

# **Analyse und Simulation des psychiatrischen Versorgungssystems der Altmark**

## **Bachelorarbeit**

Lehrstuhl für Simulation  
Institut für Simulation und Grafik  
Studiengang Informatik  
der  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Tim Dittmar**

Matrikelnummer: 181242

Gutachter: Prof. Graham Horton,  
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Themensteller: Dipl.-Ing. Benjamin Rauch-Gebbensleben,  
Salus gGmbH

Bearbeitungszeitraum: 03.11.2010 bis 23.03.2011

Magdeburg, 22.03.2011

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>2</b>
<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Einführung .....</b>	<b>5</b>
1.1 Hintergrund & Motivation.....	5
1.2 Ziele .....	7
1.3 Aufgaben .....	9
<b>2 Grundlagen .....</b>	<b>11</b>
2.1 Die psychiatrische Versorgung in der Altmark .....	11
2.2 Der Patientenstrom in der Altmarkregion .....	12
2.3 Der Aufbau von Diagnoseschlüsseln.....	13
2.4 Die Simulationsumgebung AnyLogic .....	14
<b>3 Simulationsmodell .....</b>	<b>16</b>
3.1 Entwicklung und Konzeption des Modells.....	16
3.2 Patienten und deren Erzeugung .....	17
3.3 Das Klinikmodul .....	19
3.4 Die Verteilung der Patienten auf die Kliniken .....	22
3.5 Das Regelsystem .....	23
3.6 Das Simulationsmodell als Bausteinkasten .....	24
<b>4 Experimente .....</b>	<b>26</b>
4.1 Verifikation des Simulationsmodells .....	26
4.2 Deterministischer Simulationslauf mit historischen Daten .....	28
4.3 Verwendung zufälliger Verweildauern .....	30
4.4 Validierung des Regelsystems für die Patientenverteilung .....	31
4.5 Fragestellungen an das Simulationsmodell .....	32
<b>5 Auswertung &amp; Ausblick.....</b>	<b>35</b>
5.1 Zusammenfassung .....	35
5.2 Interpretation und Beurteilung der Ergebnisse.....	36
5.3 Erweiterungsmöglichkeiten .....	38
5.4 Anwendungsmöglichkeiten .....	39
<b>Anhang A: Relevante Diagnosegruppen im ICD-10-GM .....</b>	<b>41</b>

---

<b>Anhang B: Regeln des Simulationsmodells der Altmark.....</b>	<b>42</b>
<b>Glossar .....</b>	<b>44</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>45</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>46</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>47</b>
<b>Erklärung .....</b>	<b>48</b>

## Zusammenfassung

Gegenstand der hier vorgestellten Arbeit ist die gesundheitliche Versorgung seelisch kranker Menschen und wie sie vom Computer nachgestellt, d.h. simuliert werden kann. Obwohl viele das Thema psychische Krankheiten tabuisieren, sind sie doch immer häufiger der Grund für Arbeitsausfälle. Daher ist es wichtig eine gute psychiatrische Versorgung zu gewährleisten. Doch die dafür Verantwortlichen sind selbstverständlich an finanzielle Grenzen gebunden und müssen daher sorgfältig ihre Leistungsangebote planen. Durch eine bedarfsgerechte Planung kann effizient und kostendeckend gearbeitet werden. Jedoch ist diese Planung schwierig, da man auf der einen Seite mit einem demographischen Wandel zu kämpfen hat und auf der anderen mit wachsenden Zahlen der psychischen Erkrankungen.

Daher sollte mit dieser Arbeit ein Modell für die Simulation der psychiatrischen Versorgung in der Altmark entwickelt werden. Diese Region bot sich an, da nur wenige Einrichtungen eines Versorgers betrachtet werden mussten und somit das System handhabbar war. Vorrangiges Ziel war es, die Verteilung von Patienten auf die Einrichtungen durch Definition von Regeln vorzunehmen. Dadurch ist es möglich, verschiedene Ansätze für die Verteilung nutzen zu können und auch auf sich ändernde Prozessabläufe zu reagieren.

Nach der genaueren Betrachtung der Region und der Entwicklung eines Konzepts für das zu erstellende Modell wurde es in Form eines Bausteinkastens implementiert. Mehrere Experimente führten dann Schritt für Schritt zu einem endgültigen Modell für die Altmark. Dieses eignete sich auch, um einfache Fragestellungen zu beantworten, beispielsweise, wie die Auswirkungen der Einführung einer neuen besseren Therapie auf die Auslastungen der Einrichtungen sind. Allerdings stellte sich auch heraus, dass der gewählte Ansatz für die Verteilung der Patienten noch nicht dafür geeignet ist, die Auswirkung neuer geplanter Einrichtungen zu ermitteln. Allerdings stellen die Ergebnisse dieser Arbeit eine gute Grundlage für die weitere Forschung nach einem allgemeinen Simulationsmodell für die psychiatrische Versorgung in Deutschland dar.

# 1 Einführung

## 1.1 Hintergrund & Motivation

Seit Menschengedenken ist der Mensch mit den verschiedensten Formen und Arten von Krankheiten konfrontiert. Sie gehören praktisch zum Alltag eines jeden Menschen und die Entwicklung der Medizin als krankheitsbekämpfende bzw. –heilende Disziplin ist eine nur logische Konsequenz. Die Gesundheit ist für die meisten Menschen ein hohes Gut, oftmals wichtiger als Reichtum und Ruhm, weshalb sich über die Jahrtausende unzählige Gebiete der Medizin entwickelt haben.

Heutzutage haben die meisten Staaten ein komplexes Gesundheitssystem, welches die medizinische Versorgung aller Einwohner sicherstellen soll. Eine gut funktionierende und effiziente medizinische Versorgung trägt einen wichtigen Teil zum Erfolg einer Gesellschaft bei, denn gesunde Menschen sind glücklicher, motivierter und auch längere Zeit arbeitsfähig. Daher ist dies dem wirtschaftlichen, aber auch dem gesellschaftlichen Erfolg einer Nation sehr zuträglich. Deutschland gab im Jahre 2006 beispielsweise 10,4% des Bruttoinlandproduktes für das eigene Gesundheitssystem aus (WHO, 2011).

Doch was bedeutet es eigentlich, krank zu sein? In den Vorstellungen der meisten Menschen werden mit diesem Wort vor allem körperliche Leiden, wie organische Fehlfunktionen, Infektionen und Verletzungen assoziiert. Seelische Krankheiten werden ganz anders bewertet, nämlich in vielen Fällen als Schwäche des Charakters. Dabei stellen psychische Krankheiten eine wesentliche Rolle im Gesundheitssystem dar, denn z.B. Depressionen und Alkoholerkrankungen gehören zu den weltweit häufigsten Erkrankungen und bei Berufstätigen sind im Schnitt zehn Prozent aller Fehltage auf sie zurückzuführen. Dieser Anteil der Fehltage ist seit 1997 um rund 93% gestiegen (Bundesministerium für Gesundheit, 2011) und daher erkennt auch mehr und mehr die Politik die Bedeutung der Psychiatrie. Dr. Philipp Rösler, seit Oktober 2009 Bundesminister für Gesundheit, ist beispielsweise Schirmherr des Aktionsbündnis „Seelische Gesundheit“ und auch in der EU gewinnt die Psychiatrie zunehmend an Bedeutung:

*„Wir stellen uns hinter die Feststellung, dass es keine Gesundheit ohne psychische Gesundheit gibt. Psychische Gesundheit ist von zentraler Bedeutung ...und sollte daher als integraler und wesentlicher Teil anderer Politikbereiche wie z.B. Sozialwesen, Bildung und Beschäftigung betrachtet werden.“ Europäische Erklärung der EU-Gesundheitsminister, Helsinki 2006*

Für die psychiatrische Versorgung sind in der Bundesrepublik Deutschland, das Bundesministerium für Gesundheit (BMG), die Krankenkassen und private Ärzte und Einrichtungen verantwortlich. Zu diesen privaten Versorgern zählt die Salus gGmbH, die in Sachsen-Anhalt viele Einrichtungen zur Behandlung psychischer Krankheiten betreibt. BMG, Krankenkassen und Salus gGmbH befinden sich also in einem Beziehungsdreieck, in dem zwischen allen Beteiligten Know-How ausgetauscht wird, aber auch gegenläufige Interessen verfolgt werden. Die Krankenkassen beispielsweise müssen dafür sorgen, dass Leistungen der Salus gGmbH auch finanziert werden können und mit den ausgehandelten Preisen muss die Salus gGmbH dann Pläne entwickeln, um kostendeckend agieren zu können. Im BMG hingegen werden Gesetzesentwürfe entwickelt, die beispielsweise die Finanzierung der Krankenkassen regeln oder die Versorger zur Datenerhebung und zum Qualitätsmanagement verpflichtet.

Das SALUS-Institut als forschende Einrichtung der Salus gGmbH „versteht sich als Drehscheibe für wissenschaftliches Know-How“ (SALUS-Institut, 2011) mit den Schwerpunkten in den Gebieten der Therapieevaluation und der Trendforschung. Dieses Know-How entsteht durch die Kooperation mit Partnern an Hochschulen und Universitäten, sowie durch die Analyse von erhobenen Daten aus den Versorgungseinrichtungen der Salus gGmbH. Aber auch durch das Feedback und den Austausch mit Ärzten, Betreuern und Patienten. Zur Anwendung des Wissens kommt es in allen Bereichen der Salus, sei es in der Aus- und Weiterbildung von Personal oder bei der Qualitätssicherung oder auch bei der Bewertung von Maßnahmen, wie die Errichtung neuer Tageskliniken, Änderungen von Therapieangeboten oder Kapazitäten.

In dem Bereich der Trendforschung ist das SALUS-Institut bisher auf statistische Analysen von Daten und Recherchen in Literatur und Internet angewiesen gewesen, um Prognosen über das psychiatrische Versorgungssystem machen zu können. Derartige Prognosen haben jedoch nur begrenzte Aussagekraft, da es sich in der Regel um errechnete Durchschnittswerte handelt und diese spiegeln nur schwer das Verhalten des Systems wider. Aus diesem Grund entschied sich das SALUS-Institut für die Entwicklung einer Simulation für die psychiatrische Versorgung und fand mit dem Lehrstuhl für Simulation der Otto-von-Guericke-Universität einen kompetenten Partner.

Ein Vorteil der Computersimulation liegt in der Unabhängigkeit der Ergebnisse, denn in Deutschland werden „Analyse- und Planungsprozess oft von Lobbyisten und weiteren beteiligten Parteien beeinflusst“ (SALUS-Institut, 2011). Entscheidungsträger könnten demnach von der Simulation unterstützt werden, indem konkrete Fragen über das Systemverhalten, beispielsweise wie sinnvoll die Errichtung einer neuen Tagesklinik wäre, beantwortet werden. Die Simulation würde dabei ausschließlich auf den gegebenen Daten basieren und keine eigenen Interessen verfolgen. Gelingt es eine glaubhafte und überzeugende Visualisierung zu erstellen, könnte die Simulation darüber hinaus für Präsen-

tationszwecke eingesetzt werden, die im Gegensatz zum bloßen Vortragen der Kennzahlen für eine deutlich bessere Aufmerksamkeit garantieren würde.

Bisher existiert jedoch praktisch kein Modell, das die Prozesse und mathematischen Zusammenhänge eines psychiatrischen Versorgungssystems beschreiben würde. Aus diesem Grund wurden Untersuchungen zur Machbarkeit und Realisierung eines solchen Modells begonnen. In dem Paper „Challenges of Building a Simulation Model of the German Mental Health Care System“ (Kristina Dammasch, 2009) wurden die Gegebenheiten in Deutschland untersucht und analysiert. Aufgrund der Komplexität und Größe des Systems konnten jedoch keine ausreichenden Zusammenhänge oder Prozessregeln ermittelt werden. Stattdessen wird vorgeschlagen die Untersuchungen in geographisch begrenzten Regionen weiterzuführen. Hier ist es möglich, sich ausführliche Daten regionaler Versorgungsanbieter, wie der Salus gGmbH, zu organisieren und zu analysieren. Auch demographische Verhältnisse sind in einer kleineren Region stabiler und erleichtern so die Analyse. Möglicherweise lassen sich Ergebnisse dieser untersuchten Regionen zu einem Gesamtmodell für Deutschland zusammenführen.

Für diese Aufgabe wäre ein Simulationsbausteinkasten, der es ermöglicht, schnell und einfach Modelle für ein regionales Versorgungssystem zu erstellen, ein äußerst hilfreiches Werkzeug. Des Weiteren könnten die bereits erwähnten Vorteile der Computersimulation für diese Regionen genutzt werden, um Fragen über das regionale System zu beantworten. Dadurch könnte die Salus gGmbH zukünftig besser ihre Ziele verfolgen, wie beispielsweise kostendeckend zu agieren und das Therapieangebot ständig zu verbessern und zu optimieren. Außerdem wäre dem SALUS-Institut ein Alleinstellungsmerkmal gegeben, mit dem es sich als Dienstleister für Auftraggeber interessant machen kann.

Gegenwärtig ist das SALUS-Institut im Besitz eines recht starren Simulationsprogramms, welches hauptsächlich auf deterministischen Daten basiert. Das bedeutet, dass das Verhalten größtenteils vorgegeben ist. Für Patienten ist beispielweise von vorneherein bekannt in welche Klinik sie in der Simulation eingewiesen werden und wie lange sie dort bleiben. Lediglich Reihenfolge und Ankunftszeiten werden zufällig verteilt. Zur Erstellung eines Szenarios in dem eine neue hypothetische Klinik in der Region simuliert werden soll, wäre demnach eine Änderung der Daten notwendig. Es wird also manuell bestimmt, welche Patienten die neue Klinik besuchen.

## 1.2 Ziele

Angesichts dieser Hintergründe ist es notwendig zu klären, welche Ziele mit der Simulation erreicht werden sollen. Diese dienen vor allem als Entscheidungsgrundlage bei der Entwicklung und auch als Maßstab zur Bewertung des erstellten Modells.

Bereits aus dem Titel der Arbeit lassen sich zwei Ziele ableiten. Zum Einen muss ein valides Simulationsmodell für die Altmark Region erstellt werden und zum Anderen muss es zur Analyse der psychiatrischen Versorgung möglich sein, konkrete Fragestellungen bezüglich der Klinikauslastungen, Patientenverteilung und Verweildauern von Patienten zu beantworten. Die Validität des Modells muss daher auch anhand dieser Größen beurteilt werden und um dies tun zu können, muss ein weiteres Ziel erfüllt werden. Es muss nämlich möglich sein anhand von historischen Daten einen deterministischen Simulationslauf mit dem Modell durchführen zu können. Das bedeutet, dass ein bereits bekannter reeller Ablauf des Systems durch das Simulationsmodell nachgestellt werden kann, indem es mit den Kenndaten ausgeführt wird. Dabei werden ausschließlich bekannte Werte verwendet und keinerlei Zufallszahlen erzeugt. Durch so einen deterministischen Simulationslauf lässt sich ermitteln, ob das erstellte Simulationsmodell die gleichen Werte erzeugt, wie sie in der Realität aufgetreten sind oder ob das Modell gewisse Effekte vernachlässigt.

Neben dem eigentlichen Modell müssen auch konkrete Szenarien, denen man neue Erkenntnisse für eine gewisse Fragestellung entnehmen kann, erstellt werden. Denn solche Szenarien ermöglichen erst den erhofften Erkenntnisgewinn, der für viele Entscheidungsträger von großer Bedeutung sein könnte. Dazu zählen z.B. Szenarien, wie die Einführung einer neuen Therapieform oder auch die Änderung der Bettenkapazitäten.

Des Weiteren muss das Verhalten der Patienten bzw. des Modells durch Regeln konfigurierbar sein, wodurch das Modell seine Flexibilität erhält. Diese ist erforderlich, damit verschiedene Ansätze erstellt und ausprobiert werden können und vor allem um bei der Erstellung der Szenarien nicht zu schnell an die Grenzen der Machbarkeit zu gelangen. Außerdem sind die einzelnen Prozesse im psychiatrischen Versorgungssystem nicht immer transparent oder die Messungen bestimmter Daten nicht immer möglich (SALUS-Institut, 2011). Aber auch sich ändernde Prozesscharakteristika, wie beispielsweise die Änderung der Kapazität einer Klinik, oder die Eröffnung einer neuen Klinik, ließen sich über flexible Regeln gut implementieren.

Da das Simulationsmodell in Zukunft auch für weitere Regionen genutzt werden soll, ist es sinnvoll, es in Form eines Bausteinkastens zu implementieren. Daher ist ein modularer Aufbau des Modells zwingend erforderlich, um somit einzelne sinnvolle Bausteine zu erhalten. Aber auch aus anderen Gründen ist eine modulare Struktur von Vorteil, denn dadurch müssen sich ähnelnde Abläufe nicht immer wiederholt erstellt werden und Änderungen in der Modellierung solcher Abläufe werden sofort für alle Instanzen übernommen. Außerdem werden die Übersichtlichkeit und das Verständnis des Modells erhöht und Modelle für andere Regionen lassen sich so schneller erstellen.

Ein Weiteres Ziel ist die Trennung möglichst aller Daten vom Simulationsmodell, d.h. dass keine festen Werte in die Module eingegeben sind, sondern diese über Excel-



Tabellen bereit gestellt werden. Dies ist sinnvoll, da bereits viele Daten im SALUS-Institut in Form von Excel-Tabellen vorliegen und dieses Format deutlich flexibler zu ändern ist als beispielsweise simple Textdateien. Ein weiterer Vorteil der klaren Trennung ist die Möglichkeit leicht auf andere Datensysteme zurückgreifen zu können, um beispielsweise die Excel-Tabellen durch ein Datenbanksystem zu ersetzen.

Außerdem wäre eine gute Performanz des Simulationsmodells sehr wünschenswert, da so eher bei der Entwicklung auf schnelle Funktionstests zurückgegriffen werden kann, als bei sehr träge und lange laufenden Modellen. Des Weiteren ließen sich mehr Replikationen erstellen, die für genauere Ergebnisse notwendig sind.

### 1.3 Aufgaben

Nachdem geklärt worden ist, welche Ziele erreicht werden sollen, folgt nun die Vorgehensweise zum Erreichen dieser Ziele. Zunächst ist es notwendig, sich einen Überblick über die Altmarkregion und die dortige psychiatrische Versorgung zu verschaffen. Dazu gehört unter anderem, welche Einrichtungen der Salus gGmbH in der Region vertreten sind, welchen Weg die Patienten durch das System nehmen und welche Daten zur Verfügung stehen bzw. noch benötigt werden.

Da davon auszugehen ist, dass das SALUS-Institut sämtliche benötigten Daten vorzuliegen hat, gehört die Sammlung bzw. Messung von Daten nicht zu den Aufgaben dieser Arbeit. Lediglich Umformungen in bestimmte einheitliche Formate werden eventuell vorgenommen. Des Weiteren gehört es nicht zu den Aufgaben des Modells die Patienten mit ihren Eigenschaften selbst zu generieren. Es muss lediglich möglich sein, vorgegebene Listen von Patienten und ihrer Ankunftszeiten lesen und nutzen zu können. Parallel zu dieser Arbeit forscht das SALUS-Institut nämlich an einem Modell bzw. System für die Vorhersage des Patientenaufkommens, dessen Ergebnisse später als Eingabe für das Simulationsmodell dienen könnten. Dieses Forschungsprojekt wird unter dem Begriff Patientenprognose zusammengefasst.

Anhand dieser Gegebenheiten muss dann ein Konzept für das Simulationsmodell entwickelt werden, welches beinhaltet, was für ein Simulationsansatz verwendet werden soll und welche Module erstellt werden müssen. Bei dem Konzept muss beachtet werden, dass es nicht nötig ist, das Verhalten anderer Versorger als das der Salus gGmbH zu betrachten und dass die Patientenprognose nicht simuliert werden muss. Außerdem muss hier bestimmt werden, wie detailliert die einzelnen Prozesse modelliert werden sollen, um aussagekräftige Ergebnisse zu erzeugen. Mithilfe des Konzepts ist dann die Implementierung des Modells möglich. Hierbei sind kleinere Randbedingungen zu beachten, wie beispielsweise, dass ein Simulationslauf exakt ein Jahr simuliert. Dies ist sinnvoll, da meistens für die einzelnen Jahre geplant wird und man so auch Ergebnisse der Simulation mit Jahresberichten vergleichen kann. Während der Implementierung ist

auf möglichst performanten Code und geeignete Datenstrukturen zu achten, sowie auf den Einbau einfacher Plausibilitätskontrollen.

Nach der Erstellung der Module sollten grundlegende Maßnahmen zur Verifikation durchgeführt werden, um sicher zu stellen, dass die Module wie angedacht funktionieren. Daraufhin kann dann ein konkretes Modell für die Altmarkregion zusammengebaut und die entsprechenden Excel-Tabellen mit den notwendigen Daten vorbereitet werden. Die Validation des Modells wird dann sukzessive vorgenommen. Zunächst wird ein deterministischer Simulationslauf durchgeführt, danach werden die Verweildauern durch angegebene Verteilungen ermittelt, um zu sehen, ob diese Verteilungen verwendet werden können und im letzten Validationsschritt werden Regeln für den Patientenstrom hinzugefügt. Mit einem validen Modell können dann Szenarien zur Beantwortung bestimmter Fragestellungen erstellt werden. Am Ende müssen dann die Ergebnisse interpretiert und ein Ausblick auf die weitere Verwendung und Entwicklung des Modells gegeben werden.

## 2 Grundlagen

Um einen Überblick über die zu betrachtende Region zu erhalten und um die für die Durchführung der Arbeit notwendigen Werkzeuge kennenzulernen, folgen in den nächsten Abschnitten grundlegende Informationen zu diesen Themen.

### 2.1 Die psychiatrische Versorgung in der Altmark

Die Region Altmark stellt den nördlichen Teil von Sachsen-Anhalt dar und grenzt südlich an die Magdeburger Börde und an die Colbitz-Letzlinger Heide. Sie ist vor allem durch Landwirtschaft geprägt, weshalb die Bevölkerungsdichte im Vergleich zum Rest Sachsen-Anhalts eher gering ist. Zu den zwei größten Städten gehören die Hansestädte Stendal und Salzwedel (Unnau, 1986).

Die Altmark bietet sich als Region für die Simulation eines psychiatrischen Systems besonders gut an, da die Salus gGmbH der führende psychiatrische Versorger in dieser Region ist. Außerdem gibt es nur wenige Wechselwirkungen mit anderen Anbietern (SALUS-Institut, 2011). Daher kann man auf eine Vielzahl von Daten der Salus zurückgreifen und ist nicht auf die Daten externer Einrichtungen angewiesen.

Der Stendaler Ortsteil Uchtspringe (USP) kann als das Zentrum der psychiatrischen Versorgung der Altmark angesehen werden, denn neben einer der modernsten Maßregelvollzugseinrichtungen Deutschlands, nämlich dem Landeskrankenhaus für Forensische Psychiatrie, befinden sich dort auch das Pädagogisch-Psychiatrische Zentrum und mehrere Fachkliniken für spezielle psychiatrische Bereiche. Alle diese Einrichtungen und viele weitere werden von der Salus gGmbH betrieben. Alle Standorte der Salus gGmbH und ihre Lage in Sachsen-Anhalt können der Abbildung 1 entnommen werden.



Abbildung 1: Standorte der Salus in Sachsen-Anhalt (Salus gGmbH, 2010)

Für die Simulation müssen jedoch nicht alle Einrichtungen betrachtet werden, sondern lediglich die Fachkliniken in Uchtspringe und die Tageskliniken in Stendal und Salzwedel. Der Unterschied zwischen einem Fachklinikum und einer Tagesklinik besteht in der Unterbringung der Patienten. Während die Patienten in den Fachkliniken wie in einem Krankenhaus vollstationär behandelt werden, d.h. sie während der Behandlungszeit das Klinikum nicht verlassen, ist in den Tageskliniken eine teilstationäre Behandlung gegeben, bei der die Patienten tagsüber die Klinik besuchen und Therapieangebote wahrnehmen, aber abends die Klinik wieder verlassen. Zu den zu betrachtenden Fachkliniken in Uchtspringe gehört zunächst die Klinik für Erwachsenenpsychiatrie und Psychotherapie (APSY), zu der die Abteilungen für Allgemeine Psychiatrie und für **Gerontopsychiatrie** gehören. Diese Klinik hat insgesamt 110 Planbetten zur Verfügung. Außerdem zu betrachten, ist die Klinik für Psychotherapeutische Medizin und Abhängigkeits-erkrankungen (PTM), sowie die Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie (KJP). Diese haben eine Kapazität von 40 bzw. 90 Patienten. Hinzu kommen die Tagesklinik für Psychiatrie/Psychotherapie (TESD) mit 23 Plätzen und die Tagesklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie (TKSD) mit 18 Plätzen, welche beide in Stendal liegen. Ebenso befinden sich zwei Tageskliniken in Salzwedel, nämlich die Tagesklinik für Erwachsenenpsychiatrie/Psychotherapie (TESW) mit 21 Plätzen und die Tagesklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie/ -psychotherapie (TKSW) mit 12 Plätzen. Die TKSW wurde im März 2007 eröffnet, weshalb die TKSD zu dieser Zeit sechs Plätze streichen musste.

## 2.2 Der Patientenstrom in der Altmarkregion

Der Weg, den Patienten durch das Systems nehmen, wird auch als Patientenstrom bezeichnet. Ihn zu kennen, ist essenziell für die Entwicklung des Simulationsmodells und soll daher in diesem Kapitel näher analysiert werden.

Potentielle Patienten befinden sich zunächst in der Bevölkerung. Bei psychischen Krankheiten ist es in der Regel nicht der Patient selbst, der erkennt, dass er möglicherweise erkrankt ist, da sich Krankheiten wie Alkoholsucht oder Depression in der Regel nicht eingestanden werden. Stattdessen werden die meisten von der Familie oder Freunden zum Gang zum Arzt bewogen. Die Ärzte wiederum erstellen eine Diagnose und weisen den Patienten in einer der Fach- oder Tageskliniken ein. Eine wichtige Feststellung ist, dass es nicht den direkten Weg des Patienten aus der Bevölkerung in eine der Kliniken gibt, sondern dass vorher immer ein Arzt als Einweiser fungiert.

In Abbildung 2 sind die möglichen Patientenströme schematisch dargestellt. Die durchgezogenen Pfeile zeigen den regulären Patientenstrom. Dabei geht ein Patient zu einem Einweiser bzw. wird zu einem solchen gebracht und wird von diesem entweder in eine

Tagesklinik oder in ein Fachklinikum überwiesen. Die Einweiserärzte können dabei in folgende Kategorien eingeteilt werden:

- Hausarzt (HA)
- Facharzt (FA)
- **Institutsambulanz (IA)**
- Krankenhaus (KH)
- **Medizinisches Versorgungszentrum (MVZ)**

Weitere temporäre Patientenströme werden durch die gestrichelten Pfeile dargestellt. So kann ein Patient beispielsweise von einem Fachkrankenhaus in eine Tagesklinik verlegt werden und vice versa oder vom Einweiser wieder in die Bevölkerung geschickt werden, wenn dieser keine Diagnose stellen kann. Diese temporären Patientenströme sind zwar bekannt, aber nicht dokumentiert oder in Form von Daten ersichtlich. In Wirklichkeit verlassen Patienten das Fachkrankenhaus oder die Tagesklinik und gehen wieder in die Bevölkerung über. Da jedoch die Bevölkerung von der Simulation nicht erfasst wird, sondern durch die Patientenprognose nachgeahmt wird, werden im Modell die Patienten nach der Behandlung aus dem System genommen, statt der Bevölkerung zurückgeführt zu werden.

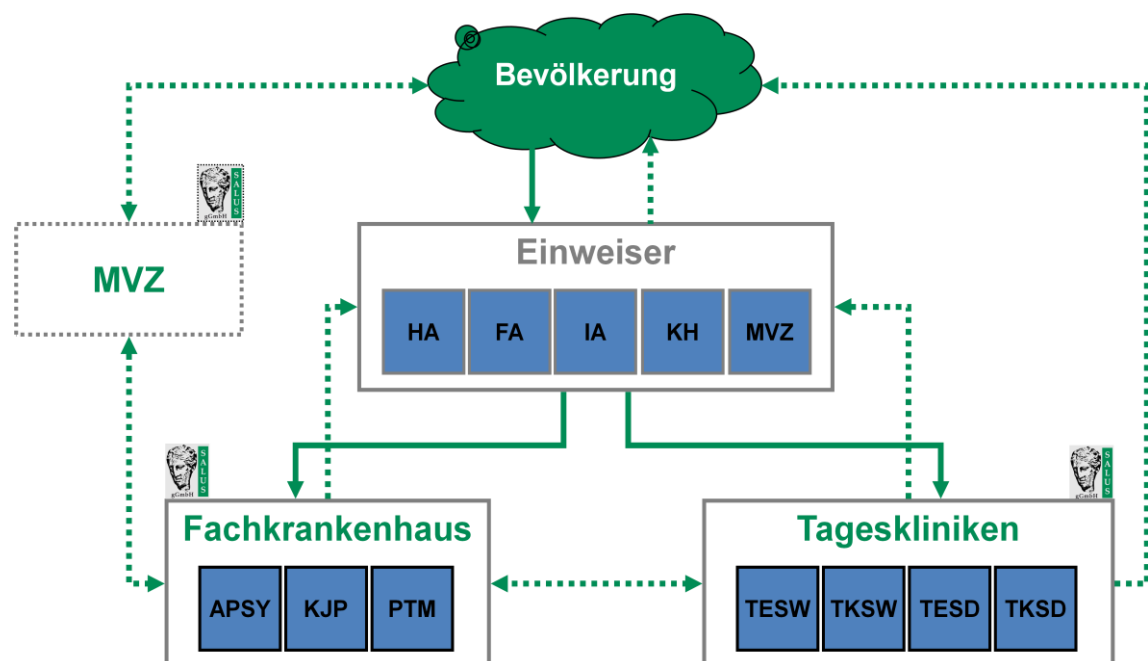


Abbildung 2: Patientenstrom für die zu betrachtenden Kliniken (SALUS-Institut, 2011)

### 2.3 Der Aufbau von Diagnoseschlüsseln

Für die Kodierung von Diagnosen wird in Deutschland zur Zeit der ICD-10-GM angewandt. Dabei steht ICD für **I**nternational **S**tatistical **C**lassification of **D**iseases and

Related Health Problems, die 10 für die Revision und GM für **G**erman **M**odification. Im Rahmen dieser Arbeit ist vor allem der Aufbau der Schlüsselnummern, die zur Beschreibung von Krankheiten und Krankheitsgruppen dienen, von Bedeutung.

Das ICD-10 Verzeichnis besteht aus 22 Kapiteln, die jeweils thematisch ähnliche Krankheiten zusammenfassen. Kapitel V beispielsweise enthält „Psychische und Verhaltensstörungen“, ergo die Diagnosen, die in einem psychiatrischen Versorgungssystem vorrangig auftreten. Diese Kapitel werden in Gruppen und die Gruppen in Kategorien unterteilt. Weiterhin können die Kategorien wiederum durch weitere Subkategorien ausdifferenziert werden (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information, 2011).

Konkrete Diagnosen werden mit drei Zeichen symbolisiert, wobei das erste immer ein Buchstabe ist und die folgenden zwei immer Ziffern. Solch eine Diagnose kann durch bis zu zwei weitere Ziffern detailliert werden und in diesem Fall wird ein Punkt nach den ersten drei Zeichen gesetzt. Eine gängige verschlüsselte Diagnose wäre z.B. F10.2, die für Psychische und Verhaltensstörungen durch Alkohol mit Abhängigkeitssyndrom steht. Generell kann man beim ICD-10 das Kapitel nicht anhand des ersten Buchstabens ermitteln, aber bei den Buchstaben F und G ist dies dennoch der Fall. Diese beiden für das psychiatrische Versorgungssystem relevanten Kapitel unterteilen sich in jeweils elf Untergruppen, welche im Anhang A: Relevante Diagnosegruppen im ICD-10-GM mit entsprechendem Diagnoseschlüsselbereich aufgelistet werden. Dabei können viele Gruppen nur mit dem Buchstaben und der ersten Ziffer identifiziert werden.

Dieser Umstand lässt sich nutzen, um detaillierte Diagnosen einfach und sinnvoll zu verallgemeinern, indem dem Diagnoseschlüssel das hinterste Zeichen entfernt wird. So würde aus F10.2 nach der ersten Verallgemeinerung F10 werden, was für die Diagnosegruppe Psychische und Verhaltensstörungen durch Alkohol stehen würde. Nach der zweiten Verallgemeinerung bliebe noch F1, wo statt von Alkohol von psychotropen Substanzen die Rede ist und diese Diagnose wird schließlich zu F verallgemeinert, welches dann für alle Verhaltensstörungen steht. Zwar wurde der gesamte ICD-10 Katalog nicht nach diesem hierarchischen Prinzip verschlüsselt, jedoch kann man für die Diagnosen der psychiatrischen Versorgung gut nach diesem Schema verallgemeinern. Dies ist für das Modell wichtig, um auf Daten für größere Diagnosegruppen zurückgreifen zu können, wenn keine Daten für eine konkrete Diagnose vorliegen.

## 2.4 Die Simulationsumgebung AnyLogic

Für die Erstellung des Simulationsmodells wird das von XJ Technologies entwickelte Simulationstool AnyLogic in der Professional Edition verwendet, welches derzeit in Version 6.5.1 zur Verfügung steht. Es ermöglicht den flexiblen Aufbau von Simulationsmodellen und bietet darüber hinaus zahlreiche Möglichkeiten der 2D- und 3D-

Visualisierung, sowie wie eine Auswahl an verschiedenen Experimentarten, was die Erstellung verschiedenster Szenarien erleichtert.

Die Oberfläche von AnyLogic basiert zu Teilen auf der Open Source Eclipse IDE (Integrated Development Environment) der Eclipse Foundation, welche unter anderem auch zur Entwicklung von Java Programmen benutzt wird. Auch AnyLogic basiert auf Java und nutzt es sowohl als Engine zur Ausführung der Experimente als auch zur Beschreibung der Simulationsmodelle. Dennoch wirbt XJ Technologies damit, dass man auch ohne Java-Kenntnisse komplexe Modelle erstellen kann, denn diese lassen sich grafisch im integrierten Editor erstellen. Dazu stehen etliche Standard-Bausteine zur Verfügung und die Palette lässt sich durch Libraries erweitern. Um das Ziel zu erreichen, einen Bausteinkasten zu erstellen, sollte so eine Library erstellt werden.

Eine Besonderheit von AnyLogic ist die Möglichkeit die Modelle nach drei verschiedenen Modellierungsmethoden zu erstellen:

- System Dynamics,
- Discrete Event und
- Agent Based.

Ferner ist es sogar möglich bei Bedarf die Methoden gleichzeitig zu verwenden (XJ Technologies, 2010). Für die Entwicklung des Simulationsmodells wird in dieser Arbeit die Discrete Event Methode verwendet, da sie sich gut eignet, das Problem darzustellen und auch deutlich bessere Performanz bietet, als z.B. System Dynamics. Für den System Dynamics Ansatz müsste das System auch gut mathematisch beschreibbar sein. Der diskrete Ansatz hingegen hat deutlich weniger numerische Probleme als der kontinuierliche, denn es werden nur relevante Ereignisse des Systems betrachtet, die eine Zustandsänderung zur Folge haben.

## 3 Simulationsmodell

In diesem Kapitel wird erläutert, wie das Konzept für das Modell entwickelt wurde und wie wichtige Elemente implementiert wurden. Somit wird ein Überblick über die Funktionsweise des Modells verschafft.

### 3.1 Entwicklung und Konzeption des Modells

Als Grundlagen für die Entwicklung des Konzepts wurden zunächst die Entscheidung für die diskrete Simulation und AnyLogic, als zu verwendende Simulationsumgebung, herangezogen, die in Kapitel 2 näher erläutert wurden. Bei der Verwendung des diskreten Simulationsansatzes und speziell bei der Simulation von Prozessen bietet es sich an, auf Bausteine der in AnyLogic verfügbaren Enterprise Library zurückzugreifen. So müssen gängige Abläufe in Prozessen, wie das Erstellen von Objekten oder das Unterbringen von Objekten in einer Warteschlange, nicht selbst erstellt werden. Für das zu entwickelnde Modell stellen die Patienten diese Objekte dar, die daher als Java-Klasse implementiert werden müssen.

Da das Modell auch als Bausteinkasten modelliert werden soll, bietet sich der Top-Down Ansatz an, um geeignete Module zu finden, die dann separat modelliert werden können. Betrachtet man den Patientenstrom aus Abschnitt 2.2, entstehen zunächst Patienten in der Bevölkerung. Das Erzeugen von Patienten kann als ein eigenständiges Modul aufgefasst werden, welches später durch Erkenntnisse der Patientenprognose erweitert oder gar ersetzt werden kann. Es beinhaltet für die erzeugten Patienten auch gleich den entsprechenden Einweisertyp, denn für die Beantwortung von Auslastungs- und Planungsfragen der Kliniken ist der Prozess beim Einweiser irrelevant. Lediglich die Überweisung des Einweisers in eine Klinik muss nachgebildet werden. Dazu dient ein weiteres Modul, welches für jeden Patienten anhand dessen Eigenschaften und die der Kliniken entscheidet, welche Einrichtung er besucht. Da die Kliniken alle ähnlich simuliert werden und eine Klinik eine klare Funktionseinheit bildet, drängt sich deren Modul förmlich auf. Um auch Regeln als Baustein nutzen zu können, werden auch diese durch ein Modul repräsentiert. Abbildung 3 veranschaulicht das eben beschriebene Konzept.

Bei der Implementierung des Modells wurden die Module dann einzeln entwickelt und getestet. Dabei wurden viele Ansätze zunächst Prototypenhaft realisiert und dann auf ihre Eignung hin untersucht und gegebenenfalls optimiert und übersichtlicher gestaltet oder ganz verworfen. Die Implementierung orientierte sich also am Rapid-Prototyping-Verfahren, weshalb auch viele Ideen und fertige Bestandteile wieder verworfen wurden.



In den folgenden Abschnitten werden die einzelnen Elemente und deren Realisierung erläutert, um detaillierteren Einblick in das Simulationsmodell und dessen Funktionsweise zu erhalten.

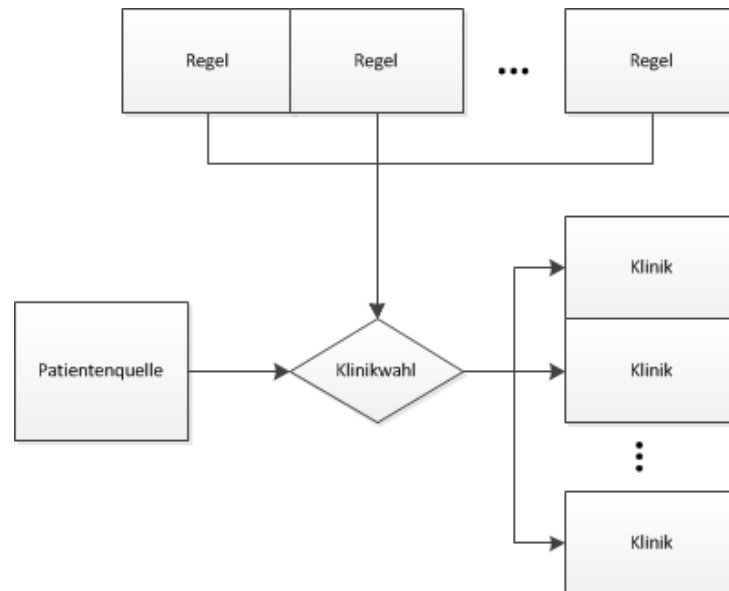


Abbildung 3: Konzept des Simulationsmodells

## 3.2 Patienten und deren Erzeugung

Ein grundlegendes Element des psychiatrischen Versorgungssystems stellen die Patienten dar. Sie werden im Simulationsmodell durch die Javaklasse „Patient“ repräsentiert, mit dem Ziel der Simulation Zugriff auf Eigenschaften konkreter Patienten zu ermöglichen. Zu diesen Eigenschaften gehören sowohl die echter Patienten, wie beispielsweise Alter und Diagnose, als auch solche, die nur dem Ablauf und der Steuerung der Simulation dienen. Folgende Attribute werden durch die Patientenklasse bereit gestellt (Datentyp in Klammern):

- Alter (Integer)
- Altersgruppe (String)
- Diagnose (String)
- Einweiser (String)
- Aufnahmekennzeichen (String)
- Einrichtung (String)
- Abteilung (String)
- Verweildauer (Double)
- skipWarteliste (Boolean)
- Wartezeit (Double)
- Regeln (ArrayList<Regel>)

- WktKliniken (Map<Klinik,Double>)

Die Altersgruppe ließe sich zwar anhand des Alters bestimmen, wurde aber aufgrund der besseren Handhabbarkeit und der größeren Flexibilität bei sich ändernden Altersgruppenschemas beibehalten. Das Aufnahmekennzeichen dient der Erkennung von Notfällen und die Attribute Einrichtung, Abteilung und Verweildauer werden für deterministische Abläufe genutzt, um feste Kliniken und Verweilzeiten zuzuordnen. Diese Liste ist natürlich im Bedarfsfall leicht durch weitere Attribute, wie z.B. Wohnort, Geschlecht, Arbeitsstand etc. erweiterbar und stellt auch nur einen Teilsatz der in den Patientenlisten enthaltenen Informationen dar.

Die letzten vier Attribute dienen der Simulationssteuerung und Statistik. Der boolesche Wert „skipWarteliste“ dient dem Überspringen der Warteliste, so dass ein Patient trotz einer eigentlich voll belegten Klinik aufgenommen wird. Für statistische Zwecke ist das Attribut „Wartezeit“, mit dem die Dauer des Verbleibs in der Warteliste einer Klinik gemessen wird. Die Liste „Regeln“ enthält alle bisher für den Patienten angewandten Regeln, d.h. alle Regeln, die bisher geprüft und deren Bedingung erfüllt war (Näheres siehe Abschnitt 3.5). Zentraler Bestandteil des Systems zur Auswahl einer Klinik ist das Attribut „WktKliniken“, welches jeder Klinik eine Wahrscheinlichkeit, dass sie gewählt wird, zuordnet.

Des Weiteren enthält die Patientenklasse noch einige Methoden, die vorrangig als Schnittstelle zur Manipulation von „WktKliniken“ dienen. Beispielsweise die Methode „normalizeWkt“, die der Normalisierung der Wahrscheinlichkeiten dient, so dass die Summe der Einzelwahrscheinlichkeiten Eins beträgt. Weitere Methoden wie „excludeKlinik“ und „keepOnlyKliniken“ dienen zum Ausschließen bestimmter Kliniken. Sie existieren in mehreren z.T. überladenen Varianten, um einzelne oder mehrere Kliniken als Parameter übergeben zu können, was die Nutzung vereinfacht. Diese Methoden werden den Regeln des Regelsystems bereit gestellt, die so Einfluss auf die Wahl der Klinik nehmen können.

Die Patientenquelle hat den Zweck der Simulation Patientenobjekte, d.h. Instanzen der Klasse „Patient“, zuzuführen. Dabei gehört es zu ihren Aufgaben die Patientendaten aus einer Excel-Tabelle zu lesen, die Patientenobjekte zu erstellen und sie zu bestimmten Zeitpunkten an das angehängte Modell zu übergeben. Realisiert wird die Patientenquelle als Modul, d.h. in AnyLogic in Form eines **ActiveObject**, welches praktisch ein Untermodell bzw. Baustein darstellt.

Die Excel-Tabelle, die als Datenquelle dient und eine Liste von zu erstellenden Patienten darstellt, hat die der Tabelle 1 zu entnehmende Struktur. Exklusive der Spalte „Aufnahmedatum“ entsprechen alle Spalten Attributen der Patientenklasse, wodurch sich eine Zeile leicht in ein konkretes Patientenobjekt überführen lässt. Per Parameter kann die zu verwendende Excel-Tabelle bestimmt werden, um so schnell mit einer anderen

Liste von Patienten simulieren zu können. Die Einträge in der Tabelle können außerdem unsortiert vorliegen.

Tabelle 1: Aufbau Excel-Tabelle für Patientenquelle mit Beispieldaten

Alter	Altersgruppe	Diagnose	Aufnahmekennzeichen	Aufnahmedatum	Einrichtung	Abteilung	Verweildauer	Einweiser
45	AG2	F102	N	01.01.2007	USP	APSY	9	IA
34	AG2	F322	A	01.01.2007	USP	APSY	17	KH
17	AG2	F928	N	01.01.2007	USP	KJP	84	HA

Sobald die Patientenquelle initialisiert wird, liest die Funktion „readPatienten“ die Zeilen der angegebenen Excel-Tabelle und erstellt ein entsprechendes Patientenobjekt, welches dann je nach Aufnahmedatum der Variable „Patienten“ hinzugefügt wird. Die Variable „Patienten“ vom Typ `HashMap<Date,LinkedList<Patient>>` enthält nach dem Einlesen für jedes aufgetretene Aufnahmedatum eine Liste von Patientenobjekten, die an diesem Datum in eine Klinik aufgenommen wurden.

Um die erstellten Patientenobjekte der Simulation zuzuführen, wird ein **Source-Objekt** der Enterprise Library mit manueller Zufuhr verwendet. Sobald das **Source-Objekt** durch einen Befehl dazu angewiesen wird, neue Patientenobjekte loszuschicken, wird die generierte Patientenliste entsprechend des Simulationsdatums aus der Variable „Patienten“ gelesen. Diese Liste wird dann dazu verwandt, die Patientenobjekte über einen Port, der als Schnittstelle zwischen **ActiveObjects** dient, der höheren Simulationsebene zur Verfügung zu stellen.

Für die zeitliche Steuerung wird ein Schedule-Objekt, welches mit der Version 6.5.1 von AnyLogic eingeführt wurde, benutzt. Es ermöglicht die Erzeugung von regelmäßigen Events, zu denen dem **Source-Objekt** der Befehl zum Freisetzen von Patientenobjekten gegeben werden kann. Daher werden die Patienten nicht über den Tag verteilt erzeugt, sondern einmal am Tag, was sich aufgrund der nur Tag-genauen Daten als sinnvollere Variante anbietet. Zu welchem konkreten Zeitpunkt dies geschieht, wird in den Experimenten zur Validation ermittelt. Die von AnyLogic benutzte logische Simulationszeit wird im Übrigen als Tage interpretiert, d.h., wenn das Modell 365 Simulationseinheiten lang läuft, entspricht dies einem Jahr.

### 3.3 Das Klinikmodul

Die Kliniken des psychiatrischen Versorgungssystems werden im Simulationsmodell ebenfalls durch ein eigenständiges Modul, d.h. durch ein **ActiveObject**, repräsentiert.

Zu den Hauptaufgaben des Klinikmoduls zählt das Einlesen von Klinik-spezifischen Daten wie Bettenkapazitäten und Verweildauer-Verteilungen, sowie das Verwalten von Patientenobjekten in der Klinik. Außerdem werden statistische Daten erhoben.

Für jede Klinik muss eine Excel-Tabelle existieren, die ihr Verhalten spezifiziert. Diese ist im Gegensatz zur Excel-Tabelle für die Patientenquelle in mehrere Arbeitsmappen gegliedert. Die Arbeitsmappe „Betten“ enthält für jedes angegebene Jahr die entsprechende Anzahl Betten, d.h. die Kapazität der Klinik. Eine Liste mit Verweildauern befindet sich in der Arbeitsmappe „Init“. Diese werden verwendet, um die Klinik zu Simulationsbeginn mit Patienten ohne Diagnose und anderen Eigenschaften füllen zu können. Zur Bestimmung der Verweildauern anhand von Diagnose und Altersgruppe werden die Daten aus der Arbeitsmappe „Verweildauern“ verwendet. Tabelle 2 verschafft einen Überblick über die Struktur und über die enthaltenen Daten. Ein Eintrag „gesamt“ in der Spalte „Jahr“ deutet darauf hin, dass die Verteilung über alle vorhandenen Daten erstellt wurde, also nicht für ein spezifisches Jahr. Die folgende Liste von Verteilung wird zurzeit unterstützt (zu verwendender Tabelleneintrag in Klammern):

- Normal-Verteilung (Normal)
- Exponential-Verteilung (Expo)
- Weibull-Verteilung (Weibull)
- Gamma-Verteilung (Gamma)
- Beta-Verteilung (Beta)
- Gleichverteilung (Uniform)

Die verwendete Implementierung jeder Verteilung ist der AnyLogic Dokumentation zu entnehmen, da lediglich auf von AnyLogic bereitgestellte Verteilungsfunktionen zurückgegriffen wird.

Tabelle 2: Aufbau der Excel-Arbeitsmappe "Verweildauern" mit Beispieldaten

Diagnose	AltersGr	Jahr	Verteilung	Parameter1	Parameter2	Parameter3	Offset
F0	AG2	gesamt	Beta	0,617	1,11	57	-0,5
F0	AG3	2002	Normal	27	13,7		
F01	AG2	gesamt	Gamma	9,64	2,29		5,5
F01	AG3	2002	Normal	28,9	12,5		

Zur Steuerung des Patientenflusses werden Elemente der Enterprise-Library verwendet. Daher dient ein Enter-Objekt als Eintrittspunkt durch welches Patientenobjekte der Klinik zugeführt werden können. Danach wird anhand des Patientenattributs „skipWarteliste“ entschieden, ob der Patient direkt in die Klinik geleitet wird oder ob er über eine Warteschlange, die die Warteliste der Klinik darstellt, geführt wird. Ein Pati-

ent gilt als in der Klinik aufgenommen, sobald er sich im **Delay-Objekt** befindet. Dieses ist lediglich technisch begrenzt und könnte über 2 Milliarden Patienten aufnehmen. Die Klinikkapazität wird stattdessen durch ein **Hold-Objekt** realisiert, welches Patienten daran hindert die Warteliste zu verlassen, wenn die Klinik, d.h. das **Delay-Objekt** die eingelesene Kapazität übersteigt. Anhand des in Abbildung 4 gezeigten AnyLogic Modells, lässt sich der beschriebene Patientenfluss gut nachvollziehen. Nach dem Verlassen der Klinik werden die Patientenobjekte aus der Simulation durch ein **Sink-Objekt** entfernt und auf diese Weise verlassen sie das System.

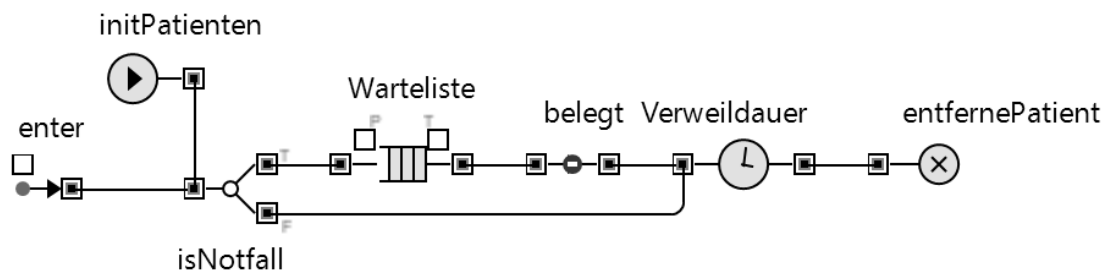


Abbildung 4: AnyLogic Modell der Klinik (exkl. Parameter, Variablen, Funktionen etc.)

Um die Klinik zu Simulationsbeginn mit einer Grundbelegung an Patienten füllen zu können, enthält das Klinikmodul ein **Source-Objekt**, welches beim Start der Simulation eine Menge von Patientenobjekten erstellt. Diese erhalten lediglich die aus der Arbeitsmappe „Init“ eingelesenen Verweildauern, da andere Attribute in diesem Fall nicht von Bedeutung sind.

Für die Identifikation der Klinik und zur Festlegung ihrer Funktionsweise dienen Parameter. Dementsprechend gibt es die Parameter „Einrichtung“ und „Abteilung“, mit denen der Klinik ein Name gegeben wird, damit sie in der Excel-Tabelle referenziert werden kann. Ein weiterer Parameter definiert, ob die Klinik eine Tagesklinik ist oder nicht. Weiterhin ist es möglich zu definieren, ob die Klinik zu Simulationsbeginn gefüllt wird und ob deterministische Verweildauern verwendet werden sollen. Bei Bedarf ist es auch möglich eine Standard-Verweildauer anzugeben, die dann verwendet wird, wenn in den Daten keine entsprechende Verweildauer gefunden wurde.

Das Einlesen der Verweildauern geschieht zur Initialisierung der Klinik in eine Variable, die jeder Diagnose bzw. Diagnosegruppe eine Liste von möglichen Verteilungen zuordnet, je nach Jahr bzw. Altersgruppe. Sobald ein Patientenobjekt vom **Delay-Objekt** aufgenommen wird, ermittelt eine Funktion die entsprechende Verweildauer des Patienten. Dabei wird der eingelesene Datensatz systematisch nach der am besten geeigneten Verteilung durchsucht. Die Verfahrensweise wird in Abbildung 5 durch ein Flussdiagramm veranschaulicht (VD steht für Verweildauer). Grundlegend wird dabei überprüft, ob die Diagnose des Patienten im Datensatz mit einer entsprechenden Verteilung

lung hinterlegt ist. Wird diese für das entsprechende Jahr und die entsprechende Altersgruppe nicht gefunden, wird die Diagnose, wenn möglich, verallgemeinert, indem das letzte Zeichen des Diagnoseschlüssels entfernt wird. Ermittelt die Funktion auf diese Weise keine Verteilung, wird zuletzt geprüft, ob eine Standard-Verweildauer angegeben wurde. Diese Standard-Verweildauer wird als dynamischer Parameter übergeben, d.h. es wird kein statischer Wert, sondern eine Funktion, die beispielsweise den Wert einer Normalverteilung zurückgibt, angegeben.

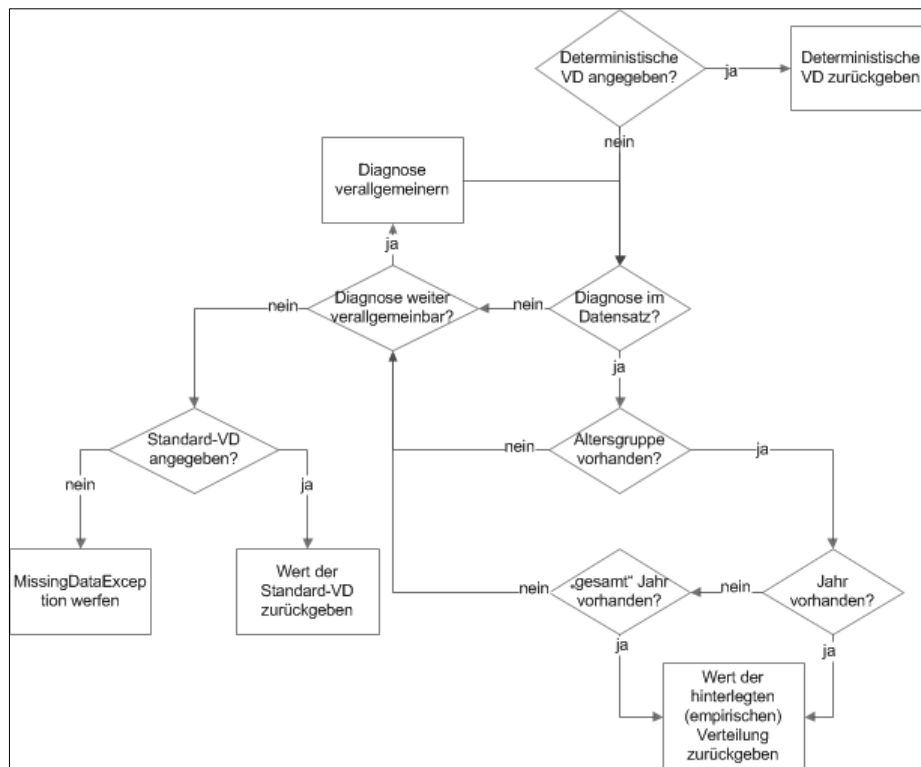


Abbildung 5: Flussdiagramm für die Bestimmung der Verweildauer eines Patienten

Für statistische Zwecke werden von der Klinik gewisse Daten erfasst. Zum Beispiel wird ein **DataSet-Objekt** bei jeder Änderung der Klinikbelegung aktualisiert, so dass es für jeden Zeitpunkt einer Änderung die momentane Belegung enthält. Ein weiteres **DataSet-Objekt** verhält sich analog dazu für die Wartelistenbelegung. Durch die Aktualisierung bei jeder Änderung des Messwerts, statt regelmäßiger Messproben, verhindert man, dass eventuelle interessante Phänomene übersprungen werden. Außerdem werden Statistiken für die Auslastung der Klinik und die Wartezeiten der Patienten via Statistik-Bausteine erstellt.

### 3.4 Die Verteilung der Patienten auf die Kliniken

Stellvertretend für den Entscheidungsprozess des Patienten für eine passende Klinik steht das Klinikwahl-Modul, welches ebenfalls als **ActiveObject** realisiert ist. Zu den

Aufgaben dieses Moduls zählen die Ermittlung aller relevanten Kliniken und Regeln der Simulation, sowie das Weiterleiten von Patientenobjekten zu einer entsprechenden Klinik. Des Weiteren enthält es das Regelsystem-Modul, welches die gesammelten Regeln auf die Patienten anwendet. Demnach stellt es die zentrale Sammelstelle des Simulationsmodells dar.

Die Registrierung von Kliniken und Regeln erfolgt jeweils über einen **Port**. Mithilfe von Connectoren können Kliniken bzw. Regeln an diesen angeschlossen werden. Wird eine Klinik oder Regel initialisiert, sendet sie eine Referenz über den eigenen Port und diese Referenz wird dann an den Ports der Klinikwahl empfangen und im Fall von Kliniken in einer Liste gespeichert und im Fall von Regeln an das enthaltene Regelsystem-Modul weitergeleitet. Durch dieses System muss der Benutzer keinen eigenen Quellcode erstellen, der eine Liste aller Kliniken und Regeln erstellt, sondern verbindet ausschließlich Kliniken und Regeln, die von der Simulation in Betracht gezogen werden sollen, mit dem Klinikwahl-Modul.

Patientenobjekte werden ebenfalls über einen Port der Klinikwahl zugeführt. Beim Eintreffen wird dann, wenn per Parameter so gewählt, geprüft, ob eine deterministische Klinik im Patientenobjekt hinterlegt ist. In diesem Fall wird dieser direkt dem Enter-Objekt dieser Klinik übergeben. Ansonsten durchläuft der Patient das Regelsystem, welches im nächsten Abschnitt genauer erläutert wird. Anschließend wird anhand der im Patientenobjekt gespeicherten Wahrscheinlichkeiten eine Klinik ermittelt. Allerdings wird dabei nicht automatisch die Klinik mit der höchsten Wahrscheinlichkeit gewählt, sondern durch eine gleichverteilte Zufallszahl entschieden, welche Klinik letztlich das Patientenobjekt aufnimmt.

### 3.5 Das Regelsystem

Den wohl innovativsten Bestandteil der Simulation stellt das Regelsystem dar. Es ermöglicht den Patientenfluss auf sehr flexible Art und Weise zu steuern. Realisiert wird es zum Einen mit dem **ActiveObject** „Regelsystem“, welches sich im Klinikwahl-Modul befindet, alle Regeln sammelt und auf den durchlaufenden Patienten anwendet und zum Anderen durch das **ActiveObject** „Regel“, welches die Regeln selbst darstellt.

Eine Regel wird vor allem durch dynamische Parameter definiert. Dadurch fungieren diese Parameter als Funktionen und nicht als Variablen, wodurch dynamische Rückgabewerte ermöglicht werden. Mit einem dieser dynamischen Parameter wird die Bedingung für das Aktivwerden der Regel bestimmt. Innerhalb dieses Parameters ist das zu prüfende Patientenobjekt immer als Variable „patient“ verfügbar. Eine Bedingung, die nur für Patienten ab einem Alter von 60 Jahren aktiv wird, könnte beispielsweise und ganz trivial, wie folgt aussehen: *patient.Alter*  $\geq$  60. Was beim Aktivwerden der Regel geschehen soll, wird durch einen weiteren dynamischen Parameter bestimmt, in dem

ebenfalls die Variable „patient“ zur Verfügung steht. Zu diesen zwei Parametern stehen zusätzlich analoge Versionen zur Verfügung, die verwendet werden, wenn von der Regel auch alle Kliniken überprüft werden sollen. In diesem Fall steht dann neben der Variable „patient“ auch die Variable „klinik“ zur Verfügung. Dadurch ist es möglich eine Regel für alle Kliniken anzugeben, statt dies für jede Klinik einzeln tun zu müssen. Des Weiteren kann man den Regeln eine Priorität zuweisen, um so die Reihenfolge ihrer Überprüfung zu definieren. Sollte eine Regel ein endgültiges Ergebnis für einen Patienten ermitteln, kann dies über einen weiteren Parameter definiert werden. Auf diese Weise kann die Überprüfung weiteren Regeln für diesen Patienten vorzeitig beendet werden und somit kann Performanz eingespart werden.

Das **ActiveObject** „Regelsystem“ sammelt alle angeschlossenen Regeln in einer Liste, in der sie ihrer Priorität entsprechend absteigend sortiert werden. Für Regeln mit gleicher Priorität kann keine bestimmte Reihenfolge garantiert werden. Betritt ein Patient das Regelsystem, werden alle Regeln für den Patienten überprüft und bei erfüllter Bedingung die entsprechende Aktion ausgeführt.

Zwar können die Regeln völlig flexibel in ihrer Funktion gestaltet werden, aber vorrangig dienen sie zur Änderung der Wahrscheinlichkeiten, die in den Patientenobjekten für jede Klinik gespeichert sind. Dies geschieht über die in der Klasse „Patient“ zur Verfügung gestellten Methoden.

### 3.6 Das Simulationsmodell als Bausteinkasten

Nachdem alle wichtigen Elemente für das Simulationsmodell erstellt worden sind, ist es über AnyLogic relativ einfach, einen wiederverwendbaren Bausteinkasten zu erstellen. Dazu muss lediglich eine neue Library geöffnet werden, woraufhin angegeben wird, welchen Namen die Library bekommt, welche Module (d.h. **ActiveObjects**) Teil von ihr werden sollen und mit welchen Icons die Module in der Palette angezeigt werden. Daraufhin lässt sich die Library in Form einer .jar Datei exportieren. Diese kann dann in AnyLogic als Palette hinzugefügt werden, so dass die entwickelten Module dem Anwender zur Verfügung stehen.

Mit den vier in der Library enthaltenen Modulen ist der Anwender nun in der Lage äußerst komfortabel und schnell ein konkretes Simulationsmodell für eine Region zu erstellen. Ein Modell für die Region Bernburg beispielsweise benötigt ohne Regeln lediglich acht Bausteine, wie in Abbildung 6 zu sehen. Der Großteil der Arbeit steckt im Zusammentragen der Daten und im Finden sowie Erstellen der Regeln.



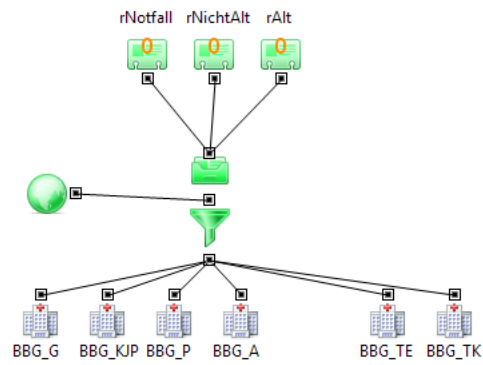


Abbildung 6: Beispielmodell für die Region Bernburg

Eine wichtige Einstellung für die korrekte Funktionsweise des Modells ist jedoch bei der Erstellung der Experimente zu beachten. Dort muss dafür gesorgt werden, dass das Modell genau ein Jahr simuliert und auch das zu simulierende Jahr muss durch Angabe des Simulationsbeginns in Form eines Datums eingestellt werden.

## 4 Experimente

Die in diesem Kapitel folgenden Experimente wurden auf einem Laptop mit folgenden Spezifikationen durchgeführt:

- Prozessor: Intel® Core™2 Duo (T8300) mit 2,40GHz Taktfrequenz je Kern
- Arbeitsspeicher: Zwei GB
- Grafikkarte: NVIDIA® GeForce® 9500M GS
- Betriebssystem: Windows 7 Professional (64Bit)

Sämtliche Angaben von Berechnungsdauern beziehen sich folglich auf diese Systemkonfiguration. Normalerweise unterstützt AnyLogic in der Version 6.5.1 die Verwendung mehrerer Prozessorkerne, jedoch musste dieses Feature deaktiviert werden, da es dabei zu Problemen mit der Ausführungsreihenfolge gewisser Programmteile kam, die eine korrekte Ansammlung von Messdaten unmöglich machten.

Nach der Erstellung eines Simulationsbausteinkastens und der Demonstration eines Beispielmodells ist es nun erforderlich zu zeigen, dass alle Elemente auch korrekt funktionieren (Verifikation) und dass sie in der Lage sind, ein regionales psychiatrisches System zu simulieren (Validation). Die folgenden Experimente dienen dazu, mögliche Fehler zu entdecken und ein Simulationsmodell für die Altmarkregion zu erstellen. Auch für Simulationsprogramme gilt, wie für jede Software, dass sich ihre Fehlerfreiheit nicht garantieren lässt. Außerdem ist es leider nicht möglich, die Validität des Modells zu beweisen, da sie sich lediglich falsifizieren lässt.

### 4.1 Verifikation des Simulationsmodells

Zunächst wird betrachtet, welche Verfahren neben konkreten Experimenten für die Verifikation angewandt wurden. Eine äußerst hilfreiche und einfache Methode besteht in der Verwendung von Plausibilitätskontrollen. Dies sind zum Beispiel Abfragen im Quellcode, die überprüfen, ob Variablen außerhalb eines gewollten Bereiches liegen oder allgemeiner formuliert, Abfragen, ob der momentane Zustand des Modells sinnvoll ist. Beispielsweise wird in der Patientenklasse die Anzahl der möglichen Zielkliniken überprüft, denn diese darf nicht kleiner als Eins sein, da ein Patient immer mindestens ein mögliches Ziel haben muss. Ist dies nicht der Fall wird eine **Exception** geworfen, mit dem Hinweis, dass alle Kliniken durch Regeln ausgeschlossen wurden, denn dieser Zustand kann nur durch falsch angewandte Regeln erreicht werden. Weitere Abfragen überprüfen vor allem, ob genügend Daten angegeben wurden und werfen entsprechend eine eigens erstellte `MissingDataException`, die es ermöglicht auf diese Art von Fehlern speziell zu reagieren. Aber auch während der Entwicklung des Modells wurden neu

implementierte Funktionen immer durch kleinere Simulationsläufe mit Testdaten auf Fehler überprüft und das Verhalten der Funktionen mithilfe des in AnyLogic integrierten Java-Debugger analysiert. Bei solchen Test- und Debugläufen wurde darauf geachtet, dass die Kennzahlen der Testdaten, wie beispielsweise die Anzahl der Patienten, auch von der Simulation erzeugt werden.

Ein konkretes Experiment wurde für die Überprüfung des Wahrscheinlichkeitssystems der Patientenklasse erstellt, um zu beweisen, dass die Patienten auch tatsächlich entsprechend der angegebenen Wahrscheinlichkeiten verteilt werden. Dazu wurde ein simples Modell, ähnlich dem des Beispielmodells von Bernburg aus Abschnitt 3.6, erstellt, welches allerdings die Altmarkregion abbildet und vorerst keine Regeln enthält.

Betritt ein Patient das Klinikwahlmodul, wird eine Gleichverteilung für die möglichen Kliniken ermittelt, so dass jede Klinik die gleiche Wahrscheinlichkeit besitzt, gewählt zu werden. Um diese Wahrscheinlichkeiten zu ändern, wird eine Regel in das Modell eingebaut, die für jeden Patienten, über eine Methode der Patientenklasse, die Wahrscheinlichkeiten anpasst. Diese Methode multipliziert die neu angegebenen Wahrscheinlichkeiten mit den bisherigen und führt danach automatisch eine Normalisierung aus. Am Ende der Klinikwahl wird dann anhand einer Zufallszahl und unter Beachtung der Wahrscheinlichkeiten, die entsprechende Klinik ermittelt, in die der Patient eingewiesen wird.

Um statistisch abgesicherte Ergebnisse zu erhalten, wird das Experiment 100mal mit verschiedenen Zufallszahlen durchgeführt. Nach jedem einzelnen Durchlauf wird die gemessene Wahrscheinlichkeit jeder Klinik in einem AnyLogic Statistik-Baustein gespeichert, welcher automatisch Erwartungswert und Konfidenzintervall (mit einem Signifikanzniveau von 5%) ermittelt. Als Patientenliste werden die historischen Daten von 2007 verwendet, die 3251 Patienten enthält. Die Ergebnisse wurden innerhalb von 34 Sekunden errechnet und sind der Tabelle 3 zu entnehmen. Die angegebenen Wahrscheinlichkeiten entsprechen dabei, den tatsächlichen Verteilungen im Jahre 2007. Der Erwartungswert der 100 gemessenen Wahrscheinlichkeiten entspricht fast immer exakt der angegebenen Wahrscheinlichkeit und die Konfidenzintervalle sind ebenfalls äußerst schmal. Dieses Resultat zeigt, dass die zufällige Auswahl der Kliniken anhand gegebener Wahrscheinlichkeiten funktioniert. Obwohl die Verteilung der Patienten auf die Kliniken in der Simulation, die der Realität entspricht, kann dieses simple Simulationsmodell nicht bereits genutzt werden. Denn viele Patienten gelangen so in Kliniken, die in Wirklichkeit nicht möglich wären. Beispielsweise würden ältere Patienten in Kliniken für Kinder und Jugendliche gelangen oder Kliniken würden Patienten mit Diagnosen aufnehmen, die dort eigentlich gar nicht behandelt werden.

Tabelle 3: Ergebnisse der Patientenverteilung bei 100 Replikationen

Klinik	APSY	KJP	PTM	TESD	TESW	TKSD	TKSW
Angegebene Wahrscheinlichkeit	0,6	0,14	0,068	0,087	0,064	0,022	0,019
Erwartungswert für die Wahrscheinlichkeit	0,6	0,139	0,068	0,088	0,064	0,022	0,019
Konfidenzintervall	$\pm 0,0020$	$\pm 0,0010$	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0010$	$\pm 0,0008$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,0004$

Nachdem nun von einem funktionierenden Bausteinkasten ausgegangen werden kann, ist die Erstellung eines Simulationsmodells für die Altmark möglich. Dabei dient das für den Test des Wahrscheinlichkeitssystems bereits erstellte Modell für diese Region als Grundlage. Es enthält vorerst keine Regeln und mit den folgenden Szenarien und Experimenten wird sich einem validen Simulationsmodell für die Region sukzessive angenähert.

## 4.2 Deterministischer Simulationslauf mit historischen Daten

In diesem Experiment soll zunächst ein bereits bekanntes Verhalten des Systems mithilfe von historischen Daten durch die Simulation nachgebildet werden, um so Vergleichswerte zu erhalten, die später für die Validation verwendet werden können. Diese historischen Daten stammen aus dem Jahre 2007 und stellen eine Liste von Patienten dar, für die bekannt ist, welche Klinik sie wann besucht haben und wie lange sie dort verweilten.

Das Simulationsmodell wurde so parametrisiert, dass es lediglich deterministische Daten verwendet, so dass der Verlauf bei jeder Ausführung identisch ist, da keinerlei Zufallswerte generiert werden. Außerdem wurden die Kapazitätsgrenzen der Kliniken aufgehoben, um die Ergebnisse nicht zu verfälschen. Nach der Ausführung der Simulation wurde zunächst wieder untersucht, ob die Anzahl erzeugter Patienten auch der Anzahl Patienten in den Daten entspricht und ob sie entsprechend auf die Kliniken verteilt wurden. Anhand der in den Kliniken gesammelten Messpunkte bezüglich der Belegung der Klinik, können sehr leicht Diagramme in AnyLogic erstellt werden. Aus dem Diagramm für die Belegung der Klinik APSY lässt sich entnehmen, dass die Höchstbelegung bei ca. 130 Patienten liegt und das obwohl die eigentliche Kapazität bei 110 Patienten liegt. Es ist bekannt, dass Notfallpatienten immer aufgenommen werden, auch wenn die Klinik eigentlich voll ist. Dies allein erklärt aber nicht diese hohe und vor allem regelmäßige Überbelegung der Klinik APSY. Vermutlich hängt es mit Doppelbelegungen zusammen, die dadurch entstehen, dass ein an einem Tag freiwerdendes Bett am

gleichen Tag durch einen neuen Patient belegt wird. Somit benutzen zwei Patienten an diesem Tag ein Bett, welches somit also doppelt belegt ist.

Im verwendeten Modell wurden die Patienten jeweils um 0 Uhr eines Tages in die Kliniken eingewiesen und sie haben die Klinik zu dieser Uhrzeit auch wieder verlassen. Um den Doppelbelegungseffekt zu verhindern, wurde dieses Modellverhalten geändert, so dass alle Patienten um 22 Uhr eines Tages in die Klinik aufgenommen werden und sie die Klinik um 10 Uhr wieder verlassen. Somit müsste für jeden eintreffenden Patienten theoretisch ein Bett frei sein, denn die Patienten, die die Klinik verlassen, haben dies in jedem Fall schon getan.

Mit dieser Modelländerung ergibt sich für das Jahr 2007, der in Abbildung 7 zu entnehmende Belegungsverlauf der einzelnen Kliniken, welcher von der Simulation in weniger als einer Sekunde erstellt worden ist. Trotz der Beachtung des Doppelbelegungseffektes ist die Belegung der Klinik APSY vorwiegend über der Kapazität von 110 Betten. Die genauen Ursachen oder Entscheidungsgrundlagen für die Aufnahme von Patienten in dieser Klinik sind leider nicht bekannt, weshalb es schwierig sein wird dieses Verhalten zu simulieren. Alle anderen Kliniken überschreiten nur gelegentlich ihre Kapazitäten, was zumindest bei den Fachkliniken auf Notfallaufnahmen zurück geführt werden kann. Die Tagesklinik für Kinder und Jugendliche in Salzwedel wurde im März 2007 eröffnet, weshalb dort erst ab diesen Zeitpunkt Patienten aufgenommen werden. Des Weiteren wurde die Kapazität der Klinik TKSD während des Jahres geändert.

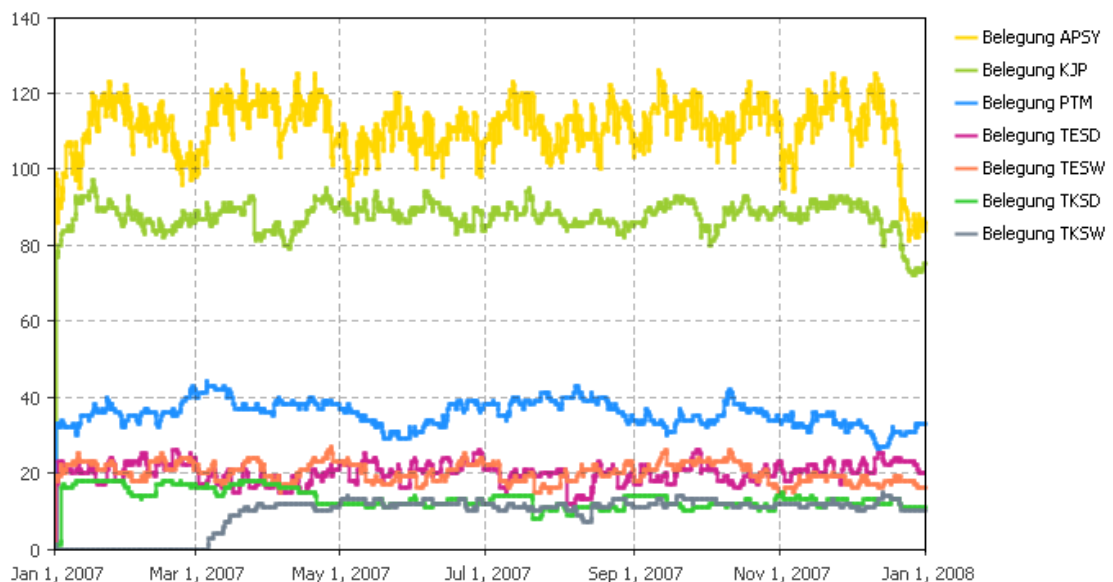


Abbildung 7: Bettenbelegungen der Kliniken im Jahr 2007

Außerdem wurde die durchschnittliche Auslastung jeder Klinik erfasst, die in Tabelle 4 nachvollziehbar ist. Die niedrige Auslastung der Klinik TKS ist darin begründet, dass

die Auslastung über das ganze Jahr ermittelt wird und diese Klinik erst im März geöffnet wurde. Die hohe Auslastung der Klinik TKSD hingegen entsteht durch die Kapazitätsänderung am 1. März von achtzehn auf zwölf Plätze. Des Weiteren enthält die Tabelle die Anteile jeder Klinik an allen aufgetretenen Patienten des Jahres.

Tabelle 4: Auslastungen und Patientenanteile der Kliniken im Jahr 2007

Klinik	APSY	KJP	PTM	TESD	TESW	TKSD	TKSW
<b>Auslastung</b>	102,6%	97,7%	89,6%	87,9%	96,3%	103,7%	78,3%
<b>Anteil</b>	60,0%	14,0%	6,8%	8,7%	6,4%	2,2%	1,9%

### 4.3 Verwendung zufälliger Verweildauern

In diesem Experiment geht es um die Validation des Modells bezüglich der Verweildauer. Dazu wird der vorherige Simulationsaufbau verwendet, jedoch werden die Kliniken derartig parametrisiert, dass sie nicht die deterministischen Verweildauern der Patienten verwenden. Stattdessen wird die Verweildauer, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben, anhand von Diagnose, Altersgruppe und Jahr bestimmt. Die dafür benötigten Verteilungen sind in den Excel-Tabellen der Kliniken hinterlegt. Sie wurden vom SALUS-Institut anhand von historischen Patientendaten aufwändig für einzelne Diagnose- und Altersgruppen errechnet. Eine Standard-Verweildauer wird nicht verwendet und die Kliniken bleiben weiterhin unbeschränkt.

Nach der Betrachtung einiger Belegungsverläufe, die mit jeweils unterschiedlichen Zufallszahlen erstellt wurden, fällt auf, dass eine klare Tendenz der Kliniken besteht, mehr Patienten zu beinhalten, als im deterministischen Simulationslauf. Das deutet darauf hin, dass die ermittelten Verteilungen die Verweildauer zu hoch schätzen. Verursacht wird diese zu hohe Schätzung vermutlich von einzelnen Patienten in den Daten, die eine sehr hohe Verweildauer aufweisen und somit die Verteilung nach hinten verlängern.

Aus diesem Grund wurde das Simulationsmodell, um die Möglichkeit erweitert, empirische Daten zu lesen und zu verwenden. Bei empirischen Verteilungen wird keine zugrunde liegende Verteilung angenommen, sondern eine Verteilung direkt aus den Daten ermittelt. Dazu wird für jede mögliche Verweildauer ihre entsprechende Wahrscheinlichkeit berechnet und die Daten in eine neue Arbeitsmappe der Klinik Excel-Tabellen eingefügt. Diese lassen sich durch AnyLogic leicht in eine sogenannte TableFunction einlesen, die die einzelnen Wertepaare linear interpoliert und somit eine stochastische Dichtefunktion repräsentiert. Aus dieser lassen sich dann über die AnyLogic Klasse CustomDistribution Werte der Verteilung bestimmen. Die erstellten empirischen Daten wurden jedoch nicht nach Altersgruppen unterteilt und auch bloß für große Diagnosegruppen erstellt, um den Aufwand im Rahmen zu halten.

Nach mehreren Simulationsläufen mit empirischen Verweildauern lässt sich feststellen, dass die Belegungsverläufe sich deutlich stabiler Verhalten als zuvor und nicht dazu neigen stetig anzusteigen. Die empirischen Verteilungen funktionieren also deutlich besser, obwohl sie nicht nach Altersgruppen und nur nach groben Diagnosegruppen unterteilt sind. In Abbildung 8 ist jeweils ein repräsentativer Belegungsverlauf der beiden Versuche dargestellt, der die geschilderten Beobachtungen veranschaulicht.

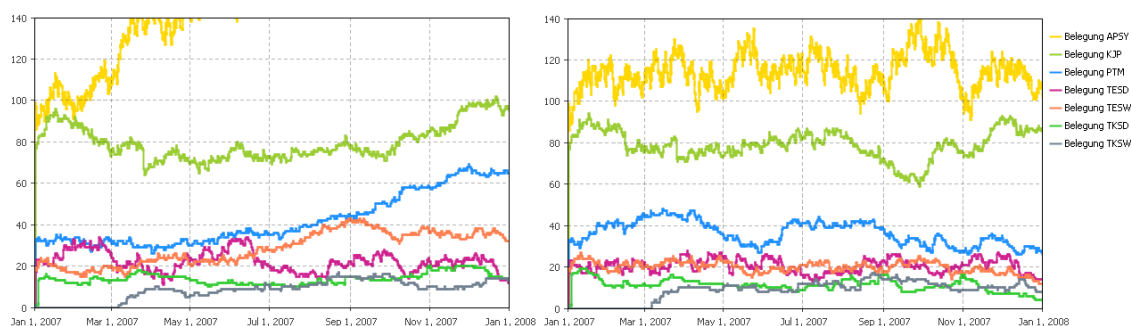


Abbildung 8: Vergleich der Klinikbelegungen zwischen ermittelten (links) und empirischen (rechts) Verteilungen

#### 4.4 Validierung des Regelsystems für die Patientenverteilung

Als letzter Validationsschritt muss das Regelsystem, welches die Patientenverteilung steuert validiert werden. Dafür müssen zunächst Regeln dem Modell hinzugefügt werden. Eine Liste aller erstellten Regeln und ihrer Bezeichnungen befindet sich im Anhang B: Regeln des Simulationsmodells der Altmark. Begonnen wurde mit Regeln, die das Alter der Patienten überprüfen. So wird die Regel „rAlt“ beispielweise aktiviert, wenn der Patient der Altersgruppe 3 angehört, also älter als 64 Jahre alt ist. Sie schließt für diesen Patienten dann die Kliniken für Kinder- und Jugendpsychiatrie aus, da diese nur Patienten unter 18 Jahren aufnehmen. Das entsprechende Pendant dafür ist die Regel „rJung“, die für Patienten unter 18 Jahren, bis auf KJP, TKSD und TKSW, alle Kliniken ausschließt. Um zu simulieren, dass die Klinik TKSW erst am 1. März öffnet, schließt die Regel „rÖffneTKSW“ diese als Ziel aus, solange das aktuelle Simulationsdatum vor der Eröffnung liegt. Vier weitere Regeln schließen ebenfalls nur Kliniken aus, z.B. weil gewisse Kliniken gewisse Diagnosen nicht behandeln oder weil Notfälle nur in Fachkliniken aufgenommen werden.

Eine sehr interessante Regel ist „rUnterfüllt“. Diese sorgt dafür, dass leere Kliniken vorrangig mit Patienten versorgt werden. Dadurch soll der Effekt erzielt werden, dass die Kliniken TKSD und TKSW, die zu Beginn leer sind, zunächst mit einer Grundmenge Patienten befüllt werden. Dazu überprüft die Regel für jede Klinik, mithilfe des entsprechenden Features des Regelobjekts, ob die Belegung kleiner als 75% der Kapazität ist. Ist dies der Fall wird die Wahrscheinlichkeit der Klinik verzehnfacht. Eine ähnliche

Regel „rÜberfüllt“ soll dafür sorgen, dass überfüllte Kliniken nicht besucht werden, damit sich deren Warteliste nicht unnötig füllt. Die Regel „rInit“ mit der höchsten Priorität und die für jeden Patienten ausgeführt wird, dient dazu, die Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Kliniken festzulegen. Dabei wird von den Verteilungen des deterministischen Simulationslaufs ausgegangen. Da jedoch die Regeln Einfluss auf die Klinkauswahl nehmen, verschieben sich die simulierten Wahrscheinlichkeiten. Daher müssen diese mithilfe des Kalibrierungsverfahrens angepasst werden, um valide Werte zu erhalten.

Dadurch, dass die Kliniken nun anhand von Zufallswerten ermittelt werden, muss in den Kliniken die Aufnahmesperre aktiviert werden, die in den bisherigen Experimenten immer deaktiviert war. Sie sorgt dafür, dass Patienten die in eine volle Klinik geschickt werden, zunächst in einer Warteliste warten müssen. Da jedoch auch beim deterministischen Lauf oft die Kapazität überschritten wurde, wird die Begrenzung um 10% der eigentlichen Klinikkapazität erhöht. Lediglich Notfälle werden trotzdem weiterhin nicht in die Warteliste gesetzt.

Die Ergebnisse nach 100 Simulationsläufen sind in Tabelle 5 gelistet und verwenden wieder ein Signifikanzniveau von 5%. Im Vergleich zum deterministischen Durchlauf, sind die Auslastungen aller Kliniken, außer TESW, im Mittel größer. Die originalen Verteilungen konnten trotz Kalibrierung nicht erreicht werden, was z.B. daran liegt, dass die Klinik APSY fast immer voll ist und somit von den Regeln nur eine kleine Wahrscheinlichkeit erhält. Dadurch erhält die Erhöhung der Wahrscheinlichkeit in der Regel „rInit“ kaum eine Bedeutung. Dennoch sind die Ergebnisse nicht unrealistisch, da die Kliniken, wie gewünscht, nahezu ausgelastet sind.

Tabelle 5: Ergebnisse des vollständigen Simulationsmodells nach 100 Replikationen

Klinik	APSY	KJP	PTM	TESD	TESW	TKSD	TKSW
<b>Mittlere Auslastung</b>	102,3%	98,5%	97,2%	92,8%	96,1%	106,2%	87,6%
<b>Konfidenzintervall</b>	±0,19	±0,52	±0,54	±0,34	±0,46	±0,39	±0,32
<b>Mittlerer Patientenanteil</b>	53,2%	15,6%	8,1%	11,1%	6,7%	3,3%	2,0%
<b>Konfidenzintervall</b>	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,1	±0,0

## 4.5 Fragestellungen an das Simulationsmodell

Mit dem zur Verfügung stehenden Simulationsmodell können nun konkrete Fragestellungen beantwortet werden, die für die Planung der psychiatrischen Versorgung von Bedeutung sein könnten. Im Folgenden werden einige Beispiele aufgezeigt.



„Wäre eine Erhöhung der Kapazität der Klinik APSY um fünf Plätze sinnvoll?“. Diese Frage lässt sich durch das Simulationsmodell leicht beantworten, indem die Kapazität in der Excel-Tabelle der Klinik erhöht wird und genügend Simulationsläufe durchgeführt werden. Somit erhält man nach 100 Replikationen und 34 Sekunden Berechnungszeit die in Tabelle 6 aufgezeigten Ergebnisse. Logischerweise haben sich die Auslastungen aller Kliniken verringert, da weiterhin die gleiche Anzahl Patienten der Simulation zugeführt werden, aber mehr Plätze vorhanden sind. Dennoch kann man sagen, dass eine erhöhte Kapazität durchaus Sinn macht, denn alle Kliniken bleiben weiterhin gut ausgelastet und somit auch wirtschaftlich.

Tabelle 6: Simulationsergebnisse mit erhöhter Kapazität in Klinik APSY

Klinik	APSY	KJP	PTM	TESD	TESW	TKSD	TKSW
<b>Mittlere Auslastung</b>	100,4%	96,5%	94,3%	91,4%	94,0%	105,5%	87,6%
<b>Konfidenzintervall</b>	±0,20	±0,54	±0,69	±0,34	±0,45	±0,40	±0,37

„Hätte eine Verkürzung der Behandlungsdauer von F1 Diagnosen um fünf Tage in der Klinik APSY große Auswirkungen auf die Auslastung?“. Ebenso ein mögliche Fragestellung, die beispielsweise bei der Einführung einer neuen Therapiemethode für die Behandlung abhängiger Patienten wichtig sein könnte. Zur Realisierung dieses Simulationsszenarios muss lediglich die empirische Verteilung für F1 Diagnosen um fünf Tage verschoben werden. Dies führt nach den üblichen 100 Replikationen zu den in Tabelle 7 aufgeführten Ergebnissen, die nicht nur eine kleine Verringerung der Auslastung in APSY, sondern auch der meisten anderen Kliniken aufweisen.

Tabelle 7: Simulationsergebnisse mit verkürzter Behandlungszeit für F1 Diagnosen

Klinik	APSY	KJP	PTM	TESD	TESW	TKSD	TKSW
<b>Mittlere Auslastung</b>	101,7%	97,6%	96,2%	92,4%	95,2%	106,1%	88,2%
<b>Konfidenzintervall</b>	±0,21	±0,49	±0,54	±0,33	±0,55	±0,38	±0,29

„Wäre eine neue Tagesklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie in Gardelegen (TKGD) sinnvoll und wirtschaftlich?“. Diese Fragestellung soll zum Einen die Möglichkeiten des Modells darstellen, aber auch die Grenzen des aktuellen Entwurfs aufzeigen. Eine neue Klinik in das Modell einzufügen ist relativ einfach, jedoch muss auch das Verhalten der Klinik spezifiziert werden. Da für eine neue Klinik keine Kenndaten existieren, wäre eine Möglichkeit, die Daten einer ähnlichen Klinik zu benutzen, z.B. der TKSD. Als nächster Schritt wäre eine Anpassung der Regeln notwendig, was für viele der Re-

geln kein Problem darstellt, aber jedoch bei der Regel „rInit“, wo die Wahrscheinlichkeiten festgelegt werden. Hier müsste eine Wahrscheinlichkeit geraten werden, was dazu führt, dass man auch fast genauso gut die Ergebnisse schätzen könnte und die Simulation somit hinfällig ist. Des Weiteren ist in Wirklichkeit davon auszugehen, dass durch eine neue Tagesklinik mehr Patienten im System existieren würden. Denn dadurch käme eine Behandlung für Personen in Betracht, die bisher keine Tagesklinik in ihrer Nähe hatten oder die vorhandenen zu weit weg waren. Da das aktuelle Modell nur statische Listen einliest wird dieser Umstand ebenfalls nicht berücksichtigt. Dies sähe jedoch mit einer guten Patientenprognose, die auch solche Umstände berücksichtigt, ganz anders aus.

## 5 Auswertung & Ausblick

### 5.1 Zusammenfassung

Nach der ausführlichen Auseinandersetzung mit dem Thema psychiatrische Versorgung in der Altmark und deren Simulation, ist es nun an der Zeit wesentlichen Punkte der Arbeit zusammenzufassen und Bilanz zu ziehen.

Zu Beginn wurde die Arbeit zunächst in den Kontext der gesundheitlichen Versorgung eingebettet und es wurde verdeutlicht, dass die Psychiatrie einen wesentlichen und wichtigen Anteil an dieser hat. Weiterhin wurde festgestellt, dass die Computersimulation einen Beitrag zur Planung leisten kann, indem sie glaubwürdige und realistische Prognosen und Trends in der Auslastung von Kliniken ermitteln kann, die demographische Entwicklungen und andere Einflussfaktoren wie Therapieänderungen berücksichtigt. Als Ziel für diese Arbeit wurde daher die Erstellung eines Simulationsmodells für die Altmark gesetzt, welches in der Lage sein sollte, konkrete Fragen bezüglich Klinikauslastung, Patientenverteilungen und Verweildauern zu beantworten. Weiterhin sollte das Verhalten der Simulation durch Regeln bestimmt werden können. Im Rahmen dieser Arbeit sollte jedoch nicht das dynamische Aufkommen von Patienten simuliert werden, da parallel Forschungen zu diesem Thema laufen.

Daraufhin wurde die Region Altmark näher betrachtet, um die zu simulierenden Strukturen und deren Eigenheiten festzustellen und es wurde der Patientenstrom identifiziert. Es gab einen kurzen Überblick über Aufbau und Struktur der ICD-10-GM, sowie einen Einblick in die zu verwendende Entwicklungsumgebung AnyLogic.

Mit dem erarbeiteten Wissen konnte ein Konzept für das Modell entwickelt werden. Dieses Konzept legte fest, dass Patienten die grundlegenden Objekte darstellen, die das Modell durchlaufen. Außerdem wurden vier Kernkomponenten ermittelt: Die Patientenquelle zur Erzeugung der Patientenobjekte, die Klinikwahl, die die Patienten auf Einrichtungen verteilt, die Kliniken, die die Patienten je nach Diagnose eine bestimmte Zeit lang aufnehmen und die Regeln, die die Verteilung der Patienten in der Klinikwahl steuern. Die Implementierung erfolgte dann modulweise und viele entwickelte Funktionen und Ansätze mussten auch wieder verworfen werden. Im Ergebnis entstand ein Bausteinkasten, der als Grundlage für die Entwicklung des Modells für die Altmark diente.

Jedoch wurde dieser zuvor noch einigen Tests unterzogen, die, neben den Tests während der Implementierungsphase, die korrekte Funktionsweise des Modells überprüfen sollten. Anschließend wurde das Modell Schritt für Schritt erstellt. Zunächst ein Modell

ohne Regeln, welches zur Simulation mit historischen Daten diene und somit auch nochmal der Verifikation. Dann wurden die deterministischen Verweildauern durch Zufallszahlen ersetzt, die anhand hinterlegter Verteilungen bestimmt wurden. Diese Verteilungen jedoch schienen zu hohe Verweildauern zu ermitteln, weshalb auf empirisch erstellte Verteilungen zurückgegriffen wurde und woraufhin das Modell entsprechend angepasst werden musste. Als letzter Schritt mussten dem Modell Regeln hinzugefügt werden, die die Verteilung der Patienten bestimmen. Die Validierung der Verteilungen ergab zwar eine Abweichung zum deterministischen Lauf, die Ergebnisse waren aber dennoch realistisch und schlüssig und stellen somit eine gute Annäherung an das echte System dar. Somit ließ sich das erstellte Modell nutzen, um zu zeigen, wie mögliche relevante Fragestellungen damit beantwortet werden können, was an drei Beispielen demonstriert wurde. Eine Fragestellung jedoch zeigte auch momentane Grenzen des Modells auf, nämlich die Frage nach einer neuen Klinik im System.

Zum Abschluss werden die Ergebnisse dieser Arbeit in den nächsten Abschnitten interpretiert und beurteilt, sowie Ausblicke auf die zukünftige Verwendung des neuen Wissens gegeben.

## 5.2 Interpretation und Beurteilung der Ergebnisse

Zur Beurteilung und Interpretation der Ergebnisse werden die in Abschnitt 1.2 aufgestellten Ziele herangezogen. Das erste Ziel war die Erstellung eines validen Simulationsmodells für die Altmark und zumindest lässt sich feststellen, dass ein funktionsfähiges Simulationsmodell für die Region erstellt wurde. Doch wie verhält es sich mit der Validität? Zunächst einmal wurde bewiesen, dass das Modell in der Lage ist, historische Daten zu verarbeiten und dabei die gleichen Ergebnisse zu ermitteln, wie sie in der Realität waren, mit Ausnahme der TKS<sub>W</sub> und der TKS<sub>D</sub>, die, aufgrund ihres Kapazitätswechsels bzw. der späteren Eröffnung, andere Auslastungswerte aufwiesen. Damit wäre auch bereits das Ziel erreicht, dass das Modell mit historischen Daten umgehen kann.

Weiterhin wurden die Verweildauern überprüft, wo festgestellt wurde, dass die vom SALUS-Institut ermittelten Verteilungen in der Gesamtheit zu hohe Verweildauern erzeugen. Gründe hierfür könnten sein, dass zu wenige Daten für gewisse Diagnosen und Altersgruppen vorlagen und dadurch einzelne Patienten mit langer Verweildauer, die eigentlich eher die Ausnahme darstellen, die Kurve der Verteilung nach hinten ziehen und somit auch den Erwartungswert. Die daraufhin verwendeten empirischen Verteilungen, die die real aufgetretene Wahrscheinlichkeitsdichte der Verweildauern nutzen, haben die Situation deutlich verbessert. Allerdings lässt sich aus den Ergebnissen aus Abschnitt 4.4 entnehmen, dass obwohl der Patientenanteil der Klinik APSY deutlich geringer ist als im deterministischen Durchlauf, die Auslastung praktisch gleich geblieben ist. Dies lässt den Schluss zu, dass zumindest in der Klinik APSY wiederum die

Verweildauern zu hoch sind. Dies kann in diesem Fall nur daran liegen, dass die Gliederung der Diagnosen zu grob ist und sie in Zukunft ebenfalls nach Altersgruppen und für kleinere Diagnosegruppen erfolgen muss. Dann sollte auch der Patientenanteil an die realen 60% gelangen können, was die Auslastungen der anderen Kliniken sinken ließe, wodurch man näher an die deterministischen Ergebnisse käme. Das Ziel eines validen Simulationsmodells für die Altmark wurde ergo nur fast erreicht.

Ein weiteres Ziel ist die Analyse des psychiatrischen Systems bezüglich der Klinikbelegungen und -auslastungen, unter Berücksichtigung konkreter Fragestellungen. Dass dies generell möglich ist, zeigt Abschnitt 4.5, indem Szenarien anhand von Fragen erstellt werden. Allerdings werden auch die momentanen Grenzen offensichtlich. Bisher ist es eigentlich nicht möglich bzw. sinnvoll Aussagen über zukünftige Szenarien zu machen, da die eingelesenen Patientenlisten statisch sind und vergangene Gegebenheiten abbilden. Bei neu geplanten Einrichtungen fehlen grundlegende Daten, um das Verhalten zu spezifizieren und wie sich die Patienten auf die neue Klinik verteilen, muss durch die Regeln, bei dem momentan gewählten Ansatz, ebenfalls geschätzt werden. Um also dennoch Aussagen machen zu können, müssen sehr viele beschränkende Annahmen getroffen werden. So ließe sich annehmen, dass das gleiche Patientenaufkommen in Zukunft herrscht, wie beispielsweise im Jahr 2007 oder aber es wird manuell eine Patientenliste für ein bestimmtes Jahr erstellt. Dann kann man für neue Kliniken annehmen, dass sie sich wie andere ähnliche Einrichtungen verhalten und auch die Aufteilung auf die Kliniken kann einer angenommenen Wahrscheinlichkeit entsprechen. In der Summe ist also fast das ganze Systemverhalten geschätzt. Prinzipiell jedoch wurde das Ziel erreicht, denn das Modell ist flexibel genug, um viele mögliche Szenarien erstellen zu können. Jedoch eignet sich der für die Verteilung gewählte Ansatz mit Wahrscheinlichkeiten nicht immer. Hier müssen neue Ansätze für die Regeln gefunden werden, die z.B. anhand von Entfernungen zu den Kliniken entscheiden.

Definitiv erfolgreich erreicht, wurde das Ziel das Modell als Bausteinkasten zu konstruieren. Dadurch ist es innerhalb von Minuten möglich, ein grundlegendes Modell für eine Region zu erstellen, wie in Abschnitt 3.6 für die Region Bernburg demonstriert wurde. Auch das Ziel das Modellverhalten durch variable Regeln zu definieren konnte erreicht werden. Dies ermöglicht es, zusammen mit der Bausteinkastenstruktur, verschiedene Gegebenheiten in unterschiedlichen Regionen abbilden zu können. Aber auch Änderungen im Patientenverhalten in der Altmark sind so gut abzubilden. Dadurch dass nahezu alle Attribute der Simulationskomponenten in den Regeln erreichbar sind und auch eigene Funktionen für die Regeln erstellt werden können, sind kaum Grenzen gesetzt. Der Nachteil jedoch besteht darin, dass gute Javakenntnisse zur Erstellung erforderlich sind. Auch die Übersichtlichkeit kann je nach Ansatz und Menge der Regeln schnell verloren gehen und das Modell muss für jede neue Regelmenge neu validiert werden.

Auch die Trennung der Daten vom Simulationsmodell wurde sehr erfolgreich umgesetzt. Nahezu alle Daten liegen in Form von Excel-Tabellen vor und lediglich die Uhrzeiten für die Patientenerzeugung und für das Verlassen der Klinik ist bisher im Modell integriert.

### 5.3 Erweiterungsmöglichkeiten

Das geschaffene Modell stellt bereits eine gute Grundlage dar, lässt sich aber noch in vielen Aspekten verbessern und erweitern. In diesem Abschnitt sollen Ideen und Möglichkeiten für die Zukunft aufgezeigt werden.

Wie bereits in Kapitel 1 erwähnt, wird parallel zu dieser Arbeit an einem System bzw. Modell für die Patientenprognose geforscht. Erkenntnisse dieser Forschung könnten direkt in Form einer Erweiterung des Patientenquelle-Moduls eingebunden werden. Dabei könnten z.B. Informationen des Modells, wie die Anzahl der Kliniken zur Verfügung gestellt und für die Prognose genutzt werden. In diesem Zusammenhang wäre auch eine Erweiterung der Kliniken, um geographische Koordinaten sehr sinnvoll. Anhand dieser könnten Abstände berechnet werden, die entscheidend für den Besuch einer Tagesklinik sein können. Denkbar wäre hierfür z.B. die Angabe der Koordinaten in Form von Parametern oder aber auch die Nutzung einer Landkarte mithilfe eines entsprechenden AnyLogic-Bausteins. Abbildung 9 zeigt, wie so eine Landkarte unter Verwendung von Shapefiles für Deutschland (GISCenter - Idaho State University, 1996-2009) aussehen könnte. Diese ließe sich auch gut für Präsentationszwecke nutzen, indem beispielsweise die Herkunftsorte der Patienten visualisiert werden.

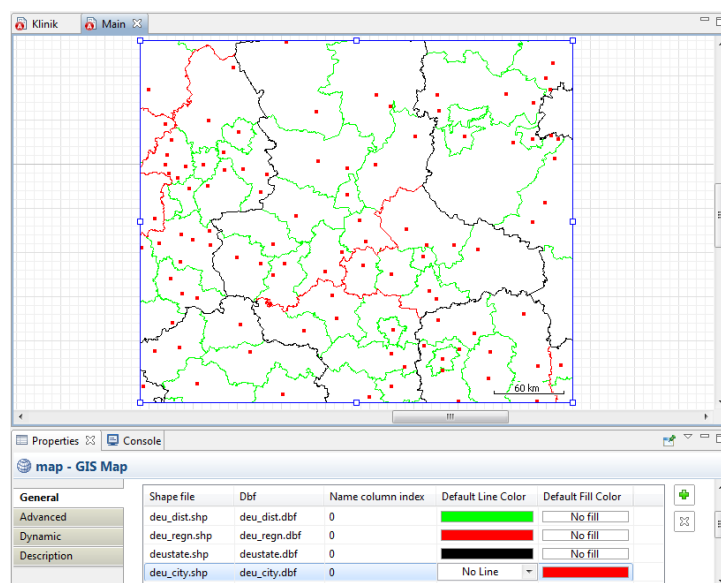


Abbildung 9: Visualisierung einer Deutschlandkarte in AnyLogic via Shapefiles

In Zukunft könnte das Modell außerdem Zugriff auf eine umfassende Datenbank bekommen und wäre so nicht mehr auf Excel-Tabellen angewiesen. Somit könnten das Modell und auch dessen Regeln auf sämtliche Daten des SALUS-Instituts zugreifen. Dadurch ergeben sich auch neue mögliche Ansätze für die Patientenverteilung. Ist für jeden Patienten der Name bzw. die Identität des Einweisers bekannt, könnte man die Patienten anhand des Einweiserhaltens verteilen. Dazu passend, wäre auch eine generischere Gestaltung der Klasse „Patient“. Dadurch könnte erreicht werden, dass man nicht die Klasse ändern müsste, um neue Attribute hinzuzufügen.

Ein weiterer interessanter Ansatz für die Patientenverteilung wäre der Einsatz von Verfahren aus dem Bereich des maschinellen Lernens. Die Verwendung eines sogenannten Bayes-Learner beispielsweise. Dieser würde mit Patientenlisten, für deren Patienten die besuchte Klinik bekannt ist, trainiert werden. Danach könnte man mit dem trainierten Bayes-Learner ermitteln, wie wahrscheinlich der Besuch jeder einzelnen Klinik für einen gegebenen Patienten ist. Jedoch hätte auch dieser Ansatz Probleme mit neu hinzugefügten Kliniken, die nicht in den Trainingsdaten vorkommen. Aber auch andere Verfahren wie neuronale Netze oder Entscheidungsbäume könnten angewandt werden.

## 5.4 Anwendungsmöglichkeiten

Wie lassen sich die Ergebnisse dieser Arbeit nun anwenden? Naheliegender ist natürlich die angestrebte Nutzung des Modells als Hilfsmittel für die Planung der psychiatrischen Versorgung in der Salus gGmbH. Ohne Erweiterungen und Optimierungen des Modells sind die Anwendungen in diesem Bereich jedoch, wie bereits erwähnt, auf einfache Szenarien wie eine Anpassung von Verweildauern und Kapazitäten, beschränkt.

Weiterhin kann das erstellte Modell als weitere Forschungsgrundlage verwendet werden. Durch das Regelsystem ist es möglich, viele verschiedene Ansätze zu implementieren und zu testen. Dadurch ist es vielleicht möglich, weitere Erkenntnisse über die Prozesse in einem psychiatrischen Versorgungssystem herauszufinden bzw. zu bestätigen.

Ein interessanter bisher nicht betrachteter Aspekt ist die Verwendung mehrerer Patientenquellen und/oder Klinikwahl-Module. So könnte beispielsweise eine Patientenquelle für jeden Landkreis der Altmark erstellt werden oder aber eine Patientenquelle für jede Altersgruppe. Dadurch ließen sich eventuell die Patienten besser prognostizieren. Man könnte aber auch für verschiedene Subregionen der Altmark verschiedene Klinikwahl-Module benutzen, weil möglicherweise andere Regeln eine Rolle spielen. Es lassen sich also auf diesem Wege noch etliche Strukturierungsmöglichkeiten finden.

Das dem Modell zugrunde liegende Konzept ist vielseitig verwendbar, z.B. für andere schwer durch klare Prozesse beschreibbare Systeme. Sehr ähnlich ist beispielsweise die Gesundheitsversorgung für körperliche Krankheiten. Hier wären nur wenige Adaptio-

nen am Modell notwendig, da bereits Patienten und Kliniken existieren. Noch abstrakter gedacht, ließe es sich auch für die Auslastungen von Hotels in einer Stadt anwenden, dazu würden die Patienten zu Kunden und die Kliniken zu Hotels. Ein ähnliches Problem wäre die Simulation eines Systems von Kindertagesstätten, die ebenfalls auf das Konzept mit den Regeln zurückgreifen könnte.



## **Anhang A: Relevante Diagnosegruppen im ICD-10-GM**

- F0 – Organische, einschließlich symptomatischer psychischer Störungen
- F1 – Psychische und Verhaltensstörungen durch psychotrope Substanzen
- F2 – Schizophrenie, schizotype und wahnhafte Störungen
- F3 – Affektive Störungen
- F40-F48 – Neurotische, Belastungs- und somatoforme Störungen
- F5 – Verhaltensauffälligkeiten mit körperlichen Störungen und Faktoren
- F6 – Persönlichkeits- und Verhaltensstörungen
- F7 – Intelligenzstörung
- F8 – Entwicklungsstörungen
- F90-F98 – Verhaltens- und emotionale Störungen mit Beginn in der Kindheit und Jugend
- F99 – Nicht näher bezeichnete psychische Störungen
- G0 – Entzündliche Krankheiten des Zentralnervensystems
- G10-G14 – Systematrophien, die vorwiegend das Zentralnervensystem betreffen
- G20-G26 – Extrapiramidale Krankheiten und Bewegungsstörungen
- G30-G32 – Sonstige degenerative Krankheiten des Nervensystems
- G35-G37 – Demyelinisierende Krankheiten des Zentralnervensystems
- G40-G47 – Episodische und paroxysmale Krankheiten des Nervensystems
- G5 – Krankheiten von Nerven, Nervenwurzeln und Nervenplexus
- G60-G64 – Polyneuropathien und sonstige Krankheiten des peripheren Nervensystems
- G70-G73 – Krankheiten im Bereich der neuromuskulären Synapse und des Muskels
- G80-G83 – Zerebrale Lähmung und sonstige Lähmungssyndrome
- G9 – Sonstige Krankheiten des Nervensystems

## Anhang B: Regeln des Simulationsmodells der Altmark

### rInit

**Bedingung:**

```
true
```

**Aktion:**

```
HashMap<Klinik,Double> wkts = new HashMap<Klinik,Double>();  
wkts.put(USP_APSY,0.625);  
wkts.put(USP_KJP, 0.070);  
wkts.put(USP_PTM, 0.078);  
wkts.put(USP_TESD,0.092);  
wkts.put(USP_TESW,0.068);  
wkts.put(USP_TKSD,0.020);  
wkts.put(USP_TKSW,0.017);  
patient.addWktSet(wkts);
```

**Priorität:** 4.0

### rNotfallOrKH

**Bedingung:**

```
!patient.Aufnahmekennzeichen.equalsIgnoreCase("N") ||  
patient.Einweiser.equalsIgnoreCase("KH")
```

**Aktion:**

```
patient.excludeTageskliniken();  
patient.skipWarteliste = true;
```

**Priorität:** 4.0

### rNichtF

**Bedingung:**

```
!patient.Diagnose.startsWith("F")
```

**Aktion:**

```
patient.keepOnlyKliniken(USP_APSY, USP_KJP);
```

**Priorität:** 3.0

### rJung

**Bedingung:**

```
patient.Alter < 18
```

**Aktion:**

```
patient.keepOnlyKliniken(USP_TKSD, USP_TKSW, USP_KJP);
```

**Priorität:** 3.0

**rAlt****Bedingung:**

```
patient.Altergruppe.equalsIgnoreCase("AG3")
```

**Aktion:**

```
patient.excludeKliniken(USP_TKSD, USP_TKSW, USP_KJP);
```

**Priorität: 3.0****rF0 F1 F6 F7****Bedingung:**

```
patient.Diagnose.startsWith("F0") ||  
patient.Diagnose.startsWith("F1") ||  
patient.Diagnose.startsWith("F6") || patient.Diagnose.startsWith("F7")
```

**Aktion:**

```
patient.excludeKlinik(USP_TKSW);
```

**Priorität: 2.0****rÖffneTKSW****Bedingung:**

```
date().before(openingDate.getTime())
```

**Aktion:**

```
patient.excludeKlinik(USP_TKSW);
```

**Priorität: 2.0****rF8 F9****Bedingung:**

```
patient.Diagnose.startsWith("F8") || patient.Diagnose.startsWith("F9")
```

**Aktion:**

```
patient.excludeKlinik(USP_TESD);
```

**Priorität: 2.0****rÜberfüllt****Bedingung:**

```
klinik.Warteliste.size() > 3
```

**Aktion:**

```
patient.scaleProbability(klinik, 0.1);
```

**Priorität: 1.0****rUnterfüllt****Bedingung:**

```
klinik.Verweildauer.size() < klinik.kapazität * 0.75
```

**Aktion:**

```
patient.scaleProbability(klinik, 10);
```

**Priorität: 1.0**

## Glossar

**ActiveObject:** Beschreibt ein in AnyLogic eigenständigen Simulationsteil. Dieser dient der Modularisierung, Hierarchisierung und der Erstellung von Simulationsbausteinen.

**DataSet-Objekt:** Ein Baustein von AnyLogic, der zur Aufnahme von Messpunkten dient, die so einfach in einem Diagramm dargestellt werden können.

**Delay-Objekt:** Ein Baustein der Enterprise Library, der ein oder mehrere Objekte eine bestimmte Zeit lang an sich bindet und danach wieder freigibt.

**Exception:** Bezeichnet eine Ausnahme im Ablauf eines Programms, die entweder speziell behandelt werden kann oder aber zur Beendigung des Programms führt.

**Gerontopsychiatrie:** Beschäftigt sich speziell mit den psychischen Krankheiten älterer Menschen wie Demenz oder Alzheimer.

**Hold-Objekt:** Ein Baustein der Enterprise Library, der bei Bedarf keine Objekte mehr weiterführt, sondern blockiert.

**Institutsambulanz:** Ist Bestandteil der Tageskliniken der Salus gGmbH und dient der ambulanten Betreuung und Beratung, sowie zur Vorbereitung auf eine Therapie, aber auch zur Nachbereitung

**Medizinisches Versorgungszentrum:** Dies sind Einrichtungen der Salus gGmbH, die der ambulanten Betreuung von Krankheiten dient und dabei besonderes Augenmerk auf die interdisziplinäre Zusammenarbeit legt, um so ein ganzheitliches Verständnis von Krankheit zu verfolgen. (Salus gGmbH, 2010)

**MissingDataException:** Manuell erstellte Fehlerklasse, die zum Ausdruck bringen soll, dass nicht genügend Daten in den Excel-Tabellen zur Verfügung gestellt worden.

**Port:** Ports stellen in AnyLogic die Kommunikationsschnittstelle zwischen ActiveObjects und anderen Bausteinen dar. Sie werden durch Connectoren miteinander verbunden.

**Shapefile:** Bezeichnet ein Standard-Datenformat für die Speicherung von geografischen Informationen

**Sink-Objekt:** Ein Baustein der Enterprise Library, der zur Entnahme von Objekten aus dem System dient

**Source-Objekt:** Ein Baustein der Enterprise Library, der zur Erstellung von Objekten dient.

## Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Gesundheit. (03. März 2011). *Pressemitteilung - Förderung der psychischen Gesundheit und des Wohlbefindens am Arbeitsplatz*. Abgerufen am 15. März 2011 von Bundesministerium für Gesundheit:

[http://www.bmg.bund.de/fileadmin/redaktion/pdf\\_pressemeldungen/2011/11-03-02-14\\_\\_Mental\\_Health\\_Conference.pdf](http://www.bmg.bund.de/fileadmin/redaktion/pdf_pressemeldungen/2011/11-03-02-14__Mental_Health_Conference.pdf)

Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. (2011). *Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme*. Abgerufen am 10. Februar 2011 von

<http://www.dimdi.de/static/de/klassi/diagnosen/icd10/htmlgm2011/index.htm>

GISCenter - Idaho State University. (1996-2009). *Shapefiles for Germany*. Abgerufen am 10. Januar 2011 von <http://giscenter-sl.isu.edu/other/world/europe/germany/>

Kristina Dammasch, B. R.-G. (2009). Challenges of Building a Simulation Model of the German Mental Health Care System. *Proceedings of the 21st European Modeling and Simulation Symposium (EMSS)*. Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain.

Salus gGmbH. (2010). *Standorte/Einrichtungen*. Abgerufen am 16. März 2011 von Salus gGmbH: <http://salus-lsa.de/>

SALUS-Institut. (Januar 2011). *Jahresbericht 2009-2010*. Abgerufen am 14. März 2011 von SALUS-Institut: <http://www.salus-institut.de/Newsletter/SIT%20-%20Jahresbericht%202009-2010.pdf>

Unnau, J. P. (Oktober 1986 ). „*Stendal als Hansestadt*„. Abgerufen am 14. März 2011 von [http://www.ra-unnau.de/index.php?article\\_id=33](http://www.ra-unnau.de/index.php?article_id=33)

WHO. (2011). *Statistics Germany*. Abgerufen am 12. März 2011 von <http://www.who.int/countries/deu/en/>

XJ Technologies. (2010). *Why Anylogic*. Abgerufen am 20. Februar 2011 von [http://www.xjtek.com/anylogic/why\\_anylogic/](http://www.xjtek.com/anylogic/why_anylogic/)

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standorte der Salus in Sachsen-Anhalt (Salus gGmbH, 2010) .....	11
Abbildung 2: Patientenstrom für die zu betrachtenden Kliniken (SALUS-Institut, 2011) .....	13
Abbildung 3: Konzept des Simulationsmodells.....	17
Abbildung 4: AnyLogic Modell der Klinik (exkl. Parameter, Variablen, Funktionen etc.).....	21
Abbildung 5: Flussdiagramm für die Bestimmung der Verweildauer eines Patienten...	22
Abbildung 6: Beispielmodell für die Region Bernburg.....	25
Abbildung 7: Bettenbelegungen der Kliniken im Jahr 2007 .....	29
Abbildung 8: Vergleich der Klinikbelegungen zwischen ermittelten (links) und empirischen (rechts) Verteilungen .....	31
Abbildung 9: Visualisierung einer Deutschlandkarte in AnyLogic via Shapefiles .....	38

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufbau Excel-Tabelle für Patientenquelle mit Beispieldaten .....	19
Tabelle 2: Aufbau der Excel-Arbeitsmappe "Verweildauern" mit Beispieldaten .....	20
Tabelle 3: Ergebnisse der Patientenverteilung bei 100 Replikationen .....	28
Tabelle 4: Auslastungen und Patientenanteile der Kliniken im Jahr 2007 .....	30
Tabelle 5: Ergebnisse des vollständigen Simulationsmodells nach 100 Replikationen .....	32
Tabelle 6: Simulationsergebnisse mit erhöhter Kapazität in Klinik APSY .....	33
Tabelle 7: Simulationsergebnisse mit verkürzter Behandlungszeit für F1 Diagnosen ...	33

## Abkürzungsverzeichnis

APSY	Allgemeine Psychiatrie
BBG	Bernburg
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
FA	Facharzt
HA	Hausarzt
IA	<b>Institutsambulanz</b>
IDE	Integrated Development Environment
KH	Krankenhaus
KJP	Kinder- und Jugendpsychiatrie
MVZ	<b>Medizinisches Versorgungszentrum</b>
PTM	Psychotherapeutische Medizin
TESD	Tagesklinik für Erwachsene in Stendal
TESW	Tagesklinik für Erwachsene in Salzwedel
TKSD	Tagesklinik für Kinder in Stendal
TKSW	Tagesklinik für Kinder in Salzwedel
USP	Uchtspringe

## Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift