozesses frei gewählt und somit nicht empirischer Natur sind, bringt eine umfassende Korrelation unter Auswertung aller möglichen Variableneinstellungen innerhalb dieser Arbeit keinen nennenswerten Ergebnisvorteil. Es werden deshalb im Folgenden zur Veranschaulichung der Kreuzkorrelation zwei sinnfällige Einstellungen, an Hand maximal beobachteter Werte ausgewählt.

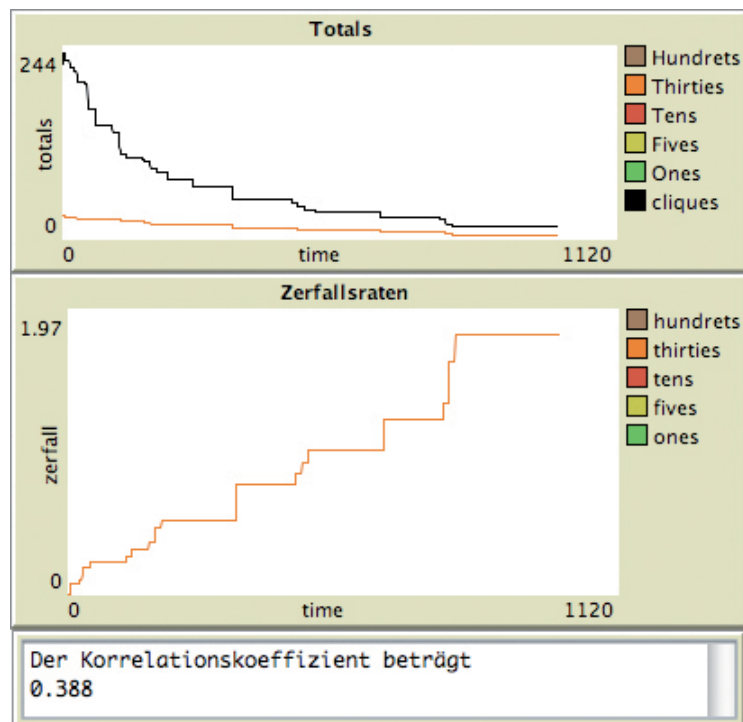


Abb. 56: Betrachtung zweier Zeitreihen als Kreuzkorrelation [eigene NetLogo generierte Darstellung]
 Die Abbildung zeigt die Zerfallsrate der Standortknoten mit einer Lebenszeit von 30 Jahren (300 ticks) in Korrelation zur Anzahl gemessener Triaden (3er-Cliquen) bei einer gemessenen Zeitperiode von 1000 ticks. Der Korrelationskoeffizient deutet nur einen mäßigen Zusammenhang an.

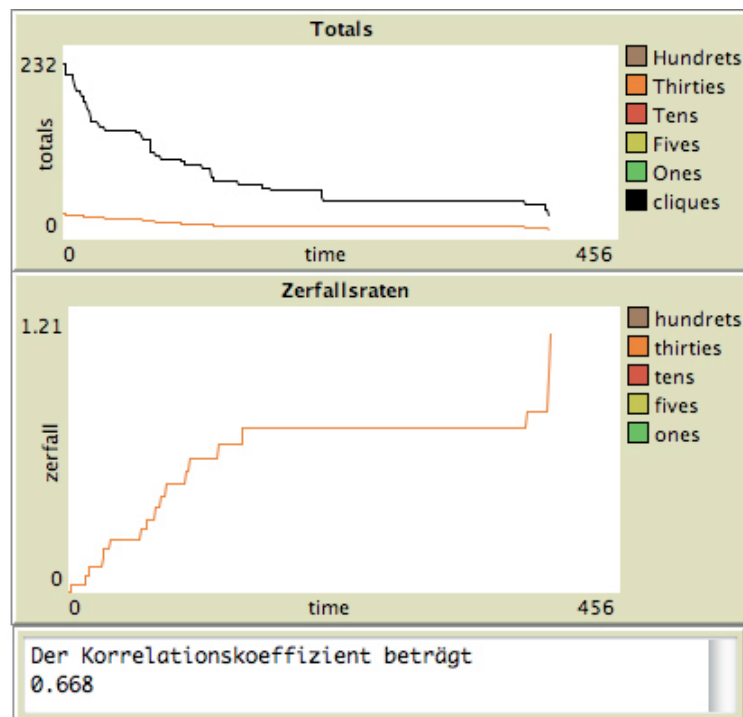


Abb. 57: Betrachtung zweier Zeitreihen als Kreuzkorrelation [eigene NetLogo generierte Darstellung]
 Die Abbildung zeigt ebenfalls die Zerfallsrate der Standortknoten mit einer Lebenszeit von 30 Jahren (300 ticks) in Korrelation zur Anzahl gemessener Triaden (3er-Cliquen), allerdings bei einer gemessenen Zeitperiode von 400 ticks. Der Korrelationswert von 0.668 ist durchaus aussagekräftig und weist darauf hin, dass zwischen der Zerfallscharakteristik der Standortknoten und der gemessenen Cliquenstruktur ein deutlicher Zusammenhang besteht.

4.7 Die untere Modellebene

4.7.1 Simulationsablauf und Messmethoden der unteren Modellebene

Im vorangegangenen Abschnitt wurden Standorte durch ihre temporären Interaktionsprozesse zu einer Netzwerkstruktur aus Knoten und Kanten verknüpft.

Aus den Erläuterungen in Kapitel 3.6 ist bekannt, dass sich eine Veränderung des städtischen Raums nicht auf die unmittelbaren Ausgangsstandorte der Veränderung begrenzen lassen, sondern sich auch auf dessen Umgebung auswirken.

Als aktuelles Beispiel kann hierfür der Bau der Kölner-Nord-Süd-Bahn mit dem Einsturz des Kölner Stadtarchivs und den damit verbundenen Einzelhandelseinbußen und Lageverlusten im benachbarten Severinsviertel angeführt werden [vgl. Diener, K. 2009]. Die Relativierung einer derartigen Informationsausbreitung mit zunehmender Entfernung wurde an Hand von Diffusionsbarrieren und räumlicher Grenzen in ihren Zusammenhängen bereits geschildert.

Aus diesem Grund erscheint es notwendig, dem Gesamtsimulationsmodell eine weitere Komponente hinzuzufügen, die ein Bezugssystem für die Innovationsausbreitung durch die räumliche Umgebung erzeugt.

Hierfür wird auf die graphentheoretische Übersetzung der Parzellen- und Straßenstruktur aus Kapitel 3.6 zurückgegriffen.

Zunächst werden die gewählten Standortknoten der oberen Modellebene auf eine neue untere Simulationsfläche projiziert und erzeugen somit ein Abbild der oberen Knotenstruktur. Die Übertragung geoinformationscodierter Kanteninformationen in die neue Standortstruktur erzeugt einen neuen topologischen Graphen mit folgenden Eigenschaften:

- Jedem Standortknoten der oberen Modellebene wird ein eigener Knoten auf der unteren Modellebene zugewiesen.
Die Knotenanzahl ist somit auf beiden Ebenen gleich.

- Räumliche Nachbarschaftsbeziehungen zwischen den Standorten werden als ungerichtete Kanten eingetragen.
Die Kanten des unteren Graphen stehen damit in keinem Zusammenhang mit den Kanten der oberen Modellebene.

In Anlehnung an die *v.-Neumann-* und *Moore-Definitionen* werden folgende Möglichkeiten nachbarschaftlicher Beziehungen in die Modellstruktur übernommen:

- *zugangsorientierte Nachbarschaft*
(Die Eingänge liegen auf gleicher Straßenseite nebeneinander und es existiert eine gemeinsame Grundstücksgrenze.)

- *gegenüberliegende Nachbarschaft*
(Die Eingänge liegen auf unterschiedlichen Seiten der erschließenden Straße und es existieren sich gegenüberliegende Grundstücksabschnitte.)

- *rückseitige Nachbarschaft*
(Beide Grundstücke besitzen zumindest teilweise eine gemeinsame Grundstücksgrenze, die nicht an die Erschließungsseite angrenzt.)

- *kreuzungsbedingte Nachbarschaft*
(Die Grundstücke lassen sich keiner der obigen Kategorien zuordnen, stehen aber über eine gemeinsame Wegekreuzung miteinander in Beziehung.)

Im Unterschied zur methodischen Vorgehensweise in einigen Geoinformationssystemen besitzen die eingetragenen Kanten keine Links-Rechts-Attribute mehr, sondern stellen deren Ableitung in eine rein binäre Information dar - Standorte besitzen eine Nachbarschaftsbeziehung oder nicht.

Die nachfolgende Darstellung verdeutlicht die Kantenstruktur der nachbarschaftlichen Beziehungen in idealisierter Weise.

4.7.2 Räumliche Abgrenzungsmöglichkeiten

Bei der Übersetzung eines betrachteten Stadtgebiets in eine solche Graphenstruktur wird irgendwann zwangsläufig die Frage auftauchen, welche kreuzungerschlossenen Standorte oder gegenüberliegenden Grundstücksbereiche in Anbetracht ihrer tatsächlichen räumlichen Distanz noch als Nachbarschaft gewertet werden können, oder in Anlehnung an Hägerstrand [1968] eher räumliche Barrieren darstellen.

Die vorliegende Arbeit schlägt für diesen Fall eine Unterscheidung der Raumdistanzen an Hand ihrer zwischenliegenden Erschließungsklassifizierung vor.

In der Verkehrs-, Stadt- und Raumplanung werden für die Identifizierung unterschiedlicher Erschließungsmöglichkeiten Straßen und Wege an Hand ihrer übergeordneten Verbindungsfunktion unterschieden. In den *Richtlinien für integrierte Netzgestaltung RIN* (Ausgabe 2008) und der älteren Straßenklassifizierung RAS-N (1988) [FGSV, 2008] sind die technischen und strukturellen Bestimmungen für Straßen nach ihren folgenden Funktionen untergliedert:

- übergeordnete Verbindungsfunktion
- Verkehrskapazität und Fahrgeschwindigkeit
- Anbaufunktion bzw. Anbaufreiheit
- Aufenthaltsfunktion

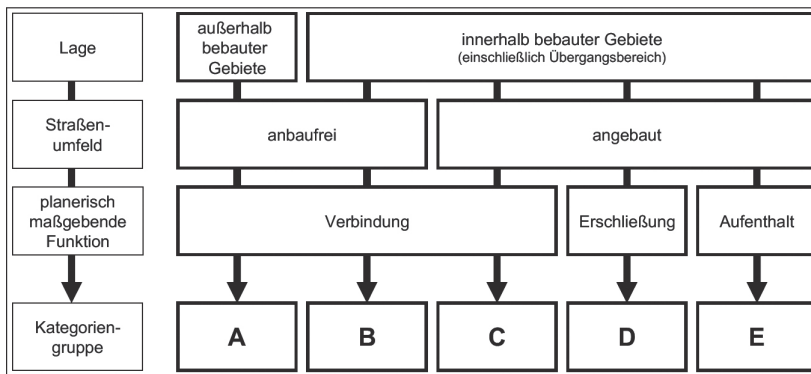


Abb. 58: Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS-N 1988) [FGSV, 1990]

Kategorien- gruppe		außerhalb bebauter Gebiete		innerhalb bebauter Gebiete			
		anbaufrei		angebaut			
		Verbindung			Erschließung	Aufenthalt	
		A	B	C	D	E	
großräumige Verbindung	I	A I	B I	C I			
überregionale/regionale Straßenverbindung	II	A II	B II	C II	D II		
zwischenkommunale Straßenverbindung	III	A III	B III	C III	D III	E III	
flächenerschließende Straßenverbindung	IV	A IV	B IV	C IV	D IV	E IV	
untergeordnete Straßenverbindung	V	A V	-	-	D V	E V	
Wegverbindung	VI	A VI	-	-	-	E VI	

in der Regel nicht vorkommend	—
problematisch	■
besonders problematisch	■
nicht vertretbar	■

Abb. 59: Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS-N 1988) [FGSV, 1990]
 Anhand der eingetragenen Kategorien lassen sich real existierende Straßen für die Modellstruktur analysieren und entsprechend ihrer Beschaffenheit nach den angegebenen Problembereichen als Raumgrenze identifizieren.

Obwohl die RAS-N (1988) inzwischen durch die weiterentwickelte RIN 2008 abgelöst wurde, finden sich in ihr durchaus verwendbare Unterscheidungskriterien für die hier vorliegende Problemstellung.

Unten stehende Abbildungen zeigen die unterschiedlichen Funktionsbereiche der festgelegten Straßentypen.

Da in dieser Simulationsebene die Informationsausbreitung in einer Netzwerkstruktur behandelt wird, lässt sich an Hand dieses Regelwerks annähernd ableiten, welche Straßen die Übertragung von Informationen zumindest behindern. Faktoren wie sehr hohe Verkehrsfrequenz, hohe Fahrgeschwindigkeit oder nicht vorhandene Aufenthaltsfunktion lassen den Schluss zu, dass es sich bei den Wegstrukturen eher um infrastrukturelle Barrieren, als um nachbarschaftliche Verbindungsräume handelt.

4.7.3 Messgrößen des Nachbarschaftsgraphen

Als nächste beeinflussende Größe wird die *Leitfähigkeit* zur Informationsausbreitung für die Struktur der unteren Modellebene eingeführt. In Bezugnahme auf den von Hägerstrand formulierten Nachbarschaftseffekt, kann dem Modell folgende Annahme zugrunde gelegt werden: Geht man davon aus, dass an einem Standortknoten eine Information zu irgendeinem Zeitpunkt t_i entsteht oder vollständig vorhanden ist, wird diese über die am Standortknoten vorhandenen Nachbarschaftskanten weitergegeben. Mit zunehmender topologischer Entfernung, im Folgenden auch *Pfaddistanz* genannt, ist nach den Theorien Hägerstrands [1968] von einer Abnahme der Wahrscheinlichkeit auszugehen, dass die Informationen in gleicher Intensität weiter gegeben werden. Hägerstrand [1968] weist in diesem Zusammenhang auf die Aspekte der *Übertragungswege* und *Kontaktwahrscheinlichkeit* hin.

Für die untere Modellebene wird dieser Ansatz aufgegriffen und durch eine *Abnahme der Intensität* während des Expansionsprozesses entlang vorhandener Netzwerkpfade ausgedrückt. Der Grad der Abnahme an Intensität wird hierbei den unterschiedlichen Nachbarschaftsbeziehungen zugeschrieben. Mit anderen Worten: unterschiedliche Nachbarschaftskategorien besitzen innerhalb des Modells unterschiedliche *Leitfähigkeit*. Reziprok zur *Leitfähigkeit* lässt sich der Wert abgenommener Expansionswahrscheinlichkeit auch als *Dämpfung* ausdrücken. Dieser Terminus ermöglicht eine inhaltliche Verknüpfung zu dem in Abschnitt 3.7 bereits erwähnten Forschungsansatz von Franck und Wegener [2002]. Der Dämpfungsbegriff wird dort zwar wesentlich abstrakter und allgemeiner aufgefasst bzw. auf großmaßstäbliche Veränderungsprozesse bezogen, jedoch liefert er für dieses Modell wichtige verwendbare Anhaltspunkte, die eine prozessuale Perspektive auch für einen kleineren Maßstab rechtfertigen. Ähnliche Konzeptansätze zur Dämpfung expandierender Informationen bei zunehmender Entfernung sind auch den Arbeiten Friedmans [1978] zu entnehmen.

Innerhalb der Modellstruktur wird die *maximale Leitfähigkeit* zwischen zwei nachbarschaftlich verbundenen Standorten mit einem Wert von 100% angesetzt. Dieser Maximalwert besteht im Grunde nur in der Beziehung eines Knotens mit sich selbst, da jeder nächste Nachbar bereits in einer topologischen Entfernung von ≥ 1 liegt. Entsprechend existiert der *minimale Dämpfungswert* von 0% auch nur als ideelle Größe.

Die vorliegende Simulation definiert die *minimale Leitfähigkeit* mit 0% (entsprechend *maximale Dämpfung 100%*), da davon ausgegangen wird, dass Informationen je Prozessphase nur *einmal* weitergegeben werden und nicht weniger als *nicht weitergegeben* werden können. Etwaige *Verstärkungseffekte*, die durch *negative Dämpfungswerte* ausgedrückt werden können, finden in diesem Modell keine Berücksichtigung, sind aber prinzipiell vorstellbar.

Die unterschiedlichen Dämpfungseigenschaften verschiedener nachbarschaftlicher Beziehungen werden durch unterschiedliche *numerische Wichtung* der Kanten abgebildet. Die topologischen Eigenschaften einer gewichteten Knoten-Kanten-Darstellung ermöglichen eine einfache und digital verwertbare Abstraktion der stadtmorphologischen Realebene.

Da jeder Knoten der unteren Modellebene ein passendes Pendant auf der oberen Simulationsebene aufweist, können auch die unteren Knoten den 5 bereits bekannten Nutzungstypen zugeordnet werden. Analog zur oberen Ebene lassen sich alle theoretisch möglichen nachbarschaftlichen Verknüpfungen in einer Matrix abbilden. Es liegt jedoch auf der Hand, dass prinzipiell jeder Nutzungstyp mit jedem anderen und zu sich selbst innerhalb der städtischen Raumstruktur eine räumliche Nachbarschaft aufweisen kann.

Viel entscheidender ist daher, welche dämpfende Eigenschaft dem *Übergang* von einem Nutzungstyp zum jeweils anderen zugewiesen werden kann. Diese Arbeit kann keine umfassende empirische Auswertung der Intensität möglicher Informationsexpansionen durch jeweils unterschiedliche Nachbarschaftskonstellationen leisten, aber in erster Näherung wird das Dämpfungsspektrum zwischen 0% und 100% in *fünf* gleichmäßige Abschnitte eingeteilt und der Kombinationsmatrix zugeordnet. An dieser Stelle ist auch darauf hinzuweisen, dass es sich bei der graphentheoretischen Struktur beider Modellebenen um *ungerichtete* Kanten handelt, und daher mögliche Differenzen durch eine *umgekehrte Ausbreitungsrichtung* zwischen zwei Standorttypen nicht berücksichtigt werden.

4. Konzeption der Modellstruktur

Die nachfolgende Darstellung verdeutlicht die im Modell angenommenen Dämpfungswerte in Abhängigkeit möglicher Nachbarschaften.:

	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
(A)	25%	50%	75%	50%	25%
(B)	50%	25%	75%	25%	75%
(C)	75%	75%	25%	25%	25%
(D)	50%	25%	25%	25%	75%
(E)	25%	75%	25%	75%	25%

A := öffentliche Einrichtungen, Universitäten, Parks, etc.
B := Wohnnutzung, Kindergärten, etc.
C := Büronutzung, Betriebe, Gewerbe, etc.
D := Einzelhandel, etc.
E := Pionier- und Zwischennutzungen

Abb. 60: Kombinationsmatrix der Dämpfungswerte mit prozentualer Kantenwichtung [eigene Darstellung]
Eine Dämpfung von 100% bedeutet, dass keine Information mehr weitergegeben werden kann.
Die hier angegebenen Prozentzahlen verstehen sich als grobe, nicht-empirische Schätzwerte.
Darüber hinaus handelt es sich in dieser Modellstruktur um ungerichtete Informationsexpansionen.

Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass die Übertragungsintensität der Information durch die zusätzliche Einflussgröße des nachbarschaftlichen Beziehungstyps mitbestimmt wird. In diesem Modell wird davon ausgegangen, dass Informationen leichter über den öffentlichen Raum, als über rückseitige Nachbarschaftsgrenzen transportiert werden.

Als erklärendes Gedankenspiel kann man sich die Errichtung eines Wohnhausanbaus *ohne Baugenehmigung*, im einen Fall auf der straßenzugewandten Hausvorderseite und im anderen Fall im rückwärtigen Grundstücksbereich vor Augen führen. Vermutlich würde die fehlende rechtliche Erlaubnis eher auf der zugangsorientierten Seite der Nachbarschaft bemerkt und bemängelt werden.

Die vier unterschiedenen Nachbarschaftstypologien werden durch folgende selbstgewählte Abschläge der Dämpfungswerte in die Kantengewichtung einbezogen:

- *zugangsorientierte Nachbarschaft* -> *keine Abschläge*
(Die Informationen werden unmittelbar weitergegeben)
- *gegenüberliegende Nachbarschaft* -> *Abschlag von -10 %*
(Die Veränderung betrifft nicht unmittelbar die gleiche Straßen- und Zugangsseite, befindet sich aber in unmittelbarem und gemeinschaftlich genutzten Erschließungsbereich)

- *rückseitige Nachbarschaft* -> *Abschlag von -30 %*
(Veränderungen werden bemerkt, stellen aber in der Nutzung und Zugänglichkeit keine wesentlichen Einschränkung dar.)
- *kreuzungsbedingte Nachbarschaft* -> *Abschlag von -20%*
(Die Weitergabe von Informationen betrifft eine höhere Anzahl von Nachbarn und entspricht durch die Kreuzung der öffentlichen Erschließungswege mindestens einer doppelten gegenüberliegenden Nachbarschaft.)

Somit liegen alle notwendigen Kriterien zur Erstellung der unteren Modellebene vor.

4.7.4 Pfadsuche und Informationsexpansion

Das hier gezeigte Simulationsmodell bezieht sich auf keinen bestimmten Ort und ist daher in den gezeigten Graphenstrukturen, Nachbarschaftsbeziehung und Kantengewichten frei angenommen.

Die nachfolgend beschriebene Simulationsprozedur wählt die Kantengewichte zufällig aus einer vorgegebenen Werteliste aus und ordnet sie den Kanten einer selbst erzeugten Graphenstruktur zu. Lediglich die Anzahl der Knoten ist über die obere Modellebene vorgegeben. Damit ist im Grunde die Initialisierung vor Simulationsablauf abgeschlossen. Zur Simulation der Ausbreitung einer Information durch das Netzwerk müssen grundsätzlich zwei Rahmenbedingungen bekannt sein:

- 1.) Ein Startknoten n_0 von dem die Information als Quelle ausgeht
- 2.) Ein oder mehrere Pfade, die den Weg der Information durch das Netzwerk beschreiben

Als Startknoten n_0 kann zunächst jeder vorhandene Knoten frei gewählt werden. Bei der zweiten Bedingung ist darauf zu achten, dass innerhalb einer Netzwerkstruktur Knoten auch über andere Knoten miteinander mehrfach verbunden sein können. Einfacher gesagt, es existieren in der Regel mehrere Wege zwischen zwei beliebigen Knoten eines Netzwerks.

Da aber in diesem Modell der Inhalt einer Information nur *einmal* weitergegeben kann und danach keine Relevanz mehr besitzt, ist der *kürzeste Weg* durch das Netzwerk von Interesse.

Die Suche nach kürzesten Wegen gehört zu den klassischen Themen der Graphentheorie und Routenplanung. Je nach Netzwerkgröße, Rahmenbedingung und Aufgabenstellung existieren in der Mathematik verschiedene optimale Lösungsalgorithmen, wie zum Beispiel *A*-Algorithmus*, *Floyd-Warshall-Algorithmus* und andere, auf deren Unterschiede hier im einzelnen nicht eingegangen wird.

Dieses Simulationsmodell verwendet im Programmcode zur Pfadsuche den *Dijkstra-Algorithmus* [Dijkstra, E.W. 1960]. Die Funktionsweise des Algorithmus lässt sich beschreiben, indem die Verknüpfung zweier Knoten- und Wichtigkeitslisten in einem Schleifenprozess durch Abgleich einen kürzesten Weg im Graphen findet, ohne Heuristiken anzuwenden.

Knoten, die innerhalb des Graphen vom gewählten Startpunkt n_0 aus nicht erreichbar sind, erhalten den Wert *unendlich* und liegen damit für einen kürzesten Pfad außerhalb des Relevanzbereichs.

Im weiteren Verlauf der Simulationsprozedur wird die Eigenschaft des *Dijkstra-Algorithmus*, die Kantengewichte mit zunehmender topologischer Entfernung auf die nächst-erreichbaren Knoten aufzuaddieren, genutzt.

An dieser Stelle bieten sich für die Simulation der unteren Modellebene zwei Auswertungsmöglichkeiten:

- 1.) Die Berechnung der minimalen Erreichbarkeit aller Knoten untereinander, auch als *Zentralität* eines Knotens bezeichnet.

Hierbei wird das Kantengewicht auf 1 gesetzt und die Schleife für jeden Knoten durchlaufen. Die resultierende Pfaddistanz lässt sich als *Adjazenzmatrix* auftragen und der *Zentralitätsindex* für jeden Knoten ableiten.

- 2.) Die aus der Standortmatrix stammenden korrigierten Dämpfungswerte werden, wie bereits erläutert, als Kantengewicht eingetragen und liegen entsprechend dem Algorithmusablauf an den Knoten als stetige Summe der Pfaddistanzen vor.

Betrachtet man bei letzterer Auswertungsmöglichkeit den Übergang der *Dämpfungssummen* vom zweistelligen in den dreistelligen Bereich, lässt sich daraus ablesen bis zu welchem Knoten eine Information im Netzwerk sich maximal ausbreiten kann.

Gemäß der obigen Definition, dass bei einem *Dämpfungswert* von 100% keine Information mehr weitergegeben wird, und hiernach auch nicht mehr existent sein kann, liegt ein Knoten mit der Pfadsumme von 101 bereits außerhalb des Expansionsraums.

Somit kann für jeden beliebigen Knoten im Graphen der *maximale Expansionsraum* einer Information in Relation der nachbarschaftlichen Beziehungen ermittelt werden und weiterhin der relative Wert der Informationsintensität für alle im Expansionsraum liegenden Standortknoten abgeleitet werden.

Anders gesagt:

Für jeden Knoten kann ermittelt werden, in wie weit er von einer sich im Netzwerk ausbreitenden Information betroffen ist.

Das nachfolgende Diagramm erläutert eingehender die Simulationsstruktur der unteren Modellebene in ihrem prozessualen Ablauf.

4. Konzeption der Modellstruktur

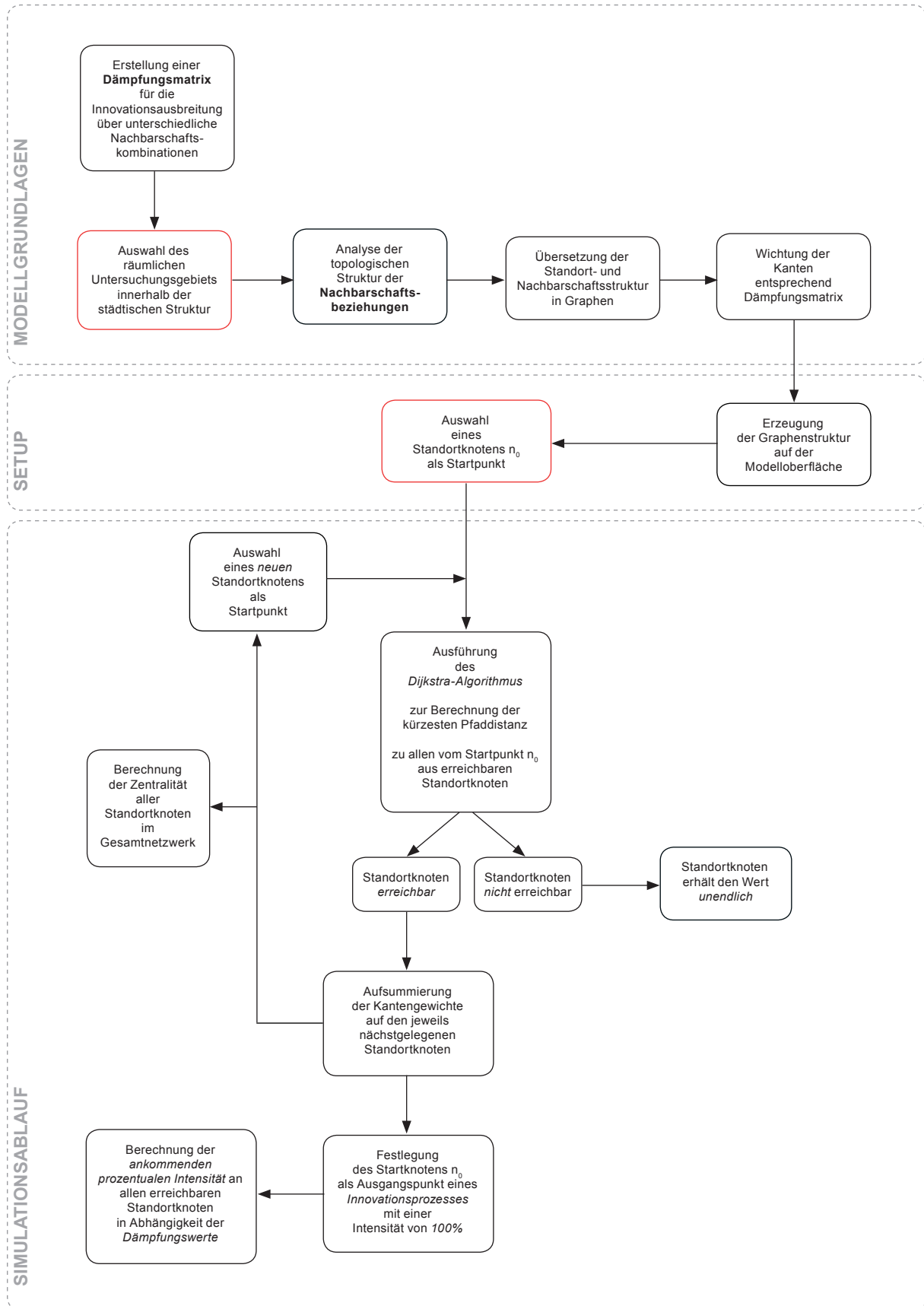


Abb. 61: Ablaufschema der unteren Modellebene [eigene Darstellung]

Im Folgenden wird die zufällige Erzeugung von Stadtstrukturen und die topologische Ausbreitungsdistanz einer Information unter Berücksichtigung der drei folgenden Kriterien eingehender betrachtet:

- 1.) Größe der relativen Netzwerkdichte
- 2.) Homogenität der Nachbarschaftsbeziehungen
- 3.) Homogenität der Standortnutzungen

Die untere Modellebene stellt im Simulationsablauf zunächst keinen rückgekoppelten Prozess dar. Alle eingegebenen Parameter beeinflussen unmittelbar das Resultat ohne in eigendynamische Interaktion mit den übrigen Modellagenten zu treten.

Im Gegensatz zur oberen Modellebene sind die Kanten des Nachbarschaftsgraphen permanent vorhanden und ihre Anzahl wird im Verlauf des Simulationsprozesses auch nicht größer. Demnach ist der Messeinheit *Netzwerkdichte* an dieser Stelle größere Bedeutung zuzuschreiben. Die Dichte eines Graphen, bestimmt durch das Verhältnis vorhandener Verknüpfung zur Maximalanzahl möglicher Verknüpfungen, drückt demnach aus, wie gut die Knoten untereinander verbunden sind. Demnach ist es evident, dass bei zunehmender Netzwerkdichte, auch die Zahl nicht erreichbarer Knoten abnimmt. Was wiederum gleichbedeutend mit der Schlussfolgerung ist, dass die Anzahl möglicher Wege zur Informationsausbreitung im gleichen Maße zunimmt.

Quantitativ betrachtet bestehen hier für unterschiedlich dichte Stadtstrukturen einfache kausale Zusammenhänge.

Wendet man sich den beiden eher qualitativ orientierten Kriterien Homogenität von Nachbarschaftsbeziehungen und Standortnutzungen zu, so ist auf eine inhaltliche Simulationsannahme besonders hinzuweisen.

Das hier besprochene graphentheoretische Modell der Nachbarschaftsnetzwerke dient als räumliche Struktur zur Verteilung von Informationen.

Die Eigenschaft von Informationen ist, dass sie zwar nur *einmal* an jeden Kontaktpartner übermittelt werden können und mit zunehmender Pfaddistanz inhaltlich an Intensität verlieren, aber ansonsten *keine endliche Menge* oder begrenzte Stückzahl aufweisen. Einfacher gesagt, das Modell macht keine Differenzierung ob Informationen an *nur einen* Pfadnachbarn oder *an mehrere* gleichzeitig weitergegeben wird.

4. Konzeption der Modellstruktur

Jeder Nachbarknoten erhält die komplette Information gleicher Ausgangsintensität. Dies unterscheidet diese Simulation von verwandten Arbeiten, die mit ähnlichem Strukturaufbau Geld- bzw. Kaufkraftströme, Ressourcenverteilungen oder ökonomische Absatzmärkte untersuchen.

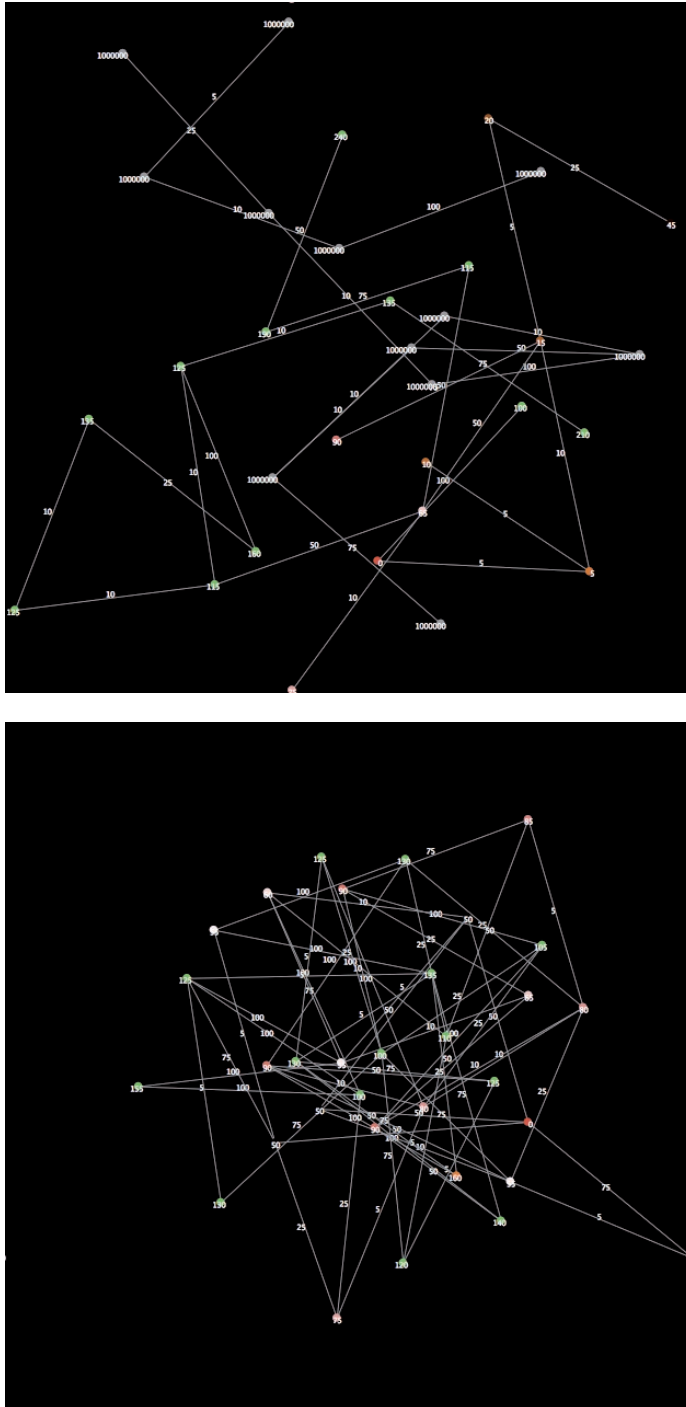


Abb. 62&63: Darstellungen der Nachbarschaftsgraphen auf der unteren Modellebene in unterschiedlichen Netzwerkdichten [eigene NetLogo generierte Darstellung]
Der rote mit der Ziffer 0 markierte Knoten bildet den Ausgangspunkt der Information. Von ihm aus werden alle kürzesten Wege gefunden und die Pfadknoten entsprechend ihres Dämpfungsgewichts angegeben.
Die Intensität der ankommende Information wird in steigender Helligkeit des Ausgangsrots von Knoten 0 dargestellt.
Die Knoten mit der Bezifferung 10000000 gelten vom Startpunkt 0 aus als nicht erreichbar.

Die numerische Übersetzung der Nachbarschaftskombinationen in Kantengewichte begründet in Folge auch einen kausalen Zusammenhang zur Ausbreitungsentfernung. Standortkonstellationen mit einem geringen Dämpfungswert ermöglichen der Information, größere Pfaddistanzen zu überwinden und folglich mehrere Standorte zu erreichen. Gleiches gilt für die Ausbreitungswege der Information in Abhängigkeit zu verschiedenen Nachbarschaftstypen.

Informationsströme über rückseitige Grundstücksgrenzen werden durch einen höheren Abzugswert eher eingeschränkt als bei unmittelbar nebeneinander liegenden Erschließungsnachbarn.

Die Kausalität zwischen den genannten Modellvariablen bietet weiterhin noch interessante Möglichkeiten der graphentheoretischen Auswertung räumlicher Standortstrukturen. Neben der bereits erwähnten Berechnung der Netzwerkdichte und Pfaddistanzen können auch die *Zentralitätsindizes* jedes Knotens in Abhängigkeit der nachbarschaftlichen Verbindungstypen betrachtet werden.

Beispielsweise lassen sich somit Teilgraphen darstellen, die ausschließlich Verbindungswege über rückseitige Grundstücksgrenzen aufweisen. Somit kann der Prozess einer Informationsausbreitungen unter spezifischen Kriterien ausgeführt und analysiert werden. Gleiches gilt für die Reduktion des Netzwerks bis auf Kanten eines spezifischen Gewichts, als Darstellung eines Teilgraphen mit z.B. maximaler Dämpfung.

Darüberhinaus lassen sich natürlich auch in diesen Netzwerkgraphen der unteren Modellebene die gleichen graphentheoretischen Muster und Typologien auswerten, die bereits im Zusammenhang mit der oberen Ebene angesprochen wurden.

4.7.5 Ergänzungen zur unteren Modellebene

Abschließend soll für die untere Simulationsebene noch eine programmtechnische Ergänzung vorgestellt werden.

Abweichend von der bisherigen Betrachtung werden im nachfolgenden Abschnitt keine simulationsrelevanten Ergebnisse ausgewertet. Aber für möglicherweise nachfolgende und ergänzende Forschungsarbeiten, in denen die hier geschilderten Analysemethoden städtischer Strukturen an einem konkreten städtischen Beispiel angewendet werden sollen, beinhaltet dieser Exkurs Informationen für einen späteren empirischen Modellaufbau.

Wie im Abschnitt 4.5 bereits angesprochen wurde, bietet NetLogo die Möglichkeit, GIS-Daten in die Modellstruktur zu integrieren. Dabei gibt es drei Möglichkeiten externe Daten in die Simulationsumgebung einzuladen.

- 1.) *zeichenbasierte* Datenformate, die Informationen als Ziffern oder Buchstaben in Listen beinhalten
(Gängige Dateiformate sind z.B. *.csv-Dateien* oder Informationen im ASCII-Format)
- 2.) *rasterbildbasierte* Daten, die beispielsweise Geländestrukturen als unterschiedliche Farbabstufungen differenzieren.
(anzuwendende Dateiformate sind z.B. BMP, GIF, PNG oder JPEG)
- 3.) *vektorbasierte* Daten, als Punkt, Linie, Polygon oder grid-File

Die Integration stadtraumbezogener GIS-Daten bietet sich in der Regel als Rasterbild oder Vektorgrafik an. In beiden Fällen verwendet NetLogo die Datenkonventionen des *Environmental Systems Research Institutes* (ESRI), Softwarehersteller von Geoinformationsdaten. Die für eine Anwendung in Frage kommenden Datenformate lauten shape (*.shp*) oder *ascii grid* (*asc.* bzw. *.grd*).

ESRI-Shape-Dateien bestehen grundsätzlich aus mindestens drei Einzeldatensätzen, *shp*, *dbf*, und *shx*.

Bei der Integration der Daten in NetLogo ist zu beachten, dass zunächst eine Abstimmung der beiden unterschiedlichen Koordinatensysteme zu erfolgen hat.

Dies geschieht durch das 2-dimensionale Abtasten der Datei nach den minimalen und maximalen Punktwerten für die x- und die y-Achse.

Diese Werte werden der zweidimensionalen Oberfläche der Simulationsumgebung zugeordnet und alle dazwischen liegenden Punkte relationsgleich abgebildet.

Soll also die Simulationsebene in einem definierten Maßstab abgebildet werden, so dass während des Simulationsablaufs gespeicherte Bildabzüge exakt maßstäblich ausgegeben werden können, ist vorher eine Größenabschätzung der beiden *envelope-Parameter* aus GIS- und NetLogo-Oberfläche durchzuführen.

Aber selbst bei nicht-maßstäblicher Darstellung der GIS-Daten in NetLogo können die Simulationsergebnisse z.B. im ASCII-Format wieder ausgegeben werden und durch Skalierung in maßstabsgebundene Vektordaten, z.B. CAD-Dateien korrekt eingefügt werden.

Das dargestellte Beispiel (Code Example *axdCE_Grav_GIS.nlogo*) zeigt die Integration eines Ausschnitts der Bebauungsstruktur der Kölner Südstadt in eine beispielhafte Simulationsoberfläche. Mit Hilfe der Prozeduren *place* und *line* können entsprechend der obigen Erläuterungen eine beliebige Anzahl von Knoten erstellt, auf der GIS-integrierten Modelloberfläche verschoben, platziert und miteinander verknüpft werden.

Somit entsteht ein Graph aus tatsächlich vorhandenen Standortknoten und Kanten als Verknüpfungen mit realen Distanzverhältnissen.

Die Erzeugung einer Modellstruktur mit echten Entfernungsrelationen ist zwar im hier behandelten Simulationsprogramm für die obere, ökonomische Modellebene von größerer Bedeutung (siehe *Interaktionsradien*), aber auch die GIS-basierte Modellierung der unteren Ebene führt zu keinerlei Beeinträchtigung des Simulationsergebnisses.

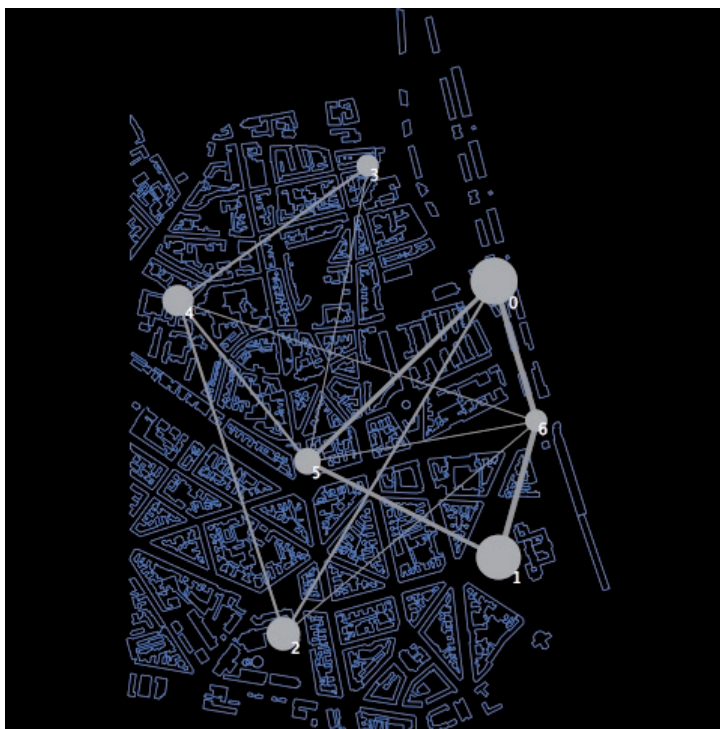


Abb. 64: GIS-Integration in die Simulationsoberfläche an Hand einer ESRI-Shape-Datei [eigene NetLogo generierte Darstellung]

Neben dem hier nur schematisch angedeuteten Anwendungsbereich der Visualisierung von Stromgrößen unterschiedlicher Standorte sind die tatsächlichen Einsatzgebiete von georeferenzierten Daten wesentlich umfangreicher.

Es werden zunehmend mehr und detailliertere räumliche Informationen kostenpflichtig oder zur freien Verfügung bereitgestellt. Mithilfe von standardisierten OGC-Diensten können Daten weitergegeben werden, ohne dass die Quelle kopiert werden muss [vgl. Mitchell, 2008]. Für eine Implementierung in NetLogo würden sich sowohl *Feature Services*, als Zugriff auf objektbasierte Vektordaten, als auch *Map Services* zur Erzeugung von Pixelgraphiken eignen. Neben der Schnittstelle zu NetLogo wäre hier auch die Einbettung der Simulationsdatei in eine Geodateninfrastruktur (GDI) denkbar. Greve [2002] beschreibt diese als dynamische „Bündelung von Geoinformationsressourcen, in der Anbieter von Geodatendiensten mit Nachfragern solcher Dienste kooperieren“ [vgl. Greve, Soll-Konzept GDI-Berlin, 2005]. Neben dem Austausch aktueller Rauminformationen könnten auf diesem Wege auch planungsmethodische Instrumente der Stadtentwicklung, wie zum Beispiel Werkstattverfahren oder Bürgerbeteiligungen orts- und tageszeitunabhängig aktiviert werden.

4.7.6 Zwischenergebnis zur unteren Modellebene

Zusammenfassend lässt sich für die untere Simulationsebene sagen:

Die Modellierung städtischer Räume über Nachbarschaftsbeziehungen ermöglicht es, wichtige inhaltliche Unterschiede zwischen privatem und öffentlichem Raum, Veränderungen der Nutzungsstruktur und Lage der Grundstückspartellen zueinander in äußerst abstrahierter Form abzubilden.

Die Wichtung der Kanten eröffnet darüberhinaus qualitative Unterschiede zwischen den diversen Nachbarschaften..

Veränderungen der Graphenstruktur oder der Wichtungsmatrix vor Simulationsbeginn führen unmittelbar zu kausalen Veränderungen im Output, was in der Untersuchung der Stadtstruktur nach netzwerkanalytischen Typologien zu eindeutigen zeitunabhängigen Ergebnissen führt.

Die Auswertung der Reichweite von expandierenden Informationen liefert ein gutes Werkzeug zur Abschätzung räumlicher Auswirkungen von lokalen Innovationen oder Planungsentscheidungen. Da die topologische Übersetzung der Stadtstruktur in diesem Modell für jede Stadt und jeden betrachteten Stadtteil grundsätzlich zu einem anderen Graphen führt, lässt sich schlussfolgern, dass gleiche Innovationsprozesse in jeder Stadt und jedem Stadtteil zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Gleichzeitig liefern diese Annahmen gute Ansätze für zukünftige Forschungsarbeiten, in denen angenommene Dämpfungswerte und Abschlüsse an tatsächlichen Informationsausbreitungsprozessen oder z.B. *Bodenrichtwertentwicklungen empirisch* überprüft werden.

4.8 Zusammenführung der oberen und unteren Modellebene

Aus den bisherigen Ausführungen wird deutlich, dass sich Veränderungen der Stadt- und Nutzungsstruktur sowohl auf die Interaktion zwischen ihren Einzelstandorten auswirken, als auch in ihrer Intensität und Ausprägung lokal verschieden sein können. Die beobachteten Resultate bleiben aber trotz ihres zum Teil dynamischen Charakters und diffusen Prozessablaufs von einander unabhängige Komponenten. Aus der Erläuterungen der Konzepte von Granovetter [1990] oder Burt [1992] wurde deutlich, dass Interaktionen in gesellschaftlichen, wie ökonomischen oder städtischen Prozessen nicht unbeeinflusst und losgelöst vom Gesamtnetz ablaufen. Die subjektive Wahrnehmung alltäglicher Veränderungen bestätigt, dass sich z.B. die Umnutzung eines Grundstücks oder der Verfall einer Nutzung nicht nur auf die betreffende Parzelle, sondern auch auf seine Nachbarn und deren Interaktionen auswirkt.

In Folge der bislang gewonnenen Ergebnisse lässt sich vielmehr annehmen, dass über raumstrukturelle Verknüpfungen erhaltene Informationen wieder neue oder veränderte Interaktionen auslösen können.

Anders gesagt: es kann davon ausgegangen werden, dass sich die beiden vorgestellten Modellebenen in einem gemeinsamen Prozessablauf gegenseitig beeinflussen. Insbesondere das Resultat, dass gleiche Interaktionsprozesse in jeder Stadt und jedem Stadtteil zu unterschiedlichen Ergebnissen führen, legt die Vermutung nahe, dass Orte, die mehrfach in immobilienökonomische Innovationsprozesse eingebunden sind einen besonderen Einfluss auf das Verhalten des Gesamtsystems besitzen.

Um diese weitere Dimension entsprechend der vorgestellten Analysemethoden auswerten zu können, müssen die obere und untere Modellebene im Gesamtmodell miteinander in Beziehung gesetzt werden. Es gilt demnach das Interaktionsverhalten des immobilienökonomischen Akteursnetzwerk in die graphentheoretische Übersetzung der räumlich-morphologischen Stadtstruktur *einzubetten*.

Das inhaltlich verbindende Element zwischen beiden Simulationsebenen besteht hierbei aus den Standortknoten selbst. Sie liegen als identische Komponenten in der Initialphase zu Beginn der Simulation in gleicher Anzahl vor. Jedem Standortknoten auf der ökonomischen Interaktionsebene wird folglich durch eine vertikale Kante sein Pendant auf der Nachbarschaftsebene zugeordnet.

Ihre Attribute, wie *Lebenszeit*, *value* oder absolute Lage auf der Simulationsoberfläche sind zwar nicht auf beiden Ebenen gleichermaßen erforderlich, dennoch ist es möglich sie zueinander in Beziehung zu setzen.

Hierfür wird die bislang rein 2-dimensionale Darstellungsart verlassen und das Gesamtmodell als 3-dimensionaler Simulationsaufbau in NetLogo 3D (Version 4.1) konzipiert. Zur uneingeschränkten Funktionsweise der x- und y-Achsen können nun Inhalte und Ergebnisse zusätzlich entlang der z-Achse visualisiert werden. Die logische Verbindung der beiden Ebenen erfolgt dabei wieder durch *links*. Die Darstellungsart entspricht damit im Grunde einem 3-dimensionalen Graphen aus zwei Lagen Standortknoten mit Kantenverbindungen in allen 3 Raumachsen. Die tatsächliche Darstellung der beide Modellebenen verbindenden Kanten als hellgraue Linien ist während des Simulationsablaufs nicht unbedingt erforderlich, solange die logische Verknüpfung gegeben ist. Aus diesem Grund werden diese Kanten in Folge als *ghostlinks* bezeichnet, die auf dem Modellinterface an- bzw. ausgeschaltet werden können. Die nachfolgende Abbildung zeigt den räumlichen Modellaufbau zum Ausgangszeitpunkt vor Simulationsbeginn inkl. *ghostlinks*:

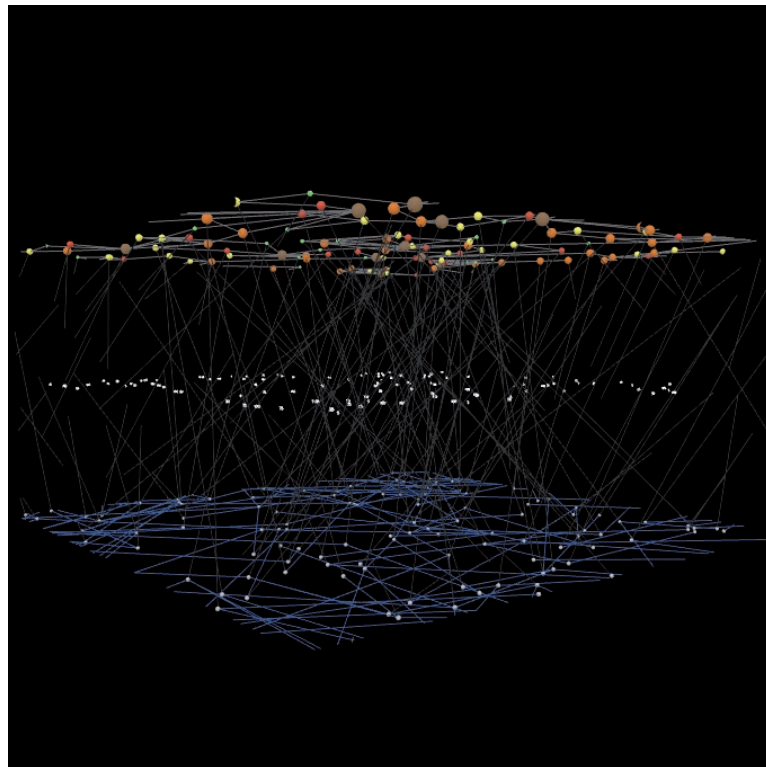


Abb. 65: Die 3-dimensionale Modellstruktur der Simulation zum Initialzeitpunkt [eigene NetLogo generierte Darstellung]
Die beiden bekannten Ebenen werden durch *ghostlinks* zwischen den Standortknotenpaaren miteinander verknüpft.

Neben der programmiertechnischen Anbindung der unteren an die obere Ebene durch besagte *ghostlinks*, stellt sich die Frage, welche inhaltlichen Informationen über diesen Weg transportiert werden sollen. Aus der Beobachtung der ökonomischen Interaktionsprozesse ist bekannt, dass sich die prozessuale Veränderung

der Interaktionsfähigkeit jedes Standortknotens auf dessen *Lebenszeit* und *value* auswirkt. Die größten Veränderungen im Interaktionsnetzwerk ließen sich immer dann beobachten, wenn ein Standortknoten nach Ablauf seiner Lebenszeit sich entweder erneuern durfte oder sterben musste. Basierend auf diesem Aspekt wird im hier beschriebenen Modell genau diese Information zwischen der oberen und der unteren Ebene über *ghostlinks* vermittelt.

Mit anderen Worten: Jeder Standortknoten, der sich auf Grund seiner Interaktionsattraktivität nach Ablauf seiner Lebenszeit erneuert, löst auf der unteren Ebene eine Expansion eben dieser Information an seine Nachbarn aus.

Darüberhinaus ist aber davon auszugehen, dass die verbundenen Nachbarknoten nicht nur diese Information erhalten, sondern auch zur eigenen Interaktionsfähigkeit einsetzen. Als Beispiel kann man sich eine Gaststätte in der Nähe eines frisch eröffneten Museums oder ein Einzelhandelsgeschäft neben einem neu errichteten Wohnblock vorstellen. Ebenso lassen sich auch Synergieeffekte des Einzelhandels durch steigende Kundenfrequenz eines Geschäfts und davon profitierende Nachbargeschäfte als Beispiel anführen. Demnach muss die an den Nachbarknoten ankommende Information wieder auf die ökonomische Interaktionsebene zurückgegeben werden.

Dieser Prozess stellt innerhalb der Simulationsstruktur eine erneute Rückkopplungsschleife dar. Jeder Nachbarknoten profitiert vom Erhalt dieser Information gemäß seines nachbarschaftlichen Dämpfungsanteils und kann den erhaltenen Wert zu seinem momentanen *value* zum Zeitpunkt t_i aufaddieren.

Im Falle einer Standorterneuerung wird also innerhalb einer Zeiteinheit der Initialstandort selbst, als auch seine unmittelbaren Pfadnachbarn Neubewertet. Im darauffolgenden Zeitabschnitt stehen die neuen *values* wieder zur Interaktion im Gesamtnetzwerk zur Verfügung. Gleichermäßen verhält es sich mit Standortknoten, die im ökonomischen Interaktionsprozess ausfallen. Mit dem Tod eines Interaktionsknotens auf der oberen Ebene erlischt auch sein *ghostlink*. Der Standortknoten ist zwar auf der unteren Ebene noch existent, kann aber wegen der fehlenden Verknüpfung keine Information mehr auf die obere Ebene zurückleiten. Sein nachbarschaftlicher Dämpfungswert bleibt aber für weitere Expansionsprozesse erhalten. Dieser Status kann am ehesten mit einem *permanente Leerstand* einer Immobilie verglichen werden.

Um diese verschachtelte Rückkopplungsschleife des Simulationsmodells zu verdeutlichen, zeigt die nachfolgende Abbildung den Ablauf des Simulationsprozesses im verbundenen Zustand als Diagramm:

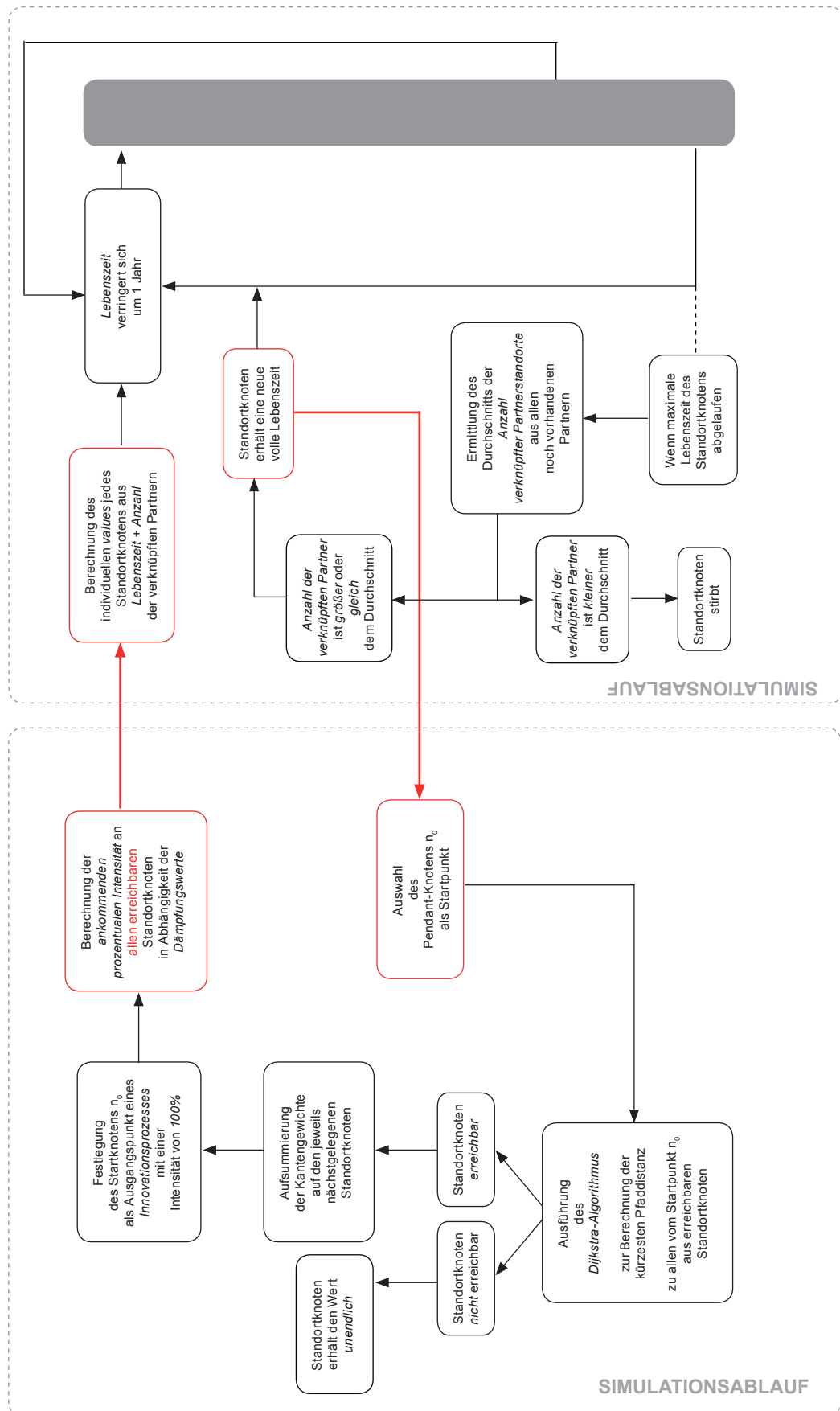


Abb. 66: Prozessdiagramm verbundener Zustand [eigene Darstellung]

4.9 Betrachtungen der qualitativen und quantitativen Ergebnisse im rückgekoppelten Gesamtmodell

Resultierend aus diesem Modellaufbau lässt sich ableiten, dass die neue Einbindung der nachbarschaftsräumlichen Komponente eine andere Verteilung der Innovationsprozesse bewirkt. Entsprechend ist zu überprüfen, in welcher Art sich die erhaltenen Ergebnisse aus Abschnitt 4.6 unter neuen Einflusskriterien unterscheiden. Prinzipiell könnten an dieser Stelle sämtliche Variablen der oberen Ebene in ihrer Kombination mit allen Variablen der unteren Ebene simuliert und ihre Ergebnisse gegenseitig verglichen werden, was aber auf Grund des nicht empirischen Modellansatzes unpraktikabel erscheint.

Die gleichzeitige positive Veränderung der *values*, ausgelöst durch einen Initialstandort, lässt eine gegenseitige *Stabilisierung* räumlich benachbarter Standorte vermuten. Andererseits kann diese Entwicklung auch zu einer vermehrten Konkurrenz unter möglichen Interaktionspartnern führen, was wiederum eine *Beschleunigung des Zerfallsprozesses* zur Folge hätte.

Von entscheidendem Interesse ist daher der Vergleich von Zerfallsraten im rückgekoppelten und nicht-rückgekoppelten Modellzustand.

Ausgangspunkt der vergleichenden Analyse bilden die aussagekräftigsten Ergebnisreihen aus Abschnitt 4.6. Zunächst werden nur Standortkonstellationen betrachtet, die eine zeitgleiche Startlebenszeit aufweisen (siehe Abschnitt 4.6).

Als Zeitintervall mit der stärksten Zerfallscharakteristik wurde $\Delta t = 10 \text{ ticks}$ identifiziert. Die nachfolgende Abbildung zeigt für das gleiche Zeitintervall die Zerfallsraten des rückgekoppelten Gesamtmodells.

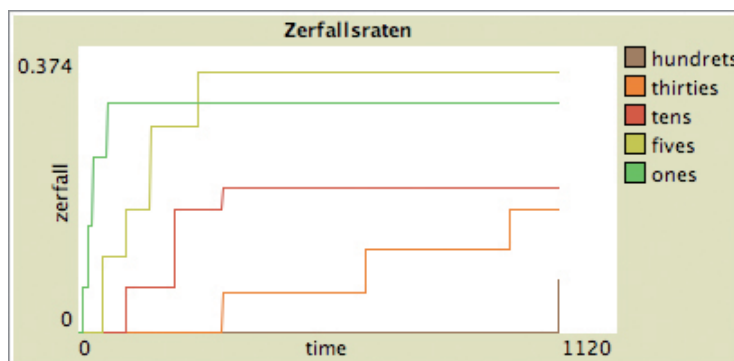


Abb. 67: Vergleich der Zerfallsraten beider Modellzustände mit gleicher Ausgangslebenszeit [eigene NetLogo generierte Darstellung]
Hier: Zerfallsraten bei einem Δt von 10 ticks im unverbundenen Modellzustand (nur obere Ebene)

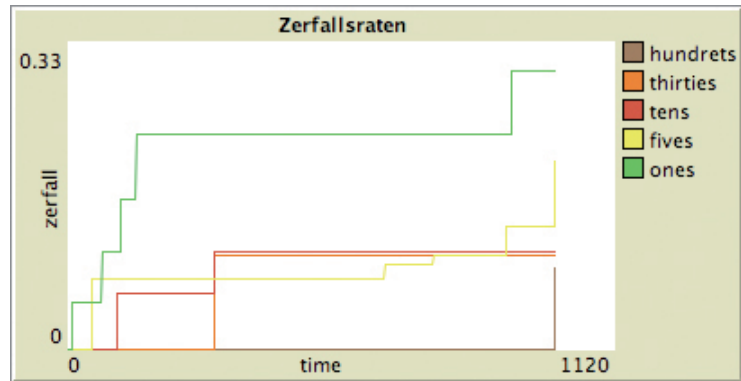


Abb. 68: Vergleich der Zerfallsraten beider Modellzustände mit gleicher Ausgangslebenszeit [eigene NetLogo generierte Darstellung]
Hier: Zerfallsraten bei einem Δt von 10 ticks im verbundenen Modellzustand (obere und untere Ebene)

Aus der bisherigen Betrachtung hat sich gezeigt, dass die Startlebenszeit der Standortknoten entscheidenden Einfluss auf den Verlauf des Zerfallsprozesses hat. Daher werden die Ergebnisse erneut unter diffussem Initialzustand betrachtet. Im Ergebnis zeigt sich eine wesentlich moderatere Verlaufsform der Zerfallsraten.

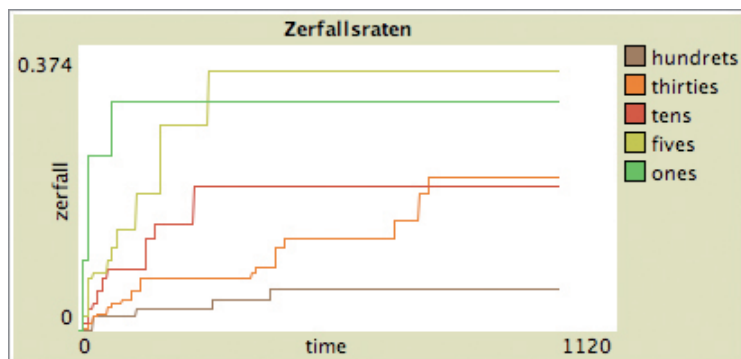


Abb. 69: Vergleich der Zerfallsraten beider Modellzustände mit diffuser Ausgangslebenszeit für die Laufzeit von 1000 ticks.
Hier: Zerfallsraten bei einem Δt von 10 ticks im unverbundenen Modellzustand (nur obere Ebene)
[eigene NetLogo generierte Darstellung]

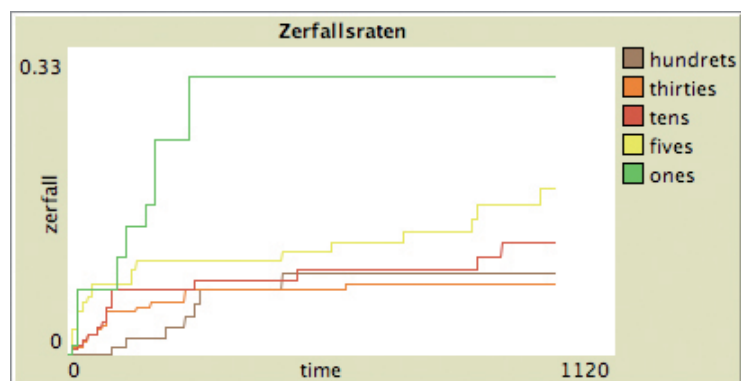


Abb. 70: Vergleich der Zerfallsraten beider Modellzustände mit diffuser Ausgangslebenszeit für die Laufzeit von 1000 ticks.
Hier: Zerfallsraten bei einem Δt von 10 ticks im verbundenen Modellzustand (obere und untere Ebene)
[eigene NetLogo generierte Darstellung]

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Resultate die Annahme bestätigen, dass ökonomische Prozesse erheblich durch die räumliche Umgebung in die sie eingebettet sind, beeinflusst werden. An den unterschiedlichen Zerfallsraten der beiden Modellstrukturen (nicht-rückgekoppelt und rückgekoppelt) lässt sich der Einfluss sowohl für gleiche, als auch für diffuse Ausgangslebenszeit ablesen. Um eine validere Aussage zu möglichen Zusammenhängen zwischen beiden Ergebnisreihen zu erhalten, sei hier erneut eine mögliche Kreuzkorrelation der beiden Reihen empfohlen. Um die gewonnen Ergebnisse auch in Bezug zur topologischen Nachbarschaftsstruktur einschätzen zu können, wird im Programmcode die folgende Prozedur implementiert: Jedes Mal wenn einem Standortknoten eine Information zuteil wird und in Folge sein Pendant auf der oberen Ebene einen *value*-Zuwachs verbuchen kann, wächst der Standortknoten auf der Nachbarschaftsebene um den Wert seines weitergeleiteten Informationsanteils an. Wird zum Beispiel ein Standortknoten besonders häufig angefragt oder findet er sich in einem häufig frequentierten Informationspfad wieder, wächst er in der Simulationsdarstellung entsprechend schneller als andere, weniger frequentierte Knoten. Dies ermöglicht über den gesamten Prozessverlauf Orte mit besonderer Aktivität im städtischen Gefüge genauer zu lokalisieren. Die nachfolgende Darstellung zeigt für obige Versuchsanordnung die Unterschiede der verschieden-frequentierten Standorte.

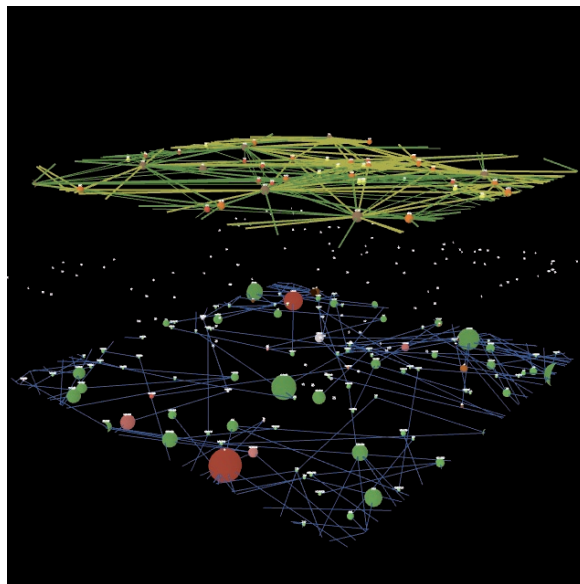


Abb. 71: Darstellung der Simulationsstruktur zu fortgeschrittenem Zeitpunkt (ca. 440 ticks) [eigene NetLogo generierte Darstellung]
Die untere Ebene weist deutlich besonders hoch entwickelte Standortknoten auf, die besonders häufig ihre Lebenszeit erneuern können oder entsprechend oft in einem Informationspfad eingebettet sind.

Somit kann der Einfluss der räumlichen Einbettung auf den Prozessablauf auf stadt-topologischer Ebene für jeden Standortknoten simuliert und abgeschätzt werden.

5. Zusammenfassung und Ausblick

5.1 Hintergrund und Theorie des Modellaufbaus

Diese Arbeit betrachtet das allgegenwärtige Phänomen „Stadt“ aus systemtheoretischer Perspektive. Der hierin verwendete Begriff „Stadt“ umfasst sämtliche personale, räumliche, soziale, ökonomische und prozessuale Komponenten einschließlich der Einbettung in ihren Beziehungskontext. *Stadt* ist demnach mehr als die Summe aller einzelnen Handlungen, Aktivitäten und Situationen. Jede Handlung unterliegt unmittelbar einer bewussten und unbewussten Reflektion durch die umgebenden Akteure. Sämtliche Aktivitäten, Entscheidungen und Verhaltensweisen sind untereinander permanent rückgekoppelt. *Stadt* wird demnach im Sinne der Systemtheorie als *komplexes System* definiert.

Es hat sich gezeigt, dass es eben diese Rückkopplungen sind, an denen sich die Qualitäten städtischer Prozesse und städtischer Wahrnehmungen abschätzen lassen. Insbesondere die Verknüpfung der klassischen (sozialen) Netzwerkanalyse mit der graphentheoretischen Darstellung eines räumlich-gebundenen Netzwerks wurde als geeigneter Untersuchungsaufbau zur Analyse städtischer und hier im speziellen immobilienökonomischer Interaktionsprozesse ausgemacht. Infolgedessen ist deutlich geworden, dass diese Interaktionsprozesse in geeigneter Weise anhand netzwerkanalytischer Methoden in ihrem zeitlichen Verlauf untersucht werden können.

Die für Modellaufbau und Analyse notwendige thematische Abgrenzung besteht in einer Modellierung städtischer Interaktionsprozesse auf Grundlage ungerichteter Angebots-Nachfrage-Beziehungen zwischen zufällig gewählten, Standort und Nutzung repräsentierenden Akteuren. In Erweiterung dieser rein ökonomischen Betrachtungsebene wurde das Modell zusätzlich mit einer topologischen Ebene räumlicher Nachbarschaftsbeziehungen gekoppelt.

Entgegen klassischen Wachstumssimulationen bzw. Standortsuch- und -wahlmodellen, wird in dieser Arbeit von einer *prinzipiellen Existenz* eines Standorts und der umgebenden Lagesituation ausgegangen. Die ausschließliche Untersuchung von *Zerfallsprozessen* ermöglicht *besonders stabile Standortbereiche* innerhalb der sich kontinuierlich zersetzenden Strukturumgebung zu identifizieren und zu lokalisieren.

Es hat sich gezeigt, dass sich der Einfluss einer räumlich eingebetteten Modellstruktur erheblich von einer singulären Betrachtungsweise ökonomischer Zusammenhänge unterscheidet. Hiermit wurde ein deutliches Argument für eine

integrierte prozessuale Betrachtungsweise städtischer Veränderungen gefunden. In Anbetracht der angesprochenen Auswirkungen immobilienökonomischer Entscheidungen auf den Verlauf städtischer Entwicklungsprozesse kann im Rahmen einer nachhaltigen Stadtentwicklung diese integrierte prozessuale Sichtweise auf *Stadt* wichtige relativierende Beiträge leisten. Eine Weiterbearbeitung dieses prototypischen Konzeptansatzes und eine empirische Überprüfung der hier exemplarisch gewonnenen Resultate erscheint daher sinnvoll.

5.2 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Im Verlauf der Arbeit hat sich deutlich gezeigt, dass Methoden der sozialen Netzwerkanalyse in der Regel auch auf eine simulative und prozessuale Untersuchungsform städtischer Veränderungen anzuwenden sind.

Die exemplarische Untersuchung nach *Cliquen* lieferte wichtige Ergebnisse über *synergetische Subgruppen* innerhalb des gesamten ökonomischen Netzwerks.

Diese Subgruppen stellen temporäre, auf sich selbst gegenseitig bezugnehmende Netzwerkakteure, im Sinne ökonomisch eingebundener Standortnutzungen dar. Die mitunter wichtigste Beobachtung besteht in der Tatsache, dass trotz eines kontinuierlichen Zerfallsprozesses einige Standorte *übrigbleiben*, indem sie sich auf unbestimmte Dauer *selbst versorgen*. Diese Standorte weisen einen weit höheren Grad an *Stabilität* und *Interaktionsaffinität* auf, als andere, teilweise unmittelbar benachbarte Knoten. Im Rahmen der eingangs formulierten Hypothese kann man hier von einer Art *Selbstorganisation* städtischer Nutzungsstrukturen sprechen. In wie weit die verbleibenden Knoten eine sogenannte *kritische Masse* der betrachteten Siedlungsstruktur darstellen, müsste in weiteren Simulationsabläufen untersucht werden.

Die Korrelation der temporären Cliquenanzahl mit der Zerfallsrate über eine Zeitperiode Δt hat gezeigt, dass die gegenseitige Interaktion innerhalb eines Subnetzwerks erheblichen Einfluss auf die Stabilität des Netzwerks hat und damit auch die Langlebigkeit des Standorts prägt.

Analog zu den Erkenntnissen der sozialen Netzwerkanalyse kann den Resultaten entnommen werden, dass Quartiere mit einer hohen Nachbarschaftsdichte (Anzahl der nachbarschaftlichen Verknüpfungen in Relation zur möglichen Ge-

samtzahl) Informationen und damit Innovationen besser transportieren können, unabhängig von der Zahl der Standorte.

Für die ökonomische Ebene hat das zur Folge, dass durch die bessere Informationsweiterleitung den Standorten im kontinuierlichen Zerfallsprozess eine höhere Chance zur Erneuerung ihrer wirtschaftlichen Lebenszeit gegeben wird.

5.3 Diskussion der Ergebnisse aus Perspektive der Stadtplanung

Orte nehmen eine unterschiedliche Priorität in Abhängigkeit ihrer Einbettung in (immobilienökonomische) Interaktionsprozesse ein. Das aussagekräftigste Resultat dieses Simulationsmodells besteht darin, in Abhängigkeit von fortlaufenden dynamischen Veränderungsprozessen Orte identifizieren zu können, die innerhalb eines diffusen Prozessverlaufs langfristig eine wichtigere Funktion übernehmen als andere. Dies bestätigt die anfängliche Hypothese, dass bestimmte Regionen von externen Interaktionsentscheidungen mehr betroffen sind als ihre Nachbarn.

Die räumliche Lokalisation dieser Standorte kann einen konstruktiven Ansatz zur Neubewertung und Überprüfung räumlicher Abgrenzungsmethoden ermöglichen, zum Beispiel unter dem Gesichtspunkt der Städtebauförderung.

Wie in den einleitenden Kapiteln beschrieben bestehen für viele Förderprogramme durch ihre notwendigerweise verankerten, doppelten Gebietsbezüge zu ungenauen Zielräumen in der Kombination sozialer und statistischer Raumabgrenzungen. Die räumliche Projektbezogenheit führt folglich immer zu städtischen Teilbereichen, die nicht ausreichend von der Förderung abgedeckt werden. Die hierin entwickelte prozessuale Einbettung städtischer Interaktionsformen in die geographische Stadtstruktur lässt räumliche Einflussbereiche unter dynamischen Kriterien in genauerer Weise abschätzen.

Der Nachweis unterschiedlicher Zerfallsraten bei *gleicher* und *diffuser Startlebenszeit* kann ein wichtiges Indiz, für die unterschiedlich empfundene Lebendigkeit eines Quartiers darstellen. Stadtteile, wie zum Beispiel der Olympia-wohnpark in München oder die Neue Stadt Chorweiler in Köln altern durch ihre zeitgleiche Erstellung und Erstnutzung anders, als Quartiere mit gemischter Altersstruktur der Standorte. Eine qualitative Aussage hierfür kann aber nur durch eine aufbauende Untersuchung auf empirischem Wege erfolgen

Gleichfalls vorbehaltlich einer empirischen Überprüfung kann die Häufigkeit von sich *überschneidenden Cliques* einen Indikator für eine vielfältige und gut entwickelte Gebietsstruktur im Sinne des *Place-Konzepts* darstellen. Die Fähigkeit bestimmter Raumstrukturen diese Situationen hervorzubringen und über einen gewissen Zeitraum stabil zu halten kann als eine entscheidende Qualität angesehen werden, um soziale, ökonomische und kulturelle Prozesse im Fluss und am Leben zu halten. Gleichmaßen kann das Fehlen möglicherweise notwendiger Interaktionen einen Hinweis geben, um soziale oder ökonomische Missstände zu identifizieren.

Lassen sich im Simulationsablauf zu bestimmten Zeiten *keine gemeinsame Brücke* auffinden, erklärt die Tatsache warum viele Standorte einen informationsmindernden Umweg in der Innovationsausbreitung darstellen. Mit Verweis auf die Ausführungen zu aktuellen Tendenzen wissenschaftlicher Raumtheorien kann der Verwendung der *raumzeitlichen* Perspektive gerade für die Betrachtung von Interaktionsprozessen, ihrer raumzeitlichen Einbettung und deren räumlichen Auswirkungen ein großes Potential attestiert werden.

Die Einschränkung des Modellaufbaus, auf eine einzige Art von Interaktionsprozess bedeutet allerdings, dass pauschale Stadteigenschaften, wie zum Beispiel die oft zitierte *Innovationskultur* eines Stadtteils, prinzipiell nicht darstellbar sind. Auch generelle Entwicklungschancen eines Stadtteils, beispielsweise als zukünftiges *Wissens- oder Kulturquartier*, lassen sich mit diesem Modell nicht abschätzen.

5.4 Diskussion der Ergebnisse aus Perspektive der Immobilienökonomie

Die Modellierung immobilienökonomischer Interaktionen anhand einer rein zweckgebundenen Angebots-Nachfrage-Beziehung hat gezeigt, dass im Verhalten der Standortakteure durchaus von einem komplexen und sich gegenseitig synergetisch beeinflussenden Prozess gesprochen werden kann. Die Kopplung des klassischen, ökonomischen Akteursnetzwerks aus interagierenden immobilienökonomischen Einzelstandorten an die graphentheoretisch übersetzte Stadtstruktur hat gezeigt, dass derartige ökonomische Prozesse temporär räumlich

eingebettet sind und sich zudem räumlich auf ihre Umgebung auswirken. Der Einfluss der nachbarschaftlichen Stadtstruktur auf das Interaktionsverhalten der ökonomischen Akteure widerlegt die anfängliche Hypothese, dass ökonomische Prozesse grundsätzlich als *ortsunabhängig* bewertet werden können. Gegenteilig lässt sich sogar anmerken, dass die Ergebnisse eine räumlich unterschiedliche Lokalisierung auf diffuse Innovationsprozesse aufweisen.

Anhand der beobachteten Cliquenzahl und der ermittelten Korrelationswerte über unterschiedliche Zeitperioden lassen sich durchaus temporär stabile Muster im Interaktionsprozess der Akteure ablesen. In wieweit diese auf sich selbst verweisenden Cliques einen strukturellen Erklärungsansatz sogenannter *Self-fulfilling-Prophecies* im Sinne von Selbstbezug und Selbstbestätigung darstellen, muss an einer empirischen Modellstruktur abgeklärt werden.

Die Tatsache, dass trotz eines flächendeckend initiierten und kontinuierlichen Zerfallsprozesses am Ende der Simulation bestimmte Standortknoten auf unbestimmte Dauer *überleben* spricht für eine Form der *Selbstorganisation* interagierender Akteure. Die Möglichkeit einer aufbauenden Untersuchung über strategische Standortsynergien knüpft hier nahtlos an.

Die beobachteten Resultate ermöglichen eine zeiträumliche Perspektive auf immobilienökonomische Innovationen und ihre Durchsetzungsfähigkeit im städtebaulichen Umfeld. Eine weitere empirische Bearbeitung kann somit zu einer detaillierteren und nachhaltigeren Form der Risikoabschätzung von Immobilieninvestitionen führen. Es lässt sich folglich festhalten, dass die Risikoabschätzung einen gemeinsamen Nenner von Immobilienökonomie und Stadtplanung darstellen kann.

Entsprechend der Diskussion aus Sicht der Stadtplanung gilt das einschränkende Pauschalitätskriterium auch für die immobilienökonomische Perspektive. Die prinzipielle Investitionstauglichkeit eines Standorts ist wie die Pauschalfrage nach der Lagequalität eines Standorts durch dieses Modell nicht darstellbar.

5.5 Ausblick auf weiterführende empirische und nicht-empirische Forschungsthemen

Das hier vorgestellte Modell kann nur als prototypischer Entwurf verstanden werden. Die hier vorgestellten Messergebnisse basieren auf einem frei gewählten Regelwerk unter grober Abschätzung der inhaltlichen Zusammenhänge.

Die dargestellte Modellstruktur aus zwei Ebenen bietet sich für eine Vielzahl anderer Prozessanalysen dar. Einige der nahe liegendsten Erweiterungen, die in dieser Arbeit nicht mehr behandelt werden konnten, werden nachfolgend für weiterführende Forschungsarbeiten notiert.

Da sich das hier modellierte Interaktionsverhalten bislang nur als ungerichtete Angebots-Nachfragebeziehung darstellt, wäre die Implementierung und Auswertung einer *gerichteten* Beziehungsnetzwerks von sehr großem Interesse.

Eine nähere Untersuchung der *maximalen Cliquengrößen*, *cutpoints*- und *Brückenstrukturen* könnte wesentliche inhaltliche Rückschlüsse auf die städtische Struktur und ihren Veränderungsprozess zulassen. Im weiteren Verlauf können Kommunikationsströme oder funktionale Aspekte als stadtimmanente Prozesse erwähnt werden, aus denen sich direkte Verbindungsrelationen ableiten lassen.

Eine weitere Untersuchungsmöglichkeit bietet sich in dem hier noch nicht beschriebenen aber einfach festzustellenden Redundanzmaß. Da Redundanz zunächst in ihrer abstrakten Definition einen vorhandenen Überfluss an Informationen in einem beliebigen Kontext beschreibt, könnte die Mehrfacheinbindung von Cliquen einen Aufschluss über mehrfach existierende Informationswege geben. Dabei muss Redundanz als solche nicht grundsätzlich negativen Charakter haben. Ein Überfluss an Informationen kann in anderer Weise auch als städtebauliche Qualität verstanden werden. Lebendige urbane Quartiere sind voll von sich gegenseitig verstärkenden Beziehungen, in denen Informationen über eine Vielzahl unterschiedlich interagierender Personen weitergegeben werden. Dieses Maß der Redundanz könnte somit zu einem wichtigen Untersuchungskriterium des komplexen städtischen Systems werden.

Abgesehen von den strukturellen Ansatzmöglichkeiten dieses prototypischen Modellaufbaus lassen sich weiterführende Erkenntnisse über detailliertere räumliche Abgrenzungen auf empirischem Wege zum Beispiel für die

- Abgrenzung nach Bodenrichtwert, Mietzins oder Ertrag
- Abgrenzung nach A- und B-Investitionslagen [IWF]
- Abgrenzung nach Sozial- und oder Aktionsräumen
- Abgrenzung nach Wanderungsbewegungen modellieren.

Aus simulationstechnischer Sicht ist sicherlich der weitere Ausbau der GIS-Integration von großem Interesse. Die informationstechnische Bereitstellung von aktuellen Geodaten in Kopplung mit empirisch ermittelten, anwenderbezogenen Interaktionsdaten auf schnellem und standortunabhängigem Wege würde das Einsatzgebiet derartiger Simulationsmodelle erheblich erweitern.

Die Integration von Simulationsmodellen in eine offene, für jedermann zugängliche Geodateninfrastruktur (GDI) käme der in der Einleitung angesprochenen Notwendigkeit einer nachhaltigen und transparenten Planung zur Eindämmung von *self-fulfilling-prophecies* sehr nahe.



Abbildungsverzeichnis:

- Abb. 1: Straßenkreuzung in Köln-Raderberg [eigene Fotografie]
- Abb. 2: Schematische Darstellung von Teilmärkten [eigene Darstellung]
- Abb. 3: Schematische Darstellung der Eigenschaften von harten und weichen Standortfaktoren. [eigene Darstellung]
- Abb. 4: Schematische Darstellung des Projektentwicklungsprozesses in Abhängigkeit der Lagequalität [eigene Darstellung]
- Abb. 5: Prozessskizze einer self-fulfilling prophecy aus idealisierter ökonomischer Betrachtung [eigene Darstellung]
- Abb. 6: Prozessskizze einer self-fulfilling prophecy aus idealisierter soziologischer Betrachtung [eigene Darstellung]
- Abb. 7: Strukturdiagramm der Dokumentation urbaner Veränderungen [eigene Darstellung]
- Abb. 8: Beispiel einer Indikatordarstellung [BBSR, 2009]
- Abb. 9 & 10: Problematik der nicht-adäquaten Gebietsabgrenzung Berlins [Bömermann, Jahn, Neliuss, 2006]
- Abb. 11: Methode der Vereinheitlichung von Planungsräumen Berlins [Bömermann, Jahn, Neliuss, 2006]
- Abb. 12: Doppelter Gebietsbezug der Förderprogramme [Franke, 2008]
- Abb. 13: Aktionsräume Jugendlicher in Düsseldorf [Häusler / Kniess, 2005]
- Abb. 14: Konzept des Sozialen Kapitals nach Bourdieu und Coleman [Ruuskanen, 2001]
- Abb. 15: Affinitätsbeziehungen als Interaktionsform zwischen verschiedenen Standorten [eigene Darstellung]

-
- Abb. 16: Affinitätsbeziehung als Interaktionsform eines zentralen Akteurs mit seinen umgebenden Standorten [eigene Darstellung]
- Abb. 17: Vertikale Weitergabe von Information [eigene Darstellung]
- Abb. 18&19: Code Example der Stromgrößen innerhalb eines Netzwerks mit unterschiedlicher Gewichtung [eigene NetLogo generierte Darstellung]
- Abb. 20: Gedankliches Strukturmodell der Funktionsweise einer integrierten Stadtentwicklung [eigene Darstellung]
- Abb. 21: Städtische Veränderungsprozesse unterschiedlicher Geschwindigkeit [Franck / Wegener, 2002]
- Abb. 22: Demographische Veränderungsprozesse mittlerer Geschwindigkeit [Franck / Wegener, 2002]
- Abb. 23: Schematische Darstellung des Lebenszyklusmodell der Immobilienwirtschaft nach Schulte (1998) u.a. [eigene Darstellung]
- Abb. 24: Gegenseitige Abhängigkeit der drei immobilienmarktrelevanten Einflussgrößen [Schulte, 2008]
- Abb. 25: Stadtmodell und Luftbild der Bonner Innenstadt [eigene Darstellung].
- Abb. 26: Gedankliches Strukturmodell zu möglichen Diffusionsbarrieren und -verstärkern [eigene Darstellung].
- Abb. 27: Diffusionsausbreitung auf stadtmorphologischer Ebene [eigene Darstellung]
- Abb. 28: Kartierung der prozessual gewichteten Standorte [eigene Darstellung]
- Abb. 29: Vier verschiedene Zugangsbereiche einer Wegeverbindung [eigene Darstellung]
- Abb. 30: Zugangsbereiche innerhalb der Verkettung von Wegeverbindungen [eigene Darstellung]

-
- Abb. 31: Vereinfachung der Darstellung von Zugängen [eigene Darstellung]
- Abb. 32: Graph unter Wegfall der Kreuzungsknoten [eigene Darstellung]
- Abb.: 33: Voronoi-Thiessen Polygone [NetLogo generierte Darstellung]
- Abb.: 34: Delaunay-Triangulation mit Kennzeichnung einer möglichen Nachbarschaft [Friedrich/Galster, 2007]
- Abb. 35: Grundsätzlich geocodierbare Vektortypologien [nach Meier, 1986]
- Abb. 36: Vereinfachter Strukturgraph eines Parzellenplans [Meier 1982]
- Abb. 37: Darstellung der Flächennutzungen als Abwicklung der Straßenseiten [Häusler, 2007]
- Abb. 38 : Erweiterung des Netzwerks um Nachbarschaftsbeziehungen und eine Akteursebene [eigene Darstellung]
- Abb. 39 : Akteursnetzwerke anhand immobilienökonomischer Interaktionsbeziehungen [eigene Darstellung]
- Abb. 40 : Standortnetzwerke aus einzelnen Parzellennutzungen in ihrer nachbarschaftlichen Verknüpfungsstruktur [eigene Darstellung]
- Abb. 41: Matrix zur Festlegung der Interaktionsaffinitäten zwischen den Standortgruppen [eigene Darstellung]
- Abb. 42: Ablaufschema der Simulation der oberen Modellebene [eigene Darstellung]
- Abb. 43: Darstellung der verschiedenen Standortknoten auf der Simulationsoberfläche [eigene NetLogo generierte Darstellung].
- Abb. 44: Abnahme der Standortknoten im zeitlichen Verlauf bei gleicher Ausgangslebenszeit [eigene NetLogo generierte Darstellung]
- Abb. 45: Abnahme der Standortknoten im zeitlichen Verlauf bei diffuser

Ausgangslbenszeit [eigene NetLogo generierte Darstellung]

Abb. 46: Darstellung der Initialposition mit zwei verschieden großen Interaktionsradien
[eigene NetLogo generierte Darstellung]

Abb. 47&48: Zeitlicher Verlauf der maximalen values für jeden Standortknotentyp
[eigene NetLogo generierte Darstellung]

Abb. 49&50: Zerfallsraten der einzelnen Standorttypen im Verlauf der Zeit
[eigene NetLogo generierte Darstellung]

Abb. 51: Grad der Verbundenheit [eigene Darstellung]

Abb. 52: k-Tupel [eigene Darstellung]

Abb. 53: Ausschnitt der oberen Modellebene im Simulationsverlauf
[eigene NetLogo generierte Darstellung]

Abb. 54: Dieser Plot zeigt die maximale Anzahl beobachteter Triaden (3er-Cliquen)
im zeitlichen Verlauf der Simulation [eigene NetLogo generierte Darstellung]

Abb. 55: Skizzenhafte Darstellungen von cutpoints (links) und Brücken (rechts)
[eigene Darstellung]

Abb. 56: Betrachtung zweier Zeitreihen als Kreuzkorrelation
[eigene NetLogo generierte Darstellung]

Abb. 57: Betrachtung zweier Zeitreihen als Kreuzkorrelation
[eigene NetLogo generierte Darstellung]

Abb. 58: Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS-N 1988) [FGSV, 1990]

Abb. 59: Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS-N 1988) [FGSV, 1990]

Abb. 60: Kombinationsmatrix der Dämpfungswerte mit prozentualer Kantenwichtung
[eigene Darstellung]

-
- Abb. 61: Ablaufschemata der unteren Modellebene [eigene Darstellung]
- Abb. 62&63: Darstellungen der Nachbarschaftsgraphen auf der unteren Modellebene in unterschiedlichen Netzwerkdichten [eigene NetLogo generierte Darstellung]
- Abb. 64: GIS-Integration in die Simulationsoberfläche an Hand einer ESRI-Shape-Datei [eigene NetLogo generierte Darstellung]
- Abb. 65: Die 3-dimensionale Modellstruktur der Simulation zum Initialzeitpunkt [eigene NetLogo generierte Darstellung]
- Abb. 66: Prozessdiagramm verbundener Zustände [eigene Darstellung]
- Abb. 67: Vergleich der Zerfallsraten beider Modellzustände mit gleicher Ausgangslebenszeit [eigene NetLogo generierte Darstellung]
- Abb. 68: Vergleich der Zerfallsraten beider Modellzustände mit gleicher Ausgangslebenszeit [eigene NetLogo generierte Darstellung]
- Abb. 69: Vergleich der Zerfallsraten beider Modellzustände mit diffuser Ausgangslebenszeit für die Laufzeit von 1000 ticks [eigene NetLogo generierte Darstellung]
- Abb. 70: Vergleich der Zerfallsraten beider Modellzustände mit diffuser Ausgangslebenszeit für die Laufzeit von 1000 ticks [eigene NetLogo generierte Darstellung]
- Abb. 71: Darstellung der Simulationsstruktur zu fortgeschrittenem Zeitpunkt (ca. 440 ticks) [eigene NetLogo generierte Darstellung]

Quellenangaben Literatur & Referenzen:

- Alexander, C. (1977): *A Pattern Language*. Towns, Buildings, Construction. Oxford University Press, New York
- Augé, M. (1994): *Orte und Nicht-Orte*. Vorüberlegungen zu einer Ethnologie der Einsamkeit. S. Fischer, Frankfurt
- Atkinson, R. (2005): *Neighbourhoods and the Impacts of Social Mix*, Crime, Tenure Diversification and Assisted Mobility, CNR Paper 29
- Atmanspacher, H. (1993): *Die Vernunft der Metis*. Theorie und Praxis einer integralen Wirklichkeit, Stuttgart, Metzler Verlag
- Bathelt, H., Glückler, J. (2003): *Wirtschaftsgeographie: Ökonomische Beziehungen in räumlicher Perspektive*, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer.
- Batty, M. (2005): *Cities and complexity - Understanding cities with cellular automata, agent-based models and fractals*, Cambridge, MIT Press
- Bauriedel, C. (2008): *Ein computergestütztes Modellsystem für die Generierung von städtischen Raumstrukturen*, Dissertation, Bauhaus Universität Weimar
- BBR, (2004): *Nachhaltige Stadtentwicklung - ein Gemeinschaftswerk*, Städtebaulicher Bericht der Bundesregierung 2004, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR), Bonn
- Beck, U., Lau, C. (2004): *Entgrenzung und Entscheidung: Was ist neu an der Theorie reflexiver Modernisierung*, Frankfurt/Main, Suhrkamp
- Berking, H., Löw, M., (2008): *Die Eigenlogik der Städte*, Neue Wege der Stadtforschung, Frankfurt, Campus-Verlag
- Blasius, J. (2007): *Housing Studies - Frontiers of Quantifying Neighbourhood Effects*, Vol. 22, Routledge, Taylor & Francis Group

-
- BMVBS, BBR (2007): *Integrierte Stadtentwicklung als Erfolgsbedingung einer nachhaltigen Stadt*, BBR-Online-Publikation
- Bodenschatz, H. (2005): *Renaissance der Mitte - Zentrumsumbau in London und Berlin*, Braun Verlag
- Bögenhold, D., Marschall, J. (2008): *Netzwerkforschung zwischen Theorie und Methode: Zur Aktualität der Netzwerkmetapher vor dem Hintergrund aktueller interdisziplinärer Integrationsbemühungen von Soziologie, Ökonomik und Geschichtswissenschaften*, Artikel
- Bögenhold, D., Marschall, J. (2008): *Metapher, Methode, Theorie, Netzwerkforschung in der Wirtschaftssoziologie*, In: Stegbauer, C., *Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie*, Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Bömermann, H. (2007): *Entwicklung lebensweltlich orientierter Räume für die Fachplanungen in Berlin*, Vortrag Statistische Woche 07, Amt für Statistik Berlin-Brandenburg
- Bömermann, H., Jahn, S., Nellus, K. (2006): *Lebensweltlich Orientierte Räume im Regionalen Bezugssystem*, In: Berliner Statistik, Monatsschrift 8/06
- Bone-Winkel, S.(2008): *Immobilien-Projektentwicklung*, Köln, Verlag Rudolf Müller
- Bourdieu, P. (1983): *Ökonomisches Kapital - kulturelles Kapital - Soziales Kapital*, In: Kreckel, Reinhard: *Soziale Ungleichheiten*, Göttingen, Soziale Welt, Sonderband 2
- Boustedt, O. (1957): *Regionale Struktur- und Wirtschaftsforschung - Aufgaben u. Methoden*, Hannover, Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Bd. 33
- Brake, K. (1986): *Johann Heinrich von Thünen und die Entwicklung der Raumstruktur-Theorie*, Oldenburg, Holzberg Verlag
- Burt, R. (1992): *Structural Holes, The social structure of competitions*, Cambridge MA, Harvard University Press

-
- Castells, M. 2002: *Der Aufstieg der Netzwerkgesellschaft*, Opladen: Leske + Budrich.
- Christaller, W. (1933): *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Eine ökonomisch geographische Untersuchung über die Gesetzmäßigkeit der Verbreitung und Entwicklung der Siedlungen mit städtischer Funktion, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt
- Christaller, W. (1941): *Raumtheorie und Raumordnung*. In: Archiv Wirtschaftsplanung, Jg. 1
- Coleman, J.S. (1988): *Social Capital and the creation of human capital*, American Journal of Sociology 94
- Curdes, G. (1997): *Stadtstrukturelles Entwerfen*, Stuttgart, Kohlhammer Verlag
- Dangschat, J. (1982): *Aktionsräume von Stadtbewohnern*, Empirische Untersuchungen in der Region Hamburg, Opladen, Westdeutscher Verlag
- De Certeau, M 1988: *Kunst des Handelns*, Merve Verlag, Berlin
- Diener, K. (2009): *Aufbruchstimmung ersehnt*, in Kölner Stadtanzeiger vom 18.03.2009
- Difu – Deutsches Institut für Urbanistik (2007): *Nachhaltiger Stadtverkehr und benachteiligte Stadtquartiere – gute Praxisbeispiele in Europa*.
- Difu – Deutsches Institut für Urbanistik (2006): *Soziale Stadt Info 19*, Schwerpunkt Lokale Ökonomie im internationalen Vergleich.
- Dijkstra, E.W. (1960): *A Note on Two Problems in Connexion with Graphs*, Numerische Mathematik 1, Journal
- Dziomba, M., Walther, M., Muncke, G. (2007): *Standort- und Marktanalyse*, In: Immobilienzeitung 2007, Wiesbaden, iZ Verlagsgesellschaft mbH
- EuKom - Europäische Kommission (1994): *Mitteilungen an die Mitgliedsstaaten zur Festlegung von Leitlinien für die von ihnen zu erstellenden Operationellen Programme im Rahmen einer Gemeinschaftsinitiative für städtische Gebiete (URBAN)*, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr.C 180

-
- FGSV (2008): Verlag der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen GmbH,
Köln
- Fischer, K. (1993): *Verteiltes und kooperatives Planen in einer flexiblen Fertigungsumgebung*,
DISKI Vol. 26, St. Augustin, Infix Verlag
- Filk, T. (2009): *Modelle von Raum und Zeit*, Skript zur Vorlesung Quantentheorie,
Universität Freiburg
- Fischer, K. (1993): *Verteiltes und kooperatives Planen in einer flexiblen Fertigungsumgebung*
DISKI Vol.26, St.Augustin, Infix Verlag
- Fitzpatrick, S. (2004): *Poverty of Place*, Paper JRF Centenary Conference: Policies for
tomorrow, York
- Forrester, J.W. (1969): *Urban Dynamics*, MIT Press, Cambridge
- Forrester, J.W. (1971): *Der teuflische Regelkreis*, Kann die Menschheit überleben?
Das Globalmodell d. Menschheitskrise, Stuttgart, Deutsche Verlagsanstalt
- Franck, G. Wegener, M. (2002): *Die Dynamik räumlicher Prozesse*, In Henckel, D., Eberling
Raumzeitpolitik, Opladen, Leske & Budrick
- Franke, T. (2008): *Wo kann sich die „Soziale Stadt“ verorten?*, In: Schnur, O.
Quartiersforschung, Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Franke, T. Löhr, R.-P., Sander, R.(2000): *Soziale Stadt -Stadterneuerungspolitik als Stadt-
politikerneuerung*, In: Archiv für Kommunalwissenschaften, 39.Jahrgang,
2.Halbjahresband, Bonn
- Friedrichs, J. (1983): *Methoden empirischer Sozialforschung*, Opladen, Westdeutscher Verlag
- Friedrichs, J. (1983) *Stadtanalyse*, Opladen, Westdeutscher Verlag
- Friedman, Y. (1982): *Meine Fibel*, Stuttgart, Vieweg

-
- Friedman, Y. (1983): *Machbare Utopien*, Absage an geläufige Zukunftsmodelle, Frankfurt/Main, Fischer Verlag
- Friedrich, M., Galster, M.(2007): *Aufbau von Luftlinienmatrizen für die Kategorisierung und Bewertung von Verkehrsnetzen*, Arbeitspapier, Universität Stuttgart
- Fürst, D. / Scholles, F. (2004): *Theorien und Methoden der Raum- und Umweltplanung*, Dortmunder Vertrieb für Planungsliteratur
- Gilbert, N. & Troitzsch, K. (2005): *Simulation for the Social Scientist*, Open University Press
- Grabher, G. (1993): *The Embedded Firm. On the Socioeconomics of Industrial Networks*. London / New York, Routledge
- Granovetter, M. (1992): *Problems of Explanation in Economic Sociology*, In: Nohria, N., Eccles, R.G., *Networks and Organizations: Structure, Form and Action*, Boston, Harvard Business School Press
- Granovetter, M. (1990): *Entrepreneurship, development and the emergence of firms*, WZB Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Forschungsschwerpunkt Arbeitsmarkt und Beschäftigung
- Granovetter, M. (1973): *The strength of weak ties*, *American Journal of Sociology* 78
- Greve, K. (2002): *Vom GIS zur Geodateninfrastruktur*. In: *Standort - Zeitschrift für Angewandte Geographie* 26
- Greve, K., Fitzke, J., Müller, M. (2005): *Sollkonzept GDI Berlin*. Im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, Berlin
- Haggett, P. (1991): *Geographie: Eine moderne Synthese*, Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer
- Haggett, P. (1991): *Locational analysis in human Geography*, *Classics in Human Geography Revised Series*‘, Number 1, London, Progress in Human Geography, Vol.15

-
- Hall, P., Pfeiffer, U. (2000): *Urban 21 - Expertenbericht zur Zukunft der Städte*, Stuttgart/München, Deutsche Verlagsanstalt
- Hägerstrand, T. (1968): *The Diffusion of Innovations*, In: International Encyclopedia of the Social Sciences. Macmillan Company & Free Press
- Hägerstrand, T. (1963): *Geografi i ämnesintegrationen*, Geografiska notiser, XXI: 4
- Hägerstrand, T. (1963): *Geographic Measurements of Migration, Swedish Data*, In: Les déplacements humains. Aspects méthodologiques de leur mesure, Hachette, Monaco
- Häusler, A. (2007): *Urbecon Park*, Wettbewerbsbeitrag zur Umnutzung des Bayerwerks Leverkusen, Studienarbeit am Lehrstuhl Städtebau, Bergische Universität Wuppertal
- Häusler, A., Kniess B. (2005): *Play! - Spielraum Stadt für Kinder und Erwachsene*, Ausstellungsbeitrag Stadtmuseum Düsseldorf, Katalog, Hatje-Cantz
- Häussermann, H. (2000): *Berlin: von der geteilten zur gespaltenen Stadt? - sozialräumlicher Wandel seit 1990*, Opladen, Leske + Budrich
- Heitmeyer, W. (1998): *Die Krise der Städte*, Analyse zu den Folgen desintegrativer Stadtentwicklungen für das ethnisch-kulturelle Zusammenleben, Berlin, Edition Suhrkamp
- Hillier B., Hanson J. (1984): *The social logic of space*, Cambridge University Press
- Holzer, B. (2008): *Netzwerke und Systeme*, Zum Verhältnis von Vernetzung und Differenzierung, In: Stegbauer, C., Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie, Wiesbaden, VS Verlag f. Sozialwissenschaften
- Humpert, K. (1992): *Das Phänomen der Stadt : Berichte aus Forschung und Lehre*, Stuttgart, SI - Städtebauliches Institut der Universität Stuttgart
- Immobilienzeitung (2007): Fachzeitung der Immobilienwirtschaft, Wiesbaden, iZ Immobilien Zeitung Verlagsgesellschaft mbH

-
- Jansen, D. (2006): *Einführung in die Netzwerkanalyse*, Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Jennings, N. R. & Wooldridge, M. (1995): *Applying Agent Technology*, in: Journal of Applied Artificial Intelligence, special issue on Intelligent Agents and Multi-Agent Systems
- Johnston, R. (1991): *A Question of Place - Exploring the Practice of Human Geography*, Oxford, Cambridge
- Koch, A. (2009): *Multi-Agent Systems as a Tool for Spatial Interpolation*, Geoinformatik 2009 ifgi prints 35
- Koch A. (2008): *Analyzing complex socio-spatial agent systems with techniques of network analysis and geostatistics*, ESSA Proceedings 2008, Brescia
- Koch, A. & Mandl, P. (2003): *Multi-Agentensystem in der Geographie* in: Klagenfurter Geographische Schriften, Heft 23, Institut für Geographie und Regionalforschung der Universität Klagenfurt.
- König, R.(2008): *Simulation und Visualisierung der Dynamik räumlicher Prozesse*, Dissertation an der TU Karlsruhe, Online-Publikation
- Korda, M. (1999): *Städtebau - Technische Grundlagen*, Stuttgart Teubner Verlag
- Klügl, F. (2001): *Multiagentensimulation - Konzepte, Anwendungen, Tools*, München, Addison Wesley Verlag
- Läpple, D., Häussermann, H., Siebel, W. (2007): *Stadtpolitik*, Frankfurt/Main, Suhrkamp
- Läpple, D. (1993): *Thesen zu einem Konzept gesellschaftlicher Räume*, In: Mayer, J. : Die aufgeräumte Welt. Raumbilder und Raumkonzepte im Zeitalter globaler Marktwirtschaft, Loccum
- Lee, D.B. (1973): *A requiem for large scale modeling*, Journal of the American Institute of Planners, 39(3)

-
- Lefebvre, H. (1974): *La production de l'espace*, Gallimard, Collection „Idées“, Paris, 4. Aufl.
Éd. Syllepse
- Lewis, O. (1959): *Five Families; Mexican Case Studies in the Culture of Poverty*, New York
- Löw, M. (2008): *Soziologie der Städte*. Frankfurt/Main, Suhrkamp
- Löw, M., Steets, S., Stoetzer, S. (2008): *Einführung in die Stadt- und Raumsoziologie*,
Opladen Verlag Budrich
- Löw, M. (2001): *Raumsoziologie*, Frankfurt/Main, Suhrkamp
- Luhmann, N. (1984): *Soziale Systeme - Grundriss einer allgemeinen Theorie*, Frankfurt,
Suhrkamp
- Malottki, C. (2009): *Geomodellierung in Stadtplanung und Immobilienwirtschaft -
am Beispiel des Büroflächenmarktes Stuttgart*, Dissertation, TU Kaiserslautern
- Meier, A. (1986): *Methoden der grafischen und geometrischen Datenverarbeitung*,
In: Richter, L., Stücky, W., Leitfäden der angewandten Informatik, Stuttgart,
Teubner Verlag
- Mitchell, T. (2008): *Web Mapping*, Open Source GIS-Tools, Köln, O'Reilly Verlag
- Nagel, K., Koll-Schretzenmayr (2007): *Multiagentensimulation in der Raumplanung* ,
In: disP 170, Magazin, Zürich, NSL-Netzwerk stadt und Landschaft
- Nieszery, A. (2008): *Class, race, gender...neighbourhood? Zur Bedeutung von Quartiers-
effekten in der europäischen Stadtforschung*, In: Schnur, O. Quartiersforschung
Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Nise, N.S. (1995): *Control Systems and. Engineering*, New York, Addison Wesley
- Nitzsche, M. (2009): *Graphen für Einsteiger*, Wiesbaden, Vieweg und Teubner
- NRW Forum Kultur und Wirtschaft mit MVRDV, (2002): *The RegionMaker - RheinRuhrCity*
Düsseldorf, Hatje Canz Publishers

-
- OECD, (1994): Glossary of statistical Terms
- Oswald, F., Baccini, P. (2003): *Netzstadt* - Einführung in das Stadtentwerfen, Basel, Birkhäuser Verlag
- Oswald, P. (2005): *Shrinking Cities* - Schrumpfende Städte Bd.1 & 2, Ostfildern-Ruit, Hatje Canz Verlag
- Page, S. (1998): *Uncertainty, Difficulty, and Complexity*, Working Paper, Santa Fe Institute, Santa Fe, New Mexico, USA
- Paquot, T. (2005): *Utopie - uniformité sociale ou hétérogénéité*, Moore, T., Owen R., In: Urbanisme 125, Magazin
- Polinna C.(2008): *Learning from London*, in: Wolfrum, S./Nerdinger, W.(2008): *Multiple City* Berlin, Jovis Verlag
- Portugali, J. (2000): *Self-Organization and the City*, Berlin, Springer Verlag
- Portugali, J. (2006): *Complex artificial environments : simulation, cognition and VR in the study and planning of cities*, Berlin, Springer Verlag
- Powell, W., DiMaggio, P. (1991): *The new institutionalism in organizational analysis*, Chicago, University of Chicago Press
- Pred, A. (1984): *Place as Historically Contingent Process*, in: Annals of the Association of American Geographers 74 (2)
- Ruelle, D. (1980): *Strange attractors*. Mathematical Intelligencer 2
- Sandefur, R, Laumann,E. (1998): *A Paradigm for Social Capital, Rationality and Society*, Chicago, Lawyers Papers
- Schätzl, L. (2003): *Wirtschaftsgeographie 1*, Paderborn, Schöningh
- Schulte, K.-W. (2008): *Immobilienökonomie* Bd. 1 - Betriebswirtschaftliche Grundlagen; München, Oldenbourg Verlag GmbH

-
- Schuster, H.G. (1988): *Deterministic Chaos. An Introduction*, Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft
- Schick, J. (2005): *Agentenbasierte Modelle in den Wirtschaftswissenschaften*, Online-Publikation, Institut für Geoinformatik der Universität Münster
- Sieverts, T. (1997): *Zwischenstadt. Zwischen Ort und Welt, Raum und Zeit, Stadt und Land*, Braunschweig, Vieweg Verlag
- Stegbauer, C. (2008): *Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie*, Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften
- van Toorn, R., (2001): *Für eine fortschrittliche Kultur der Vielfalt*
In: *European 6, Zwischenorte, Europäische Ergebnisse*, Paris, Selbstverlag European, France
- Vogelpohl, A. (2008): *Stadt der Quartiere? Das Place-Konzept und die Idee von urbanen Dörfern*, in Schnur, O. (2008) *Quartiersforschung*, Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Vyborny, M., Maier, G. (2008): *Die Regionalforschung als Anwendungsgebiet der Netzwerkanalyse*, In: Stegbauer, C., *Netzwerkanalyse und Netzwerktheorie*, Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften
- Wegener, M. (1994): *Operational Urban Models, State of the Art*, In: *Journal of the American Planning Association* 1
- Wegener, M., Gnad, F., Vannahme, M. (1986): *The time scale of urban change*.
In: Hutchinson, B., Batty, M., *Advances in Urban Systems Modelling*.
Amsterdam: North Holland
- Wegener, M., Spiekermann, K. (2002): *Beschleunigung und Raumgerechtigkeit*, In: Henckel, D., Eberling, M. (Hrsg.): *Raumzeitpolitik*, Opladen, Leske + Budrich
- Wilson, W.J. (1987): *The truly disadvantaged*, In: *Blackwell City Reader*, Ch.28, Blackwell Publishing

Quellenangaben Internet:

<http://www.arl-net.de/>

http://www.bbsr.bund.de/cIn_016/nn_21360/BBSR/DE/Raumbeobachtung/Themen/

http://www.bbr.bund.de/nn_21888/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Forschungsfelder/InnovationenFamilieStadtquartiere/Veroeffentlichungen/DL__Bericht,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/DL_Bericht.pdf

http://www.bkg.bund.de/DE/Home/homepage__node.html__nnn=true

<http://bundesrecht.juris.de/bbaug/index.html>

<http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

<http://www.creditreform.de/Deutsch/Creditreform/index.jsp>

http://www.deutschepost.de/downloadServlet?target=/mlm.nf/dpag/images/m/microdialog/20090605_microdialog.pdf

<http://www.fgsv.de/>

<http://www.geosimulation.org/>

<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/JASSS.html>

<http://www.lag21.de/themen-und-projekte/flaeche.html>

<http://www.microm-online.de/Deutsch/Microm/index.jsp>

<http://www.nsl.ethz.ch/index.php/>

<http://senseable.mit.edu/>

http://www.stadtentwicklung.berlin.de/planen/basisdaten_stadtentwicklung/monitoring/

<http://www.stadtumbau.com/pdf/Arbeitshilfe%20Thue.pdf>

<http://www.stadtumbauwest.de/>

<http://www.sociovision.de/>

<http://www.spiekermann-wegener.de>

Zusammenfassung

Seit geraumer Zeit bilden die Herausforderungen an eine zunehmend städtische Gesellschaft in Bezug auf Nachhaltigkeit, Ressourcenmanagement und zukunftsichernde Handlungsstrategien einen wichtigen Bezugspunkt wissenschaftlicher Diskussionsbeiträge. Gleichmaßen stellen die immer komplexer werdenden Auswirkungen nicht mehr eindeutig zu identifizierender Stadtentwicklungsprozesse ein nicht unerhebliches Problem für die wirtschaftliche und politische Stadtplanung dar.

Neueste interdisziplinäre Forschungsansätze zum erweiterten Verständnis städtischer Raumzusammenhänge finden sich dabei im Diskurs der Raumsoziologie. Die Analyse *ortstypischer* Verhaltensweisen, Interaktionsmuster und lokal gespeicherter Raumempfindungen „[...] versucht in der Vielfalt städtischer Erscheinungsformen eine Eigenlogik auszumachen, die jede Stadt individuell charakterisiert“ [vgl. Berking/Löw, 2008]. Den aktuellen Forschungsansätzen ist gemeinsam, dass sie das *klassische* Raumverständnis einer abgegrenzten, deterministisch modellierbaren Oberfläche im Sinne einer Bühne geplanter Handlungen hinterfragen. Infolgedessen erlebt die Suche nach alternativen Raumdefinitionen derzeit eine Renaissance, während vielerorts die lokale Stadtentwicklungspolitik, mangels adäquater Werkzeuge, tagtäglich neue, diffuse Stadtbilder produziert.

Vor diesem Hintergrund nähert sich die vorliegende Arbeit dem allgegenwärtigen Phänomen „Stadt“ aus einer *prozessualen* und *systemtheoretischen* Perspektive und zeigt einen Weg vom aktuellen Stadtdiskurs zu empirisch-naturwissenschaftlichen Erkenntnismodellen auf, um mögliche Ansätze für zukünftige Planungsinstrumente zu finden. Hierbei werden insbesondere Methoden der klassischen, *sozialen Netzwerkanalyse* und der *geografischen Diffusionstheorie* zu einem *agentenbasierten Simulationsmodell* verknüpft. Die im Simulationsverlauf gewonnenen Daten werden mit Hilfe diskreter mathematischer Indikatoren auf mögliche Korrelationen untersucht und ausgewertet.

Am Beispiel immobilienökonomischer Interaktionsprozesse auf Grundlage ungerichteter Angebots-Nachfrage-Beziehungen ermöglicht das erarbeitete Modell innerhalb einer räumlich eingebetteten Standortsituation *dynamische Wechselwirkungen* und Formen *struktureller Selbstorganisation* zu beobachten. Entgegen klassischen Wachstumssimulationen bzw. Standortsuch- und -wahlmodellen, wird in dieser Arbeit von einer prinzipiellen Existenz eines Standorts und der umgebenden Lagesituation ausgegangen.

Die Untersuchung immobilienökonomischer *Zerfallsprozesse* ermöglicht besonders stabile Standortbereiche innerhalb einer sich kontinuierlich zersetzenden Strukturumgebung zu identi-

fizieren und zu lokalisieren. Die beobachteten Resultate erlauben eine *zeiträumliche* Perspektive auf immobilienökonomische Innovationen und eine Abschätzung ihrer Durchsetzungsfähigkeit im städtebaulichen Umfeld.

Der Einfluss der nachbarschaftlichen Stadtstruktur auf das Interaktionsverhalten der ökonomischen Akteure widerlegt die Annahme, dass immobilienökonomische Prozesse und die damit verbundenen Risikoabschätzungen grundsätzlich für jede Stadt in gleicher Weise bewertet werden können. Vielmehr hat sich gezeigt, dass sich der Einfluss einer räumlich eingebetteten Modellstruktur erheblich von einer rein projektbezogenen Betrachtungsweise immobilienökonomischer Zusammenhänge unterscheidet. Ein aussagekräftiges Resultat dieser Arbeit besteht beispielsweise darin, dass in Abhängigkeit von fortlaufenden dynamischen Veränderungsprozessen Orte identifiziert werden können, die innerhalb eines diffusen Prozessverlaufs langfristig eine wichtigere Funktion übernehmen als andere.

Der Simulationsverlauf zeigt, dass diese Standorte einen weit höheren Grad an Stabilität und Interaktionsaffinität aufweisen, als andere, teilweise unmittelbar benachbarte Knotenpunkte.

Analog hierzu kann den Resultaten entnommen werden, dass Quartiere mit einer hohen Nachbarschaftsdichte Informationen und Innovationen auch wesentlich besser transportieren können, unabhängig von der Zahl der Standorte.

Dies bestätigt die anfängliche These, dass bestimmte Regionen von externen Interaktions- bzw. Planungsentscheidungen mehr betroffen sind als benachbarte Quartiersbereiche. Die Fähigkeit bestimmter Raumstrukturen diese Situationen hervorzubringen und über einen gewissen Zeitraum stabil zu halten kann als eine entscheidende städtische Qualität angesehen werden, um soziale, ökonomische und kulturelle Prozesse im Fluss und am Leben zu halten. Aus ökonomischer Perspektive lässt sich schlussfolgern, dass durch die bessere Informationsweiterleitung den Standorten im kontinuierlichen Zerfallsprozess eine höhere Chance zur Erneuerung ihrer wirtschaftlichen Lebenszeit gegeben wird.

In zusammenfassender Betrachtung wurde hiermit ein deutliches Argument für eine integrierte und prozessuale Perspektive auf städtische Veränderungsprozesse gefunden. Es kann gesagt werden, dass die raumzeitliche Betrachtung von dynamischen Interaktionsprozessen, inklusive ihrer räumlichen Einbettung und lokalen Auswirkungen ein großes Potential zur Analyse komplexer Stadtentwicklungsprozesse darstellt. Darüber hinaus zeigt die räumliche Lokalisation unterschiedlich stabiler Standortbereiche einen konstruktiven Ansatz zur Neube-

wertung und Überprüfung räumlicher Abgrenzungsmethoden auf.

Durch eine mögliche Weiterentwicklung des in dieser Arbeit konzipierten Modellansatzes und durch die empirische Überprüfung der hier exemplarisch gewonnenen Resultate lassen sich detaillierte Hinweise zur Abschätzung lokaler räumlicher, wie immobilienökonomischer Innovationen vermuten.