

# **Generierung von Interesse in ereignisdiskreter Logistiksimulation durch Einbindung von Simulationsmodellen in anderen Studienfächern**

Markus Klug

Institut für Advanced Technologies  
Fachhochschule Technikum Wien  
Höchstädtplatz 5  
1220 Wien  
markus.klug@technikum-wien.at

**Abstract:** Der vorliegende Beitrag beinhaltet die Beobachtungen, wie der Einsatz eines ereignisdiskreten Simulationsmodells als Teil eines simulation based blended learning course für die Ausbildung im Fach „Produktionsstrukturen und -design“ des Berufsbegleitenden Studiengangs „Internationales Wirtschaftsingenieurwesen“ an der Fachhochschule Technikum Wien als Fernlehrteil höchstes Interesse in Computersimulation für logistische Anwendungen generiert hatte. Ein Paket, bestehend aus einer Excel-basierenden Eingabeoberfläche zusammen mit einer Produktionslinie realisiert in Enterprise Dynamics, hatte zum Ziel Rüstzeitoptimierung durch die Studentinnen und Studenten selbst zu erfahren.

Dabei wurde ein sehr praxisnahes Beispiel gewählt, dass den Studierenden rasch die notwendigen Informationen über die Problemstellung vermitteln. Sämtliche Daten und Ablauflogiken waren transparent einsehbar und konnten zu Analyse-zwecken genutzt werden. Aus zwei Aufgabenstellungen, die erste als vorbereitende Übung und die zweite mit höherem Komplexitätsgrad erhielten die Studenten nicht nur Informationen über mögliche Produktionsprogrammverbesserungen sondern erkannten gleichzeitig auch die Mächtigkeit von ereignisdiskreter Simulation.

Die Erkenntnisse, welche die Teilnehmer dabei gewannen, gingen über die Aufgabenstellung weit hinaus und waren nachhaltig. Entsprechend wurden in Folge Kurse zu ereignisdiskreter Simulation seitens der Studentinnen und Studenten gewünscht und in Folge auch Webbasierend als simulation-focussed blended learning course umgesetzt.

## **1 Einleitung**

Die Aufgabe, im tertiären Bildungssektor qualitativ hochwertige Lehre kontinuierlich zu verbessern, ist eines, welches seit Jahren an der Fachhochschule Technikum Wien, im speziellen durch Herrn Priv. Doz. Dr. Lehner im Rahmen des Projekt DICFO (Forum Hochschuldidaktik) behandelt wird [Le08]. Diesbezüglich werden die Lektoren motiviert, sich auf Basis des auch im Web unter <http://www.dicfo.at/> verfügbaren umfangreichen Methodenpools mit modernen Lehr- und Lernmethoden auseinander zu setzen, sowie eigene Ideen aktiv zu entwickeln und einzubringen.

Konkret betraf dies im Wintersemester 2008 / 09 die Vorlesung „Produktionsstrukturen und –design“ im 1. Semester des Master Teils des Berufsbegleitenden Studiengangs „Internationales Wirtschaftsingenieurwesen“ an der Fachhochschule Technikum Wien. Dieser Kurs, gesplittet in drei Semesterwochenstunden Präsenzunterricht und eine Semesterwochenstunde Fernlehre wurde dabei grundlegend neu konzipiert. Dabei musste berücksichtigt werden, dass ein Teil der Studenten schon aus dem Bachelor Studiengang mit Vorwissen an dieser Vorlesung teilnahm, ein anderer geringerer Teil jedoch aus anderen Gebieten (Intelligente Verkehrssysteme, etc.) nun diesen Studiengang besuchte.

Unter weiterer Berücksichtigung des sehr heterogenen Berufsumfeldes und damit Erfahrungshintergrunds der berufstätigen Studenten, welcher am Beginn des Semesters entsprechend abgefragt wurde, sowie des Aspekts der Nachhaltigkeit derartiger Kurse [siehe Th02] wurde in Absprache mit der Studiengangsleitung ein simulation-based Teil konzipiert, dessen Ergebnisse in Folge behandelt werden sollen.

## **2 Die Grundkonzeption des Kurses**

### **2.1 Der Einsatz von Simulation in der Ausbildung**

Simulation in der Ausbildung ist grundsätzlich ein bekanntes Thema, insbesondere wenn dies anwendungsseitig mit der militärischen Ausbildung [MA02] oder der Pilotenausbildung einhergeht [Ho07]. Diesbezügliche Erweiterungen im naturwissenschaftlichen Zweigen lassen sich vielfältig auffinden [Ma03]. Standardwerke der Simulationstechnik [LK00], [KSS06], [Sc91], [Ro09] haben hinsichtlich der Ausbildung in Simulationstechnik entsprechende Ressourcen ihren Büchern beigelegt. Diese waren im Falle von Schriber [Sc91] die Kopiervorlagen für die Overheadfolien und sind für die anderen Werke aktuell als präsentationsfähige Unterlagen sowie Instruktoranweisungen begleitend mit dem Buch per Internet verfügbar.

Speziell bei der militärischen Ausbildung wie auch bei englischsprachigen e-learning Konferenzen werden dabei die Begriffe Simulation und Gaming vermerkt [Ma02], [AAE08]. Die Analyse der oben erwähnten simulationsbasierenden Lernumgebungen, wie auch eine Umfrage über die eingesetzten Simulationstools [et09] zeigen, dass bei dem Entwurf derartiger Simulationen keine üblichen und als dezidierte Simulationstools eingestuft Pakete zur Anwendung kommen. Stattdessen sind dies e-learning Authoring Packages oder neukonzipierte problemspezifische Realisierungen. Dementsprechend verlieren derartige Tools für den Nutzer den Bezug zur Realität und die Erkenntnisse werden nicht mehr in jener Form umsetzbar, wie es möglich wäre.

Dies führt auch in Folge zu Analysen wie in [IJW08], welche den Impact von Computerspielen auf die akademischen Leistungen quantifizierte, oder Analysen zur Folge haben, wie sich der Microsoft Flugsimulator auf die Abschlüsse der auszubildenden Navy Piloten auswirkt [Ma02].

Für die Logistik im speziellen wurden erste Schritte schon zu Beginn der sechziger Jahren mit dem Beer Game gemacht [Du01]. Auch hierbei muss zwischen interaktiven Planspielen, wie sie sehr oft getätigt werden [Si08] und Simulationsmodellen zum austesten diverser Strategien [KM00] unterschieden werden.

## **2.2 Die Grundkonzeption**

Der Kurs selbst war aufgeteilt in einen Präsenzteil, in dem die theoretischen Grundlagen von Produktionsstrukturen und -design über die Themen des Bachelor Teils hinausgehend vermittelt wurden, und einem Fernlehreteil. Im Zuge eines simulation-based Kurs-teils wurde der Fernlehre Teil in diesem Semester dahingehend ausgelegt, als dass sich die Studentinnen und Studenten selbstständig mit einem einfachen Optimierungsproblem auseinandersetzen mussten. Dieses gestellte Optimierungsproblem war eine Produktionslinie mit drei Bearbeitungsstationen welche produktreihfolgenabhängigen Rüstzeiten in sich bargen [vgl. St07]. Die Aufgabe war, eine Rüstzeitoptimale Produktionssequenz für die vorgegebenen Aufträge zu finden. Dabei diente das Simulationsmodell als Testumgebung, in dem die Kandidaten ihre Reihenfolgen durchrechneten und aus den Ergebnissen lernen konnten. Den Studenten wurde hinsichtlich ihres Lösungsansatzes keinerlei Einschränkungen unterworfen.

## **3 Die Modellumgebung**

Das Simulationsmodell selbst wurde in Enterprise Dynamics Version 7.2 realisiert. Aufgrund der Modellgröße war es möglich, dass die Teilnehmer es selbst auch zu Hause mit der verfügbaren kostenlosen Studentenversion (limitiert auf max. 30 Modellbeschreibenden Elementen) nutzen konnten. Wenn auch nicht für die Lösungsfindung von Bedeutung, trug die in dem Paket enthaltene 3D Darstellung der Abläufe sichtlich zur Erhöhung des Interesses an der Aufgabenstellung bei und führte in Folge zu einer pädagogisch wertvollen Motivationssteigerung [siehe auch Ki02].

### 3.1 Das Simulationsmodell

Das Modell wurde mittels der Standard Komponenten des Simulationspakets zusammen mit einer Excel-basierenden Versuchsumgebung realisiert und sah wie nachfolgend gezeigt aus. Die Zeiteinheit wurde in Stunden angesetzt.

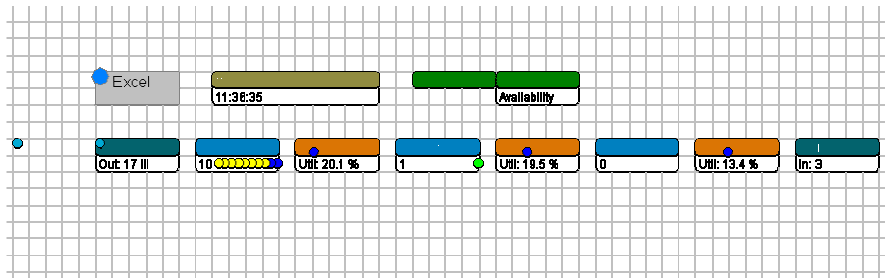


Abbildung 1: Das Simulationsmodell in 2D Darstellung

Zur besseren Orientierung und Validierung wurden die insgesamt 5 Produkttypen auch farblich voneinander unterschieden.

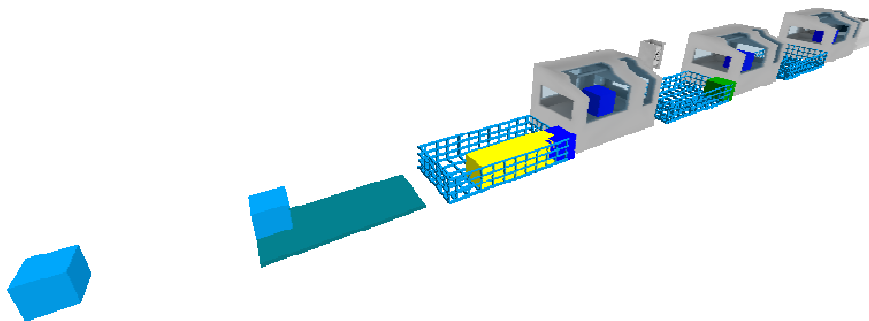


Abbildung 2: Das Simulationsmodell in 3D Darstellung

Das vorliegende Modelldesign hatte zum Vorteil, dass die vorgegebene Situation rasch und einfach kommunizierbar war. Es war nicht notwendig eine umfassende Spezifikation bei zu legen. Die nicht sofort sichtbaren Restriktionen im Modell (40 Stunden Arbeitswoche, eine Schicht, keine Überstunden o.ä.) konnten effizient vermittelt werden.

### 3.2 Die Excel Datenquelle

Wie schon erwähnt, wurde in Folge eine Excel-basierende einfache Oberfläche geschaffen, die alle relevanten Informationen (inkl. Rüstzeiten, Bearbeitungszeiten u.ä.) beinhaltet. Diese Informationen waren im Einzelnen:

- Die Bearbeitungszeiten je Produkttyp auf den einzelnen Bearbeitungsstationen

Produkt-nummer	Produkt-bezeichnung	Bearbeitungszeit Server 1 (h)	Bearbeitungszeit Server 2 (h)	Bearbeitungszeit Server 3 (h)
0	kein Vorprodukt	0	0	0
1	Produkt A	3	4	2
2	Produkt B	5	2	4
3	Produkt C	4	7	6
4	Produkt D	6	7	6
5	Produkt E	6	5	4

Abbildung 3: Die Bearbeitungszeiten

- Die Stations- und Produkttypabhängigen Rüstzeiten

Produkt	1	2	3	4	5
von 0	1	1,5	1,25	2	1,25
von 1	0,5	2	2,5	4	1
von 2	3	0,5	1,5	1,25	1,5
von 3	2	4	0,5	2,6	1,5
von 4	2,5	1,5	1	0,5	2
von 5	2,5	0,75	1,5	2	0,5

Abbildung 4: Die Rüstzeiten

- Das Produktionsprogramm

	A	B	C	D	E	F
	Auftrags- nummer	Produkt	Menge	Eintreff- zeitpunkt	Spätester Fertigstellungs- zeitpunkt	Reihenfolge
2	1	4	3	01.12.2008 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	3
3	2	3	1	01.12.2008 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	2
4	3	4	5	01.12.2008 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	1
5	4	1	2	10.01.2009 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	6
6	5	5	2	01.12.2008 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	5
7	6	2	10	01.12.2008 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	4
8	7	2	4	01.12.2008 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	9
9	8	1	3	20.12.2008 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	8
10	9	4	1	01.12.2008 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	7
11	10	3	3	01.12.2008 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	2
12	11	5	4	03.12.2008 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	1
13	12	1	2	01.12.2008 00:00:00	31.01.2009 00:00:00	0

Abbildung 5: Das Produktionsprogramm

In der Spalte Reihenfolge (rechts, rot hinterlegt) konnten nun die Teilnehmer unterschiedliche Auftragsreihenfolgen eingeben und die Simulation laufen lassen. In einem Ergebnisfenster wurden dann in jeder vom Nutzer einzugebenden Spalte die vorgegebene Auftragsreihenfolge und die Ergebnisse aus dem Modell dargestellt. Somit wurde ein schrittweises Lernen und Begreifen des Problems höchstmöglich unterstützt.

Die Studenten hatten alle dieselben Ausgangsparameter für die Linie, aber individuelle Aufträge. Damit konnten sie das Problem sowohl in Teams wie auch alleine lösen. Es musste ein maximal sechsstufiger Endbericht abgegeben werden, für den insgesamt 12 Wochen Zeit veranschlagt waren.

Bis dato war keiner der Studentinnen und Studenten auch nur in Berührung mit Simulation gekommen. Dementsprechend herrschte bei der Vorstellung der Aufgabe auch entsprechende Skepsis.

### **3.3 Die Aufgaben**

Jede Studentin und jeder Student hatte einen individuellen vorgegebenen Produktionsplan, wobei alle gleichermaßen 12 Aufträge mit insgesamt 40 Produkten umfassten.

In Aufgabe 1 waren die Teilnehmer angehalten, innerhalb von 2 Monaten das vorgegebene Produktionsprogramm rüstzeitoptimal zu verbessern. Dieser Zeitraum war großzügig bemessen, sodass in diesem Fall keine sonstigen Restriktionen auftreten. Dementsprechend konnte auch erreicht werden, dass es nicht an der Nutzung des Tools und dem zweiteiligen Paket scheitern sollte. De facto alle Teilnehmer lösten dieses Problem sogar auf analytische Weise, indem sie sich mit den Rüstzeitmatrizen auseinander setzten und erst am Ende mittels des Simulationsmodells das Ergebnis berechneten.

In Aufgabe 2 waren drei Gruppen zu je 4 Aufträgen für einen Produktionszeitraum von je 2 Wochen (überlappend innerhalb eines Gesamtzeitraums von 4 Wochen) vorgesehen. In diesem Fall waren die vorgegebenen Zeiten zu eng bemessen. Die Studenten waren daher angehalten, eine Erhöhung der Termintreue nun vor einem Rüstzeitoptimum zu priorisieren. Hier wurde nun eine Situation geschaffen, sich auf Basis der Erkenntnisse in Aufgabe 1 nun dem komplexeren Problem zu widmen.

### **3.4 Einordnung und Abgrenzung dieses Fallbeispiels**

Gemäß der in [PK06] definierten Diktion handelt es sich dabei um einen simulation-based learning Ansatz, welcher den Studentinnen und Studenten praxisnah an einer Problemstellung der Logistik, die in der Praxis vorkommt, entsprechende Kenntnisse vermitteln soll [siehe LKB04].

### **3.5 Probleme bei der Durchführung der Fernlehrübung**

Das gesamte Paket wurde an der Installation innerhalb des Campus der Fachhochschule Technikum Wien getestet. Aufgrund der eröffneten Möglichkeit, diese Aufgabe auch außerhalb auf anderen privaten IT-Systemen zu lösen, sind Probleme erwartet worden, welche sich dann auch ergaben. Während des Semesters trat ein Problem mit der Excel-Schnittstelle auf, das durch einen Work-Around behoben werden konnte. Ein weiteres Problem mit einer Inkompatibilität zwischen der Simulationsumgebung und Microsoft Vista stellte sich am Ende als ein Hardwareproblem heraus, welches durch den Austausch der Speicherchips behoben werden konnte. Diese Probleme wurden am Beginn durch eine abgespeckte Testversion des vorliegenden Beispiels, das auf den privaten Systemen bei allen Studentinnen und Studenten optional testbar war, erhoben und in Folge behoben.

## 4 Ergebnisse der Arbeiten

Getreu der Aussage von George S. Patton "Don't tell people how to do things. Tell them what to do and let them surprise you with their results." haben die Ausarbeitungen die gestellten Erwartungen übertroffen.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer erkannten alle in Aufgabe 1 – wo es um eine reine Rüstzeitoptimierung ging - die optimale Sequenz. Dieser Aufgabeteil war analytisch lösbar und dieser analytische Ansatz wurde auch von allen Studentinnen und Studenten bis auf eine Ausnahme gewählt. Wie schon oben erwähnt war Aufgabe 1 vorrangig dazu da, die Einstiegshürden für die Nutzung der Umgebung zu reduzieren und die Studentinnen und Studenten mit ersten Erkenntnissen über die vorliegende komplexere Problemstellung auszustatten.

In Aufgabe 2, welche nun die Ziele der Erhöhung der Termintreue (primär) und Minimierung der Rüstzeiten (sekundär) zu erfüllen hatten, erreichten diese Verbesserungen bei der Termintreue von 1,48% bis 27,83% (Ausgangsbasis: Gesamtdurchlaufzeitoptimal), je nach individuell vorgegebenem Produktionsplan.

Die Studenten begannen unaufgefordert sich mit dem Unterschied zwischen Gesamtdurchlaufzeitoptimalem Verhalten und Rüstzeitoptimalem Verhalten auseinander zu setzen. Zusatzliteratur und Wissen aus dem Bachelor Teil im Speziellen für Aufgabe 2, wo zwei Zielfunktionen diametral zueinander standen, wurden zu Hilfe gezogen und dargestellt, wieso dieses Problem mit den im Bachelor Studiengang erlernten Optimierungsmethoden nicht lösbar ist. Es setzte sich die Erkenntnis durch, dass die Komplexität eines Problems nicht mit der Größe des Modells korreliert, sondern ein eben so kleines Modell auch höchst diffizile Aufgabenstellungen in sich birgt.

Die geforderte maximale Seitenzahl von 6 Seiten wurde von fast allen mit hochqualitativem Inhalt übertroffen. Durch diesen vermittelten Eindruck, die Teilnehmer begannen, mehr Wissen über Simulation und dementsprechende Lehrveranstaltungen einzufordern, obwohl diese Thematik bis dato keinen Niederschlag im Studienplan gefunden hatte.

In einer abschließenden Diskussion zur Lehrveranstaltungsevaluierung, welche mit Bestnoten ausfiel, wurde durch die Aussagen der Mehrzahl Studentinnen und Studenten deutlich, dass sie zum ersten Mal die Effekte der theoretischen Wissensvermittlung anschaulich analysieren konnten und nun über dementsprechendes Verständnis für Problemstellungen dieser Art verfügen. Dies geht über die analysierten Werte von [IJW08] hinaus.



Lehrveranstaltungsfeedback	
Name der LV	Produktionsstrukturen und -design
LV Leiter	DI Klug
Studiengang	MIWI 1

1 Durchführung	trifft zu	trifft fast zu	trifft fast nicht	trifft nicht	Total
Information über Ziele, Inhalte und Methoden	26	2	0	0	28
Struktur der LV	23	5	0	0	28
	richtig	zu groß	gering		
Stoffmenge	25	2	0		27
1 Durchführung forts.	trifft zu	trifft fast zu	trifft fast nicht	trifft nicht	
Unterstützung der Arbeitsmaterialien	19	9	0	0	28
Möglichkeit zu Übung, Diskussion, Projekt	25	3	0	0	28
Praxisbezug	25	3	0	0	28
2 Lehrbeauftragter					
angenehmes Lernklima	27	1	0	0	28
Interessante, anregende LV	23	5	0	0	28
3 Teilnehmer					
Aktive Beteiligung, Fragen	21	7	0	0	28
2 Gesamteindruck					
Bin mit LV zufrieden	21	7	0	0	28
	75%	25%	0%	0%	
<b>Total</b>	<b>210</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>252</b>
	83%	17%	0%	0%	

Abbildung 6: Ergebnisse der Lehrveranstaltungsevaluierung

Aufgrund des Umstandes, dass die Studentinnen und Studenten anhand eines professionellen Simulationspakets die Mächtigkeit derartiger Tools erkennen konnten, wurde der Wunsch an den Lektor und die Studiengangsleitung herangetragen nunmehr vertiefend ereignisdiskrete Simulation auszubilden.

#### 4.1 Weiteres Feedback und Statements der Studenten

In den Ausarbeitungen zogen die Studentinnen und Studenten auch ein Fazit, welches auszugsweise folgenden Tenor hatte.

Martin Horvath, BSc (Jahrgangssprecher):

„Trotz meiner anfänglichen Skepsis gegenüber dem Simulationsprogramm, kann ich nun nach etlichen Versuchsreihen und logischen Überlegungen sagen, dass dieses Programm sehr leicht zu bedienen und zu verstehen ist. Die uns gestellten Aufgaben haben uns gefordert, aber niemals überfordert. Dank der Aufgabenstellung dieser Fernlehrrübung konnte ich diese Programm erlernen und logische Ansätze für mögliche Produktionsprobleme der Zukunft mitnehmen. Es hat sich gezeigt, dass es besser ist, einen gewissen Mix aus verschiedenen logischen Ansätzen für die Lösung eines Problems anzuwenden, als den Schwerpunkt nur auf einen Parameter zu legen.“

Thomas Alexander Löwy, BSc:

„Abschließend sei zu erwähnen, dass die Simulationssoftware „Enterprise Dynamics“ ein sehr gelungenes und hilfreiches Werkzeug zur Simulation von Produktionsprozessen ist. Aufgrund der enormen Funktionsvielfalt dieser Software, dessen Umfang der Autor dieser Arbeit nur erahnen kann, lassen sich erwartungsgemäß die komplexesten Problemstellungen bewältigen. Demzufolge wäre es wünschenswert, zukünftig weitere Funktionen und Möglichkeiten die „Enterprise Dynamics“ bietet, kennen zu lernen.“

Folgende mündliche Zitate mögen hiermit beispielhaft angegeben werden:

- „Ich habe das gesamte Paket zwei Mal installiert, weil ich nicht glauben konnte, das Rüstzeitoptimal und Gesamtdurchlaufzeitoptimal nicht dasselbe sind!“
- „Am Montag schau ich runter in die Produktion – jetzt interessiert es mich wirklich, wie die dort planen und arbeiten.“
- “Können wir nächstes Semester bitte mehr über Simulation lernen?”

Zusammenfassend war der Kursteil für die Studentinnen und Studenten höchstinteressant und hat den Wunsch nach einer entsprechenden Ausbildung in ereignisdiskreter Simulation ausgelöst. Diesem Wunsch wurde in Folge nun mittels entsprechender Kurse in Enterprise Dynamics wie auch Arena Rechnung getragen. Andere Lehrveranstaltungen setzen nun ebenfalls Simulation (beispielsweise in Planspielumgebung) ein, um diesen Weg weiter zu beschreiten und eine neue Qualität des Lernens zu erreichen.

## **5 Ausblick und nächste Schritte**

Aufgrund des Wunsches, nun angesichts der erkannten Möglichkeiten, welche Simulation bietet, diesbezüglich einen vertiefenden Kurs zu erhalten wurde im Sommersemester 2009 nun ein Lehrgang entsprechend als simulation-focussed blended learning Umgebung [vgl PK05 und PK06] aufgebaut. Im Präsenzteil (15 LE) stehen die Themen UML, Stochastik und Datenanalyse für den Einsatz von Simulation im Zentrum. Die weiteren 15 LE sind für einen Moodle [mo09] basierenden Fernlehrteil reserviert, wo die Studentinnen und Studenten selbstständig wahlweise eines der beiden erwähnten Simulationssysteme (Enterprise Dynamics und Arena) beibringen können. Dieser Kurs geht dabei signifikant über Ansätze der reinen elektronischen Verwaltung von Lehrunterlagen hinaus, wie sie beispielsweise an der TU Wien durchgeführt wird [et08].

Dabei wird die Fernlehrumgebung mit allen Techniken, welche zur Unterstützung notwendig oder angezeigt sind, versehen (Diskussionsforen, Glossar, Tests, Wiki, Chatrooms). Dies entspricht den Critical Success Factors für e-Learning Kursen gemäß der entsprechenden Literatur [Ha02, Se07].

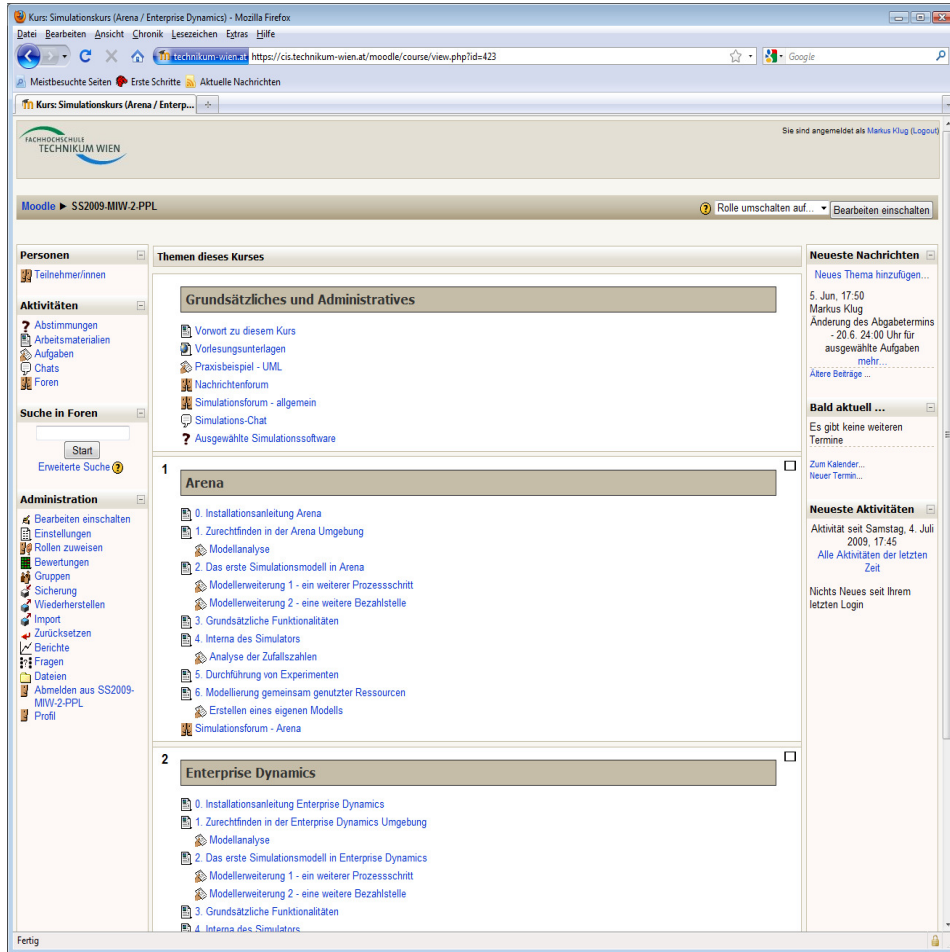


Abbildung 7: Der Moodle Fernlehrcurs

Der vorliegende Kurs wird jedoch in der bestehenden Form keine Programmierkenntnisse vermitteln, um den vorgegebenen zeitlichen Rahmen nicht zu sprengen.

## Literaturverzeichnis

- [AAE08] Arango F., Aziz E., Esche S., Chassapis C.: A Review of Applications of Computer Games in Education and Training. Tagungsband der 38th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Saratoga Springs 2008
- [Du01] Duijts C.: Demonstration der Dynamik in Logistik- und Produktionsnetzwerken anhand des Beer Distribution Game in einer Online-Version. Diplomarbeit an der ETH Zürich, online verfügbar unter „[http://www.beergame.lim.ethz.ch/DA\\_Beer\\_Distribution\\_Game\\_online.pdf](http://www.beergame.lim.ethz.ch/DA_Beer_Distribution_Game_online.pdf)“

- [elc09] <http://www.e-learningcentre.co.uk/eclipse/Resources/simulation.htm> (aufgerufen am 9. April 2009)
- [et08] <http://elearning.tuwien.ac.at/index.php?id=377> (aufgerufen am 1. Juli 2009)
- [et09] <http://elearningtech.pbwiki.com/ToolSatisfaction> (aufgerufen am 9. April 2009)
- [Ha02] Hall T.: Curriculum Development Critical Success Factors for eLearning Implementation. Proceedings of the International Conference on Computers in Education (ICCE'02) 2002
- [Ho07] HORIZON Swiss Flight Academy: Modernste Flugzeug- und Simulatorgeneration für die Pilotenausbildung
- [IJW08] Ip B., Jacobs G., Watkins A.: Gaming frequency and academic performance. Australasian Journal of Educational Technology, 2008, 24(4), pp 355-373
- [KSS06] Kelton W., Sadowski, R., Sturrock D.: Simulation with Arena, McGraw Hill Higher Education, 2006
- [Ki02] Kindely R.: The Power of Simulation-based e-Learning (SIMBEL). The e-learning developer journal, September 2002, p 1-8, Online verfügbar unter: <http://www.elearning-guild.com/pdf/2/091702DES-H.pdf>
- [KM00] Klug M., Mayer E.: „Einsatz von Simulation für die Ausbildung von Logistik-Offizieren im Österreichischen Bundesheer“ Simulationstechnik. 17. Symposium, Magdeburg 2003
- [Le08] Lehner M. (Hrsg.): DICFO – Forum Hochschuldidaktik. FO.FO.S Verlag, Wien, 2008
- [LK00] Law A., Kelton W.: Simulation modeling & analysis. New York: McGraw-Hill, Inc. 2000
- [LKB04] Löscher T., Klug M., Breitenacker F.: Simulation-based Optimisation of Production Plans for a Production Cell using Heuristic Methods - Comparison of Tabu Search, Simulated Annealing, and Threshold Accepting. Proc. EUROSIM 2004 Congress - Extended Abstracts Vol., ESIEE Paris, Cité Descartes, Marne la Vallée, France, 2004
- [Ma02] Macedonia, M.: Games soldiers play. IEEE Spectrum, 2002, vol. 39, no. 3, pp. 32-37
- [Ma03] Maurer W.: Prozessverständnis durch Modellbildung und Simulation. Tagungsband 17. Symposium Simulationstechnik Magdeburg 2003
- [mo09] <http://moodle.org/> (aufgerufen am 9. April 2009)
- [PK05] Page B.; Kreutzer W.: The Java Simulation Handbook: Simulating Discrete Event System with UML and Java. Shaker Verlag, Aachen., 2005
- [PK06] Page B.; Kreutzer W.: A Framework for Web-based E-Learning of Discrete Event Simulation Concepts. Tagungsband der SimVis Tagung Magdeburg 2006
- [Ro09] Rossetti M.: Simulation Modeling and Arena. Wiley, 2009
- [Se07] Selim H.: Critical success factors for e-learning acceptance: Confirmatory factor models, Computers & Education volume 49, Issue 2 Pages 396-413
- [Si08] Sihn W.: Fabrik- und Systemplanung, verfügbar auf: <http://elearning.tuwien.ac.at/index.php?id=383>
- [Sc91] Schriber T.: An Introduction to Simulation Using GPSS/H. Wiley, 1991
- [St07] Steinrück M.: Termin-, Kapazitäts- und Materialflussplanung bei auftragsorientierter Werkstattfertigung. Deutscher Universitäts-Verlag, 2007
- [Th02] Thomschitz S.: Die zielgerichtete Einführung von eLearning im Unternehmen durch die Verwendung einer unternehmensweiten Wissensbilanz. Diplomarbeit, FH University of Applied Sciences Burgenland, 2002