

Audiofeedback in der telemedizinischen neurologischen Rehabilitation

M. Knauer, P. Friedrich

Hochschule Kempten, 87435 Kempten

E-Mail: martin.knauer@hs-kempten.de, petra.friedrich@hs-kempten.de

Einleitung

Der demographische Wandel bedingt zunehmend höhere Fallzahlen bei Herz-Kreislauf-, Stoffwechsel-, Atemwegserkrankungen wie auch bei Hirnleistungsstörungen und Mobilitätseinschränkungen. Dies hat enorme Auswirkungen auf die medizinische Nachsorge und Rehabilitation. Telemedizinische Assistenzsysteme und telematisch gestützte innovative Therapiekonzepte gewinnen zunehmend an Bedeutung, insbesondere bei der Entwicklung neuer Trainingsprogramme in der neurologischen Rehabilitation.

In diesem Beitrag wird ein Trainingskonzept vorgestellt, welches sich speziell an Patienten mit der Parkinson Erkrankung richtet. Eines der gravierenden Hauptsymptome dieser neurologischen Erkrankung ist (neben dem Tremor) die Verlangsamung der Bewegungsabläufe bis hin zur kurzzeitigen Unbeweglichkeit [1]. Besonders beim Gehen kann diese Bewegungsstörung schwerwiegende Folgen haben - der Betroffene kann während des Gehens seine Beine nicht mehr vom Boden anheben. Diesen abrupten Abbruch der Gehbewegung nennt man "Freezing" und kann zu einem Sturz führen. Eine Studie von Oberländer [2] zeigte, dass besonders eine Musiktherapie zu Verbesserungen im Bewegungsbild der Parkinson-Patienten führen kann. Die rhythmische, musikalische Stimulation wirkt sich dabei positiv auf die Gleichmäßigkeit der Bewegung aus und dadurch wird ein Rückgang der Blockaden erzielt.

Trainingskonzept

Als Trainingsmethode wurde ein Fahrradtraining gewählt. Dieses hat den Vorteil, dass eine Verbesserung der Immobilität und Gelenksteifigkeit fast gänzlich ohne Verletzungsrisiko für den Patienten während der Therapie erreicht werden kann. Außerdem wird Musik gezielt eingesetzt - nicht nur als Rhythmusvorgabe, sondern auch als Audiofeedback.

Hardware

Das Setup besteht im Wesentlichen aus zwei Komponenten. Die erste ist der Thera-Trainer „Tigo“ der Firma medica Medizintechnik GmbH (Abbildung 1). Dieser hat den Vorteil, dass er über einen integrierten Motor verfügt und so auch ein Training für geschwächte Patienten ermöglicht. Außerdem besitzt er die nötige Sensorik, um alle relevanten Trainingsparameter in Echtzeit auszulesen und zur Analyse weiterzuleiten. Die zweite Hardwarekomponente bildet der



Abbildung 1: Thera-Trainer „Tigo“ der medica Medizintechnik GmbH, welcher in dem Training zum Einsatz kommt.

Einplatinencomputer Raspberry Pi 2. Dieser ist sehr klein, kompakt (und damit auch portabel), preisgünstig und besitzt trotzdem ausreichend Rechenleistung. Die Kommunikation der beiden Geräte erfolgt dabei über Bluetooth.

Trainingsablauf

Zu Beginn des Trainings wird der Benutzer aufgefordert, am Fahrradtrainer in einem für ihn angenehmen, gleichmäßigen Tempo zu treten. Dies geschieht noch ohne Musik und dient der Ermittlung der Anfangsgeschwindigkeit. Nach einer kurzen Zeit wird anschließend Musik in genau dieser Geschwindigkeit wiedergegeben. Der Benutzer hat ab diesem Zeitpunkt die Aufgabe, dem Tempo der Musik zu folgen. Ist die Trittschwindigkeit des Benutzers für ein gewisses Zeitintervall innerhalb eines definierten Tempobereichs (Beispielsweise ± 10 BPM), so hat er die Anforderung erfüllt, ein Signalton wird ausgegeben und das Tempo der Musik wird um eine Stufe (10 BPM) erhöht. Liegt jedoch die Trittschwindigkeit zu lange außerhalb der Bereichsgrenzen, wird entsprechend ein anderer Hinweis ausgegeben und das Tempo wird bei der Unterschreitung der Trittschwindigkeit verlangsamt beziehungsweise bei der Überschreitung nicht verändert. Auf diese Weise erhält der Benutzer nicht nur eine Geschwindigkeitsvorgabe, sondern zudem ein Feedback über die Einhaltung des Tempos in Form von Hinweistönen und Geschwindigkeitsänderungen.

Signal durch seine veränderte Länge ein schnelleres bzw. langsames Abspieltempo besitzt. Die Tonhöhe bleibt dabei unverändert [4]. Die Länge dieser Signale variiert je nach Periodizität des vorliegenden Liedes, sollte aber einen Wert von 40 Millisekunden nicht überschreiten. Zudem wird an jedem neu entstandenen Übergang ein Cross-Fade angewendet, um Signalsprünge zu vermeiden [5]. In Abbildung 4 wird das Beschleunigen des Tempos, also das Verkürzen des ursprünglichen Signals dargestellt.

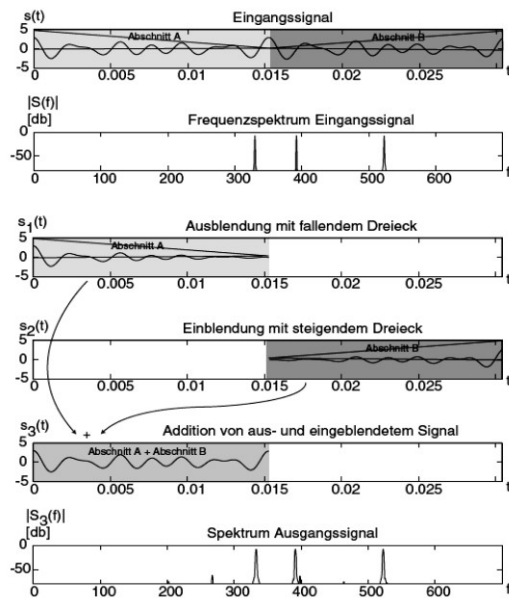


Abbildung 4: Verkürzung und somit Beschleunigung des Signalauszugs mithilfe von Time Domain Harmonic Scaling [5]

Ergebnis

Der auf dem Raspberry Pi 2 implementierte Beat Tracking Algorithmus wurde mit 15 Songs aus den Genres Rock-, Pop-, und Elektromusik getestet. Bei 14 Liedern konnte das richtige Tempo mit einer durchschnittlichen Abweichung kleiner 1 BPM abgeschätzt werden. Nur bei einem Lied aus dem Genre „elektronische Musik“ lag der Algorithmus um rund ein Drittel unter dem erwarteten Wert – dies lässt sich durch die starken triolischen Rhythmusanteile des Liedes begründen.

Das Time Stretching ergab eine akzeptable Klangqualität im Bereich von -20% bis +25% der originalen Abspielgeschwindigkeit, welche für diesen Zweck der Trainingsunterstützung und Trainingsführung ausreichend ist.

Die Software wurde in zwei Teilprogramme aufgeteilt. Diese können beide von einem Hauptfenster gestartet werden. Im ersten Bereich „Load Music“ (Abbildung 5) kann der Patient oder Therapeut neue Lieder in die Software laden und diese bezüglich der Geschwindigkeit automatisch analysieren. Anschließend werden diese zu der Liste aller Lieder hinzugefügt und Trainingssets können durch Markieren der gewünschten Songs für jeden Patienten individuell erstellt werden. Dadurch ist es nun möglich, dass Patienten und/oder Therapeuten beliebige Musikstücke entsprechend ihren persönlichen Präferenzen auswählen können. Das Training

ist somit auf die musikalischen Vorlieben wie auch auf die jeweiligen Fähigkeiten hinsichtlich der Musikalität und Taktisicherheit adaptierbar. Im zweiten Bereich erfolgt anschließend das eigentliche Training. Hier wird die Bluetooth Verbindung zum Thera-Trainer hergestellt und sämtliche Trainingsparameter können auf den Patienten angepasst werden.



Abbildung 5: Teilprogramm für die automatische Tempoanalyse der Musik und das Erstellen von Trainingssets.

Zusammenfassung und Ausblick

Es konnte gezeigt werden, wie eine neue Trainingsmethode unter Einbindung von akustischem Feedback in Form von Musik entwickelt wurde, um so das Bewegungstraining in der Rehabilitation nicht nur effektiver zu gestalten, sondern auch die Langzeitmotivation erheblich zu steigern.

Im nächsten Schritt wird das Training in Anwendertests und einer Beobachtungsstudie in Zusammenarbeit mit Musiktherapeuten erprobt, um die erwartete Wirkung des Trainings zu validieren. Zudem soll die Zielgruppe in Zukunft auf weitere Patientengruppen erweitert werden. Beispielsweise hat eine Untersuchung von Steingrüber [6] ergeben, dass auch Patienten nach einem Schlaganfall maßgeblich von einem Training mit Rhythmusvorgabe profitieren können. Auch ein Bewegungstraining im höheren Alter ist sehr vorteilhaft, denn das Training sorgt mithilfe der Musik für eine gesteigerte Langzeitmotivation. Die Echtzeit-Datenverarbeitung ermöglicht die Integration des feedbackgestützten Therapiekonzepts in ein telemedizinisches Assistenzsystem, wie beispielsweise COMES® [7,8] es darstellt, ohne Probleme. Damit wird das Training zu Hause in den eigenen vier Wänden mit Unterstützung und Therapieführung durch den Therapeuten auch über die ferne möglich. So können individuelle Therapieziele auf lange Sicht im Alltag besser verfolgt und Rehaeffekte nachhaltig verstetigt werden.

COMES steht für **CO**gnitive **ME**dizinische **S**ysteme und ist eingetragenes Warenzeichen von Prof. Dr. rer. nat. Bernhard Wolf der Technischen Universität München.

Danksagung

Für die Unterstützung und den technischen Support danken wir der Firma medica Medizintechnik GmbH aus Hochdorf.

Literatur

- [1] Ludwig, E. Der große TRIAS-Ratgeber zur Parkinson-Krankheit. Thieme, Stuttgart, 2000
- [2] Oberländer, U. Musiktherapie bei Parkinson-Patienten. Dissertation, Johann-Wolfgang-Goethe-Universität-Frankfurt, 2002
- [3] Ellis, D.: Beat Tracking by Dynamic Programming. Journal of New Music Research (2007), 51-60
- [4] Time Stretching and Pitch Shifting of Audio Signals, URL: <http://www.blogs.zynaptiq.com/bernsee/time-pitch-overview/>
- [5] Ostrop, D.: Time Domain Harmonic Scaling. (2006)
- [6] Steingrüber, W. Die Wirkung von Musik auf das Laufbandgehen Hemiparetischer Schlaganfallpatienten. Mensch und Buch Verlag, Berlin, 2000
- [7] Wolf B., Spittler T., Clauss J., Herzog K., Friedrich P., Scholz A.: COMES[®] - Cognitive Medizinische Systeme für Diagnose und Therapie. eHealth (2014), 254-262
- [8] COMES[®] - Cognitive Medizinische Systeme, URL: <http://www.comes-care.net>