



Dipl. oec. Inken de Wit¹

Diskrete Simulation universitätsinterner Beziehungen – am Beispiel einer Diplomarbeitsbetreuung

KORFU-Arbeitspapier Nr. 10

(Siegen – Saarbrücken 2014)

www.kor-fu.de

¹ Universität des Saarlandes, scholz@orga.uni-sb.de

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
A Relevanz der diskreten Simulation im Forschungsprojekt KORFU	5
B Grundlagen der diskreten Simulation und Animation im Universitätskontext	7
1 Begriff der diskreten Simulation und Animation.....	7
2 Auswahl des GPSS-Simulators und Animationssystems.....	9
3 Modellkomponenten der diskreten Simulation	10
C Das Beispiel Diplomarbeitbetreuung innerhalb der diskreten Simulation	12
1 Das Bediensystem und das Warteschlangenmodell	12
2 Übertragung des Beispiels in WinGPSS	18
3 Entwicklung des Animationsmodells.....	35
4 Experimentserie.....	40
D Ergebnis und Ausblick	54
Literaturverzeichnis	56

Dieser Artikel ist Teil des Forschungsprojekts „Korporatismus als ökonomisches Gestaltungsprojekt für Universitäten (KORFU)“, www.kor-fu.de. Die Autorin dankt dem deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Finanzierung dieses Projekts sowie dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) als Projektträger.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Warteschlangenmodell	17
Abbildung 2: WinGPSS-Benutzeroberfläche 1.....	19
Abbildung 3: WinGPSS-Benutzeroberfläche 2.....	20
Abbildung 4: WinGPSS-Benutzeroberfläche 3.....	21
Abbildung 5: WinGPSS-Benutzeroberfläche 4.....	22
Abbildung 6: WinGPSS-Benutzeroberfläche 5.....	23
Abbildung 7: WinGPSS-Benutzeroberfläche 6.....	24
Abbildung 8: WinGPSS-Benutzeroberfläche 7.....	25
Abbildung 9: WinGPSS-Benutzeroberfläche Originalfall	31
Abbildung 10: Auswertung Originalfall 1.....	32
Abbildung 11: Auswertung Originalfall 7.....	35
Abbildung 12: Layout mit Proof Animation™ 1	36
Abbildung 13: Layout mit Proof Animation™ 2	38
Abbildung 14: Layout mit Proof Animation™ 3	39
Abbildung 15: WinGPSS-Benutzeroberfläche Fall 1	43
Abbildung 16: Auswertung Fall 1 1.....	44
Abbildung 17: Auswertung Fall 1 7.....	46
Abbildung 18: WinGPSS-Benutzeroberfläche Fall 2	49
Abbildung 19: Auswertung Fall 2 6.....	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verbaler Ablauf der Simulation	14
Tabelle 2: Ablauf mit erhobenen Daten der Simulation	16
Tabelle 3: Listing Originalfall	30
Tabelle 4: Auswertung Originalfall 2	33
Tabelle 5: Auswertung Originalfall 3	33
Tabelle 6: Auswertung Originalfall 4	34
Tabelle 7: Auswertung Originalfall 5	34
Tabelle 8: Auswertung Originalfall 6	34
Tabelle 9: Auswertung Originalfall 8	35
Tabelle 10: Listing Fall 1.....	42
Tabelle 11: Auswertung Fall 1 2	44
Tabelle 12: Auswertung Fall 1 3	45
Tabelle 13: Auswertung Fall 1 4	45
Tabelle 14: Auswertung Fall 1 5	46
Tabelle 15: Auswertung Fall 1 6	46
Tabelle 16: Auswertung Fall 1 8	47
Tabelle 17: Listing Fall 2.....	48
Tabelle 18: Auswertung Fall 2 1	50
Tabelle 19: Vergleich der Auswertungen 1	50
Tabelle 20: Auswertung Fall 2 2	50
Tabelle 21: Vergleich der Auswertungen 2	50
Tabelle 22: Auswertung Fall 2 3	51
Tabelle 23: Vergleich der Auswertungen 3	51
Tabelle 24: Auswertung Fall 2 4	51
Tabelle 25: Vergleich der Auswertungen 4	51
Tabelle 26: Auswertung Fall 2 5	52
Tabelle 27: Vergleich der Auswertungen 5	52
Tabelle 28: Auswertung Fall 2 7	53
Tabelle 29: Vergleich der Auswertungen 6	53

A Relevanz der diskreten Simulation im Forschungsprojekt KORFU

Es wurde in den vorangegangenen Anforderungsanalysen dargelegt, dass die universitären Beziehungen und verwendeten Steuerungsinstrumentarien für das Steuerungsverhalten einer Universität essentiell sind. Aufbauend auf den gefundenen Anforderungen soll nun das Verhalten der universitären Akteure in alternativen Szenarien des Universitätsalltags simuliert werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde dafür die Diplomarbeitsbetreuung am Lehrstuhl Scholz gewählt. Das Beispiel eignet sich sehr gut dazu, die diskrete Simulation an einem Alltagsbeispiel der Universität zu zeigen.

Die Universität ist ein komplexes, dynamisches und deterministisches System, das innerhalb der Simulation als Modell abgebildet und computergestützt ausgewertet werden soll, zudem besitzt es interagierende Subsysteme wie Fakultäten oder auch einzelne Lehrstühle. Es gibt Warteschlangenprobleme, da die universitären Akteure Aufgaben erhalten, ohne dass eine vollständige zeitliche Abstimmung der Zugänge und Serviceleistungen erfolgt.

In der vorliegenden Arbeit soll ein Vorgang herausgegriffen werden, um die problemrelevanten Faktoren und Rückkopplungen deutlich zu machen. Somit wird die Komplexität reduziert, da nicht von vornherein das komplexe System Universität mit allen Aufgaben universitärer Akteure abgebildet, sondern zunächst lediglich der Aspekt der Diplomarbeitsbetreuung untersucht und simuliert wird. Die beispielsbezogene Schritt-für-Schritt-Anleitung der WinGPSS-Simulation sowie daraus gewonnenen Erkenntnisse sollen für zukünftige, weitreichendere Simulationen verwendet werden.

Diskrete Simulationsmodelle bieten sich für diese Systemanalyse an, da in vordefinierten Zeitintervallen Objekte aus Klassen erzeugt werden, denen bestimmte Attribute zugewiesen werden können und die in der Lage sind, Warteschlangen zu bilden. So können Steuerungspfade zwischen den universitären Akteuren untersucht werden, um Erfolgsfaktoren für eine Universitätssteuerung und damit Verbesserungspotenziale zu identifizieren. Effizienz und Effektivität des Steuerungsverhaltens steht dabei im Vordergrund der Betrachtung.

Zunächst sollen die Grundlagen der diskreten Simulation sowie die Animation im Universitätskontext betrachtet werden (Kapitel B), wobei näher auf den Begriff der Simulation sowie Animation (Kapitel 1), die Auswahl des GPSS-Simulators und Animationssystems (Kapitel 2) sowie die Modellkomponenten der diskreten Simulation (Kapitel 3) näher erläutert werden. Daran anschließend folgt das Beispiel der Diplomarbeitsbetreuung innerhalb der diskreten Simulation (Kapitel C), welches in einem ersten Schritt das Bediensystem und das Warteschlangenmodell (Kapitel 1) inklusive Auswahl und Zielbeschreibung, Beschreibung des realen Systems, Datenerhebung, das Warteschlangenmodell enthält. Die Übertragung des Beispiels in WinGPSS (Kapitel 2) stellt sukzessiv die benötigten Eingaben in WinGPSS illustriert durch Screenshots des GPSS-Editors dar, wodurch die Simulation einer Diplomarbeitsbetreuung stufenweise nachvollzogen werden kann, ebenso wird die ausgegebene Statistik der Simulation interpretiert. Im dritten Schritt folgt dann die Entwicklung des Animationsmodells

(Kapitel 3) durch die Erstellung eines Layouts, der Definition und Gestaltung von Objektklassen sowie der Definition der Pfade. Durch Veränderung der Eingabedaten entstehen im vierten Schritt Experimentserien (Kapitel 4), um Simulationsergebnisse zu vergleichen und reale Abläufe zu optimieren. Dazu wurde der Originalfall auf Basis seiner Auswertungsergebnisse zweimal variiert und alle Ergebnisse miteinander verglichen. Die Arbeit schließt mit dem Ergebnis und Ausblick (Kapitel D).

B Grundlagen der diskreten Simulation und Animation im Universitätskontext

1 Begriff der diskreten Simulation und Animation

Um das Verhalten komplexer, dynamischer Systeme wie der Universität zu analysieren, bietet sich eine Simulation mit Hilfe eines geeigneten, zweckbezogenen Modells an, welches eine virtuelle Umgebung darstellt (Stumpfe 2002, 175). Die Simulation stammt ursprünglich aus dem militärischen Bereich, als Beispiel ist hier ein Flugsimulator für das Training von Piloten zu nennen, der reale Vorgänge interaktiv und zeitlich identisch abbilden sollte (Liebl 1992, 3). Aktuelle Anwendungsgebiete der Simulation sind Prognosemodelle, Materialtests, Trainingssimulationen, Emulationen, Computerspiele, Unfallsimulationen sowie Bewertungen in Produktion und Logistik (Herper 2005, 4). Systemsimulation wird als Entwicklung und experimentelle Auswertung von systemabbildenden Modellen definiert; diese systemabbildenden Modelle sind Abbildungen komplexer und dynamischer Systeme, welche wiederum Modelle oder auch reale Systeme sein können (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 12).

Im Gegensatz zum Flugsimulator besteht oftmals allerdings kein Bedarf an der zeitlichen, identischen Abbildung eines Modells oder Systems, sondern das Ziel liegt in der Vorstellung über Geschehnisse und Abläufe, um verschiedene Szenarien durchspielen zu können und durch den Vergleich der Ergebnisse Hinweise auf gute Szenarien zu erhalten (Liebl 1992, 3). In der virtuellen Umgebung des Modells werden hierzu Parameter variiert, um virtuell und schnell die Konsequenzen bestimmter Aktionen zu testen (Stumpfe 2002, 175). Die Zeitraffung stellt die grundlegende Technik der Simulation dar (Herper 2004, 18), denn Simulationsmodelle bilden die reale Zeit auf eine Simulations- oder Modellzeit ab, welche wie die reale Zeit zwar steigende Werte annehmen, die jedoch nur sprunghaft wachsen (Herper 2005, 8). Bei der Modellimplementierung wird das zu erstellende Simulationsmodell mit einer für die Zielstellung ausreichenden Genauigkeit nachbilden und das abstrakte Modell in ein lauffähiges Computerprogramm überführt (Herper 2004, 23). Auf Modelle und Systeme im Allgemeinen soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, innerhalb des Forschungsprojektes KORFU soll das System Universität abgebildet werden, weswegen im Folgenden dieses konkretisiert wird.

Das System der Universität ist zwar grundsätzlich als offen anzusehen, soll jedoch in einem ersten Schritt zur Darstellung der inneruniversitären Beziehungen und deren Steuerungsinstrumenten ohne Beziehungen zur außeruniversitären Umwelt erfasst werden. Im zweiten Schritt sollen dann die externen Beziehungen hinzugenommen werden, dies stellt jedoch eine weitere Forschungsarbeit dar.

Die Universität als System beinhaltet eine Reihe von Subsystemen, auch Objekte des Gesamtsystems genannt, die zueinander in Beziehung stehen (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 17), wie beispielsweise Fakultäten mit einzelnen Lehrstühlen und Prüfungsämtern oder Universitätsleitungen mit Zentraleinrichtungen. Da die Zustandsvariablen der Universität

zeitabhängige, aber feststehende Größen sind, kann von einem dynamischen und deterministischen Modell gesprochen werden.

Systemforschung bezeichnet „(1) The application of scientific method (2) by interdisciplinary teams (3) to problems involving the control of organized (man-machine) systems so as to provide solutions which best serve the purpose of the organization as a whole“ (Ackoff/Sasieni 1968, 6), wobei die wissenschaftliche Methode darin bestünde, „(...) [the OR worker] constructs representations of the system and its operations (models)“ (Ackoff/Sasieni 1968, 9). Dies passt auf das vorliegende Beispiel: Da die Universität menschliche wie technische Einrichtungen als Objekte besitzt, ist sie ein soziotechnisches System, zudem ist sie eine zielgerichtete Organisation, also organisiert. Durch unsere Simulation möchten wir Steuerungsmöglichkeiten aufzeigen, die dem Wohl der gesamten Universität dienen und nicht Einzelinteressen von einigen universitären Akteuren fördern. Der Erkenntnisgewinn durch Simulation ist immer ein induktiver Analogieschluss, weswegen für die Bewertung der Simulationsergebnisse ein umfangreiches Fachwissen auf dem Anwendungsgebiet erforderlich ist (Herper 2005, 5). Durch die vorhandenen Kompetenzen der Professoren Christian Scholz und Volker Stein im Feld der Hochschul- und Wissenschaftsforschung sowie der Erforschung dezentraler Organisationen ist diese Bedingung ebenfalls erfüllt.

Simulation wird zur Systementwicklung oder zur Systemanalyse verwendet (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 33). Innerhalb des Forschungsprojektes KORFU wird die Simulation zunächst zur Systemanalyse und anschließend zur Systementwicklung mit dem Ziel einer Systemoptimierung eingesetzt. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit einem Ausschnitt der Systemanalyse, in dem die Aufgabe der Diplomarbeitbetreuung im Status Quo untersucht werden soll. Später soll eine Vielzahl von universitären Aufgaben mit den feststehenden Modelltypen der Universität in den vier Entwicklungsstadien die von Scholz/Stein (2010) aufgestellten Hypothesen getestet werden. Da es aber unser übergeordnetes Ziel ist, sukzessive Modellvarianten der Entwicklungsstadien von Universitäten zu konzipieren, um das bestmögliche Alternativsystem der Universitätssteuerung – ohne steuerungsinhaltliche Konkretisierung bislang als Universitärer Korporatismus bezeichnet – zu bestimmen, liegt in der weiterführenden Arbeit eine Systementwicklung zur Systemoptimierung vor.

Eine diskrete Simulation unterscheidet sich von der kontinuierlichen Simulation durch das zeitliche Verhalten der Zustandsvariablen: Verändern sich diese Zustandsvariablen über die Zeit hinweg kontinuierlich, liegt ein kontinuierliches System vor; sind die Zustandsübergänge aber diskontinuierlich, es treten folglich sogenannte Zustandsprünge zu einem diskreten Zeitpunkt auf, besteht ein diskretes System (Liebl 1992, 9). Schwerpunkt der diskreten Simulation sind die Modelle von Bediensystemen (Herper 2005, 7).

Das Beispiel der Diplomarbeitbetreuung am Lehrstuhl Scholz stellt, wie oben beschrieben, ein Warteschlangenproblem dar. Dies ist dadurch gekennzeichnet, dass die universitären Ak-

teure wie Professoren und wissenschaftliche Mitarbeiter von den Studierenden die Aufgabe der Betreuung ihrer Diplomarbeit erhalten, ohne dass eine vollständige zeitliche Abstimmung der Zugänge und Serviceleistungen erfolgt und damit Warteschlangen entstehen. Diese können mithilfe der diskreten Simulation abgebildet werden.

Während die Simulation die Konstruktion und Nutzung von Systemmodellen beschreibt, ist die Animation die synthetische oder künstliche Visualisierung von Systemen, auch wenn im populärwissenschaftlichen Bereich beide Begriffe mitunter überhaupt nicht differenziert werden (Lorenz 1991, 1). Durch die Animation des Beispiels der Diplomarbeitbetreuung soll visualisiert werden, wie die Studierenden, dargestellt durch die Aufgabe ihrer jeweiligen Diplomarbeitbetreuung, zwischen den universitären Akteuren während des Prozesses wechseln und die Warteschlangen entstehen.

2 Auswahl des GPSS-Simulators und Animationssystems

Die Wahl der Programmiersprache hat besondere Bedeutung (Weber/Trzebner/Tempelmeier 1983, 25) und stellt den ersten Schritt der Modellimplementierung dar (Herper 2004, 23). Neben dem Einsatzgebiet ist die verfügbare Hard- und Software für die Wahl des Simulators mitentscheidend: Vielfach wird ein Simulator gewählt, der schon Basisalgorithmen für die gewünschte Problemstellung enthält (Herper 2004, 23). Damit wird die Modellimplementierung im Wesentlichen durch die Software bestimmt, wobei nicht nur mit allgemeinen Programmiersprachen, sondern vorrangig mit speziellen Simulationssprachen gearbeitet werden sollte, um auf komplexe Datenstrukturen zurückgreifen zu können (Weber/Trzebner/Tempelmeier 1983, 36). Solche Spezialsprachen der diskreten Simulation sind beispielsweise CLS, GASP II, SIMSCRIPT, SIMULA und GPSS; die Unterschiede liegen in der Bindung an Universalsprachen und in der Aktivitäts-, Ereignis- oder Prozessorientierung (Weber/Trzebner/Tempelmeier 1983, 56). Für das Forschungsprojekt KORFU sollte eine diskrete Simulationssprache gewählt werden, welche die Warteschlangen von sich stauenden Aufgaben bei verschiedenen Akteuren abbilden kann und bei der keine Lizenzkosten anfallen.

Die Simulationssprache GPSS (General Purpose Simulation System) wurde 1961 von Geoffrey Gordon, Mitarbeiter der IBM Corporation, konzipiert und von einigen Computerherstellern übernommen (Weber/Trzebner/Tempelmeier 1983, 62). Es gilt das das erste universelle Simulationssystem (Herper 2005, 20). GPSS ermöglicht, Prozesse durch den Fluss dynamischer Elemente durch ein Netz von statischen Elementen zu beschreiben; dynamische Elemente sind dabei Transaktionen, statische Elemente Bedienungsstationen oder Speicher (Weber/Trzebner/Tempelmeier 1983, 62).

Weber, Trzebner und Tempelmeier (1983, 64) wählten GPSS für wirtschaftswissenschaftliche Anwendungsgebiete, da sich mit der Simulationssprache experimentell auszuwertende

Systeme besonders leicht darstellen, modifizieren und dokumentieren ließen und die Modellauswahl effizient und benutzerfreundlich erfolge. Weitere Vorteile von GPSS liegen in der weitgehenden Standardisierung und der damit verbundenen leichten Programmtransportabilität (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 64).

WinGPSS ist ein Simulator aus der GPSS-Sprachfamilie, es ist besonders zur Nachbildung von Warteschlangen- und Bediensystemen geeignet ist, besitzt eine graphisch-interaktive Entwicklungsumgebung und verfügt über Schnittstellen zu einem Animationssystem (Herper 2005, 20). Das Programm ist über die Universität Magdeburg für Hochschulen frei verfügbar und besitzt eine deutsche grafische Benutzeroberfläche (Herper 2005, 21).

Proof Animation™ ist ein kommerziellen Animationssystem von Wolverine Software, welches insbesondere als Ergänzung für WinGPSS geeignet ist. Es sehr leistungsfähig und einfach, ermöglicht die Darstellung gleichzeitiger, flüssiger Bewegungen und die Animation verläuft mit einstellbarem, zur Realzeit proportionalem Tempo (Stähl/Herper/Lorenz 2006, 9). Für die vorliegende Arbeit wurde die Version P5 für Studenten verwendet.

3 Modellkomponenten der diskreten Simulation

Wie oben bereits beschrieben, wurde die Simulationssprache GPSS für das Forschungsprojekt ausgewählt, da eine Beschreibung der Prozesse durch den Fluss dynamischer Elemente durch ein Netz von statischen Elementen erfolgen kann (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 62). Dynamische Elemente werden als Transaktionen (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 62), Aufträge (Liebl 1992, 88) oder Forderungen (Herper 2005, 22) bezeichnet, statische Elemente als Bedienungsstationen oder Speicher benannt (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 62). Aufträge treten zu meist zufälligen Zeitpunkten in das System ein und verlassen es nach der Bearbeitung wieder, während Bedienstationen und Speicher während der Simulation permanent im System vorhanden sind (Liebl 1992, 88). Zwischenankunftszeiten (ZAZ oder IAT, Inter Arrival Time) als Umweltschnittstellen beschreiben die Zeit zwischen der Ankunft der einen Forderung und der Ankunft der nächsten Forderung, wobei IAT 2 die Zeit zwischen Forderung 1 und 2 darstellt (Herper 2005, 22+23). Es gibt zudem Blockanweisungen, welche bestimmte Teilaktionen beschreiben (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 62): Die Erzeugung (GENERATE), Steuerung (TRANSFER, ADVANCE) und Inanspruchnahme (SEIZE/RELEASE, PREEMPT/RETURN, ENTER/LEAVE) von statischen Elementen sowie die Gruppierung (SPLIT/ASSEMBLE, LINK/UNLINK) und Entfernung von Transaktionen. Darüber hinaus gibt es weitere Anweisungen (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 62): Die Definition der zu verwendeten Funktionen (FUNCTION), die Festlegung von Speicherstellen (STORAGE), die Anlage von Häufigkeitstabellen (TABLE/QTABLE), die Datensammlung (TABULATE, QUEUE/DEPART), die Protokollierung des standardisierten Systemzustandes (PRINT) und die allgemeine Programmsteuerung (SIMULATE, START, RESET, END).

Bedieneinrichtungen, Speicher und Transaktionen sind unterschiedliche Klassen von Elementen, welche Eigenschaften besitzen, die ihnen als Attribute zugewiesen werden und durch welche sie individuell identifizierbar sind (Liebl 1992, 88). Attribute können in sämtlichen Skalenniveaus ausgedrückt werden (Liebl 1992, 88). Veränderungen des Systemzustandes entstehen dabei häufig durch Veränderungen in den Attributen (Liebl 1992, 88).

Die Warteschlangensimulation stellt im Rahmen des Forschungsprojektes eine wichtige Komponente der diskreten Simulation dar, da an Universitäten häufig Warteschlangenprobleme bestehen. Diese treten dann auf, wenn Bedienungseinheiten beispielsweise von Kunden in Anspruch genommen werden, ohne dass eine vollständige zeitliche Abstimmung der Kundenzugänge und Serviceleistungen erfolgt (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 66). Übertragen auf das System Universität bedeutet dies, dass die universitären Akteure Aufgaben erhalten, ohne dass eine vollständige zeitliche Abstimmung der Zugänge und Serviceleistungen erfolgt. Das Warteschlangenmodell basiert auf den Komponenten Zugangsquelle, Bedienungssystem mit einer oder mehreren Bedienungseinrichtungen und Wartesystem, dabei ist die Auswahlordnung relevant (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 66).

Zur Modelldarstellung und -auswertung in GPSS gibt es GPSS-Blocksymbole, die GPSS-Sprache und den GPSS-Simulator (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 81). Die Blocksymbole dienen zur Darstellung der GPSS-Sprache, um kompakt und relativ leicht verständlich ein Modell abzubilden, wodurch über den GPSS-Simulator GPSS-Codes erstellt werden (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 83). Zentrale Bedeutung hat somit die GPSS-Sprache, die zusammen mit den GPSS-Blocksymbolen die Modellentwicklung und mit dem GPSS-Simulator die Modellauswertung ermöglicht (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 84).

C Das Beispiel Diplomarbeitbetreuung innerhalb der diskreten Simulation

Das oben beschriebene System Universität, welches innerhalb dieser Arbeit als geschlossenes System anzusehen ist, beinhaltet einige Subsysteme. Die Diplomarbeitbetreuung stellt eine typische Aufgabe an einem Lehrstuhl dar, an der mehrere Personen beteiligt sind und Rückkopplungen stattfinden, weswegen eine Beispielssimulation wertvolle Erkenntnisse schaffen könnte. Es wird also innerhalb des Subsystems einer bestimmten Fakultät die Subsysteme Lehrstühle sowie das Prüfungsamt der Fakultät betrachtet. Es gibt ein Warteschlangenproblem, da universitäre Akteure wie wissenschaftliche Mitarbeiter und Professoren von den Studierenden die Aufgabe erhalten, eine Diplomarbeitbetreuung zu übernehmen, ohne dass die Zugänge an dieser Aufgabe und die Serviceleistung im Sinne einer Betreuung und Begutachtung vollständig zeitlich abgestimmt sind.

1 Das Bediensystem und das Warteschlangenmodell

Für die diskrete Simulation sind, wie oben beschrieben, Bediensysteme, auch Bedienungssysteme genannt, notwendig. Ein Bedienungssystem besteht aus einer oder mehreren Bedienungseinrichtungen (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 66) bzw. Bedieneinrichtungen.

Für die weitere Vorgehensweise sind die Bediensysteme näher zu bestimmen. Dazu soll in einem ersten Schritt die Auswahl und die Beschreibung eines Bediensystems vorgenommen werden (Herper 2004, 10). In der vorliegenden Arbeit wird die Diplomarbeitbetreuung Gegenstand des Simulationsmodells sein. Zur Beschreibung des Bediensystems gehörten die verbale Beschreibung des realen Systems, die Datenerhebung sowie die Zieldefinition der Simulationsstudie (Herper 2004, 10), welche im Folgenden näher erläutert werden. Insbesondere bei der Bearbeitung von größeren Modellen ist die Erstellung eines detaillierten Datenfluss- und Programmablaufplans vor der Programmierung sinnvoll. Datenflusspläne stellen dabei die zeitlichen Beziehungen in der Ablauforganisation dar, während Programmablaufpläne die Struktur veranschaulichen sollen (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 24+25). Zudem wird das Warteschlangenmodell am Beispiel der Diplomarbeitbetreuung thematisiert.

Auswahl des Bediensystems und Ziel der diskreten Simulation

Wie bereits oben beschrieben wurde, sollte das Bediensystem aus dem eigenen Erfahrungshorizont ausgewählt werden (Herper 2004, 10), da für die Bewertung der Simulationsergebnisse ein umfangreiches Fachwissen auf dem Anwendungsgebiet erforderlich ist (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 2). Im vorliegenden Fall soll die Diplomarbeitbetreuung am Lehrstuhl Scholz als diskretes System abgebildet werden. In diskreten Systemen findet der

Wechsel zwischen den Zuständen zu bestimmten diskreten Zeitpunkten statt und die Systembestandteile müssen hierzu in einen theoretischen Rahmen eingebettet werden (Liebl 1992, 87).

Des Weiteren sollte die Zieldefinition der Simulationsstudie erfolgen (Herper 2004, 11). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist das Ziel der Simulation die Untersuchung des Arbeitsaufwandes bezüglich Diplomarbeitsbetreuungen von Professor und wissenschaftlichem Mitarbeiter für eine Strukturoptimierung.

Beschreibung des realen Systems

In einem nächsten Schritt soll das reale System verbal durch eine Ablaufbeschreibung erfasst werden, damit eine Zuordnung der abstrahierten Komponenten des realen Systems zu den Modellelementen des abstrakten Modells erfolgen kann (Herper 2004, 19). Besonders wichtig ist hier die Erfassung der Systemstruktur, der Systemgrenzen und der systembezogenen Input- und Outputgrößen (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 17) sowie der Werkzeugeigenschaften für die Implementierung des Computermodells (Herper 2004, 19).

Die Systemstruktur innerhalb des Beispiels Diplomarbeitsbetreuung umfasst innerhalb des Systems Universität das Subsystem Fakultät, wobei grundsätzlich eine beliebige Fakultät angenommen werden kann, in der vorliegenden Arbeit allerdings die Rechts- und Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät der Universität des Saarlandes als Beispiel dient. Die Fakultät besitzt wiederum Subsysteme, die für die Diplomarbeitsbetreuung von Bedeutung sind: Zwei Lehrstühle und das Prüfungsamt der Fakultät. Innerhalb des ersten Lehrstuhls findet die Diplomarbeitsbetreuung durch einen wissenschaftlichen Mitarbeiter und den Professor statt, der zweite Lehrstuhl ist lediglich für die Zweitkorrektur verantwortlich und wird daher nicht im Detail betrachtet, der Kontakt findet nur über das Sekretariat des zweiten Lehrstuhles statt. Auch das Prüfungsamt wird als Subsystem mit einem beliebigen Mitarbeiter als Ansprechperson gesehen und nicht detailliert analysiert.

Die Systemgrenze umfasst also die Fakultät. Die systembezogene Inputgröße ist die Aufgabe der Diplomarbeitsbetreuung, die systembezogene Outputgröße die erstellte Diplomarbeit.

Das reale System ist die „Diplomarbeitsbetreuung am Lehrstuhl Scholz“, welche im Modell dargestellt werden soll. Dieses Modell erfasst aus Komplexitätsgründen nicht alle Eigenschaften des Subsystems Lehrstuhl Scholz, sondern nur die für die schematische Darstellung der Diplomarbeitsbetreuung notwendigen Mitarbeiter. Es gibt verschiedene Bedieneinrichtungen: am Lehrstuhl Scholz ein Professor, zwei wissenschaftliche Mitarbeiter und eine Sekretärin; im Prüfungsamt eine nicht näher spezifizierte Person; am Lehrstuhl des Zweitkorrektors eine Sekretärin. Die Bedieneinrichtungen haben bestimmte Eigenschaften: Jeder wissenschaftliche Mitarbeiter hat eine Sprechstunde, der erste wissenschaftliche Mitarbeiter hält das für alle Studierenden mit dem Wunsch der Diplomarbeitsbetreuung verpflichtende

Seminar „Wissenschaftliches Arbeiten“ und der Professor das ebenso obligatorische „Kolloquium“. Darüber hinaus haben die Bedieneinrichtungen Eigenschaften, welche die Veränderungen der Zustandsvariablen anzeigen, im einfachsten Fall lediglich die Eigenschaft „Auslastung“ mit den Ausprägungen „ausgelastet“ und „frei“.

Neben diesen Bedieneinrichtungen heißt die Transaktion „Diplomarbeitsbetreuung“ mit den Eigenschaften „zugehöriger Student“ (string) und „Stand der Diplomarbeitsbetreuung“ mit den Ausprägungen „Entwurf“, „finale Fassung ohne Gutachten“ und „finale Fassung mit Gutachten“. Die Prozessdauer beschreibt die Zeit der Bearbeitung.

Der Ablauf wird wie in Tabelle 1 verbal beschrieben, danach erfolgt die Datenerhebung der Prozessdauer.

Nr.	Beschreibung
1.	Student kommt zum Lehrstuhl
2.	Student fragt Sekretärin nach Diplomarbeitsbetreuung
3.	Sekretärin schickt Student mit Wunsch der Diplomarbeitsbetreuung zur Sprechstunde des wissenschaftlichen Mitarbeiters 1 zur Themenbesprechung
4.	falls Zusammenarbeit mit wissenschaftlichem Mitarbeiter 1: weiter mit 5.; falls keine Zusammenarbeit: Student geht in Sprechstunde zu wissenschaftlichem Mitarbeiter 2 (<i>Entscheidung mit Rückkopplung</i>)
5.	Student meldet seine Diplomarbeit bei einer Person im Prüfungsamt an
6.	Student geht aufgrund der Diplomarbeitsbetreuung zum Seminar „Wissenschaftliches Arbeiten“ mit wissenschaftlichem Mitarbeiter 1
7.	Student geht wegen Themenbereichsabsprache und Formularen der Diplomarbeit zu wissenschaftlichem Mitarbeiter in der Sprechstunde
8.	Ziehung des Themas der Diplomarbeit durch eine Person des Prüfungsamtes
9.	Student geht wegen Gliederungsbesprechung der Diplomarbeit zu wissenschaftlichem Mitarbeiter in der Sprechstunde
10.	Student geht aufgrund der Diplomarbeitsbetreuung zum Kurs „Kolloquium“ mit Professor
Student schreibt Diplomarbeit	
11.	Student geht wegen Nachfragen zur Diplomarbeit zu wissenschaftlichem Mitarbeiter in der Sprechstunde
12.	Student gibt Diplomarbeit bei Person im Prüfungsamt ab und Prüfungsamt versendet Diplomarbeit an den Professor
13.	Professor gibt die Diplomarbeit an den wissenschaftlichen Mitarbeiter
14.	wissenschaftlicher Mitarbeiter korrigiert die Diplomarbeit und schreibt das Gutachten der Diplomarbeit
15.	wissenschaftlicher Mitarbeiter gibt die Diplomarbeit mit dem Gutachten an den Professor, dieser liest die Diplomarbeit und das Gutachten
16.	falls in Ordnung: entscheidet über die Benotung der Diplomarbeit, unterschreibt das Gutachten und weiter mit 17., falls nein: Diplomarbeit geht mit Änderungen zurück an wissenschaftlichen Mitarbeiter (<i>Entscheidung mit Rückkopplung</i>)
17.	Professor gibt die Diplomarbeit mit dem Gutachten an die Sekretärin
18.	Sekretärin gibt die Diplomarbeit mit dem Gutachten an die Sekretärin des Lehrstuhls des Zweitkorrektors
19.	Sekretärin des Lehrstuhls des Zweitkorrektors gibt die Diplomarbeit mit dem Gutachten zurück an die Sekretärin
20.	Sekretärin schickt die Diplomarbeit mit dem Gutachten an eine Person im Prüfungsamt
21.	Eine Person im Prüfungsamt teilt dem Studenten die Note der Diplomarbeit mit

Tabelle 1: Verbaler Ablauf der Simulation

Datenerhebung im Modell

Erst wenn die erforderlichen Basisdaten zur Verfügung stehen, kann das Modell eingesetzt werden (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 29). Die Datenbeschaffung ist relativ einfach, wenn vorhandene Daten, eventuell auch nach Aufbereitung, verwendet werden können, eine Datenneuerhebung ist aufwendiger (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 29). Die Datenerfassung kann grundsätzlich quantitative und qualitative Merkmale betreffen (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 35). Die Prozessdauer ist bei der Datenerhebung besonders hervorzuheben (Stahl/Herper/Lorenz 2006, 5) und beschreibt die Zeit der Bearbeitung.

Im Beispiel wurden Erfahrungswerte der Prozessdauer wie in Tabelle 2 verwendet.

Nr.	Beschreibung	erh. Daten
1.	Student kommt zum Lehrstuhl	3-7 Tage
2.	Student fragt Sekretärin nach Diplomarbeitbetreuung	1-5min
3.	Sekretärin schickt Student mit Wunsch der Diplomarbeitbetreuung zur Sprechstunde des wissenschaftlichen Mitarbeiters 1 zur Themenbesprechung	je 10-20min
4.	falls Zusammenarbeit mit wissenschaftlichem Mitarbeiter 1: weiter mit 5.; falls keine Zusammenarbeit: Student geht in Sprechstunde zu wissenschaftlichem Mitarbeiter 2 (<i>Entscheidung mit Rückkopplung</i>)	-
5.	Student meldet seine Diplomarbeit bei einer Person im Prüfungsamt an	5-10min
6.	Student geht aufgrund der Diplomarbeitbetreuung zum Seminar „Wissenschaftliches Arbeiten“ mit wissenschaftlichem Mitarbeiter 1	3-3,5h
7.	Student geht wegen Themenbereichsabsprache und Formularen der Diplomarbeit zu wissenschaftlichem Mitarbeiter in der Sprechstunde	20-30min
8.	Ziehung des Themas der Diplomarbeit durch eine Person des Prüfungsamtes	5min
9.	Student geht wegen Gliederungsbesprechung der Diplomarbeit zu wissenschaftlichem Mitarbeiter in der Sprechstunde	15-25min
10.	Student geht aufgrund der Diplomarbeitbetreuung zum Kurs „Kolloquium“ mit Professor	2-3h
	Student schreibt Diplomarbeit	-
11.	Student geht wegen Nachfragen zur Diplomarbeit zu wissenschaftlichem Mitarbeiter in der Sprechstunde	15min
12.	Student gibt Diplomarbeit bei Person im Prüfungsamt ab und Prüfungsamt versendet Diplomarbeit an den Professor	1 Tag
13.	Professor gibt die Diplomarbeit an den wissenschaftlichen Mitarbeiter	5min
14.	wissenschaftlicher Mitarbeiter korrigiert die Diplomarbeit und schreibt das Gutachten der Diplomarbeit	2,5-3 Tage
15.	wissenschaftlicher Mitarbeiter gibt die Diplomarbeit mit dem Gutachten an den Professor, dieser liest die Diplomarbeit und das Gutachten	2 Wochen
16.	falls in Ordnung: entscheidet über die Benotung der Diplomarbeit, unterschreibt das Gutachten und weiter mit 17., falls nein: Diplomarbeit geht mit Änderungen zurück an wissenschaftlichen Mitarbeiter (<i>Entscheidung mit Rückkopplung</i>)	-
17.	Professor gibt die Diplomarbeit mit dem Gutachten an die Sekretärin	5min
18.	Sekretärin gibt die Diplomarbeit mit dem Gutachten an die Sekretärin des Lehrstuhls des Zweitkorrektors	1 Tag
19.	Sekretärin des Lehrstuhls des Zweitkorrektors gibt die Diplomarbeit mit dem Gutachten zurück an die Sekretärin	2 Tage
20.	Sekretärin schickt die Diplomarbeit mit dem Gutachten an eine Person im Prüfungsamt	1 Tag
21.	Eine Person im Prüfungsamt teilt dem Studenten die Note der Diplomarbeit mit	2 Tage

Aufgrund der erfassten Prozessdauer der Ablaufschritte ist zu erwarten, dass sich Warteschlangen bilden. Daher soll im Folgenden näher auf das Warteschlangenmodell eingegangen werden.

Das Warteschlangenmodell

Oben wurde bereits das Warteschlangenproblem beschrieben, weswegen ein Warteschlangenmodell innerhalb der diskreten Simulation sinnvoll erscheint. Universitäre Akteure wie wissenschaftliche Mitarbeiter oder Professoren erhalten Aufgaben, die sie erledigen müssen. Beispielsweise von Seiten der Studierenden eine Diplomarbeitbetreuung. Problematisch ist hierbei, dass die Zugänge dieser Aufgabe und die Serviceleistung im Sinne einer Betreuung und Begutachtung nicht vollständig zeitlich abgestimmt sein können. Die genaue Anzahl der zu betreuenden Studierenden steht erst nach deren Anmeldung der Diplomarbeit beim Prüfungsamt fest. Es stellt sich nun die Frage, wie die Arbeitsbelastung geregelt werden kann.

Daher sollen im Folgenden die Komponenten des Warteschlangenmodells – Zugangsquelle, Bediensystem und Wartesystem mit Auswahlordnung (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 66) – für die vorliegende Fragestellung näher betrachtet werden.

Die Zugangsquelle generiert die Kunden, die bei der Bedieneinrichtung eintreffen, wobei das Kundenreservoir begrenzt oder unbegrenzt sein kann, die Kunden einzeln oder in Gruppen eintreffen, dieses Eintreffen beeinflussbar oder nicht beeinflussbar sein kann und über die empirische oder theoretische Verteilung der Kundenankunftszeiten charakterisiert wird (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 67). Im vorliegenden Fall treffen Studierende mit ihrem Wunsch der Diplomarbeitbetreuung am Lehrstuhl (Sekretärin) ein.

Folgende realitätsnahe Annahmen werden getroffen: Die Anzahl der Studierenden ist unbegrenzt, sie treffen einzeln ein und dieses Eintreffen ist nicht beeinflussbar. Da empirische Daten nicht zur Verfügung stehen, wird auf eine theoretische Verteilung für die Festlegung der Ankunftsverteilung zurückgegriffen. Die Ankunftsverteilung kann eine deterministische oder stochastische Ankunftszeit beziehungsweise Ankunftsrate sein (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 69). Im Beispiel der Diplomarbeitbetreuung wird von einer stochastischen Ankunftszeit zwischen drei Tagen und einer Woche ausgegangen. Der Kundenzugang kann bedingt von der aktuellen Warteschlangenlänge oder unbedingt davon erfolgen (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 68), im vorliegenden Fall wird ein unbedingter Kundenzugang angenommen.

Die Bedienungszeiten des Bedienungssystems werden direkt über eine Bedienungsverteilung, indirekt über eine Bedienungsratenverteilung oder über Konstanten bestimmt (We-

ber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 68). In unserem Beispiel werden gleichverteilt Bedienzeiten zwischen zwei Extrema angenommen. Das Bedienungssystem kann darüber hinaus ein Einkanal-Einphasen-System mit nur einer Bedienungseinrichtung, ein Einkanal-Mehrphasen-System mit mehreren hintereinandergeschalteten Bedienungseinrichtungen, ein Mehrkanal-Einphasen-System mit parallelgeschalteten Bedienungseinrichtungen oder ein Mehrkanal-Mehrphasen-System mit hintereinander- und parallelgeschalteten Bedienungseinrichtungen sein (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 68-71). Der vorliegende Fall einer Diplomarbeitbetreuung stellt in seiner einfachen Form ein Einkanal-Mehrphasen-System dar, da parallele Abläufe aus Komplexitätsgründen und der Nicht-Abbildbarkeit mit WinGPSS vernachlässigt wurden. Für das Forschungsprojekt KORFU werden bei der Einbeziehung mehrerer Aufgabentypen zukünftig aber ein Mehrkanal-Mehrphasen-System benötigt werden. Warteschlangen können stets nur zwischen Phasen, also in Mehrphasensystemen, entstehen (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 68).

Wartesysteme werden entweder nach der Anzahl der Warteschlangen (eine oder mehrere) oder nach der Länge der Warteschlangen (endlich oder unendlich) unterschieden (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983, 71+72). In unserem Beispiel gibt es mehrere Warteschlangen, da es auch mehrere Bedienungseinrichtungen gibt, die unendlich sind. Dabei gibt innerhalb der Auswahlordnung Normaldisziplinen, so dass bereits eingeleitete Bedienungsprozesse unbedingt abgeschlossen werden müssen, aber durch bestimmte Regeln wie FIFO („first in, first out“), dringende Fälle zuerst, Zufallsauswahl oder andere Prioritätsregeln determiniert werden, oder Verdrängungsdisziplinen, die im Bedienungsprozess befindliche Kunden verdrängen können (Weber/Trzebinger/Tempelmeier 1983,72+73). Den vorliegenden Fall betreffend, herrscht bislang am Lehrstuhl Scholz die Regel, dass jeder ankommende Student der entsprechenden Studiengänge die Möglichkeit einer Diplomarbeitbetreuung erhält und das FIFO-Prinzip herrscht.

Die Konfiguration des Beispielsystems als Warteschlangenmodell kann wie folgt in Abbildung 1 beschrieben werden (in Anlehnung an Liebl 1992, 93).

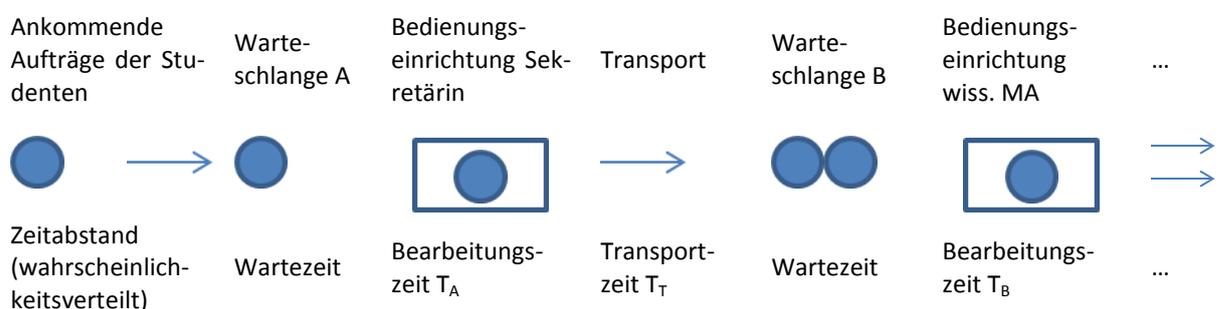


Abbildung 1: Warteschlangenmodell

Die Warteschlangen sind jedoch besser in WinGPSS ersichtlich, weswegen im Folgenden auf das Simulationsprogramm zurückgegriffen wird.

2 Übertragung des Beispiels in WinGPSS

Die Übertragung des Beispiels der Diplomarbeitbetreuung erfolgt auf Basis von Born/Stähl/Herper und soll sukzessive ein einfaches Modell komplexer machen, um die Vorgehensweise zu beschreiben. Um den Ablauf in WinGPSS zu übertragen, müssen zunächst Annahmen für durchschnittliche Parameter getroffen werden, bevor ein Simulationsprogramm entwickelt werden kann.

So nehmen wir an, dass pro Jahr 70 Studierende mit dem Diplomarbeitwunsch an den Lehrstuhl Scholz herantreten, was in WinGPSS einem Startzähler von 70 innerhalb des TERMINATE-Blockes entspricht. Diese Zahl ergab sich durch zwei verschiedene Herangehensweisen: Im Jahr 2012 wurden innerhalb der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät, die aus sieben Lehrstühlen besteht, 484 Abschlussarbeiten geschrieben; der Lehrstuhl Scholz verzeichnet im Jahr 2012 knapp 60 Abschlussarbeiten. Da der Startzähler nicht nur die Studenten erfasst, die später tatsächlich eine Abschlussarbeit schreiben, sondern auch die Studenten, die sich beraten lassen und sich dann für einen anderen Lehrstuhl entscheiden, was nach Schätzung der wissenschaftlichen Mitarbeiter in etwa 10% zutrifft, scheint ein Startwert von 70 realistisch.

Darüber hinaus wird angenommen, dass durchschnittlich und gleichverteilt im Abstand zwischen drei Tagen und einer Woche ein Student mit diesem Wunsch zum Lehrstuhl kommt, was in WinGPSS eine Zwischenankunftszeit von 5 (Angabe in Tagen) mit einer Streuung von 2 innerhalb des GENERATE-Blockes bedeutet. Dieses reduziert den Startzähler von 70 je Student um 1, so dass in WinGPSS die Startzählerreduzierung 1 ist.

Des Weiteren soll das Simulationsprogramm aufgrund der Verwendung von Zufallszahlen bei der Zwischenankunftszeit nicht nur einmalig, sondern zehnmal abgearbeitet werden, so dass in WinGPSS die Steueranweisung „Simulate“ mit dem Operanden „10“ angegeben wird: Da von WinGPSS jedoch statt echter Zufallszahlen Pseudozufallszahlen verwendet werden, sind zwar die Simulationszeiten der zehn Simulationsläufe unterschiedlich, die Resultate beim mehrmaligen Start der zehn Simulationsläufe aber gleich. Es gilt festzuhalten, dass niemals nur ein Simulationslauf zur Ableitung von Schlussfolgerungen aus den Simulationsergebnissen erfolgen darf (Born/Stähl/Herper, 12+13).

Im Folgenden soll die Programmierung der Simulation Schritt für Schritt erfolgen, damit die Logik nachvollzogen werden kann. Kommt der Student zum Lehrstuhl, verlässt ihn sofort wieder und es gelten die oben gemachten Annahmen, ist folgende WinGPSS-Benutzeroberfläche wie in Abbildung 2 zu generieren.

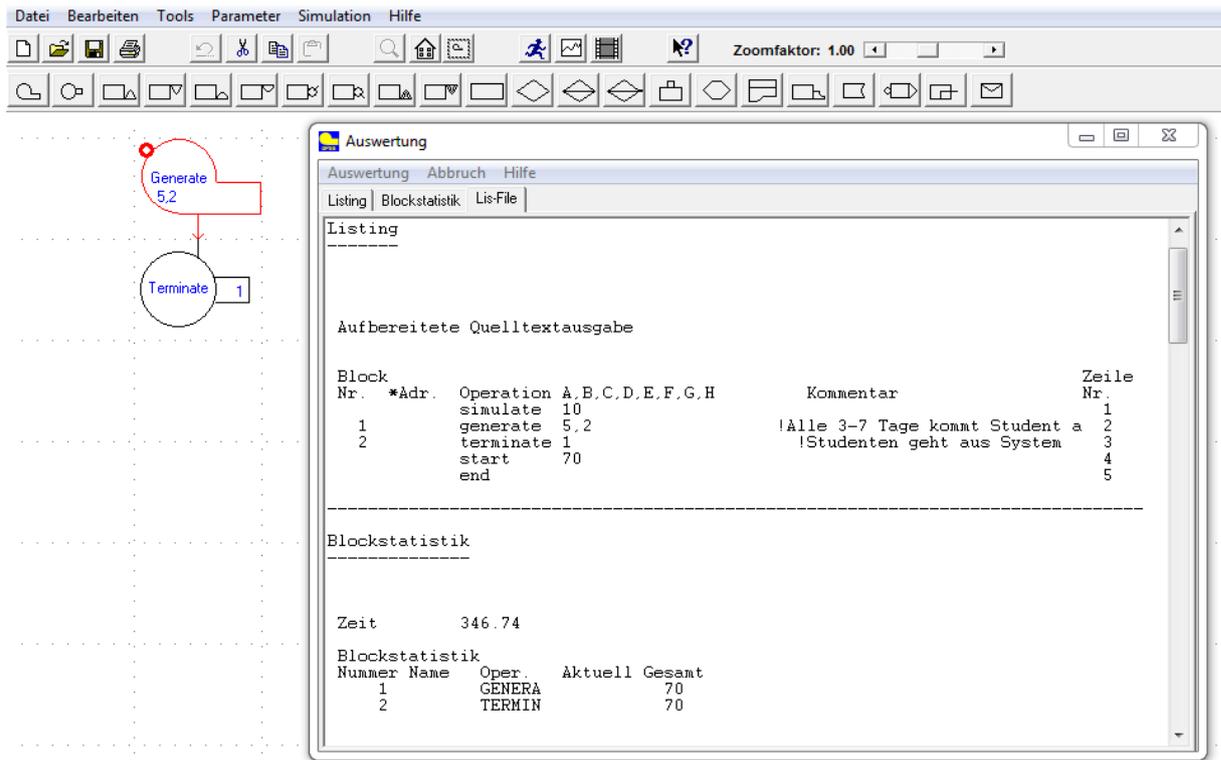


Abbildung 2: WinGPSS-Benutzeroberfläche 1

Soll die Simulation nicht nach 70 Studierenden, sondern nach einem Jahr abgebrochen werden, so muss ein Stopp-Segment eingefügt werden (Born/Stähl/Herper, 16-19): Es besteht aus einem GENERATE-Block mit einer Zwischenankunftszeit von 365 Tagen ohne Streuung und einem TERMINATE-Block mit einer Startzählerreduzierung von 1; dazu muss der Startzähler auf 1 sowie die Startzählerreduzierung des ersten TERMINATE-Blockes auf 0 gesetzt werden.

Das Stopp-Segment bewirkt einen Simulationsstopp nach genau einem Jahr, wobei das Modellsegment eine beliebige Anzahl von durchlaufenden Studenten enthält. Somit können bei Betrachtung der Simulationsläufe unterschiedliche Anzahl an Studierenden beobachtet werden. Es ist möglich, eine maximale Anzahl von Transaktionen festzulegen, dies soll jedoch an dieser Stelle nicht erfolgen.

Die geänderte WinGPSS-Benutzeroberfläche ist mit den vorliegenden Änderungen wie folgt in Abbildung 3.

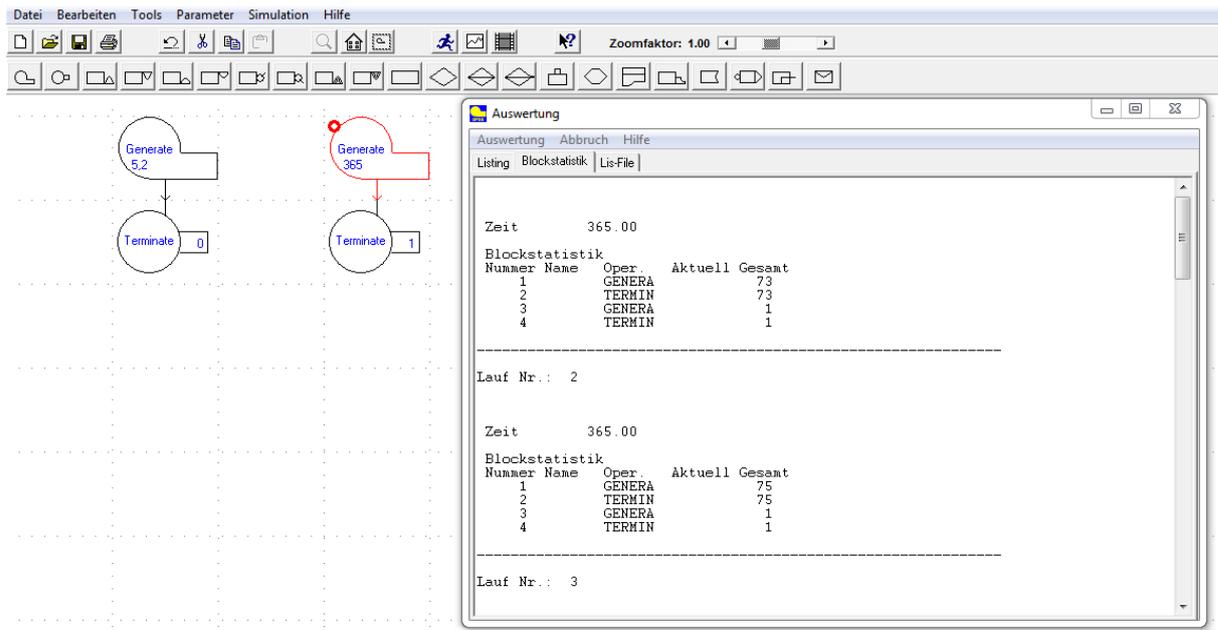


Abbildung 3: WinGPSS-Benutzeroberfläche 2

Für die Simulation einer Diplomarbeitbetreuung muss allerdings der einfache Fall, dass Studenten das System betreten und sofort wieder verlassen, erweitert werden. In einem ersten Schritt verweilen die Studenten eine Zeit lang im Sekretariat des Lehrstuhls, bevor sie das System wieder verlassen.

Es wird angenommen, dass die Verweildauer gleichverteilt zwischen einer und fünf Minuten schwankt und dass sich mehrere Studenten gleichzeitig im Sekretariat aufhalten können. In WinGPSS wird hierzu ein neuer Block, der ADVANCE-Block, erstellt, welcher eine Transaktion verzögert (Born/Stahl/Herper, 21-25). Parametrisiert wird er mit dem Mittelwert 0.00208 Tage (drei Minuten) und einer Streuung von 0.00139 Tage (zwei Minuten).

Daraus ergibt sich die neue WinGPSS-Benutzeroberfläche in Abbildung 4.

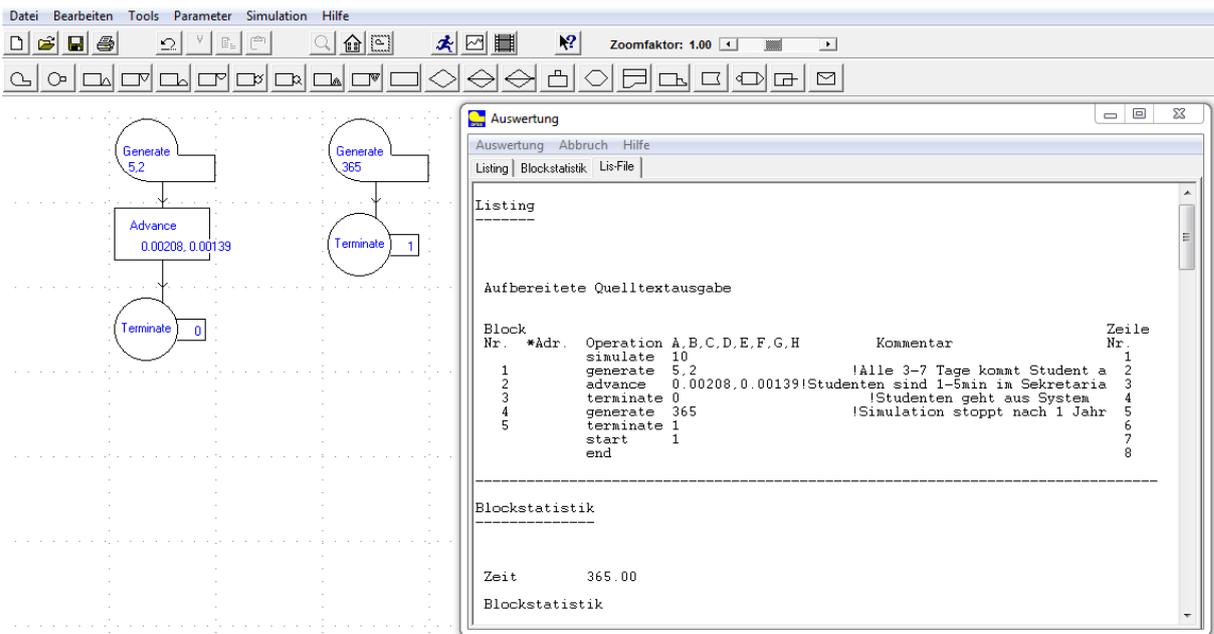


Abbildung 4: WinGPSS-Benutzeroberfläche 3

Da das Sekretariat und andere Bedieneinrichtungen aber nicht gleichzeitig viele Studierende betreuen können, soll im Folgenden durch Setzen von SEIZE- und RELEASE-Blöcken Bedieneinrichtungen als belegt gekennzeichnet werden. Der erste Student kommt an den Lehrstuhl, durchläuft den SEIZE-Block, welcher die Bedieneinrichtung Sekretariat in den Zustand belegt versetzt, und wird sofort durch das Sekretariat bedient.

Lägen die Annahmen anders und es würde in dieser Zeit ein zweiter Student kommen, würde diesem der Eintritt in den SEIZE-Block verwehrt bleiben bis der erste Student durch das Durchlaufen des RELEASE-Blockes die Bedieneinrichtung wieder freigeschaltet hat. Daraus folgt, dass sich Warteschlange bilden, wenn die Bedieneinrichtung nicht so schnell bedienen kann, wie Studierende ankommen.

WinGPSS entscheidet hierbei nach dem „First come, first serve“-Prinzip, solange keine andere Strategie festgelegt wurde. Zu betonen ist nochmals, dass aufgrund der Zufallszahlen mehrere Simulationsläufe getätigt werden müssen, um Interpretationen über Simulationsergebnisse zu bilden. Auch die Länge der Warteschlange kann durch stochastische Einflüsse stark variieren.

SEIZE- und RELEASE-Blöcke werden den Bedieneinrichtungen vor- beziehungsweise nachgeschaltet und mit dem Parameter „Name der Einrichtung“ versehen, welcher bei der jeweiligen Bedieneinrichtung identisch sein muss. Im vorliegenden Beispiel handelt es sich um die Bedieneinrichtung „Sekretariat Prof. Christian Scholz Person 1“ (SEKCS1). Da noch immer die Annahme besteht, dass die Studenten zwischen drei Tagen und einer Woche zum Lehrstuhl

kommen und die Bedienung durch das Sekretariat zwischen einer und fünf Minuten beträgt, kommen in diesem einfachen Modell noch keine Warteschlangen zustande.

Die WinGPSS-Benutzeroberfläche ist wie folgt, wobei ein besonderes Augenmerk auf die neue Auswertungsform „Speicher/Einrichtungen“ gelegt werden sollte, welche zusätzliche Statistiken für Bedienungseinrichtungen enthält: Die Bedieneinrichtung SEKCS1 war während der gesamten Simulationszeit 4% der Zeit beschäftigt, mit 72 Studierenden wurde eine Betreuung begonnen und durchschnittlich wurde jeder Student 0,00 Tage bedient, siehe Abbildung 5.

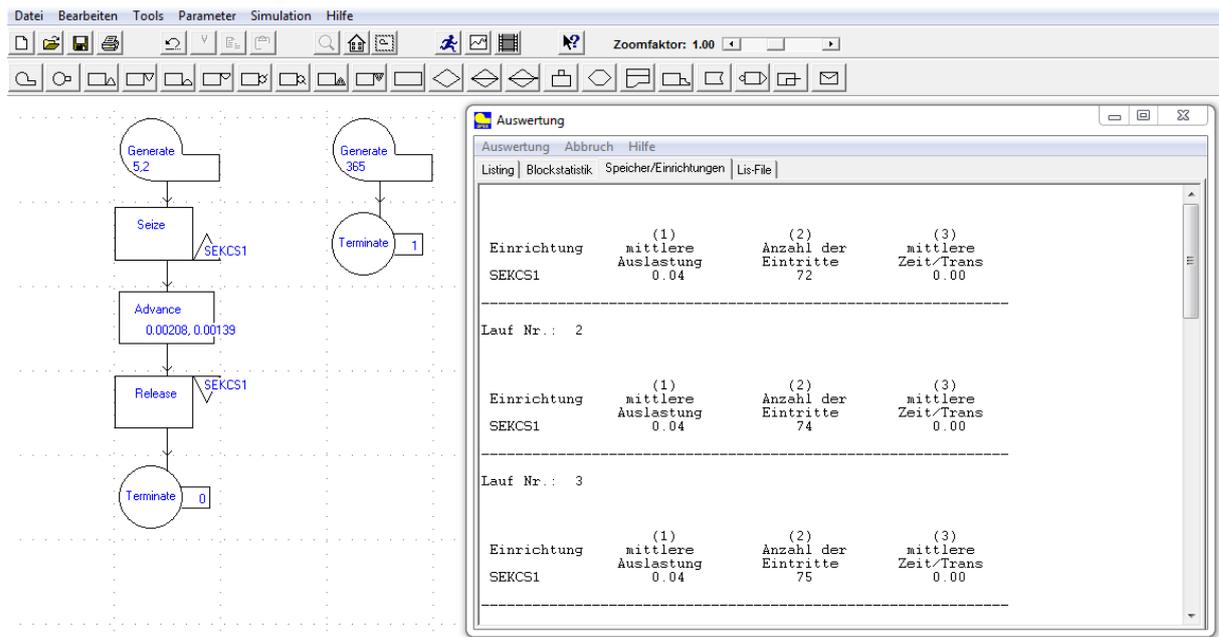


Abbildung 5: WinGPSS-Benutzeroberfläche 4

Gerade der letzte Wert macht deutlich, dass die Zeitangabe in Tagen bei Simulationsergebnissen, die vermutlich in Minuten zu erfassen sind, problematisch ist. Daher wird die Simulation nun auf Stunden umgestellt. Dies muss nicht umgerechnet werden, sondern kann durch arithmetische Ausdrücke in WinGPSS erfasst werden ($365 \text{ Tage} * 24 \text{ Stunden/Tag}$ statt 8760 Stunden). Damit ergibt sich eine durchschnittliche Bediendauer pro Student von 0,05 Stunden, das heißt drei Minuten – wie parametrisiert in Abbildung 6.

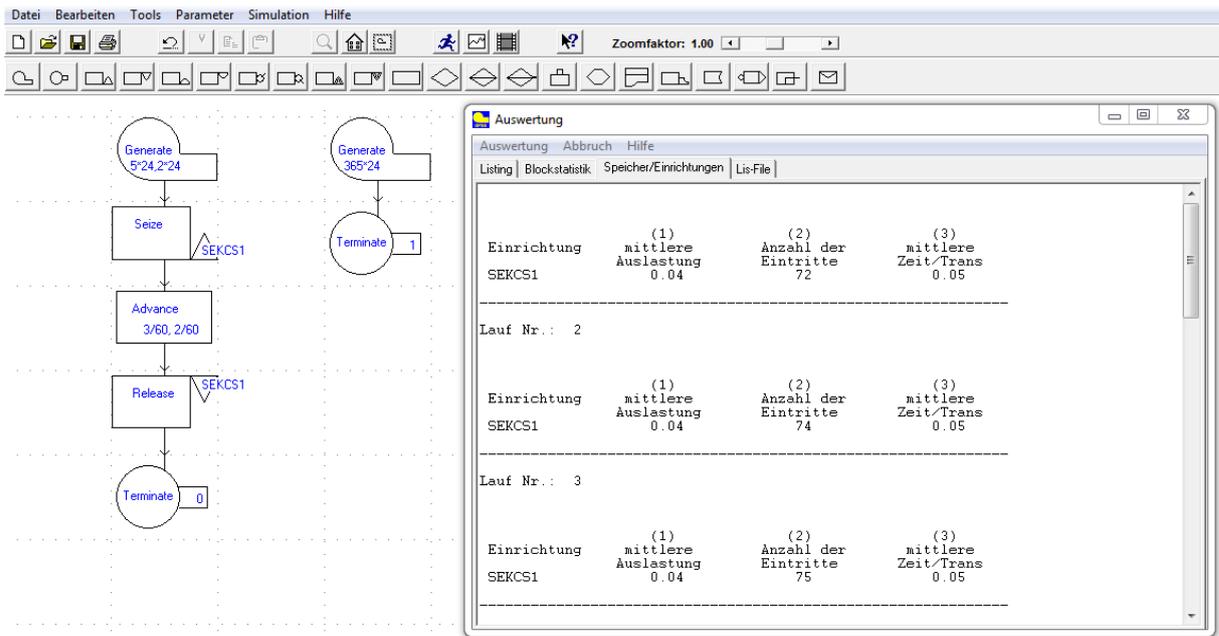


Abbildung 6: WinGPSS-Benutzeroberfläche 5

Um nicht nur Simulationsergebnisse über die Länge der Warteschlangen am Ende des Simulationslaufes zu erhalten, wird der SEIZE-Block mit dem q-Operanden parametrisiert, welcher lediglich eine weitere Statistik erzeugt ohne Einfluss auf den Simulationslauf zu haben. Diese Warteschlangenstatistik bietet mehr Informationen: Null Studenten haben sich maximal gleichzeitig in der Warteschlange befunden, durchschnittlich null Studenten warteten während der Simulation, 72 Studenten haben mit dem Warten begonnen (in diesem Fall die gleiche Anzahl, die das Sekretariat betreten hat), 72 Studenten mussten nicht in der Warteschlange warten, da das Sekretariat frei war, 100% der Studenten mussten nicht warten, die mittlere Wartezeit betrug für alle Studenten sowie nur für die wartenden Studenten (die es in diesem Fall nicht gab) null Stunden und null Studenten befanden sich am Ende der Simulation in einer Warteschlange, siehe Abbildung 7.

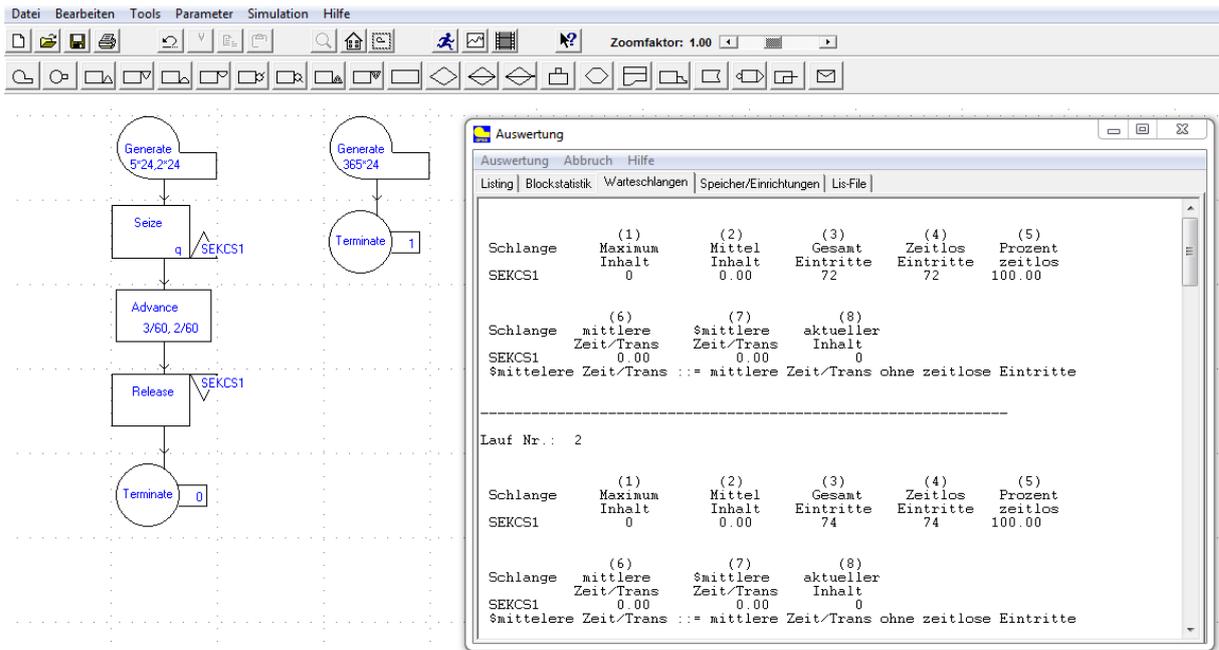


Abbildung 7: WinGPSS-Benutzeroberfläche 6

Durch Veränderung der Parameter, wie beispielsweise der Verweildauern bei einer Bedieneinrichtung oder die zufällige Ankunftszeit der Studierenden am Lehrstuhl, kann durch die Simulation die Ursache der Warteschlange geklärt werden. Da im vorliegenden Fall aber keine Warteschlange auftritt, wird diese Untersuchung auf einen späteren Zeitpunkt mit einem komplexeren Modell verschoben.

Die berechnete Warteschlangenstatistik enthält lediglich Mittelwerte, doch für die Interpretation der Simulation könnten eventuell Extremwerte in unterschiedlichen Zeitklassen sinnvoll sein. So kann beispielsweise die längste Wartezeit oder der prozentuale Anteil der Studenten, die bis zu zehn Minuten oder zwischen zehn und 20 Minuten gewartet haben, aufgezeigt werden. WinGPSS benötigt hierzu eine Tabelle, die als Parameter für die Simulation ausgewählt werden kann. Darin können beliebig viele Warteschlangen mit den gewünschten Tabellencharakteristika erfasst werden. Die „Grenze der kleinsten Klasse“ sollte im vorliegenden Fall Null betragen, um alle nicht wartenden Studenten in dieser Klasse anzuzeigen. Wird als „Größe der Klassen“ der Wert 10 eingetragen, so ergeben sich in der Tabelle Klassengrößen von null bis zehn Minuten, zehn bis 20 Minuten und so weiter. Der Parameter „Anzahl der Klassen“ legt die maximale Anzahl der Klassen fest; in WinGPSS ist hierbei maximal der Wert 20 möglich. Durch Aktivierung des Feldes „Grafik erzeugen“ wird ein Histogramm erzeugt (Abbildung 8). Die sich ergebende Statistik ist aufgrund der fehlenden Warteschlange nicht sehr ergiebig und zeigt auch beim Auftreten von Warteschlangen nur bedingt interessante Ergebnisse.

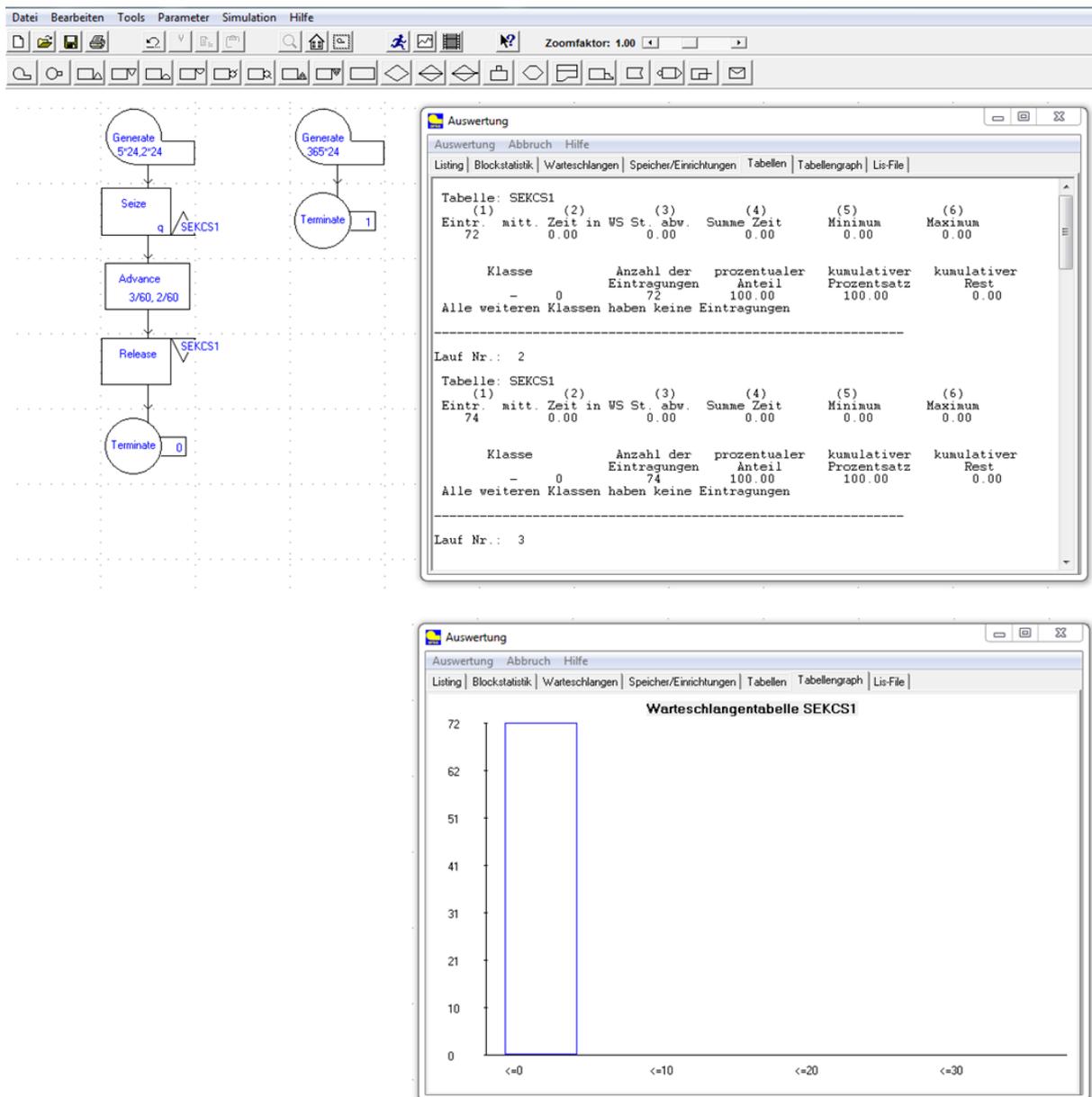


Abbildung 8: WinGPSS-Benutzeroberfläche 7

Im Folgenden soll nun der oben verbal beschriebene Ablauf komplett simuliert werden. Dazu wurden die restlichen Bedienungseinrichtungen sowie weitere Befehle („let“, „if“, „goto“) eingefügt. Auf die Befehle soll an dieser Stelle noch kurz eingegangen werden, damit die Beschreibung verständlich wird.

Nach Einfügen des GENERATE-Blockes wird durch den Befehl „let (...)“ eine Wertzuordnung eingebaut. Dieses Attribut der Transaktion ist für die Zuordnung der Aufgaben innerhalb der Bedienungseinrichtung notwendig. Der let-Befehl umfasst die Kennung „p\$“, darauf folgt der anzugebende Wert sowie seine Wertzuordnung, in diesem Fall ist der Wert allgemein als „Status“ benannt und die Wertzuordnung „1“, also „let p\$Status=1“. Wertzuordnungen soll-

ten nach jeder durchlaufenen Aufgabe erfolgen, um Zuordnungen zu den folgenden Aufgaben zu ermöglichen.

Kommt eine Transaktion in einer Bedienungsstation an, so durchläuft sie, wie oben beschrieben, zunächst den SEIZE-Block, wo gegebenenfalls eine Warteschlange entsteht. Ist der SEIZE-Block durchlaufen, findet die Aufgabenzuordnung statt. Durch den Befehl „if p\$Status=1,BER1“ ist sichergestellt, dass die Transaktion, welche als Wertzuordnung „Status=1“ innehat, der Aufgabe „BER1“ zugeordnet wird.

Verlässt eine Transaktion eine Bedienungsstation (durch Durchlaufen des RELEASE-Blockes), wird ein weiterer Befehl benötigt, welcher der Transaktion anzeigt, wo sie als nächstes hin soll. Dieser Befehl heißt „goto“ und gibt die nächste Bedienungsstation sowie die Wahrscheinlichkeit, mit der diese Bedienungsstation angelaufen werden soll, an. Im einfachsten Fall beträgt die Wahrscheinlichkeit 100% und wird mit einer „1“ dargestellt, z.B. „goto WIMA1,1“.

Realitätsnäher ist es jedoch, dass in dem einen Fall die eine Bedienungsstation, in dem anderen Fall die andere Bedienungsstation Ziel des „goto“-Befehls sein soll, beispielsweise im Verhältnis 50:50 die wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 und 2. Damit heißt der erste Teil des Befehls „goto WIMA1,0.5“, wenn der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 zu 50% angelaufen werden soll, der zweite Teil des Befehls dann „goto WIMA2,1“, wenn in allen restlichen Fällen (Logik: auch 50%) der wissenschaftliche Mitarbeiter 2 das Ziel sein soll.

Im Folgenden wird das Listing verbal erklärt (Tabelle 3). Dies ist theoretisch auch durch eine Kommentarfunktion möglich, WinGPSS erlaubt allerdings nur sehr knappe Kommentare, welche dem Leser keinen ausreichenden Erklärungsgehalt bietet. Dabei ist zu beachten, dass die Reihenfolge nicht chronologisch ist, weswegen der verbale Ablauf nummeriert wurde.

Listing in WinGPSS	Nr.	Verbale Beschreibung
simulate 10	1.	Start der Simulation, 10 Simulationsdurchläufe
generate 5*24,2*24	2.	Studierende kommen im Abstand zwischen 3 Tagen und einer Woche gleichverteilt zum Lehrstuhl Prof. Christian Scholz wegen einer Diplomarbeitbetreuung.
let p\$Status=1	3.	Wertzuordnung „Student im Sekretariat“ mit 1.
SEKCS1 seize SEKCS1,q	4./ 92./ 102.	Segment Sekretärin 1 des Lehrstuhls Scholz (SEKCS1): Studenten treffen im Sekretariat bei der 1. Sekretärin ein und reihen sich, wenn existent, in eine Warteschlange ein.
if p\$Status=1,BER1	5.	Wenn die Studenten das erste Mal mit dem Wunsch einer Diplomarbeitbetreuung im Sekretariat sind, findet die erste Betreuung durch die Sekretärin statt.
if p\$Status=8,BEARB1	93.	Wurde die Diplomarbeit korrigiert und unterschrieben, erfolgt die 1. Bearbeitung der Sekretärin.
if p\$Status=12,BEARB2	103.	Erfolgte die Zweitkorrektur, erfolgt die 2. Bearbeitung der Sekretärin.
BER1 advance 3/60,2/60	6.	Die Sekretärin benötigt 1-5min zur Weitervermittlung.
release SEKCS1	7.	Die Studenten verlassen das Sekretariat.
goto WIMA1,0.5	8.	Die Sekretärin schickt 50% zum wissenschaftlichen Mitarbeiter 1.
goto WIMA2,1	9.	Die Sekretärin schickt den Rest zum wissenschaftlichen Mitarbeiter 2.
BEARB1 advance 1*24	94.	Die Sekretärin schickt die unterschriebene Diplomarbeit innerhalb von einem Tag zum Lehrstuhl des Zweitkorrektors.
release SEKCS1	95.	Die Diplomarbeit verlässt die Sekretärin.
goto SEKZK1,1	96.	Die Diplomarbeit wird an die Sekretärin des Lehrstuhls des Zweitkorrektors geschickt.
BEARB2 advance 24	104.	Die Sekretärin schickt die von Erst- und Zweitkorrektor unterschriebene Diplomarbeit innerhalb von einem Tag zum Prüfungsamt.
release SEKCS1	105.	Die Diplomarbeit verlässt die Sekretärin.
goto PRUEF1,1	106.	Die Diplomarbeit wird an das Prüfungsamt geschickt.
WIMA1 seize WIMA1,q	10./ 25./ 42./ 55./ 71.	Segment wissenschaftlicher Mitarbeiter 1 (WIMA1): Studenten treffen beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 ein und reihen sich, wenn existent, in eine Warteschlange ein.
if p\$Status=1,W1BET1	11.	Die Studierende, die von der Sekretärin geschickt wurden, erhalten vom wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 die Betreuung 1.
if p\$Status=3,WIA	24.	Haben die Studierenden ihre Diplomarbeit im Prüfungsamt angemeldet, werden sie zum Seminar "Wissenschaftliches Arbeiten" vom wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 geschickt.
if p\$Status=4,W1BET2	31.	Haben die Studierenden das Seminar "Wissenschaftliches Arbeiten" absolviert, erhalten sie die Betreuung 2.
if p\$Status=5,W1BET3	43.	Wurde für die Studierenden das Thema ihrer Diplomarbeit gezogen, erhalten sie die Betreuung 3.
if p\$Status=7,W1BET4	56.	Haben die Studierenden das Kolloquium absolviert, erhalten sie die Betreuung 4.
if p\$Status=8,W1KOR1	71.	Wurde die Diplomarbeit abgegeben und gelangte über den Professor zum wissenschaftlichen Mitarbeiter 1, erfolgt die 1. Korrektur.
if p\$Status=10,W1KOR2	84.	Eventuell Ist eine zweite Korrektur nötig.
W1BET1 advance 15/60,5/60	12.	Die Betreuung 1 dauert 10-20min.
release WIMA1	13.	Die Betreuung 1 ist beendet.
goto WIMA2,0.05	14.	5% der Studierenden wollen danach zum wissenschaftlichen Mitarbeiter 2 wechseln.
let p\$BETWI=1	15.	Der Rest bekommt offiziell als Betreuer den wissenschaftlichen Mitarbeiter 1.

let p\$ Status=2	16.	Diese Studenten dürfen nun ihre Diplomarbeit anmelden.
goto PRUEF1,1	17.	Sie werden zum Prüfungsamt geschickt.
WIA advance 3.25,0.25	26.	Das Seminar "Wissenschaftliches Arbeiten" beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 dauert 3-3,5h.
let p\$ Status=4	27.	Wertzuordnung "Wissenschaftliches Arbeiten absolviert" mit 1.
release WIMA1	28.	Die Studierenden verlassen den wissenschaftlichen Mitarbeiter 1.
if p\$BETWI=1,WIMA1	29.	Studierende mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 als Betreuer werden zu diesem verwiesen.
if p\$BETWI=2,WIMA2	30.	Studierende mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 2 als Betreuer werden zu diesem verwiesen.
W1BET2 advance 25/60,5/60	32.	Die Betreuung 2 mit der Themenbereichsabsprache dauert 20-30min.
release WIMA1	33.	Die Studierenden verlassen den wissenschaftlichen Mitarbeiter 1.
goto PRUEF1,1	34.	Sie werden zum Prüfungsamt geschickt.
W1BET3 advance 20/60,5/60	44.	Die Betreuung 3 mit Gliederungsbesprechung dauert 15-25min.
let p\$ Status=6	45.	Wertzuordnung "Gliederungsbesprechung erfolgt" mit 1.
release WIMA1	46.	Die Studierenden verlassen den wissenschaftlichen Mitarbeiter 1.
goto PROFCS,1	47.	Die Studierenden werden zu Professor Christian Scholz geschickt.
W1BET4 advance 15/60	57.	Die Betreuung 4 mit Nachfragen zur Diplomarbeit dauert 15min.
let p\$ Status=8	58.	Wertzuordnung "Diplomarbeit verfasst" mit 1.
release WIMA1	59.	Die Studierenden verlassen den wissenschaftlichen Mitarbeiter 1.
goto PRUEF1,1	60.	Die Studierenden werden zum Prüfungsamt verwiesen.
W1KOR1 advance 2.75*24,0.25*24	72.	Die 1. Korrektur dauert 2,5-3 Tage.
let p\$ Status=9	73.	Wertzuordnung "1. Korrektur erfolgt" mit KOR=1.
release WIMA1	74.	Diplomarbeit verlässt wissenschaftlichen Mitarbeiter.
goto PROFCS,1	75.	Diplomarbeit wird an Professor Scholz gegeben.
W1KOR2 advance 2	85.	Die 2. Korrektur benötigt 2h.
let p\$ Status=11	86.	Wertzuordnung "2. Korrektur erfolgt" mit KOR=3.
release WIMA1	87.	Die Diplomarbeit verlässt den wissenschaftlichen Mitarbeiter.
goto PROFCS,1	88.	Die Diplomarbeit wird an Professor Scholz gegeben.
WIMA2 seize WIMA2,q	-	Segment wissenschaftlicher Mitarbeiter 2: Analog zu WIMA1.
if p\$ Status=1,W2BET1	-	Analog zu WIMA1.
if p\$BETWI=2,W2BET2	-	Analog zu WIMA1.
if p\$ Status=4,W2BET2	-	Analog zu WIMA1.
if p\$ Status=5,W2BET3	-	Analog zu WIMA1.
if p\$ Status=7,W2BET4	-	Analog zu WIMA1.
if p\$ Status=8,W2KOR1	-	Analog zu WIMA1.
if p\$ Status=10,W2KOR2	-	Analog zu WIMA1.
W2BET1 advance 15/60,5/60	-	Analog zu WIMA1.
release WIMA2	-	Analog zu WIMA1.
let p\$BETWI=2	-	Analog zu WIMA1.
let p\$ Status=2	-	Analog zu WIMA1.
goto PRUEF1,1	-	Analog zu WIMA1.
W2BET2 advance 25/60,5/60	-	Analog zu WIMA1.
release WIMA2	-	Analog zu WIMA1.
goto PRUEF1,1	-	Analog zu WIMA1.

W2BET3 advance 20/60,5/60	-	Analog zu WIMA1.
let p\$ Status=6	-	Analog zu WIMA1.
release WIMA2	-	Analog zu WIMA1.
goto PROFCS,1	-	Analog zu WIMA1.
W2BET4 advance 15/60	-	Analog zu WIMA1.
release WIMA2	-	Analog zu WIMA1.
let p\$ Status=8	-	Analog zu WIMA1.
goto PRUEF1,1	-	Analog zu WIMA1.
W2KOR1 advance 2.75*24,0.25*24	-	Analog zu WIMA1.
let p\$ Status=9	-	Analog zu WIMA1.
release WIMA2	-	Analog zu WIMA1.
goto PROFCS,1	-	Analog zu WIMA1.
W2KOR2 advance 2	-	Analog zu WIMA1.
let p\$ Status=11	-	Analog zu WIMA1.
release WIMA2	-	Analog zu WIMA1.
goto PROFCS,1	-	Analog zu WIMA1.
PRUEF1 seize PRUEF1,q	18./ 35./ 61./ 107.	Segment Person 1 im Prüfungsamt (PRUEF1): Die Studierenden reihen sich, falls existent, in eine Warteschlange der Person 1 vom Prüfungsamt ein.
if p\$ Status=2,ANM	19.	Kommen die Studierenden, um ihre Diplomarbeiten anzumelden, werden sie zur Anmeldung weitergeleitet.
if p\$ Status=4,ZIEH	36.	Kommen die Studierenden, um ihr Diplomarbeitsthema ziehen zu lassen, werden sie zur Ziehung weitergeleitet.
if p\$ Status=8,ABG	62.	Kommen die Studierenden, um ihre Diplomarbeit abzugeben, werden sie zur Abgabe weitergeleitet.
if p\$ Status=12,MITT	108.	Nach Unterschrift des Erst- und Zweitkorrektors erfolgt die Mitteilung.
ANM advance 10/60,5/60	20.	Die Anmeldung der Diplomarbeit dauert 5-15min.
let p\$ Status=3	21.	Danach ist die Anmeldung erfolgt.
release PRUEF1	22.	Die Studierenden verlassen das Prüfungsamt.
if p\$BETWI=1,WIMA1	23.	Studierende mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 als Betreuer werden zu diesem verwiesen.
if p\$BETWI=2,WIMA1	24.	Auch Studierende mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 2 als Betreuer werden zum wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 aufgrund des Kurses "Wissenschaftliches Arbeiten" verwiesen.
ZIEH advance 5/60	37.	Die Ziehung der Diplomarbeit dauert 5min.
let p\$ Status=5	38.	Wertzuordnung "Ziehung erfolgt" mit 1.
release PRUEF1	39.	Studierende verlassen Prüfungsamt.
if p\$BETWI=1,WIMA1	40.	Studierende mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 als Betreuer werden zu diesem verwiesen.
if p\$BETWI=2,WIMA2	41.	Studierende mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 2 als Betreuer werden zu diesem verwiesen.
ABG advance 24	62.	Die Abgabe der Diplomarbeit inklusive Versendung dauert 1 Tag.
release PRUEF1	63.	Die Diplomarbeit verlässt das Prüfungsamt.
goto PROFCS,1	64.	Die Diplomarbeit wird an Professor Scholz gesendet.
MITT advance 2*24	109.	Die Mitteilung der Note an die Studierenden dauert zwei Tage.
release PRUEF1	110.	Die Diplomarbeit verlässt das Prüfungsamt.
PROFCS seize PROFCS,q	48./ 65./	Segment Professor Scholz (PROFCS): Studierenden reihen sich, falls existent, in eine Warteschlange des Professors Scholz ein.

	76./ 88.	
if p\$ Status=6,KOLL	49.	Ist die Gliederungsbesprechung mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter erfüllt, findet das Kolloquium mit dem Professor statt.
if p\$ Status=8,WEITER	66.	Wurde die Diplomarbeit im Prüfungsamt abgeschickt und an den Professor gesendet, erfolgt eine Weitergabe.
if p\$ Status=9,PRKOR1	77.	Ist die 1. Korrektur durch den wissenschaftlichen Mitarbeiter erfolgt, erfolgt die 1. Korrektur des Professors.
if p\$ Status=11,PRKOR2	89.	Ist die 2. Korrektur durch den wissenschaftlichen Mitarbeiter erfolgt, erfolgt die 2. Korrektur des Professors.
KOLL advance 2.5,0.5	50.	Das Kolloquium dauert 2-3h.
let p\$ Status=7	51.	Wertzuordnung "Kolloquium absolviert" mit 1.
release PROFCS	52.	Studierende verlassen Professor.
if p\$BETWI=1,WIMA1	53.	Studierende mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 als Betreuer werden zu diesem verwiesen.
if p\$BETWI=2,WIMA2	54.	Studierende mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 2 als Betreuer werden zu diesem verwiesen.
WEITER advance 5/60	67.	Die Weitergabe dauert 5min.
release PROFCS	68.	Die Diplomarbeit verlässt den Professor.
if p\$BETWI=1,WIMA1	69.	Diplomarbeiten von Studierenden mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 als Betreuer werden zu diesem verwiesen.
if p\$BETWI=2,WIMA2	70.	Diplomarbeiten von Studierenden mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 2 als Betreuer werden zu diesem verwiesen.
PRKOR1 advance 2*24*7	78.	Die 1. Korrektur des Professors dauert zwei Wochen.
release PROFCS	79.	Die Diplomarbeit verlässt den Professor.
goto SEKCS1,0.8	80.	80% der Diplomarbeitsgutachten werden unterschrieben und an die Sekretärin weitergeleitet.
let p\$ Status=10	81.	Die restlichen Diplomarbeiten müssen mit den Anmerkungen des Professors erneut korrigiert werden und erhalten die Wertzuordnung "2. Korrektur nötig" mit KOR=2.
if p\$BETWI=1,WIMA1	82.	Diplomarbeiten von Studierenden mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 als Betreuer werden zu diesem verwiesen.
if p\$BETWI=2,WIMA2	83.	Diplomarbeiten von Studierenden mit dem wissenschaftlichen Mitarbeiter 2 als Betreuer werden zu diesem verwiesen.
PRKOR2 advance 1	90.	Die 2. Korrektur des Professors inklusive Unterschrift dauert 1 Stunde.
release PROFCS	91.	Die Diplomarbeit verlässt den Professor.
goto SEKCS1,1	92.	Die Diplomarbeit wird an die Sekretärin gegeben.
SEKZK1 seize SEKZK1,q	97.	Segment Sekretärin 1 des Lehrstuhls Zweitkorrektor (SEKZK1): Die Diplomarbeit reiht sich, falls existent, in eine Warteschlange der Sekretärin des Zweitkorrektors ein.
advance 2*24	98.	Die Zweitkorrektur dauert zwei Tage.
let p\$ Status=12	99.	Wertzuordnung "Zweitkorrektur erfolgt" mit 1.
release SEKZK1	100.	Die Diplomarbeit verlässt die Sekretärin des Zweitkorrektors.
goto SEKCS1,1	101.	Die Diplomarbeit wird an die Sekretärin zurückgeschickt.
terminate 0	111.	Der erste Simulationsblock wird beendet.
generate 365*24	112.	Die Simulation soll 1 Jahr abbilden.
terminate 1	113.	Nach einem Jahr wird die Simulation beendet.
start 1		
end	114.	Die Simulation wird beendet.

Tabelle 3: Listing Originalfall

Die geschaffene Benutzeroberfläche wird von WinGPSS beim Speichern automatisch verschoben, so dass eine genaue Darstellung des GPSS-Editors an dieser Stelle nicht zielführend ist (vgl. Abbildung 9). Das Listing erlaubt, wie oben gezeigt, eine bessere Nachvollziehung der Simulation, auch weil deren Erstellung durch den Editor erleichtert wird.

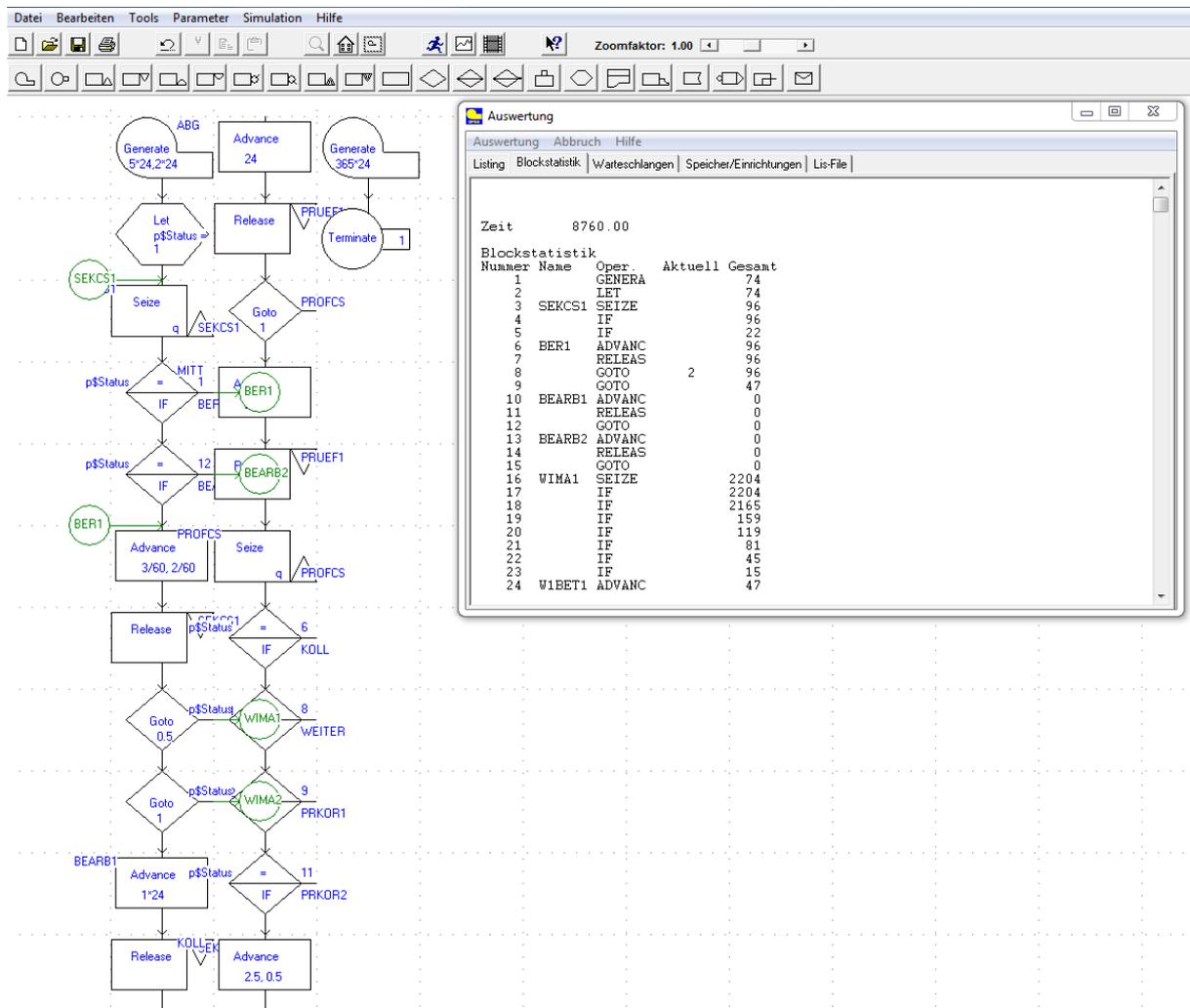


Abbildung 9: WinGPSS-Benutzeroberfläche Originalfall

Im Folgenden sollen die Auswertungen der kompletten Simulation erläutert werden. Noch einmal ist darauf hinzuweisen, dass stets mehrere Simulationsdurchläufe erfolgen müssen, bevor eine Situation interpretiert werden kann. Daher beziehen sich die Auswertungen in der vorliegenden Arbeit auf zehn Simulationsdurchläufe.

Die Blockstatistik zeigt insbesondere die Anzahl der Eintritte ins System. In den zehn Simulationsdurchläufen sind jeweils 72 bis 76 Studierende mit dem Wunsch einer Diplomarbeitenbetreuung an den Lehrstuhl herangetreten, im Durchschnitt sind das 74,2 Studierende. Dies entspricht etwas mehr als der Anzahl 70, die am Anfang der Arbeit als wahrscheinlich angenommen, im System allerdings nicht abgebildet wurde; stattdessen wurden durchschnittli-

che Eintritte in einem Abstand von drei bis sieben Tagen prognostiziert, was sich hiermit annähernd bestätigen lässt. Des Weiteren gibt die Blockstatistik eine Übersicht, welche Bedienstungen durchlaufen wurden und welche nicht sowie an welchen Stellen sich die Transaktionen nach Ablauf der Simulation, im vorliegenden Fall nach einem Jahr, befinden. Beispielsweise ist in der obigen Abbildung ersichtlich, dass 2 Studierende bei Ende der Simulation von der Sekretärin zum wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 geschickt werden.

Schlange	(1) Maximum Inhalt	(2) Mittel Inhalt	(3) Gesamt Eintritte	(4) Zeitlos Eintritte	(5) Prozent zeitlos
SEKCS1	0	0.00	96	96	100.00
WIMA1	65	25.30	2264	51	2.25
WIMA2	11	0.01	3984	3894	97.74
PRUEF1	19	0.82	4100	3917	95.54
PROFCS	18	9.57	111	19	17.12
SEKZK1	0	0.00	0	0	0.00

Schlange	(6) mittlere Zeit/Trans	(7) \$mittlere Zeit/Trans	(8) aktueller Inhalt
SEKCS1	0.00	0.00	0
WIMA1	97.90	100.16	60
WIMA2	0.02	1.09	0
PRUEF1	1.76	39.38	0
PROFCS	755.18	911.14	12
SEKZK1	0.00	0.00	0

\$mittlere Zeit/Trans := mittlere Zeit/Trans ohne zeitlose Eintritte

Lauf Nr.: 2

(1) (2) (3) (4) (5)

Abbildung 10: Auswertung Originalfall 1

Der Reiter „Warteschlangen“ (Abbildung 10) zeigt die Warteschlangenstatistik von WinGPSS, hier können folgende Auswertungen entnommen werden (Born/Stähl/Herper, 34):

- (1) Die maximale Anzahl der Studierenden, welche sich innerhalb des betrachteten Simulationszeitraums gleichzeitig in der Warteschlange der jeweiligen Bedienstung aufgehalten haben („Maximum Inhalt“).
- (2) Die mittlere Anzahl der Studierenden, welche sich gleichzeitig in einer Warteschlange einer Bedienstung aufgehalten haben („Mittel Inhalt“).
- (3) Die Summe aller Eintritte bei den Warteschlangen der jeweiligen Bedienstung („Gesamte Eintritte“). Diese Auswertung soll im Rahmen dieser Arbeit aber nicht erfolgen, da sie sämtliche Eintritte und nicht die Anzahl der Transaktionen wiedergibt, so dass sie für die Interpretation nicht zielführend ist.

- (4) Die Summe all derjenigen Eintritte bei der jeweiligen Bedienstungsstation, welche keine Wartezeit zu verzeichnen hatten („Zeitlos Eintritte“). Auch diese Auswertung soll im Rahmen dieser Arbeit nicht näher betrachtet werden, da hier die Prozentwerte aussagekräftiger sind.
- (5) Der prozentuale Anteil all derjenigen Eintritte bei der jeweiligen Bedienstungsstation, welche keine Wartezeit zu verzeichnen hatten, im Vergleich zu den gesamten Eintritten („Prozent zeitlos“).
- (6) Die mittlere Wartezeit der Studierenden in den Warteschlangen („mittlere Zeit/Trans“). Da hierbei die Summe aller Wartezeiten der Studierenden dividiert durch die Gesamtzahl der Eintritte und nicht durch die Anzahl der wirklich wartenden Studierenden angegeben wird, soll diese Auswertung ebenfalls im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden.
- (7) Die mittlere Wartezeit der Studierenden in den Warteschlangen unter Berücksichtigung der zeitlichen Eintritte und damit der wirklich wartenden Studierenden („\$mittlere Zeit/Trans“).
- (8) Die Anzahl der Studierenden, welche sich nach Ablauf der Simulation noch in der Simulation befinden („aktueller Inhalt“). Dieser Wert kann auch über die Blockstatistik aufaddiert werden.

Im ersten Simulationsdurchlauf haben sich innerhalb des betrachteten Jahres maximal 65 Studierende gleichzeitig in der Warteschlange des wissenschaftlichen Mitarbeiters 1 aufgehalten, elf in der des wissenschaftlichen Mitarbeiters 2, 19 in der des Prüfungsamts und 18 in der des Professors. Über alle zehn Simulationsdurchläufe hinweg kann folgende Auswertung hinsichtlich des maximalen Inhalts festgehalten werden (Tabelle 4):

Maximum Inhalt	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	ø	Minimum	Maximum
SEKCS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WIMA1	65	42	66	71	55	64	51	57	54	54	57,9	42	71
WIMA2	11	16	36	19	25	15	13	14	15	20	18,4	11	36
PRUEF1	19	23	60	62	36	33	26	26	35	47	36,7	19	62
PROFCS	18	34	23	10	17	15	21	18	20	19	19,5	10	34

Tabelle 4: Auswertung Originalfall 2

Im Mittel sind es im ersten Simulationsdurchlauf 25,3% beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 und 9,57% beim Professor. Die weiteren Werte der Auswertung hinsichtlich des Mittels des Inhalts sind folgender Tabelle 5 zu entnehmen:

Mittel Inhalt	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	ø	Minimum	Maximum
SEKCS1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WIMA1	25,30%	20,31%	23,77%	29,18%	26,36%	26,15%	23,33%	26,78%	24,54%	27,97%	25,37%	20,31%	29,18%
WIMA2	0,01%	0,02%	0,06%	0,03%	0,03%	0,03%	0,01%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,01%	0,06%
PRUEF1	0,82%	0,84%	3,08%	1,73%	0,95%	1,16%	1,07%	0,65%	1,32%	1,55%	1,32%	0,65%	3,08%
PROFCS	9,57%	14,71%	8,64%	3,26%	6,41%	7,21%	9,01%	8,06%	8,35%	5,01%	8,02%	3,26%	14,71%

Tabelle 5: Auswertung Originalfall 3

Interessant ist, bei welchen Bedienstungen keine oder kaum Warteschlangen zu verzeichnen sind, was durch den Wert „Prozent zeitlos“ angegeben wird. Im Sekretariat entstehen beispielsweise nie Warteschlangen, auch beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 2 sowie dem Prüfungsamt sind die Prozentzahlen der zeitlichen Eintritte sehr hoch, wohingegen insbesondere der wissenschaftliche Mitarbeiter 1, aber auch der Professor viele Studierende warten lassen müssten (Tabelle 6):

Prozent zeitlos	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	σ	Minimum	Maximum
SEKCS1	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
WIMA1	2,25%	2,63%	4,11%	1,66%	2,71%	1,28%	5,07%	1,27%	1,41%	3,28%	2,57%	1,27%	5,07%
WIMA2	97,74%	97,34%	96,19%	97,35%	97,33%	96,45%	97,71%	97,49%	97,50%	96,75%	97,19%	96,19%	97,74%
PRUEF1	95,54%	94,95%	93,33%	93,60%	95,09%	93,92%	95,33%	95,88%	95,28%	94,40%	94,73%	93,33%	95,88%
PROFCS	17,12%	14,78%	13,93%	48,81%	28,42%	23,64%	18,75%	21,74%	15,69%	39,36%	24,22%	13,93%	48,81%

Tabelle 6: Auswertung Originalfall 4

Die mittlere Wartezeit der tatsächlich wartenden Studierenden in den Warteschlangen ist beim Professor am größten, gefolgt von der beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 1, was aufgrund des Ablaufs und der Aufgabendauern nicht verwunderlich ist (Tabelle 7):

Σmittlere Zeit/ Trans	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	σ	Minimum	Maximum
SEKCS1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WIMA1	100,16	76,31	97,10	110,90	102,26	102,69	99,23	104,14	95,91	110,85	99,96	76,31	110,90
WIMA2	1,09	1,71	3,63	2,17	2,31	1,86	1,44	1,71	1,55	1,99	1,95	1,09	3,63
PRUEF1	39,38	33,95	100,64	53,88	40,00	40,89	51,44	33,32	59,14	57,92	51,06	33,32	100,64
PROFCS	911,14	1314,78	720,53	665,04	825,57	752,10	867,16	980,29	850,75	769,95	865,73	665,04	1314,78

Tabelle 7: Auswertung Originalfall 5

Am Ende des simulierten Jahres betreuen je nach Simulationslauf der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 noch zehn bis 61 Studierende, durchschnittlich über alle zehn Simulationsdurchläufe hinweg entspricht dies 48,6 Studierenden. Der Professor betreut dagegen maximal 34 Studierende am Ende des Jahres, Mittel 17,2 Studierende. Die Sekretärin, der wissenschaftliche Mitarbeiter 2 und das Prüfungsamt hätten, bis auf eine Ausnahme beim Prüfungsamt, keine Studierenden mehr am Jahresende zu betreuen (Tabelle 8):

aktueller Inhalt	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	σ	Minimum	Maximum
SEKCS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WIMA1	60	39	49	10	53	61	49	57	54	54	48,6	10	61
WIMA2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRUEF1	0	0	0	61	0	0	0	0	0	0	6,1	0	61
PROFCS	12	34	23	0	17	12	21	16	19	18	17,2	0	34

Tabelle 8: Auswertung Originalfall 6

Der Reiter „Speicher/Einrichtungen“ (Abbildung 11) der Auswertungen zeigt insbesondere die mittlere Auslastung der Bedienstungen in Prozent, die restlichen Angaben der Speicherauswertung decken sich mit den oben bereits angesprochenen Werten.

The screenshot shows a window titled 'Auswertung' with a menu bar (Auswertung, Abbruch, Hilfe) and a tab bar (Listing, Blockstatistik, Warteschlangen, Speicher/Einrichtungen, Lis-File). The main area contains two tables separated by a dashed line. The first table is for 'Lauf Nr.: 2' and the second is for 'Lauf Nr.: 2' (likely a typo for Lauf 2). Both tables have columns: Einrichtung, (1) mittlere Auslastung, (2) Anzahl der Eintritte, and (3) mittlere Zeit/Trans.

Einrichtung	(1) mittlere Auslastung	(2) Anzahl der Eintritte	(3) mittlere Zeit/Trans
SEKCS1	0.05	96	0.05
WIMA1	97.80	2204	3.89
WIMA2	18.83	3984	0.41
PRUEF1	15.68	4100	0.33
PROFCS	92.52	99	81.86
SEKZK1	0.00	0	0.00

Einrichtung	(1) mittlere Auslastung	(2) Anzahl der Eintritte	(3) mittlere Zeit/Trans
SEKCS1	0.05	96	0.05
WIMA1	97.45	2355	3.62
WIMA2	19.76	4175	0.41
PRUEF1	14.64	4317	0.30
PROFCS	91.92	81	99.41
SEKZK1	0.00	0	0.00

Abbildung 11: Auswertung Originalfall 7

Die mittlere Auslastung zeigt, dass der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 fast ausschließlich während des simulierten Jahres beschäftigt sein würde, auch der Professor wäre sehr ausgelastet (Tabelle 9):

mittlere Auslastung	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	ϕ	Min	Max
SEKCS1	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%
WIMA1	97,80%	97,45%	93,77%	97,26%	97,17%	98,00%	97,06%	94,75%	97,82%	96,61%	96,77%	93,77%	98,00%
WIMA2	18,83%	19,76%	18,41%	20,33%	19,60%	18,67%	18,03%	19,26%	19,12%	19,44%	19,15%	18,03%	20,33%
PRUEF1	15,68%	14,64%	17,26%	14,13%	13,19%	15,66%	14,87%	13,36%	14,67%	13,37%	14,68%	13,19%	17,26%
PROFCS	92,52%	91,92%	93,04%	81,49%	88,49%	87,41%	90,69%	92,53%	78,55%	79,74%	87,64%	78,55%	93,04%

Tabelle 9: Auswertung Originalfall 8

3 Entwicklung des Animationsmodells

Zur Entwicklung eines Animationsmodells ist es nötig, ein Layout zu erstellen, Objektklassen zu definieren und zu gestalten, Pfade zu definieren sowie Sichten festzulegen (Stähl/Herper/Lorenz 2006, 15). Für die vorliegende Arbeit wurde auf die Animationssoftware „Proof Animation™“ von Wolverine, Version P5 für Studenten, zurückgegriffen. Diese Animationssoftware arbeitet mit einer übersichtlichen 2D-Darstellung und ist als Testversion frei verfügbar.

Innerhalb von Proof Animation™ sind sechs Modi nutzbar: Der „Run-Modus“ für den Animationslauf, der „Presentation-Modus“ zur Präsentation des Simulationsmodells, der „Draw-Modus“ für die Layouterstellung (Stähl/Herper/Lorenz 2006, 16), der „Class-Modus“ zur

Klassendefinition, der „Path-Modus“ zur Pfaddefinition und der „Debug-Modus“ für die Abarbeitung der Animation (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 17).

Für das vorliegende Beispiel ist es dabei wichtig, das Animationsmodell übersichtlich zu gestalten, um die doch etwas komplexere Simulation auch visuell nachvollziehen zu können.

Erstellung des Layouts

Im „Draw-Modus“ von Proof Animation™ soll zunächst der Bildhintergrund als feste Szenerie erstellt werden, der dem Betrachter hilft, das reale System wiederzuerkennen (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 18): Dazu werden im Koordinatensystem des Arbeitsplatzes durch Linien und Bögen die Pfadverläufe vorbereitet und statische Texte eingegeben (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 18-23).

Für die Diplomarbeitbetreuung wird innerhalb des Systems Universität das Subsystem Fakultät betrachtet, was auch die Systemgrenze darstellt. Dabei liegt der Fokus auf den der Fakultät untergeordneten Subsystemen Lehrstuhl Scholz, Lehrstuhl Zweitkorrektor und Prüfungsamt der Fakultät. Dies muss in der Animation so dargestellt werden, dass der Betrachter der Simulation die Subsysteme erkennen kann. Durch die Gestaltung von Räumen können die Bedieneinrichtungen dargestellt werden. Vordefinierte Pfade zwischen den Räumen bilden dabei die Grundlage für die Animation der Simulation.

Das Layout ist in Abbildung 12 dargestellt.

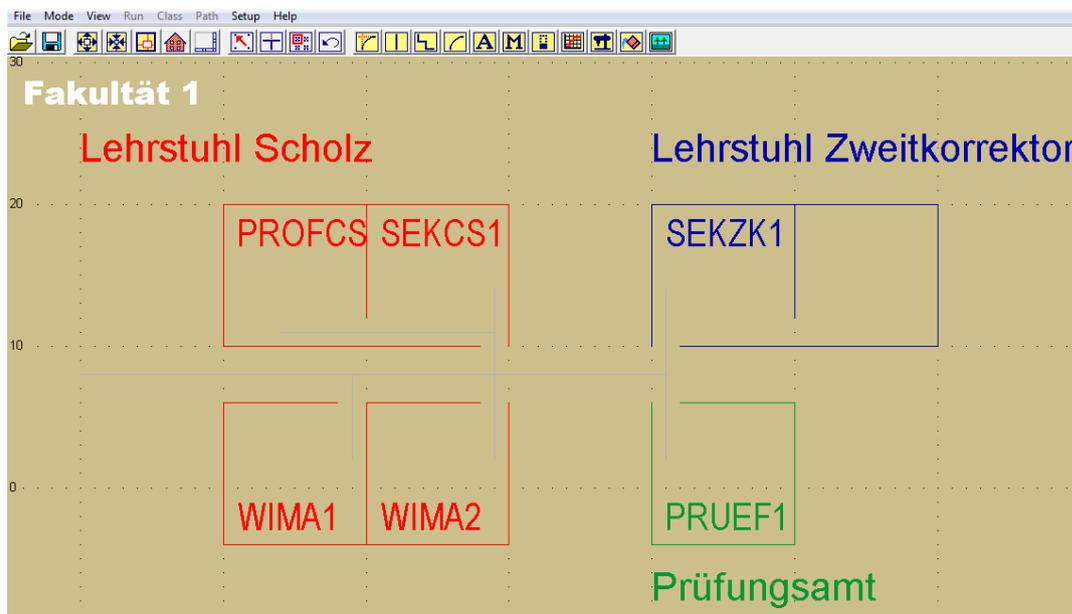


Abbildung 12: Layout mit Proof Animation™ 1

Definition und Gestaltung der Objektklassen

Objektklassen werden im „Class-Modus“ von Proof Animation™ gestaltet und definiert, daraus lassen sich beliebig viele Objekte erzeugen, positionieren, bewegen und vernichten (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 27). Für jede Klasse wird ein eigenes Koordinatensystem und Klassenattribute definiert (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 28): Bezüglich der Klassenattribute werden direktionale und nicht direktionale Objekte für den Bewegungsablauf unterschieden, Abstände zu anderen Objekten auf Pfaden werden definiert (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 29), die Geschwindigkeit der Objekte wird festgelegt (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 30) und Nachrichten zur Unterscheidung verschiedener Instanzen gebildet (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 31). Es ist ratsam, die eindeutigen Nummern der Objekte als Parameter auch für die Transaktionen zu verwenden (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 33).

Für den vorliegenden Fall der Diplomarbeitbetreuung werden Objektklassen und ihre jeweiligen Objekte benötigt. Wie oben bereits beschrieben, stellt die Transaktion die Objektklasse Diplomarbeitbetreuung (DIPLB) mit ihren in unbeschränkter Anzahl vorhandenen Objekten Diplomarbeitbetreuung von Student 1-n (DIPLB1, DIPLB2, ..., DIPLBn; $n \in \mathbb{N}^*$) dar. Ihre Attribute sind „zugehöriger Student“ (1-n; $n \in \mathbb{N}^*$) und „Stand der Diplomarbeitbetreuung“ mit den Ausprägungen „Entwurf“, „finale Fassung ohne Gutachten“ und „finale Fassung mit Gutachten“. Bedienungseinrichtungen innerhalb des Subsystems Lehrstuhl Scholz sind die Objektklasse Sekretariat Professor Christian Scholz mit einem Objekt Sekretärin 1 (SEKCS1), wissenschaftliche Mitarbeiter mit zwei Objekten wissenschaftlicher Mitarbeiter 1 und 2 (WIMA1, WIMA2) und Professor mit einem Objekt Professor Christian Scholz (PROFCS). Jeder wissenschaftliche Mitarbeiter hat das Attribut „Sprechstunde“, der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 darüber hinaus auch das Attribut „Seminar Wissenschaftliches Arbeiten“ und der Professor das „Kolloquium“. Das Subsystem Lehrstuhl des Zweitkorrektors wird nicht im Detail betrachtet, der Kontakt besteht lediglich über eine Person aus dem Sekretariat, folglich gibt es eine Objektklasse Sekretariat Zweitkorrektor mit einem Objekt Sekretärin 1 (SEKZK1). Auch das Prüfungsamt interessiert für die zu erfolgende Simulation nicht näher, weswegen es nur eine Objektklasse Mitarbeiter Prüfungsamt mit einem Objekt Person 1 (PRUEF1) zu beachten gilt. Jede Bedieneinrichtung hat das Attribut „Auslastung“ mit den Ausprägungen „ausgelastet“ und „frei“. Aus Komplexitätsgründen wurden nur die relevanten Eigenschaften der Objektklassen beziehungsweise Objekte erfasst, siehe Abbildung 13.

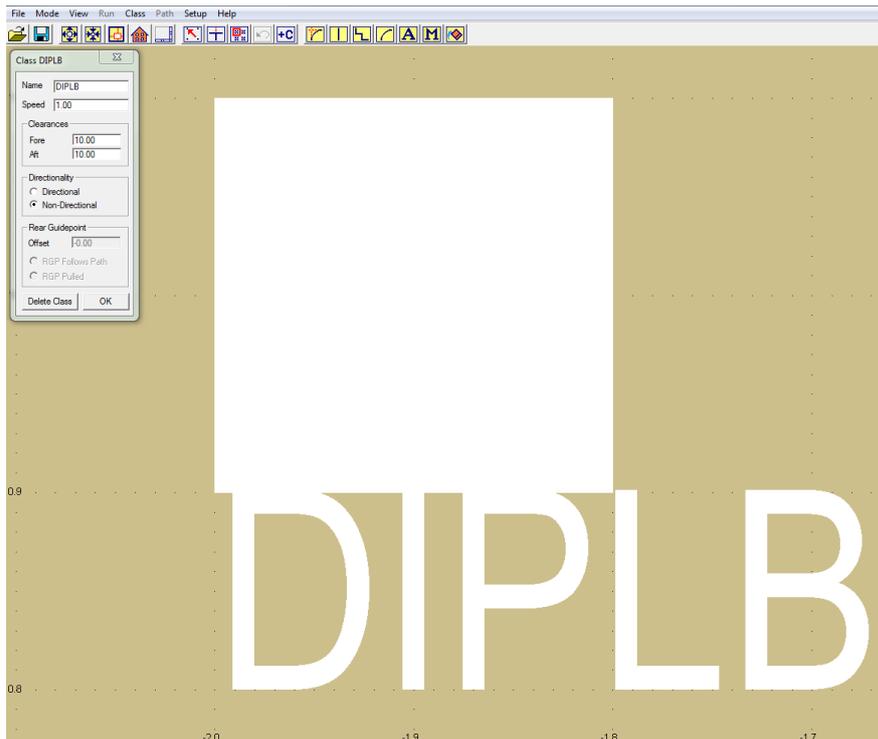


Abbildung 13: Layout mit Proof Animation™ 2

Definition der Pfade

Zunächst müssen im „Draw-Modus“ von Proof Animation™ Pfade aus Linien und Kreisbögen konstruiert werden, auf denen sich Objekte fortbewegen können, bevor diese Pfade und ihre Attribute dann im „Path-Modus“ definiert werden (Stahl/Herper/Lorenz 2006, 39).

In unserem Beispiel werden die nötigen Pfade zwischen den Bedieneinrichtungen festgelegt, auf denen sich dann die Transaktion bewegen kann. Da WinGPSS nur kurze Pfadnamen erlaubt, wir aber die Pfadrichtungen abbilden wollen, werden die Objektnamen verkürzt: „SEKCS1“ wird „S1“, dabei beschreibt „PS1“ den Pfad von außerhalb des Systems zum Sekretariat des Lehrstuhls Scholz. Dementsprechend ist „WIMA1“ „W1“, „WIMA2“ „W2“, „PROFCS“ „P1“, PRUEF1“ „P2“ und „SEKZK1“ „S2“. Alle weiteren Pfade zeigen durch den Namen die Kombination der Objekte die Pfadrichtung an, beispielsweise der Pfad von Professor Scholz zum wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 „PP1W1“ („P+Pfadbeginn+Pfadende“).

Die Pfade werden in Abbildung 14 dargestellt.

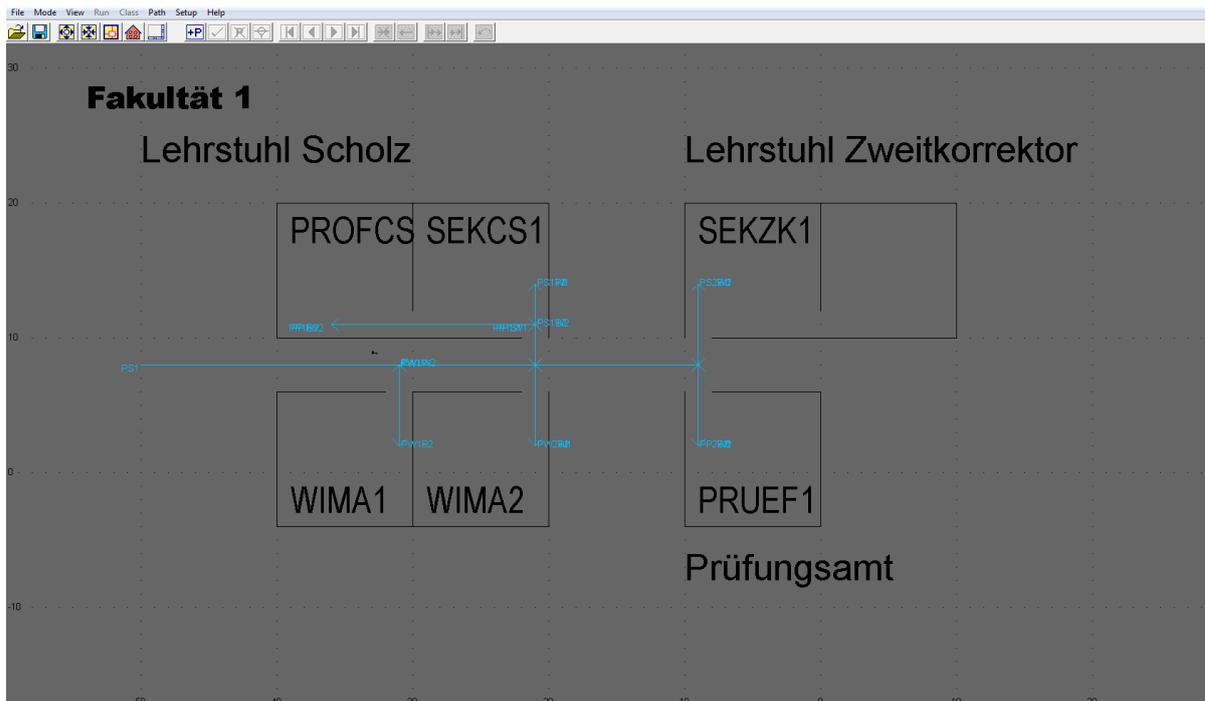


Abbildung 14: Layout mit Proof Animation™ 3

Die Bewegungsgeschwindigkeit wird durch die definierte Pfadgeschwindigkeit, die Klassengeschwindigkeit der Objektklasse oder der individuellen Objektgeschwindigkeit bestimmt (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 45). Aus Gründen der Einfachheit wird im Fall der Diplomarbeitbetreuung angenommen, dass im Regelfall alle Transaktionen dieselbe Klassengeschwindigkeit aufweisen, da nicht die Wege zwischen den Bedienungseinrichtungen, sondern die Warteschlangen aufgrund der Auslastungen der Bedienungseinrichtungen interessant sind.

Wichtig ist, das Verhalten von Objekten beim Aufeinandertreffen auf einem akkumulierten Pfad durch einen Abstand, welcher mittels des „Clearance-Parameters“ bestimmt werden kann, zu beachten; auf nicht akkumulierten Pfaden besteht dieses Problem nicht, da die Objekte sich gegenseitig überholen, was innerhalb der Animation als bildliches Durchdringen dargestellt wird (Ståhl/Herper/Lorenz 2006, 49). Für den vorliegenden Anwendungsfall werden nicht akkumulierte Pfade verwendet.

Erstellung der Animation

Um die Transaktionen auf den Pfaden abbilden zu können, ist es nötig, WinGPSS mit zusätzlichen „let“-Wertzuordnungen sowie „HELP“-Anweisungen anzureichern. Diese übertragen dann die Simulationswege in Proof Animation™. Die Transaktion „DIPLB“ soll erzeugt und auf den Pfaden zwischen den Bedienstungen platziert werden.

Zunächst ist unterhalb des GENERATE-Blockes „let+ x\$<NAME>,1“ sowie „let p\$<NAME>=x\$<NAME>“ einzutragen, um der Transaktion die nötige Wertzuordnung mitzugeben (im vorliegenden Beispiel „let+ x\$nummer,1“ sowie „let p\$nummer=x\$nummer“). Um das Objekt „DIPLB“ zu erzeugen, wird unter der bestehenden Wertzuordnung der reinen Simulation („let p\$Status=1“) der Befehl „help create,p\$nummer,DIPLB“ geschrieben. Um dieses Objekt dann auf den ersten Pfad „PS1“ zu platzieren, ist darunter der Befehl „help place,p\$nummer,PS1“ nötig.

Verlässt das Objekt die erste Bedienungsstation des Sekretariats, so soll es auf den Pfad zwischen Sekretariat und wissenschaftlichem Mitarbeiter 1 gesetzt werden („help place,p\$nummer,PS1W1“). Auf diese Weise sind alle nötigen Pfade mit dem Objekt zu besetzen. Zum Schluss der Simulation muss das Objekt aus der Animation entfernt werden, dafür ist der Befehl „help destroy,p\$nummer,DIPLB“ nötig.

4 Experimentserie

Durch Variation der Eingabedaten können Varianten der Simulationsergebnisse entwickelt werden, woraus Experimentserien entstehen (Herper 2004, 30). Im vorliegenden Beispiel wurde der Ablauf der Diplomarbeitsbetreuung so beschrieben, wie er aktuell am Lehrstuhl Scholz zu finden ist. Um eine Simulationsoptimierung zu erreichen, gilt es aber nicht, vorhandene Abläufe durch eine Systemanalyse zu untersuchen, sondern durch eine Simulationsoptimierung das bestmögliche Alternativsystem zu bestimmen (Weber/Trzebiner/Tempelmeier 1983, 33+34). Daher sollen nun in zwei verschiedenen Fällen Eingabedaten verändert werden, was zu einer neuen Simulation führt, um die Simulationsergebnisse zu vergleichen und damit den Ablauf der Diplomarbeitsbetreuung zu optimieren. Experimentieren ist durch Variation der Parameter der Modellelemente, durch eine Modellexerweiterung oder durch eine Modellumgestaltung möglich (Herper 2004, 32).

Die Auswertungen des Originalfalls haben ergeben, dass der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 und der Professor sehr ausgelastet sind, weswegen an diesen Bedienungsstationen für eine Variation angesetzt werden soll.

Im ersten Fall soll überprüft werden, ob sich eine Verlagerung des Kurses „Wissenschaftliches Arbeiten“ an einen kooperierenden Lehrstuhl in der Analyse der Warteschlangen der wissenschaftlichen Mitarbeiter bedeutend niederschlägt, wenn dafür die darauffolgende Sprechstunde statt 20 bis 30 Minuten nun 50 bis 60 Minuten dauern wird.

Im zweiten Fall soll überprüft werden, wie sich eine Streichung des Kurses „Kolloquium“, welcher vom Professor abgehalten wird, mit einer einhergehenden Verlängerung der Gliederungsbesprechung von 15 bis 25 Minuten auf 40 bis 50 Minuten beim jeweiligen wissenschaftlichen Mitarbeiter auf die Warteschlangen der betroffenen Akteure auswirkt.

Fall 1: Streichung des Kurses „Wissenschaftliches Arbeiten“

Wie eingangs bereits beschrieben, soll im ersten Fall eine Verlagerung des Kurses „Wissenschaftliches Arbeiten“ an einen kooperierenden Lehrstuhl untersucht werden. Zugleich würde dies eine Verlängerung der Sprechstundendauer für die darauffolgende Sprechstunde bedeuten, konkret statt 20 bis 30 Minuten nun 50 bis 60 Minuten bei jedem der beiden wissenschaftlichen Mitarbeiter. Zu prüfen ist, ob sich diese Änderung in der Analyse der Warteschlangen beider wissenschaftlichen Mitarbeiter bedeutend niederschlägt.

Dadurch ändert sich der Ablauf für Fall 1 wie folgt: Nach der ersten Besprechung beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 beziehungsweise 2 werden die Studierenden an das Prüfungsamt aufgrund der Anmeldung verwiesen. In der Originalsimulation werden danach alle Studierenden – egal, wer ihr Betreuer ist – an den wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 aufgrund des Kurses „Wissenschaftliches Arbeiten“ zurückgeschickt. Im vorliegenden Fall soll allerdings dieser Kurs von einem kooperierenden Lehrstuhl übernommen werden, welcher für die Auswertung außer Acht gelassen werden soll und somit auch für die Simulation. Daher verweist das Prüfungsamt in diesem Fall die Studierenden an ihre jeweiligen Betreuer. Die darauffolgende zweite Besprechung dauert nun aufgrund der spezifischen Fragen der Studierenden zum Kurs des kooperierenden Lehrstuhls etwas länger, 50 bis 60 Minuten statt im Originalfall 20 bis 30 Minuten. Danach wird als Wertzuordnung der Status 4 verliehen.

Das Listing wird für Fall 1 somit folgendermaßen in den Blöcken wissenschaftlicher Mitarbeiter 1 und 2 sowie Prüfungsamt geändert (Tabelle 10):

Originalfall	Nr.	Änderung in Fall 1
(...)		
WIMA1 seize WIMA1,q	10./ 25./ 42./ 55./ 71.	
if p\$Status=1,W1BET1	11.	
if p\$ Status=3,WIA	24.	if p\$ Status=3, W1BET2
if p\$ Status=4,W1BET2	31.	gelöscht
(...)		
WIA advance 3.25,0.25	26.	gelöscht
let p\$ Status=4	27.	
release WIMA1	28.	
if p\$BETWI=1,WIMA1	29.	
if p\$BETWI=2,WIMA2	30.	
W1BET2 advance 25/60,5/60	32.	W1BET2 advance 55/60,5/60
		let p\$ Status=4
release WIMA1	33.	
goto PRUEF1,1	34.	
(...)		
WIMA2 seize WIMA2,q	-	
if p\$ Status=1,W2BET1	-	
if p\$BETWI=2,W2BET2	-	gelöscht
if p\$ Status=4,W2BET2	-	if p\$ Status=3,W2BET2
(...)		
W2BET2 advance 25/60,5/60	-	W2BET2 advance 55/60,5/60
		let p\$ Status=4
release WIMA2	-	
goto PRUEF1,1	-	
(...)		
PRUEF1 seize PRUEF1,q	18./ 35./ 61./ 107.	
if p\$ Status=2,ANM	19.	
if p\$ Status=4,ZIEH	36.	
if p\$ Status=8,ABG	62.	
if p\$ Status=12,MITT	108.	
ANM advance 10/60,5/60	20.	
let p\$ Status=3	21.	
release PRUEF1	22.	
if p\$BETWI=1,WIMA1	23.	
if p\$BETWI=2,WIMA1	24.	if p\$BETWI=2,WIMA2
(...)		

Tabelle 10: Listing Fall 1

Damit ergibt sich folgende Simulation im Fall 1, siehe Abbildung 15:

The screenshot displays the WinGPSS user interface. On the left is a detailed flowchart of the simulation logic. It starts with a 'Generate' node (5*24, 2*24) leading to a 'Seize' node (q) and a 'Let' node (p\$Status=1). This is followed by several decision diamonds (IF) and 'Advance' nodes (e.g., 3/60, 2/60 and 2.5, 0.5). The flowchart includes labels for various entities and resources such as PROFCS, BER1, PRKOR1, PRKOR2, WIMA1, WIMA2, and WEITER. On the right, an 'Auswertung' (Evaluation) window is open, showing a list of simulation steps from 104 to 134. The list includes commands like 'if', 'advance', 'release', 'goto', and 'terminate' with associated parameters and resource names.

Abbildung 15: WinGPSS-Benutzeroberfläche Fall 1

Für die Auswertung des Falls 1 ergibt sich damit folgendes Bild:

Hinsichtlich der Blockstatistik in Fall 1 sind innerhalb der zehn Simulationen jeweils 70 bis 76 Studierende in das System eingetreten, durchschnittlich waren es 72,4 Studierende. Diese etwas geringere Anzahl im Vergleich zum Originalfall hat jedoch nichts mit der Änderung der weiteren Simulationsschritte zu tun, sondern zeigt die Spannweite der Simulationen insgesamt.

Schlange	(1) Maximum Inhalt	(2) Mittel Inhalt	(3) Gesamt Eintritte	(4) Zeitlos Eintritte	(5) Prozent zeitlos
SEKCS1	0	0.00	98	98	100.00
WIMA1	24	0.91	212	153	72.17
WIMA2	20	1.44	216	148	68.52
PRUEF1	18	1.34	278	171	61.51
PROFCS	75	32.16	229	9	3.93
SEKZK1	0	0.00	0	0	0.00

Schlange	(6) mittlere Zeit/Trans	(7) \$mittlere Zeit/Trans	(8) aktueller Inhalt
SEKCS1	0.00	0.00	0
WIMA1	37.45	134.57	0
WIMA2	58.55	185.99	0
PRUEF1	42.24	109.74	0
PROFCS	1230.36	1280.70	75
SEKZK1	0.00	0.00	0

\$mittlere Zeit/Trans := mittlere Zeit/Trans ohne zeitlose Eintritte

Lauf Nr.: 2

(1) (2) (3) (4) (5)

Abbildung 16: Auswertung Fall 1 1

Danach wurden die Warteschlangen des Falls 1 näher untersucht (siehe Abbildung 16). Innerhalb des betrachteten Simulationsjahres haben sich in der Warteschlange der Bedienstungstation des wissenschaftlichen Mitarbeiters 1 je nach Simulationsdurchlauf maximal fünf bis 27 Studierende, im Durchschnitt 17,9 Studierende aufgehalten, in der Warteschlange des wissenschaftlichen Mitarbeiters 2 etwas mehr mit durchschnittlich 20,5 Studierenden, in der des Prüfungsamtes im Mittel 16,1 Studierende und in der des Professors sogar 69,7 Studierende, hierbei waren es zwischen 62 und 75 Studierende je Simulationsdurchlauf (siehe Tabelle 11). Im Vergleich zum Originalfall (durchschnittlich 57,9 Studierende beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 1; 18,4 beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 2; 36,7 beim Prüfungsamt; 19,5 beim Professor) sind es in Fall 1 somit insbesondere beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 wesentlich weniger, aber sehr viel mehr beim Professor, viel weniger dagegen beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 2. Die deutlich kürzeren Warteschlangen beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 liegen der Tatsache zugrunde, dass dieser durch die Variation der Parameter stark entlastet würde. Es hätte allerdings erwartet werden können, dass dafür der wissenschaftliche Mitarbeiter 2 deutlich längere Warteschlangen zu verzeichnen hat, jedoch tauchen diese nicht bei ihm, sondern dem Professor auf.

Max Inhalt	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	$\bar{\mu}$	Min	Max
SEKCS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WIMA1	24	15	5	25	26	6	16	23	27	12	17,9	5	27
WIMA2	20	26	7	32	26	17	11	21	28	17	20,5	7	32
PRUEF1	18	15	7	22	10	17	10	23	18	21	16,1	7	23
PROFCS	75	63	69	62	72	73	73	71	68	71	69,7	62	75

Tabelle 11: Auswertung Fall 1 2

Die erhöhte Belastung des Professors sowie die Entlastung des wissenschaftlichen Mitarbeiters 1 wird auch durch die nächste Auswertung der mittleren Studierendenzahl, welche sich gleichzeitig in der Warteschlange befunden haben, deutlich (Tabelle 12): Im Mittel sind es beim ihm über alle Simulationsdurchläufe hinweg 31,23%, wohingegen alle anderen Bedienungsstationen durchschnittlich maximal 1,3% aufweisen.

Dagegen waren es im Originalfall beim Professor 8,02% und vor allem beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 25,37%.

Mittel Inhalt	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	ø	Min	Max
SEKCS1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WIMA1	0,91%	0,83%	0,19%	0,68%	1,38%	0,18%	1,16%	0,79%	1,54%	0,28%	0,79%	0,18%	1,54%
WIMA2	1,44%	1,91%	0,43%	1,79%	1,75%	1,58%	0,35%	1,18%	1,83%	0,68%	1,29%	0,35%	1,91%
PRUEF1	1,34%	0,92%	0,29%	1,62%	0,56%	0,97%	0,55%	1,68%	0,97%	1,62%	1,05%	0,29%	1,68%
PROFCS	32,16%	30,85%	32,89%	29,46%	31,37%	32,72%	32,63%	30,31%	28,64%	31,31%	31,23%	28,64%	32,89%

Tabelle 12: Auswertung Fall 1 3

Keine Warteschlangen entstehen im Fall 1 im Sekretariat, in etwa ein Drittel der Fälle lediglich bei den beiden wissenschaftlichen Mitarbeitern, etwas mehr im Prüfungsamt, aber insbesondere beim Professor, dessen prozentuale zeitliche Eintritte durchschnittlich über alle Simulationsdurchläufe hinweg 4,3% beträgt (Tabelle 13).

Nimmt man den Originalfall als Vergleich, so entstanden auch dort im Sekretariat nie Warteschlangen, beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 2 sowie dem Prüfungsamt waren die Prozentzahlen der zeitlichen Eintritte ebenfalls sehr hoch, wohingegen insbesondere der wissenschaftliche Mitarbeiter 1, aber auch der Professor viele Studierende warten lassen mussten. Damit haben sich die Warteschlangen des wissenschaftlichen Mitarbeiters 1 durch die Variation des Falls 1 deutlich reduziert, wohingegen die des Professors sich erhöht haben.

Prozent zeitlos	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	ø	Min	Max
SEKCS1	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
WIMA1	72,17%	68,09%	81,29%	71,57%	69,95%	82,21%	66,23%	68,39%	67,58%	79,68%	72,72%	66,23%	82,21%
WIMA2	68,52%	71,81%	75,10%	71,28%	66,38%	71,48%	73,30%	72,00%	71,81%	73,87%	71,56%	66,38%	75,10%
PRUEF1	61,51%	65,93%	78,49%	63,74%	65,31%	68,66%	66,54%	63,70%	65,13%	66,42%	66,54%	61,51%	78,49%
PROFCS	3,93%	4,52%	3,35%	4,41%	4,39%	4,61%	4,52%	4,02%	4,59%	4,65%	4,30%	3,35%	4,65%

Tabelle 13: Auswertung Fall 1 4

Die mittlere Wartezeit der tatsächlich wartenden Studierenden in den Warteschlangen ist, wie auch im Originalfall, beim Professor am größten, im Fall 1 jedoch gefolgt von der beim Wissenschaftlichen Mitarbeiter 2 statt 1, welcher die Studierenden durchschnittlich 54 Stunden kürzer warten lässt, siehe Tabelle 14.

Σmittlere Zeit/ Trans	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	ø	Min	Max
SEKCS1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WIMA1	134,57	121,61	58,09	102,70	208,68	54,96	131,60	109,11	228,98	63,70	121,40	54,96	228,98
WIMA2	185,99	261,49	62,26	280,45	198,98	189,78	60,70	163,66	250,25	102,18	175,57	60,70	280,45
PRUEF1	109,74	88,06	47,45	149,65	52,49	100,66	53,37	150,45	93,54	159,83	100,52	47,45	159,83
PROFCS	1280,70	1280,70	1426,23	1323,51	1260,41	1384,53	1354,53	1234,79	1206,14	1337,96	1308,95	1206,14	1426,23

Tabelle 14: Auswertung Fall 1 5

Bei Ende der Simulation nach einem Jahr (siehe Tabelle 15) betreut der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 statt im Originalfall 10 bis 61 Studierende nur noch bis zu 3 Studierende, eine ähnliche Zahl wie sein Kollege, das Prüfungsamt weist eine etwas niedrigere Anzahl im Vergleich zum Originalfall auf, insbesondere der Professor kann in Fall 1 wesentlich weniger Studierende zu Ende betreuen, er betreut am Ende des Jahres noch immer zwischen 48 und 75 Studierenden (im Originalfall maximal 34), durchschnittlich 67,9 Studierende (im Originalfall 17,2).

aktueller Inhalt	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	ø	Min	Max
SEKCS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WIMA1	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0,4	0	3
WIMA2	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0,3	0	2
PRUEF1	0	8	0	14	0	0	0	0	0	0	2,2	0	14
PROFCS	75	61	69	48	72	72	73	71	67	71	67,9	48	75

Tabelle 15: Auswertung Fall 1 6

Wieder kann der Reiter „Speicher/Einrichtungen“ der Auswertungen für die Anzeige der mittleren Auslastung der Bedienstungen in Prozent verwendet werden, siehe Abbildung 17.

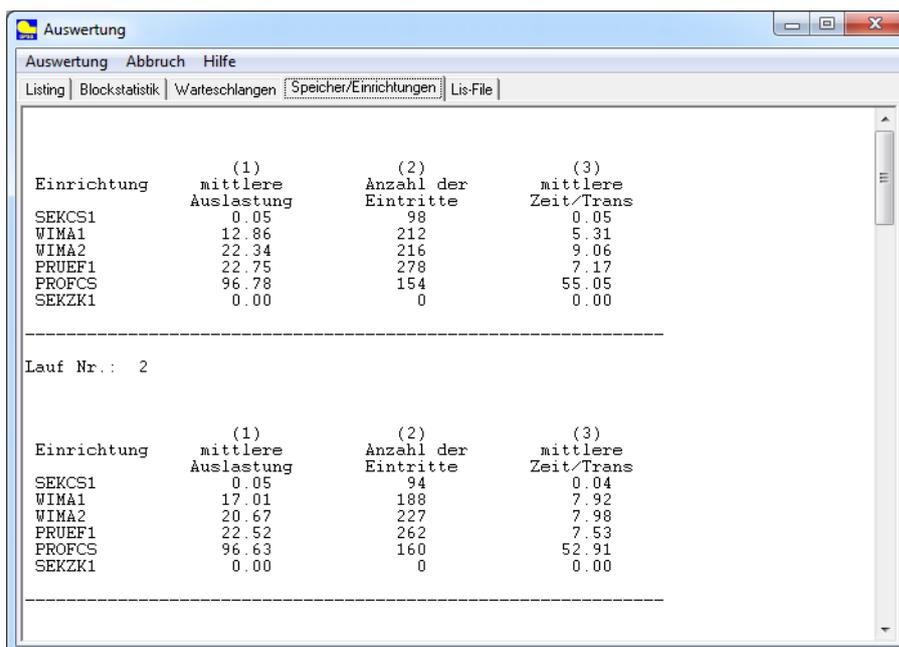


Abbildung 17: Auswertung Fall 1 7

Die mittlere Auslastung zeigt, dass im Fall 1 im Gegensatz zum Originalfall nicht der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 fast ausschließlich während des simulierten Jahres beschäftigt ist, sondern der Professor, der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 weist sogar durchschnittlich eine geringere Auslastung als sein Kollege auf, siehe Tabelle 16.

mittlere Auslastung	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	Ø	Min	Max
SEKCS1	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%
WIMA1	12,86%	17,01%	15,13%	15,56%	17,08%	12,97%	20,56%	13,73%	15,15%	13,44%	15,35%	12,86%	20,56%
WIMA2	22,34%	20,67%	21,26%	17,59%	20,73%	22,18%	15,32%	20,93%	21,05%	18,02%	20,01%	15,32%	22,34%
PRUEF1	22,75%	22,52%	18,06%	20,70%	21,38%	19,73%	20,27%	21,64%	20,82%	20,81%	20,87%	18,06%	22,75%
PROFCS	96,78%	96,63%	97,34%	95,84%	95,93%	96,16%	96,40%	96,64%	95,57%	95,76%	96,31%	95,57%	97,34%

Tabelle 16: Auswertung Fall 1 8

Fall 2: Streichung des Kurses „Kolloquium“

Im zweiten Fall steht die Streichung des Kurses „Kolloquium“ zur Diskussion. Hierbei soll überprüft werden, wie sich eine Streichung dieses Kurses des Professors auf die Warteschlangen aller betroffenen Akteure auswirkt. Denn mit der Streichung geht eine Verlängerung der Gliederungsbesprechung von 15 bis 25 Minuten auf 40 bis 50 Minuten bei den jeweiligen wissenschaftlichen Mitarbeitern einher.

Folgende Änderung des Ablaufs ist bei Fall 2 zu simulieren: Nach Ziehung des Prüfungsamtes werden die Studierenden zu ihrem jeweiligen Betreuer verwiesen. Diese dritte Besprechung ist die Gliederungsbesprechung und dauert in diesem Fall 40 bis 50 Minuten statt 15 bis 25 Minuten im Originalfall. Neben dem Status 6 wird nun, um die Simulation nicht auseinanderzureißen, zusätzlich der Status 7 verliehen. Nach der Gliederungsbesprechung schicken die Betreuer ihre Studierenden nicht, wie im Originalfall, an den Professor, sondern direkt wieder zu ihnen wegen der vierten Besprechung.

Das Listing wird für Fall 2 somit wie in Tabelle 17 ersichtlich geändert:

Originalfall	Nr.	Änderung in Fall 2
(...)		
WIMA1 seize WIMA1,q	10./ 25./ 42./ 55./ 71.	
(...)		
W1BET3 advance 20/60,5/60	44.	W1BET3 advance 45/60,5/60
let p\$ Status=6	45.	let p\$ Status=7
release WIMA1	46.	
goto PROFCS,1	47.	goto WIMA1,1
(...)		
WIMA2 seize WIMA2,q	-	
(...)		
W2BET3 advance 20/60,5/60	-	W2BET3 advance 45/60,5/60
let p\$ Status=6	-	let p\$ Status=7
release WIMA2	-	
goto PROFCS,1	-	goto WIMA2,1
(...)		
PROFCS seize PROFCS,q	48./ 65./ 76./ 88.	
if p\$ Status=6,KOLL	49.	<i>gelöscht</i>
if p\$ Status=8,WEITER	66.	
if p\$ Status=9,PRKOR1	77.	
if p\$ Status=11,PRKOR2	89.	
KOLL advance 2.5,0.5	50.	<i>gelöscht</i>
let p\$ Status=7	51.	
release PROFCS	52.	
if p\$BETWI=1,WIMA1	53.	
if p\$BETWI=2,WIMA2	54.	
(...)		

Tabelle 17: Listing Fall 2

Damit ergibt sich folgende Simulation im Fall 2 (Abbildung 18):

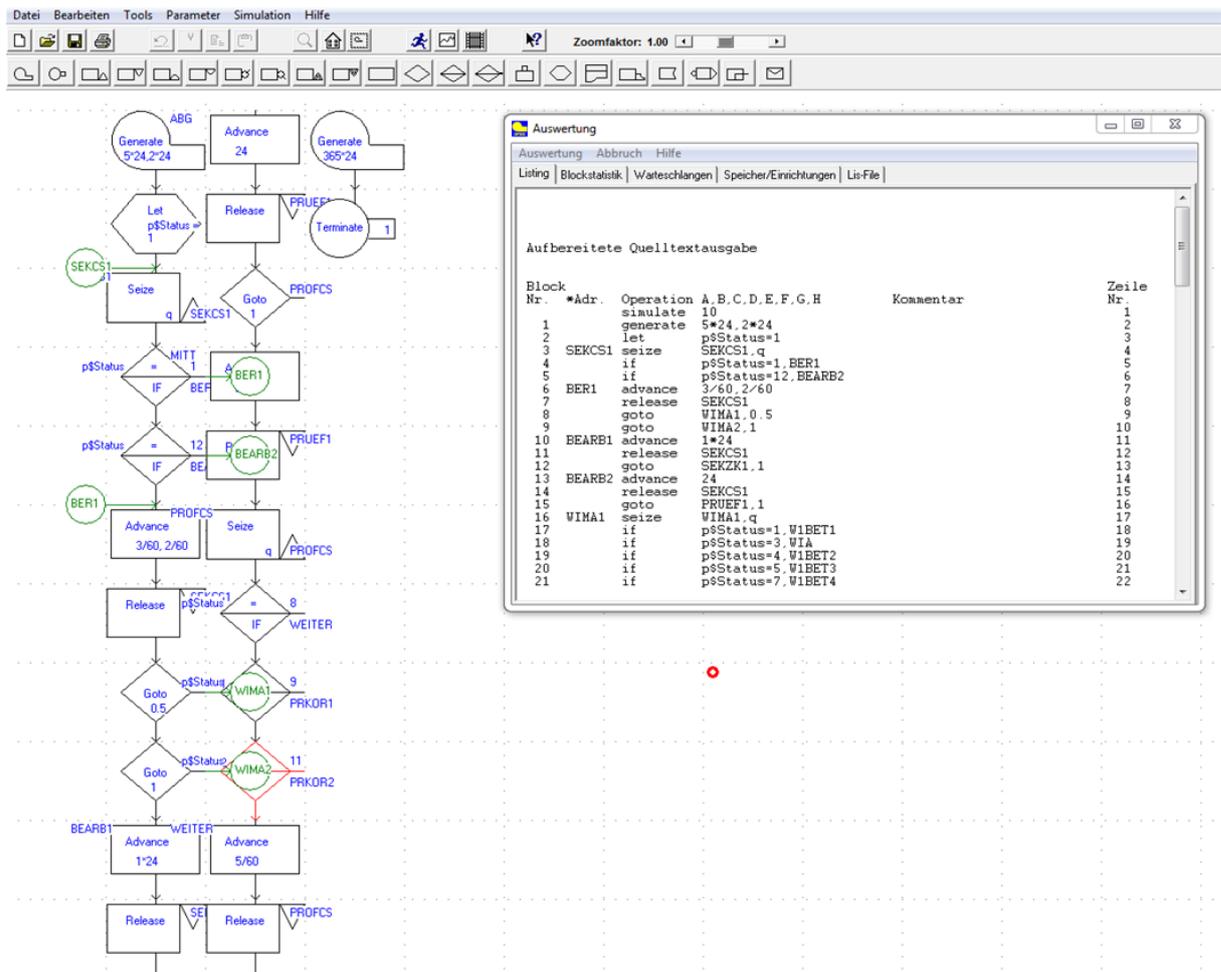


Abbildung 18: WinGPSS-Benutzeroberfläche Fall 2

Für die Auswertung des Falls 2 ergibt sich damit folgendes Bild:

Innerhalb der zehn Simulationen durchläufe im Fall 2 sind gemäß der Blockstatistik jeweils 68 bis 75 Studierende in das System eingetreten, durchschnittlich waren es 72,2 Studierende. Wieder hat diese veränderte Anzahl gegenüber dem Originalfall sowie dem Fall 1 nichts mit der Änderung der weiteren Simulationsschritte zu tun, sondern zeigt die Spannweite der Simulationen durchläufe insgesamt.

Bei Betrachtung der Warteschlangen ist festzuhalten, dass im Fall 2 wie im Originalfall der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 durchschnittlich die meisten Studierenden in der Warteschlange hat, was am Kurs „Wissenschaftliches Arbeiten“ zu liegen scheint (Tabelle 18).

Beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 2 und dem Professor sind diese Werte gegenüber dem Originalfall sowie Fall 1 niedriger, beim Professor ist die Differenz zum Fall 1 besonders eklatant, beim Prüfungsamt liegt er dazwischen (Tabelle 19). Trotz zusätzlicher Belastung durch die Verlängerung der Sprechstundenzeiten bei Wegfall des Kurses des Professors sind die

durchschnittlichen Anzahlen der wartenden Studierenden bei den beiden wissenschaftlichen Mitarbeitern allerdings leicht gesunken.

Max Inhalt	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	Ø	Min	Max
SEKCS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WIMA1	52	52	59	70	58	47	56	65	51	60	57	47	70
WIMA2	16	17	10	9	17	12	11	8	20	9	12,9	8	20
PRUEF1	28	41	14	21	22	40	24	29	38	19	27,6	14	41
PROFCS	19	22	9	12	17	29	18	18	19	24	18,7	9	29

Tabelle 18: Auswertung Fall 2 1

Max Inhalt	Originalfall			Fall 1			Fall 2		
	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max
SEKCS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WIMA1	57,9	42	71	17,9	5	27	57	47	70
WIMA2	18,4	11	36	20,5	7	32	12,9	8	20
PRUEF1	36,7	19	62	16,1	7	23	27,6	14	41
PROFCS	19,5	10	34	69,7	62	75	18,7	9	29

Tabelle 19: Vergleich der Auswertungen 1

Die Auswertung der mittleren Anzahl der in den Warteschlangen wartenden Studierenden ergibt, dass diese beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 am größten ist, was wieder auf den Kurs „Wissenschaftliches Arbeiten“ schließen lässt (Tabelle 20).

Vergleicht man die Werte des Falls 2 mit dem Originalfall sowie dem Fall 2 wird deutlich, dass die Werte beim wissenschaftlichen Mitarbeiter 1 gegenüber dem Originalfall fast unverändert sind, gegenüber dem Fall 1 dagegen eklatant, was allerdings zu erwarten war (Tabelle 21). Die zusätzliche Belastung beider wissenschaftlicher Mitarbeiter aufgrund des Wegfalls des Kurses „Kolloquium“ lässt sich an der mittleren Studierendenanzahl in den Warteschlangen allerdings wieder nicht ablesen.

Mittel Inhalt	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	Ø	Min	Max
SEKCS1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WIMA1	25,51%	25,79%	29,01%	26,58%	26,85%	22,77%	26,93%	25,66%	23,32%	21,84%	25,43%	21,84%	29,01%
WIMA2	0,04%	0,04%	0,03%	0,03%	0,04%	0,04%	0,04%	0,03%	0,04%	0,02%	0,04%	0,02%	0,04%
PRUEF1	0,61%	0,94%	0,33%	0,40%	0,53%	1,28%	0,56%	0,63%	1,09%	0,51%	0,69%	0,33%	1,28%
PROFCS	8,11%	8,53%	2,93%	5,72%	6,19%	10,38%	5,90%	7,59%	7,91%	10,42%	7,37%	2,93%	10,42%

Tabelle 20: Auswertung Fall 2 2

Mittel Inhalt	Originalfall			Fall 1			Fall 2		
	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max
SEKCS1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
WIMA1	25,37%	20,31%	29,18%	0,79%	0,18%	1,54%	25,43%	21,84%	29,01%
WIMA2	0,03%	0,01%	0,06%	1,29%	0,35%	1,91%	0,04%	0,02%	0,04%
PRUEF1	1,32%	0,65%	3,08%	1,05%	0,29%	1,68%	0,69%	0,33%	1,28%
PROFCS	8,02%	3,26%	14,71%	31,23%	28,64%	32,89%	7,37%	2,93%	10,42%

Tabelle 21: Vergleich der Auswertungen 2

Die Auswertung des Wertes „Prozent zeitlos“ ergibt, dass auch in Fall 2 keine Warteschlangen im Sekretariat entstehen, die größten verzeichnet der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 (Tabelle 22).

Letztere hat dabei einen ähnlichen Durchschnittswert wie im Originalfall, die Warteschlangen des wissenschaftlichen Mitarbeiters 2 sind dagegen nur leicht gestiegen, die Warteschlangen des Professors sind etwas mehr zurückgegangen (Tabelle 23).

Prozent zeitlos	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	ø	Min	Max
SEKCS1	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
WIMA1	5,21%	1,51%	1,91%	2,04%	1,70%	1,70%	1,88%	3,37%	1,55%	7,26%	2,81%	1,51%	7,26%
WIMA2	93,58%	92,81%	94,80%	94,74%	92,76%	91,82%	92,75%	93,95%	94,01%	93,98%	93,52%	91,82%	94,80%
PRUEF1	90,45%	89,13%	93,00%	92,94%	90,30%	87,07%	90,26%	90,81%	90,76%	90,85%	90,56%	87,07%	93,00%
PROFCS	9,46%	14,10%	22,22%	21,21%	10,81%	11,63%	17,57%	18,18%	8,96%	11,11%	14,53%	8,96%	22,22%

Tabelle 22: Auswertung Fall 2 3

Prozent zeitlos	Originalfall			Fall 1			Fall 2		
	ø	Min	Max	ø	Min	Max	ø	Min	Max
SEKCS1	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
WIMA1	2,57%	1,27%	5,07%	72,72%	66,23%	82,21%	2,81%	1,51%	7,26%
WIMA2	97,19%	96,19%	97,74%	71,56%	66,38%	75,10%	93,52%	91,82%	94,80%
PRUEF1	94,73%	93,33%	95,88%	66,54%	61,51%	78,49%	90,56%	87,07%	93,00%
PROFCS	24,22%	13,93%	48,81%	4,30%	3,35%	4,65%	14,53%	8,96%	22,22%

Tabelle 23: Vergleich der Auswertungen 3

In den Warteschlangen warten die Studierenden tatsächlich im Mittel beim Professor noch immer am längsten (Tabelle 24), sogar noch länger als im Originalfall mit Kolloquium (Tabelle 25).

§mittlere Zeit/ Trans	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	ø	Min	Max
SEKCS1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WIMA1	103,21	102,15	115,04	100,85	109,75	93,17	107,46	109,01	89,36	113,46	104,35	89,36	115,04
WIMA2	1,20	1,29	1,06	1,06	1,30	1,21	1,23	1,08	1,50	1,06	1,20	1,06	1,50
PRUEF1	13,44	18,67	10,01	11,62	12,12	22,35	12,45	15,69	24,37	15,36	15,61	10,01	24,37
PROFCS	1060,43	1114,70	523,14	962,82	821,97	1196,82	847,81	1055,68	1135,48	1140,71	985,96	523,14	1196,82

Tabelle 24: Auswertung Fall 2 4

§mittlere Zeit/ Trans	Originalfall			Fall 1			Fall 2		
	ø	Min	Max	ø	Min	Max	ø	Min	Max
SEKCS1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WIMA1	99,96	76,31	110,90	121,40	54,96	228,98	104,35	89,36	115,04
WIMA2	1,95	1,09	3,63	175,57	60,70	280,45	1,20	1,06	1,50
PRUEF1	51,06	33,32	100,64	100,52	47,45	159,83	15,61	10,01	24,37
PROFCS	865,73	665,04	1314,78	1308,95	1206,14	1426,23	985,96	523,14	1196,82

Tabelle 25: Vergleich der Auswertungen 4

Am Ende des simulierten Jahres betreut der wissenschaftliche Mitarbeiter noch am meisten Studierende (Tabelle 26), mehr als im Originalfall, der Professor etwas weniger, aber nicht deutlich (Tabelle 27).

aktueller Inhalt	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	Ø	Min	Max
SEKCS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WIMA1	51	50	57	70	56	42	51	61	50	55	54,3	42	70
WIMA2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRUEF1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROFCS	19	22	9	0	17	28	17	10	19	16	15,7	0	28

Tabelle 26: Auswertung Fall 2 5

aktueller Inhalt	Originalfall			Fall 1			Fall 2		
	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max
SEKCS1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WIMA1	48,6	10	61	0,4	0	3	54,3	42	70
WIMA2	0	0	0	0,3	0	2	0	0	0
PRUEF1	6,1	0	61	2,2	0	14	0	0	0
PROFCS	17,2	0	34	67,9	48	75	15,7	0	28

Tabelle 27: Vergleich der Auswertungen 5

Der Reiter „Speicher/Einrichtungen“ der Auswertungen (Abbildung 19) zeigt die mittlere Auslastung der Bedienstungen in Prozent:

Einrichtung	(1) mittlere Auslastung	(2) Anzahl der Eintritte	(3) mittlere Zeit/Trans
SEKCS1	0.06	97	0.05
WIMA1	95.57	2233	3.75
WIMA2	18.90	4001	0.41
PRUEF1	17.89	4135	0.38
PROFCS	93.43	55	148.81
SEKZK1	0.00	0	0.00

Lauf Nr.: 2

Einrichtung	(1) mittlere Auslastung	(2) Anzahl der Eintritte	(3) mittlere Zeit/Trans
SEKCS1	0.06	96	0.05
WIMA1	96.89	2196	3.87
WIMA2	18.47	3910	0.41
PRUEF1	18.06	4047	0.39
PROFCS	90.19	56	141.09
SEKZK1	0.00	0	0.00

Abbildung 19: Auswertung Fall 2 6

Durch die mittlere Auslastung wird ersichtlich, dass der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 fast ausschließlich während des simulierten Jahres beschäftigt war, gefolgt vom Professor (Tabelle 28).

Der Vergleich mit dem Originalfall zeigt zudem, dass der Professor durch den Wegfall seines Kurses nicht entlastet wird (Tabelle 29).

mittlere Auslastung	Lauf 1	Lauf 2	Lauf 3	Lauf 4	Lauf 5	Lauf 6	Lauf 7	Lauf 8	Lauf 9	Lauf 10	Ø	Min	Max
SEKCS1	0,06%	0,06%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,06%
WIMA1	95,57%	96,89%	97,56%	96,81%	97,06%	96,27%	98,09%	96,65%	96,81%	89,95%	96,17%	89,95%	98,09%
WIMA2	18,90%	18,47%	19,11%	20,03%	18,04%	17,60%	18,72%	17,68%	19,51%	14,36%	18,24%	14,36%	20,03%
PRUEF1	17,89%	18,06%	14,69%	14,90%	16,84%	19,46%	16,47%	15,65%	16,76%	15,96%	16,67%	14,69%	19,46%
PROFCS	93,43%	90,19%	87,43%	88,38%	89,83%	89,29%	86,01%	90,01%	79,33%	92,71%	88,66%	79,33%	93,43%

Tabelle 28: Auswertung Fall 2 7

mittlere Auslastung	Originalfall			Fall 1			Fall 2		
	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max	Ø	Min	Max
SEKCS1	0,05%	0,05%	0,06%	0,05%	0,05%	0,06%	0,05%	0,05%	0,06%
WIMA1	96,77%	93,77%	98,00%	15,35%	12,86%	20,56%	96,17%	89,95%	98,09%
WIMA2	19,15%	18,03%	20,33%	20,01%	15,32%	22,34%	18,24%	14,36%	20,03%
PRUEF1	14,68%	13,19%	17,26%	20,87%	18,06%	22,75%	16,67%	14,69%	19,46%
PROFCS	87,64%	78,55%	93,04%	96,31%	95,57%	97,34%	88,66%	79,33%	93,43%

Tabelle 29: Vergleich der Auswertungen 6

D Ergebnis und Ausblick

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit einer Systemanalyse, in der die Diplomarbeitsbetreuung des Lehrstuhl Scholz im Status Quo untersucht wurde. Dies stellt einen ersten Schritt der Simulation von Universitätsaufgaben dar.

Zunächst wurde der aktuelle Prozess als Originalfall simuliert. Dessen Auswertungen ergaben, dass der wissenschaftliche Mitarbeiter 1 und der Professor aktuell sehr ausgelastet sind. Durch eine Variation der Parameter in Experimentserien sollte versucht werden, diese Auslastung zu verringern. Fall 1 beinhaltete dafür eine Verlagerung des Kurses „Wissenschaftliches Arbeiten“ an einen kooperierenden Lehrstuhl mit gleichzeitiger Verlängerung der darauffolgenden Sprechstunde auf 50 bis 60 Minuten. Die Warteschlangen insbesondere der beiden wissenschaftlichen Mitarbeiter sollten dahingehend analysiert werden, ob sich diese Variation in der Auswertung niederschlägt. Fall 2 dagegen umfasste eine Streichung des Kurses „Kolloquium“ des Professors sowie eine Verlängerung der Gliederungsbesprechung auf 40 bis 50 Minuten beim jeweiligen wissenschaftlichen Mitarbeiter. Auch hier sollten die Auswirkungen auf die Warteschlangen analysiert werden.

Als Ergebnis ist festzuhalten: Die Variation in Fall 1 senkt drastisch die Beschäftigung des wissenschaftlichen Mitarbeiters 1, erhöht aber leicht die des Professors, außerdem verbleiben zu viele Studierende nach Ablauf der Simulation im System. Durch die Variation in Fall 2 ändert sich nichts an der ursprünglichen Belastung des wissenschaftlichen Mitarbeiters 1 sowie des Professors, weswegen diese Variation definitiv nicht zielführend zu sein scheint.

Die Experimentserie macht allerdings auch die Limitationen des Simulationsprogramms WinGPSS sehr deutlich: WinGPSS erlaubt keine parallelen Vorgänge, die, um die Realität wiederzugeben, aber simuliert werden müssten. Die Kurse „Wissenschaftliches Arbeiten“ sowie „Kolloquium“ sind beispielsweise gleichzeitig an mehrere Studierende gerichtet. Diese in der Realität vorhandenen Gegebenheiten können von WinGPSS aber nicht abgebildet werden, weswegen die angegebenen Zeitangaben die Auswertungen verzerren.

Interessant ist aber, dass erwartet werden konnte, dass ein Wegfall eines zeitintensiven Kurses zu einer Entlastung des jeweiligen Akteurs führte, die gleichzeitige Beanspruchung von weiteren Akteuren durch den Wegfall deren Belastung erhöhen würde. Allerdings zeigt die Simulation im Fall 1, dass der Wegfall des Kurses „Wissenschaftliches Arbeiten“ des wissenschaftlichen Mitarbeiters 1 mit gleichzeitiger Verlängerung der Sprechstunden beider wissenschaftlichen Mitarbeiter zu keiner eklatanten Erhöhung der Belastung des wissenschaftlichen Mitarbeiters 2 führt, jedoch zu einer minimalen des Professors, eventuell da die Studierenden schneller betreut wurden und sich mehr in die Warteschlange des Professors einreihen.

Bedeutsam erscheint auch das Ergebnis der Simulation des Falles 2, nämlich dass der Wegfall des Kurses „Kolloquium“ des Professors nicht zu einer Entlastung desselben beiträgt. Auch hier wurden im Ausgleich die Sprechstunden der beiden wissenschaftlichen Mitarbeiter verlängert, ohne dass sich dies in der Auswertung niedergeschlagen hätte. Eine solche Änderung würde also keine Vorteile mit sich bringen.

Für das Forschungsprojekt KORFU besteht aber das Ziel darin, eine Vielzahl von universitären Aufgaben unter den von Scholz/Stein (2010) aufgestellten Hypothesen der vier Entwicklungsstadien als feststehende Modelltypen der Universität zu testen. Es gilt, sukzessive Modellvarianten der Entwicklungsstadien von Universitäten zu konzipieren, um das bestmögliche Alternativsystem der Universitätssteuerung – ohne steuerungsinhaltliche Konkretisierung bislang als Universitärer Korporatismus bezeichnet – zu bestimmen.

Daher ist im nächsten Schritt geplant, als weiteres Anwendungsgebiet Prozesse von Bleibeverhandlungen an der Universität zu simulieren, da bei diesem Szenario Akteure mehrerer Subeinheiten der Universität miteinander agieren. Für jedes Entwicklungsstadium der Hochschulstruktur (Faculty Silos, Academic Kindergarten, Presidential Feudalism, Individual Negotiation Jungle, University Collegialism, Deans' Steering) soll ein Simulationsprozess entworfen werden, um die Warteschlangen der verschiedenen Hochschulstrukturtypen hinsichtlich Optimierungsmöglichkeiten zu analysieren. Dadurch erscheint es möglich, gerade die Interaktionen zwischen den Verwaltungsträgern zu untersuchen, und zu vergleichen, welche Steuerungspfade existieren, wo Verbesserungspotenzial besteht und welche Faktoren die Effektivität des universitären Korporatismus beeinflussen.

Literaturverzeichnis

Ackoff, Russell L./Sasieni, Maurice W., Fundamentals of Operations Research, New York – London – Sydney (John Wiley & Sons) 1968.

Born, Richard/Ståhl, Ingolf/Herper, Henry, WinGPSS - Die ersten Stunden der Simulationsausbildung, <http://isgwww.cs.uni-magdeburg.de/~henry/wingpss05/skript/GPSS-Einfuehrung.pdf>, 30.11.2012.

Herper, Henry, Modellbildung und Simulation, Lisa-Weiterbildung 2004, http://isgwww.cs.uni-magdeburg.de/~henry/publikation/Modellbildung_und_Simulation.pdf, 30.11.2012.

Herper, Henry, Modellbildung und Simulation mit WinGPSS, 2. Fachtagung für Informatikunterricht in Hamburg 2005, http://isgwww.cs.uni-magdeburg.de/~henry/publikation/Modellbildung_und_Simulation_HILL.pdf, 30.11.2012.

Liebl, Franz, Simulation. Problemorientierte Einführung, München - Wien (Oldenbourg) 1992.

Lorenz, Peter, Simulation und Animation: Konvergenz oder Divergenz?, in *Möller, Reinhard* (Hrsg.), Visualisierung in der Simulationstechnik Bremen, 18./19. November 1991 Proceedings, 1-16.

Ståhl, Ingolf/Herper, Henry/Lorenz, Peter, Visualisierung mit WinGPSS und Proof Animation™, 2. Magdeburger Lehrertag zu Modellierung und Simulation 2006, http://isgwww.cs.uni-magdeburg.de/~henry/publikation/sim_ani_06_1.pdf, 30.11.2012.

Stumpfe, Joachim, Simulationen zur Entscheidungsunterstützung im Innovationsprozess industrieller Unternehmen, in: *Scholz, Christian* (Hrsg.), Systemdenken und Virtualisierung. Unternehmensstrategien zur Vitalisierung und Virtualisierung auf der Grundlage von Systemtheorie und Kybernetik. Wissenschaftliche Jahrestagung der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialkybernetik vom 1. und 2. Oktober 1999 in Saarbrücken, Berlin (Duncker & Humblot) 2002, 173-180.

Weber, Karl/Trzebiner, Richard/Tempelmeier, Horst, Simulation mit GPSS. Lehr- und Handbuch zu GPSS (General Purpose Simulation System) mit wirtschaftswissenschaftlichen Anwendungsbeispielen, Bern - Stuttgart (Haupt) 1983.