

# Adaption und Personalisierung in RehaGames

Neurol Rehabil 2014; 20 (4): 187–194  
Hippocampus Verlag 2014

S. Hardy<sup>1</sup>, T. Dutz<sup>1</sup>, J. Wiemeyer<sup>2</sup>, S. Göbel<sup>1</sup>, R. Steinmetz<sup>1</sup>

## Zusammenfassung

Die Qualitätsbewertung von RehaGames ergibt sich aus zwei entscheidenden Faktoren. Um ihren Einsatz zu begründen, sollen sie ein effektives und effizientes Training ermöglichen und dabei motivierender und für den Rehabilitanden angenehmer sein, als dies bei alternativen, klassischen Trainingsübungen der Fall ist. Aktuelle, in der Rehabilitation eingesetzte RehaGames stammen, abgesehen von Forschungsprototypen, aus zwei unterschiedlichen Bereichen. Zum einen bieten Hersteller von Trainingsgeräten als Zusatzmodule digitale Mess- und Feedbackmöglichkeiten mit interaktiven, teilweise spielerischen Elementen an. Zum anderen ermöglichen bewegungsgesteuerte Spiele für Spielkonsolen einen hohen Interaktionsgrad und eine starke Motivation der Spieler, orientieren die Ausgestaltung der physischen Interaktion jedoch ausschließlich an der optimalen Marktfähigkeit des Gesamtsystems und nicht an physiologisch sinnvollen, trainingswirksamen Interaktionsparadigmen oder gar medizinischen Gesichtspunkten. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass diese Spiele auf eine möglichst große Zahl von gesunden Anwendern abzielen, in ihrer Handhabung sehr einfach und in der Produktion möglichst preiswert sein müssen. Sie sind daher also gewissermaßen auf das statistische Mittel einer gesunden Population optimiert und bieten keine Freiheitsgrade, die eine angemessene Adaption und Personalisierung entsprechend den Erfordernissen der Therapie von Rehabilitanden erlauben. Daraus ergibt sich die Frage, ob und mit welchen Methoden und Lösungen es möglich ist, beide Ziele, eine hohe Motivation sowie ein effektives Training, miteinander zu vereinen. In diesem Beitrag werden die theoretischen Grundlagen sowie bereits existierende Ansätze für die Adaption und Personalisierung von RehaGames dargestellt und anhand von Anwendungsbeispielen erläutert.

**Schlüsselwörter:** Serious Games, Applied Gaming, Exergames, Bewegungsspiele, Adaption, Personalisierung, Prävention, Rehabilitation

*1 Multimedia Communications Lab (KOM), Technische Universität Darmstadt*

*2 Institut für Sportwissenschaft, Technische Universität Darmstadt*

## Einleitung, Motivation und Zielsetzung

Der Einsatz von Bewegungsspielen (Exergames) zur Unterstützung der Rehabilitation (sogenannte RehaGames) beabsichtigt die Steigerung der Motivation der Rehabilitanden. Diese Steigerung der Motivation kann auf unterschiedliche Art und Weise positiv wirken. Der Leidensdruck wird durch die spielerische Ausgestaltung geringer, dadurch wird die Wahrnehmung der Therapie verändert und die psychische Belastung, die durch möglicherweise langweilige, sich wiederholende Aufgaben gegeben ist, wird gesenkt. Eine häufig geäußerte Erwartung ist, dass spielerisches Training von den Rehabilitanden als angenehmer empfunden wird als herkömmliches, nicht spielerisches Training. Es besteht die Hoffnung, dass dieses angenehmere Training von den Patienten regelmäßiger und auch intensiver durchgeführt wird, als dies bei herkömmlichem Training der Fall ist. So soll durch eine höhere »Compliance« die Gesamtwirksamkeit der Therapie gesteigert werden.

Natürlich führt eine erhöhte Compliance nur dann zu einer Steigerung der Trainingswirkung, wenn die

durchgeführte Maßnahme selbst, in diesem Fall das RehaGame, während der Ausführung auch einen adäquaten Trainingsreiz setzt. Die Gesamtqualität eines RehaGames hängt demnach von dem Produkt aus Motivation und Trainingsqualität ab.

Besteht keine Motivation zur Durchführung des Trainings, so wird eine entsprechende Maßnahme nicht durchgeführt, auch wenn sie in der Lage wäre einen optimalen Trainingsreiz zu setzen. Ebenso ist eine Maßnahme wirkungslos, die regelmäßig durchgeführt wird, jedoch keinen entsprechenden trainingswirksamen Reiz setzt. Die Herausforderung bei der Entwicklung von RehaGames besteht also darin, Systeme zu entwickeln, die motivierend wirken und gleichzeitig eine hohe Trainingswirksamkeit besitzen. Die Lösung dieser Aufgabe stellt neue Herausforderungen an die Entwicklung von in RehaGames eingesetzten Technologien.

Ein Beispiel aus einem ähnlichen Anwendungsbereich, in dem die Wirkung eines die herkömmliche Therapie unterstützenden Spiels durch eine erhöhte Compliance zur regulären Therapie hervorgerufen wird, ist das Spiel Re-Mission [7]. Im Gegensatz zu dem Spiel

Re-Mission, welches seine Wirkung durch die Einflussnahme auf das Verhalten der Patienten, insbesondere durch eine Steigerung der empfundenen Selbstwirksamkeit, entfaltet sowie das Wissen der Patienten über die Medikation verbessert, werden RehaGames jedoch nicht generell zusätzlich zur regulären Therapie, sondern auch direkt als ein Instrument innerhalb der Therapie eingesetzt. Um unter Berücksichtigung der hypothetisch erhöhten Compliance eine zumindest gleichwertige Gesamtwirksamkeit zu erzielen und damit ihren Einsatz zu rechtfertigen, darf ihre Trainingswirkung ein gewisses Maß, nämlich das der konservativen Trainingsmethoden, die mit einem vergleichbaren Aufwand durchgeführt werden können, nicht unterschreiten. Dies muss durch entsprechende Pre-/Post-Tests mit geeigneten Forschungsdesigns sowie Erhebungs- und Testverfahren überprüft werden. Studien zeigen, dass aktuelle RehaGames messbare Trainingseffekte erzielen [1, 8], diese jedoch geringer sind, als dies bei herkömmlichen Trainingsübungen der Fall ist. Dies wirft die Frage auf, ob und mit welchen Methoden es möglich ist, die Trainingseffekte von RehaGames zu erhöhen, und welche Lösungen dies ermöglichen. Bei dem Vergleich von RehaGames mit klassischen Trainingsübungen fällt auf, dass klassische Trainingsübungen dem Therapeuten eine höhere Bandbreite an Freiheitsgraden bieten, um diese Übungen an die Fähigkeiten und Trainingsziele von einzelnen Trainierenden anzupassen. Es liegt also nahe, dass diese Anpassung der Übungen an den Leistungszustand des Patienten eine Rolle für die Effektivität der Trainingseinheiten spielt. Dies wiederum legt nahe zu untersuchen, ob eine solche Adaption auch mit digitalen, spielerischen Trainingseinheiten, möglich und zielführend ist.

### Interdisziplinäre Entwicklung von RehaGames

Für die Entwicklung von RehaGames spielen drei Fachdomänen eine entscheidende Rolle: dies sind die Medizin bzw. Physiotherapie, die Game Experience sowie die Technologie, die zur Realisierung der Anforderungen aus den zwei vorgenannten Domänen geäußerten Anforderung notwendig ist (Abbildung 1). Die Technologie bildet dabei die Grundlage für die Realisierung von Zielen und Anforderungen, die sich aus medizinischen Erkenntnissen sowie aus der Forschung zur Game Experience ergeben. Die Frage, ob nun die Game Experience oder die Medizin eine höhere Priorität hat und welchem der beiden Aspekte bei der Abwägung von Alternativen zur Realisierung eine höhere Priorität eingeräumt werden soll, wird gerne diskutiert. Nach Ansicht der Autoren ist dies individuell abhängig von der durch einen Rehabilitanden hervorgebrachten Eigenmotivation, welche unter anderem auch durch die individuell empfundene persönliche Beeinträchtigung der Lebensqualität durch die Erkrankung abhängt. Jemand, der ausreichend motiviert ist regelmäßig und ausreichend intensiv zu trainieren, »benötigt« keine digitale Trai-

ningsunterstützung. Für Jemanden, der auf herkömmliche Art und Weise gar nicht trainieren würde, ist auch ein RehaGame mit nur geringer Trainingswirkung besser als kein Training, aber natürlich nicht optimal. Ohne Zweifel sind daher effektive Trainingssysteme, die nicht eingesetzt werden, genauso wenig sinnvoll wie motivierende Spiele ohne oder mit nur geringen Trainingseffekten. Daher widmen wir uns hier der Frage, welche technologischen Aufgaben gelöst werden müssen, um sowohl effektive, als auch motivierende Spiele entwickeln zu können.

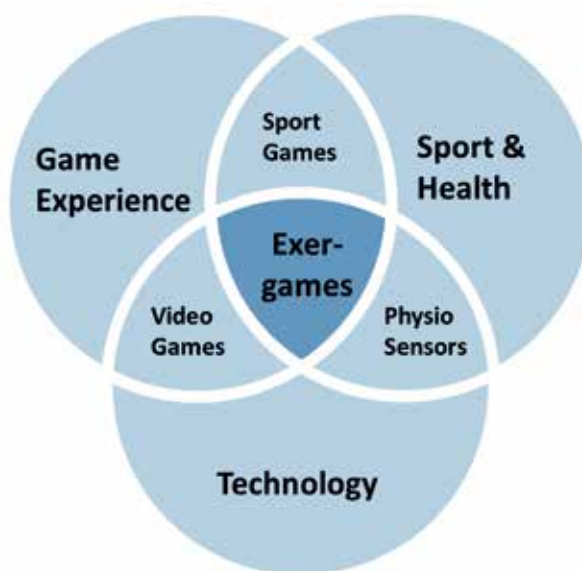


Abb. 1: Für die Entwicklung von RehaGames relevante Fachdomänen [4]

In diesem Beitrag wird basierend auf bereits existierenden Forschungsarbeiten eine strukturierte Betrachtung der für den Therapieerfolg relevanten Elemente vorgenommen und an Hand von Fallbeispielen diskutiert [4], welche Faktoren für die Adaption und Personalisierung von Trainingsspielen relevante Randbedingungen aufspannen. Die relevanten Elemente (vgl. Abbildung 2) können für die einzelnen Fachdomänen zunächst getrennt betrachtet werden. Sowohl Aspekte der Game Experience, also vorrangig emotional wirksame und damit psychologische Komponenten, als auch die medizinisch/physiotherapeutische Zielsetzung des Spiels als physiologische Wirkung sind benutzerspezifische Aspekte und bilden die Zielvorgaben für RehaGames.

### Komponenten eines RehaGames

Technisch betrachtet kann bei einem RehaGame beziehungsweise bei Exergames im Allgemeinen zwischen Hardware- und Softwarekomponenten unterschieden

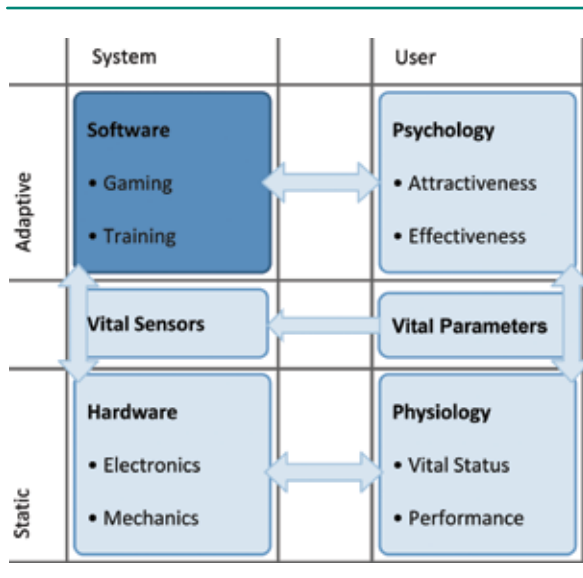


Abb. 2: Adaptionsmodell für Exergames [4]

werden (Abbildung 2). Die Hardwarekomponenten müssen vor dem Einsatz den Anforderungen entsprechend gewählt werden und können während des Einsatzes eines Spiels selbst nicht verändert werden, sie lassen sich lediglich in ihrem durch ihren Aufbau inhärenten, spezifizierbaren Spielraum adaptieren. Die für die Ausführung eines RehaGames notwendigen Eigenschaften der in sich statischen Hardware müssen daher bereits vor dem Einsatz entsprechend dem Einsatzzweck und entsprechend der Physiologie des Nutzers gewählt werden. Die physische Konstitution (der Gesundheitsstatus und das Leistungsniveau) von Nutzern verändert sich während des Spielens kaum bzw. erst nach wiederholter oder längerer Ausführung von Übungen (repetitives Training). Im Gegensatz dazu ist es für eine mittel- und längerfristige Motivation von Spielern notwendig, eine hohe Variation in der Interaktion anzubieten und das Spiel nicht nur kurzzeitig attraktiv erscheinen zu lassen. Dies bedingt eine hohe Anpassungsfähigkeit der Software, sowohl zur Veränderung der Spielinhalte als auch zur Steuerung der Hardware (Sensoren und Aktuatoren), dabei spielen verschiedene Konstrukte und Faktoren aus dem Bereich der Game Experience eine Rolle. Die psychologischen als auch die physiologischen Parameter eines Nutzers können während des Spiels als Vital-Status mit geeigneten Vitalsensoren erfasst und innerhalb der Software zur Steuerung des Spiels sowie zur Steuerung der im Spiel eingesetzten Hardware herangezogen werden.

Die Anpassung der Systemkomponenten kann nach dem in Abbildung 3 (S. 190) gezeigten Modell erfolgen, welches die System-inhärenten Komponenten in drei Ebenen unterscheidet und eine strukturierte Adaption der einzelnen Komponenten in fünf Stufen vorschlägt, die sich in unterschiedlichem Zeiträumen abspielen. Diese Stufen bestehen prinzipiell aus

1. der Evaluation eines spezifischen Settings in der Anwendung,
2. der Messung der Interaktion während dieser Evaluation und der Speicherung dieser Interaktionsdaten,
3. der Analyse dieser erfassten Daten,
4. der Berechnung einer Differenz (Delta) zwischen dem Ist-Wert und einem als optimal erachteten Wert und
5. der Veränderung der entsprechenden Operationalisierung eines Konstruktes innerhalb der Anwendung.

### Adaption und Personalisierung von Trainingsgeräten und Controllern

Wie bereits erläutert, muss die Auswahl geeigneter Hardware zwischen einzelnen Trainingssessions erfolgen, da ein Austausch der Hardware üblicherweise zu einer Unterbrechung des Trainings führt. Bisher gibt es noch keine geeigneten Verfahren, die die metrische Bestimmung der relevanten Trainings- bzw. Spielparameter erlauben. Prinzipiell könnte dies durch die Entwicklung geeigneter Beschreibungen, beispielsweise einer speziellen Erweiterung des Metadatenformats für Serious Games [2] für Exergames beziehungsweise RehaGames, als eine Teilgruppe derselben, ermöglicht werden. Bis dahin bleibt die Auswahl Experten überlassen und muss in jedem Einzelfall überprüft werden. So kann beispielsweise die Interaktion mit einem virtuellen Objekt in der Therapie nach Schlaganfällen für einen Großteil von Patienten geeignet sein, bei dem Rest aber große Frustration erzeugen, etwa weil die entsprechenden Personen die Hand nicht weit genug öffnen können, um das Objekt zu greifen, oder aber allein die Haftreibung zwischen Hand und Tischplatte auch kleinste Bewegungen des Objektes verhindert. Aus diesem Grund muss die reale Umgebung für ein jeweiliges Spiel so gestaltet werden, dass ein möglichst optimales Spielverhalten möglich ist. Dazu gehört zum Beispiel, dass die verwendeten mechanischen Geräte und Komponenten einen ausreichend großen Bewegungsraum (Range of Motion, ROM) ermöglichen, dass sie die während des Spiels auftretenden Kräfte tolerieren können und dass sie eine sichere, ergonomische korrekte und angenehme Durchführung der Übungen gewährleisten. Der Bewegungsraum sowie die auftretenden physikalischen Kräfte sind heutzutage relativ leicht mit üblicher Sensorik zu messen, auch wenn eine fortschreitende Miniaturisierung, eine höhere Präzision und eine Verringerung der Kosten natürlich stets wünschenswert sind. Zur Gewährleistung der Sicherheit bei der Nutzung sind entsprechende Vorschriften zu beachten. Eine ergonomische Bewegungsführung erfordert ausreichende Freiheitsgrade in der eingesetzten Mechanik, damit diese in ihren Dimensionen an die Größe des Nutzers (bzw. seiner Gliedmaßen) angepasst werden kann.

Weniger offensichtlich ist, dass die Haptik der verwendeten Hardware auch einen großen Einfluss auf

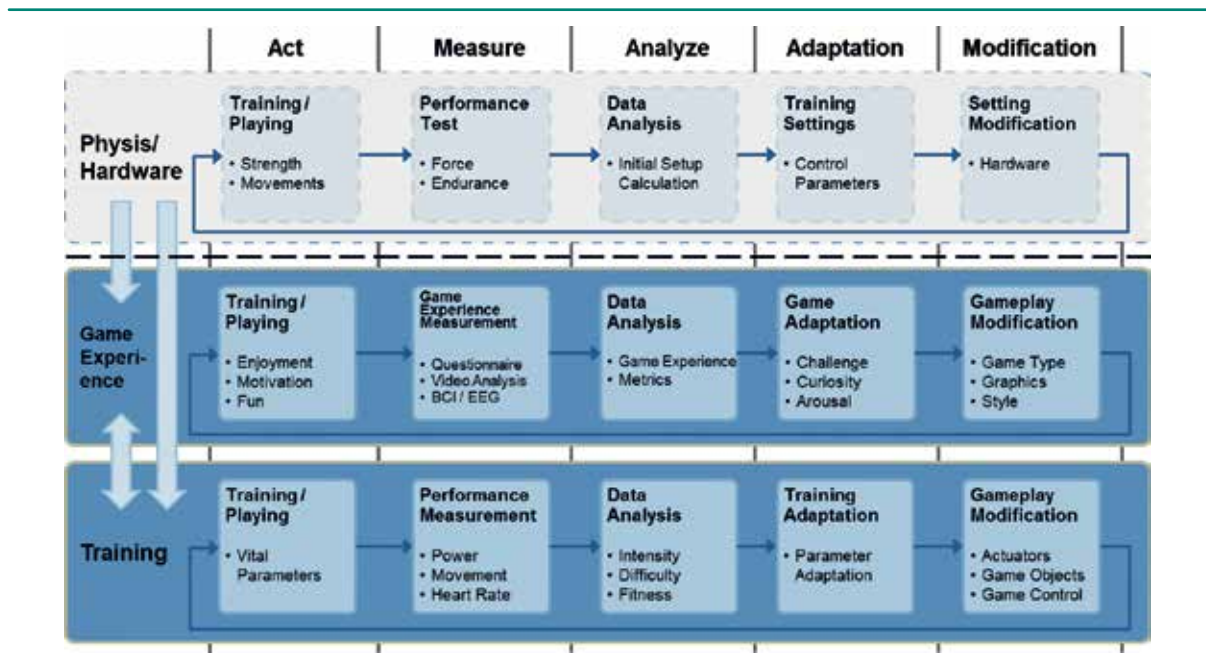


Abb. 3: Adaptionsebenen für RehaGames als eine spezifische Gruppe von Exergames [3]

das Nutzererleben und damit auch auf die Game Experience (GX) während des Spielens hat. Dieser Aspekt ist besonders zu beachten, wenn der Fokus auch auf die Motivation der Trainierenden gelegt wird, wie dies bei der Entwicklung von RehaGames der Fall ist.

Beispielsweise bieten handelsübliche Fahrradergometer weniger Freiheitsgrade in der Bewegung, als dies bei realen Fahrrädern der Fall ist. Seitliche Bewegungen sowie Bewegungen des Lenkers sind nicht möglich. Die Abstände zwischen Sattel und Pedalen, Pedalen und Lenker sind häufig nicht ausreichend verstellbar oder Sattelstütze und Lenkerholm verwinden sich bei der Benutzung so stark, dass eine ungewohnte Haptik entsteht. Dies kann auch durch eine bei Ergometern häufig vorzufindende zu hohe Breite des Tretlagers erzeugt werden, die durch einen zu hohen Abstand der Kurbelarme (Q-Faktor) einen unnatürlichen und unangenehmen Bewegungsablauf hervorruft. Hinzu kommt, dass die aus dem realen Radfahren bekannten Elemente wie Beschleunigung, Abbremsen, Gegenwind und eine vorüber ziehende Landschaft fehlen, die für das Erleben und die Motivation eine sehr wichtige Rollen spielen. Auch die haptischen Eigenschaften von Sattel, Pedalen und Lenker sind häufig vernachlässigte, aber in der Praxis oft geäußerte Einflussfaktoren.

Eine entsprechende Ergonomie und angenehme Haptik der verwendeten Hardware stellt damit eine besondere Herausforderung dar und kann sowohl die Game Experience als auch die Trainingsleistung beeinflussen, die im Folgenden separat betrachtet werden.

### Game-Experience-Adaption

Die erhoffte Steigerung der Compliance, die durch den Einsatz von RehaGames erwartet wird, ist abhängig von der motivierenden Wirkung der RehaGames. Vereinfacht gesagt, »ein Spiel wird gespielt, wenn es Spaß macht.« Mit der Beantwortung der Frage, welche Faktoren dazu führen, dass ein Spiel »Spaß macht«, also Akzeptanz findet und motivierend wirkt, beschäftigen sich Wissenschaftsbereiche, die sich unter den Begriffen »Game Experience« beziehungsweise »User Experience« und »Affective Computing« verorten lassen. In diesen Forschungsdisziplinen wurden einige Konstrukte entwickelt, mit denen sich die Wirkungsweise einiger Spiele und Spielparadigmen beschreiben und teilweise auch erklären lassen. Daher sollen einige dieser Paradigmen im Folgenden detaillierter betrachtet werden. Dabei bleibt vorzuschicken, dass diese Paradigmen nur als Hinweise auf die emotionale Wirkung von Spielen zu sehen sind, es doch kein Schema gibt, welches eine ingenieurmäßige Erstellung von Spielkonzepten auf Basis dieser Konstrukte ermöglicht. Bei der Betrachtung dieser Konstrukte ist zu beachten, dass ihre Realisierung und Messung, auch Operationalisierung genannt, auf verschiedene Art und Weise erfolgen kann. Die jeweilige Art der Operationalisierung hat jedoch ebenfalls einen Einfluss auf die erzeugten emotionalen Reaktionen bei den Spielern.

Eines der ältesten und bekanntesten Konstrukte ist der sogenannte Flow. Flow bezeichnet das völlige Aufgehen in einer bestimmten Tätigkeit und äußert sich durch eine vollständige Fokussierung und ein Hineintauchen (*Immersion*) in diese Tätigkeit, bei der das Zeitgefühl ver-



loren geht. Hauptaspekt für das Entstehen von *Flow* ist, dass die Herausforderung (*Challenge*) in einem bestimmten, optimalen Bereich gehalten werden muss. Wird die Herausforderung zu hoch, so wirkt sie überfordernd und Frustration oder Angst werden begünstigt. Eine zu geringe Herausforderung dagegen ist unterfordernd und führt zu Langeweile. Es ist also die richtige Menge an Erfolgen (*Success*) nötig, die dem Nutzer als visuelles, auditives oder haptisches *Feedback* (Rückmeldung) vermittelt werden muss. Fälschlicherweise wird häufig angenommen, dass dabei ausschließlich positives Feedback motivierend wirkt, eine gewisse Menge an negativem Feedback kann jedoch ebenfalls Motivation im Sinne von »Ehrgeiz« wecken, wenn die Ursache für den Misserfolg auf mangelnde eigene Anstrengung zurückgeführt wird (intern-variable Kausalattribution). Weitere Konstrukte, die einen Einfluss auf die Motivation haben, sind die Kontrolle (*Control*) über das Spielgeschehen sowie das sogenannte *Empowerment*. Dies bezeichnet ein innerhalb des virtuellen Geschehens verstärkt dargestellte Wirksamkeit der eigenen Handlung. Die eigentliche Tätigkeit führt innerhalb des Spiels zu wesentlich stärkeren und umfangreicheren Effekten, als dies in der Realität der Fall ist. Allgemein bekannt ist, dass etwas Neuartiges und Unerwartetes (*Curiosity*) ein gesteigertes Interesse hervorruft. Dies ist auch in Spielen der Fall. *Curiosity* kann innerhalb eines Spiels erzeugt werden, indem neue, unbekannte Spielelemente und Interaktionsmöglichkeiten im Spielverhalten (*Gameplay*) in Erscheinung treten, oder aber als komplett neues Spiel. Um längerfristig zu motivieren, kann man verschiedene Ansätze diskutieren. Unstrittig ist, dass Menschen individuell sind und sich von unterschiedlichen Dingen motivieren und begeistern lassen. Daher ist davon auszugehen, dass es prinzipiell kein Spiel gibt, das für alle Menschen gleichermaßen gut geeignet ist, sondern dass, um eine breite Menge an Personen anzusprechen, eine gewisse Auswahl an Spielen zur Verfügung stehen muss. Dieser Gedankengang scheint trivial und lässt sich leicht durch verschiedene Statistiken zur Beliebtheit von Spielen und anderen Medien (Charts) belegen. Trotzdem wird häufig bei Studien zur Evaluation der Motivation von Spielen mit Mittelwertvergleichen gearbeitet, die in diesem Fall zu hinterfragen oder zu spezifizieren sind. Es kann durchaus diskutiert werden, ob ein Spiel, welches von nur 10% einer Population mit einem Wert von 9 auf einer 10-stufigen Skala bewertet wird, nun insgesamt gesehen schlechter ist als ein Spiel, das bei der gesamten Population einen Wert von 4 erreicht.

Eine spannende Frage ist nun, ob es erfolgversprechender ist, einzelne Spiele so zu entwickeln, dass sie möglichst langfristig motivierend wirken, oder ob es effizienter ist, eher kurzweilige, dafür aber sehr viele unterschiedliche Spiele zu entwickeln.

Man kann also, insbesondere in Bezug auf das Konstrukt der *Curiosity*, davon ausgehen, dass die Erstellung von Spielen einige künstlerische Anteile besitzt, die sich mit den als Regeln interpretierbaren Konstrukten aus der

Game-Experience Forschung beschreiben lassen. Dabei ist zu beachten, dass die Erfüllung der beschriebenen Konstrukte auch stark von der Operationalisierung der einzelnen Konstrukte abhängt. Eine Herausforderung ist es, entsprechende Metriken zu entwickeln, die eine präzise Beschreibung dieser Operationalisierungen erlauben. Diese bildet die Grundlage, um die Auswirkungen der Game Experience auf die Trainingsleistung (Abbildung 3) im Detail zu verstehen.

Technisch gesehen müssen also Lösungen entwickelt werden, die es erlauben, medizinisch fundierte Trainingselemente mit mehreren unterschiedlichen spielerischen Interaktionsmöglichkeiten zu kombinieren und dabei möglichst große Freiheitsgrade für die Ausgestaltung der Spiele ermöglichen. Wie solche Ansätze aussehen können, zeigen in die als Anwendungsbeispiele dargestellten Trainingsspiele ErgoActive und BalanceFit.

### Trainings-Adaption

Wie bereits dargestellt, ist der zweite, aber nicht minder wichtige Aspekt die Trainingswirksamkeit der eingesetzten Spiele. Wie ebenfalls erläutert, ist ein wichtiger Faktor für die Trainingswirksamkeit die Compliance, wenn vorausgesetzt wird, dass die innerhalb des Spiels gestellten Übungen selbst einen entsprechenden Trainingsreiz setzen. Für die Beurteilung der Trainingswirksamkeit, welche ein entscheidender Aspekt sowohl für die Auswahl geeigneter bereits existierender als auch für die Entwicklung neuer Spiele ist, können entsprechende medizinische, physiologische und sportwissenschaftliche Erkenntnisse und Assessments herangezogen werden. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, die für die Erfassung der Interaktion in RehaGames genutzte Sensorik auch dazu einzusetzen, Assessments durchzuführen. Diese können unabhängig von den Spielen durchgeführt werden, selbst ebenfalls auf spielerische Art und Weise realisiert oder direkt in die Spiele integriert werden.

Für den Einsatz eines RehaGames gibt es jeweils ein oder mehrere mehr oder weniger komplexe Trainingsziele, die sich an der entsprechenden Diagnose orientieren. Beispielsweise kann es bei der Diagnose »Schlaganfall« das Ziel sein, nach der Akutbehandlung die Bewegungsfähigkeit oder Kraft in einzelnen Gliedmaßen oder die dazu benötigten neurologischen Funktionen wiederherzustellen. Dies kann als komplexes Ziel (Bewegungsfähigkeit der Arme, bzw. Beine) interpretiert werden, welches aus mehreren (einfacheren) Teilzielen (Aktivierung der neurologischen Plastizität, bei längerer Erkrankung auch Wiederherstellung der Muskelkraft) bestehen kann.

Betrachten wir nun ein einzelnes (komplexes) Ziel, so kann, je nach Ausprägungsgrad der Beeinträchtigung, dieses Ziel (z. B. eine Tasse greifen, um zu trinken) direkt adressiert werden. Wenn jedoch dieses komplexe Ziel nur durch eine/mehrere einzelne Einschränkung/en (z. B. einen einzelnen verkürzten oder degenerierten Muskel) verhindert wird, so kann es effek-

tiver bzw. auch zwingend notwendig sein, vorrangig zunächst dieses Teilziel zu adressieren. Dies ist mit den im Turnen bekannten »Vor- bzw. Ergänzungsübungen« vergleichbar, die dazu dienen können, einzelne, zur Durchführungen einer komplexeren Aufgabe (z. B. Schweizer Handstand) benötigte Fähigkeiten (Kraft der Rückenmuskulatur) zu trainieren.

Um nun beurteilen zu können, inwieweit ein beabsichtigtes (komplexes oder einfaches) (Teil-)Ziel durch ein entsprechendes Training erreicht wird, müssen zunächst geeignete Metriken erstellt und aussagefähige Surrogatparameter gefunden werden, mit denen sich die entsprechende Fähigkeit bemessen lässt. Ein trivialer Ansatz ist zu bemessen, wie häufig (m) eine gestellte Aufgabe bei Anzahl von Versuchen (n) innerhalb einer bestimmten Zeit (t) erfolgreich ausgeführt werden kann, um so einen Quotienten (m/n) für den Grad der Zielerreichung zu definieren. Dieser Prozess kann jedoch für Patienten hochgradig frustrierend, zeitaufwändig und ohne Erkenntnisgewinn sein, nämlich dann, wenn die gestellte Aufgabe gar nicht oder nur in Ansätzen ausgeführt werden kann und damit das eigentliche Ziel in sehr weiter Ferne erscheint. Ebenso frustrierend kann es sein, wenn für längere Zeit kein Fortschritt bei dieser einfachen Methodik erkennbar ist.

Daher muss als Metrik, bzw. zur Bestimmung einer Menge von Surrogatparametern, eine gewisse Menge solcher »Assessment-Aufgaben« definiert werden und diese dann der Schwierigkeit nach geordnet bzw. den Anforderungen entsprechend kategorisiert werden. Anschließend kann dann eine entsprechende Aufgabe ausgewählt werden, die lösbar ist und die ein Feedback der entsprechenden Fähigkeiten so präzise erlaubt, dass der Fortschritt im Training, sofern vorhanden, erkennbar ist. Da die Fortschritte möglicherweise sehr klein sind, muss zur Dokumentation dieser Fortschritte eine ausreichend präzise und sensible Sensorik eingesetzt werden. Je nach Anwendungsfall ist möglicherweise auch eine einzige Assessment-Aufgabe ausreichend, wenn diese entsprechende Parameter besitzt, die eine Adaption der Aufgabe auf einen großen Fähigkeitsbereich zulassen. Beispielsweise erlaubt ein als Sensorik genutztes Fahrradergometer mit einem Leistungsbereich von 25–800 Watt die Leistungsmessung bei sehr kleiner Leistungsfähigkeit, aber auch bei sehr gut trainierten Personen.

Die Frage an Experten nach entsprechenden Assessment-Aufgaben deckt häufig erhebliche Erkenntnisdefizite oder konkurrierende bzw. widersprüchliche Ansätze auf. Bei der Entwicklung des Spiels BalanceFit, welches durch die Wiederherstellung von Kraft, Koordination und Balance einen Beitrag zur Sturzprävention leisten soll, trat bei der Frage an Experten, welche Fähigkeiten zur Vermeidung von Stürzen benötigt werden, wiederholt die Diskussion auf, ob es nun überhaupt geeignete Sturzprädiktoren gibt, welche dies sind und welchen Beitrag sie zur Sturzprävention leisten. Ohne verlässliche Erkenntnisse im Anwendungsgebiet von RehaGames ist es natürlich kaum möglich, technische

Methoden zu entwickeln, um sturzrelevante Fähigkeitsdefizite zu erheben. Leichter zu beantworten ist die Frage nach geeigneten Zielparametern im Bereich des Herz-Kreislauf-Trainings, da es dort mit der individuellen Trainingsherzfrequenz eine – zumindest für den Gesundheitssport – allgemein anerkannte Zielgröße gibt.

Um das jeweilige Trainings-Ziel zu erreichen, werden üblicherweise entsprechende Aufgaben eingesetzt. Diese reichen von dem direkten »Versuchen« der gestellten Aufgabe über Aufgabenelemente, die der gestellten Zielaufgabe ähnlich sind, bis zu Aufgaben, bei denen ein direkter Bezug nicht unmittelbar erkennbar ist. Bei der Entwicklung solcher Übungen besteht die Herausforderung darin, geeignete trainingswirksame Interaktionen zu entwickeln, welche die technischen Möglichkeiten zur Verfügung stehender Geräte und Sensorik voll ausschöpfen und dabei möglichst große Freiheitsgrade für die spielerische Ausgestaltung der Interaktion bieten. Zu beachten ist dabei, dass die Interaktionsform auch Auswirkungen auf die empfundene Game-Experience hat. Beispielsweise beeinflusst eine größere physische Herausforderung auch die Gesamtherausforderung (*Challenge*) eines RehaGames.

### Anwendungsbeispiele BalanceFit und ErgoActive

Die beschriebenen Ansätze und Konzepte wurden durch den htcc e.V. in Kooperation mit dem Multimedia Communications Lab (KOM) der Technischen Universität Darmstadt in verschiedenen spielerischen Trainingsanwendungen realisiert. Der Fokus bei der Umsetzung der Systeme liegt auf dem Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse in Systeme, die den Anforderungen des realen Einsatzes gewachsen sind<sup>1</sup>.

#### ErgoActive – Spielerisches Herz-Kreislauftraining

ErgoActive ist ein System, welches aus mehreren sogenannten Minispielen besteht, die mit einem Ergometer (einem Fahrradergometer oder einem Crosstrainer) gesteuert werden können (Abbildung 4). Die einzelnen Minispiele werden über die Trittfrequenz (RPM) des Spielers gesteuert. Während des Spielens wird die Herzfrequenz erfasst und der Widerstand des Ergometers durch das Spiel elektronisch geregelt. So ist es möglich, verschiedene Ansätze und Algorithmen zur Steuerung der Herzfrequenz [6] direkt in das Spiel zu integrieren und deren Wirkung innerhalb des Spiels zu untersuchen. Um eine Variation der Game Experience zu ermöglichen, unterstützen die Spiele verschiedene Methoden zur Adaption der Spielinhalte, dies ermöglicht unterschiedliche Visualisierungen unter Beibehaltung des Gameplays.

Das der Entwicklung von ErgoActive zu Grunde liegende technologische Framework wird als StoryTecRT bezeichnet und ist konzeptionell verwandt mit dem Autorwerkzeug StoryTec, welches zur Konfiguration von Serious Games eingesetzt werden kann. Mit StoryTecRT

<sup>1</sup> www.spielend-fit.de

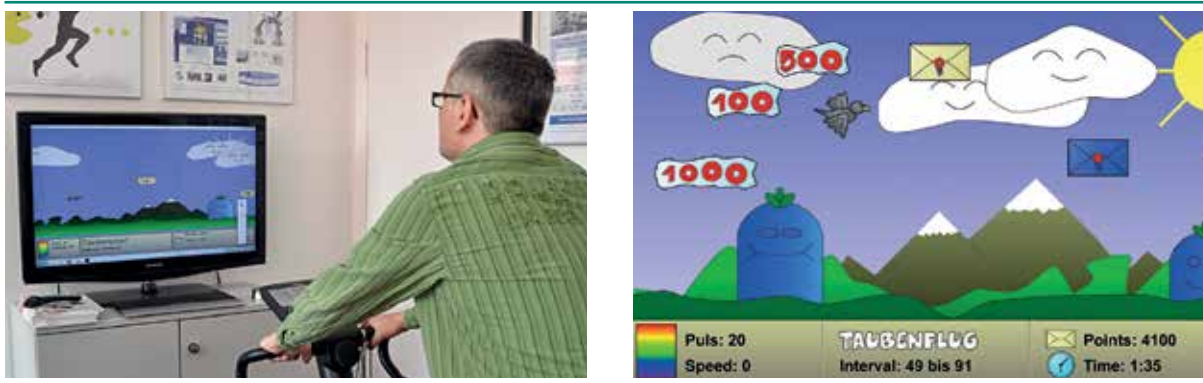


Abb. 4: Das Spiel LetterBird aus der Anwendung ErgoActive [4] (links) in der Variante »classic«

ist die Variation einzelner Game-Attribute unter Beibehaltung aller anderen Game-Attribute möglich. Dies erlaubt es, die Wirkung einzelner Attribute gezielt zu evaluieren.

#### BalanceFit – Training von Kraft, Koordination und Balance

Ein zweites Anwendungsbeispiel stellt das Spiel BalanceFit [5] dar, welches durch das Training bzw. die Wiederherstellung von Kraft, Koordination und Balance einen Beitrag zur Sturzprävention leisten soll. Das Trainingsspiel besteht aus einem Gestell (Abbildung 5) in das ein BalanceBoard, welches als Spielcontroller für die Wii-Konsole erhältlich ist, integriert ist. Über eine Verlagerung des Körperschwerpunkts (Center of Pressure, COP) können die Spieler ein virtuelles Labyrinth in seiner Neigung verändern und dadurch eine virtuelle Kugel durch dieses Labyrinth steuern. Ob das Spiel ohne Zeitdruck oder im Wettbewerbsmodus mit einer zeitlichen Beschränkung spielbar ist, kann konfiguriert werden, und dies verändert die Herausforderung des Spiels. Bei Bedarf können sich die Spieler nach dem Spielen in eine Highscore-Liste eintragen, die eine gewisse Vergleichbarkeit ermöglicht.

Ein für den praktischen Einsatz in einer breiten Nutzergruppe wesentlicher Unterschied im Vergleich zu herkömmlichen Entertainment-Exergames ist, dass die Empfindlichkeit der Sensorik elektronisch verändert werden kann und so die Steuerung des Spiels an die

individuellen Fähigkeiten des einzelnen Spielers angepasst werden kann. Dadurch kann dieses Spiel sowohl von sehr agilen und fitten als auch von Rollator-Nutzern sowie von Rollstuhlfahrern (im Sitzen) gespielt werden (Abbildung 5 rechts), solange die Füße oder Unterschenkel noch minimal bewegt werden können. Besonders effektiv wird die Steigerung der Selbstwirksamkeit über das durch das Spiel realisierte Empowerment erkennbar, wenn Rollstuhlfahrer das Spiel spielen und durch das Spiel spüren, dass sie noch Fähigkeiten besitzen, die sie zuvor nicht wahrgenommen haben. So war es bei der Evaluation des Spiels bereits mehrfach der Fall, dass Rollstuhlfahrer überrascht waren, dass sie in der Lage waren, das Spiel mit ihren Füßen zu steuern. Um eine automatische Erstellung von Spielinhalten entsprechend dem für den einzelnen Spieler optimalen Schwierigkeitsgrad zu ermöglichen, werden derzeit Methoden entwickelt, mit denen neue Spielstufen automatisiert erzeugt werden können. Begleitend dazu wird in Kooperation mit Psychologen untersucht, welche Kriterien ausschlaggebend für die wahrgenommene Schwierigkeit (Game Experience – *Challenge*) dieser Spielstufen sind. Ein weiterer Fokus liegt auf der Entwicklung von Methoden zu Quantifizierung der Trainingswirkung direkt während des Spielens mit Sensoren, die beispielsweise durch die Kombination der Messung von Kräften und Elektromyographie eine Aussage über die durch das Spiel erzeugte Trainingsbelastung erlauben.



Abb. 5: Einsatz von BalanceFit [3] von Nutzern mit heterogenen Fähigkeitsprofilen



## Literatur

1. Brumels KA, Blasius T, Cortright T, Oumedian D, Solberg B. Comparison of Efficacy Between Traditional and Video Game Based Balance Programs. Clin Kinesiol. 2008; 62(4): 26-31.
2. Göbel S, Gutjahr M, Steinmetz R. What Makes a Good Serious Game - Conceptual Approach Towards a Metadata Format for the Description and Evaluation of Serious Games. In: Gouscous, D., Meimaris, M.: 5th European Conference on Games based Learning. Academic Conferences Limited, Reading, UK; 2011. p. 201-210.
3. Hardy S, Dutz T, Wiemeyer J, Göbel S, Steinmetz R. Framework for Personalized and Adaptive Game-based Training Programs in Health Sport. Multimed Tools Appl, Springer, 2014.
4. Hardy S, Göbel S, Gutjahr M, Wiemeyer J, Steinmetz R. Adaptation Model for Indoor Exergames. In: Int J Comp Sci Sport Vol. 10, Special Edition: Serious Games – Theory, Technology and Practice; 2011.
5. Hardy S, Göbel S, Steinmetz R. Adaptable and personalized game-based training system for fall prevention. In: ACM Multimedia, Proceedings of, ACM, New York, NY, USA 2013, p. 431-432.
6. Hoffmann K, Wiemeyer J, Hardy S, Göbel S, Katrin Hoffmann, Josef Wiemeyer, Sandro Hardy, Stefan Göbel: Personalized adaptive control of training load in exergames from a sport-scientific perspective. In: Gamedays 2014, Proceedings of. Springer, LNCS; 2014.
7. Kato PM, Cole SW, Bradlyn AS, Pollock BH. A Video Game Improves Behavioral Outcomes in Adolescents and Young Adults With Cancer: A Randomized Trial. Pediatrics. 2008;122(2):e305-e317.
8. Kliem A, Wiemeyer J. Comparison of a traditional and a Video Game Based Balance Training Program. Int J Comp Sci Sport. 2010; 9(2).

## Interessenvermerk

Es besteht kein Interessenkonflikt.

## Korrespondenzadresse:

Sandro Hardy  
Multimedia Communications Lab (KOM)  
Technische Universität Darmstadt  
sandro.hardy@kom.tu-darmstadt.de



Überkreuz-  
Zugunterstützung



seitliche  
Zugunterstützung



Zugwiderstand Oberschenkel



h/p/cosmos®  
est. 1988 in Germany h-p-cosmos.com

## ... die servolenkung in der manuellen lokomotionstherapie

- Gang- und Bewegungskorrektur
- Lokomotionstherapie mit Expander-Unterstützung
- Durch die Verstellung des Zugwinkels oder der Zuglast, entweder vertikal oder horizontal, sind verschiedenste Belastungseinstellungen und auch laterale Bewegungskorrekturen möglich.

### Die "Servolenkung" in der Lokomotionstherapie ...

unterstützt die 3 Säulen der erfolgreichen neurologischen Rehabilitation:

1. Motivation des Patienten
2. Korrekte Ausführung der Übung
3. Viele Wiederholungen ... robowalk® wird nie müde

Anwendervideos

