

# Erstellung, Steuerung und Evaluation von Serious Games

*Authoring, Control and Evaluation of Serious Games*

Stefan Göbel · Florian Mehm  
Viktor Wendel · Johannes Konert  
Sandro Hardy · Christian Reuter  
Michael Gutjahr · Tim Dutz

## Serious Games – Verständnis, Potenzial und Herausforderungen

Oftmals werden Serious Games mit Lernspielen gleichgesetzt; auch werden die Begriffe Serious Games und gamification fälschlicherweise synonym genutzt. Abbildung 1 illustriert das Verständnis der Autoren dieses Beitrags von Serious Games:

„Serious Games sind Spiele mit einem übergeordneten Zweck abgesehen der reinen Unterhaltung. Im Kern werden Game-Technologien und spielerische Ansätze genutzt, mit weiteren Technologien und (wissenschaftlich-technischen) Ansätzen und Konzepten kombiniert, und in einem breiten Spektrum an Anwendungsbereichen genutzt.“

Wesentliche wissenschaftlich-technische Herausforderungen – „Grand Challenges“ in Serious Games – umfassen unserer Meinung u. a. die (kosten-)effiziente Erstellung (*Authoring*), die personalisierte Steuerung (*Control*) und die Bestimmung von Effekten (*Evaluation*) von Serious Games. Diese Aspekte werden im Folgenden aufgegriffen und erarbeitete Methoden, Konzepte und Lösungsansätze – speziell im Kontext von Referenzbeispielen in den Bereichen Bildung, Training, Sport und Gesundheit – präsentiert. Weitere zur erfolgreichen Produktion und Markteinführung relevante Herausforderungen wie ökonomische oder ethisch-rechtliche Aspekte werden in diesem Beitrag nicht berücksichtigt.

## Erstellung von Serious Games im interdisziplinären Team

Bei der Erstellung eines Serious Games sind mehrere Faktoren zu berücksichtigen:

1. Typischerweise erfolgt die *Entwicklung in einem interdisziplinären Team*, bestehend aus (für Spiele-Produktionen üblich) Game Designer,



Abb. 1 Verständnis Serious Games (Göbel, Serious Games Conference 2010)

Content-Produzenten (Grafiker, Sound-Spezialisten) und Programmierern sowie (dezidiert notwendig bei Serious Games) Fachexperten aus den jeweiligen Anwendungsbereichen, z. B. Lehrer, Wissenschaftler bei Lernspielen oder Ärzte und Therapeuten bei Gesundheitsspielen. Hierfür müssen geeignete Mechanismen, Prozesse und Tools bereitgehalten werden, die die Kollaboration zwischen den Beteiligten unterstützt.

2. Eng damit verbunden ist die Unterstützung von Autoren (z. B. den Fachexperten, oftmals mit

DOI 10.1007/s00287-014-0824-2  
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Stefan Göbel · Florian Mehm · Viktor Wendel  
Johannes Konert · Sandro Hardy · Christian Reuter  
Michael Gutjahr · Tim Dutz  
Technische Universität Darmstadt,  
Fachgebiet Multimedia-Kommunikation (KOM),  
Rundeturmstraße 10, 64283 Darmstadt  
E-Mail: {stefan.goebel, florian.mehm, viktor.wendel,  
johannes.konert, sandro.hardy, christian.reuter,  
michael.gutjahr, tim.dutz}@kom.tu-darmstadt.de

## Zusammenfassung

Serious Games sind hochkomplex. Sie verbinden Game-Technologien und spielerische Konzepte mit weiteren Technologien und relevanten Konzepten für die verschiedenen Einsatzgebiete von Serious Games. Im Beitrag werden wissenschaftlich-technische Methoden, Konzepte und Software-Lösungen zur Erstellung, Steuerung und Evaluation von Serious Games vorgestellt, die in der Gruppe Serious Games am Fachgebiet Multimedia Kommunikation der TU Darmstadt entwickelt wurden. Praxisbeispiele umfassen die Bereiche Bildung und Training sowie Sport und Gesundheit.

geringen oder keinen Programmierkenntnissen) bei der Erstellung von interaktiven Spielen, Spielsituationen und -sequenzen.

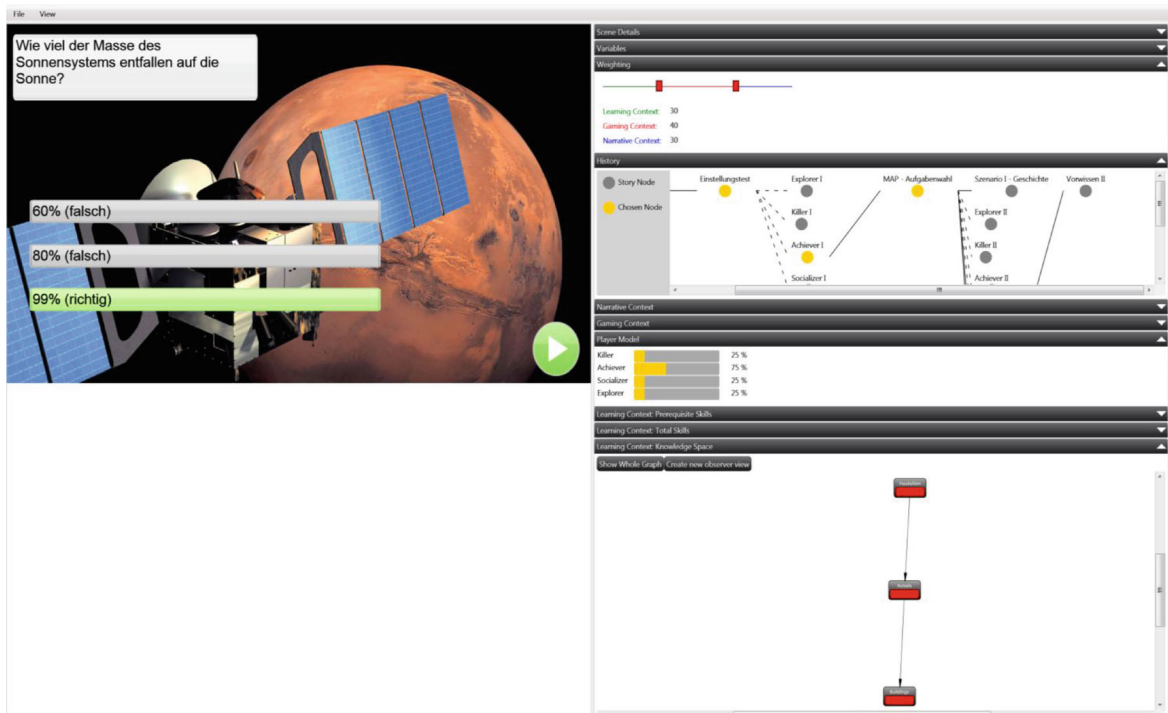
3. Insgesamt muss die Entwicklung und Produktion von Serious Games möglichst (kosten-)effizient erfolgen, da es sich typischerweise – im Vergleich zu Unterhaltungsspielen (z. B. das 2013 erschienene Actionspiel GTA 5. mit einem geschätzten Budget von über 137 Millionen US-Dollar und einer Teamgröße von 1000 Personen) – um Speziallösungen für eng umfasste Anwendungsbereiche mit geringen Entwicklungsbudgets handelt und

ein Return on Invest nicht über den Massenmarkt erwirtschaftet werden kann.

Hierfür hat die Serious Games Gruppe das Autorensystem StoryTec [23] konzipiert und prototypisch implementiert (s. Abb. 2). Für die Kollaboration zwischen Spieleentwicklern und Fachexperten wird eine Reihe von Editoren zur Verfügung gestellt, die Zugriff auf verschiedene Aspekte des Spiels bieten. Der Story Editor ermöglicht die Erstellung der Spielstruktur als eine Ansammlung von Szenen, die im Spiel entweder fest definiert oder adaptiert auf den jeweiligen Spieler durchlaufen werden. Beispiele hierfür stellen weitgehend linear aufgebaute Adventure Games oder spielerische Lernprogramme dar, bei denen die Reihenfolge von Lerneinheiten automatisiert (adaptiv) vom System festgelegt oder von den Lernenden frei ausgewählt wird. Über den Stage Editor werden einzelne Szenen des Spiels ausgestaltet. Hierfür können die Autoren auf eine Sammlung an vordefinierten Objektvorlagen zugreifen (z. B. Quiz, Puzzle, Wimmelbild, Fehler-Suchbild) und über den Property Editor die Inhalte der Platzhalter füllen, ohne über Wissen bezüglich der Programmierung der Spielerinteraktion mit den Vorlagen verfügen zu müssen. Der Action Set Editor ermöglicht es Nicht-Programmierern in Form einer „visuellen Programmierung“, auf einfache Art und Weise Aktionen im Spiel festzulegen (z. B.



Abb. 2 Die Cross-Plattform Autorenumgebung StoryTec mit dem Autoren-Tool zur Eingabe von interaktiven, spielerischen Anwendungen (links) und deren Produktion für die Plattformen PC/offline, Web/HTML5 und Android (Exportformate, rechts)



**Abb. 3 StoryPlay als Rapid-Prototyping- und Analyse-Werkzeug.** Links ist das aktuell gesteuerte Spiel dargestellt, rechts werden die internen Adaptionsmodelle dargestellt (bisher besuchte Szenen und warum genau diese ausgewählt wurden, aktuelles Spieler- und Lerner-Modell)

der Wechsel zwischen Szenen oder das Interagieren mit Charakteren) als auch Verzweigungen im Spiel (z. B. bei korrekter Beantwortung geht es mit der nächsten Lerneinheit weiter; andernfalls wird eine Wiederholungsfrage eingestreut) zu definieren.

Aktuelle Entwicklungen umfassen die Bereitstellung von StoryTec-Fachschalen einschließlich Web-basierter Eingabemasken zur Konfiguration von komplett vorgehaltenen Spiel-Strukturen – optimiert für bestimmte Anwendungsbereiche und Zielgruppen wie Lehrer (→ Lernspiele), Ärzte und Therapeuten (→ Gesundheitsspiele) oder Tourismusmanager (→ Kulturtourismus) – sowie die Erweiterung von StoryTec zur Erstellung von Multiplayer-Anwendungen.

Für die *kosteneffiziente Entwicklung* von Serious Games wird mit StoryTec das Rapid Prototyping-Tool StoryPlay (s. Abb. 3) geliefert, das schnelle Entwicklungszyklen und Tests ermöglicht. Weiterhin können Projekte aus StoryTec heraus in eine Vielzahl Formate für verschiedene Plattformen (Windows, Mac, iOS, Android u. a.) exportiert werden. Dies erhöht die Absatzchancen der erstellten Spiele, da über eine Plattform automa-

tisiert verschiedene Plattformen bedient werden können.

StoryTec ist im Rahmen von verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten entstanden und wird kontinuierlich weiterentwickelt. Zum Beispiel wurde StoryTec im EU-Projekt „80 Days – Travelling around the world in eighty days“ zur Erstellung eines Geografie-Lernspiels für 12–14-Jährige eingesetzt und dient aktuell in den Projekten in Dago und NeuroCare als Grundlage zur Erstellung von personalisierten Freizeitangeboten (Stadtführungen) und kognitiven Trainingsprogrammen für Senioren und Menschen mit angehender Demenz. Auch dient StoryTec als Grundlage zur Produktion des Darmstadt Online-Spiels „Der Chaos-Fluch“ (<http://www.darmstadt.de/portal/darmstadt-aktuell/article/der-chaos-fluch/>), das als Marketing-Instrument für die Stadt Darmstadt und eines Trainingsspiels für Neueinsteiger bei der Software AG, um auf spielerische Art und Weise Informationen über die Philosophie und typische interne Prozesse/Arbeitsabläufe des Unternehmens zu erfahren. Weitere Anwendungsbeispiele finden sich auf der Webseite der Serious Games Gruppe (s. Autoren).

StoryTec wurde in mehreren empirischen Studien in Kooperation mit den jeweiligen Fachanwendern als auch Wissenschaftlern aus der Pädagogik und Psychologie evaluiert. Hierbei konnte durchweg die Anwendbarkeit und Verständlichkeit des Tools festgestellt werden. Im wissenschaftlichen Vergleich zu der verwandten Arbeit E-Adventure [30] können eine höhere Effizienz und Effektivität nachgewiesen werden.

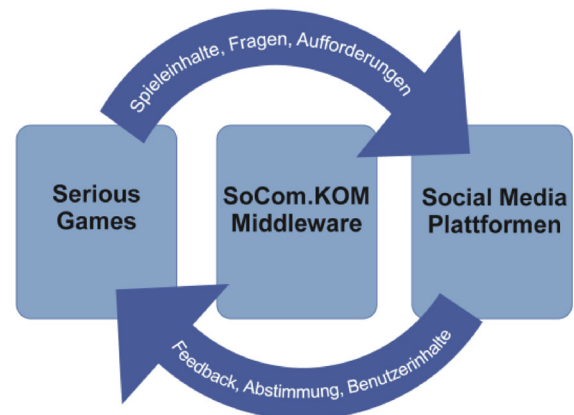
Für die Akzeptanz von StoryTec ist letztendlich relevant, dass das System einfach bedienbar ist (aus Anwender-/Autorensicht) und die damit produzierten Spiele ansprechend sowie nützlich sind (also die intendierten Effekte erzeugen). Darauf basierend können Entscheidungsträger festlegen, ob sie in die Produktion eines Serious Games für Ausbildung/Training investieren und darüber hinaus in der Produktion auf StoryTec einsetzen möchten.

Zur Verbreitung von StoryTec steht eine Basisversion zum kostenlosen Download bereit; über die Open Community können sich Nutzer von StoryTec austauschen und es werden im Dialog mit den Entwicklern wertvolle Impulse für Erweiterungen eruiert.

## Ablaufsteuerung – Personalisierung und Adaption für individualisiertes und gruppenbasiertes Lernen

Bei der Konzeption und Erstellung von Serious Games ist generell darauf zu achten, dass diese *möglichst gut auf die Charakteristik von einzelnen Nutzern eingehen* (z. B. Schüler, Auszubildende, Mitarbeiter im Lern- und Trainingsbereich oder Patienten/jüngere und ältere Personen, die ihren Vitalstatus durch körperliches/geistiges Training spielerisch verbessern/erhalten möchten).

Hierfür wurde für Single Player Spiele (ursprünglich primär für den Lernbereich mittels Story-basierter Serious Games/Adventure Games) das Konzept der Narrative Game-based Learning Objects erarbeitet [13]. Hierfür annotieren die Autoren im ersten Schritt in StoryTec alle Szenen/Spielsituationen im Hinblick auf narrative, spielerische und Lernfunktionen: Welche dramaturgische Funktion soll eine Szene erfüllen, für welchen Lerner-/Spieler typ ist sie wie gut geeignet und welche Lernthemen werden in den Szenen adressiert? Im zweiten Schritt wird dann zur Laufzeit des Spiels automatisiert analysiert, wie sich ein Lerner/Spieler verhält und dementsprechend wird jeweils eine



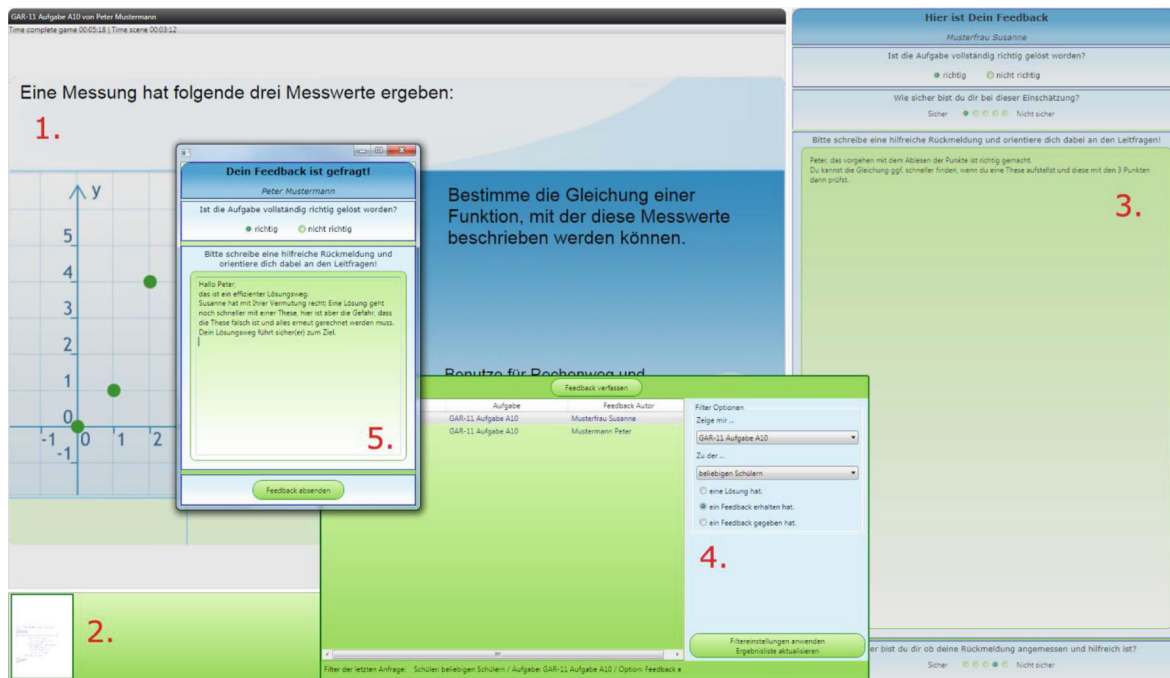
**Abb. 4 Konzept der SoCom.KOM Middleware. Unterstützung des Inhaltsaustausches zwischen Serious Games und Social Media Plattformen**

nächste Szene ausgewählt, die hier am besten passt. Für den Bereich Sport/Gesundheit wurde ein ähnliches Modell entwickelt (s. Abschn. „Evaluation – Effekte“), das personalisiert auf die Charakteristik/den Vitalstatus von Trainierenden eingeht, um das spielerische Training entsprechend zu konfigurieren und personalisieren – analog zum Flow-Modell [5] sollen die Anwender – sowohl im Lern- als auch im Trainingsbereich – weder unter- noch überfordert werden.

Im Bereich des gruppenbasierten Lernens können existierende Methoden und Konzepte für tutorielle Systeme und adaptive Hypermedia Systeme [27] erweitert werden, um von bisheriger Single-Player-Unterstützung zur Förderung eines Wissensaustauschs der Lernenden untereinander zu gelangen, ohne dabei die Unabhängigkeit des individuellen Spielerlebnisses und die Adaptierbarkeit und Personalisierbarkeit einzuschränken. Eine entsprechende lose Kopplung zum Wissensaustausch kann durch Nutzung von Social Media erreicht werden – mit ihren populären Interaktionsformen [2] für den Meinungs- und Wissensaustausch untereinander (Peer Tutoring) und die Bewertung von Lösungen (Peer Assessment) [7]. Basierend auf diesen Ansätzen haben wir eine Middleware-Lösung namens SoCom.KOM (s. Abb. 4) für die Erstellung von Social Serious Games konzipiert, welche die Konzepte von Games, Peer Tutoring, Peer Assessment und Social Media vereint [21, 26].

Eine der Stärken eines entsprechend konzipierten Social Serious Games ist die Möglichkeit, offene Aufgabenformate zuzulassen und die Kor-





**Abb. 5** Ansicht in StoryPlay zu einer zuvor gelösten Aufgabe und des dazu verfassten Feedbacks: 1. Links im Hintergrund die Aufgabenstellung, welche durch den Schüler bearbeitet wurde. 2. Die Lösung als Aufzeichnung der Stiftbewegung angehängt (und vergrößerbar via Popupfenster). 3. Rechts ist ein verfasstes Feedback einer Mitschülerin angezeigt mit Einschätzung der Korrektheit und Vollständigkeit sowie Nützlichkeit der verfassten Rückmeldung. 4. Die Abspielkomponente StoryPlay zeigt für Lehrkräfte zusätzlich ein Overlay-Menü an, in dem gezielt Aufgaben und verfasste Feedbacks abgerufen werden können. 5. Die Lehrkraft hat die Möglichkeit, ebenfalls Feedbacks zu verfassen (ohne Einschätzung der Sicherheit und Nützlichkeit). Nicht abgebildet: Eine Auflistung für den Schüler über alle für seine Lösungen vorhandenen Feedbacks, die auf einer Skala von 1–5 anhand der Nützlichkeit bewertet werden können

rektheit der Ergebnisse den anderen (Mit)-Spielern zu übertragen. Dadurch steigen die didaktischen Möglichkeiten zur Vermittlung von Problemlösekompetenz und zugleich wird das Lernen durch Lehren sowie an Lösungen (und Fehlern) anderer unterstützt. Die Einbindung von durch Spieler erstellten Inhalten (sog. user-generated content) erlaubt die Integration einer Wissensdatenbank direkt in das Spiel und dient der Förderung des Wissensaustauschs untereinander; ohne Unterbrechung des Spielverlaufes. Algorithmisch unterstützte Lerngruppenformation und die Auswahl, welche Spieler mit welchen für den Austausch vernetzt werden, kann basierend auf Kriterien wie aktuellem Wissenstand, Wissenslücken, Lerntyp und Spielertyp (bspw. nach [1, 20]) optimiert werden.

**Referenzbeispiel PEDALE für Gruppen-basiertes Lernen:** Im Fokus der Diagnose- und Lern-Umgebung PEDALE stehen die Bearbeitung offener Aufgabenformate und der Wissensaustausch der Lerner einer Schulklasse untereinander durch die

intensive Nutzung der Peer Education Konzepte. Damit liegt der Schwerpunkt hier auf dem Lernen und Wissensaustausch im sozialen Netzwerk des Klassenverbandes. Der Lehrende kann über das Autorenwerkzeug StoryTec den Ablauf der Lernanwendung an Klassenstärke, Aufgabenfeld und Zeitdauer anpassen, einzelne Aufgaben editieren und tauschen sowie die Gruppierungen der Aufgaben als auch die Menge der Durchläufe und der Frequenz des Verfassens gegenseitigen Feedbacks der Lehrenden untereinander frei gestalten. Das gespeicherte Szenario wird dann von den Lernenden in der Abspielsoftware StoryPlay (s. Abb. 5) geöffnet und nach einem persönlichen Login gestartet. Während des Ablaufs wird anhand der gelösten Aufgaben und des Fortschritts aller Teilnehmer dynamisch die nächste Lösung eines Mit-Lerners ausgewählt, welche zur Bewertung und für Feedback angezeigt wird (sofern der aktuelle Nutzer in eine Phase des Szenarios kommt, in welcher Feedback gegeben werden soll). Der Lehrende kann paral-

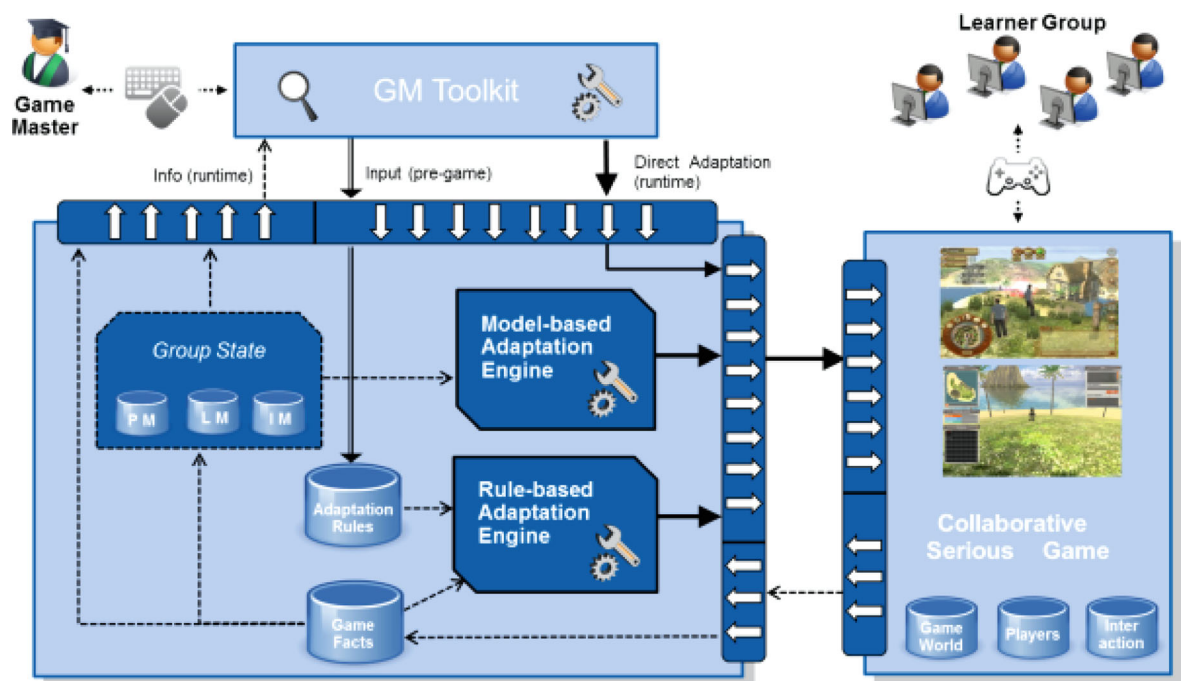


Abb. 6 Game Mastering Architektur-Schema (links: Game Master Komponente, rechts: das Spiel)

lel dazu in StoryPlay auf seinem Gerät verfolgen, welche Lösungen bereits zu welchen Aufgaben erarbeitet wurden, wo Feedbacks verfasst wurden und kann auch selbst Feedbacks absenden. Empfänger dieser Rückmeldungen haben die Möglichkeit zu bewerten, wie hilfreich die Rückmeldung jeweils ist. Eingesetzt und evaluiert wurde PEDALE im Anwendungsszenario von Mathematik-Aufgaben (offene Aufgabenformate in sieben Schulklassen der Sekundarstufe 1), wozu auch eine Unterstützung des Austauschs von erstellten Stift-Aufzeichnungen der Lösungswege mittels digitaler Stifte implementiert wurde, die als benutzererstellte Inhalte ebenfalls ausgetauscht werden. Die Ergebnisse liefern wichtige Erkenntnisse zur Zuweisung des passenden Feedback-Gebers zu einer Aufgabe und zeigen, dass es eine hohe Motivation und Bereitschaft der Lernenden gibt, Lösungswege anderer einzusehen und zu bewerten.

*Zur Unterstützung der Lehrenden* (Lehrer, Coach, Moderator) zur Laufzeit/Ausführung und Steuerung eines Serious Games bieten sich Game Mastering Prinzipien an, die aus klassischen Pen & Paper Rollenspielen [8, 31] stammen und auf digitale Multiplayer Games und kollaborative Lern- und Trainingsumgebungen übertragen werden. Relevante Fragen beim Game Mastering sind: Welche

Informationen in einem kollaborativen Multiplayer Serious Game sind für einen Game Master relevant? Welche Adaptionenmöglichkeiten im Spiel sind sinnvoll (Spielermodelle [1], Attribuierung bzgl. Inhalt, Narration und Lernen [9])? Wie kann der Lehrer/Trainer sein professionelles Wissen sinnvoll in das Spiel- und Lerngeschehen einbringen, um den Lernprozess zu optimieren und die Motivation bei den Spielern hochzuhalten (Flow)? Außerdem gilt zu beachten, in welcher Form dem Spielleiter diese Informationen und Adaptionen dargestellt werden. Ansätze für Serious Games Design bieten [15, 17, 34].

Unser Ansatz versucht, sowohl Lehrer und Trainer nach dem Game Master Prinzip in das Spiel zu integrieren als auch dessen Aufgaben teilweise mithilfe von Algorithmen zur Adaption zur Laufzeit zu automatisieren und damit die kognitive Last des Lehrers/Trainers zu verringern.

Dabei wurden zunächst typische Aufgaben eines Lehrers/Trainers in einem solchen Szenario ermittelt und in observierende und eingreifende Aktionen gegliedert. Basierend darauf wurde eine Game Master-Schnittstelle für 3D-Multiplayer Action Adventures definiert und prototypisch implementiert (s. Abb. 6). Dieses Genre eignet sich besonders gut für kleine (3–6 Spieler) Lerngruppen und ist mit diversen GameEngines (z. B. Unity3D) gut umzu-

setzen. Über das Interface erfährt die Game Master Komponente, welche relevanten Informationen das Spiel zur Verfügung stellt und welche Möglichkeiten zur Adaption des Spiels existieren. Das Game Master Frontend visualisiert diese.

Eine Erweiterung dieser Komponente umfasst eine Modellierung der Spieler/Lerner in einem Gruppenmodell, das die Dimensionen Spielen, Lernen und Interaktion umfasst. Dabei werden existierende Modelle (Player Model nach Bartle, Learner Model nach [22]) mit einem eigenen Modell für Interaktion verknüpft. Dieses Modell wird verwendet, um Informationen aus der Spielwelt aufzunehmen und basierend auf der Ausprägung des Modells Entscheidungen zu treffen, welche in der verfügbaren Adaptionen ausgeführt werden sollen. Dabei wird der aktuelle Zustand des Spiels mit einem Zielzustand verglichen, um darauf basierend passende Adaptionen durchzuführen. Der Zielzustand ist dabei eine komplexe Komposition der Faktoren Spielermodell, Lernermodell und Interaktionsmodell. Das Spiel sollte beispielsweise die bisher erlernten Fähigkeiten der Spieler berücksichtigen, wenn neue Aufgaben und Lerninhalte ausgewählt werden. Hierzu bietet sich die hierarchische Anordnung von Skills nach Korossy an. Soft Skills mit Bezug auf Interaktion und Kommunikation können ebenfalls über dieses Modell abgebildet werden. Adaptionen müssen analog dem Narrative-Game-based Learning-Object-Prinzip [10] hinsichtlich ihrer Einsatzweise, ihrer Vorbedingungen und ihrer Auswirkungen attribuiert werden.

Das Referenzbeispiel *Escape From Wilson Island* [33] ist ein kollaboratives 3D Multiplayer Serious Game für 4 Spieler (s. Abb. 7).

Hierbei wird der generische Lerninhalt in der Spielwelt getrennt. Der Lerninhalt kann dabei unabhängig vom Spiel frei vom Game Master konfiguriert werden. Diesem ist es möglich, eigene Fragesätze zu erstellen, zu kombinieren und wieder zu verwenden. Frageformate wie Multiple-Choice, Lückentext oder freier Text werden dabei unterstützt.

Das kollaborative Gameplay zum Training von Teamwork und anderen Soft Skills ist davon losgelöst. Die hierfür entwickelten Assets werden unabhängig vom Fragesatz wieder verwendet.

Als narrative Rahmung wurde ein „Robinson Crusoe“-ähnliches Szenario gewählt, bei dem die Spieler von einer einsamen Insel entkommen müssen. Dazu müssen verschiedene Aufgaben gelöst

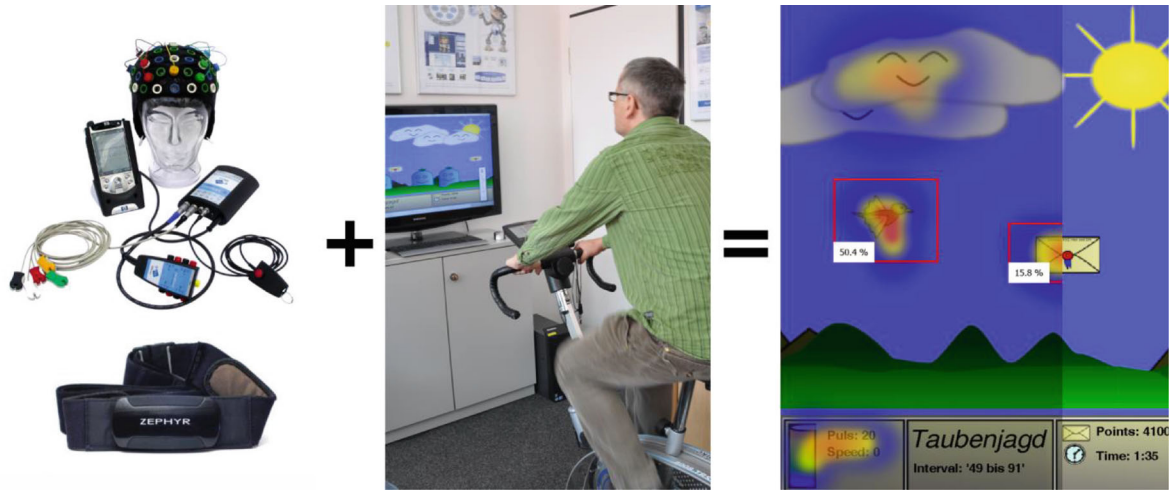


Abb. 7 *Escape From Wilson Island* – Game Master Übersicht

werden, die besondere Zusammenarbeit erfordern. Dabei gibt es eine übergeordnete Kollaboration bei Aufgaben wie der Nahrungsbeschaffung, die einzelne Spieler für die gesamte Gruppe erledigen können. Hierbei muss entschieden werden, wer welche Aufgaben übernimmt und wie die erwirtschafteten Ressourcen anschließend verteilt werden. Hier muss ein Konflikt zwischen persönlichem Vorteil und Wohl der Gruppe gelöst werden.

Die zweite Art kollaborativer Aufgaben zielt auf ein Training von Teamwork, Koordination und Kommunikation ab. Beispielsweise müssen hier Palmen gemeinsam getragen werden, was eine koordinierte Bewegung der beteiligten Spieler erfordert. Weitere Beispiele sind das Fahren eines Floßes, bei dem jeder Spieler nur in Richtung seiner Ecke paddeln kann. Um sich hier sinnvoll zu bewegen ist ebenfalls eine funktionierende Koordination und Kommunikation innerhalb der Gruppe erforderlich. Erschwert wird dies durch Strömungen, die nur einem Spieler mit einer Seekarte sichtbar sind. Dieser hat hier die Aufgabe, das Team durch die See zu lotsen. Nur wenn hier die interne Kommunikation und Kollaboration funktioniert, kann diese Aufgabe gelöst werden.

Der Game Master [32] kann das komplette Spiel aus einer freien Kameraperspektive beobachten oder einzelnen Spielern folgen. Dazu steht ein Splitscreen zur Verfügung. Außerdem können wichtige Orte in der Spielwelt definiert und direkt angesprungen werden. Der Game Master kann hier ebenfalls alle relevanten Spielvariablen einsehen und beeinflussen. Insbesondere schwierighkeitsrelevante Variablen wie die Stärke der Strömungen oder die Geschwindigkeit, mit der Spieler hungern, können variiert werden. Der Spielleiter kann außerdem einen Nicht-Spieler-Charakter kontrollieren, um damit direkt



**Abb. 8** Im strategischen Eigenforschungsprojekt „Technologie-gestützte Messung und Evaluation der Wirksamkeit und Akzeptanz von Serious Games für Sport und Gesundheit“ wird in Kooperation mit Kognitionspsychologen und Sportwissenschaftlern der Einsatz von psychophysiologischen Messmethoden zur Bestimmung der Auswirkung von Game-Elementen auf Effekte und Affekte im Gesundheits-/Bewegungsspiel ErgoActive erforscht

mit den Spielern aus dem Spiel heraus zu kommunizieren. Eine Adaption-Engine ermöglicht das Eingeben von Adaptionenregeln, die automatisch ausgelöst werden, sobald die zugehörige Bedingung erfüllt ist. Damit ist es möglich, Probleme bei Aufgaben der Über- und Unterforderung zu erkennen und durch Eingriffe in das Spiel entgegenzuwirken.

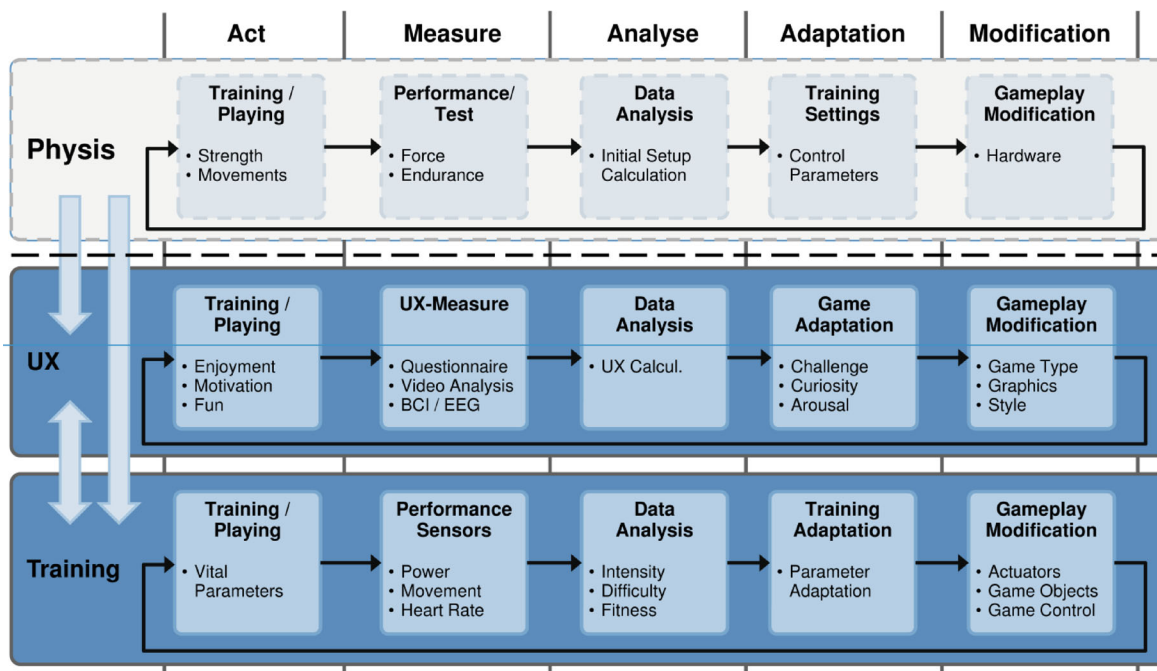
## Evaluation – Effekte

Analog des in Abschn. „Serious Games – Verständnis, Potenzial und Herausforderungen“ dargestellten Verständnisses können Serious Games durch zwei Kerneigenschaften charakterisiert werden: a) Das Spiel hat ein ernsthaftes Ziel (z. B. Lerninhalte vermitteln, Gesundheitsbewusstsein fördern oder den Vitalstatus verbessern/erhalten) und b) das Spiel soll durch Spielspaß (gute User/Player/Game Experience) zum Erreichen des „ernsthaften“ Ziels motivieren. Der beabsichtigte Nutzen des Spiels kann von Spiel zu Spiel stark variieren, das angestrebte positive Erleben des Spiels haben alle Serious Games als Forderung gemeinsam. Dieses Spielerleben (Game/User Experience) ist ein vielseitiges Konstrukt, das unterschiedliche Elemente wie positive und negative Emotionen, aber auch Immersion und Flow beinhaltet [24, 25]. Als erste Näherung zur Messung von User Experience eignet sich daher ein Fragebogen, der verschiedene Aspekte des Spielerlebens und Game Designs erfasst [11]. Auch können Frage-

bögen und konventionelle Evaluationsmethoden wie Interviews oder Videoanalysen zur Bestimmung von Effekten (Leistungsdaten) und Affekten (Spielspaß) herangezogen werden. Computer-/Technikgestützte Methoden reichen von Loggings über Screen-Capture-Mechanismen bis hin zu psychophysiologische Messungen unter Einsatz von Vitalsensorik, die Aufschluss über das Spielerleben (User Experience) geben können (s. Abb. 8). Psycho-physiologische Messungen können beispielsweise Aufschluss über den emotionalen Zustand einer Person geben. So gelten Hirnaktivität und physiologische Änderungen neben dem subjektiven Erleben als zentrale Bestandteile von Emotionen [29]. So lässt sich zeigen, dass sich Hautleitfähigkeit (EDA), Herzfrequenz (HR), Hirnaktivität (EEG), Gesichtsmuskelaktivität (EMG) und Pupillenweite in Abhängigkeit des emotionalen Gehaltes eines Bildes verändern [3, 6]. Erste Studien aus dem Bereich Computerspiele zeigen, dass der Aufbau eines Levels [24] Einfluss auf die Psychophysiologie nehmen kann. Psychophysiologische Messungen haben hierbei gegenüber Selbstberichterstattung (Fragebogen) den Vorteil, nicht auf die Erinnerung und Selbsteinschätzung der Person, sondern auf intersubjektiv beobachtbaren Werten zu fußen.

Für Bewegungsspiele (Exergames) kommen Studien [4, 18] zu dem Ergebnis, dass einerseits gesundheitliche Effekte nachweisbar sind, ande-



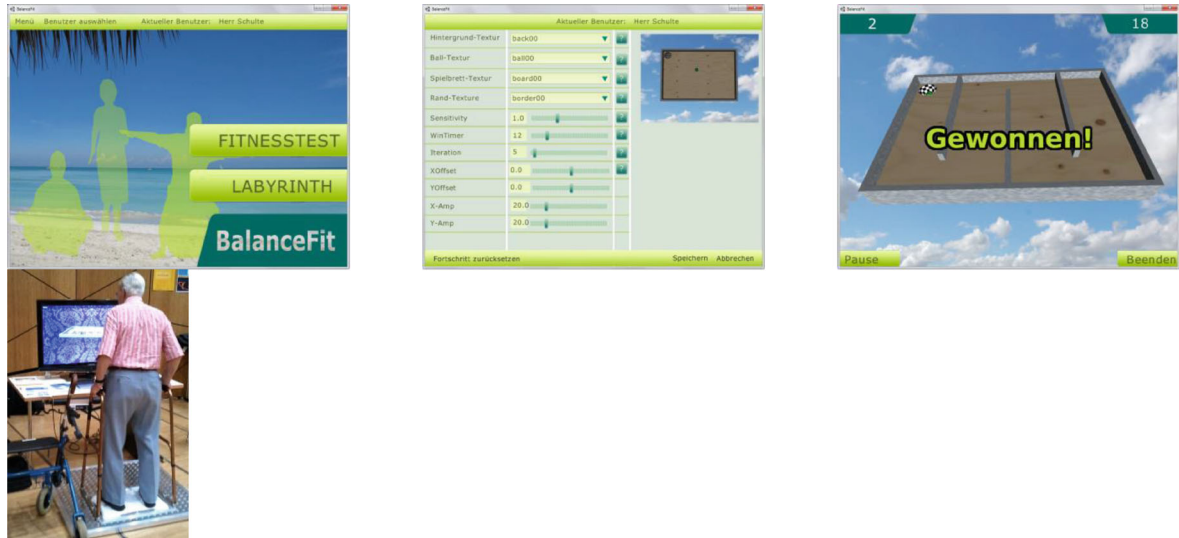


**Abb. 9 Schichtenmodell zur Analyse der Effekte einzelner Parameter in personalisierten Exergames zur Unterscheidung zwischen physischen Aspekten, d. h. Geräten und Hardware, und den durch das Exergame direkt beeinflussbaren Ebenen Spielerleben und Trainingssteuerung**

rerseits diese aber zumeist geringer ausfallen, als dies bei herkömmlichen Trainingsübungen der Fall ist. Auch hier stellt sich die Frage, welche Faktoren die Effektstärke solcher Spiele beeinflussen [12]. Im Bereich der Bewegungsspiele wird dabei die Messung der Effektstärke anhand von Kriterien aus der Sportwissenschaft vorgenommen. So sind für die Effektivität eines Spiels zum Training der Herz-Kreislauf-Funktion der Energieumsatz (Metabolisches Äquivalent), die körperliche Leistung sowie die Atem- und Herzfrequenz wichtige Indikatoren. Auch wenn mittels dieser Indikatoren nicht direkt die Verbesserung der Gesundheit abgeleitet werden kann, so gelten ihre Aussagekraft als Indikatoren für die Wirksamkeit als gesichert. Um nun die Wirkungsweise von Trainingsspielen im Hinblick auf die Trainingseffekte messen zu können ist es notwendig, einzelne Parameter zu identifizieren um dann durch die Modifikation dieser Parameter ihren Einfluss auf das Spielgeschehen und die Trainingseffekte messen zu können. Für die Analyse der Zusammenhänge einzelner Wirkungsparameter wurde ein Modell entwickelt, welches die Basis für die weiterführende Ausarbeitung strukturierter Konzepte zur Evaluation,

Effektmessung und Adaption bzw. Personalisierung bildet [16].

Innerhalb des Modells (s. Abb. 9) wird zwischen den drei Ebenen Physis/Hardware, User-Experience und Training unterschieden, die getrennt voneinander betrachtet werden können, sich jedoch gegenseitig beeinflussen. Die Ebene Physis/Hardware beinhaltet alle Faktoren, die an den körperlichen und geistigen Grundvoraussetzungen des jeweiligen Benutzers ausgerichtet werden müssen. Diese beinhalten die Wahl des Controllers sowie dessen initiale Parametrisierung. Die zweite Ebene User Experience beinhaltet alle Aspekte, die das Spielerleben beeinflussen, bzw. diejenigen Aspekte, die innerhalb des Spiels verändert werden können, ohne Auswirkungen auf die Trainingsleistung des Spielers hervorzurufen. Dazu gehören die visuelle Gestaltung, die Interaktion von Spielobjekten, die Bewertung und die durch das Gameplay hervorgerufene geistige Beanspruchung durch das Spiel. Zu der dritten Ebene Training gehören alle trainingsrelevanten Parameter, d. h. alle Einflussfaktoren, mit denen die Trainingsintensität, Bewegungsfrequenz oder Bewegungsform und Bewegungspräzision beeinflusst werden können. Das beschriebene Modell



**Abb. 10** Das Balancetrainingsspiel BalanceFit – Startscreen, Konfiguration, Spiel und Endanwender

zur Analyse der Auswirkung einzelner Aspekte spielerischer Trainingsanwendungen auf die Effekte wurde in den beiden Anwendungsbeispielen ErgoActive und BalanceFit realisiert.

Die Referenzbeispiele ErgoActive und BalanceFit (<http://www.spielend-fit.de/>) wurden am Lehrstuhl Multimedia Kommunikation im Rahmen der strategischen Eigenforschung entwickelt und werden in Kooperation mit dem htte e. V. und weiteren Partnern aus der Forschung und Industrie für den Technologietransfer auch in die freie Wirtschaft vorbereitet.

ErgoActive ist ein Spiel, welches für das Herz-Kreislauf-Training entwickelt wurde. Das Spiel unterstützt als Controller Ergometer und Cross-trainer und ermöglicht durch eine bidirektionale Verbindung zwischen digitalem Spiel und Trainingsgerät konzeptionell eine hohe Compliance entsprechend trainingswissenschaftlicher Vorgaben während des Spielens. ErgoActive beinhaltet verschiedene Interaktionsformen (Gameplay) mit unterschiedlichen Visualisierungen. In der Interaktionsform „LetterBird“ bzw. Taubenflug wird ein virtueller Vogel durch die Trittfrequenz bewegt. Durch die Variation der Geschwindigkeit können Briefumschläge gefangen werden, die je nach Geschwindigkeit unterschiedlich bewertet werden. Die Trainingsintensität ist über die drehzahlunabhängig zu erzielenden Leistung einstellbar. Die koordinative Schwierigkeit ist durch die Variation der Zielfrequenz (d. h. der mittleren Trittfrequenz) und des

Intervalls zwischen minimaler und maximaler Trittfrequenz einstellbar. Die zu erzielende Leistung kann nach einem zuvor eingestellten Trainingsplan oder aber in Abhängigkeit von der während des Spiels gemessenen Herzfrequenz geregelt werden. Je nach angeschlossenem Ergometer kann die Leistung während des Spiels, wenn es gewünscht ist, bis zu 800 Watt betragen, somit können auch körperlich sehr leistungsfähige Spieler noch in für sie optimalen Trainingsbereichen spielen.

Das Referenzbeispiel BalanceFit (s. Abb. 10) ist ein Spiel, welches zum gezielten Training der Balance entwickelt wurde und so einen Beitrag zur Sturzprävention leisten soll. Mit einem herkömmlichen BalanceBoard, welche als Controller für die Spielkonsole Wii erhältlich ist, wird eine Kugel durch ein virtuelles Labyrinth gesteuert. Im direkten Vergleich zu dem Konsolenspiel „Wii-Fit“ sind mehrere Faktoren konfigurierbar, sodass die Zugänglichkeit höher ist und BalanceFit von einer breiteren Nutzergruppe gespielt werden kann. Die ersten Level sind so gestaltet, dass ein Versagen nicht möglich ist und damit jegliche Frustration vermieden wird. In der niedrigsten Schwierigkeitsstufe wird das Spiel ohne Zeitdruck gespielt und durch eine virtuelle Hilfe können Betreuer den Spieler unterstützen, wenn die koordinativen Fähigkeiten nicht ausreichen, um das Level zu meistern. Die Empfindlichkeit des Controllers lässt sich auf die Bedürfnisse des Spielers einstellen, sodass sowohl fitte als auch eingeschränkt gefähige Personen das Spiel im Stehen

spielen können. Bei der höchsten Empfindlichkeitsstufe kann das Spiel auch von Rollstuhlfahrern im Sitzen gespielt werden. Studien zur Quantifizierung der Wirksamkeit einzelner Konstrukte und Parameter sind aktuell in Vorbereitung.

## Zusammenfassung und Ausblick

Getrieben durch die Serious Games Gruppe am Fachgebiet Multimedia Kommunikation und durch die Unterstützung des Forums für interdisziplinäre Forschung wird das Thema Serious Games inzwischen von 16 Forschungsgruppen an der TU Darmstadt – im interdisziplinären Kontext – erforscht ([www.serious-games.tu-darmstadt.de](http://www.serious-games.tu-darmstadt.de)). Die vorgestellten Methoden, Konzepte und SW-Lösungen zur Erstellung, Steuerung und Evaluation von Serious Games wurden allesamt prototypisch realisiert und in Kooperation mit weiteren Partnern aus Forschung und Industrie mit Anwendern in realen Settings erprobt. Über die Webseite des Fachgebiets [www.kom.tu-darmstadt.de](http://www.kom.tu-darmstadt.de) bzw. der Gruppe Serious Games ([www.kom.tu-darmstadt.de/serious-games](http://www.kom.tu-darmstadt.de/serious-games)) finden sich zahlreiche wissenschaftliche Publikationen zu den in diesem Beitrag vorgestellten Themen sowie weitere Informationen über die beteiligten Autoren. Die Webseiten [www.storytec.de](http://www.storytec.de) (Autorenwerkzeug StoryTec) und [www.spielend-fit.de](http://www.spielend-fit.de) (Bewegungsspiele) sowie [www.gamedays2013.de](http://www.gamedays2013.de) (Veranstaltung mit Ausstellung, Exponaten und wissenschaftlichen Beiträgen) bieten weitere Informationen zu Projekten und SW-Lösungen der Serious Games Gruppe an der TU Darmstadt.

## Literatur

- Bartle R (1996) Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. *J Mud Res* 1:1
- Boyd D (o. J.) Social Media is Here to Stay ... Now What? Vortrag, Microsoft Research Tech Fest, Redmond, 26 February 2009
- Bradley M, Miccoli L, Escrig M, Lang P (2008) The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation. *Psychophysiology* 45:602–607
- Brumels KA, Blasius T, Cortright T, Oumedian D, Solberg B (2008) Comparison of efficacy between traditional and video game based balance programs. *Clin Kinesiol J Am Kinesiotherapy Assoc* 62(4):26–31
- Csikszentmihalyi M (1996): Flow: The Psychology of Optimal Experiences. Harper Collins
- Cuthbert BN, Schupp HT, Bradley MM, Birbaumer N, Lang P (2000) Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biol Psychol* 52:95–111
- Damon W (1984) Peer education: The untapped potential. *J Appl Dev Psychol* 5(4):331–343
- Drachen A, Copier M, Hitchens M, Montola M, Eladhari MP, Stenros J (2009) Role-Playing Games: The State of Knowledge. In: *Breaking New Ground: Innovation in Games, Play, Practice and Theory*. Proceedings of DiGRA 2009. Tampere DiGRA. 1–5
- Göbel S, de Carvalho Rodrigues A, Mehm F, Steinmetz R (2009) Narrative Game-based Learning Objects for Story-based Digital Educational Games. In: Kickmeier-Rust MD (ed) *Proceedings of the 1st International Open Workshop on Intelligent Personalization and Adaptation in Digital Educational Games*, pp 43–53
- Göbel S, de Carvalho Rodrigues A, Mehm F, Steinmetz R (2009) Narrative Game-based Learning Objects for Story-based Digital Educational Games. In: Kickmeier-Rust MD (ed) *Proceedings of the 1st International Open Workshop on Intelligent Personalization and Adaptation in Digital Educational Games*, pp 43–53
- Göbel S, Gutjahr M, Steinmetz R (2011) What Makes a Good Serious Game – Conceptual Approach Towards a Metadata Format for the Description and Evaluation of Serious Games. *Proceedings of the European Conference on Games Based Learning*. Academic Conferences, Ltd., Reading, UK, pp 202–210
- Göbel S, Hardy S, Wendel V, Mehm F, Steinmetz R et al (2010) Serious Games for Health – Personalized Exergames. In: Del Bimbo A (ed) *Proceedings of ACM Multimedia International Conference*. ACM
- Göbel S, Wendel V, Ritter C, Steinmetz R et al (2010) Personalized, Adaptive Digital Educational Games using Narrative, Game-based Learning Objects. In: Zhang X (ed) *Entertainment for Education. Digital Techniques and Systems*. Springer, Berlin Heidelberg, pp 438–445
- Goebel M, Drössler S, Färber G et al (2006) Systemplattform für videobasierte Fahrerassistenzsysteme. In: Levi P (ed) *Autonome Mobile Systeme 2005*. Informatik aktuell. Springer, Berlin, Heidelberg, S 187–193
- Hämäläinen R, Oksanen K (2012) Challenge of Supporting Vocational Learning: Empowering Collaboration in a Scripted 3D Game – How Does Teachers' Realtime Orchestration Make a Difference? *Comp and Educ* 59:281–293
- Hardy S, Göbel S, Gutjahr M, Wiemeyer J, Steinmetz R (2012) Adaptation Model for Indoor Exergames. *Int J Comput Sci Sport* 11(1):73–85
- Hartevelde C (2011) *Triadic Game Design*. Springer
- Kliem A, Wiemeyer A (2010) Comparison of a Traditional and a Video Game Based Balance Training Program. *Proceedings of the GameDays 2010 – Serious Games for Sports and Health*. TU Darmstadt, Institut für Sportwissenschaft, Darmstadt, pp 37–50
- Köhler PT (2005) ITIL. Springer, Berlin Heidelberg
- Kolb AY, Kolb DA (2005) *The Kolb Learning Style Inventory – Version 3.1 Technical Specifications*. Hay Group, Boston, USA
- Konert J (2013) *Interactive Multimedia Learning: Using Social Media for Peer Education in Single-Player Educational Games*. Dissertation, Technische Universität Darmstadt
- Korossy K et al (1999) Modelling knowledge as competence and performance. In: Albert D (ed) *Knowledge Spaces Theories Empirical Research Applications*, pp 103–132
- Mehm F, Göbel S, Steinmetz R (2013) An Authoring Tool for Educational Adventure Games: Concept, Game Models and Authoring Processes. *Int J Game-Based Learn* 3(1):63–79
- Nacke L (2009) *Affective Ludology: Scientific Measurement of User Experience in Interactive Entertainment*. Institute of Technology, Karlskrona, Sweden
- Nacke L, Drachen A, Göbel S (2010) Methods for Evaluating Gameplay Experience in a Serious Gaming Context. *Int J Comput Sci Sport* 9:40–51
- Richter K, Konert J, Bruder R, Göbel S (2012) Formatives Assessment durch Peer Review? Eine peer-basierte Diagnose- und Lernumgebung für den Mathematikunterricht. Tagungsband der GMLL 2012: Grundfragen multimedialen Lehrens und Lernens. Center für Digitale Systeme (CeDiS), Freie Universität Berlin, Berlin, Germany
- Ritter S, Anderson JR, Koedinger KR, Corbett A (2007) Cognitive tutor: applied research in mathematics education. *Psychon Bull Rev* 14(2):249–255
- Sandkuhl K (2005) Wissensportale. *Informatik-Spektrum* 28:193–201
- Schandry R (2003) *Biologische Psychologie*. Beltz, Weinheim
- Torrente J, Vallejo-Pinto JA, Moreno-Ger P, Fernandez-Manjon B (2011) Introducing Accessibility Features in an Educational Game Authoring Tool: The “Adventure” Experience. *International Conference on Advanced Learning Technologies*. IEEE, pp 341–343
- Tychsen A, Hitchens M, Brolund T, Kavakli M (2005) *The Game Master*. Proceedings of the second Australasian conference on Interactive entertainment. Creativity & Cognition Studios Press Sydney, Australia, pp 215–222
- Wendel V, Göbel S, Steinmetz R et al (2012) Game Mastering in Collaborative Multiplayer Serious Games. In: Müller S (ed) *E-Learning and Games for Training, Education, Health and Sports – LNCS 7516*. Springer, Heidelberg, pp 23–34
- Wendel V, Gutjahr M, Göbel S, Steinmetz R (2012) Designing Collaborative Multiplayer Serious Games for Collaborative Learning. *Proceedings of the CSUEDU 2012*, Springer, Heidelberg
- Zea NP, Sánchez JLG, Gutiérrez FL, Cabrera MJ, Paderewski P (2009) Design of Educational Multiplayer Videogames: A Vision From Collaborative Learning. *Adv Eng Softw* 40(12):1251–1260