

# Richtig Herausfordernd: Anpassbarkeit und Adaptivität in bewegungsbasierten Gesundheitsspielen<sup>1</sup>

Jan D. Smeddinck<sup>2</sup>

**Abstract:** Der demografische Wandel und die Verbreitung einer bewegungsarmen Lebensweise fördern die Prävalenz von physiotherapeutischen Behandlungsmaßnahmen, deren Erfolg von der Durchführung repetitiver Übungen abhängt. Häufig kommt es dabei zu Motivationsproblemen. Spiele können uns in ihre Welt ziehen und im Spielfluss gebannt halten. Sie motivieren dadurch ungemein. Aber können sie auch dabei helfen, ernsthafte Gesundheitsziele zu erreichen? Anhand einer Auswahl von Studien und praktischen Umsetzungen, die entlang der Betrachtungsperspektiven Umsetzung, Akzeptanz und Wirksamkeit gegliedert sind, liefert die Dissertation dazu Erkenntnisse und erweitert die bestehende Theorie zu Mensch-Computer-Interaktion mit anpassbaren und selbstanpassenden Systemen im Kontext bewegungsbasierter spielerischer Bewegungsprogramme für Gesundheitsanwendungen. Sie untermauert die Notwendigkeit, die Fähigkeiten und Bedürfnisse individueller Nutzer über eine manuelle oder automatische Anpassung zu berücksichtigen.

## 1 Einführung

Computer- und Videospiele sind heute ein relevantes Kulturgut. Sie sind in vielen Ländern zum umsatzstärksten Unterhaltungsmedium avanciert [RRP06], werden von allen Altersgruppen genutzt und erfahren zusehends wissenschaftliche Aufmerksamkeit. Ein besonderes Augenmerk gilt den *Serious Games*, also Spielen mit dem ausdrücklichen Ziel einer über das Spielen hinausgehenden positiven Wirkung. Bewegungsbasierte Spiele für Gesundheitsanwendungen (Engl. Motion-based Games for Health; kurz MGH) spielen eine dabei wichtige Rolle. Ihr Potenzial zur Anwendung bei gesamtgesellschaftlichen Herausforderungen wie Bewegungsmangel, Übergewicht oder vermehrten altersbedingten physiologischen Beschwerden im Zuge des demographischen Wandels, ist wissenschaftlich von besonderem Interesse. So können MGH zum Beispiel in der Physiotherapie, der Rehabilitation und der Prävention (zusammen PRP) eingesetzt werden, um die Motivation für die Durchführung repetitiver Übungen zu erhöhen, sowie um Rückmeldungen zur Übungsdurchführung zu geben und auch um über eine längere Anwendungsdauer hinweg objektive Messdaten zu gewinnen.

Explorative Untersuchungen mit existierenden kommerziellen Spielen für den breiten Unterhaltungsmarkt haben allerdings gezeigt, dass diese PRP-Anwendungsfälle meist spezifisch gestaltete Programme benötigen, die den Anforderungen und Bedürfnissen der Zielgruppe entsprechend nutzerzentriert entwickelt werden. Zudem ist für eine fortlaufende und möglichst optimale Anwendung auch ein starkes Maß an Flexibilität in der Einstellung

---

<sup>1</sup> Englischer Titel der Dissertation:

“Human-Computer Interaction with Adaptable & Adaptive Motion-based Games for Health”

<sup>2</sup> Digital Media Lab, TZI, Universität Bremen, smeddinck@tzi.de

der MGH nötig, um individuellen Unterschieden und Entwicklungen im zeitlichen Verlauf ihrer Anwendung gerecht werden zu können. Manuelle Einstellungsmöglichkeiten müssen dabei für Endnutzer\*innen und involvierte Gesundheitsexpert\*innen effizient nutzbar sein. Da meist nur wenig Zeit für manuelle Einstellungen zur Verfügung steht gibt es auch einen deutlichen Bedarf für automatische Anpassungsmethoden.

Die vorgestellte Dissertation beschäftigt sich daher mit der zentralen Fragestellung, wie Anpassbarkeit und automatische Anpassung in MGH in effizienter, effektiver und angenehm nutzbarer Form umgesetzt werden können. In der Arbeit werden unterschiedliche Erkenntnisse zu Aspekten der Mensch-Maschine-Interaktion mit Anpassung in MGH zusammengefasst und diskutiert. Studien zur Gestaltung und Implementierung, zur Akzeptanz und zur Wirksamkeit von MGH werden mit einem generalisierenden Prozessmodell für die Analyse, Umsetzung und Evaluation anpassbarer und adaptiver Systeme als Beitrag zur Theorieentwicklung zusammengeführt.

Neben Umsetzungsstrategien, sowie positiven Erkenntnissen zur Akzeptanz und Wirksamkeit heuristischer adaptiver Systeme im Anwendungsbereich der MGH in Zusammenarbeit mit manuellen Einstellungsinterfaces trägt die Dissertation so auch eine Vereinigung und Erweiterung bestehender Umsetzungsmodelle für anpassbare und adaptive Systeme, sowie eine umfassende Diskussion der damit einhergehenden Berücksichtigung psychophysiologischer Aspekte durch eine nutzerzentrierte, iterative Vorgehensweise unter Zusammenführung motivationspsychologischer Ansätze aus der Flowtheorie und aus der Selbstbestimmungstheorie bei.

## 2 Verwandte Arbeiten und Hintergrund

Fortschritte in Medizin und Technik haben eine deutliche Erhöhung der Lebensqualität und der Lebenserwartung ermöglicht. Allerdings werden diese positiven Entwicklungen von beachtlichen Herausforderungen begleitet. Eine bewegungsarme Lebensweise, sowie durch den Lebensstil begünstigte Krankheiten und Beschwerden, die gerade mit zunehmendem Alter verbreitet sind, belasten die betroffenen Individuen und die Gesundheitssysteme [B112]. Neben primären Heilbehandlungen spielt körperliche Aktivität eine große Rolle in der Vorbeugung und in der längerfristigen Behandlung vieler solcher Leiden. Zentrale Herausforderungen stellen bei der Aufnahme und Einhaltung von sportlicher Aktivität die insbesondere Kontext von PRP typischen repetitiven Übungen. MGH können hier eine wichtige unterstützende Rolle einnehmen. Als eine spezielle Form von Exergames, also Spiele bei denen Spieler körperliche Aktivitäten oder Übungen ausführen müssen, um Spielziele erreichen zu können [YG07], liefern sie *Motivation*. Sie bieten zudem das Potenzial, objektive Erkenntnisse zum Status und zur *Entwicklung* von individuellen Patienten und von Patientengruppen beizutragen und Patienten während laufenden Behandlungen, auch in Abwesenheit von betreuendem Personal, *anzuleiten*.

Während einige Versuche zeigen, dass Massenmarktproduktionen unter besonderen Umständen teilweise für Gesundheitsanwendungen eingesetzt werden können [CK09], ist bedingt durch die intra- und interindividuell sowie zeitabhängig vielseitigen und wechselnden Fähigkeiten und Anforderungen meist eine dedizierte anwendungsfall-bezogene

Produktion von MGH mit weitreichenden Konfigurations- und Anpassungsmöglichkeiten erforderlich. Dabei können nicht nur die Patienten, sondern auch medizinisches Personal und andere Dritte, z. B. Familienmitglieder, involviert sein [Sm16b]. Wird den Anforderungen und Fähigkeiten der Nutzer\*innen nicht hinreichend entsprochen, so drohen neben schlechter Spielerfahrung auch ein Verfehlen der erwünschten positiven Aspekte oder sogar Verletzungen. MGH müssen also auf die individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse der Patienten eingestellt werden, wenn bestmögliche Ergebnisse erreicht werden sollen. Dafür ist eine Einstellung anhand eines einzelnen Parameters mit wenigen diskreten Stufen, wie “einfach”, “mittel” und “schwer” im Regelfall nicht ausreichend. Bei manuellen Einstellungsmöglichkeiten (*Adaptierbarkeit*) ist eine Auswahl verständlicher Einstellungsparameter, die später in technische Spielvariablen übersetzt werden, notwendig. Da ein solches Mapping aber trotzdem insbesondere in Bezug auf die Frequenz und den Detailgrad von Einstellungen nur begrenzt skalieren kann und die zeitlichen Ressourcen von betreuendem Personal in der PRP für Einstellungsprozesse begrenzt sind, wird in der Regel auch eine Automatisierung von Anpassungen (*Adaptivität*) notwendig.

### 3 Gestaltung und Implementierung von MGH

Zur Aufarbeitung der Anforderungen an adaptierbare und adaptive MGH für eine bedürfnisgerechte Gestaltung und Entwicklung legt die Dissertation eine Reihe von Erkenntnissen und theoretischen Konzepten am Beispiel der Umsetzung und Evaluation des drittmittelgeförderten Projektes *Spiel Dich fit* (SDF) dar. Das Projekt hat sich der Erforschung und der Entwicklung einer Sammlung spielerischer Bewegungsprogramme zur Unterstützung von PRP mit Senioren mittels aktivierender Übungen gewidmet.

Motivation wurde bereits als großer Vorteil von MGH benannt. Die vorgestellte Dissertation greift bei der Diskussion motivationspsychologischer Aspekte zwei bedeutende Theorien auf. Die *Selbstbestimmungstheorie* (SDT) ist in Bezug auf ihre Anwendbarkeit mit Videospielen gut erforscht [RRP06] und hebt die Erfüllung von drei zentralen Bedürfnissen (*Kompetenzempfinden*, *Autonomieempfinden*, und *soziale Eingebundenheit*) hervor, die von modernen Videospielen gut bedient werden können. SDT wird auch im Kontext von körperlicher Aktivität eingesetzt und eignet sich daher besonders für MGH. Die in der SDT beschriebenen Selbstbestimmungsmotive helfen, Beobachtungen wie ad-hoc initiierte abwechselnde lokale Mehrsitzungen mit Publikum im Rahmen des SDF-Projekts zu erklären (hier über soziale Eingebundenheit). Zudem wurde, in Entsprechung zum Autonomieempfinden beobachtet, dass Programme in nutzergeneriertem und vorhergesehenem Kontext [Do04] verwendet werden (z. B. Spiel im Sitzen, mit Gehhilfen, oder auf Wackelbrettern). Selbstbestimmungsmotive spielen also nicht nur in der Behandlung von Kerninhalten und Interaktionen mit Spielen eine Rolle, sondern auch in ihrer kontextualisierten Nutzung.

SDT wird in der vorgestellten Dissertation mit der für die Erklärung der Motivation von Videospielen ebenfalls bedeutsamen *Flowtheorie* nach Csikszentmihalyi [Cs90] zusammengeführt. Es kann dabei argumentiert werden, dass SDT allgemeine motivationale Faktoren betrachtet, während Flowtheorie die Aufrechterhaltung von Flow, als ein fortlaufend

hochmotivierter Zustand, beschreibt. Obwohl Flow in MGH während der Durchführung von Übungsprogrammen durchaus gewünscht ist, sind im größeren Kontext der Programme auch Reflexionsphasen bedeutsam, die eine bewusste Aufmerksamkeit und einen Bruch der Immersion mit dem Spielgeschehen nötig machen können. Für die Umsetzung von Adaptivität in Spielen ist Flow als Konstrukt vor allem hilfreich, weil die Optimierung der als Grundvoraussetzung für Flow beschriebenen passenden Balance zwischen den Herausforderungen eines Programmes und den Fähigkeiten der Nutzer, diese Herausforderungen zu bewältigen, für die Anpassung spielerischer Leistungsparameter zur dynamischen Steuerung der Spielschwierigkeit eingesetzt werden kann (vgl. Abbildung 1).

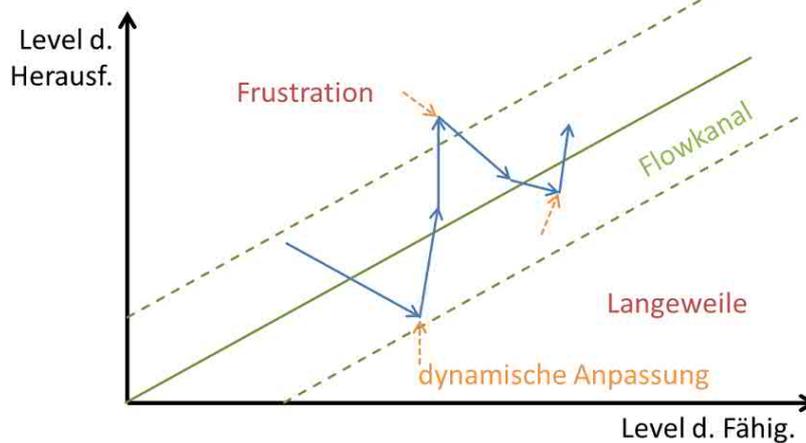


Abb. 1: Adaptivität im Kontext der Balance zwischen Herausforderung und Fähigkeiten als Entstehungsvoraussetzung für Flowerfahrungen. Nach [SS16].

Um den oben beschriebenen Anforderungen an MGH gerecht zu werden, wurden im Rahmen des SDF Projektes manuelle Einstellungsinterfaces entworfen, eingesetzt und bezüglich ihrer Eignung mit positiven Ergebnis evaluiert. In den manuellen Einstellungen können für individuelle Nutzer\*innen oder für Nutzergruppen zeitliche Meilensteine mit normalisierten Einstellungsparametern (*range of motion, speed, accuracy, etc.*) festgelegt werden. Diese menschenbezogenen Einstellungen stellen eine Alternative zu klassischen spielbezogenen Parametern dar. über eine Schwellwertskalierung werden die Parameter in Spielvariablen übersetzt. Die Steuerung kann zwischen vordefinierten Meilensteinen über Sollperformanzbereiche automatisiert werden. Adaptivität kann dabei entweder durch Heuristiken, mit spezifischen Methoden aus dem maschinellen Lernen oder der Nutzermodellierung, oder in Mischverfahren umgesetzt werden. Als prinzipielle Komponenten informiert dabei stets eine *Leistungsmessung* einen *Anpassungsmechanismus* [Ad10], wobei häufig Spielerfolg mit Spielschwierigkeit verbunden wird, obwohl auch andere Spielaspekte Ziel automatischer Anpassungen sein können und psychometrische oder psychophysiologische Messungen als alternative Informationsquellen in Frage kommen. Die Umsetzung von anpassbaren und adaptiven MGH ist dabei im Detail komplex und beinhaltet oft eine Vielzahl von Komponenten in einem verteilten System, die fast im-

mer durch eine Modularisierung im Sinne der Wiederverwendbarkeit und Erweiterbarkeit abgedeckt wird. Berücksichtigt werden dabei in einer entsprechenden detaillierten Aufarbeitung in der Arbeit die Modulbereiche *Kernspiel*, *Feedback* (Leistungsmessung) und *manuelle* bzw. *automatische Anpassung* [Sm16a].

Bei der konkreten Planung oder Analyse von Anpassungsmechanismen sind allerdings wesentlich detailliertere Betrachtungen notwendig. Unter anderem muss entschieden werden, wie stark die Automatisierung sein soll. Dazu gibt es ein Modell der *Levels of Automation* von Sheridan [Sh01]. In der Dissertation werden diese Stufen der Automatisierung mit der SDT verbunden und ihr Einfluss auf das *Autonomie-* und *Kompetenzempfinden* der Nutzer in MGH betrachtet. Unter Zuhilfenahme weiterer verwandter Arbeiten zu dynamischen Schwierigkeitsanpassungen (DDA) in Spielen [Ba13] und zu Modellierungsdimensionen adaptiver Systeme im Allgemeinen [An09] wird das Modell erweitert und ergänzt. Das resultierende Modell für die Planung und Analyse anpassbarer und adaptiver MGH offenbart die Bedeutung einer Vielzahl von Aspekten aus den Bereichen *Anpassungsziele*, *Veränderungen* (die Anpassungen hervorrufen), *Mechanismen* (zur Umsetzung) und *Auswirkungen* und erweitert die vorher bestehenden generellen Klassen damit deutlich.

Dieses Modell findet in der Diskussion zahlreicher in die Dissertation eingeflossener Entwicklungen und Studien Anwendung. Unter anderem wurde im Modellbereich der *Auswirkungen* untersucht, welchen Einfluss Darstellungsmodalitäten für eine Schwierigkeitsauswahl auf die Spielerfahrung haben. In der Studie wurden in einem für den Zweck der Studie angepassten, eigens implementierten Spiel (vgl. Abbildung 2) *klassische Menüs* für Spielschwierigkeitseinstellungen mit *DDA* und mit dem Konzept der *eingebetteten Spielschwierigkeitswahl* [Ch07] verglichen.



Abb. 2: Die Studienkonditionen in ihrer Erscheinung im Spiel THYFTHYF [Sm16a].

Während die Resultate einen erwarteten vergleichsweise positiven Effekt auf das *Autonomieempfinden* für die Konditionen *menu* und *embedded* zeigen waren andere spielerfahrungsbezogene Messungen (*positiver* und *negativer Affekt*, *Interesse* und *Präsenz / Immersion*) nicht nur ohne signifikante Unterschiede, sondern im Schnitt ungewöhnlich konsistent auf quasi-identischem Niveau, obgleich die Flowtheorie eine bessere Immersion bei der eingebetteten Schwierigkeitswahl erwarten ließe [Ch07].

In einer Wiederholungsstudie mit dem Spiel *flow* von Chen [Ch07] konnten diese Ergebnisse im Wesentlichen reproduziert werden. Die Studie zeigt, dass eine Unterscheidung zwischen eingebetteter und menügesteuerter Spielschwierigkeitswahl sich offenbar

nicht nennenswert auf die allgemeine Spielerfahrung auswirkt. Für die Anwendbarkeit semi-automatischer Anpassungen im Kontext von SDF wurde geschlussfolgert, dass die Modalität der Schwierigkeitsauswahl bei gleichzeitigem Vorliegen anderer Anforderungen sekundär betrachtet werden kann.

#### 4 Einsatzprobung und Akzeptanz

Mit der Gestaltung und Implementierung von Adaptivität in MGH auf Grundlage der vorgestellten Ansätze ist die Frage nach Nutzererfahrungen eng verwoben. Eine weitere zentrale Veröffentlichung im Rahmen der vorgestellten Dissertation dokumentiert diese Nutzererfahrungen in einer frühen Erprobung von Adaptivität im MGH *Sterntaler*, das Bestandteil einer für den Einsatz in der Physiotherapie mit Parkinson-Patienten entwickelten Spielesammlung ist [As11]. Darin kommt ein Anpassungsmechanismus mit drei Parametern zum Einsatz: *Geschwindigkeit* (der benötigten Spielerbewegung um einen Pfad aus Sternen einzusammeln, gesteuert durch die Anzeigedauer von Spielobjekten), *Genauigkeit* (mit der einzelne Spielobjekte getroffen werden müssen, gesteuert durch die Skalierung von Kollisionserkennern) und *Bewegungsreichweite* (siehe Abbildung 3). Letztere wurde dabei aufgrund der besonderen Bedeutung für das Ziel der assoziierten Physiotherapie in der automatischen Steuerung als Primärziel betrachtet.



Abb. 3: Die Einstellungsparameter im MGH *Sterntaler* in Reihenfolge wie im Text.

Nachdem erste Tests negative Rückmeldungen bei einer sichtbaren Skalierung der Verteilung der einzusammelnden Spielelemente dokumentierten, wurde stattdessen die interne Repräsentation der Nutzer\*innen skaliert. Die korrespondierenden Leistungsmessungen waren *Sammelleistung* (Anteil der eingesamelter Sterne an allen einsammelbaren Sternen), *Zeitleistung* (Anteil der durchschnittlich zum Sammeln der Sterne benötigten Zeit nach deren Erscheinen relativ zur zum Einsammeln verfügbaren Zeit) und *Reichweitenleistung* (Summe aller nach Distanz zur Schulterposition gewichtet eingesammelten Sterne in während des Spiels erreichten Zonen geteilt durch die Summe aller ebenso gewichteten verfügbaren Sterne). Diese Leistungsmessungen wurden über eine Skalierung auf einen Wertebereich mit über iteratives Tests ermittelten, noch spielbaren Grenzwerten, heuristisch übersetzt.

In einer frühen situierten Studie in den Räumlichkeiten der Deutschen Parkinsonvereinigung in Bremen wurden drei Teilnehmer über drei Wochen mit fünf halbstündige Sitzungen pro Woche intensiv begleitet. Neben den Leistungsmessungen und der Aufzeichnung der Anpassungen wurden Beobachtungen, eine Analyse durch begleitende Therapeuten, Fragebögen zur Nutzererfahrung und Interviews erhoben. Die Resultate zeigen, dass die

Bewegungsreichweite der Teilnehmer bis hin zu vorab festgelegten Maximalwerten verbessert werden konnte. Weiterhin zeigten sich jedoch deutliche individuelle Unterschiede, die mit diversen Faktoren assoziiert werden können, die in MGH eine besondere Herausforderung darstellen. Etwa gab es einen Teilnehmer mit einseitig nicht therapierbaren Einschränkungen in der Bewegungsreichweite und temporäre Auswirkungen von Medikamenten traten deutlich hervor. Diese Beobachtungen verdeutlichen das Potential, aber auch die Notwendigkeit von Adaptivität und Anpassbarkeit in MGH.

Insgesamt wurde die Adaptivität in dieser Studie gut akzeptiert, und die Anwendung des MGH konnte dem therapeutische Ziel einer Zunahme der Bewegungsreichweite gerecht werden. Weiterhin verdeutlichten die Reaktionen der Teilnehmer auf die Vergabe von Punkten für das Spiel die Wichtigkeit des bewussten Umgangs mit der Transparenz der Bewertungsmechanismen, die als *Salienz* im entwickelten Modell berücksichtigt wird. Weiterhin äußerten die Teilnehmer, dass sie sich trotz der guten Spielerfahrung des ersten Hintergrunds bewusst sind. Sie gaben an, einem hohen Level an Herausforderung positiv gegenüber zu stehen und auch mit weniger erfolgreichen Spielergebnissen zufrieden zu sein. Die Akzeptanz gegenüber MGH stellt sich damit insgesamt sehr positiv dar.

## 5 Mittelfristige Studie und Wirksamkeit

Zur Untersuchung von funktionaler Wirksamkeit wurde, auf Basis der aktivierenden Bewegungsprogramme aus dem oben genannten SDF Projekt (siehe Abbildung 4), eine fünfwöchige situierte Studie mit wöchentlichen Terminen in einer Physiotherapiepraxis für Patienten mit chronischen unspezifischen Rückenbeschwerden durchgeführt.



Abb. 4: Bildschirmfotos der SDF Programme im Szenario Garten.

Es wurden drei unterschiedliche Gruppen verglichen. Das Medianalter der Teilnehmer\*innen betrug 66 Jahre. Eine Gruppe nutzte die SDF Programme mit Einstellungsinterfaces für Therapeuten (im Sinne eines anpassbaren MGH), eine andere Gruppe nutzte ebenfalls die Programme und die Einstellungsinterfaces, wobei zwischen vordefinierten Meilensteinen eine heuristische Anpassung stattfand (im Sinne eines anpassbaren und adaptiven MGH) und eine Kontrollgruppe erhielt reguläre, proaktive, auf Beweglichkeit und Balance orientierte Physiotherapie ohne den Einsatz eines MGH. Die Durchführung wurde von 12 Therapeut\*innen unterstützt. Die Therapiesitzungen dauerten in allen Gruppen etwa 20 Minuten und wurden stets von einer\*r Therapeut\*in begleitet.

Mehrere motivationale und funktionale Messungen wurden erhoben [SHM15]. Während die SDT-basierte Erhebung von Motivationskomponenten im Einzelnen signifikante Unterschiede zeigte, ergab der Gruppenvergleich keine klar überlegene Kondition. Das *Autonomieempfinden* und die *Immersion / Präsenz* waren mit den MGH erhöht, der *Druck* (hier positiv mit Gesamtmotivation assoziiert) und die *Bedeutsamkeit* wurden in der klassischen Therapie höher empfunden. Zwischen den beiden MGH Konditionen konnten dabei keine signifikanten Unterschiede gemessen werden. Während als Ursache für die Unterschiede zwischen den MGH-Konditionen und der Kontrollgruppe Unterschiede in der Natur der Anwendung und in der beobachteten größeren Distanz der Therapeuten zu den Teilnehmern während der etwas selbständigeren Nutzung der MGH vermutet werden können, deutet ein Mangel an messbaren Unterschieden in der Motivation zwischen den MGH darauf hin, dass die automatische Anpassung von den teilnehmenden Patienten nicht als störend empfunden wurde, aber auch keine messbaren Vorteile brachte. Die Auswertung der funktionalen Daten zeigt signifikant bessere Ergebnisse der Gruppe mit adaptiven MGH in einem Test zur Messung der Oberkörperreichweite [Du90] als die Kontrollgruppe, während die beiden MGH-Gruppen nicht trennbar waren.

Obwohl die beiden MGH-Gruppen also in den Ergebnissen keine signifikanten Unterschiede zeigten, haben sich dennoch differenzierte mögliche Vorteile von MGH gegenüber der Kontrollgruppe ergeben. Eine automatische Anpassung war dabei weder eindeutig förderlich noch hinderlich, ihre Präsenz wurde allerdings durch Therapeuten nachdrücklich begrüßt und in Hinblick auf mögliche Zeitersparnisse für zukünftige Iterationen der Programme gewünscht. Die Ergebnisse zur Motivation zeigen ein differenziertes Bild mit einem klaren Entwicklungspotenzial für die Erhöhung der sozialen Eingebundenheit in zukünftigen MGH, etwa durch die Förderung einer stärkeren Interaktion zwischen Patienten und Therapeuten, oder zwischen Patienten untereinander.

## **6 Zusammenfassung und Ausblick**

Basierend auf dem breiten Potenzial von MGH in Bezug auf zentrale Herausforderungen für die Gesundheitssysteme durch Entwicklungen wie den demografischen Wandel und einen bewegungsarmen Lebensstil, sowie basierend auf der klaren Anforderung an MGH, den individuellen Fähigkeiten und Bedürfnissen der Nutzer gerecht zu werden, fasst die vorgestellte Dissertation Ansätze und Erhebungen zur Gestaltung und Implementierung, sowie Studien zur situierten Akzeptanz und Wirksamkeit von adaptierbaren und adaptiven MGH zusammen. Neben einem Schema für die modulare Entwicklung von MGH trägt die Dissertation dabei ein detailliertes Prozessmodell für die Analyse, Umsetzung und Evaluation von anpassbaren Endnutzerprogrammen bei, welches in praktischen Entwicklungen verankert wird und bestehende Ansätze zusammenführt und erweitert.

Trotz einer umfassenden Betrachtung der hier zusammengefassten Aspekte und weitere Elemente von adaptierbaren und adaptiven MGH lässt die Arbeit Raum für zukünftige Entwicklungen mit einem Fokus auf Mehrspieler- und soziale Aspekte, eine eigenständigere und unbegleitete Nutzung, komplexere und längerfristiger motivierende Spiele, detailliertere Rückmeldungen zu Einstellungen, weiterführende effiziente manuelle Einstellungsin-

terfaces, feinschrittigere Anpassungen unter Verwendung weiterführender Methoden aus der Nutzermodellierung und dem maschinellen Lernen, oder auf eine umfassendere Realisierung weiterer Therapieformen. Auch sollten dabei mögliche negative Aspekte und Herausforderungen in der Wahrung der Privatsphäre, in der Datensicherheit und der damit verbundenen ethischen Grundlagen tiefgreifender untersucht werden. Längerfristig werden dabei Fortschritte in Ein- und Ausgabegeräten, der unterliegenden Sensortechnik und der Sensorfusion, in der Leistungsanalyse und in Anpassungsmechanismen, sowie in der Ableitung und Analyse objektiver Gesundheitsentwicklungsinformationen eine zentrale Rolle spielen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass MGH ein vielversprechendes Mittel zur Erweiterung der Methoden in der PRP darstellen. Ein großes Maß an Anpassbarkeit ist essenziell, um den heterogenen Nutzergruppen und den vielfältigen Ansprüchen gerecht zu werden. Automatische Anpassung kann dabei helfen, eine hohe Anpassungsfrequenz und einen hohen Detailgrad der Anpassungen zu ermöglichen. Die Ergebnisse dieser Arbeit bekräftigen die Anwendung von iterativ und menschenzentriert entwickelter automatischer Anpassung in MGH, solange die Nutzer adäquat über die Anpassungen informiert und in die Lage versetzt werden, in Situationen wo dies erwünscht oder benötigt wird, Kontrolle über das automatische System auszuüben, und solange die Anpassung so eingebunden wird, dass sie sich nicht negativ auf das Kompetenz- und Autonomieempfinden auswirkt.

## Literaturverzeichnis

- [Ad10] Adams, Ernest: *Fundamentals of Game Design*. New Riders, 2010.
- [An09] Andersson, J.; De Lemos, R.; Malek, S.; Weyns, D.: Modeling dimensions of self-adaptive software systems. *Software Engineering for Self-Adaptive Systems*, S. 27–47, 2009.
- [As11] Assad, O.; Hermann, R.; Lilla, D.; Mellies, B.; Meyer, R.; Shevach, L.; Siegel, S.; Springer, M.; Tiemkeo, S.; Voges, J.; et al.: Motion-Based Games for Parkinsons Disease Patients. *Entertainment Computing-ICEC 2011*, S. 47–58, 2011.
- [Ba13] Baldwin, Alexander; Johnson, Daniel; Wyeth, Peta; Sweetser, Penny: A framework of Dynamic Difficulty Adjustment in competitive multiplayer video games. In: *Proceedings of the Games Innovation Conference (IGIC), 2013 IEEE International*. S. 16–19, Sep 2013.
- [Bl12] Bloom, D.E.; Cafiero, E.T.; Jane-Llopis, E.; Abrahams-Gessel, S.; Bloom, L.R.; Fathima, S.; Feigl, A.B.; Gaziano, T.; Mowafi, M.; Pandya, A.; et al.: *The Global Economic Burden of Noncommunicable Diseases*. WHO, Working Paper Series 87. 2012.
- [Ch07] Chen, Jenova: Flow in games (and everything else). *Commun. ACM*, 50(4):31–34, Apr 2007.
- [CK09] Clark, Robert; Kraemer, Theresa: Clinical use of Nintendo Wii™ bowling simulation to decrease fall risk in an elderly resident of a nursing home: A case report. *Journal of geriatric physical therapy*, 32(4):174–180, 2009.
- [Cs90] Csikszentmihalyi, Mihaly: *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper and Row, 1990.

- [Do04] Dourish, Paul: Where the Action Is. MIT Press, Sep 2004.
- [Du90] Duncan, Pamela W.; Weiner, Debra K.; Chandler, Julie; Studenski, Stephanie: Functional Reach: A New Clinical Measure of Balance. *Journal of Gerontology*, 45(6):M192–M197, Jan 1990.
- [RRP06] Ryan, Richard M.; Rigby, C. Scott; Przybylski, Andrew: The Motivational Pull of Video Games: A Self-Determination Theory Approach. *Motivation and Emotion*, 30(4):344–360, Nov 2006.
- [Sh01] Sheridan, Thomas B.: Rumination on automation, 1998. *Annual Reviews in Control*, 25:89–97, 2001.
- [SHM15] Smeddinck, Jan David; Herrlich, Marc; Malaka, Rainer: Exergames for Physiotherapy and Rehabilitation: A Medium-term Situated Study of Motivational Aspects and Impact on Functional Reach. In: *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. CHI 15. ACM, S. 4143–4146, 2015.
- [Sm16a] Smeddinck, Jan: Human-Computer Interaction with Adaptable & Adaptive Motion-based Games for Health. Dissertation, Universität Bremen, Dec 2016. Supervisors: Prof. Rainer Malaka (Univ. of Bremen), Prof. Regan Mandryk (Univ. of Saskatchewan). External review: Prof. Patrick Olivier (Newcastle University). Examiners: Prof. Tanja Schulz (Univ. of Bremen), Prof. Johannes Schöning (Univ. of Bremen).
- [Sm16b] Smeddinck, Jan D.: Games for Health. In (Dörner, Ralf; Göbel, Stefan; Kickmeier-Rust, Michael; Masuch, Maic; Zweig, Katharina, Hrsg.): *Entertainment Computing and Serious Games*, Jgg. 9970 in *Lecture Notes in Computer Science*. Springer International Publishing, S. 212–264, 2016.
- [SS16] Streicher, Alexander; Smeddinck, Jan D.: Personalized and Adaptive Serious Games. In (Dörner, Ralf; Göbel, Stefan; Kickmeier-Rust, Michael; Masuch, Maic; Zweig, Katharina, Hrsg.): *Entertainment Computing and Serious Games*, Jgg. 9970 in *Lecture Notes in Computer Science*. Springer International Publishing, S. 332–377, 2016.
- [YG07] Yim, Jeffrey; Graham, T. C. Nicholas: Using games to increase exercise motivation. In: *Proceedings of the 2007 conference on Future Play*. Future Play 07. ACM, S. 166–173, 2007.



**Jan Smeddinck**, geboren am 30.12.1983 in Köln, besuchte die *Europaschule Gymnasium der Stadt Kerpen* und die *Wichita East High School*, bevor er 2004 ein Studium der *Digitalen Medien* am *Fachbereich Mathematik und Informatik* der *Universität Bremen* beginnen konnte. Nach mehreren Auslandsaufenthalten zu Studienzwecken an der *KMUTT* in Thailand, am *HCI Lab* der *University of Saskatchewan* in Saskatoon, Kanada und bei der *Digital Interaction Group* am *Culture Lab* der *Newcastle University* in England, fand er sich in der glücklichen Situation, eine angeschlossene Promotion zum Dr.-Ing. unter der Betreuung von

Prof. Dr. Rainer Malaka am *TZI Digital Media Lab* der *Universität Bremen* und im Graduiertenkolleg *Advances in Digital Media* beginnen – und im Dezember 2016 mit dem Prädikat *summa cum laude* verteidigen – zu können. Jan Smeddinck ist langjähriges Mitglied der *Gesellschaft für Informatik* und der *Association for Computing Machinery*. Ihm wurden langfristige Stipendien des *ASEM-DUO* Programms, der *Klaus Tschira Stiftung* und durch den *DAAD* verliehen.