

# »IMIC« – Innovative Movement Therapies in Childhood

Neurol Rehabil 2014; 20 (4): 215–225  
Hippocampus Verlag 2014

A. L. Martin<sup>1</sup>, U. Götz<sup>1</sup> & R. Bauer<sup>1</sup>

## Zusammenfassung

»IMIC« (Innovative Movement Therapies in Childhood) ist ein translationales Forschungs- und Entwicklungsprojekt, das sich in einem interdisziplinären Kontext darauf spezialisiert hat, Bewegungstherapien für Kinder mit neurologisch bedingten motorischen und kognitiven Beeinträchtigungen motivierender und somit effektiver zu gestalten. Der Fokus des Projekts liegt auf der spielerischen Erweiterung der robotergestützten pädiatrischen Bewegungsrehabilitation für obere und untere Extremitäten durch den Einsatz spezifisch entwickelter virtueller Spielszenarien. Das Projekt wurde von Kooperationspartnern aus den Bewegungswissenschaften, der Neurologie und Neuropsychologie (Rehab Research Group am Rehabilitationszentrum Affoltern a. Albis, Kinderspital Zürich), den Disziplinen Game Design (Zürcher Hochschule der Künste, Studienvertiefung Game Design) und sensor-motorischer Robotik (ETH Zürich, Sensory Motor Systems Lab) im Jahr 2010 begründet.

Das Projekt strebt ein abwechslungsreiches Spiel-Setting an, das den Einsatz mehrerer, miteinander frei kombinierbarer Therapiesysteme für untere und obere Körperpartien ermöglicht. Dieses Ziel führte direkt zur zentralen Entwicklung einer Schnittstelle (»RehabConnex«), welche unterschiedliche Roboter oder Eingabegeräte bzw. eine Kombination aus beiden mit RehabGames zur Spielsteuerung verbinden kann. In diesem Szenario fungieren Lokomat<sup>®</sup> (Hocoma) und ChARMin (ETH Zürich) als multimodale »Game Controller«, mit denen digitale Spiele von Patienten durch Bewegungseinsatz gesteuert werden können.

Im Rahmen des »IMIC«-Projekts werden nicht nur klinische Forschungsfragen zum Wirkungsgrad der neuartigen Intervention beantwortet, sondern auch spezifische gestalterische Entwicklungsansätze und Fragen verfolgt: Welche audio-visuellen, spielkonzeptuellen und technologischen Eigenschaften muss ein RehabGame aufweisen, um junge Patienten maximal für die Teilnahme an der Therapie zu motivieren und so die Therapeuten effektiv zu unterstützen?

**Schlüsselwörter:** Rehabilitation Games, robotergestützte Bewegungstherapie, neurologische Beeinträchtigungen, RehabConnex, Kinder

*1 Department Design,  
Studienvertiefung Game Design,  
Zürcher Hochschule der Künste*

## Einleitung

Durch neurologische Störungen wie Rückenmarksverletzung, Schlaganfall oder Schädel-Hirn-Trauma kann es zu neuronalen Schädigungen und Beeinträchtigungen des Bewegungsapparats von Kindern und Jugendlichen kommen [11]. Der Mehrwert von gezieltem Gang- [11] und Bewegungstraining der oberen Extremitäten [16] in der spezifischen Rehabilitation der genannten Diagnosen ist bereits erforscht. Es wurde belegt, dass Betroffene idealerweise die eingeschränkten Fähigkeiten in speziellen funktionsbezogenen und repetitiven Kontexten (z. B. zielorientiertes Gehen oder zielgerichtete Greifbewegung) trainieren sollten, um die benötigte Muskelkraft und Bewegungskoordination zurückzuerlangen [11, 16]. Robotergestützte Therapie eignet sich in diesem Fall besonders, da sie effektive Therapiezeit und Intensität pro Sitzung für den Patienten erhöhen und gleichzeitig den physischen Aufwand für den Therapeuten minimieren kann [11].

In Kombination mit virtueller Realität (VR) und virtuellen Trainingsszenarien kann die Therapie zudem

noch motivierender, zielgerichteter und funktionaler gestaltet werden. VR kann als therapeutisches Instrument genutzt werden, das unterstützend wirkt, direktes Feedback liefert und eine interaktive Erfahrung bietet [3]. Therapien unter Einbezug von VR können Patienten helfen, ihren Aufmerksamkeitsfokus temporär von ihren Einschränkungen abzuwenden und ihre Ziele zu erreichen. VR kann vorbeugen, Langeweile oder Müdigkeit während der Rehabilitation zu empfinden. In unterschiedlichen Untersuchungen konnte belegt werden, dass Spaß, Vielseitigkeit und Motivation insbesondere während der Therapiezeiten der pädiatrischen Rehabilitation von großer Bedeutung sind [2, 12, 17]. Die positiven Effekte von VR in der pädiatrischen Rehabilitation können durch das immersive und motivierende Potential von Games mit therapeutischen Zielsetzungen noch erhöht werden. Die positive Wirkung von Games in der Bewegungsrehabilitation von Kindern und Jugendlichen konnte bereits in diversen Studien nachgewiesen werden [1, 7, 13, 14, 15].

Die Kooperation der Studienvertiefung Game Design (Zürcher Hochschule der Künste; ZHdK) mit der Rehab Research Group des Kinderspitals in Affoltern a. A. und dem Sensory-Motor Systems Lab (SMS Lab) der ETH Zürich wurde 2008 begründet. Diese erste Zusammenarbeit zielte auf die gemeinsame Konzeptualisierung und Entwicklung des Lokomat-Games »Gabarello v.1.0.«. Nach der erfolgreichen Implementierung [5] und Nutzung dieses RehabGames folgte 2010 das »IMIC«-Projekt. Das Ziel dieses interdisziplinären Projekts ist es, die Bewegungstherapien für Kinder mit neuronalen Schädigungen und einer Beeinträchtigung des Bewegungsapparats der unteren und oberen Extremitäten durch den Einsatz innovativer, multimodaler Rehabilitationstechnologien und durch zielgruppenspezifisch gestaltete RehabGames motivierender zu gestalten und damit nachhaltig zu verbessern. Zusätzlich sollen die Therapeuten durch die Projektergebnisse effektiv in ihrer Arbeit unterstützt und, wenn möglich, entlastet werden.

### Zielgruppe

Auf der Seite der Patienten bilden Kinder und Jugendliche mit neuronal bedingten Beeinträchtigungen des Bewegungsapparats und der kognitiven Fähigkeiten die Zielgruppe; der Altersdurchschnitt der Patienten am Rehabilitationszentrum Affoltern a. Albis liegt bei 5 bis 18 Jahren. Die Geschlechterverteilung ist ausgewogen. Die Patienten bekommen individuelle Therapiepläne, wobei u. a. die robotergestützte Bewegungstherapie für obere und/oder untere Extremitäten angewandt wird. Im Allgemeinen werden diese Therapien zwei- bis viermal wöchentlich über einen Zeitraum von vier bis acht Wochen absolviert und dauern jeweils 45 min/Einheit. Es ist daher wichtig, dass die Therapiesitzungen abwechslungsreich und motivierend angelegt sind, wobei die Erweiterung der robotergestützten Rehabilitation mit Games als vielversprechender Ansatz gewertet wird [4].

Auf der anderen Seite stehen jedoch auch die Therapeuten im Fokus der Projektentwicklung, die in der Ausübung ihrer therapeutischen Tätigkeiten effektiv unterstützt und entlastet, nicht aber ersetzt werden sollen.

Die Gestaltung von therapieunterstützenden RehabGames muss einem hohen Anspruch folgen, da die nötige Motivation im Kontext der Therapie nur über eine hochqualitative audio-visuelle und spielmechanische Anlage dieser Spiele aufgebaut werden kann. Gleichzeitig kann davon ausgegangen werden, dass durch die Vorerfahrung mit marktüblichen Games Kinder und Jugendliche ihrerseits hohe Erwartungen an die Gestaltung von Games haben.

### Technologisch-systemischer Hintergrund

Alle Therapien des »IMIC«-Projekts basieren auf robotergestützter Bewegungstherapie für Kinder und Jugendliche (siehe auch Wolf & Riener, in diesem Heft); so wird in der Gangtherapie der Lokomat® (Hocoma) eingesetzt,

in der Rehabilitation des oberen Bewegungsapparats findet zukünftig der ChARMin (SMS Lab) Verwendung.

Beide Therapieroboter üben in »IMIC« einerseits ihre Funktionen als Therapiegeräte aus, andererseits fungieren sie auch als Eingabegeräte, letztlich also als »Game Controller«, zur direkten Spielsteuerung der RehabGames. Die konstruktive Beschaffenheit von Lokomat® und ChARMin schließt einen simultanen Einsatz der beiden Roboter im selben Therapie-Setting aus, weswegen in den einzelnen »IMIC«-RehabGames entweder ein »Lokomat-basierter Entwicklungsansatz« oder ein »ChARMin-basierter Entwicklungsansatz« verfolgt wird. Das angestrebte technologisch-systemische Setting von »IMIC« ermöglicht es, die Roboter entweder einzeln mit den RehabGames des Projekts verbinden und steuern zu können oder zusätzliche Eingabegeräte hinzuzufügen, die dann in Kombination mit einem der beiden Roboter an eine spielspezifische Aufgabe (Game Task) gekoppelt sind.

In »Gabarello v.1.0.« erschlossen die ZHdK Game Designer die während der Therapie wirkenden Bewegungskräfte des Patienten im Lokomat®, um den Roboter als »Game Controller« nutzen zu können. Die gemessenen und in Echtzeit in sogenannte Biofeedbackwerte [11] umgewandelten Daten werden direkt an die Game Engine (Unity®) gekoppelt und so als Steuermöglichkeit für RehabGames nutzbar gemacht. Die Festlegung bestimmter Schwellenwerte des Biofeedbacks, die den Kräfteinsatz der Patienten in drei Stufen unterteilen (leicht, mittel, stark), ermöglicht eine direkte Übersetzung der Bewegungskräfte in spielrelevante Parameter für die Game Mechanik (z. B. Laufgeschwindigkeit und Fähigkeiten des Avatars, die sich je nach Kräfteinsatz des Patienten ändern). Die Schwellenwerte können abhängig vom Therapiestand und den körperlichen Voraussetzungen des Patienten vom Therapeuten individuell und manuell auf den Patienten abgestimmt und angepasst werden.

Im »IMIC«-Projekt resultierte aus der fixen Verbindung von »Gabarello v.1.0.« und Lokomat® der nächste, fundamentale Entwicklungsschritt: die Konzeptualisierung und Programmierung einer speziellen Schnittstelle, des sogenannten »RehabConnex« (Abb. 1; ZHdK); diese Schnittstelle erlaubt es jetzt, eine Verbindung eines »IMIC«-RehabGames mit verschiedenen Robotern und Eingabegeräten (z. B. Bewegungstracking durch Kamera) flexibel herzustellen. Diese neue Flexibilität birgt sowohl für die Therapie, als auch für die Spielerfahrung/das Spielerlebnis einen wesentlichen Mehrwert. Gleichzeitig entsteht die Grundlage für Forschungsfragen, die durch diese innovative Konstellation untersuchbar werden. Die Weiterentwicklung »Gabarello v.2.0.« entstand in RehabConnex-System als erstes Spiel, das mit einer zweifunktionalen Steuerung versehen und einsetzbar ist.

## Die Therapiegeräte

Der Mehrwert der Therapieroboter Lokomat® (Hocoma AG, Volketswil, Schweiz) und ARMin (Armorthese für Erwachsene, Vorstufe zum ChARMin; SMS Lab, ETH Zürich) wurde für die Rehabilitation neurologisch bedingter Bewegungseinschränkungen in unterschiedlichen Altersklassen bereits in diversen Studien belegt [z. B. 6, 8]. Der Lokomat® wird darüber hinaus im Kontext der pädiatrischen Rehabilitation erfolgreich eingesetzt und beforscht [2], während die kindgerechte Version der Armorthese, der ChARMin, noch in der abschließenden Entwicklungsphase ist [9]. Lokomat® und ChARMin können im »IMIC«-Projekt neben ihrem autonomen Einsatz als Therapiesysteme auch als »Game Controller« zur Interaktion mit virtuellen Spielszenarien genutzt werden. Im Folgenden werden diese »IMIC«-Therapieroboter sowie die zusätzlichen Eingabegeräte (»PITS« und »Color Tracking«) vorgestellt.

### Lokomat®

Der Lokomat® besteht aus einer robotergestützten Gangorthese mit unterschiedlichen, austauschbaren Patientenhalterungen (s. Abb. 2), einem modernen Gewichtsentlastungssystem und einem motorisierten Laufband (Hocoma). Die Beine der Patienten werden von computergesteuerten Motoren in einem möglichst natürlichen physiologischen Gangbild mit variabler Unterstützung durch den Roboter geführt (0–10 km/h). Ein zusätzliches audiovisuelles Wiedergabesystem im frontalen Blickbereich des Patienten (Bildschirm und Tonwiedergabe) ist auf die Bespielung mit RehabGames hin ausgelegt.



Abb. 2: Der Lokomat® als »Game Controller« von »Gabarell v.1.0« (Quelle: ZHDK)

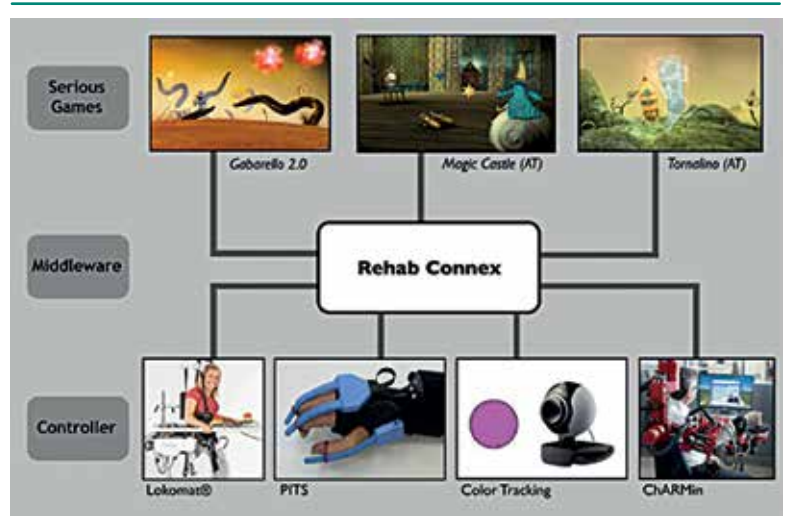


Abb. 1: »RehabConnex« und beispielhafte Kombinationen aus RehabGames und Eingabegeräten (Quelle: ZHDK)

### ChARMin

Der ChARMin befindet sich aktuell kurz vor dem Abschluss seiner Entwicklung. Dieser speziell für die pädiatrische Rehabilitation entwickelte Roboter ist eine Armorthese, die in der Bewegungstherapie der oberen Extremitäten eingesetzt und mit VR (über einen zusätzlichen Bildschirm) kombiniert werden kann (Abb. 3). Der erste Prototyp wird für Kinder und Jugendliche mit neurologischen Beeinträchtigungen des oberen Bewegungsapparats zwischen 5 bis 13 Jahren entwickelt. Die Armorthese hat vier Freiheitsgrade (1. horizontale Schulterabduktion und -adduktion, 2. Schulterextension und -flexion, 3. Schulterinnen- und außenrotation, 4. Ellenbogengelenk und Unterarm) und unterstützt bzw. führt Schulter- und Ellenbogenbewegungen der Patienten. Der ChARMin ist beidseitig für Links- und Rechtshänder einsetzbar und an die physischen Voraussetzungen der Kinder und Jugendlichen individuell anpassbar. Nach Abschluss und Testung des ersten Prototyps sollen drei zusätzliche Freiheitsgrade (5 Pro- und Supination, 6 Handgelenkextension und -flexion, 7 Öffnen und Schließen der Hand) implementiert werden [9].

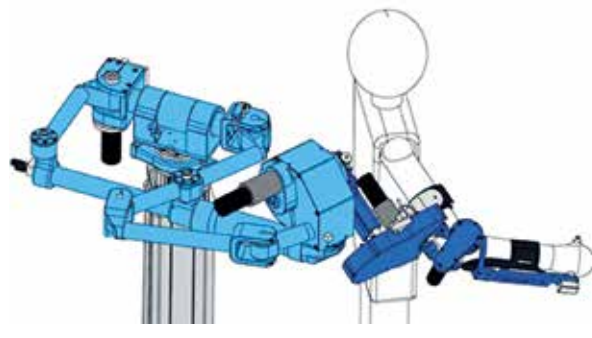


Abb. 3: Design des ersten ChARMin Prototypen mit vier Freiheitsgraden (Quelle: U. Keller; ETHZ)

### PITS (Pediatric Interactive Therapy System)

Der »PITS«-Handschuh (Pediatric Interactive Therapy System; Institut für Neuroinformatik, ETH Zürich und Universität Zürich) ist ein Sensorhandschuh, der mit seiner Greifbewegung für »IMIC«-RehabGames als »Game Controller« genutzt werden kann. Sowohl der Handschuh als auch sein Sensorsystem sind austauschbar und in unterschiedlichen Größen und für Rechts- wie Linkshänder vorhanden. Am Handschuh sind Biegesensoren zur Messung der Fingerextension und -flexion, ein Aktivitätssensor sowie ein Magnetometer für die Positionsbestimmung des Unterarms eingearbeitet. In der pädiatrischen Rehabilitation der oberen Extremitäten wird »PITS« als eigenständiges Eingabegerät bereits erfolgreich eingesetzt [18].

### »IMIC-Color Tracking«

Das »IMIC-Color Tracking« ist ein von ZHdK Game Designern entwickeltes System, das eine vorgegebene Farbe und deren Bewegungen im Raum mittels einer handelsüblichen Webcam erfassen und verfolgen kann. Auch dieses Eingabegerät kann sowohl eigenständig als auch in Kombination mit anderen Controllern zur Steuerung von »IMIC«-RehabGames genutzt werden.

### RehabGames

In der Bewegungstherapie ohne RehabGames besteht ein wichtiger Bestandteil der Therapeutentätigkeit darin, Patienten zur aktiven Teilnahme an der Therapie zu animieren. Auf diesen Aspekt hin entwickelte RehabGames können den Therapeuten bei der Patientenmotivation stark unterstützen und entlasten. Dies setzte für das »IMIC«-Projekt voraus, in Konzept- und Realisierungsphase besonders eng mit den Therapiefachleuten (Ergotherapeuten, Bewegungswissenschaftler, Mediziner) zusammenzuarbeiten, um das Spektrum der therapeutischen Tätigkeiten präzise zu erfassen und so optimal angepasste RehabGames zu gestalten.

Die Beobachtung der Therapeuten und die Befragung zu ihrem Tätigkeitsspektrum bildeten die ersten Schritte jeder Konzeptphase; sie wurden durch Zielgruppenanalysen zu den spezifischen Ausprägungen neuronal bedingter Bewegungseinschränkungen und kognitiver Beeinträchtigungen der Patienten ergänzt, die in die Ausarbeitung fiktiver, aber typischer und verallgemeinerbarer Patientenprofile (Personas) mündeten. Daraus leiteten sich unterschiedliche Konzepte zu einzelnen RehabGames ab, die im Abgleich mit den Ansprüchen des Fachpersonals iterativ angepasst wurden. In der Umsetzung erarbeiteten die ZHdK Game Designer Visualisierung (grafisches Design des Gamecharacters und des virtuellen Szenarios), Storytelling, Spielmechaniken, Programmierung, Animation und Vertonung der Games. Nach Prototypen-Testungen wurden letzte Optimierungen für den klinischen Kontext vorgenommen,

bevor die RehabGames im Kinderspital Affoltern a. A. implementiert werden konnten und für den Einsatz in der Rehabilitation zur Verfügung standen.

Aktuell befindet sich die Entwicklung der »IMIC«-RehabGames in der letzten Stufe und soll im November 2014 mit der Implementierung des fünften Spiels abgeschlossen werden. Im Folgenden werden die »IMIC«-RehabGames in der chronologischen Abfolge ihrer Entstehung vorgestellt, wobei Aspekte von »Gabarello v.1.0« und »Gabarello v.2.0« teilweise exemplarisch für die anderen Spiele gesehen werden können.

### »Gabarello v.1.0« und »Gabarello v.2.0«

»Gabarello v.1.0« und »Gabarello v.2.0« (kurz für »Game Based Rehabilitation for Lokomat) basieren weitestgehend auf demselben Spielkonzept. Sie verfolgen beide den »Lokomat-basierten Entwicklungsansatz«. »Gabarello v.1.0« stammt aus dem Jahr 2008 und wurde 2010 mit dem European Innovative Games Award Advancement Prize ausgezeichnet. Beide RehabGames werden durch die messbare, aktive Teilnahme der Patienten während der Gangtherapie im Lokomat® gesteuert. Die Patienten beeinflussen durch ihren Kräfteinsatz sowohl die Laufgeschwindigkeit eines Avatars als auch seine weiteren Fähigkeiten, um sich so durch ein Gamelevel zu bewegen und Belohnungspunkte einzusammeln. Beim Spielen von »Gabarello v.2.0« bedienen die Patienten zusätzlich zu dieser Aufgabe des Laufens des »PITS«-Handschuhs mit einer Hand (Zusammendrücken der Hand), so dass eine besondere kognitive und koordinative Herausforderung im Gameplay entsteht. Diese Erweiterung lenkt den Aufmerksamkeitsfokus der Patienten von ihren Beinen hin zu Bewegungsaufgaben der oberen Extremitäten und soll so helfen, die Laufbewegungen weiter zu verinnerlichen. Die Inputs von Sensor-Handschuh und Lokomat® werden über den »RehabConnex« an die Game Engine gekoppelt.

### Prototyp-Entwicklung

Bei der Entwicklung von »Gabarello v.1.0« wurden zunächst mögliche Lösungsmodelle und Variationen der klinischen Anforderungen in sieben unterschiedlichen Szenarien festgelegt, von denen dann sechs als interaktive oder animierte Prototypen umgesetzt wurden. Durch das Testen dieser Prototypen und die Kombination ihrer spezifischen Vorteile konnte schließlich derjenige Prototyp (Abb. 4) gefunden werden, der den Grundstein für »Gabarello v.1.0« und »Gabarello v.2.0« (Abb. 5) legte.

Die Entwicklung von »Gabarello v.1.0« verlief im Verhältnis zu den übrigen Spielentwicklung aufwändiger, da sowohl im Game Design als auch in der Therapie »Neuland« betreten wurde. In den später folgenden RehabGame-Entwicklungen konnte teilweise auf Erfahrungswerte von »Gabarello v.1.0« zurückgegriffen werden, was diese Entwicklungen dann erleichterte.

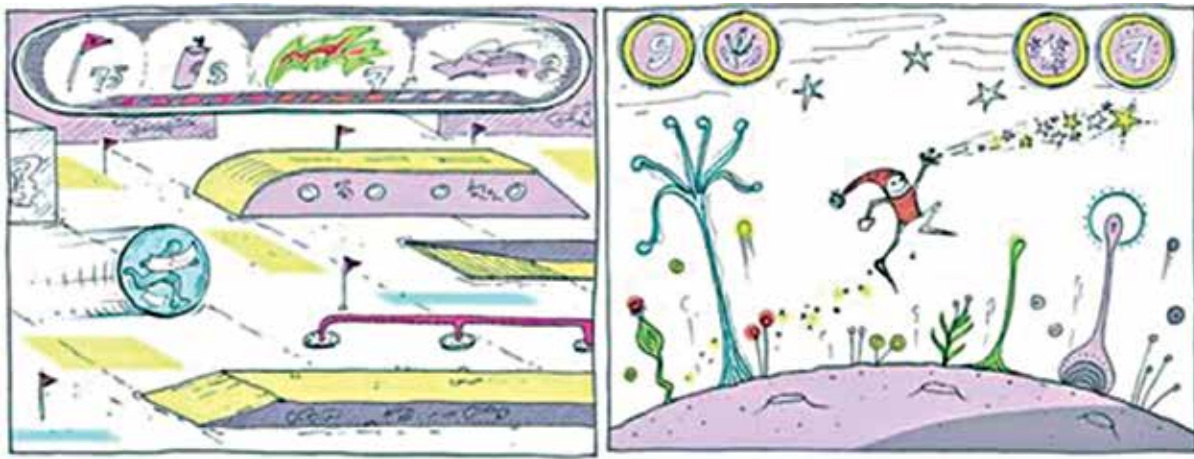


Abb. 4: Erste visuelle Konzepte zu »Gabareello v.1.0« (Quelle: ZHdK)



Abb. 5: Screenshots von »Gabareello v.1.0« und »Gabareello v.2.0« (Quelle: ZHdK)

### Narrativer Hintergrund

In »Gabareello v.1.0« steuert der Patient einen kleinen Astronauten namens »Nicolò«, der auf einem fremden Planeten gelandet ist. »Nicolò« umrundet den verhältnismäßig tristen und dunklen Planeten, über den auf unterschiedlichen Erhebungen und Pfaden Blumen verteilt sind, die er durch Kollision zum Leuchten bringen und/oder in die Atmosphäre entweichen lassen kann. Hat »Nicolò« den Planeten einmal umrundet, kommt er wieder an seiner Rakete vorbei und startet zur nächsten Umrundung, bei der er die restlichen Blumen in die Planetenatmosphäre hinaufschweben lassen kann. Das Spiel kann so beliebig lange gespielt werden, selbst wenn keine Blumen mehr auf dem Planeten zu finden sind.

»Gabareello v.2.0« spielt auf einem anderen, freundlicher wirkenden Planeten, auf dem »Nicolò« wieder mit seiner Rakete gelandet ist. Landschaft, Atmosphäre und Vegetation unterscheiden sich stark von »Gabareello v.1.0«. »Nicolò« kann hier hagebuttenähnliche Gewächse sammeln, die wiederum auf verschiedenen Ebenen und Pfaden verteilt sind. Durch Kollision mit einem Hagebuttengewächs bei bestimmter Laufgeschwindigkeit verpufft die Hagebutte in die Atmosphäre – an ihrer

Stelle entsteht eine blaue Wolke. Zusätzlich zu diesen blauen Wolken sind in der Atmosphäre rote Wolken verteilt, die »Nicolò« mit seinem Raketenrucksack abschießen kann (ausgelöst durch den »PITS«-Handschuh) und die daraufhin hinter ihm abregnen. Dieser Regen resultiert im sofortigen Wachstum einer neuen Hagebutte, die in der nächsten Planetenumrundung gesammelt werden kann. Zudem werden sich die blauen Wolken in der nächsten Umrundung in rote Wolken verwandelt haben, die dann erneut abgeschossen werden können. Das Spielelevel von »Gabareello v.2.0«, das sich so immer wieder von Neuem mit interaktiven Objekten auffüllt, soll die Motivation des Spielers dauerhaft hoch halten.

### Gameplay und Game Mechanik

Der Therapeut kann die Biofeedbackwerte des Lokomats® für »Gabareello v.1.0« und »Gabareello v.2.0« durch manuelles Setzen individueller Schwellenwerte in drei unterschiedliche Stufen unterteilen (leicht, mittel, stark); diese Stufen leiten sich aus den Messwerten der aktiven Teilnahme des Patienten im Lokomat® ab. Die Schwellenwerte kennzeichnen somit die Übergänge von einer Intensitätsstufe der Patiententeilnahme in die nächste. So kann jede Veränderung im Patientenverhal-

ten (physische Steigerung oder Nachlassen) gemessen und vom RehabGame in Echtzeit interpretiert werden, das mit einer Adaption des Gameplays reagiert.

Zum einen passt sich »Nicolos« Ganggeschwindigkeit an die jeweilige Intensitätsstufe an (langsam, mittel, schnell), zum anderen verändern sich »Nicolos« Fähigkeiten. Mit zunehmender Geschwindigkeit kann der Astronaut höher und weiter springen – er erreicht so höher gelegene Ebenen und Pfade. Soll »Nicolò« jedoch die unteren Pfade entlang laufen, darf der Patient nicht zu kraftintensiv laufen, um keine Sprünge des Avatars auszulösen. So hängt für den Patienten die Entscheidung, welchen Weg »Nicolò« beschreiten soll, direkt mit der eigenen Kraftaufwendung zusammen und lässt sich bewusst steuern. Gleichzeitig bestimmt die Kraftaufwendung des Patienten die Höhe von Belohnungen in »Gabarello v.1.0« und »Gabarello v.2.0«, da die Belohnungspunkte der Kollisionsobjekte (Blumen und Hagebuttengewächse) an die jeweils erreichte Intensitätsstufe gekoppelt sind.

Das visuelle Feedback gibt für den Patienten Auskunft über die soeben erreichte Punktzahl, indem bei Kollision auf der langsamen Stufe die Blumen/Hagebutten lediglich erleuchtet werden, bei mittlerer Stufe zu glühen beginnen und sich bei schneller Stufe lösen und verwandeln. Zusätzlich dazu werden Veränderungen an »Nicolò« selbst ersichtlich. Mit steigender Geschwindigkeit werden seine Beine in der Länge skaliert, was ihm ein deutlich erwachseneres Aussehen verleiht. Bei schneller Geschwindigkeit zieht er zudem einen goldenen Schweif aus seinem Rucksack hinter sich her, der bei mittlerer Geschwindigkeit etwas schwächer und silbern ausfällt (Abb. 6).

»Gabarello v.1.0« und »Gabarello v.2.0« können jederzeit unterbrochen und pausiert werden. Die erspielten Punkte werden am Ende der Therapiesitzung zusammen mit den anderen relevanten Daten (Schwellenwerte, usw.) vom Therapeuten im Therapieprotokoll dokumentiert.

#### Scoring

Der Patient erhält Feedback über »Erfolg« oder »Misserfolg« in Form eines speziellen Punktesystems. Objekte, mit denen »Nicolò« interagieren kann (Blumen, Hagebuttengewächse und Wolken), tragen unterschiedliche Eigenschaften in sich: einerseits sind sie als Score-Items charakterisiert (also als Quelle für Belohnungspunkte), andererseits werten sie die Stärke der Kollision mit dem Avatar aus und reagieren entsprechend. In Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Avatars zum Zeitpunkt einer Kollision (PlayerWalkState 0, 1 oder 2) mit einer Blume/Hagebutte (Score-Item Blume/Hagebutte; SIBH) bzw. dem Treffer einer Wolke (Score-Item Wolkentreffer; SIW) bekommt der Spieler 1, 4 oder 8 Belohnungspunkte. Gleichzeitig reduziert der PlayerWalkState zum Zeitpunkt der Kollision die Wertigkeit eines SIBHs um  $-1$ ,  $-2$  oder  $-3$  Statuspunkte (Tabelle 1).

Werden die Statuspunkte eines Objekts bei Kollision nicht sofort maximal reduziert, bleiben die übrigen Statuspunkte für die nächste Planetenumrundung bestehen, bei der sie dann weiter reduziert werden können. In »Gabarello v.1.0« kann aufgrund der begrenzten Anzahl von Belohnungspunkten ein maximaler Highscore erreicht werden, wobei vom Spieler eine gewisse Kenntnis des Levelaufbaus und Strategie zur Navigation vorausgesetzt wird. In »Gabarello v.2.0« kann es



Abb. 6: »Nicolos« Erscheinung in den drei Intensitätsstufen von »Gabarello v.1.0« (Quelle: ZHdK)

Aktueller PlayerWalkState	Abzug SIBH-Statuspunkte nach Kollision	Belohnungspunkte SIBH nach Kollision	Belohnungspunkte SIW nach Treffer
0	1	1	1
1	2	4	4
2	3	8	8

Tab. 1: Punktevergabe für Blumen/Hagebutten und Wolkentreffer in »Gabarello v.1.0 und v.2.0«

einen solche Highscore aufgrund des endlosen Aufbaus der Levelstruktur nicht geben – stattdessen wird hier ein individueller Maximalwert an Belohnungspunkten erreicht, der von der Spieldauer abhängig ist (die Levelstruktur sorgt für gleichbleibend hohe Motivation).

*Game Control*

»Gabarello v.1.0« und »Gabarello v.2.0« transformieren die Biofeedback-Messwerte in Spielparameter. Hierfür wird das gemessene Biofeedback direkt durch das Input-Handler Skript in den »PlayerWalkState« umgewandelt.

*Game Grafik und Interface*

»Gabarello v.1.0« und »Gabarello v.2.0« sind dem »Jump & Run« Genre entlehnt und nutzen den Blickwinkel einer seitlichen Kameraperspektive. Die Grafik der beiden Spiele besteht aus dreidimensionalen Objekten, die in der Game Engine »Unity®« zu gestalteten Levels arrangiert sind. Durch die seitliche Kamerabewegung entsteht ein überzeugender räumlicher Eindruck, der die grafischen Vorteile einer dreidimensionalen perspektivischen Darstellung nutzt, ohne aber die typischen optischen Schwierigkeiten einer First- oder Third-Person-Perspektive für Patienten mit möglichen Sehbeeinträchtigungen entstehen zu lassen. Im Hinblick auf solche Beeinträchtigungen der Patientenzielgruppe wurde die grafische Darstellung klar, kontrastreich und einfach gehalten.

Der aktuelle Punktstand ist im oberen rechten Winkel des Bildschirms zu sehen, der aktuelle Biofeedbackwert und die Spieldauer wird im unteren linken Winkel angezeigt. Die Dauer der RehabGames kann vom Therapeuten über ein gesondertes Therapeuten-Interface vorgegeben werden. Sowohl die Biofeedbackwerte als auch die Zoomeinstellung der Kameraperspektive können manuell gesteuert werden. »Nicolos« Beinbewegungen können je nach Bedarf zum Lokomat-Gang synchron oder asynchron geschaltet werden. Diese Option kann zusätzliche kognitive Unterstützung für den Patienten bieten, wenn er die Entsprechung seiner realen Bewegungen im virtuellen Szenario abgebildet sieht. Das Spielerlebnis scheint jedoch immersiver zu sein, wenn die eigenen realen Beinbewegungen von »Nicolò« entkoppelt sind.

*Modulares Leveldesign*

Eine Besonderheit von »Gabarello v.1.0« und »Gabarello v.2.0« ist ihr modularer Levelaufbau, der eine direkte Vergleichbarkeit der beiden Game Versionen möglich macht (Abb. 7 und Abb. 8). Das Leveldesign der beiden RehabGames bietet dem Patienten im Wechsel eher aktive und eher passive Phasen (viele bzw. wenige Ingame Events) an, die so eine kognitive und physische Überforderung vermeiden sollen. Gleichzeitig entsteht durch diese vergleichbare Levelstruktur die Basis für zukünftige Forschung, die beispielsweise die unterschiedliche Wirkungsweise der beiden Gameversionen auf motivationale und physische Effekte für die Patienten vergleichbar macht und so entsprechende Untersuchungen ermöglicht.

Erste Ergebnisse zeigen, dass Patienten ihre aktive Teilnahme (gemessen in Herzfrequenz und EMG der Muskelaktivität beider Mm. recti femoris) an die Anforderungen des Spiels »Gabarello v.1.0« anpassen und das RehabGame so seiner Funktion gerecht wird [10].

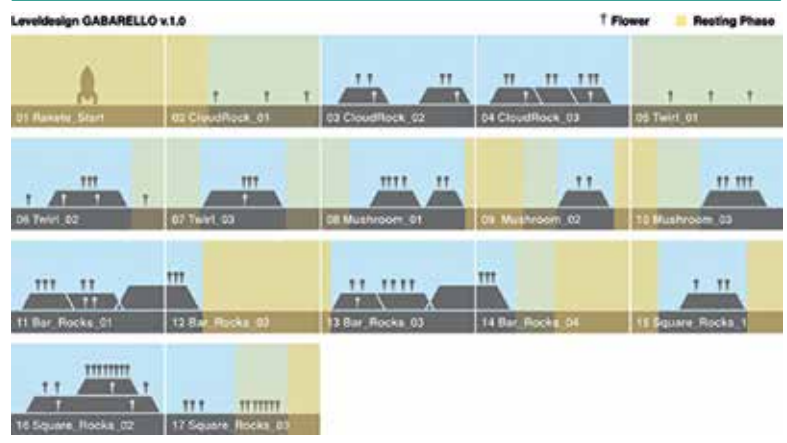


Abb. 7: Level Design Struktur »Gabarello v.1.0« (Quelle: ZHDK)

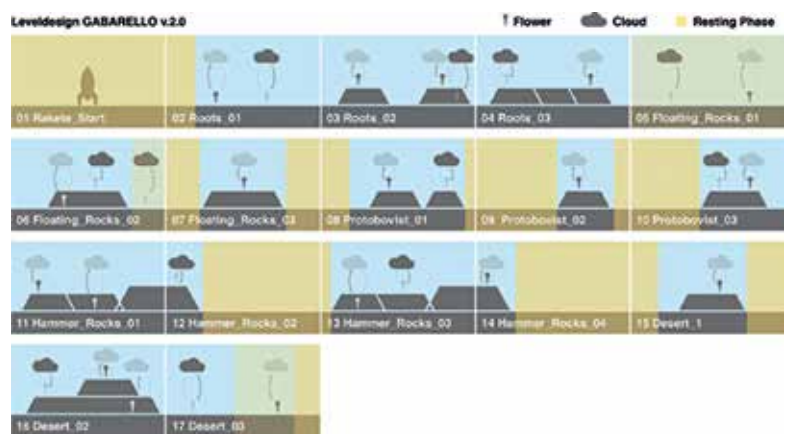


Abb. 8: Level Design Struktur »Gabarello v.2.0« (Quelle: ZHDK)

## »FlyVinci«

Ein weiteres RehabGame, das auf dem Lokomat-basierten Entwicklungsansatz basiert, ist »FlyVinci« (Abb. 9) von R. Bornschein (Programmierung), H. Amrein (Grafik) und G. Jenal (Animation). Das Spiel wird mit Lokomat® und »PITS« gesteuert.

*Narrativer Hintergrund*

Im RehabGame »FlyVinci« sind Leonardo da Vincis Tauben entfliegen und haben ihm Papierrollen mit wissenschaftlichen Aufzeichnungen gestohlen. Leonardo da Vinci macht sich deshalb mit einem selbst kreierten Fluggerät, das er durch Treibbewegungen betreibt, auf den Weg, um seine Pläne zurückzuholen. Mit dem Greifarm seines Fluggeräts kann er die fliegenden Tauben mit ihren Papierrollen fassen, wenn er ihnen nah genug ist. Greift er daneben, bleiben die Tauben mit den Plänen weiter im Freien.

*Gameplay, Game Mechanik und Scoring*

»FlyVincis« Game Mechanik baut wie »Gabarello v.1.0« und »Gabarello v.2.0« auf der Unterteilung der Biofeedbackwerte durch spezifische Schwellenwerte auf. Die drei Stufen des Biofeedbacks bestimmen die Höhe des Flugobjekts, auf dem Leonardo da Vinci sitzt und das vom Patienten über seine aktive physische Teilnahme im Lokomat® gesteuert wird. Bei nur leichtem physischem Input durch den Patienten fliegt das Flugobjekt im Bildausschnitt sehr tief, bei mittlerem Input fliegt es etwas höher und bei starkem Input ganz oben.

Mit dem über »RehabConnex« verbundenen »PITS« löst der Patient den Greifarm des Fluggeräts aus. Die gestohlene Papierrolle, die eine herannahende Taube trägt, wird so ergriffen und zurückgewonnen – die Taube fliegt dann zum Taubenschlag zurück. Der Greifarm bewegt sich selbstständig in Richtung der Taube und muss nicht gesondert vom Patienten gesteuert werden. Je nach Schwierigkeitsstufe (5 Stufen: »ruhig«, »gemütlich«, »anspruchsvoll«, »schwierig«, »Taubensturm«) kommen da Vinci Tauben mit unterschiedlich hoher Geschwindigkeit in einem variablen Flugkorridor entgegen.

In »FlyVinci« ist das gemessene Biofeedback direkt mit der Position des Avatars gekoppelt und entscheidet

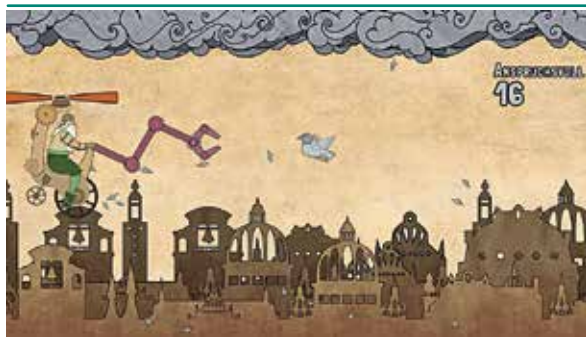


Abb. 9: Screenshot »FlyVinci« (Quelle: ZHDK)

so prinzipiell über das Erreichen von Belohnungspunkten. Die Höhe der Belohnungspunkte ist jedoch nicht von der aktuellen Biofeedback-Stufe abhängig, sondern auf einen Belohnungspunkt pro ergriffener Papierrolle fixiert.

*Game Grafik und Interface*

»FlyVinci« entstammt dem Spielgenre der »Side Scrolling« Games. Die Darstellung der Szenerie ist seitlich, da sich dieser Ansatz in den ersten RehabGame-Entwicklungen erfolgreich bewährt hat. Obwohl das Spiel aus zweidimensionalen Objekten zusammengesetzt ist, entsteht durch animierte Parallaxenverschiebung ein räumlicher Eindruck, der zwischen Vorder- und Hintergrundebenen unterscheidet. Der Therapeut kann je nach Fähigkeiten des Patienten zwischen fünf Schwierigkeitsstufen wählen. Im rechten oberen Bildschirmwinkel sind Punktzahl und aktueller Schwierigkeitsgrad abgebildet.

»FlyVinci« kann mit dem Lokomat® als alleinigem »Game Controller« gespielt werden, wobei in diesem Fall der Greifarm des Fluggeräts bei Annäherung einer Taube automatisch ausgelöst wird. Das Spiel weist kein explizites Ende auf und wird vom Therapeuten manuell beendet.

## »Magic Castle«

»Magic Castle« (Arbeitstitel; Abb. 10) folgt dem Lokomat-basierten Entwicklungsansatz. Die hauptsächliche Spielsteuerung durch den Lokomat® wird über »RehabConnex« mit »Color Tracking« erweitert. Das System erkennt Farbmarker an einem Zauberstab mit definierter Farbgebung, den der Patient in einer Hand hält. So können reale Armbewegungen an das Spiel als Steuerungseingabe weitergegeben werden. Über eine gesonderte Eingabemöglichkeit kann die visuelle Anzeige und die Spielsteuerung gespiegelt und für Rechts- und Linkshänder eingesetzt werden.



Abb. 10: Screenshots und Zauberer »Lino« aus »Magic Castle« (Quelle: ZHDK)



### Narrativer Hintergrund

In »Magic Castle« reitet der kleine Zauberer »Lino« auf unterschiedlichen Reittieren durch ein verzaubertes Schloss. Auf seinem Ritt erweckt er mit seinem Zauberstab Märchenfiguren und Gegenstände aus dem Schlaf. Er kann zwischen zwölf verschiedenen Schlossgemächern und zehn Räumen der Schlossküche wählen.

### Gameplay, Game Mechanik & Scoring

Abhängig von der Biofeedback-Stufe, in der sich der Patient befindet, reitet »Lino« entweder auf einer Schnecke (leicht), einer Schildkröte (mittel) oder einem Schaf (stark) (Abb. 11). Die drei Reittiere bewegen sich auf ihrem Weg durch das Zauberschloss gleich schnell fort. Die generelle Geschwindigkeit des Avatars auf seinen Reittieren kann vor Spielbeginn durch den Therapeuten manuell eingestellt werden.

Der begehbare Pfad durch Gemächer und Küchenräume wird am Boden beleuchtet hervorgehoben. Er ist vorgegeben und führt an den verzauberten, zunächst schlafenden Märchenobjekten vorbei, die sich »Lino« durch Animationen als interaktive Score-Items offenbaren, sobald er sich ihnen nähert. Die Objekte fangen dann an zu glitzern und zu funkeln. Zielt der Patient mit dem Zauberstab auf das jeweilige Objekt, so entsteht ein Zauberschweif (Bronze, Silber oder Gold) zwischen »Linos« Zauberstab und dem verwunschenem Objekt, der das schlafende Märchenobjekt erweckt und mit einer audio-visuellen Animation (belustigende Bewegungen und Geräusche) reagiert. Durch diese Entzauberung entsteht am Märchenobjekt ein Stern, der dann zur Punkteleiste am oberen linken Rand des Spielbildschirms schwebt und auf der er dann in Bronze, Silber oder Gold erscheint. Die Farbe des Zauberschweifs und des erspielten Sterns hängt von der Biofeedbackstufe im Moment der Entzauberung ab.

Die Belohnung in »Magic Castle« liegt für den Spieler daher im audio-visuellen Feedback der Animation und hat somit einen narrativen Charakter. So wird bewirkt, dass Patienten mit unterschiedlichem Fähigkeitsprofil auf gleiche Weise vom Spiel belohnt werden können – der Ansporn zur maximal aktiven Teilnahme an der Therapie liegt im Sammeln möglichst vieler goldener Sterne.

Neben diesen Belohnungsmechanismen gibt es im Spiel auch »Bestrafungen«. Eine »verrückte Spinne« gilt es als interaktives Objekt zu meiden und nicht zu entzaubern. Nähert sich »Lino« ihr, fängt sie an warnend zu leuchten; wird sie trotzdem entzaubert, verliert »Lino« seinen zuletzt erspielten Stern.

Eine übergeordnete Game Mechanik gewährleistet, dass »Lino« bei der Durchquerung der Räume möglichst viele positiv besetzte Zauberobjekte entzaubert: am Ausgang des Raumes befindet sich ein großes Vorhängeschloss, welches das Reittier samt dem kleinen Zauberer mit einer eigenen Animation wieder zurück zur Ausgangsposition des Raumes pustet. Dieser Vorgang wiederholt sich maximal drei Mal, bevor das Vorhängeschloss den Weg von selbst frei gibt und »Lino« den



Abb. 11: »Linos« drei Reittiere in Abhängigkeit vom Biofeedback-Wert (Quelle: ZHDK)

Raum verlässt und zum nächsten vordringt. Die maximale Anzahl an Sternen pro Raum ist davon abhängig, wie viele positiv besetzte Zauberobjekte es gibt.

Im Übergang zum nächsten Raum wird die Anzahl an gesammelten Sternen noch einmal präsentiert und mit einem punktabhängigen Kommentar (»gut«, »sehr gut« oder »perfekt«) gelobt. Im Anschluss geht es zum nächsten Gemach oder Küchenraum. Jeder der insgesamt 22 Räume ist anders gestaltet und bietet ein eigenes Setting.

### Game Grafik und Interfaces

Soll das Spiel »Magic Castle« einem Spielgenre zugeordnet werden, so muss auf seine Verwandtschaft zu sogenannten »Rail Shooter« verwiesen werden (auch wenn es sich bei diesem RehabGame nicht um einen klassischen Shooter handelt). Das Spiel wird in einem dreidimensionalen Szenario in genretypischer Third-Person-Perspektive gespielt und es bietet vordefinierte Zielobjekte (Score-Items).

Das Spiel startet mit einem Menü-Bildschirm, in dem Therapeuten manuell die Schwellenwerte für die Biofeedbackstufen und die konstante Geschwindigkeit des Avatars vor Spielstart festlegen. Route und Räume bzw. Gemächer können ebenfalls vorab und variabel festgelegt werden. Das Spiel kann jederzeit pausiert werden. »Magic Castle« kann mit dem Lokomat® als alleinigem »Game Controller« gespielt werden, wobei dann eine automatische Verbindung zwischen »Linos« Zauberstab und den interaktiven Märchenobjekten hergestellt wird.

### »Tornalino«

Das fünfte RehabGame »Tornalino« (Arbeitstitel) basiert auf dem ChARMin-Entwicklungsansatz. Die vier Freiheitsgrade der Armorthese ChARMin werden in der Therapie der oberen Extremitäten für Links- und Rechts- hände in Gameplay-Parameter übersetzt, wobei einzelne Freiheitsgrade ausgeschaltet werden können. Aktuell befindet sich das Spiel in der finalen Entwicklungsphase (Abb. 12).



Abb. 12: Screenshot aus »Tornalino« sammelt Zauberobjekte (Quelle: ZHdK)

### *Narrativer Hintergrund*

Der Tornado »Tornalino« fegt über eine Planetenoberfläche. Er kann dort magische Feuer von vulkanartigen Hügeln einsammeln (»aufsaugen«), die er dann zu Zündschnüren von Raketen bringen kann, um sie anzuzünden und die Raketen in die Atmosphäre aufsteigen zu lassen. Die Raketen sind über die Planetenoberfläche verteilt, was eine Suche nach ihnen in der frei zugänglichen Szenerie mit sich bringt.

### *Gameplay, Game Mechanik und Scoring*

Das Spielszenario erfordert die Steuerung von »Tornalino« auf Kugelsegmenten der Planetenoberfläche in Tiefe und Breite des Spielscreens. Der Patient bewirkt diese Bewegung des Avatars im ChARMin durch Armbeugung und -streckung, Anheben und Senken des Armes vor dem Körper, Innen- und Außenrotation des Unterarms sowie durch Greifbewegungen. Außerdem müssen quer schwenkende Bewegungen durch den Raum möglich sein.

Der zentrale Belohnungsmechanismus der Game Mechanik liegt in erster Linie im besonderen visuellen Feedback der jeweiligen Raketenstarts. Das Punktesystem bezieht sich auf die Erfüllung von Suchmissionen zu einer definierten Anzahl unterschiedlicher Raketen, deren Zündung herbeigeführt werden muss. Das abschließende Balancing des Punktesystems wird bis zur anstehenden Finalisierung von »Tornalino« iterativ überarbeitet.

## **Zusammenfassung und Ausblick**

Aktuell ist das »IMIC«-Projekt im finalen Abschnitt der Entwicklungsphase angekommen. Bis Oktober 2014 werden die Spiele fertig designt, angepasst und am Kinderspital Affoltern a. A. implementiert sein. Von diesem Zeitpunkt an wird an die ersten Untersuchungen, die bereits mit »Gabarello v.1.0« durchgeführt wurden [10], angeknüpft. Aus klinischer und designtheoretischer Sicht soll insbesondere zu Fragen der Wirkungsweise der RehabGames auf die psychologischen (Motivation, Spaß, Immersion, usw.) und physiologischen (kognitive und physische Therapieeffekte, usw.) Komponenten der Patienten und zur Vergleichbarkeit mit der traditionellen Therapie mit unterschiedlichsten Untersuchungsdesigns und Methoden geforscht werden.

Neben den RehabGames bietet aber auch die fundamentalste Entwicklung des »IMIC«-Projekts, der »RehabConnex«, eine sehr gute Forschungsgrundlage. Durch seinen Einsatz könnten zum Beispiel Fragen zum Spielerleben bei der Ansteuerung durch unterschiedliche Eingabegeräte nachgegangen werden.

Zudem ist eine weitere Interface-Entwicklung zur Ansteuerung aller RehabGames über ein portables Gerät (iPad® von Apple) zur zusätzlichen Erleichterung der Therapeutischen Tätigkeiten geplant.

Mit dem »IMIC«-Projekt wurden neue Maßstäbe im Bereich der robotergestützten, RehabGame-basierten, pädiatrischen Bewegungsrehabilitation von Kindern mit neurologischen Bewegungseinschränkungen gesetzt. Die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit von Game Designern, klinischem Fachpersonal und Robotik-Spezialisten und die Prägung aus wissenschaftlich fundierter und gamedesigntheoretischer Perspektive hat dem Projekt seinen ganz besonderen Schliff verliehen. Die bevorstehenden Untersuchungen auf den unterschiedlichsten Ebenen werden zeigen, ob sich die Entwicklungen des Projekts wie erwartet auch in der klinischen Praxis bewähren werden.

## **Danksagung**

Die Autoren danken Ralf Mauerhofer (Programmierung), Mischa Geiser (Spielmechanik und Programmierung), Sarah Celebioglu und Florian Faller (Spielmechanik und Grafik), Daniel Hug (Sound), Reto Spoerri (Programmierung) und Cornelius Müller (Projektkoordination 2010 – Mitte 2013) der Vertiefung Game Design der Zürcher Hochschule der Künste, Hubertus van Hedel, Rob Labruyère, Andreas Mayer-Heim und allen Therapeuten des Kinderspitals Affoltern a. A. sowie der Mäxi-Stiftung und der Fondation Gaydoul für ihre Förderung.

## Literatur

1. Akhutina, T, Foreman, N, Krichevets, A, Matikka, L, Narhi, V, Pylavea, N, et al. Improving spatial functioning in children with cerebral palsy using computerized and traditional game tasks. *Disabil Rehabil* 2003; 25(24): 1361-71.
2. Brütsch, K, Koenig, A, Zimmerli, L, Merillat-Koeneke, S, Riener, R, Jäncke, L, van Hedel, H, Meyer-Heim, A. Virtual reality for enhancement of robot-assisted gait training in children with neurological gait disorders. *Journ of Rehabil Medicine* 2011; 43(6): 493-499.
3. Bursting, A, Brown, R. Virtual environments for real treatments. *Polish Annals of Medicine* 2010; 17(10): 101-111.
4. Fluet, GG, Qiu, Q, Saleh, S, Ramirez, D, Adamovich, S, Kelly, D, et al. Robot-assisted virtual rehabilitation (NJIT-RAVR) system for children with upper extremity hemiplegia. *IEEE Xplore Proceedings of the Virtual Rehabil Int Conf* 2009: 189-192.
5. Götz, U, Brütsch, K, Bauer, R, Faller, F, Spoerri, R, Meyer-Heim, A, et al. A Virtual Reality System for Robot-Assisted Gait Training Based on Game Design Principles. Poster presented at the Int Conf on Virtual Rehabilitation (ICVR) 2011; IEEE: 1-2.
6. Guidali, M, Duschau-Wicke, A, Broggi, S, Klamroth-Marganska, V, Nef, T, Riener, R. A robotic system to train activities of daily living in a virtual environment. *Medical & biological engineering & computing* 2011; 49(10): 1213-1223.
7. Harris K, Reid D. The influence of virtual reality play on children's motivation. *Can J Occup Ther* 2005; 72(1): 21-9.
8. Hidler, J, Nichols, D, Pelliccio, M, Brady, K, Campbell, DD, Kahn, JH, Hornby, TG. Multicenter randomized clinical trial evaluating the effectiveness of the Lokomat in subacute stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 2009; 23(1): 5-13.
9. Keller, U, Klamroth, V, van Hedel, HJ, Riener, R. ChARMin: A robot for pediatric arm rehabilitation. In: Antonelli, G, Chen, IM, Hyounk Reyol, C, Nak Young C, Han, D, Kragic, D, et al, editors. *Proceedings of the Int Conf on Robotics and Automation (ICRA)* 2013: 3908-3913.
10. Labruyère, R, Gerber, CN, Birrer-Brütsch, K, Meyer-Heim, A, van Hedel, HJ. Requirements for and impact of a serious game for neuro-pediatric robot-assisted gait training. *Research in developmental disabilities* 2013; 34(11): 3906-3915.
11. Lünenburger, L, Colombo, G, & Riener, R. Biofeedback for robotic gait rehabilitation. *Journ of NeuroEngineering and Rehabil* 2007; 4(1): 1-11.
12. Reid, DT. Benefits of a virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy on perceptions of self-efficacy: a pilot study. *Pediatric Rehabil* 2002; 5: 141-148.
13. Reid, D. The influence of virtual reality on playfulness in children with cerebral palsy: A pilot study. *Occup Ther* 2004; 11(3): 131-44.
14. Reid, D. The use of virtual reality to improve upper-extremity efficiency skills in children with cerebral palsy: a pilot study. *Technol-Disabil* 2004; 14(2): 53-61.
15. Reid D & Campbell K. The use of virtual reality with children with cerebral palsy: a pilot randomized trial. *Ther Recreation Jour* 2006; 40(4): 255-68.
16. Riener, R, Nef, T, Colombo, G. Robot-aided neurorehabilitation of the upper extremities. *Medical and Biological Engineering and Computing* 2005; 43(1): 2-10.
17. Weiss P, Bialik P, Kizony R. Virtual reality provides leisure time opportunities for young adults with physical and intellectual disabilities. *CyberPsycho Behavi* 2003; 6: 335-342.
18. Wille, D, Eng, K, Holper, L, Chevrièr, E, Hauser, Y, Kiper, D, Meyer-Heim, A. Virtual reality-based paediatric interactive therapy system (PITS) for improvement of arm and hand function in children with motor impairment – a pilot study. *Developmental Neurorehabil* 2009; 12(1): 44-52.

## »IMIC« – Innovative Movement Therapies in Childhood

A. L. Martin, U. Götz &amp; R. Bauer

## Abstract

»IMIC« (Innovative Movement Therapy in Childhood) is a translational research and development project that focuses on creating a motivating and therefore more effective locomotion rehabilitation-setting for children with neurological disorders and cognitive limitations in an interdisciplinary context. The project's main target is the expansion of pediatric robot-assisted rehabilitation of lower and upper extremities by using specifically designed RehabGames. »IMIC« was founded in 2010 by an interdisciplinary cooperation of movement scientists, neurologists and neuropsychologists (University Children's Hospital Affoltern a. Albis, Rehab Research Group), game designers (Zurich University of the Arts, Specialization in Game Design) and specialists in sensory-motor robotics (ETH Zurich, Sensory-Motor Systems Lab; ETH Zurich/Zurich University, Institute for Neuroinformatics).

The project aims to develop a flexible combination of diversified game-settings with various therapy devices for upper and lower extremities. This goal results in the project's key development of a central middleware (»RehabConnex«), which allows the linking of different therapeutical robots or input devices, respectively a combination of both, to RehabGames for game control. In this scenario the rehabilitation robots Lokomat® (Hocoma) and ChARMin (ETH Zurich) function as multimodal »game controllers« and generate data from the patient's physical input, which is translated into game parameters.

Besides clinical research on the impact of these innovative developments, the »IMIC«-project yields aspects of design research: Which audio-visual, game-conceptual and technological features must a RehabGame provide to maximally motivate young patients for the active participation in therapy and to support the therapists?

**Keywords:** Rehabilitation games, robot-assisted motor-rehabilitation, neurological disorders, RehabConnex, children

*Neurol Rehabil* 2014; 20 (4): 215-225

© Hippocampus Verlag 2014

## Interessenvermerk

Es besteht kein Interessenkonflikt.

## Korrespondenzadresse:

Anna Lisa Martin  
Zürcher Hochschule der Künste,  
Vertiefung Game Design, Toni Areal  
Pfingsgtweidstrasse 96, Postfach  
CH-8031 Zürich  
anna.martin@zhdk.ch