

Durchführung eines Simulationsprojektes im Simulationspraktikum

Heiderose Stein^{1*}, Tobias Uhlig¹, Oliver Rose¹

¹Institut für Technische Informatik, Universität der Bundeswehr München, Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg, Deutschland; *tobias.uhlig@unibw.de

Abstract. Im Zuge der Digitalisierung der Bundeswehr werden neue Systeme und Strukturen eingeführt. Simulationen sind ein Mittel, um diesen Herausforderungen zu begegnen. Die Kompetenz zur Modellbildung und Simulation wird in diesem Rahmen immer relevanter. Dabei kommt der Universität der Bundeswehr eine zentrale Rolle in der Ausbildung von Fachpersonal zu: Zur Vermittlung dieser Kompetenzen wird im Masterstudium Informatik und Ingenieurwesen, zusätzlich zur klassischen Wissensvermittlung mit Vorlesung und Übung, verpflichtend ein Simulationspraktikum durchgeführt. In diesem Rahmen bearbeiten die Studierenden ein Simulationsprojekt. Dieser Artikel beschreibt den strukturierten Aufbau und Inhalt des Praktikums. Er gibt einen Überblick über bestehende Simulationsprojekte und ihren Einsatz in der Lehre. Die Nutzung eines realitätsnahen, simulierten Projekts stellt dabei einen guten Kompromiss aus praktischer Wissensvermittlung und effizienter Durchführbarkeit dar. Das Simulationspraktikum hat in unserer Erfahrung den Lehrbetrieb bereichert und die Modellbildungs- und Simulationskompetenz der Studierenden gefördert.

Einleitung

Mit der fortschreitenden Digitalisierung verändern sich bestehende Strukturen und Abläufe und existierendes Wissen muss erweitert werden. Diesen Bedarf sehen wir aktuell bei der Digitalisierungsoffensive der Bundeswehr. Traditionell hat die Bundeswehr auf Trainingssimulationen gesetzt, um ihr Personal zu schulen und bestimmte Fähigkeit zu vermitteln. Jetzt rückt auch die analytische Simulation in den Fokus, um Systeme zu verstehen und zu bewerten.

Simulationen machen abstraktes Wissen greifbar und experimentierbar - sie werden deshalb in verschiedenen Bereichen angewandt [1]. Ein erfolgreicher Einsatz von Simulationen hängt auch vom Vorwissen der Beteiligten ab. Deshalb liegt ein Schwerpunkt unserer Arbeit darauf, den Studierenden an der Universität der Bundeswehr die Kompetenzen der Modellbildung und analytischen Simulation zu vermitteln. Sie sollen ein Problem in Fragestellungen konkretisieren, und ein

vereinfachtes Modell ableiten können, mit dem übertragbare Antwortmöglichkeiten erarbeitet werden. Für die Studiengänge Informatik und Mathematical Engineering sind deshalb Modellierungs- und Simulationsgrundlagen Teil des Studiums.

In der Literatur werden vielfältige Erfahrungen, Beispiele und Vorschläge für die Vermittlung von Modellbildung und Simulation dargestellt (z.B. [2]). Eine besondere Rolle nehmen dabei Simulationspraktika ein, in denen das erworbene Wissen beispielhaft an Simulationsprojekten angewendet, gefestigt und vertieft wird ([3], [4], [5]). Wir wollen dazu unseren Praktikumsaufbau und unsere Erfahrungen mit einem simulierten Projektbeispiel in der Lehre ergänzen und einen strukturierten Aufbau für ein solches Praktikum vorstellen. Zudem wollen wir einen ersten Überblick geben, ob das Praktikum die Wissensvermittlung zur Simulation leisten kann, sowie Optionen für die Zukunft aufzeigen.

Im Folgenden Abschnitt gehen wir zunächst auf die bestehende Literatur zum Einsatz von Simulationspraktika in der Lehre ein. Dabei liegt der Fokus auf der Vermittlung von Simulationskompetenzen. Dann stellen wir die entwickelten Strukturen und Inhalte des Praktikums vor (Abschnitt 2). Anschließend diskutieren wir, inwiefern das Praktikum die Wissensvermittlung unterstützt (Abschnitt 3), und schließen mit einem Ausblick auf die zukünftige Perspektiven.

1 Methodik für Simulationsprojekte

Trainingssimulationen nehmen eine besondere Rolle bei der Ausbildung von Problemlösungskompetenzen ein. Denn Simulationen unterstützen die Entwicklung komplexer Fähigkeiten, wie sie für die Modellbildung und Simulation benötigt werden: Simulationen werden als besonders effektiv für das Verbessern komplexer Fähigkeiten, wie der generellen Problemlösefähigkeit, ge-

sehen: das Abbilden des Systems in einem Modell, das Experimentieren am Modell und die direkte Rückmeldung unterstützen das Lernen (vgl. [4], [6]). Vlachopoulos et al. [3] beschreiben positive Effekte auf Wissensanwendung, Problemlösungskompetenz und soziale Fähigkeiten. Insbesondere für das Erlernen von Simulationskompetenz, und für Studierende mit unterschiedlichem Vorwissen, beschreiben Collins et al. [7] die Effektivität von Simulationen an Beispielfällen, da sie die Fälle greifbar machen und als Entscheidungshilfe für die Studierenden wertvoll werden. Theoretische Grundlagen für die Effektivität von Simulationen, sowie einen generellen Überblick über simulationsbasierte Ansätze zur Vertiefung von Lehrwissen geben z.B. [3], [4], [8].

Im Rahmen unserer Arbeit liegt der Fokus darauf, wie man diese Mechanismen nutzen und analytische Simulation mittels eines Praktikums vermitteln kann. Dabei zeigen sich Simulationspraktika generell als hilfreiches Instrument für Simulationsdozenten (vgl. [2], [9], [10]). De Mesquita et al. [11] fassen aus Expertenbefragungen zusammen, dass Simulationsprojekte von der großen Mehrheit als wichtiges Instrument in der Lehre geschätzt werden (siehe Abbildung 1). Als Einschränkungen werden der hohe administrative Aufwand (vgl. [3], [12], [13]) und das Definieren des für die Studierenden passenden Inhalts (vgl. [14], [15], [16]) angegeben.

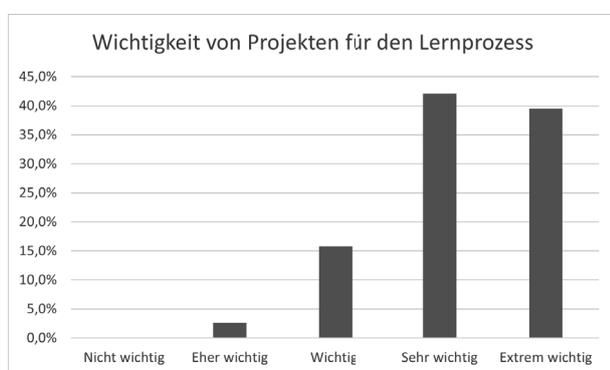


Abbildung 1: Bewertung von Simulationsprojekten nach [11]

Umfragen unter Studierenden bestätigen, dass Simulationen als besonders effektiv zum Entwickeln von Problemlösefähigkeit [5] und das Erlernen von (komplexen) Inhalten [17] eingeschätzt werden, und Simulationsprojekte generell positiv bewertet werden [18]. Spezifisch für die Vermittlung von Simulationskompetenzen fasst etwa Martin [13] zusammen, dass die Erfahrungen im Praktikum von den Studierenden positiv

gesehen werden – besonders dafür, Simulationen aus Kundendaten zu erstellen und Simulationsergebnisse zu vermitteln. Einschränkungen der positiven Bewertung ergeben sich z.B. wenn die Ziele unerreichbar scheinen [3] oder Studenten keine Verbindung zwischen Theorie und Praxis erkennen [19].

1.1 Aufbau und Bearbeitungsweise

Der Aufbau eines Simulationskurses ist generell unterteilt in eine theoretische Einführung, gefolgt oder unterstützt von Beispielen und einem abschließenden Simulationspraktikum. Eine Struktur für den Aufbau eines Simulationskurses beschreiben etwa [6] und [20]. Der Aufbau des Praktikums variiert dagegen nach Fallbeispiel (s.u.), Ziel und Voraussetzungen: Je nach Zielsetzung kann der Schwerpunkt der Bearbeitung z.B. auf der Datenauswertung (vgl. [21], [22]), der Modellierung (vgl. [23], [12]), der Implementierung oder Auswertung liegen. Je nach Voraussetzung sind z.B. zeitliche Begrenzungen gegeben (vgl. [2], [13]), unterschiedliches Vorwissen der Studierenden kann zusätzliche Lehrangebote nötig machen (z.B. [14], [15], [16]), oder durch die verwendeten Tools entstehen besondere Voraussetzungen. Bei den Tools ist grundsätzlich wichtig, dass sie den Studierenden bei geringem Einarbeitungsaufwand messbare Ergebnisse liefern, damit deren Nutzen gesehen wird. Bekannte Tools zu verwenden hilft, Einarbeitungsaufwände zu vermeiden ([20], [13]). Daher eignen sich besonders zeitnah eingeführte Tools [24] oder das Angebot von (freiwilligen) Einführungsworkshops [14]. Auch zur Bearbeitungsweise, ob allein oder im Team, gibt es unterschiedliche Einschätzungen (siehe [3], [11]): auf der einen Seite ist das Lernen von anderen Studenten hilfreich (vgl. z.B. [16], [25], [26]), auf der anderen soll jeder Student seine eigenen Fähigkeiten entwickeln.

1.2 Fallbeispiel

Die Auswahl des Fallbeispiels spielt eine wichtige Rolle für das Lernen, da die Studierenden darüber einen Bezug zum Thema herstellen oder über den Nutzen einen Zugriff auf die Methode herstellen (vgl. [7], [26]). Adelsberger et al. [6] empfehlen sogar, Studierenden mit unterschiedlichem Hintergrund thematisch unterschiedliche Fallbeispiele zur Verfügung zu stellen. Anhand der Erfahrungsberichte wird eine Vielzahl an verwendeten Fallbeispielen und Empfehlungen deutlich.

Diese fassen [11] in der folgenden Abbildung 2 zusammen.

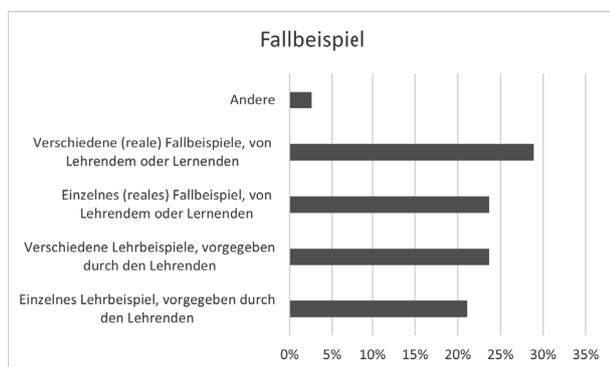


Abbildung 2: Empfehlungen zum Fallbeispiel nach [11]

Unterschiedliche Autoren beschreiben die ganze Spanne von Fallbeispielen, über von den Studenten selbst gestaltete Aufgaben bis hin zu praktischen Projekten mit realen Kunden: Kashefi et al. [24] stellen beispielsweise ein Praktikum mit zwei aufeinander folgenden Lehrbeispielen vor. Korecko et al. [15] beschreiben ein Simulationsprojekt, in dem die Studierenden ihr Thema selbst wählen können. Martin [13] präsentiert ein reales Fallbeispiel in Zusammenarbeit mit einer Firma. Pereira et al. [27] wählen ein Fallbeispiel, das mit einem realen Experiment gekoppelt ist, so dass die Simulationsergebnisse von den Studierenden direkt verglichen und bewertet werden können. Byrnett [28] beschreibt ein Fallbeispiel, bei dem der Lehrer die Rolle eines realitätsnahen Projektkunden einnimmt, es aber kein real gekoppeltes Experiment gibt.

Jedes Vorgehen hat seine Vor- und Nachteile, die die einzelnen Autoren im Detail beschreiben: bei Lehrbeispielen ist genau steuerbar, was die Studierenden lernen (sollen). Bei zwei unterschiedlichen Aufgaben können zusätzlich Erkenntnisse aus der ersten Aufgabe für die Lösung der zweiten verwendet werden; es kommt aber auch zu unerwünschten Übertragungslösungen (vgl. [24]). Bei einem selbst gewählten Thema ist die Motivation der Studierenden für das Thema eher höher, Aufwand und Nutzen sind aber für den Lehrenden schwer einzuschätzen. Bei einem realen Projekt ist der Nutzen direkt sichtbar, dafür ist das Praktikum an Projektrestriktionen und die Verfügbarkeit realer Daten gebunden. Bei einem vorgegebenen Beispiel mit realem Bezug sind Daten und der Umfang steuerbar, doch deren Bereitstellung bedeutet einen hohen Aufwand für den Lehrenden.

2 Entwickeltes Simulationspraktikum

Das beschriebene Simulationspraktikum ist Teil eines Kurses bestehend aus Vorlesung, Übung und Simulationspraktikum. In der Vorlesung werden vor allem die Grundlagen und das theoretische Grundwissen vermittelt. Die Übung findet parallel zur Vorlesung statt und vertieft die vorgestellten Konzepte; in der Übung werden dabei praktische Problemstellungen, die mit Simulationsmodellen bearbeitet werden, vorgestellt und teilweise im Selbststudium erarbeitet. Dabei kommen die Simulatoren AnyLogic, FlexSim und SIGMA zum Einsatz. Das Simulationspraktikum ist nach der theoretischen Einführung in das Thema und vor der abschließenden Fachprüfung angesiedelt, und geht über mehrere Wochen.

2.1 Ziele des Simulationspraktikums

Durch das Simulationspraktikum sollen die Studierenden ihr theoretisches Wissen anwenden, um selbstständig eine analytische Simulation eines Systems aus Kundendaten zu erstellen und damit die Kundenfragen zu beantworten. Das Simulationspraktikum hat damit die folgenden unmittelbaren Ziele:

- Den Vorlesungsstoff veranschaulichen und festigen.
- Verständnis für die Anwendbarkeit, Vorteile und Grenzen von Simulationsstudien vermitteln.
- Praktische Modellierungs- und Simulationserfahrung in einem Projekt geben.

Als Fernziel sollen die Studierenden auf eine Anwendung von Simulationen im Arbeitsfeld vorbereitet werden, um die Digitalisierung der Bundeswehr zu unterstützen.

Die Zielgruppe besteht aus Studierenden im Master, mit nach Fachrichtung – Informatik und Mathematical Engineering – unterschiedlichen Vorkenntnissen und Schwerpunkten. Das Praktikum durchlaufen in jedem Jahrgang etwa 20-30 Studierende. Projektmanagement und Teamarbeit sind Teil des Praktikums, daher wird das Projekt im Team bearbeitet. Die Studierenden bilden dazu selbstständig Gruppen von 3-5 Personen. Damit sollen zum einen die Studierenden auf spätere Projektarbeiten vorbereitet werden. Zum anderen erscheint der Austausch zwischen den Studierenden wichtig für die Wissensvermittlung (vgl. z.B. [16],

[26]), z.B. um den Code anderer Studierender lesen zu lernen ([25]).

2.2 Simulation eines Fallbeispiels

Als Fallbeispiel verwenden wir die Simulation eines realitätsnahen Beispiels; Fragestellungen für die Studierenden liegen neben einer Modellierung und Analyse des Ist-Zustands z.B. in einer Untersuchung möglicher Szenarien oder einer Optimierung. Durch die Simulation eines Fallbeispiels werden unter anderem die Vorteile einer Trainingssimulation auf das Praktikum übertragbar. So ist das Untersuchungsobjekt bekannt und steuerbar, und die Ergebnisse der Studierenden können am Simulationsmodell überprüft werden. Eingangs- und Ausgangsdaten sind gezielt erstellt und anpassbar, so dass geeigneten Datensets für die Modellierung erzeugt werden können (vgl. [21], [22]). Ein realitätsnahes Fallbeispiel kann die Vorteile eines realen Industrieprojekts annehmen, d.h. die Studierenden können direkt einen praktischen Nutzen erkennen (siehe [7], [13]). Dabei unterliegt es nicht den Anforderungen einer Zusammenarbeit mit Industriepartnern (vgl. [13]). Damit sind z.B. stetige Anpassung an die Bedürfnisse und Fortschritte der Studierenden möglich, indem einzelne Projektkomponenten erweitert oder verringert werden, oder die Studierenden eigene Fragestellungen in Ergänzung zur Aufgabenstellung einbringen. Dieses Steuern kann einen positiven Einfluss, sowohl auf die unmittelbare Motivation der Studierenden als auch auf die langfristigen Ergebnisse des Praktikums, entfalten (vgl. [29]).

Als Nachteil bringt die Simulation eines Fallbeispiels vor allem einen erhöhten initialen Aufwand mit sich: der Lehrende übernimmt die Erstellung eines realistischen Simulationsmodells sowie die Aufbereitung aus Kunden- und Mentorensicht – oder teilt diese Rollen noch auf. Durch existierende Fallbeispiele kann dieser Aufwand jedoch für folgende Praktika verringert werden (vgl. [13]). Im Verlauf des Praktikums sind so bislang Fallbeispiele aus verschiedenen Themenbereichen entstanden, die durch unterschiedliche Fragestellungen erweitert oder angepasst werden können. Ein Beispielprojekt im Praktikum ist die simulationsbasierte Analyse von Werksverkehrsstrategien. Der Ist-Zustand für den Verkehr ist, dass alle Servicetechniker mit eigenem Fahrzeug zu entsprechenden Serviceanfragen auf dem Werkgelände fahren. Die Studierenden sollen ein Vergleich dazu eine alternative Strategie, mit selbstfahrenden Fahrzeugen als Shuttleservice für die

Techniker, simulieren. Als historische Daten stehen dabei Serviceanfragen eines vergangenen Jahres zur Verfügung. Daraus ergeben sich für die Studierenden drei Hauptpunkte für das Praktikum: erstens die Analyse der historischen Daten und die Anpassung der entsprechenden Input-Modelle, zweitens die Modellierung und Simulation des Ist-Zustandes, inklusive der Verifikation und Validierung des Modells, und drittens die Erstellung des neuen Transportkonzeptmodells und dessen Vergleich mit dem aktuellen Modell.

2.3 Entwickelte Praktikumsstruktur

Die Struktur des entwickelten Praktikums orientiert sich an den einzelnen Schritten und Zielen der Bearbeitung eines Simulationsprojekts (vgl. [20]). Vorgehensmodelle beschreiben Leitlinien für das Erstellen einer Simulationsstudie (z.B. [30], [31]). Sie bilden den Modellbildungs- und Simulationsprozess komplett und in strukturiert nachvollziehbaren Schritten ab und können damit als Grundlage für die einzelnen Schritte der Projektbearbeitung dienen. Wir nutzen im Praktikum das Vorgehensmodell [32] siehe Abbildung 3 mit der Anpassung, dass Konzeptmodell und formales Modell zusammengefasst werden. Die Phasen der Projektbearbeitung und dazugehörigen Lernziele sind in Tabelle 1 dargelegt.

Die entwickelte Struktur sieht also wie folgt aus: In einem Eingangstreffen wird der Studentengruppe das Fallbeispiel vom Kunden vorgestellt, und der Tutor gibt den Studenten mithilfe genereller oder fallspezifischer Tutorials eine Einstiegshilfe in das verwendete Simulationstool. Die einzelnen Schritte und Aufgaben werden in regelmäßigen Treffen mit dem Dozenten diskutiert, und im Selbststudium bearbeitet. Im Praktikum wird den Studierenden dabei weitestgehend freigestellt, mit welchen Tools sie arbeiten, um den Einarbeitungsaufwand gering zu halten. In unserem Fall wird nur das Simulationstool vorgegeben, Tools zur Datenanalyse, Visualisierung und Modellierung dürfen frei gewählt werden. In den regelmäßigen Folgetreffen wird zudem der Projektfortschritt überprüft, dabei können Hilfestellungen, wie z.B. Verweise auf eigenständig zu erarbeitende Webinhalte (vgl. [4]) oder Anregungen zur Modellierung und Simulation gegeben werden. Zudem können Anpassungen vorgenommen werden, so dass die Ziele erreichbar und dennoch fordernd bleiben (vgl. [3]).

Tabelle 1: Einzelschritte und -lernziele für Modellierung, Datenanalyse und Simulation

Aufgabe	Primäres Lernziel	Vermittlungsmethode
Aufgabendefinition	Verstehen der Problemstellung: Selbstständiges formulieren der Ziele aus den Kundenfragen. Beschreiben der Aufgabe und identifizieren von Teilaufgabenstellungen	Unterstütztes Selbststudium: d.h. den Studierenden werden generelle Hilfestellungen und projektspezifische Informationen zur Verfügung gestellt, für Fragen sind wöchentliche Treffen vorgesehen
Systemanalyse und Modellformalisierung	Beschreiben der modellhaften Zusammenhänge und Größen (Konzeptionelles Modell) und Modellformalisierung mit UML. Beschreibung von Struktur, Zustand und Verhalten der Systemkomponenten.	Unterstütztes Selbststudium - ggf. ergänzt mit einem Beispielprojekt
Datenbeschaffung	Beschaffung relevanter und herausfiltern unnötiger Informationen	Selbständiges Einholen der relevanten Daten (Daten werden mit Simulationsmodell generiert).
Datenaufbereitung	Datenanalyse, um die Input-Modelle zu erstellen	Unterstütztes Selbststudium - ggf. ergänzt um weitere Daten und Besprechungsangebote
Implementierung	Erstellen des ausführbaren Simulationsmodells in einer vorgegebenen Simulationssoftware (AnyLogic)	Unterstütztes Selbststudium - Beispielimplementierungen und regelmäßige Besprechung der Implementierung mit dem Tutor
Experimente und Analyse	Experimente durchführen, auswerten, visualisieren und präsentieren	Unterstütztes Selbststudium und Gespräch mit Kunde/ Tutor, Präsentation im Kurs

3 Bewertung des Praktikums

Im Folgenden gehen wir auf die Bewertung des Praktikums ein, d.h. inwieweit das entwickelte Praktikum die Modellbildungs- und Simulationskompetenzen der Studierenden bislang unterstützt hat. Generell können qualitative und quantitative Bewertungen darüber vorgenommen werden, inwieweit das Praktikum die Simulationskompetenzen fördert (vgl. [4]). Qualitative Bewertungen umfassen Einschätzungen, z.B. Feedback und Selbstbewertung. Quantitative Bewertungen sind messbare Ergebnisse wie Testergebnisse und Expertenbewertungen. Hier werden das Feedback der Studierenden und Lehrenden, sowie der Einfluss der Praktikumseinführung auf die Prüfungsergebnisse untersucht.

3.1 Feedback

Das Feedback der Studierenden zum Simulationspraktikum wird als Teil der Abschlusspräsentation erhoben, um einen Gesamteindruck zu erhalten (vgl. [3]). Das Studentenfeedback der letzten Jahre zeigt eine positive Bewertung des Praktikums – besonders die ersten Erfahrungen mit einem eigenen Simulationsprojekt und die Möglichkeit, eigene Ideen vorzustellen und mit der Simulation zu untersuchen. Zur Verbesserung werden

unterstützende Unterlagen, wie z.B. eine Dokumentationsvorlage, oder individuelle Wünsche nach bestimmten Themenschwerpunkten, geäußert.

Die Simulations- und auch Projektpraxis der Studierenden verbessert sich auch nach den Einschätzungen der Lehrenden. So wird im Verlauf des Projekts das Vorgehen der Studierenden auf die Schritte eines Simulationsprojekts angepasst. Dabei gehen die Studierenden dazu über, die Fragestellungen mit dem Simulationsmodell abzugleichen, und zu erfassen, welche Daten benötigt werden, welche Experimente durchzuführen sind, welche Annahmen dabei getroffen werden müssen und wodurch sich Grenzen ergeben. Bei der Projektarbeit verbessern sich insbesondere Planung und Teamarbeit über die Dauer des Projekts. Insgesamt decken sich damit Feedback von Studierenden und Lehrenden mit den in Abschnitt 1 geschilderten Erfahrungen.

Der Kontakt zu ehemalige Studierenden lässt vermuten, dass das Simulationspraktikum vor allem eine langfristige Wirkung entfaltet. Zum einen erinnern sich die Studierenden deutlich an ihr Projekt und die dabei gesammelten Erfahrungen. Zum anderen scheinen sie ein grundsätzliches Verständnis für die Möglichkeiten und den Einsatz von Simulationen mitzunehmen. Das zeigt sich z.B. wenn sich Studierende mit einem eigenen Thema für eine Studienarbeit oder mit einer Projekt-

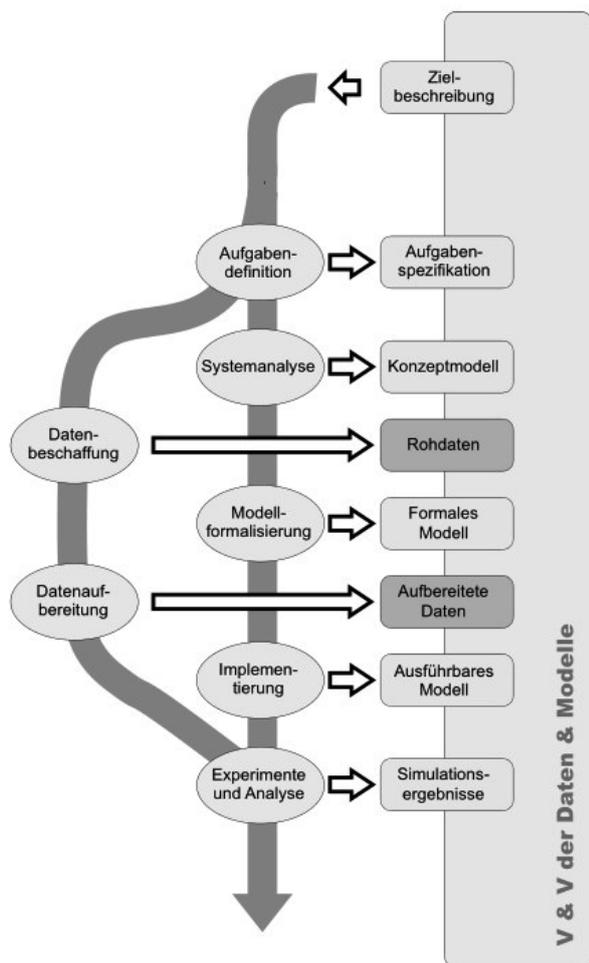


Abbildung 3: Vorgehensmodell

tanfrage aus dem Berufsleben melden. Dies deckt sich mit den Erfahrungen, dass die Kenntnis von Simulationen hilfreich für ihren späteren Nutzen in der Praxis ist ([2], [33]).

3.2 Prüfungsergebnisse

Die Ergebnisse der den Kurs abschließenden Prüfung zeigen, dass das Praktikum den Vorlesungsstoff veranschaulichen und festigen kann: die Notenverteilung hat sich zu besseren Noten verschoben, seit das Praktikum verpflichtender Bestandteil des Kurses ist (siehe Abbildung 4). Der Effekt ist dabei nicht so positiv wie das Feedback, was sich mit den Beobachtungen von [16] deckt. Das kann daran liegen, dass manche Studenten die Verbindung zwischen theoretischen Inhalten und Simulationsprojekt nicht herstellen (vgl. [19]),

oder dass zwischen der Vermittlung der theoretischen Inhalte und der Prüfung zu viel Zeit verstrichen ist (vgl. [24]). Zudem ist anzumerken, dass die Stichproben - aufgrund der geringen Anzahl an Studierenden je Jahrgang - klein sind. Der Trend entspricht allerdings dem grundsätzlich positiven Feedback.

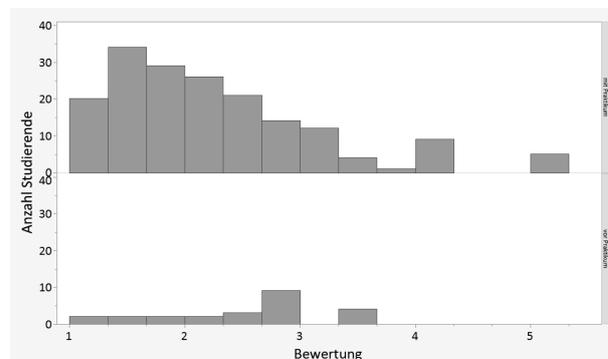


Abbildung 4: Notenverteilung vor (unten) und seit Einführung des Praktikums (oben)

4 Diskussion und Ausblick

Zusammenfassend ergibt sich, dass das entwickelte Praktikum ein wertvolles Lehrinstrument für die Ausbildung von Modellbildungs- und Simulationskompetenzen sein kann. Durch die Verwendung eines simulierten Fallbeispiels können praxisnahe Einblicke gewährt werden, ohne den Beschränkungen eines realen Projekts zu unterliegen. Dabei werden die grundlegenden Simulationsmechanismen zur Vermittlung genutzt: ein freies Experimentieren und Lernen am vereinfachten Modell. Durch die bereits erstellten Fallbeispiele kann der erhöhte Initialaufwand ausgeglichen werden. Die entwickelte Struktur erlaubt das gezielte Anpassen an die Lernenden sowie die verwendeten Tools, wie z.B. spezielle Simulatoren.

Für die Zukunft ergeben sich Möglichkeiten, die Bewertung des Praktikums und das Praktikum selbst anzupassen - gerade im Hinblick auf die Vorbereitung der Digitalisierung der Dienststellen der Bundeswehr. Für die Bewertung haben wir bislang vor allem das Feedback der Studierenden direkt nach dem Praktikum genutzt. Da inzwischen die ersten Studierenden ins Berufsleben eingetreten sind, werden auch diese Langzeiterfahrungen zugänglich. Hier kann das bislang erhobene Feedback systematisch ergänzt werden, etwa über Fragebögen. Dazu können die an der Dienststelle tatsäch-

lich benötigten Kompetenzen erfasst werden, um zu evaluieren, inwiefern sie durch das Praktikum vermittelt werden. Um die Entwicklung der Modellbildungs- und Simulationskompetenzen über einen längeren Verlauf sichtbar zu machen, wären z.B. auch systematische Feedback-Erhebungen während des Praktikums, im Anschluss an das Praktikum und mit Eintritt in die Dienststelle möglich. Das entwickelte Praktikum soll in Zukunft auch auf neue Bedarfe flexibel angepasst werden. Dazu sind die bestehende Struktur und mehrere Beispiele modular entwickelt worden. Diese können nun z.B. für weitere Personenkreise angepasst werden: Für Bachelorstudenten im Rahmen eines Praktikums, für Austauschstudenten im Rahmen einer Projektarbeit oder für einzelne Dienststellenangehörige in einer Kurzeinführung.

Acknowledgement

Wir bedanken uns bei allen Mitwirkenden am Praktikum: das sind besonders unsere (ehemaligen) Kollegen Mihaela Hanea, Thomas Mayer, Falk Pappert, Alexander Roman, Tabea Werger, Shufang Xie und Zhugen Zhou, sowie unsere Studierenden.

Diese Forschungsarbeit wird durch dtec.bw –Zentrum für Digitalisierungs- und Technologieforschung der Bundeswehr gefördert. dtec.bw wird von der Europäischen Union –NextGenerationEU finanziert.

Literatur

- [1] Kleint R, Mayer T, Uhlig T. Logistic Simulation to Support Military Rescue Chains. *IITSEC*. 2021;.
- [2] Smith JS, Alexopoulos C, Henderson SG, Schruben L. Teaching undergraduate simulation — 4 questions for 4 experienced instructors. In: *2017 Winter Simulation Conference (WSC)*. 2017; pp. 4264–4275. ISSN: 1558-4305.
- [3] Vlachopoulos, Makri A. The effect of games and simulations on higher education: a systematic literature review | *International Journal of Educational Technology in Higher Education* | Full Text. 2017;.
- [4] Chernikova, Heitzmann N, Stadler. Simulation-Based Learning in Higher Education: A Meta-Analysis. 2020.
- [5] Farashahi M, Mahdi Tajeddin. Effectiveness of teaching methods in business education: A comparison study on the learning outcomes of lectures, case studies and simulations. *The International Journal of Management Education*. 2018;16(1):131–142. MAG ID: 2792719890.
- [6] Adelsberger HH, Bick M, Pawlowski JM. Design principles for teaching simulation with explorative learning environments. 2000;pp. 1684–1691.
- [7] Collins AJ, Thaviphoke Y, Leathrum JF, Sturrock D. An Education of Simulation Discussion. In: *2019 Winter Simulation Conference (WSC)*. National Harbor, MD, USA: IEEE. 2019; pp. 3319–3331.
- [8] Krath J, Schürmann L, von Korflesch HFO. Revealing the theoretical basis of gamification: A systematic review and analysis of theory in research on gamification, serious games and game-based learning. *Computers in Human Behavior*. 2021;125:106963.
- [9] Freimer M, Schruben LW, Theresa M Roeder, Roeder TM, Standridge CR, Harmonosky CM, Ståhl I. You are going to teach simulation: now what? tips and strategies. *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference, 2004*. 2004;2:2057–2065. MAG ID: 2107870405.
- [10] Standridge CR, Centeno MA, Johansson B, Björn Johansson, Ståhl I. Introducing simulation across the disciplines. 2005;pp. 2274–2279. MAG ID: 2156810694.
- [11] de Mesquita MA, da Silva BC, Tomotani JV. Simulation education: a survey of faculty and practitioners. 2019; pp. 3344–3355. MAG ID: 3007168921.
- [12] van der Zee D, Kotiadis K, Tako AA, Pidd M, Balci O, Tolk A, Elder M. Panel discussion: Education on conceptual modeling for simulation - challenging the art. In: *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*. Baltimore, MD, USA: IEEE. 2010; pp. 290–304.
- [13] Martin N. Bringing students to practice: performing a real-life simulation study in an introductory simulation course. In: *2018 Winter Simulation Conference (WSC)*. Gothenburg, Sweden: IEEE. 2018; pp. 4014–4025.
- [14] LaRue RJ, Monaco I, Latulippe DR. Enhancing Practical Learning in Undergraduate Chemical Engineering Courses via Integration of Commercial Process Modelling Software. 2021;pp. 123–131. MAG ID: 3127118273.
- [15] Korecko S. Project-Based Approach to Teaching Event-Driven Simulation. *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*. 2019;pp. 1604–1608. MAG ID: 2956378762.
- [16] Komulainen TM. Integrating commercial process simulators into engineering courses. *IFAC Proceedings Volumes*. 2013;46(17):274–279. Number: 17.
- [17] Jennings D. Strategic Management: An Evaluation of the Use of Three Learning Methods. *Journal of*

- Management Development*. 2002;21(9). MAG ID: 1991557989.
- [18] Jimenez MN. Utilizing Interactive Simulation-Based Modules for Enhancing Learning Outcomes in Basic Computing Skills Course. *2013 Fourth International Conference on e-Learning "Best Practices in Management, Design and Development of e-Courses: Standards of Excellence and Creativity"*. 2013;pp. 67–73. MAG ID: 2009668966.
- [19] Wankat PC. Integrating the Use of Commercial Simulators into Lecture Courses. *Journal of Engineering Education*. 2002;91(1):19–23. MAG ID: 2022742644.
- [20] Garcia H, Centeno MA. S.U.C.C.E.S.S.F.U.L.: A framework for designing discrete event simulation courses. In: *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference (WSC)*. Austin, TX, USA: IEEE. 2009; pp. 289–298.
- [21] Lynch CJ, Gore R, Collins AJ, Cotter TS, Grigoryan G, Leathrum JF. Increased Need for Data Analytics Education in Support of Verification and Validation. In: *2021 Winter Simulation Conference (WSC)*. Phoenix, AZ, USA: IEEE. 2021; pp. 1–12.
- [22] Leathrum JF, Collins AJ, Cotter TS, Lynch CJ, Gore R. Education in Analytics Needed for the Modeling & Simulation Process. In: *2020 Winter Simulation Conference (WSC)*. Orlando, FL, USA: IEEE. 2020; pp. 3236–3247.
- [23] Robinson S, Arbez G, Birta LG, Tolk A, Wagner G. Conceptual modeling: definition, purpose and benefits. 2015;pp. 2812–2826. MAG ID: 2291537941.
- [24] Kashefi A, Alwzinani F, Bell D. Perspectives on teaching modeling and simulation in a department of computer science. In: *2018 Winter Simulation Conference (WSC)*. Gothenburg, Sweden: IEEE. 2018; pp. 4058–4068.
- [25] Leathrum JF, Sokolowski JA, Shen Y, Audette M. Software Skills Required by M&S Graduates For Des Development. In: *2019 Winter Simulation Conference (WSC)*. National Harbor, MD, USA: IEEE. 2019; pp. 3285–3294.
- [26] Zha S, Estes MD, Michele D Estes, Xu L. A Meta-Analysis on the Effect of Duration, Task, and Training in Peer-Led Learning. 2019;12(1):5–28. MAG ID: 2949521130.
- [27] Pereira DC, Diego Crespo Pereira, del Rio Vilas D, David del Rio Vilas, Monteil NR, Nadia Rego Monteil, Prado RR, Rosa Rios Prado, Rodriguez AL. A project-based teaching experience for simulation and optimization education. *2011 7th International Conference on Next Generation Web Services Practices*. 2011;pp. 436–440. MAG ID: 2065533337.
- [28] Byrnett DL. Implementing student projects in a simulation course. *WSC '87*. 1987;pp. 77–81. MAG ID: 2004922659.
- [29] Yang YTC, Chang CH. Empowering students through digital game authorship: Enhancing concentration, critical thinking, and academic achievement. *Computers in Education*. 2013;68:334–344. MAG ID: 2014627836.
- [30] Furian N, Pardalos PM, O'Sullivan M, Walker CG, Vössner S, Neubacher D. A conceptual modeling framework for discrete event simulation using hierarchical control structures. *Simulation Modelling Practice and Theory*. 2015;56:82–96. MAG ID: 383151541.
- [31] Montevechi JAB, Pereira TF, da Silva CES, Miranda RdC, Scheidegger APG. Identification of the main methods used in simulation projects. In: *2015 Winter Simulation Conference (WSC)*. Huntington Beach, CA, USA: IEEE. 2015; pp. 3469–3480.
- [32] Rabe M, Spieckermann S, Wenzel S. *Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik - Vorgehensmodelle und Techniken*. Springer. 2008.
- [33] Centeno M, Carrillo M. Challenges of introducing simulation as a decision making tool. In: *Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference (Cat. No.01CH37304)*. Arlington, VA, USA: IEEE. 2001; pp. 17–21.