

Virtuelle Labore als Simulationsspiele

Dennis Maciuszek, Alke Martens

Institut für Informatik
Universität Rostock
Albert-Einstein-Str. 21
18059 Rostock
dennis.maciuszek@uni-rostock.de
alke.martens@uni-rostock.de

Abstract: Die vorliegende Arbeit untersucht „virtuelle Labore“ als eine eLearning-Komponente im Blended-Learning-Szenario „pervasive Universität“. Virtuelle Labore stellen Studenten computersimulierte Umgebungen zur Verfügung, in denen sie jederzeit und an jedem Ort, z.B. per Notebook-PC, Experimente durchführen können. Um die Erfahrung des virtuellen Experimentierens motivierender zu gestalten, nehmen wir in der Arbeit eine Game-based-Learning-Perspektive ein. Wir betrachten virtuelle Labore als Lernspiele. Das liegt nahe, da diese ein ähnliches Interaktionsdesign wie Computerspiele aufweisen. In diesem Kontext gehen wir näher auf *Second Life* als Laborumgebung ein. Zudem kommt das Instruktionsdesign von virtuellen Laboren dem Gameplay in Simulationsspielen – z.B. Flugsimulatoren – nahe. Wir unterziehen das Spielgenre „Simulation“ einer Genre-studie und leiten daraus Anforderungen an das Design motivierender virtueller Laborumgebungen ab. Die Ergebnisse wenden wir exemplarisch auf ein eigenes *Second-Life-Labor* aus der Informatik-Lehre an.

1 Einleitung

Diese Arbeit setzt sich mit dem eLearning-Szenario „virtuelles Labor“ auseinander. Wir verstehen darunter computersimulierte Experimentierumgebungen, auf die ein Lerner aus einer realen Lehrsituation, z.B. einer Vorlesung, heraus zugreifen kann. Manche Studien verwenden den Begriff „virtuelles Labor“ für die umgekehrte Richtung: Man steuert über das Internet Geräte in einem realen Labor. Das ist hier nicht gemeint.

In unserem Kontext ist es zunächst wichtig, den Begriff der Simulation abzugrenzen und zu definieren, wie wir in dieser Arbeit damit umgehen. Grundsätzlich lassen sich im Bereich des eLearning zwei Arten des Umgangs mit der Bezeichnung „Simulation“ feststellen. Dies sind der klassische Informatikbegriff und ein etwas lockerer Begriff, der stärker an die umgangssprachliche Verwendung von „Simulation“ angelehnt ist [Ma08]. Der klassische Informatikbegriff bezieht sich auf die Durchführung eines computerbasierten Experimentes, meist sogar über die Zeit [ZPK00]. Das Experiment selbst basiert auf Modellen und wird mittels Simulationsalgorithmen ausgeführt. Beispiele für derartige Simulationen lassen sich im Bereich virtueller Labore finden, bei denen der Entwurf

von Experimenten und die Durchführung computerbasierter Experimente (auch mit zeitlichen Aspekten) Lehrgegenstand sind (z.B. [Lo01]). Der eher umgangssprachlich geprägte Simulationsbegriff lehnt sich an die Bedeutung des Wortes „simulieren“ im Sinne des „so tun als ob“ an. Im Bereich des eLearning wird entsprechend „Simulation“ oft verwendet, um ein Lernsystem zu bezeichnen, das eine Situation oder einen Gegenstand der Realität nachkonstruiert. Wesentlicher Unterschied zu der klassischen Simulation im Informatiksinne ist, dass bei der zweiten Art „Simulation“ aus technischer Sicht meist nur eine Datenbankabfrage passiert – im Gegenteil zur Berechnung experimenteller Modelldaten auf Basis eines Simulationsalgorithmus. Beispielsweise ist die Anforderung von Labordaten im medizinischen Lehr-/Lernsystem *Docs 'n Drugs* [Ma01] nicht mit der Experimentdurchführung verbunden, sondern lediglich mit einer Anfrage an eine Expertenwissensbasis. Im weiten Sinne wird das Labor simuliert – es wird so getan, als ob ein Arzt eine Laboranfrage durchführt, mit allen hierfür benötigten Daten, also z.B. Datenerfassungsbögen, beigefügte (virtuelle) Proben, Patientendaten. Simuliert im Sinne von nachgestellt wird hier die Alltagssituation. Virtuelle Labore können also grundsätzlich auf Computersimulationen basieren, sie können aber auch ohne diese Technik auskommen und trotzdem „Simulationen“ im umgangssprachlichen Sinne sein.

In diesem Beitrag betrachten wir virtuelle Labore in pervasiven Universitäten aus der Sicht des Game-based Learning. Diese Forschungsdisziplin (auch Edutainment, digitale Lernspiele oder Serious Games) untersucht den Einsatz von Computerspielen zu Unterrichtszwecken. Das vielversprechendste Merkmal solcher Lernspiele ist, dass sie das Potenzial haben, die intrinsische Motivation eines Lerners zu fördern [MDM08]. Durch die spielerische Komponente gewinnt die Tätigkeit des Lernens an Attraktivität. Bestimmte Spielmechanismen passen besonders gut zu bestimmten Lernszenarien. Für virtuelle Labore mit Simulation ist, aufgrund der zentralen Rolle von Modellierung und Simulation, das Genre der Simulationsspiele besonders interessant. Bates beschreibt ein Simulationsspiel als „only about a yard wide but miles deep. It focuses on only one piece of equipment or activity and mines that experience for all it's worth.“ Simulationsspiele seien „the purest example of wish fulfillment. Your goal is to fulfill the player's fantasy of doing things he can't do in real life“ [Ba04, S. 58]. Spieleentwickler denken bei Simulationsspielen zuallererst an die Simulation von Fahrzeugen; die ursprünglichste Art sind Flugsimulatoren. Man könne aber auch das Golfspielen, Militärgeschichte oder das Leben in einem Vorort als Simulationsspiel umsetzen (David Kaemmer in [Ba04]). Auf dem aktuellen Spielemarkt finden sich virtuelle Tierarztpraxen für Kinder, landwirtschaftliche Simulationen und – nach wie vor – die verschiedensten Fahrzeugsimulatoren. Dies sind im Prinzip schon virtuelle Labore – angereichert mit Gameplay, jedoch ohne konkretere Lernziele oder didaktische Begleitung.

Um Simulationsspiele in einem Blended-Learning-Kontext in die universitäre Lehre zu integrieren, ist es nötig, verwendete Modelle, deren Simulation, Visualisierung und Einbettung in interaktive Einheiten zu präzisieren und am didaktischen Konzept eines Kurses auszurichten. Gelingt dies, so lassen sich virtuelle Laborumgebungen schaffen, die nicht nur „trocken“ abstrakten Stoff transportieren, sondern die durch spielerischen Zugang zu Experimentiersituationen ungezwungenes Ausprobieren und durch explizite Spielziele zielgerichtetes Arbeiten fördern. Im Folgenden konzentrieren wir uns auf den Entwurf und die Konstruktion solcher virtuellen, spielbasierten Lernumgebungen. Ab-

schnitt 2 stellt das gegenwärtige Konzept des virtuellen Labors aus Anwender- und Informatik-Sicht vor und diskutiert aus praktischer Perspektive *Second Life* als Technologie. Abschnitt 3 legt unseren Game-Ansatz für zukünftige virtuelle Labore dar und analysiert das Genre Simulationsspiele. Abschnitt 4 diskutiert die Ergebnisse exemplarisch anhand unseres eigenen virtuellen Informatik-Labors und führt nächste Schritte auf.

2 Virtuelle Labore

2.1 Lehrkonzept

Virtuelle Labore werden üblicher Weise Bestandteil eines Mixed-Reality-Settings sein. Sie erweitern eine reale Lernumgebung, z.B. einen Hörsaal, um eine virtuelle Lernumgebung, das Labor. Unter einem virtuellen Labor versteht man dabei nicht nur ein virtuelles Chemielaboratorium mit Equipment (Bunsenbrenner, Reagenzgläser), sondern einen „Ort, an dem, oder auch Einrichtung, in der wissenschaftliche Untersuchungen, Analysen und Versuche durchgeführt werden“ (de.wiktionary.org/wiki/Labor). Ein solcher Ort kann – je nach Studienrichtung – beispielsweise auch ein simuliertes Biotop sein, eine Arztpraxis oder eine Werftanlage. Der Lerner kann als virtuelle Person (Avatar) in dem Setting repräsentiert sein und über diesen Avatar mit dem System interagieren (wie in unserem *Second-Life*-Beispiel weiter unten). Ebenso gibt es virtuelle Labore, in denen der Lerner direkt Parameter manipuliert, ohne selbst im Setting repräsentiert zu sein [Ma01]. In Mischformen (z.B. [Pa06]), die auch in Computerspielen beliebt sind, sieht der Lerner nur seine eigenen Arme, Beine, Hände und Füße als Effektoren im virtuellen Setting. Exemplare virtueller Labore sind das Psychologie-Lernprogramm *Sniffy the Virtual Rat* [AWG05], in welchem man eine virtuelle Laborratte konditioniert, das 3D-Gentechnik-Labor *GenLab* (www.virtuelle-labore.de) oder das hypermediale Chemielabor von Thomas Seilnacht (www.seilnacht.com/Chemie.htm). *Sickle Cell Counselor* [Sc92] enthält ein virtuelles Labor für Blutuntersuchungen, das nach dem eLearning-Paradigma Goal-based Scenarios erstellt und nach Mixed-Reality-Art in eine Museumsausstellung integriert wurde. Die genannten Beispiele enthalten Simulationen wissenschaftlicher Modelle im Informatik-Sinn. Zugleich simulieren sie aber auch im umgangssprachlichen Sinn das Labor selbst. *vMic* [GGM03] ist ein virtuelles Mikroskop und simuliert ein einzelnes Labor-Werkzeug, ähnlich wie verschiedene virtuelle Oszilloskope [De02]. Wir möchten hier virtuelle Labore für physisch-orientierte Experimente im überschaubaren Rahmen von groß angelegten Planspielen, die politische, soziale oder wirtschaftliche Zusammenhänge simulieren, abgrenzen. Themen wie Stadtentwicklung, Globalisierung oder Faktoren für das Ausbrechen von Kriegen würden aus der Game-based-Learning-Perspektive auf ein anderes Spielgenre führen und werden in einer anderen Studie untersucht. Virtuelle Labore in unserem Sinne kommen eher in Naturwissenschaft und Technik zum Einsatz als in Geistes- und Sozialwissenschaften.

Im Kontext einer pervasiven Universität spielen virtuelle Labore eine interessante Rolle: Als eLearning-Systeme erweitern sie die traditionelle Lehre. Reale Laborplätze sind rar; oft stehen nicht genügend Plätze für die Studierenden zur Verfügung. Ebenso sind verfügbare Geräte oder auch Materialien meist teuer. Freies, spielerisches Experimentieren ist vielfach nicht möglich oder wird früh im Ausbildungsprozess unterbunden. Auch

wenn ein virtuelles Labor ein reales Labor nicht ersetzen kann (beispielsweise olfaktorische und haptische Erfahrungen), so sind trotzdem Erweiterungen der traditionellen Ausbildung um virtuelle Laborarbeiten sinnvoll [Lo01], insbesondere, wenn es um den Umgang mit teuren Geräten, kostenintensiven Materialien oder auch gefährlichen Stoffen oder Situationen geht. Die Integration von virtuellen Laboren in traditionelle universitäre Ausbildung (mit Vorlesungen, Übungen und klassischen Laboren) wird als „Blend“ verstanden, in dem virtuelle und nicht virtuelle Veranstaltungen in ein (didaktisches) Konzept integriert werden und als Teile eines Curriculums zur Verfügung stehen.

Gemäß der Begriffsabgrenzung in Abschnitt 1 gehen wir hier von virtuellen Laboren mit Simulation aus. Das Labor sowie Akteure oder Geräte in dem Labor, die nicht selbst Lerngegenstand sind, sind Nachbildungen der Realität – also Simulationen, aber in der Regel im umgangssprachlichen Sinne. Sie sollen den Anschein eines echten Labors erwecken. Modelle ihres Verhaltens existieren lediglich als Grundlage für die Implementierung der virtuellen Welt. Anders verhält es sich mit den Elementen, die Teil des zu lernenden Inhalts sind. Sie sind modelliert, um vom Lerner in einem Experiment über die Zeit simuliert zu werden (Simulationsbegriff der Informatik). Der Student oder die Studentin soll durch Experimentieren ein vom Dozenten festgelegtes Modell aufgrund von Beobachtungen herleiten (eine chemische Reaktionsgleichung aufstellen, eine historische wissenschaftliche Entdeckung rekonstruieren, eine Krankheit diagnostizieren) oder selbst ein neues Modell konstruieren (einen Roboter programmieren, der sich dann durch die virtuelle Welt bewegt, oder ein Fahrzeug bauen, das man dann probefahren kann). Beides sind konstruktivistische Lehransätze, die statt zu instruieren den Lerner sich sein Wissen selbst schaffen lassen.

Der Fall, dass mit Hilfe von Simulation ein Modell hergeleitet werden soll, entspricht einer naturwissenschaftlichen Herangehensweise und ist durch das Lernparadigma Scientific Discovery Learning (auch Inquiry Learning) beschrieben. Einen Überblick liefern de Jong und van Joolingen [JJ98]: Der Lerner hat eine Simulation zur Verfügung, kann die Eingabeparameter ändern und beobachten, wie sich die Ausgabe ändert. Durch Experimentieren und Schlussfolgern gelangt er zu Hypothesen und kann schließlich das der Simulation zu Grunde liegende konzeptuelle Modell herleiten. Um solch ein Experiment zu realisieren, benötigt man ein implementiertes Modell, welches den Lerninhalt repräsentiert. Die explizite Modellstruktur bleibt dem Lerner zunächst verborgen. Er bekommt eine parametrisierte Simulationsumgebung, die das Modell räumlich und zeitlich ausführt, und damit nur implizite Informationen aus dem Simulationskontext. Modellherleitung ist ein anspruchsvoller Lerninhalt. Wie de Jong und van Joolingen darlegen, begehen Lerner in diesem Paradigma eine Reihe von Denkfehlern. Sie generieren keine brauchbaren Hypothesen, entwerfen ungeeignete Experimente, haben Schwierigkeiten Daten zu interpretieren und gehen nicht strukturiert vor. Dem kann man, laut de Jong und van Joolingen bzw. den Studien, die sie zitieren, entgegenwirken, indem man einem Lerner im richtigen Moment Zugang zu relevantem Domänenwissen verschafft, zur Anleitung Fragen, Übungen oder Spiele vorgibt, Modelle schrittweise entwickeln lässt und die Experimentierumgebung vorstrukturiert. Scientific Discovery Learning sollte dementsprechend pädagogisch begleitet werden – elektronisch oder durch den Dozenten. In beiden Fällen sind die Domäne, das Modell und die Simulation zu strukturieren und in überschaubare Einheiten zu zerlegen – als Lehrhilfe für den Dozenten,

Grundlage für die Bildschirm-Präsentation oder Wissensbasis für automatisierte Assistenz (intelligente Tutoren, pädagogische Agenten oder, wie in [Jo00], kognitive Tools).

Neben der Anleitung durch den Dozenten oder eine automatisierte Assistenz ist es auch denkbar und wünschenswert, dass sich Studenten gegenseitig unterstützen und wissenschaftliche Entdeckungen im Team machen. Collaborative Discovery Learning (ibid.) ist ein Computer-Supported-Cooperative-Learning-Szenario (CSCL), welches das Scientific Discovery Learning um eine Mehrbenutzer-Komponente erweitert. Da van Joolingen nicht von Blended Learning ausgeht, befinden sich hier die Teammitglieder an verschiedenen Orten und kommunizieren synchron oder asynchron über ein Kommunikationstool. Die Idee ist nun, solche Kommunikationstools mit den kognitiven Tools, die einen Lerner inhaltlich unterstützen, zu koppeln. Ein CSCL-Labor enthält demnach neben Kollaborationstools und Experimentierumgebungen semantische Bezugssysteme, die beides verbinden. Ein solches Labor ist *Co-Lab* [LJM04]. Studenten der Naturwissenschaften haben Zugang zu einer synchronisierten Arbeitsfläche, die gemäß einer Gebäude-Metapher strukturiert ist. Es gibt Etagen für die verschiedenen Kurse und Räume wie Labor (Experimentieren), Theorieraum (Modellbildung), Konferenzraum (Planen und Überwachen) sowie Versammlungshalle (Zusammenkommen und Aufgaben abholen).

Der Fall, dass die Lerner keine Entdeckungen rekonstruieren, sondern neue Modelle produzieren sollen, entspricht einer ingenieurwissenschaftlichen Sichtweise. Hier schließen sie nicht von einer vorgegebenen Simulation auf das verborgene Modell, sondern geben selbst ein Modell vor und manipulieren Parameter, sodass die Simulation ein gewünschtes Verhalten aufweist. Zumindest für Kinder ist dies laut [SKR91] die gewohntere Schlussrichtung. Versuchspersonen erzielten ein besseres Ergebnis, wenn sie erst ein ingenieurwissenschaftliches Problem (festes Simulationsziel, variables Modell) lösten und darauf folgend ein naturwissenschaftliches Problem (variable Simulation, festes Modellierziel). In einer Studie mit *Co-Lab* und älteren Probanden wählten diese von sich aus den ingenieurwissenschaftlichen Experimentieransatz [LJM04]. Hieraus ergibt sich, dass es wichtig ist, die Ausrichtung des Experiments deutlich zu machen. Ist das Ziel ein gewünschtes Simulationsverhalten im ingenieurwissenschaftlichen Sinn, so gibt man eine Simulationsumgebung ohne festes internes Modell vor. Stattdessen sind Modellierungswerkzeuge für die Lerner, z.B. eine Programmiersprache, unabdingbar.

2.2 Anforderungen

Dozenten erstellen Experimente, Studenten experimentieren mit diesen und werden dabei vom System unterstützt (im Hörsaal kann auch der Dozent selbst assistieren). Diese grundlegenden Anwendungsfälle implizieren funktionale Anforderungen: Ein virtuelles Labor zum Experimentieren benötigt eine Wissensdatenbank mit Modellen aus der Anwendungsdomäne, einen Simulator, ein Visualisierungstool für Simulationsdaten, einen Modell-Editor, ein User Interface zum Manipulieren von Simulationsparametern, eine Benutzerverwaltung, eine im virtuellen Raum konstruierte Welt sowie ein Multimedia-Autorensystem für die Dozenten, um Experimente zu erstellen. Sind die Experimente nicht ständig durch Dozenten betreut, sollte ein kognitives Assistenzsystem das Experimentieren durch kontextsensitive Hilfestellungen unterstützen. Entscheidungen des In-

struktionsdesigns, speziell die Planung der Experimente, resultieren in weiteren technischen Anforderungen. So können Modelle z.B. dynamisch oder statisch, kontinuierlich oder diskret, quantitativ oder qualitativ sein [Fr04]. Diskrete Modelle lassen sich vergleichsweise einfach als Automaten implementieren. Kontinuierliche Simulationen erfordern in der Regel Lösungsalgorithmen für Differenzialgleichungen.

Ein virtuelles Labor mit CSCL-Komponenten benötigt zusätzliche Kollaborationstools, sodass Studenten an voneinander entfernten Orten gemeinsam experimentieren können. Idealerweise sind die Kollaborationstools semantisch an die Modellierung und Simulation gekoppelt, sodass wissenschaftliche Zwiesgespräche um Experimentierdaten und kognitive Hilfestellungen ergänzt werden können. Selbst im Einbenutzer-Betrieb dürfte es im Blended-Learning-Kontext gewünscht sein, dass der Student mit betreuenden Dozenten auch telematisch in Kontakt treten kann.

Simulation und Visualisierung der Experimente sowie die Darstellung der virtuellen Welt muss an die verfügbare Hardware angepasst sein. Wir gehen hier davon aus, dass die Studenten über mobile, vernetzte Geräte auf das Labor zugreifen. Ein Notebook-Client kann aufwändige Berechnungen selbst durchführen und detaillierte Grafiken darstellen – ein PDA oder Handy in der Regel nicht. Hier müssen Berechnungen serverseitig geschehen, Visualisierungen vereinfacht werden. Auch Notebooks mit schwächeren Grafikkarten können unter Umständen keine 3D-Welten darstellen. In manchen Fällen mag aus Performance-Gründen ein asynchrones Kommunikationsmodell angebracht sein, selbst wenn es den spontanen Austausch von Argumenten und Ideen erschwert.

Zu den wichtigsten nichtfunktionalen Anforderungen zählt Netzwerk-Sicherheit. Vermutlich möchte man die Benutzung des Labors auf angemeldete Kursteilnehmer beschränken, die sich zu authentifizieren haben. Einen Authentifizierungsmechanismus bereitzustellen, ist dann wieder eine funktionale Anforderung. Ein Rechtesystem sollte gewährleisten, dass Studenten keine persönlichen Daten von Kommilitonen einsehen oder die per Design persistenten Objekte (Laborgebäude, Gerätschaften, Materialien) manipulieren können. Andererseits können Datenaustausch über Community-Funktionen (Pinnwand, z.B. für Brainstorming, synchrone und asynchrone Diskussion, Plan- und Rollenspiel, Peer Counselling, d.h. gegenseitige Beratung, virtuelle Café-Ecke für informelle Kommunikation [Ar03]) sowie benutzergenerierte Inhalte im Sinne von Web 2.0 (z.B. Blog, eigene virtuelle Objekte) das Labor aufwerten.

2.3 Umsetzung mit *Second Life*

Second Life von der Firma Linden Lab (www.seondlife.com) ist eine Technologie, in der sich mit vergleichsweise geringem Aufwand virtuelle Labore entsprechend der Anforderungen in Abschnitt 2 implementieren lassen. Auch wenn *Second Life* wohl immer noch vorwiegend zur Unterhaltung genutzt wird, preist Linden Lab es mittlerweile ganz offiziell als Plattform für den Unterricht an und gibt Hilfestellungen für Lehrer und Dozenten. Anhang A „Realer Unterricht in *Second Life*“ in [Ry07] beginnt direkt mit der Abbildung eines interaktiven chemischen Modells aus einer virtuellen Laborumgebung.

Second Life wirkt von seiner Präsentation und dem Interaktionsdesign her wie ein Massively Multiplayer Online Role-Playing Game (MMORPG). Computeranimierte Avatare

leben in einer virtuellen 3D-Welt, interagieren mit der Umgebung und miteinander. Trotzdem ist die *Second Life*-Technologie an sich *kein* Spiel mit festgelegtem Gameplay, Herausforderungen oder Spielzielen. Sie wird daher als Multi-User Virtual Environment (MUVE) bezeichnet. *Second Life* lebt von benutzergenerierten Inhalten. Man *kann* mit der Technologie ein Spiel implementieren, also eine virtuelle Umgebung um Gameplay, Herausforderungen und Spielziele *erweitern*. In jedem Fall ist *Second Life* eine immersive, soziale Online-Umgebung. Studenten können sich dort kostenlos anmelden. Dozenten mieten ein Stück Land. Darauf lässt sich dann ein virtuelles Labor errichten.

Das User Interface von *Second Life* ist für Benutzer und Besitzer von Land dasselbe. Lediglich die Rechte, welche der Landbesitzer in einer gruppenbasierten Benutzerverwaltung setzt, sind unterschiedlich. Besitzern bzw. Dozenten steht als Autorensystem also die virtuelle Welt selbst zur Verfügung. In-world können sie 3D-Objekte erstellen und diese per eingebauter Scriptsprache, der *Linden Scripting Language (LSL)*, mit Funktionalität füllen. Studenten würden mit den Objekten interagieren, können aber auch Rechte zum Bauen und Scripten erhalten. *Second Life* unterstützt Modellierung durch den Script-Editor, Simulation durch den Script-Interpreter und eine Physik-Engine, das Ändern von Simulationsparametern durch den Script-Editor oder Avatar-Interaktion mit Objekten (was Events verursacht) sowie Visualisierung durch Konstruktion und Animation von 3D-Objekten. Kognitive Tools, etwa Anzeigen, virtuelle Handouts oder assistierende Bots, kann ein fortgeschrittener Programmierer per *LSL* hinzufügen.

LSL ist zustandsorientiert und daher besonders für diskretes Modellieren und Simulieren geeignet. Man kann über *LSL*-Scripts aber auch direkt die Physik-Engine der virtuellen Welt ansprechen und z.B. einem Objekt eine Geschwindigkeit zuweisen, eine Kraft auf es wirken lassen, ihm einen Impuls geben oder es im kontinuierlichen Raum rotieren lassen. Das Ansprechen der Physik geschieht allerdings auf einer recht konkreten Ebene. Möchte man eigene Differenzialgleichungssysteme lösen, dann muss man das extern tun.

Die Mehrbenutzerorientiertheit von *Second Life* unterstützt CSCL-Szenarien via Text- und Sprach-Chat. Avatare sind zu einer Reihe von Gesten fähig und können physisch mit der Umwelt interagieren, für fortgeschrittene Benutzer sogar miteinander. Ein semantischer Bezug zu Modellierung und Simulation muss allerdings selbst programmiert werden. Zusätzlich zur Avatar-Interaktion können auf virtuellen Bildschirmen Videodateien abgespielt werden, etwa um einem assistierenden Dozenten Telepräsenz zu verleihen. Zender et al. [Ze09] kombinieren Avatar-Interaktion und Telepräsenz, indem sie Vorlesungsfolien des Dozenten, der sich real im Hörsaal befindet, virtuell als Video abspielen, die Stimme des Dozenten aber über dessen virtuellen Avatar wiedergeben. Zusätzlich ermöglichen sie Chat-Dialoge zwischen im Hörsaal anwesenden Personen (z.B. Dozent) und virtuell durch Avatare repräsentierte entfernte Benutzer (z.B. Studenten). Hierfür war allerdings eine eigene Netzwerkinfrastruktur nötig, die Hörsaal und virtuelle Welt verbindet. Kommunikation in *Second Life* findet in der Regel synchron statt. Man kann Benutzern und Benutzergruppen aber auch Mitteilungen schicken.

In *Second Life* existiert bereits eine Reihe von Teilwelten, die man als virtuelle Labore auffassen kann. Eine Kategorie sind virtuelle Krankenhäuser und Szenarien zum Katastrophenschutz. *Virtual Patients* [To08] konfrontiert einen Medizin-Studenten mit einem

virtuellen Patienten in einem virtuellen Krankenzimmer. Man macht sich mit dem Kranken vertraut, liest Anzeigen ab, kauft mit virtuellem Geld (Linden-Dollars) verschiedene Untersuchungen ein, etwa aus der Radiologie oder dem Labor, stellt daraufhin eine Diagnose und wählt einen Behandlungsplan. Letztlich sind dies Multiple-Choice-Aufgaben. Am interessantesten ist der Aspekt, dass nicht alle Untersuchungen gekauft werden können, sondern man mit Bedacht wählen muss. Leider führt man die Untersuchungen nicht durch, sondern erhält lediglich die Ergebnisse. Ein Experiment (begrenzte Menge an Ergebnissen einholen), von dem man auf ein Modell (Diagnose) schließt, ist also vorhanden, die Simulation mit Manipulation von Parametern jedoch sehr begrenzt.

Weiterhin existieren in *Second Life* Labore mit biologischen oder chemischen Experimenten. *Appalachian Tycoon* [Ye07] ist ein Spiel für Schüler, das einen Fluss simuliert. Man kann beide Flussufer mit verschiedenen Objekten bebauen oder bepflanzen und erhält eine visuelle Rückmeldung, wie dies das Ökosystem beeinflusst. Z.B. kann eine Fabrik verunreinigtes Wasser und Fischsterben verursachen. Ein solches Experiment wäre zu teuer, aufwändig, langfristig und gefährlich, um es real in die Schule zu holen. Leider gehen die Autoren nicht auf das zu erschließende Modell selbst ein.

Pharmatopia (www.pharm.monash.edu.au/education/epharm/pharmatopia.html) benutzt laut seiner Entwickler tatsächlich komplexere Formeln und Simulation. Pharmazie-Dozenten der australischen Monash University hatten festgestellt, dass ihr reales Labor zur Tablettenfertigung zu alt, primitiv und zeitlich schwer handhabbar war. So kreierten sie ein Labor in *Second Life*, in dem Studenten durch Experimente mit virtuellen Geräten und zeitlich gerafft virtuell Tabletten produzieren können. Als Simulationsziel sind physikalische Eigenschaften der Tabletten vorgegeben. Ob sie die Zutaten korrekt gemischt, d.h. die korrekten Simulationsparameter gewählt haben, erfahren die Studenten, wenn sie am Ende des Fertigungsprozesses die Tabletten testen. *Pharmatopia* ist ein Beispiel für die ingenieurwissenschaftliche Sichtweise auf Scientific Discovery Learning.

Für unsere eigene Arbeit sind virtuelle Labore aus den Bereichen Informatik und Kognitionswissenschaft besonders interessant. Die Centrax Corporation betreibt in *Second Life* eine Insel, auf der es u.a. eine 3D-Computer-Reparatur-Simulation gibt [Fo07]. Hobbs, Gordon und Brown [HGB07] unterrichten Programmieren auf einem virtuellen Spielplatz: Eine Schaukel demonstriert die Funktionsweise einer FOR-Schleife, ein Karussell steht für WHILE usw. Weusijana et al. [We07] haben ein Labyrinth angelegt, das Studenten per Avatar durchqueren. Um voranzukommen, müssen sie Rätsel lösen. Hinterher reflektieren sie über ihre Leistung und durchqueren das Labyrinth noch einmal: Was haben sie gelernt und wie erklären sie das psychologisch? Durch das computergesteuerte Experiment ergibt sich hier die Möglichkeit, selbst Versuchsperson zu sein und psychologische Phänomene direkt zu erfahren. An der realen Uni wäre dies sicher aufwändig – allein die räumliche Konstruktion eines interaktiven Parcours. Das Labyrinth ist so entworfen, dass verschiedene klassische Lerntheorien wirken. Da aber der Student den Avatar steuert und die Erkenntnisse gegenüber einem Dozenten kommuniziert, findet keine Simulation von psychologischen Lernprozessen im Informatik-Sinn statt.

Wir haben ein eigenes Labor in *Second Life* entworfen, in dem kognitive Modellierung und Simulation zum Tragen kommt. Im Rahmen von Übungen und Projekten zu einer

Vorlesung über künstliche Intelligenz modellieren Studenten der Universität Rostock (derzeit Informatik und Physik 6. Semester) kognitive Fähigkeiten intelligenter Software-Agenten. Wir geben ein gewünschtes Verhalten vor, die Studenten schreiben entsprechende KI-Algorithmen in *LSL*, fügen diese in virtuelle Figuren ein und setzen diese in die Welt. *Second Life* simuliert den Script-Code über die Zeit sowie über den dreidimensionalen Raum und lässt die Figur visuell mit der virtuellen Umwelt interagieren.

Um eine kontrollierte Umgebung zu gewährleisten, haben wir auf unserem *Second-Life*-Grundstück mit Hilfe der in-world 3D-Modellierungstools als virtuellen „Playground“ ein mehrstöckiges Haus errichtet, das wir je nach Thema der Übung mit Mobiliar, z.B. für die Einheit „Planen“ einem Labyrinth, ausstatten können. Für den Einstieg gaben wir den Studenten vorgefertigte virtuelle Mäuse, die bereits *LSL*-Code enthielten.¹ Die Studenten sollten das Verhalten beobachten und das Modell verstehen. Wir haben also zuerst naturwissenschaftliches Discovery Learning eingesetzt und später, wenn die Studenten scripten sollten, ingenieurwissenschaftliches Lernen. Die Übungen waren durch eine Rahmenhandlung um geflohene Labormäuse begleitet, welche einen spielerischen Einstieg gewährleisten sollte. Diese war jedoch recht simpel und mündete nicht in ein Gameplay. Im späteren Kursverlauf nutzten wir *Second Life* zusätzlich für Online-Projektbesprechungen. Dabei kamen u.a. Text- und Sprach-Chat sowie virtuelle Tafeln zum Einsatz. Die Studenten nutzten das virtuelle Labor teilweise über Notebooks, teilweise über stationäre Rechner – im Hörsaal, Computerlabor und unterwegs/zu Hause.

Neben den oben genannten Beispielen aus Naturwissenschaft und Technik gibt es in *Second Life* künstlerische und sozialwissenschaftliche Projekte, die ebenfalls Eigenschaften von virtuellen Laboren aufweisen.

3 Simulationsspiele

3.1 Virtuelle Labore als Lernspiele

Der vorige Abschnitt diskutierte didaktische und technische Anforderungen an virtuelle Labore, die aus der Lernsituation und Lehrmethode heraus erwachsen, und Dinge wie die Systemarchitektur oder Modellierungs- und Simulationsaspekte betreffen. Wie aber motiviert man Studenten, ein didaktisch wertvolles und technisch funktionales virtuelles Labor zu nutzen? Im universitären Alltag treffen wir immer wieder auf Studierende, die wir für selbstständiges Arbeiten nur eingeschränkt zu begeistern vermögen. Man kann die Experimente zur Pflicht machen – solch extrinsische Motivation ist aber bei einem Medium, das Experimentieren und Ausprobieren fördern möchte, unbefriedigend. Spielerische Elemente können intrinsische Motivation, die Lerner bei einer Tätigkeit verspüren, verstärken [MDM08]. Daher betrachten wir in diesem Abschnitt virtuelle Labore – aus der Forschungsperspektive des Game-based Learning heraus – als Lernspiele. Die Assoziation liegt nahe, da viele virtuelle Labore ein ähnliches Interaktionsdesign aufweisen wie Computerspiele – MUVes sehen aus wie MMORPGs. Das Instruktionsdesign virtueller Labore kommt dem Gameplay in Simulationsspielen nahe. Man ändert Einga-

¹ Quelle: Steller Sunshine, gefunden im *Freebie Heaven*.

beparameter einer visualisierten Simulation. In virtuellen Laboren konstruiert der Lerner daraus Modelle, um ein Experiment zu verstehen oder zu einem gewünschten Ergebnis zu führen. In Spielen ist dies eine bestandene Mission oder hohe Punktzahl.

Schon in den 1970ern [MHE08] und 1980ern (z.B. [Wh84]) stellten Forscher Zusammenhänge zwischen Lernen, Simulation und Games her. White untersuchte Strategien, mit denen sich Lernsimulationen um spielerische Elemente erweitern ließen. Sie lehrte Newtonsche Mechanik mit Hilfe eines Spiels, in dem Lerner ein Raumschiff steuerten. Die untersuchten Designprinzipien [Wh84] würden jedoch virtuelle Labore ohne Spiel ebenso betreffen. Mit der Zeit entstand eine Reihe von virtuellen Laboren (Abschnitt 1), von denen jedoch ein Großteil weiterhin reine Lernumgebungen sind. *Appalachian Tycoon* [Ye07] (vgl. Abschnitt 2.3) ist ein *Second Life*-Labor, das einfache Spielelemente aufweist. Lerner kaufen Gebäude und Pflanzen und platzieren sie an einem Flussufer. Für ihre Entscheidungen erhalten sie Punkte. Dies kann motivieren – aber vielleicht auch das freie Experimentieren behindern. Es ist nötig, Gameplay-Designoptionen in größerem Umfang und systematischer zu untersuchen.

3.2 Genrestudie

Betrachten wir virtuelle Labore als Lernspiele, dann sind sie dem Spielegenre „Simulation“ zuzuordnen. Um herauszufinden, was Designer virtueller Labore von Simulationsspielen lernen können, bot sich eine Genrestudie an. Genremerkmale werden nach unserer Ansicht in der Lernspiel-Forschung noch zu wenig beachtet. Dabei scheint es offensichtlich, dass gewisse Genres zu gewissen eLearning-Szenarien besser passen als zu anderen. Für virtuelle Labore suchten wir nach Gameplay-Aspekten von Simulationsspielen. Diese sind es, die ein Computerspiel-Genre ausmachen. Weniger als bei Filmgenres spielen Setting (Science-Fiction), Thema (Coming of Age), Plot (Detektivgeschichte) oder Stimmung (Thriller) eine Rolle. Klar definierte Spiele-Genres sind Actionspiele, die Reaktionszeit und Hand-Augen-Koordination herausfordern oder story- und rätselbasierte Adventures [Ba04, RA03]. Beide Quellen beschreiben solche Genres oberflächlich. Die Genres, die Rezipienten (hier Spieler) kennen und wiedererkennen – und daher Entwickler gezielt produzieren – haben sich über die Zeit als kollektives Genrebewusstsein herausgebildet. Man kann Genres als Cluster aus einem prototypischen Exemplar und ähnlichen Exemplaren in einem Radius um dieses auffassen [Sc94].

Was ist ein Simulationsspiel? Bates [Ba04] kennt „Simulation“ als Genre, aber auch weitere verwandte Genres. Rollings und Adams [RA03] nennen „Vehicle Simulations“ (Fahrzeugsimulationen), „Construction and Management Simulations“ (Aufbausimulationen) und weitere Genres, die simulieren. Ihre Aufbausimulationen passen aber eher in Bates' „Strategy Games“ (Strategiespiele). Abb. 1 versucht, in beiden Büchern beschriebene Genres mit Simulationsaspekten als Cluster bezüglich zweier Variablen anzuordnen. Simulationen im Sinne von virtuellen Laboren spielen sich, anders als Strategiespiele wie *Civilization*, eher im Kleinen ab und verfügen daher über eher „taktisches“ Gameplay. Dabei ist eine prototypische Simulation wie der klassische Flugsimulator *Red Baron* (vgl. Kaemmer in [Ba04]), der im 1. Weltkrieg spielt, deutlich ernster (im Sinne von „Serious Games“ und „Casual Games“) als ein Knobelspiel à la *Crazy Machines*.

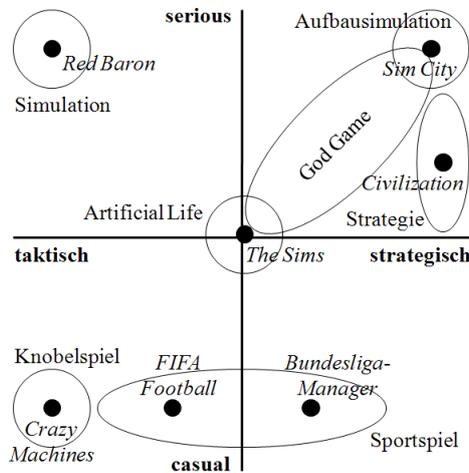


Abbildung 1: Abgrenzung Simulationsspiele

Unser Ziel war es nun, einige Unterhaltungsspiele, die sich grob dem Cluster „Simulation“ zuordnen ließen, auf Genrekonventionen bezüglich des Gameplays hin zu untersuchen. Gameplay besteht nach [RA03] aus kausal verknüpften *Herausforderungen* in einer simulierten Umgebung. Wir wählten zwei Fahrzeugsimulationen: *Red Baron* (Dynamix 1990) und *Trainz Railroad Simulator 2006* (*ProTrain Perfect*, Auran 2005). In diesen eignet sich der Spieler die Funktionsweise von Flugzeugen bzw. Zügen in deren Umgebung an. In verschiedenen Missionen, etwa dem Patrouillieren entlang der Grenze bzw. dem Befördern von Gütern, ist die Herausforderung, das Fahrzeug mittels verschiedener Parameter räumlich und zeitlich so zu steuern, dass die Missionsziele erfüllt werden. Wie wählten zwei Simulationen mit Tieren: *Pet Pals: New Leash on Life* (*Sophies Freunde – Unsere Tierarztpraxis*, Legacy Interactive 2008) und das Widget-Spiel für den Opera-Browser *SimAquarium*. Die virtuelle Tierarztpraxis und das virtuelle Aquarium sind am ehesten Laborumgebungen. Als Tierarzt untersucht, diagnostiziert und behandelt man kranke Tiere mit einer Vielzahl medizinischer Instrumente. Die Herausforderung besteht darin, aufgrund der beobachteten interaktiven Simulation die richtige Diagnose zu stellen und aufgrund dieses Modells Maßnahmen gegen die Krankheit zu ergreifen. Als Fischzüchter möchte man so in das simulierte Biotop eingreifen, dass sich die Fische vermehren. Schließlich wählten wir noch zwei explizite Lernspiele: *Mission: Schatztaucher* (BrainGame 2005) simuliert Tauchexpeditionen. Dies ähnelt einer Fahrzeugsimulation, jedoch steht hier mit dem Tauchen eine Aktivität im Mittelpunkt. Die Herausforderungen bestehen darin, anhand verschiedener Parameter den Tauchgang erfolgreich zu planen und dann in einer Action-Sequenz durchzuführen. *Genius – Unternehmen Physik* (Radon Labs 2004) begleitet einen jungen Erfinder auf seiner Karriere. Eigentlich ist das Spiel eine Aufbausimulation, jedoch sind als zusätzliche Herausforderung und um den vermittelten Physik-Lernstoff abzuprüfen immer wieder kleine Experimente eingestreut. Deren Ablauf ist allerdings vorprogrammiert und nicht simuliert.

3.3 Ergebnisse

In den sechs Spielen fanden wir eine Anzahl wiederkehrender Gameplay-Elemente – wenn auch nicht jedes in jedem Spiel. Am wichtigsten sind in Simulationsspielen – wie in anderen interaktiven Medien – die Interaktionsmöglichkeiten. Der Spieler muss Simulationsparameter ändern können. Dies geschieht über virtuelle Werkzeuge, z.B. medizinische Instrumente oder Kontrollen im Cockpit. Eine weitere Möglichkeit der Einflussnahme besteht über ein Kaufsystem, das es in mehreren Spielen gab. Der Spieler kauft z.B. neues Aquarium-Equipment und damit neue Parameter. Da es ein Spiel ist, sind die Geldressourcen knapp, und jeder Kauf ist ein kleiner Erfolg, der einen weiterbringt. Spieler möchten die Simulation in Echtzeit manipulieren und eine direkte Rückmeldung erhalten. Simulationen in Simulationsspielen sind also reaktiv. Man kann die Simulation um Nebenbedingungen bereichern, z.B. Wetter. Auch in Simulationsspielen betreibt der Anwender Modellbildung. Dies läuft oft rein mental ab, während man spielt. Zur Unterstützung des Denkprozesses steht Referenzmaterial zur Verfügung – etwa auf einem virtuellen PC oder in einer virtuellen Zeitung. Dieses verbirgt letztendlich das zu lernende Modell in einer Geschichte oder Missionsbeschreibung. Modelliert der User richtig und beeinflusst so die Simulation, dass sie sich dem Spielziel nähert, dann steigt in der Regel auch ein Punktestand. Simulationsspiele verfügen über eine große Anzahl von Modellen. Der Spieler möchte offenbar unter einer Artenvielfalt aus simulierbaren Flugzeugen, Zügen, Fischen oder Haustieren wählen können. Die Visualisierung der Simulation dient gleichzeitig funktionalen und ästhetischen Zwecken. Verschiedene Kamera-Ansichten etwa lassen abwechslungsreich die Simulation bewundern und genießen.

Um die Herausforderungen des mentalen Modellbildens bewältigen zu können, bieten Simulationsspiele reichhaltige kognitive Unterstützung. Missionen oder Szenarien verleihen den Experimenten Sinn und Struktur. Dies sind Missionen und Szenarien, wie man sie auch in konstruktivistischen Lehransätzen wie problembasiertem Lernen (z.B. [We03]), fallbasiertem Lernen (z.B. [Ma04]) oder Goal-based Scenarios [Sc92] findet. Nichtspieler-Charaktere agieren als Berater, die bezüglich verschiedener Wissensbereiche Tipps geben, Assistenten, die bei verschiedenen Tätigkeiten helfen, und als Ausbilder, die sowohl väterliche oder mütterliche Mentoren als auch Lehrmeister für kognitive Aufgaben sind. Wichtig ist, dass man einen Charakter genau einem Aufgabenbereich zuordnen kann. Ähnlich sorgen verschiedene funktionale Gebäude (z.B. Tauchschule) in einer Operationsbasis für Struktur. Solche explizit gemachten kognitiven Karten (Cognitive Maps) helfen bei der Orientierung in Sachgebieten und erfüllen gleichzeitig verschiedene dramaturgische Zwecke [Mi05]. Neben kognitiven Karten helfen in Simulationsspielen auch konkrete Landkarten bei der Orientierung im Raum. Zudem gibt es abstrakte Hinweise wie Pfeile, die das Spiel in die simulierte Landschaft einblendet, vor allem aber auch natürliche Anzeigen und Eingabemöglichkeiten. Messgeräte und Displays, medizinische Instrumente und Steuervorrichtungen im Cockpit verschmelzen ganz natürlich mit dem Erlebnis. Ein Simulationsspiel beginnt meist mit mehreren Tutorials, in denen die oftmals komplexen Parametereingabe-Mechanismen live erklärt werden.

Wir haben die Game-based-Learning-Perspektive gewählt, um in Studenten Motivation zu wecken und zu fördern. Deshalb ist es besonders instruktiv zusammenzustellen, wie Simulationsspiele motivieren. Der Schlüssel zur intrinsischen Motivation scheint zu sein,

dass die Spiele sich bemühen, Faszination an der Tätigkeit selbst zu vermitteln. Eigenes Handeln resultiert in einer funktionierenden Maschinerie, deren Anblick fasziniert (vgl. Ratiocination [Mi05]). Der Actionteil einer Simulation entschädigt für den planerischen Aufwand. Die Zeitspanne zwischen beidem sollte klein gehalten werden, sodass Aktionen in der Echtzeit-Simulation sich unmittelbar auswirken. Simulationsspiele schaffen Authentizität durch Details: eine originalgetreue Durchsage am Bahnhof, das Miauen der Katze auf dem Untersuchungstisch, reale Städte oder historische Personen, die das Wissensgebiet geprägt haben. Zusätzliche Motivationsmechanismen sind Beigaben zur eigentlichen Simulation. Ein personalisierbarer Karrieremodus hält als roter Faden die Missionen zusammen. Aufstieg in Rang und Ansehen stellt dar, was man gelernt hat und bietet fortlaufende Bestätigung. Ebenfalls der Bestätigung dienen ausführliche Statistiken. Man kann Liebe zum Detail entwickeln und sucht durch den persönlichen Bezug aktiv nach Wissen. Interessant war zudem, dass die Spiele Souvenirs an das Geleistete vergeben. Dies reicht vom Screenshot, virtuellen Erinnerungsfotos und einer virtuellen Trophäensammlung bis zur Aufnahme einer Mission als interaktivem Film.

4 Diskussion

Wir haben sechs Simulationsspiele (im engen Sinn, Abb. 1 oben links) einer Suche nach Genrekonventionen unterzogen und dabei Anforderungen und Designstrategien gefunden, die ein virtuelles Labor hinsichtlich Motivation aufwerten können. Jetzt stellt sich die Frage, wie man die Ergebnisse auf ein bestehendes System anwenden kann. In unserem *Second-Life*-Labor für Blended Learning in der Informatik-Lehre setzen wir bereits kleine Geschichten als Motivationshilfe ein (Rahmenhandlung um entflozene Labormäuse). Diese sollten wir um Ziele erweitern und zu Spiel-Missionen ausbauen. Ist es möglich, den Erfolg quantifizierbar zu machen, also Punkte oder virtuelle Trophäen zu vergeben? Es wäre möglich, den erfolgreichen Studenten virtuelle Objekte für ihre Bereiche im Labor zukommen zu lassen. Diese könnten dann ganz natürlich – im Sinne eines Kaufsystems – im nächsten Versuch wieder Eingabeparameter sein. Die Kursteilnehmer erhalten bei uns Instruktionen in Form von Flaschenpost-Sendungen, die sie am virtuellen Strand finden. Zusätzlich sollten wir eine Metapher für Referenzmaterial, etwa zu implementierende KI-Algorithmen, finden. Ebenfalls könnte es natürliche oder abstrakte Anzeigen für den inneren Zustand eines simulierten Agenten geben. Um den Studenten Souvenirs von ihren Aktivitäten zu ermöglichen, könnten man als optionale Begleitveranstaltung zum Kurs einen Workshop zum Thema Machinima anbieten: Wie dreht man Filme in *Second Life*? Eine der weniger leicht zu realisierenden Anforderungen dürften, zumindest in einem Programmierkurs, die reaktiven Echtzeit-Simulationen darstellen. Es dürfte schwierig sein, die Zeitspanne zwischen Coden und Interpretieren mit automatischen Mechanismen klein zu halten und so mehr Lern-Flow zu erreichen.

Der beschriebene KI-Kurs ist noch nicht abgeschlossen (Stand: 1. Juli 2009). Um aber ein erstes Stimmungsbild zu erhalten, wie zusätzliche Game-Elemente bei den Studierenden ankommen würden, holten wir nach gut der Hälfte des Kurses Meinungen ein. Wir verwendeten einen freiwilligen, anonymen Online-Fragebogens mit vier offenen Fragen zum Kurskonzept, virtuellen Laboren, dem Storytelling-Ansatz und einem möglichen Game-Ansatz („ihr hättet z.B. Mäuse programmiert, die verschiedene Parcours

bestehen müssen, oder Roboter, die Missionen in einer Raumstation erledigen“). 5 der 10 Studenten beteiligten sich. 4 Studenten lobten den erhöhten Praxisbezug des Kurses. Alle Informanten äußerten sich negativ über *Second Life* und *LSL*, da diese zu umständlich zu handhaben seien – dies ohne virtuelle Labore als solche zu kritisieren. Die Rahmenhandlung wurde positiv oder neutral aufgenommen. Ein Student schlug alternative Simulationsszenarien (Hausbau, Feuerwehrübung...) vor. Ein Game-Ansatz käme bei 4 Studenten gut an. Diese hoben ihn als potenziell motivationsfördernd und strukturgebend hervor. Nur ein eher theoretisch interessierter Student würde lieber auf diese Aspekte verzichten. Ein Versuch mit einer Simulationsspiel-Umgebung scheint demnach vielversprechend. Für Theoretiker und a priori intrinsisch Motivierte könnte man Alternativ-Aufgaben stellen und so unter Umständen gleich eine Kontrollgruppe schaffen.

Der nächste Schritt besteht darin, einige Erkenntnisse zum Einsatz von Spielmechanismen in unserem virtuellen Labor umzusetzen. Der Einsatz wäre zu evaluieren und mit den Erfahrungen im aktuellen Kurs sowie einer Kontrollgruppe zu vergleichen. Die erarbeiteten Vorschläge treffen noch keine Aussage über CSCL-Szenarien. Dafür wäre es nötig, Mehrbenutzer-Spiele zu studieren. Weitere Genrestudien sind geplant (u.a. Strategie, vgl. Abb. 1 rechts) oder bereits in Bearbeitung (Rollenspiele). Ziel ist jeweils, natürliche Anknüpfungspunkte zwischen eLearning und Games zu finden, um so die Synergie-Effekte zu erzielen, die Game-based Learning verspricht.

Literaturverzeichnis

- [Ar03] Arnold, P.: Einführung in das Online-Lernen. Studienbrief im Rahmen des postgradualen Masterstudiengangs „Medien & Bildung“ der Universität Rostock. Derzernat Studium und Lehre der Universität Rostock, 2003.
- [AWG05] Alloway, T.; Wilson, G.; Graham, J.: Sniffy the Virtual Rat Pro, Version 2.0, 2. Auflage. Wadsworth Publishing, Belmont, 2005.
- [Ba04] Bates, B.: Game Design, 2. Auflage. Thomson Course Technology PTR, Boston, 2004.
- [De02] Debik, P.: Das Oszilloskop – ein Beispiel zur Gestaltung von Lehr- und Lernsoftware für virtuelle Laboratorien. Magisterarbeit, Technische Universität Berlin, 2002.
- [Dr90] Drosdowski, G. et al.: DUDEN Fremdwörterbuch. Dudenverlag, Mannheim, 1990.
- [Fo07] Fortney, K.: Using Second Life to Provide Corporate Blended Learning Solutions. In: Second Life Education Workshop 2007, Teil der Second Life Community Convention, Chicago, 24.-26. August 2007; S. 83-85.
- [Fr04] Fritzon, P.: Principles of Object-Oriented Modeling and Simulation with Modelica 2.1. IEEE Press, Piscataway, 2004.
- [GGM03] Glatz-Krieger, K.; Glatz, D.; Mihatsch, M.J.: Virtual Slides: High-Quality Demand, Physical Limitations, and Affordability. In: Human Pathology 34(10), 2003; S. 968-974.
- [HGB07] Hobbs, M.; Gordon, M.; Brown, E.: The Programming Playground. In: Massively Multi-Learner Workshop, Paisley, 22. März 2007.
- [JJ98] de Jong, T.; van Joolingen, W.R.: Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. In: Review of Educational Research 68(2), 1998, S. 179-201.
- [Jo00] van Joolingen, W.R.: Designing for Collaborative Discovery Learning. In: Intelligent Tutoring Systems – 5th International Conference (ITS 2000), Montréal, 19.-23. Juni 2000. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2000; S. 202-211.

- [LJM04] Lazonder, A.; de Jong, T.; Manlove, S.: Co-Lab: Research and Development of an Online Learning Environment for Collaborative Discovery Learning. In: AERA 2004, San Diego, 12.-16. April 2004.
- [Lo01] Lorenz, D.: Generische Ansätze zur Entwicklung hypermedialer biochemischer Lernlaborsysteme. Universität Bielefeld, 2001.
- [Ma04] Martens, A.: Ein Tutoring Prozess Modell für fallbasierte Intelligente Tutoring Systeme. Dissertation Universität Rostock. Akademische Verlagsgesellschaft Aka, Berlin, 2004.
- [Ma08] Martens, A.: Simulation in Teaching and Training. In (Tomei, L. Hrsg.): Encyclopedia of Information Technology Curriculum Integration. IGI Global, Hershey, 2008.
- [Ma01] Martens, A. et al.: Docs 'n Drugs – The Virtual Polyclinic. An Intelligent Tutoring System for Web-Based and Case-Oriented Training in Medicine. In: Proc. American Medical Informatics Conference, Washington, 2001. S. 433-437.
- [MDM08] Martens, A.; Diener, H.; Malo, S.: Game-Based Learning with Computers – Learning, Simulation, and Games. In (Pan, Z.; Cheok, A.D.; Müller, W. Hrsg.): Transactions on Edutainment I. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2008; S. 172-190.
- [MHE08] Martens, A.; Himmelspach, J.; Ewald, R.: Modeling, Simulation and Games. In (Lucke, U.; Kindsmüller, M.C.; Fischer, S.; Herczeg, M.; Seehusen, S. Hrsg.): Workshop Proceedings der Tagungen Mensch und Computer 2008, DeLFI 2008 und Cognitive Design 2008, Lübeck, 7. September 2008. logos Verlag, Berlin, 2008; S. 349-354.
- [Mi05] Mikunda, C.: Der verbotene Ort oder Die inszenierte Verführung. Unwiderstehliches Marketing durch strategische Dramaturgie. 2. Auflage. Redline, Frankfurt/Main, 2005.
- [Pa06] Pan, Z. et al.: Virtual Reality and Mixed Reality for Virtual Learning Environments. In: Computers & Graphics 30, 2006, S. 20-28.
- [RA03] Rollings, A.; Adams, E.: Andrew Rollings and Ernest Adams on Game Design. New Riders Games, Berkeley, 2003.
- [Ry07] Rymaszewski, M. et al.: Second Life. Das offizielle Handbuch. Wiley, Weinheim, 2007.
- [Sc92] Schank, R.C.: Goal-Based Scenarios. Technical Report #36, Northwestern University, Evanston, 1992.
- [SKR91] Schauble, L.; Klopfer, L.E.; Raghavan, K.: Students' Transition from an Engineering Model to a Science Model of Experimentation. In: Journal of Research in Science Teaching 28(9), 1991, S. 859-882.
- [Sc94] Schweinitz, J.: 'Genre' und lebendiges Genrebewußtsein. In: Montage/AV 3(2), 1994, S. 99-118.
- [To08] Toro-Troconis, M. et al.: Designing Game-Based Learning Activities for Virtual Patients in Second Life. In: Journal of CyberTherapy & Rehabilitation 1(3), 2008, S. 225-238.
- [We03] Weber, A.: Problem-Based Learning. Eine Lehr- und Lernform gehirngerechter und problemorientierter Didaktik. In (Zumbach, J. Hrsg.): Problembasiertes Lernen. Waxmann, Münster, 2003.
- [We07] Weusijana, B.K.A. et al.: Learning About Adaptive Expertise in a Multi-User Virtual Environment. In: Second Life Education Workshop 2007, Teil der Second Life Community Convention, Chicago, 24.-26. August 2007; S. 34-39.
- [Wh84] White, B.Y.: Designing Computer Games to Help Physics Students Understand Newton's Laws of Motion. In: Cognition and Instruction 1(1), 1984, S. 69-108.
- [Ye07] Ye, E. et al.: Appalachian Tycoon: an Environmental Education Game in Second Life. In: Second Life Education Workshop 2007, Teil der Second Life Community Convention, Chicago, 24.-26. August 2007; S. 72-76.
- [ZPK00] Zeigler, B. P.; Praehofer, H.; Kim, T. G.: Theory of Modeling and Simulation, 2. Auflage. Academic Press, San Diego, 2000.
- [Ze09] Zender, R. et al.: Pervasive Media and Messaging Services for Immersive Learning Experiences. In: 5th IEEE International Workshop on Pervasive Learning (PerEL 2009) im Rahmen der 7th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication (PerCom 2009), Galveston, 13. März 2009.