

---

# **Gamebasierte Motivationskonzepte für die Ausbildung an automatisierungstechnischen Anlagen**

***Dominik Grüntjens, Stefan Rilling, Ulrich Wechselberger***

*Arbeitsgruppe Computergrafik*

*Universität Koblenz, Universitätsstr. 1, 56068 Koblenz*

*0261 287 -2755 | -2734 | -2799*

*Fax 0261 287 -2735*

*dominik.gruentjens | rilling | wberger@uni-koblenz.de*

## **Zusammenfassung**

Motivation spielt vor allem bei komplexen Schulungsszenarien wie sie in Schulungen für automatisierungstechnische Anlagen vorkommen eine große Rolle, da eine hohe Motivation zu höheren Lern- und Schulungserfolgen führt. Doch wie kann man eine hohe Motivation in solchen Schulungsszenarien erreichen? Computerspiele motivieren Spieler und fesseln sie oft stundenlang vor den Computer. Dieser Umstand kann genutzt werden, um Schulungen motivierender zu gestalten, so dass sich die Lernenden gerne und vielleicht sogar freiwillig mit dem Stoff beschäftigen. Dabei eignen sich unter Umständen manche Motivationskonzepte besser als andere für die Übertragung auf die Schulung an einer automatisierungstechnischen Anlage. Wir schlagen ein Forschungsdesign vor, das es erlaubt, gamebasierte Motivationskonzepte zu formalisieren und auf gamebasierte Schulungskonzepte zu übertragen. Diese können dann bezüglich der Einsetzbarkeit in der Schulung an einer komplexen automatisierungstechnischen Anlage gegeneinander verglichen werden. Dazu wird ein geeignetes Motivationsmodell vorgestellt und aus diesem eine Methode zur formalen Analyse von Computerspielen hinsichtlich ihrer Motivationskonzepte erstellt. Mit Hilfe dieser Analyse wurden drei Spiele entwickelt, die mit einer vollständigen, simulationsbasierten virtuellen Version einer realen automatisierungstechnischen Anlage realisiert wurden. Mit Hilfe dieser Spiele wurden erste Benutzertests durchgeführt, um festzustellen, welche gamebasierten Motivationskonzepte für dieses Szenario am geeignetsten sind.

## **Schlüsselwörter**

Serious Games, Motivation, gamebasierte Schulung

## 1 Einleitung

Durch die wachsende Komplexität von Industrieanlagen spielen Schulungen für die Bedienung solcher Anlagen eine immer größere Rolle: Fachpersonal soll mit möglichst wenig Aufwand möglichst viele Kompetenzen erlangen. Dabei können neben konventionellen Wegen neue Ansätze entwickelt werden, die unter Umständen einen besseren Lernerfolg erzielen. Neben der bloßen Vermittlung von Wissen in solchen Schulungskonzepten spielt jedoch die Motivation des Lernenden eine große Rolle für den Schulerfolg. Wenn ein Lernender sich gerne mit der Schulung beschäftigt, wird der Lernerfolg höher sein. Schulungskonzepte könnten in diesem Bereich eventuell durch die hohe Motivation in Computerspielen profitieren. Dabei stellt sich die Frage, welche Motivationskonzepte aus Computerspielen besonders geeignet für die Übertragung auf Schulungskonzepte an einer komplexen automatisierungstechnischen Anlage sind und wie diese Motivationskonzepte überhaupt mit möglichst wenig Aufwand und Verlust übertragen werden können.

Um diese Frage beantworten zu können, stellen wir zunächst ein für Computerspiele geeignetes Motivationsmodell vor. Danach beschreiben wir eine automatisierungstechnische Anlage eines führenden Industriepartners, zu der eine komplett virtualisierte Version mit vollständig simulierter Funktionalität entwickelt wurde. Anschließend schlagen wir ein Verfahren für die formale Analyse von Motivationskonzepten in Computerspielen vor, das genutzt wurde, um drei Spiele mit unterschiedlichen Motivationskonzepten zu konzipieren. Diese Spiele wurden mit der virtualisierten Version der automatisierungstechnischen Anlage umgesetzt. Abschließend stellen wir ein Evaluationsdesign für die Evaluation der formal umgesetzten Motivationskonzepte vor und präsentieren erste Evaluationsergebnisse einer Präevaluation.

## 2 Game-based Learning: Motivation durch Unterhaltung

### 2.1 Serious Games: Unterhaltung als Motivator

„Serious Games“ verzeichnen stetig steigende Aufmerksamkeit in Forschung und Praxis. Aus unserer Sicht übernimmt das Motivationspotenzial der Spiele dabei eine entscheidende Funktion, da es Schwellen senken und die Bereitschaft zum (heute dringend nötigen) lebenslangen Lernen erhöhen kann. Worin genau besteht jedoch dieses Motivationspotenzial?

## 2.2 Motivation, Unterhaltung und Flow

Computerspiele motivieren **intrinsisch**. Sie stimulieren den Spieler nicht durch externe, positive oder negative Handlungsfolgen (z. B. Klausurnoten oder berufliche Beförderungen), sondern „von innen heraus“ ([Hek89], S. 455), durch Unterhaltung. Die Einflussfaktoren auf das Unterhaltungserleben sind bisher eher bruchstückhaft erforscht. Einen systematischen Ansatz zur Integration unterschiedlicher Dimensionen und Determinanten des Unterhaltungserlebens beim Computerspielen liefert Klimmt mit einer umfassenden Modellierung des Spielspaßes [Kli06a][Kli06b]<sup>1</sup>. Der Ansatz unterscheidet drei, durch ihre zeitliche Auflösung voneinander abgrenzbare Ebenen, die jeweils eigene Mechanismen des Unterhaltungserlebens aufweisen:

- 1) **Input-Output-Loops** (I-/O-Loops) bezeichnen die kleinste Einheit des Unterhaltungserlebens. Sie bestehen aus einer Eingabe seitens des Spielers (z. B. dem Drücken einer Taste) und der Reaktion seitens des Spiels (z. B. dem Abfeuern einer virtuellen Waffe). Diese Reaktion ist dann wiederum der Ausgangspunkt für die nächste Eingabe des Spielers (z. B. dem Drücken einer weiteren Taste zum Nachladen der Waffe). So entstehen schnell abfolgende Interaktionsschleifen. Die hier zum Tragen kommenden Mechanismen des Unterhaltungserlebens werden von Klimmt unter dem Begriff „**Selbstwirksamkeitserleben**“ zusammengefasst und versetzen den Spieler in einen Zustand, in dem er seine eigene, direkte Einflussnahme auf das Geschehen im Spiel wahrnehmen, sich selbst also als Ursache erleben kann. Computerspiele bieten dank unmittelbaren und großzügigen Feedbacks besonders intensives Selbstwirksamkeitserleben.
- 2) **Episoden** bestehen aus vielen, miteinander verknüpften I-/O-Schleifen. Eine Episode beginnt mit einer Ausgangslage, die dem Spieler bestimmte (a) Handlungsnotwendigkeiten und (b) Handlungsmöglichkeiten bietet. Der Spieler vollzieht daraufhin eine (c) ihm angemessen erscheinende Handlung und provoziert so ein (d) Ergebnis. Episoden stellen somit kleinere narrative Einheiten dar. Auf dieser Ebene wird der Mechanismus „**Spannung und Lösung**“ unterhaltungswirksam. Der zu Beginn einer Episode noch ungewisse Ausgang erzeugt, gepaart mit dem Handlungsdruck, Spannung beim Spieler, die über das Handeln wieder reduziert wird. Dies führt zu positiven Emotionen beim Spieler.
- 3) **Spielsitzungen** stellen eine Erweiterung der zeitlichen Perspektive über einzelne Spielepisoden hinaus dar. Sie bilden größere narrative Einheiten, meist vollständige Geschichten. Hiermit lassen sie die Spielerrolle sowie den umfassenden Spannungsbogen der Erzählung hervortreten und dokumentieren ganze Entwicklungslinien (zu Erzählstrukturen vgl. auch [Gla04]). Auf dieser Ebene tritt der Unterhaltungsmechanismus „**simulierte Lebenserfahrungen**“ zu Tage. Er basiert auf der Möglichkeit des Spiels, den Spieler an attraktiven, aber in der Realität jedoch un-

<sup>1</sup> Klimmt beschränkt sich auf die Situation eines einzelnen Spielers und blendet damit die sozialen Aspekte, wie sie etwa bei Multiplayer-Games zur Geltung kommen, aus. Für den Fokus unserer Überlegungen soll dies genügen.

zugänglichen oder zu riskanten Erfahrungen teilhaben zu lassen und sich mit der Handlungsrolle zu identifizieren. Beides wird vom Spieler emotional positiv bewertet.

Der Fokus der vorliegenden Arbeit richtet sich auf die erste (und in Anteilen auch auf die zweite) Ebene und den darin zum Tragen kommenden Mechanismen des Selbstwirksamkeitserlebens. Die Voraussetzungen dieses Selbstwirksamkeitserlebens wurden von Csikszentmihalyi in dessen **Flow**-Konzept behandelt<sup>2</sup>. Csikszentmihalyi nennt folgende Anforderungen, die zum Erlangen einer Kontrollüberzeugung (und damit auch zum Flow-Erleben) nötig sind ([Csi08], S. 61-75):

- Die Herausforderungen müssen der Leistungsfähigkeit der Handelnden entsprechen. Unterforderung dagegen führt zu Langeweile, Überforderung zu Sorge.
- Ziele und die Mittel zu deren Erreichung müssen klar verständlich und eindeutig sein.
- Die handelnde Person muss eindeutige Rückmeldung über den Erfolg einer Aktion erfahren.

Um den Flow-Zustand gezielt herbeizuführen, wurden von uns Herausforderungen in Computerspielen formal analysiert, da gerade diese die genannten Bedingungen des Flow-Erlebens maßgeblich modellieren. Das Verfahren wird im Folgenden vorgestellt.

### **3 Framework für eine virtuelle automatisierungstechnische Anlage**

Für die Erforschung neuer Trainingskonzepte wurde eine voll simulierte virtuelle Version einer realen automatisierungstechnischen Forschungsanlage entwickelt. Für die Visualisierung der virtuellen Anlage kommt eine Game Engine (Vision Game Engine) zum Einsatz. Das ursprüngliche CAD-Modell der Anlage wurde für den Einsatz in einem Echtzeitrenderingsystem manuell aufbereitet. Für die Modellierung von physikalisch basiertem Objektverhalten wird auf eine Physikengine (NVIDIA PhysX) zurückgegriffen.

---

<sup>2</sup> Das Flow-Erleben wurde in [ERV05] auch unmittelbar mit Lernleistungen verknüpft und erlangt vor dem Hintergrund spielbasierten Lernens somit besondere Bedeutung für den vorliegenden Artikel.

### 3.1 Die Anlage

Ein virtuelles, voll funktionsfähiges Abbild einer automatisierungstechnischen Modelanlage (Abbildung 1) stellt den zentralen Forschungsgegenstand unserer Arbeit dar. Die reale Anlage simuliert Prozessabläufe in der Automatisierungsindustrie. Sie besteht aus diversen Modulen, welche unterschiedliche Arbeitsprozesse realisieren, hauptsächlich das Befüllen, Verdeckeln und Einlagern kleiner Glasflaschen. Die Flaschen werden durch die Anlage bewegt, abgescannt und der internen Datenhaltung zugeordnet. Die Anlage ist nicht für den Produktivbetrieb ausgelegt, sondern dient der Erforschung und Erprobung neuer Technologien innerhalb einer realistischen Kulisse. Am Beispiel dieser Anlage soll der Einsatz virtueller Umgebungen untersucht werden. Das Haupt-Anwendungsspektrum stellt hierbei der Bereich Schulung und Training dar.

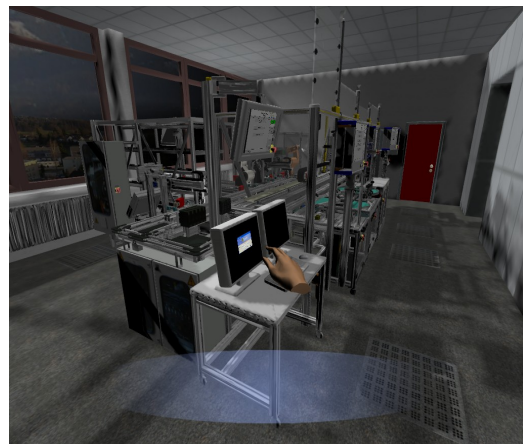


Abbildung 1: Automatisierungstechnische Versuchsanlage, real und virtuell

### 3.2 Systemarchitektur

Nach der Aufbereitung der digitalen Inhalte besteht der nächste Schritt auf dem Weg zur Simulation in der Modellierung der funktionalen Komponente. Um einen möglichst hohen Realitätsgrad zu erzielen und flexibel auf zukünftige Anforderungen reagieren zu können, wurden die wesentlichen Datenstrukturen und Datenflüsse der Anlage möglichst genau abgebildet. Die Architektur der Applikation ist modular aufgebaut. Das System vereinigt deklarative zustands- und regelbasierte Methoden zur Modellierung des Objektverhaltens.

Objekte mit dynamischem Verhalten (DO) werden als atomare Entitäten modelliert, welche ihre Funktionalität und Verhalten mittels verschiedener Komponenten bereitstellen (vgl. [Dac04]). Die Kommunikation zwischen den einzelnen DO, deren Komponenten sowie zwischen den verschiedenen Applikationsmodulen wird mittels eines Eventsystems realisiert. Events werden mittels des Subject-Observer Patterns implementiert, wobei in diesem Kontext ein Event die Rolle des Subjects einnimmt, während die Er-

eignisempfänger den Observer darstellen. Die durch ein Event ausgelösten Aktionen werden als Funktionsaufruf in den registrierten Observern realisiert.

Die Komponenten eines DO abstrahieren Funktionalität von den verwendeten Middleware-Systemen. Jede Komponente kann sowohl Events versenden, als auch Events empfangen und die entsprechenden Reaktionen implementieren. Im Rahmen dieser Arbeit sind vor allem Graphikkomponenten, Zustandskomponenten und Interaktionskomponenten von Bedeutung.

Die *Graphikkomponente* stellt hierbei eine Schnittstelle zum zugrundeliegenden Visualisierungssystem der Game-Engine zur Verfügung. Die Komponente realisiert das Laden von Geometriedaten, das Setzen von Position und Orientierung der graphischen Repräsentationen sowie das Auswählen und Starten von statischen Animationen. Die Information, mit welcher Interaktionstechnik mit einem Objekt interagiert werden kann, sowie dessen Reaktion werden an den virtuellen Objekten selbst mittels *Interaktionskomponenten* annotiert (vgl. [Kal99]).

Diskrete Zustände und Zustandsübergänge werden in der *Zustandskomponente* implementiert. Hierbei können für jeden Zustand ein- und ausgehende Events angegeben werden. Eingehende Events können einen Zustandsübergang auslösen, ausgehende Events können bei Erreichen eines neuen Zustandes, bei Verlassen eines Zustandes bzw. beim Verweilen in einem Zustand ausgelöst werden.

### 3.3 Benutzerinteraktion und Objektverhalten

Im Rahmen dieser Arbeit kam eine Raycast-Selektionstechnik für die Interaktion des Benutzers mit den verschiedenen Anlagenteilen zum Einsatz. Eine Hauptaufgabe innerhalb der Applikation ist das Betätigen von an der virtuellen Anlage angebrachten Schaltern. Das Verhalten der Schalter wirkt sich hierbei sowohl auf deren graphische Repräsentation als auch auf die gesamte Applikationslogik aus. Abbildung 2 zeigt einen vereinfachten exemplarischen Ablauf. Events werden als gestrichelte Pfeile dargestellt. Die virtuellen Schalter sind als Dynamische Objekte mit dazugehöriger Graphik-, Interaktions- und Zustandskomponente modelliert. Die Raycast-Selektion ermittelt das zu selektierende DO und versendet ein Event, welches von der Interaktionskomponente des virtuellen Schalters empfangen wird. Als Reaktion auf die Benutzerinteraktion wird mittels eines Events in der Zustandskomponente ein Übergang zwischen den beiden Zuständen „Ein“ und „Aus“ initiiert. Die beiden Zustände versenden ihrerseits Events an die Graphikkomponente des Schalters, welche dort das Starten der entsprechenden Animation auslösen und somit das visuelle Feedback realisieren. Gleichzeitig können von den Zuständen weitere Events an entsprechende Stellen der Applikationslogik versendet werden und so ein Verhalten mit komplexer Semantik realisieren.

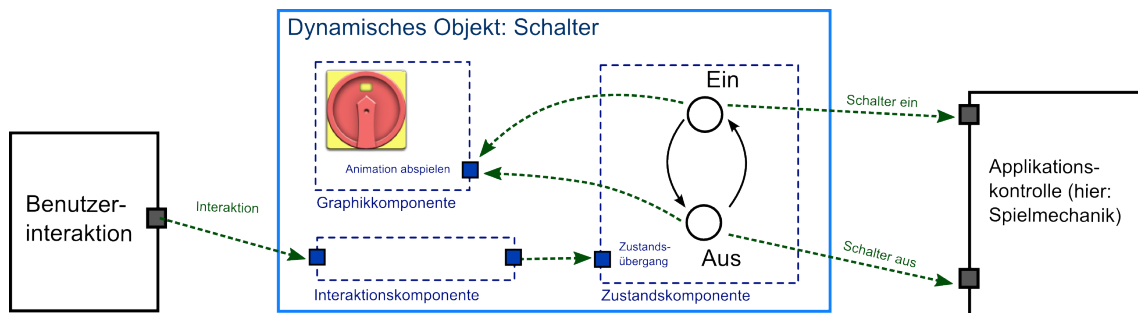


Abbildung 2: Interaktion und Objektverhalten

Die Applikationslogik umfasst hierbei die Spielmechanik. Events lösen Änderungen der Spielmechanik aus, wie z. B. das Ändern von Punkteständen oder das Vermerken von erfüllten Aufgaben. Dabei sind die internen Zustände der Spiellogik zu berücksichtigen: Ist beispielsweise eine Aufgabe mit einem Timer versehen, kann sie nur dann noch erfüllt werden, wenn der Timer nicht abgelaufen ist.

#### 4 Formale Analyse von Computerspielen hinsichtlich ihrer Motivationskonzepte

In Kapitel 1 wurden unter anderem Input-Output-Loops und Episoden als Ebenen des Unterhaltungserlebens vorgestellt. Diese Ebenen sollen nun in Form von Herausforderungen formalisiert werden. Eine Herausforderung ist „a situation in which the outcome desired by the player requires an effort to accomplish“ ([Sic08]). Sie stellen Episoden dar und ihre Überwindung betrifft direkt die Input-Output-Loops. Um Herausforderungen in Computerspielen formalisieren zu können, wurde ein Analyseverfahren für Herausforderungsstrukturen in Spielen entwickelt. Im Game Design werden Herausforderungshierarchien als zentrales Instrument zur Konzeptionierung von Spielabläufen eingesetzt ([AR07], S. 280ff). Herausforderungen wie beispielsweise „Besorge einen Gegenstand“ oder „Besiege einen Gegner“ werden hierarchisch in einem Baum angeordnet. Mit diesem Analyseverfahren lässt sich eine erweiterte Herausforderungshierarchie eines Spiels erstellen, die neben den Herausforderungen noch weitere für die Motivation wichtige Aspekte berücksichtigt. Merkmale von Herausforderungen decken sich teilweise mit den Bedingungen für Flow-Erleben. Während der Analyse eines Spiels wird der so erstellte Analysebogen in bestimmten Intervallen ausgefüllt.

Eine Herausforderung darf nicht zu einfach oder zu schwierig sein: „players want to fail as well as win“ ([Juu09]). Nicht jeder Spieler empfindet jedoch alle Herausforderungen als gleich schwierig: „When you're deciding how difficult you want your game to be, think about both skill levels and stress, and keep your target audience in mind“ ([AR07], S. 288). Eine Herausforderung motiviert also genau dann, wenn ihr Schwierigkeitsgrad für die Zielgruppe angemessen ist. Ein angemessener Schwierigkeitsgrad ist für das Flow-Empfinden Bedingung. Die Abwechslung von aufregenden und ruhigen

Spielteilen wird von [Hon08] als motivierend identifiziert: „The most intense points of engagement in the titles in our study were often the result of calm moments“ ([Hon08]). Herausforderungen mit knappem Zeitlimit werden genau dann als noch spannender empfunden, wenn ruhigere Momente zwischen ihnen liegen. Trifft ein Spieler zum ersten Mal auf eine bisher unbekannte Herausforderung, so motiviert die Neuheit dieser Herausforderung: „Novelty of the first encounter with this enemy makes the gameplay intensely engaging“ ([Hon08]). Es gibt implizite Herausforderungen, über die der Spieler nicht explizit informiert wird, bei expliziten Herausforderungen wird dagegen der Spieler direkt vom Spiel über die Herausforderung informiert (vergleiche [AR07], S. 281). Beispielsweise könnte die explizite Herausforderung „Gelange auf die andere Seite des Flusses“ aus mehreren impliziten Herausforderungen wie beispielsweise „Besorge einen Krug Bier“ und „Besteche mit dem Bier den Brückenwächter“ zusammengesetzt sein.

## **4.1 Analyse und Ergebnisse**

Das vorgestellte Verfahren wurde auf die drei Computerspiele Vampire: Bloodlines, Tetris und Armadillo Run angewendet, da sie völlig unterschiedliche Spielkonzepte verfolgen. Während Vampire: Bloodlines ein Action-Rollenspiel ist, bei dem der Spieler Quests erhält, die er erfüllen muss, stellt Tetris eines der ältesten und bekanntesten Computerspiele dar. Seine Spielmechanik beschränkt sich auf wenige Elemente, die aber offenbar ausreichen, um Spieler seit Jahrzehnten zu vereinnahmen. Bei Armadillo Run schließlich handelt es sich um ein physikbasiertes Spiel, bei dem ein Gürteltier mit Hilfe verschiedener Elemente in ein vorgegebenes Ziel befördert werden muss. Durch diese Auswahl sollten drei möglichst unterschiedliche Motivationskonzepte formalisiert werden. Im Folgenden werden die Analyseergebnisse dieser Spiele zusammenfassend vorgestellt.

### **4.1.1 Tetris**

Tetris besitzt eine einfache Herausforderungsstruktur mit optimierbaren Herausforderungen: Der Spieler muss nicht viel lernen, sondern konzentriert sich auf wenige, schnell erlernbare Handlungen, bei denen herabfallende Steine in eine Steinstruktur sortiert werden. Dies kann durch Üben immer weiter verbessert werden. Der Einstieg in das Spiel ist einfach und unkompliziert. Dabei wird Schwierigkeit ausschließlich durch Zeitdruck erzeugt - stünde für ein Tetris-Spiel unendlich viel Zeit zur Verfügung, besäße die möglichst effiziente Einordnung von Steinen keine Schwierigkeit. Weiterhin kann bei vielen Tetris-Implementationen das Spiel nicht endgültig bezwungen werden: Das Spiel wird immer schneller bis man auf die herabfallenden Steine selbst mit langem Training kaum noch reagieren kann. Es ist jedoch möglich, die vorherige Punktzahl immer noch etwas zu übertreffen.

### **4.1.2 Armadillo Run**

Der Spieler kann durch Herumexperimentieren mögliche Lösungen für ein Level ausprobieren. Wenn er dabei die Herausforderung eines Levels mit einer Lösung nicht überwindet, kann er das Level beliebig oft neu beginnen. Die Konsequenz beim Scheitern eines Levels ist also lediglich, dass das Level neu begonnen werden muss. Darüber hinaus sind die Herausforderungen optimierbar: Durch Kreativität können neue Lösungen erschlossen werden, bei denen mehr Budget übrigbleibt. Durch die Optimierungsmöglichkeit und das Ausprobieren neuer Lösungsansätze kann von einer relativ hohen Langzeitmotivation ausgegangen werden.

### **4.1.3 Vampire: Bloodlines**

Der Spieler möchte alle Quests des Spiels absolvieren und kann eine komplexe Geschichte mit verschiedensten Herausforderungen und Nebenhandlungen durchleben. Außerdem werden die Herausforderungen in eine greifbare Geschichte verpackt, die dem Spieler stets erklärt, warum er eine Herausforderung angehen soll und Hinweise darauf gibt, wie er die Herausforderung absolvieren kann. Ruhige Handlungsstränge, in denen Dialoge geführt oder Gegenden erkundet werden, wechseln sich mit actionreichen Kampfepisoden ab.

## **5 Konzeption von Spielen mit gamebasierter Motivation im Setting einer automatisierungstechnischen Anlage**

Die Ergebnisse der Analyse wurden als Grundlage für die Erstellung von drei prototypischen, vergleichbaren Schulungsspielen rund um eine automatisierungstechnische Anlage verwendet. Im Vordergrund stand die Umsetzung der Motivationskonzepte in einer prototypischen Schulungsumgebung für das Erlernen der Bedienung einer automatisierungstechnischen Anlage. Die Kompetenzentwicklung spielte eine untergeordnete Rolle, aber es wurde dennoch darauf geachtet, dass die Spiele direkten Bezug zu der Schulung hinsichtlich der Anordnung der Anlagenteile und der Schalter einer automatisierungstechnischen Anlage besitzen. Dieser Kompetenzbereich stellt einen eigenen Schulungsblock im Schulungskonzept der echten automatisierungstechnischen Anlage dar. Fokus in dieser Arbeit bei der Konzeption lag in der Übertragung der Motivationskonzepte und nicht in der Erstellung von Schulungskonzepten oder der Erzielung von messbaren Lerneffekten. Bei der Konzeption der Spiele sollten die analysierten Herausforderungshierarchien möglichst unverfälscht umgesetzt werden. Deshalb wurden die Herausforderungshierarchien direkt in Klassendiagramme überführt, die als Grundlage für die Umsetzung von drei prototypischen Spielen dienen sollten. Herausforderungen wurden in Klassen modelliert, in denen wichtige Mechaniken gekapselt werden. Diese Me-



### **5.1 Spiel 1: SmAshing Gnome**

Herausforderungen in Tetris wiederholen sich ständig: Man muss immer wieder vollständige Steinreihen bilden und Steine in die Steinstruktur einordnen. Schwierigkeit entsteht durch ständigen Zeitdruck, der im Verlauf des Spiels zunimmt. Daraus wurde eine erste Spielidee abgeleitet, bei der man unter Zeitdruck verhindern muss, dass die Industrieanlage Stück für Stück von einem immer schneller werdenden Gnom abgeschaltet wird. Der Spieler muss sich ständig um die Anlage bewegen und ausgeschaltete Anlagenteile wieder einschalten. Ausgeschaltete Anlagenteile beginnen zu brennen. Die Herausforderung „Ordne einen Stein in die Steinstruktur“ aus Tetris wird zu „Schalte eine Anlage wieder ein“ in SmAshing Gnome. Statt eine günstige Steinstruktur zu bauen muss der Spieler einen möglichst günstigen Weg um die Anlage finden, so dass er möglichst viele Anlagenteile mit möglichst wenig Aufwand erreichen kann. Der Spieler gerät in immer größere Bedrängnis, bis er schließlich keine Chance mehr hat, zeitlich mitzuhalten. Letzten Endes verliert der Spieler also genaugenommen immer, er kann aber die Zeitspanne bis zum Verlieren maximieren und erhält dadurch eine möglichst hohe Punktzahl.

### **5.2 Spiel 2: SmArmadilloGnome**

Das zweite Spiel soll wie Armadillo Run die Möglichkeit zum Experimentieren bieten und Lösungen sollen optimierbar sein. Daraus entstand das Spiel „SmArmadilloGnome“. Darin muss der Spieler einen Weg für den Gnom planen, der es ihm erlaubt, die gesamte Anlage auszuschalten. In jedem Level steht jedoch nur eine beschränkte Gesamtweglänge zur Verfügung. Der Spieler sieht ständig die Länge des aktuell gebauten Weges. Die oberste Herausforderung ist die gleiche wie in Armadillo-Run: Es sind alle Levels zu absolvieren. Jedes Level stellt selbst eine Herausforderung dar. Die Herausforderung, das Gürteltier in die blaue Zone zu bringen, wird also transformiert in die Herausforderung, alle blauen Flächen zu überlaufen. Die Herausforderung, das zur Verfügung stehende Geldbudget nicht zu überschreiten, wird zu der Herausforderung, die maximale Gesamtweglänge nicht zu überschreiten.

### **5.3 Spiel 3: SmAmpire**

Vampire: Bloodlines besitzt eine komplexe Herausforderungshierarchie mit vielen Unterteilungen. Daraus wurde ein dritter Ansatz für einen Prototypen abgeleitet, bei dem ebenfalls Quests vergeben werden, die sich in Unteraufgaben aufteilen. Vor allem das Tutorial von Vampire, in der der Vampir Jack eine Einführung in das Spiel gibt, eignet sich als Vorbild für die Einführung in die Anlage. In dieser Phase wird extrem viel über Spielwelt und Spielmechanik vermittelt. Deshalb wurde im dritten Spiel ein Tutorkonzept mit Quests umgesetzt. Der Spieler übernimmt die Rolle eines Zerstörungsgnommen in der Ausbildung. Manche Quests besitzen ein Zeitlimit, um Abwechslung von ruhige-

ren und anspruchsvollen Herausforderungen zu schaffen, was nach [Hon08] positive Auswirkungen auf die Motivation erzeugt. Die Aufgaben wurden bewusst humorvoll gestaltet und ergeben eine Geschichte, um ein möglichst spielerisches Erlebnis zu erreichen.

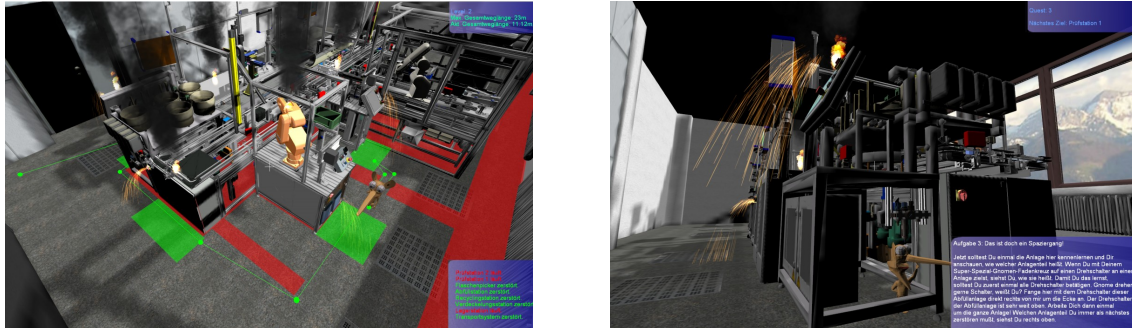


Bild 2: Screenshots aus SmArmadilloGnome (links) und SmAmpire (rechts)

## 6 Evaluation und Bewertung

Das vorgestellte Forschungsdesign sollte in einer Präevaluation mit niedriger Stichprobengröße zunächst getestet werden. Dazu wurden mehrere Annahmen bezüglich der Motivation aufgestellt, die mit Hilfe einer Unterschiedshypothesenuntersuchung statistisch überprüft wurden. Zentrale Annahme war hierbei, dass die unterschiedlichen Motivationskonzepte unterschiedlich starkes Flow-Empfinden bei den Probanden erzeugen. Die zentralen Tendenzen der Stichproben wurden miteinander verglichen, um so festzustellen, welche Motivationskonzepte die höchste Motivation durch Flow-Erleben erzeugen. Die Daten wurden mit dem Wilcoxon-Test für Paardifferenzen in abhängigen Stichproben analysiert, mit dem sich zentrale Tendenzen zweier Stichproben untersuchen lassen.

Die Evaluation wurde mit 11 Probanden durchgeführt. Es kamen zwei validierte Fragebögen zum Einsatz, wovon der erste die aktuelle Motivation in Lern- und Leistungssituationen nach einer Aufgabenstellung und vor ihrer Bearbeitung misst (siehe [RVB01]) und der zweite das Flow-Erleben während einer Tätigkeit (siehe [RVE03]). Die Probandengruppe beinhaltete 2 Frauen und 9 Männer, das Durchschnittsalter lag bei 28,82 Jahren. Die wöchentliche Spielzeit der Probanden variierte von 0 bis 54 Stunden, womit ein breites Spektrum an Spielverhalten abgedeckt wurde. Drei der Probanden wurden bei einem Industriepartner getestet. Diese Probanden besaßen Erfahrungen mit der Anlage. Die restlichen Probanden besaßen keinerlei Erfahrung mit der Anlage. Jeder Proband testete jeden Prototypen. Da es sein könnte, dass das Ergebnis durch die Reihenfolge der Spiele verfälscht werden könnte und die zur Verfügung stehende Probandenzahl nur relativ niedrig war, wurde jeder der elf Probanden zufällig einer Permutationsgruppe zu-

geteilt. Jede Permutation wurde von zwei Probanden durchlaufen<sup>1</sup>. Der Ablauf der Evaluation für jedes Spiel sah folgendermaßen aus:

- Der Proband schaut sich ein einminütiges Instruktionsvideo an,
- er füllt einen Fragebogen zur momentanen Einstellung (Messung von Interesse und Empfinden gegenüber der Angemessenheit der gestellten Herausforderungen) aus,
- er spielt das Spiel zehn Minuten lang (wobei den Probanden vorher nicht gesagt wurde, wie lange sie spielen werden),
- das Spielen wird durch den Evaluationsleiter unangekündigt unterbrochen, der Fragebogen zur Erfassung des Flow-Erlebens wird unmittelbar ausgefüllt,
- der Proband kann Verbesserungsvorschläge anbringen.

Nach der Instruktion und vor dem Spielen der Prototypen empfanden die Probanden alle gestellten Aufgaben als gleich angemessen. Dabei erreichte SmAshingGnome einen durchschnittlichen Wert von 5,4, SmArmadilloGnome 5,32 und SmAmpire 5,45<sup>2</sup>. Außerdem war das Interesse der Probanden an allen Spielen nach der Instruktion gleich hoch: SmAshingGnome erreichte einen durchschnittlichen Wert von 5,2, während SmArmadilloGnome und SmAmpire mit durchschnittlich 4,9 bewertet wurden<sup>3</sup>. Bezüglich des Herausforderungsempfindens oder Interesses der Probanden lassen sich nach den Instruktionsvideos noch keine Unterschiede in der Motivation der Probanden feststellen.

Während des Spielens wurden die Probanden unangekündigt unterbrochen und mussten den Fragebogen zum Flow-Empfinden ausfüllen. Die gemittelten Flow-Werte der drei Spiele sind alle durchweg hoch (SmAshingGnome 5,82, SmArmadilloGnome 5,45, SmAmpire 5,36), wobei SmAshingGnome einen etwas höheren Durchschnittswert als die anderen beiden Spiele aufweist. Höchstwert für das Flow-Empfinden ist 7. Die zentralen Tendenzen bezüglich des Flow-Erlebens der Spiele wurden statistisch analysiert. Dabei konnten jedoch keine signifikanten Tendenzen festgestellt werden. Es hat sich eine Tendenz abgezeichnet, dass SmAshingGnome, also der Tetris-Ansatz, das höchste Potential zur Flow-Erzeugung besitzt. Dies müsste jedoch in einem größeren Benutzer-test weiter untersucht werden.

---

<sup>1</sup> Eine Permutation konnte aufgrund der niedrigen Probandenzahl nur von einem Probanden durchlaufen werden.

<sup>2</sup> Ein Wert von 1 bedeutet, dass eine Herausforderung als unangemessen angesehen wird, ein Wert von 7 bedeutet, dass die Herausforderung als optimal angemessen angesehen wird.

<sup>3</sup> Ein Wert von 1 bedeutet niedriges Interesse, 7 höchstes Interesse.

Proband	SmAashingGnome	SmArmadilloGnome	SmAmpire
1	6	4,5	7
2	7	6,5	6
3	6,5	6	6
4	6,5	7	4,5
5	7	6	5
6	6	6	6
7	6	6,5	7
8	1,5	1,5	1
9	5	6	6
10	7	6	6,5
11	5,5	4	4
Mittelwert	5,82	5,45	5,36

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Flow-Werte. Höchstwert ist 7, Niedrigstwert 1.

Wir haben ein Forschungsdesign vorgestellt, mit dem sich Motivationskonzepte in Computerspielen formalisiert auf gamebasierte Schulungskonzepte für komplexe Anlagen übertragen lassen. Mit den Konzepten, die sich auf diese Weise herleiten lassen, ist es möglich, motivierende Schulungskonzepte zu entwickeln und einzusetzen. Für die Umsetzung wurde das virtuelle Abbild einer real existierenden Anlage genutzt, die vollständig simuliert wird. Mit dem Framework zu dieser virtuellen Anlage und dem hier vorgestellten Verfahren zur Übertragung gamebasierter Motivationskonzepte können in einem nächsten Schritt vollständige Schulungskonzepte erstellt werden, die gamebasierte Motivationskonzepte mit Kompetenzvermittlung verbinden. Außerdem wurde ein Verfahren zur Evaluierung und Bewertung dieser Schulungskonzepte vorgestellt.

## Danksagung

Dieses Projekt wurde durch die Unterstützung des BMBF ermöglicht.

## Literatur

- [AR07] ROLLINGS, A, ADAMS, E.: Game Design and Development - Fundamentals of Game Design. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 2007
- [Csi08] CSIKSZENTMIHALYI, M.: Das flow-Erlebnis. 10. Auflage, Klett-Cotta-Verlag, Stuttgart, 2008
- [Dac04] DACHSELT, R.: Eine deklarative Komponentenarchitektur und Interaktionsbausteine für dreidimensionale multimediale Anwendungen. Dissertation, TU Dresden, 2004
- [ERVB05] ENGESER, RHEINBERG, VOLLMMEYER, BISCHOFF: Motivation, Flow-Erleben und Lernleistung in universitären Lernsettings. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 2005
- [GLA04] GLASSNER, A. S.: Interactive storytelling: Techniques for 21st century fiction. A.K. PETERS, NATICK, 2004

- [HEK89] HECKHAUSEN, H.: Motivation und Handeln. Zweite Auflage. Springer Verlag, Berlin u. a., 1989
- [HON08] HONG, T.: Shoot to Thrill: Bio-Sensory Reactions to 3D Shooting Games, 2008
- [JUJ09] JUUL, J.: Fear of Failing? The Many Meanings of Difficulty in Video Games, 2009
- [Kal99] KALLMANN, M. UND THALMANN, D.: Direct 3D interaction with smart objects. VRST '99: Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology, 1999
- [Kli06a] KLIMMT, C.: Computerspielen als Handlung: Dimensionen und Determinanten des Erlebens interaktiver Unterhaltungsangebote. Halem, Köln, 2006
- [Kli06b] KLIMMT, C.: Zur Rekonstruktion des Unterhaltungserlebens beim Computerspielen. In: KAMINSKI, W.; LORBER, M. (Hrsg.): Computerspiele und soziale Wirklichkeit. kopaed, München, 2006, S. 65-77
- [Pac08] PACE, S.: Immersion, Flow And The Experiences of Game Players, 2008
- [RVB01] RHEINBERG F., VOLLMEYER, R., BRUCE, D.: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen, 2001
- [RVE03] RHEINBERG F., VOLLMEYER, R., BURNS, ENGESER, S.: Die Erfassung des Flow-Erlebens, 2003
- [Sic08] SICART, M.: Defining Game Mechanics, 2008

## Autoren

**Dipl.-Inform. Dominik Grüntjens** Jg. 1982, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Computergraphik der Universität Koblenz. Er beschäftigt sich dort unter anderem mit dem Einsatz von Computerspielkonzepten und -technologien in Mixed-Reality-Anwendungen.

**Dipl.-Inform. Stefan Rilling** Jg. 1979, ist seit August 2007 wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Computergraphik der Universität Koblenz. Seit März 2008 arbeitet er am Projekt AVILUS im Bereich Benutzerinteraktion und Bedienmetaphern aus dem Computerspielumfeld. Sein Forschungsinteresse gilt der Modellierung von Objektverhalten und Interaktion in dreidimensionalen virtuellen Umgebungen.

**Dipl.-Päd. Ulrich Wechselberger** Jg. 1976, ist Erziehungswissenschaftler an der Universität Koblenz-Landau. Er forscht dort am Institut für Computervisualistik derzeit am Einsatz virtueller Technologien und Serious Games in der Industrie. Seine Arbeits- und Forschungsschwerpunkte liegen in der Medienpädagogik und im Game-based Learning.