



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Seminarausarbeitung Master Informatik - SoSe 2012

Carsten Noetzel

Epidemiological modelling of public transport

*Fakultät Technik und Informatik
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Computer Science*

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Einführung in die Thematik	1
1.2	Rolle öffentlicher Verkehrsmittel	1
1.3	Zielsetzung der Arbeit	2
2	Related Work	3
2.1	Modeling of contagious disease spread	3
2.1.1	Generisches Infektionsmodell	3
2.1.2	Modellierung der Infektionsübertragung	3
2.1.3	Sensitivitätsanalyse	4
2.1.4	Bewertung	4
2.2	Situated Cellular Agents	5
2.2.1	SCA-Framework	5
2.2.2	Fallstudie: U-Bahn Station	5
2.2.3	Bewertung	6
2.3	Individual Space Time Activity-based Modelling	7
2.3.1	Konzept ISTAM	7
2.3.2	Identifizierung von Aktivitäten	8
2.3.3	Bewertung	8
2.4	Discrete Space Scheduled Walkers	9
2.4.1	Konzept DSSW	9
2.4.2	Bewertung	9
3	Zusammenfassung und Ausblick	10
3.1	Zusammenfassung	10
3.2	Ausblick	10
	Literaturverzeichnis	11

1 Einführung

1.1 Einführung in die Thematik

Simulationsmodelle in der Epidemiologie spielen eine immer wichtiger werdende Rolle im Hinblick auf die Vorhersage der spatio-temporalen Infektionsausbreitung in einem Areal und den damit verbundenen Maßnahmen zur Eindämmung dieser. Es gibt bereits eine Vielzahl an unterschiedlichen Arbeiten, die die Verbreitung verschiedenster Krankheiten simulieren und die Umwelt dabei unterschiedlich detailliert modellieren.

Bei den aktuellen Arbeiten spielt insbesondere der agentenbasierte Ansatz eine wichtige Rolle, da sich mit ihm im Vergleich zu den traditionellen mathematischen Modellen und den zellulären Automaten individuelle Verhaltensweisen und Eigenschaften der Bevölkerung detailliert abbilden lassen. Als Folge ergibt sich daraus ein realitätsnäheres Simulationsmodell, welches den natürlichen, stochastischen Charakter der Infektionsausbreitung berücksichtigt und damit genaue Aussagen über die Wirksamkeit von Maßnahmen zulässt (Aleman u. a., 2009; Perez und Dragicevic, 2009).

Ein Vergleich unterschiedlicher Arbeiten zeigt, dass die Interaktion der Individuen innerhalb von Arbeitsplätzen und der häuslichen Umgebung im Vordergrund steht. Dies macht Sinn, da Individuen dort die meiste Zeit verbringen und somit die Infektionswahrscheinlichkeit besonders hoch ist. Gerade in der häuslichen Umgebung kommt es häufig auch zu engen physischen Kontakten, die eine Infektionsübertragung begünstigen (Mossong u. a., 2008). Vernachlässigt werden jedoch häufig Nebenschauplätze wie beispielsweise öffentliche Verkehrsmittel, in denen es ebenfalls häufig zu engen Kontakten zwischen Menschen kommt (Mossong u. a., 2008). Zur Untersuchung deren Rolle bei der Infektionsausbreitung, soll in der Masterarbeit ein Simulationsmodell erstellt werden, das unterschiedliche Analysen erlaubt.

1.2 Rolle öffentlicher Verkehrsmittel

Öffentliche Verkehrsmittel spielen bei der Infektionsausbreitung von Krankheiten gerade in Metropolregionen mit einem gut ausgebauten öffentlichem Verkehrsnetz eine besondere Rolle. Der Nationale Pandemieplan stellt hierzu fest:

„Besonders größere Menschenansammlungen und öffentliche Verkehrsmittel bieten optimale Übertragungsbedingungen für Influenzaviren.“ (Robert-Koch-Institut, 2007)

Zudem wird in Arbeiten, in denen Simulationsmodelle ohne Berücksichtigung öffentlicher Verkehrsmittel vorgestellt werden, darauf hingewiesen, dass diese in der Realität eine wichtige Rolle spielen.

„In reality, human contact within transportation vehicles, especially public transportation, plays an important role in infectious disease transmission among the human population.“ (Yang u. a., 2008)

Auch in weiteren Studien wird die Thematik aufgegriffen und versucht ein Zusammenhang zwischen der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und der Infektion mit einer Krankheit herzustellen. So wird in der Fallstudie „Is public transport a risk factor for acute respiratory infection?“ von dem Team um Joy Troko untersucht, ob sich ein Zusammenhang zwischen der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und dem Ausbruch einer schweren Atemwegserkrankung feststellen lässt. Die Studie kommt zu dem Schluss, dass durch die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel ein bis zu sechsfach erhöhtes Risiko besteht sich zu infizieren, wobei jedoch nicht ausgeschlossen werden kann, dass die Infektion auch an einem anderen Ort stattgefunden haben könnte (Troko u. a., 2011).

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Aktuelle Simulationsmodelle berücksichtigen öffentliche Verkehrsmittel -wenn überhaupt- nur sehr eingeschränkt, obwohl sie maßgeblich zur Infektionsausbreitung beitragen. Sie befördern infizierte Personen und tragen damit zur spatialen Verbreitung bei, zusätzlich können sich Passanten innerhalb der Verkehrsmittel gegenseitig anstecken. In der eigenen Arbeit soll ein Simulationsmodell erstellt werden, bei dem Teile einer Population ein öffentliches Verkehrsnetz nutzen. Die Population besteht hierbei aus parametrisierbaren, intelligenten Agenten, die sich eigenständig innerhalb der Verkehrsmittel bewegen und sich über verschiedene Infektionswege gegenseitig infizieren. Zielsetzung der Masterarbeit ist es Erkenntnisse zu Fragestellungen, wie „Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit der Ansteckung bei Nutzung eines öffentlichen Transportmittels während einer Influenza-Pandemie?“ zu gewinnen, die für andere Simulationsmodelle genutzt werden können.

Das Ziel dieser Ausarbeitung ist es unterschiedliche Arbeiten vorzustellen, deren Ansätze genutzt werden können um das eigene Vorhaben umzusetzen.

2 Related Work

2.1 Modeling of contagious disease spread

Die Arbeit „An agent-based approach for modeling dynamics of contagious disease spread“ von Liliana Perez und Suzana Dragicevic befasst sich mit der Entwicklung eines generischen Simulationsmodells für Infektionskrankheiten. Unter Verwendung von agenten-basierter Modellierung und Geoinformationsdaten wird die spatio-temporale Ausbreitung einer Krankheit durch sich über ein Transportnetzwerk bewegende Agenten untersucht (Perez und Dragicevic, 2009).

2.1.1 Generisches Infektionsmodell

Als Infektionsmodell wird das SEIR-Modell verwendet, das die Population in Gruppen von „Susceptible“, „Exposed“, „Infectious“ und „Recovered“ Individuen unterteilt. Kommt ein empfängliches Individuum mit einem infektiösen zum Zeitpunkt t_i in Kontakt, beginnt die Inkubationszeit¹ L_{P_i} . Nach Ablauf dieser Zeit ist die Person für einen Zeitraum I_{P_i} infektiös und kann andere Individuen anstecken. Um das Modell für unterschiedliche Krankheiten verwenden zu können, lassen sich für die Inkubationszeit und Zeit, die eine Person infektiös ist, die Parameter X_{LP} und X_{IP} angeben, wodurch sich folgende Zeitpunkte für die Zustandswechsel ergeben: $L_{P_i} = t_i + X_{LP}$ und $I_{P_i} = L_{P_i} + X_{IP}$. Nach Ablauf von I_{P_i} ist eine Person genesen und kann nicht erneut angesteckt werden.

2.1.2 Modellierung der Infektionsübertragung

Das entwickelte Modell unterscheidet zwischen stationären und mobilen Aktivitäten, wobei eine Infektionsübertragung nur bei den stationären Tätigkeiten stattfinden kann. Die mobilen Tätigkeiten dienen den Agenten dazu, sich über die spatiale Struktur hinweg zu bewegen, um andere Lokationen aufzusuchen. Besucht ein infektiöser Agent eine Lokalität, wird zunächst überprüft, ob sich empfängliche Agenten innerhalb eines bestimmten Radius

¹Inkubationszeit - Zeitraum vom der Infektion mit dem Krankheitserreger bis zum Auftreten erster Symptome

zum infektiösen Agenten aufhalten. Anschließend wird auf Basis der Dichte der Personen in dieser Lokalität ein gewisser Prozentsatz der erreichbaren, empfänglichen Individuen infiziert. Die Individuen im Modell folgen einem Tagesablauf, der vorsieht, dass die Agenten vier Stunden die Lokation aufsuchen in der sie arbeiten, bzw. zur Schule gehen. Nach den vier Stunden gehen 30 % der Individuen vier Stunden einer Freizeitaktivität nach, wobei die restlichen 70 % weitere vier Stunden arbeiten bzw. lernen. Jeweils eine Stunde verbringen die Individuen in mobilen Aktivitäten um zu ihren jeweiligen Zielen zu gelangen.

Das Modell verwendet Geoinformationsdaten um Lokalitäten zu identifizieren, an denen die Individuen ihren Aktivitäten nachgehen können und auf Basis dessen ein Transportnetzwerk erstellt wird, das die Agenten nutzen. Ferner werden Daten zur Bevölkerungsdichte verwendet um den Prozentsatz an zu infizierenden Individuen innerhalb einer Lokalität zu bestimmen.

2.1.3 Sensitivitätsanalyse

Um den Einfluss der Parameter des Modells auf die Simulationsergebnisse zu bestimmen, wird eine univariante Sensitivitätsanalyse durchgeführt, bei der im Gegensatz zur multivariaten Sensitivitätsanalyse nur einzelne Parameter verändert und die Resultate verglichen werden. Die betrachteten Parameter bei diesem Modell sind zum einen die Bevölkerungsdichte, welche festlegt wie groß der Prozentsatz an zu infizierenden Individuen ist, und zum anderen die Zeiträume, die bei den unterschiedlichen stationären Aktivitäten verbracht werden. Die Änderung der Parameter hat unterschiedliche Simulationsergebnisse zur Folge, deren Änderungen sich begründen lassen und die Erwartungen entsprechen (Perez und Dragicvic, 2009).

2.1.4 Bewertung

Das vorgestellte Simulationsmodell befasst sich mit den spatio-temporalen Ausbreitung einer Infektionskrankheit innerhalb einer Stadt und zeigt, dass sich Infektionen gerade durch die Bewegung von Agenten verbreiten. Die Infektionsübertragung ist sehr rudimentär gehalten, da die Interaktion der Individuen untereinander, sowie die verschiedenen Übertragungswege (Tröpfcheninfektion, in-/direkte Kontaktinfektion) unberücksichtigt bleiben. Des Weiteren gibt es nur eine Art von Agenten, die sich nicht in Alter und Geschlecht unterscheiden, wobei gerade Kinder ein besonderes epidemiologisches Phänomen darstellen und zur Krankheitsausbreitung beitragen (Van-Tam und Sellwood, 2009, S. 5 f.).

Der grundlegende Gedanke sich bewegender Agenten wird in dieser Arbeit zwar aufgegriffen, aber die Infektionsübertragung bei den mobilen Tätigkeiten nicht berücksichtigt. Die eigene Arbeit soll diesen Aspekt der Infektionsausbreitung genauer untersuchen, indem die Inter-

aktion innerhalb der Verkehrsmittel simuliert und dabei zwischen unterschiedlichen Typen von Agenten sowie Übertragungswegen unterschieden wird. Die vorgestellte Arbeit kann als Vorlage im Hinblick auf das Infektionsmodell dienen und zeigt den Nutzen der Verwendung von Geoinformationsdaten für diese Art von Simulationsmodellen, die auch für die eigene Arbeit zur Nachbildung der öffentlichen Verkehrsnetzes genutzt werden.

2.2 Situated Cellular Agents

Die Arbeit „A Methodology for Crowd Modelling with Situated Cellular Agents“ von Stefania Bandini, Mizar Luca Federici und Giuseppe Vizzari nutzt das Situated Cellular Agent Modell (kurz SCA Modell) zur Simulation des Verhaltens von Individuen in Umgebungen (Bandini u. a., 2005). Es wurde an der Università di Milano entwickelt und ist eine spezielle Klasse vom Multilayered Multi-Agent Situated System (kurz MMass), die genutzt werden um Menschenmengen zu modellieren oder Fußgängersimulationen durchzuführen (Bandini u. a., 2002).

2.2.1 SCA-Framework

Das SCA-Modell ist ein formales Framework und dient zur Definition komplexer Systeme, in denen autonome Individuen in einer Umgebung platziert und aufgrund der Struktur der Umgebung in ihren Interaktionen beeinflusst werden. Die Umgebung besteht hierbei aus Objekten, die Felder ausstrahlen und damit die Individuen beeinflussen (Bandini u. a., 2005). Der Ablauf im Agenten folgt dabei dem „field-perception-action-mechanism“ bei dem der Agent Felder wahrnimmt und aufgrund seines aktuellen internen Status darauf reagiert, indem er beispielsweise selbst anfängt ein Feld zu emittieren, sich bewegt oder einen internen Zustandswechsel durchführt. Alle Felder, die ein Agent in einem bestimmten Zustand wahrnehmen und die Aktionen, die er durchführen kann, werden formal definiert und lassen die Agenten selbstständig in der Umgebung handeln und mit anderen Agenten interagieren (Bandini u. a., 2005).

2.2.2 Fallstudie: U-Bahn Station

Die Arbeit umfasst eine Fallstudie in der das Verhalten von Passanten in einer U-Bahn-Station - einem Ort an dem häufig Situationen auftreten, in denen sich große Menschenmengen, getrieben von unterschiedlichen Zielen, gegenüber stehen und miteinander interagieren - modelliert wird (Bandini u. a., 2005).

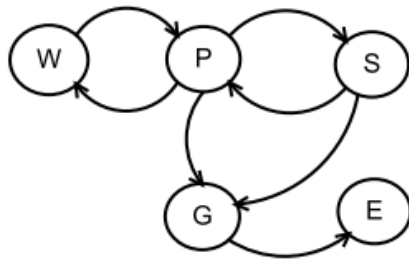


Abbildung 2.1: Zustandsdiagramm des Agenten (Bandini u. a., 2005)

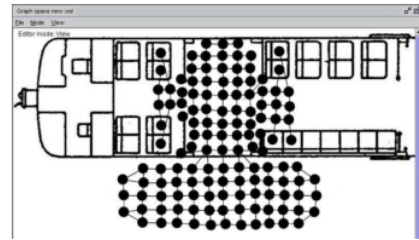


Abbildung 2.2: diskretisierte Umgebung (Bandini u. a., 2005)

Es gibt hierbei nur einen Typ von Agent, der die in der unter Abbildung 2.1 gezeigten Zustandsübergänge vollziehen kann. Ein Agent im Zustand **Waiting** wartet am Bahnsteig auf die U-Bahn und wird von Feldern angezogen, die die Türen der U-Bahn aussenden. Als Aktion bewegt sich der Agent auf die Tür zu und wechselt bei Erreichen der Tür, getriggert durch die Wahrnehmung des maximalen Türfeldes, in den Zustand **Passenger**, in dem er von Sitzen und Griffen im U-Bahn-Wagon angezogen wird. Die anderen Zustände sind **Seated** für sitzende, **Get-off** für aussteigende und **Exiting** für die Station verlassende Agenten.

Die diskretisierte spartiale Struktur, in der sich der Agent bewegen kann, ist in Abbildung 2.2 zu sehen. Die aktiven Elemente der Umgebung wie Sitze oder Griffe strahlen Felder aus, die auf den einzelnen Punkten vom Agenten wahrnehmbar sind.

2.2.3 Bewertung

Die vorgestellte Fallstudie zeigt, dass sich der Ansatz für die Modellierung des dynamischen Verhaltens von Passanten innerhalb einer U-Bahn Station eignet und damit auf für die eigene Arbeit verwendet werden kann. Die formale Definition erlaubt es auch andere Typen von Individuen zu modellieren, sodass sich beispielsweise Pendler, Gelegenheitsnutzer, Erwachsene und Kindern abbilden lassen, die häufig sehr unterschiedliche Verhaltensweisen und Immunitäten aufzeigen und damit unterschiedlich stark zur Infektionsausbreitung beitragen (Van-Tam und Sellwood, 2009).

Das Modell muss um das Verhalten innerhalb der Wagons erweitert werden, sodass die Individuen in der Lage sind Fenster zu öffnen oder Müll zu entsorgen, wofür weitere aktive Elemente, die Felder ausstrahlen, notwendig sind. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Berührung von Oberflächen zu einer Infektion führen kann, wenn die entsprechende Oberfläche kontaminiert ist, und dass die Individuen sich durch Tröpfcheninfektion anstecken können.

2.3 Individual Space Time Activity-based Modelling

Die Arbeit „Individual space-time activity-based modelling of infectious disease transmission within a city“ von Yong Yang, Peter Atkinson und Dick Ettema beschäftigt sich mit der Infektionsausbreitung innerhalb einer Stadt und legt dabei den Fokus auf die Abbildung der Population in dieser Stadt, möglicher Aktivitäten der Einwohner, der Zuweisung von Aktivitätsmustern an die Individuen und die Simulation der Infektionsübertragung bei den Aktivitäten (Yang u. a., 2008).

Von besonderen Interesse für die eigene Arbeit ist hierbei der vorgestellte Ansatz des „activity-based modelling“, mit der Identifikation und Zuweisung von Aktivitätsmustern an die Individuen einer Bevölkerung.

2.3.1 Konzept ISTAM

Eine zentrale Rolle stellen die „Activity Bundle“ dar, die einen logischen Raum repräsentieren, in dem die Infektionswahrscheinlichkeit von den Interaktionen der einzelnen Individuen und ihre Rollen abhängt. Die Infektionswahrscheinlichkeit ist hierbei abhängig von der Wahrscheinlichkeit des Kontaktes zweier Individuen p_c und der Distanz, mit der die Individuen miteinander in Kontakt treten p_i , die auf Intimate-, Personal- und Social-Distance diskretisiert wird.

Abbildung 2.3 zeigt das Activity Bundle Shop, in dem es die Gruppen „worker“ und „customer“ gibt. Jedem dieser Gruppen wird ein spatiales Pattern zugewiesen, welches vorgibt auf welche Art Individuen der gleichen Gruppe miteinander in Kontakt treten und welche Distanz p_i dabei eingehalten wird. So definiert das spatiale Pattern „loop“ einen Ring über die Angestellten, wobei ein Angestellter zu seinen direkten Nachbarn Kontakt mit der „Intimate-Distance“ und zu den nächsten indirekten Nachbarn mit der „Personal-Distance“ hat. Das „dynamic random“ Pattern gibt vor, dass die Kunden in Abhängigkeit von ihrer Mobilität und der Dichte im Laden mit einer Anzahl zufällig ausgewählter anderer Kunden in Kontakt kommen und dabei die „Social-Distance“ eingehalten wird. Die Wahrscheinlichkeit des gruppenübergreifenden Kontaktes ist so geregelt, dass 20 % der Kunden zufällig mit einem Angestellten in Kontakt kommen (Yang u. a., 2008).

Für jede in dem Modell abgebildete Aktivität wurde ein solches „Activity Bundle“ erstellt und damit die Infektionsausbreitung innerhalb der Stadt, basierend auf den Interaktionen der Individuen modelliert.

AB type	description	values of parameters (default: p_c)
shop	<i>loop</i> between workers <i>dynamic random</i> between all customers 20% of customers come into contact with one staff member randomly	loop (p_c^3) dynamic random (density: 0.5, mobility = 1, p_c^4) randomly selected 20% of customers come into contact with one staff (p_c^3)

Abbildung 2.3: Activity Bundle „Shop“ mit Infektionswahrscheinlichkeiten (Yang u. a., 2008)

2.3.2 Identifizierung von Aktivitäten

Zur Identifikation relevanter Aktivitäten dient eine Erhebung aus dem Jahr 2000, bei der 3499 Einwohner über zwei Tage ein Aktivitätstagebuch geführt haben. Die identifizierten Aktivitäten werden den Individuen auf Basis ihres soziodemografischen Status zugewiesen, wobei die Population basierend auf statistischen Daten zunächst grob in vier unterschiedliche Altersklassen unterteilt wird. Eine weitere Subklassifizierung erfolgt bei der Klasse „Kinder“ zwischen 10 und 18 Jahren sowie der Klasse der Erwachsenen.

Den Individuen werden bei Initialisierung feste Aktivitäten wie Schule oder Arbeit vorgegeben, danach werden die leeren Zeiteinheiten basierend auf dem soziodemografischen Status mit Aktivitäten belegt. Zur Ausführung einzelner Aktivitäten können die Individuen eine zufällige oder die nächst gelegene Lokalität auswählen.

Die Anreise zu den einzelnen Aktivitäten wird in dem Modell nicht abgebildet, die Individuen sind in der Lage bei jedem Zeitschritt die Lokalität zu wechseln, wodurch Verkehrsmittel in diesem Modell komplett unberücksichtigt bleiben.

2.3.3 Bewertung

Die Arbeit vernachlässigt öffentliche Verkehrsmittel zwar komplett, zeigt aber wie die auf Aktivitäten basierende Modellierung genutzt werden kann, um das Reiseverhalten einzelner Individuen nachzubilden. Dieser Ansatz wird im Vergleich zu den Trip- oder Routen basierten Ansätzen als geeigneter bezeichnet, da hierbei der Bedarf einer Reise direkt mit dem Wunsch verbunden ist eine Aktivität auszuführen und die Auswahl der Aktivität von häuslichen und soziologischen Aspekten beeinflusst wird (Algers u. a., 2005; McNally und Rindt, 2008).

Dieser Ansatz kann für die eigene Arbeit verwendet werden, um ein authentisches Reiseverhalten der Population nachzubilden und somit die mögliche Infektionsausbreitung über öffentliche Verkehrsmittel zu simulieren. Um in einer weiteren Ausbaustufe des eigenen Simulationsmodells auch die Infektionsausbreitung über die einzelnen Aktivitäten zu berücksichtigen, könnte das Modell um das vorgestellte Konzept der „Activity Bundles“ erweitert werden, wobei der Fokus zunächst jedoch auf der Modellierung der öffentlichen Verkehrsmittel liegt.

2.4 Discrete Space Scheduled Walkers

Die Arbeit „Epidemic modeling with discrete-space scheduled walkers: extensions and research opportunities“ von Maciej Borkowski, Blake Podaima und Robert McLeod befasst sich ebenfalls mit der Modellierung der Infektionsausbreitung innerhalb einer Stadt und berücksichtigt dabei sehr grob auch Verkehrsmittel. Der zweite Teil der Arbeit untersucht mögliche Datenquellen zur Abbildung von Lokalitäten, der Population, von Aktivitäten und der Infektionskrankheit und stellt offene Forschungsfelder in diesem Gebiet vor (Borkowski u. a., 2009).

2.4.1 Konzept DSSW

Die Modellierung der „discrete spaced scheduled walkers“ ist im Vergleich zum vorherigen Ansatz etwas weniger detailliert. Die einzelnen Individuen gehören zu Familien und bilden Gruppen, die ähnlichen Aktivitäten nachgehen. Den einzelnen Institutionen sind feste Infektionswahrscheinlichkeiten zugeordnet mit denen die Individuen infiziert werden, wobei die Interaktion der Individuen jedoch vollkommen unberücksichtigt bleibt.

Als Verkehrsmittel werden in dem Modell Busse und Autos berücksichtigt, die spezielle Institutionen darstellen und auf geraden Linien direkt von dem Haus eines Individuums zu seinem Zielort fahren, wozu sie dynamisch zur Laufzeit erzeugt werden.

Möchte ein Agent die Institution wechseln, wird zunächst überprüft, ob er in Laufreichweite ist. Ist dies nicht der Fall trifft der Agent die Entscheidung das Auto oder den Bus zu nehmen. Entscheidet sich der Agent für den Bus, wird zunächst auf Basis seiner aktuellen Position überprüft, ob ein bereits erzeugter Bus innerhalb der Laufreichweite des Agenten vorbei kommt. Ist dies der Fall wird der Agent in diesem Bus platziert, falls nicht wird ein neuer Bus erzeugt, der den Agenten zu seinem Ziel bringt.

2.4.2 Bewertung

Das Simulationsmodell bei dieser Arbeit ist sehr grob gehalten, da die Interaktion der Individuen komplett unberücksichtigt bleibt und die Institutionen sowie die Verkehrsmittel feste Infektionswahrscheinlichkeiten besitzen. Zwar werden Verkehrsmittel berücksichtigt, jedoch halten diese sich nicht an Fahrpläne und werden bei Bedarf dynamisch erzeugt.

Das eigene Simulationsmodell soll diese Aspekte berücksichtigen, indem beispielsweise die Fahrpläne des öffentlichen Nahverkehrs genutzt werden um die Transportmittel zu erzeugen. Des Weiteren sollen Geoinformationsdaten zur Lokalisierung von Stationen dienen, über die die Individuen das Transportnetzwerk betreten bzw. verlassen können.

3 Zusammenfassung und Ausblick

3.1 Zusammenfassung

Wie Eingangs erwähnt, berücksichtigt ein Großteil der existierenden Simulationsmodelle vorwiegend die Infektionsübertragung bei stationären Aktivitäten wie Arbeit, Schule oder dem Aufenthalt zu Hause, da hier die meiste Zeit verbracht wird und damit die Infektionswahrscheinlichkeit entsprechend hoch ist (Mossong u. a., 2008). Es gibt ein Bewusstsein dafür, dass auch öffentliche Verkehrsmittel zur Infektionsausbreitung beitragen, jedoch werden diese häufig nur sehr grob oder gar nicht berücksichtigt.

Die vorgestellten Arbeiten modellieren die Infektionsausbreitung unterschiedlich detailliert, haben aber im Grunde den gleichen Ansatz. Es gibt Individuen die einen Tagesablauf haben, bei dem sie Tätigkeiten nachgehen und sich dabei mit einer Krankheit infizieren können. Bei der Infektionsübertragung wird hier teilweise auf die Interaktion der Individuen Rücksicht genommen, teilweise wird diese aber auch vernachlässigt. Über eine durchgeführte Sensitivitätsanalyse des Modells berichtet nur eines der vorgestellten Projekte.

3.2 Ausblick

Aufgrund der Vernachlässigung öffentlicher Verkehrsmittel bei vielen dieser Arbeiten, soll innerhalb der eigenen Arbeit ein Simulationsmodell erstellt werden, mit dem spezifische Erkenntnisse im Hinblick auf die Infektionsübertragung über öffentliche Verkehrsmitteln gewonnen werden können. Die vorgestellten Arbeiten zeigen aktuelle Konzepte und Verfahren die auch in der eigenen Arbeit Anwendung finden sollen. Die Nachbildung des dynamischen Verhaltens der Individuen in den Verkehrsmitteln lässt sich mit Hilfe des formalen SCA-Modells definieren und modellieren. Für die Nachbildung des Reiseverhaltens der Population wird der auf Aktivitäten basierende Ansatz gewählt, wobei Geoinformationsdaten helfen Lokaltäten zu identifizieren und das öffentliche Verkehrsnetz nachzubilden. Die Daten des Zensus 2011 werden im November 2012 veröffentlicht und werden als Grundlage zur Abbildung der Populationen dienen. Fachliche Unterstützung erhält das Projekt seitens des Forschungsteams um Herrn Prof. Dr. Reintjes von der Fakultät Life Science.

Literaturverzeichnis

- [Aleman u. a. 2009] ALEMAN, Dionne M. ; WIBISONO, Theodoras G. ; SCHWARTZ, Brian: Accounting for individual behaviors in a pandemic disease spread model. In: *Winter Simulation Conference*. Austin, Texas : Winter Simulation Conference, 2009 (Newman 2002), S. 1977–1985. – URL http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5429727. – ISBN 9781424457717
- [Algers u. a. 2005] ALGERS, Staffan ; ELIASSON, Jonas ; MATTSSON, Lars-Göran: Is it time to use activity-based urban transport models? A discussion of planning needs and modelling possibilities. In: *The Annals of Regional Science* 39 (2005), November, Nr. 4, S. 767–789. – URL <http://www.springerlink.com/index/10.1007/s00168-005-0016-8>. – ISSN 0570-1864
- [Bandini u. a. 2005] BANDINI, Stefania ; FEDERICI, Mizar L. ; VIZZARI, Guiseppe: A methodology for crowd modelling with situated cellular agents. In: *WOA 2005* (2005), S. 91–98. – URL <http://www-lia.deis.unibo.it/books/woa2005/papers/13.pdf>
- [Bandini u. a. 2002] BANDINI, Stefania ; MANZONI, Sara ; SIMONE, Carla: Dealing with space in multi-agent systems: a model for situated MAS. In: *Proceedings of the first international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems: part 3*. ACM, 2002, S. 1183–1190. – URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=545056.545097>. – ISBN 1581134800
- [Borkowski u. a. 2009] BORKOWSKI, Maciej ; PODAIMA, Blake W. ; MCLEOD, Robert D.: Epidemic modeling with discrete-space scheduled walkers: extensions and research opportunities. In: *BMC public health* 9 Suppl 1 (2009), Januar, S. 1–19. – URL <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2779502&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. – ISSN 1471-2458
- [McNally und Rindt 2008] McNALLY, Michael G. ; RINDT, Craig: The activity-based approach. In: HENSHER, David A. (Hrsg.) ; BUTTON, Kenneth J. (Hrsg.): *Handbook of transport modelling*. Pergamon, 2008, Kap. 4, S. 53–68. – URL <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=tbbASOGxcNUC&>

oi=fnd&pg=PA53&dq=The+Activity-Based+Approach&ots=cId1CrQ2tn&sig=PcejWgI6ZbrNEV7Y4iAQwdJW6Kk

- [Mossong u. a. 2008] MOSSONG, Joël ; HENS, Niel ; JIT, Mark ; BEUTELS, Philippe ; AURANEN, Kari ; MIKOLAJCZYK, Rafael ; MASSARI, Marco ; SALMASO, Stefania ; TOMBA, Gianpaolo S. ; WALLINGA, Jacco ; HEIJNE, Janneke ; SADKOWSKA-TODYS, Malgorzata ; ROSINSKA, Magdalena ; EDMUNDS, W J.: Social contacts and mixing patterns relevant to the spread of infectious diseases. In: *PLoS medicine* 5 (2008), März, Nr. 3, S. e74. – URL <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2270306&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. – ISSN 1549-1676
- [Perez und Dragicevic 2009] PEREZ, Liliana ; DRAGICEVIC, Suzana: An agent-based approach for modeling dynamics of contagious disease spread. In: *International journal of health geographics* 8 (2009), Januar, S. 50. – URL <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2729742&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. – ISSN 1476-072X
- [Robert-Koch-Institut 2007] ROBERT-KOCH-INSTITUT: *Nationaler Pandemieplan, Teil III*. 2007. – URL http://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/I/Influenza/influenzapandemieplan_III.pdf
- [Troko u. a. 2011] TROKO, Joy ; MYLES, Puja ; GIBSON, Jack ; HASHIM, Ahmed ; ENSTONE, Joanne ; KINGDON, Susan ; PACKHAM, Christopher ; AMIN, Shahid ; HAYWARD, Andrew ; NGUYEN VAN-TAM, Jonathan: Is public transport a risk factor for acute respiratory infection? In: *BMC infectious diseases* 11 (2011), Januar, Nr. 1, S. 16. – URL <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3030548&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. – ISSN 1471-2334
- [Van-Tam und Sellwood 2009] VAN-TAM, Jonathan ; SELLWOOD, Chloe ; VAN-TAM, J. (Hrsg.) ; SELLWOOD, C. (Hrsg.): *Introduction to pandemic influenza*. Wallingford : Cabi, 2009. – URL <http://www.cabi.org/CABeBooks/default.aspx?site=107&page=45&LoadModule=PDFHier&BookID=489>. – ISBN 1845935780
- [Yang u. a. 2008] YANG, Yong ; ATKINSON, Peter ; ETTEMA, Dick: Individual space-time activity-based modelling of infectious disease transmission within a city. In: *Journal of the Royal Society, Interface / the Royal Society* 5 (2008), Juli, Nr. 24, S. 759–72. – URL <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2607451&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>. – ISSN 1742-5689