

**6. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
24.-25. März 2006 in Rostock-
Warnemünde**



**„VR unterstützte Armtherapie mit dem
Rehabilitationsroboter ARMin“**

Tobias Nef, Matjaz Mihelj, Robert Riener
ETH und Uniklinik Balgrist, Zürich, Schweiz
E-Mail: nef@control.ee.ethz.ch, mihelj@control.ee.ethz.ch, riener@control.ee.ethz.ch

Gery Colombo
Hocoma Medical Engineering, Volketswil, Schweiz

Band: Abstracts der Vorträge des 6. Workshops der Automed 2006
Editors: T. Ellerbrock
ISBN: 3-86009-296-0
Pages: 59-60

VR unterstützte Armtherapie mit dem Rehabilitationsroboter ARMin

Tobias Nef¹, Matjaz Mihelj¹, Gery Colombo², Robert Riener¹

¹) ETH und Uniklinik Balgrist, Zürich, Schweiz

²) Hocoma Medical Engineering, Volketswil, Schweiz

nef, mihelj, riener@control.ee.ethz.ch, colombo@hocoma.ch

EINLEITUNG

Die motorische Erholung bei Patienten mit Schlaganfall und bei Patienten mit inkompletter Querschnittslähmung kann durch die Steigerung der Trainingsintensität und der Trainingsdauer beschleunigt werden [Platz 2003, Kwakkel 1997]. Um die Trainingsintensität zu steigern, muss der Patient zur Mitarbeit motiviert werden. Die Trainingsdauer kann mittels spielerischen Elementen erhöht werden.

Der Armtherapieroboter ARMin [Nef 2005] wird dazu als multimodales Display eingesetzt. Die Kombination von Grafik, Haptik und Akustik ermöglicht die Darstellung von Bewegungsaufgaben in realistischen Szenarien. Patientenkooperative Regelungsstrategien unterstützen dabei den Patienten bei der Ausführung der Bewegungsaufgaben nur soviel wie nötig und maximieren damit die Eigenleistung des Patienten.

Dieser Bericht fokussiert auf die Regelungsstrategien und auf das audiovisuelle Display. Zudem werden Resultate der klinischen Pilotstudie mit Schlaganfallpatienten präsentiert.

MATERIALIEN UND METHODEN

A. Haptisches Display

Die zurzeit an Patienten eingesetzte Version des Armroboters beinhaltet vier aktuierte Freiheitsgrade (Abb. 1). Das vertikal aufgehängte Linearmodul ermöglicht die vertikale Schulterrotation. Die Rotation der Schulter in der horizontalen Ebene wird mit einem Rotationsantrieb realisiert. Dieser Antrieb ist mit dem Schlitten des Linearantriebs verbunden. Das speziell für diesen Roboter entwickelte Rotationsmodul erlaubt interne und externe Schulterrotation und ist mittels einer Manschette mit dem Oberarm des Patienten verbunden. Ellenbogen Flexion und Extension werden mittels eines weiteren Rotationsantriebs ermöglicht.

Der Patient sitzt auf einem Rollstuhl und schaut auf die vor ihm platzierte Leinwand.

B. Audiovisuelles Display

Das audiovisuelle Display besteht aus einer Dolby Surround Musikanlage für die Wiedergabe von realistischen Tönen und aus einer Projektionswand (3m

x 2m). Zwei Projektoren mit horizontal und vertikal ausgerichteten Polarisationsfiltern projizieren das Bild auf die Rückseite der Leinwand. Eine Brille mit polarisierenden Gläsern erlaubt dem Patienten das stereoskopische Sehen.

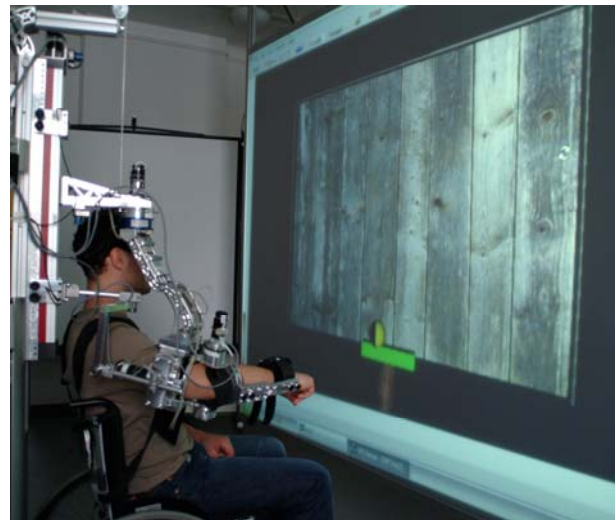


Abb. 1: ARMin mit gesundem Probanden und visuellem Display

Unter Verwendung des Open Inventor Szenegraphs wurden vier verschiedene Therapieszenarien implementiert und an Patienten getestet. Exemplarisch soll hier ein Ballspielszenario (Abb. 1) genauer behandelt werden.

Bei diesem Spiel steuert der Patient mittels horizontaler Schulterrotation, Ellenbogen Flexion und Extension und vertikaler Schulterrotation die Position einer virtuellen Hand mit einem damit verbundenen Schieber (Abb. 1). Der Ball rollt auf einer virtuellen Holzplatte nach unten und wird dabei beschleunigt. Der Patient versucht den Ball zu fangen und wird dabei so viel wie nötig vom Roboter unterstützt. Kollisionen des Balles mit der Wand und dem Schieber werden mit Ton angezeigt.

Je nach Zustand des Patienten kann die Neigung der Platte, und damit die Beschleunigung des Balls, verändert werden. Des Weiteren kann die Schwierigkeit gesteigert werden indem der Ball mit dem Schieber einen elastischen Stoss durchführt und dadurch wieder nach oben reflektiert wird.

C. Patientenkooperative Regelungsstrategien

Die patientenkooperative Regelung (Abb. 2) besteht im Wesentlichen aus einer Impedanzregelung, bei welcher die Impedanz durch die Ballposition beeinflusst wird. Die Sollkraft, d.h. die Kraft mit welcher der Patient unterstützt wird berechnet sich aus:

$$F_{soll} = (x_{Ball} - x_{Patient}) \cdot K(y_{Ball}) + B \cdot \dot{x}_{Patient}$$

Dabei bezeichnet K die variable Impedanz welche von der Höhe des Balles y_{Ball} abhängt. Mit zunehmender Annäherung des Balls ($y_{Ball} \rightarrow 0$) wird die Hand des Patienten mit größer werdender Kraft in Richtung des Balles gedrückt (in horizontaler Richtung).

Falls der Patient die Bewegung selber durchführen kann, dann ist die Differenz $x_{Ball} - x_{Patient}$ klein und der Patient erhält keine spürbare Unterstützung.

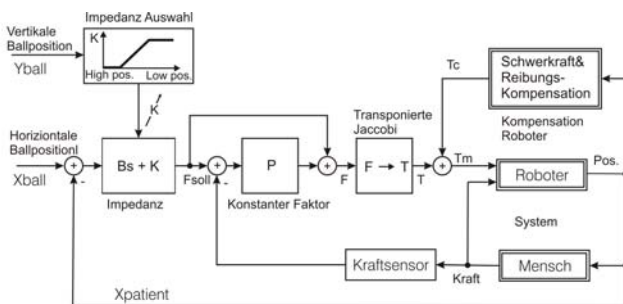


Abb. 2: Patientenkooperative Regelungsstrategie für das Ballspiel

ERGEBNISSE

Die VR unterstützte Armtherapie wurde an der Uniklinik Balgrist im Rahmen einer Pilotstudie mit vier Schlaganfallpatienten und einem Tetraplegiker in total 40 Therapiestunden erprobt. Im Rahmen dieser Pilotstudie wurde die Anpassbarkeit des Roboters an verschiedene Patienten, der Komfort des Roboters für den Patienten und die Benutzerfreundlichkeit für den Therapeuten untersucht. Ebenfalls wurde untersucht ob der Patient mit Hilfe der patientenkooperativen Regelungsstrategien die auf dem audiovisuellen Display dargestellten Aufgaben lösen kann.

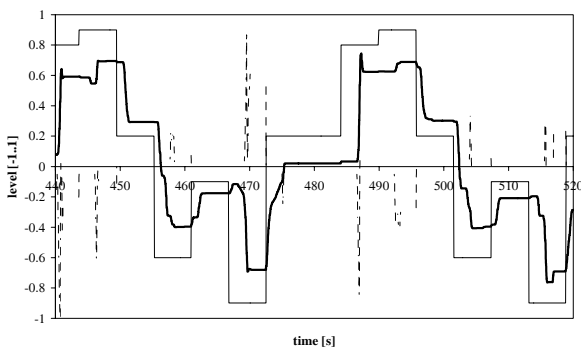


Abb. 3: Hemiplegischer Patient beim Ballspiel. Dicke Linie: x_{Ball} , dünne Linie: $x_{Patient}$, gestrichelt: F_{soll} (Roboterunterstützung)

Abbildung 3 zeigt eine Messung mit einem hemiplegischen Patienten. Man sieht in der Abbildung dass der Patient 40% der Bälle ohne Motorsupport (gestrichelte Linie) fangen kann. Bei den restlichen 60% muss der Roboter graduell unterstützen.

Bei der Befragung nach der subjektiven Einschätzung haben vier der fünf Patienten die Armtherapie mit ARMin als sehr angenehm und spannend empfunden (Gesamtnote 5.5 von 6). Insbesondere das Ballspiel wurde von den Patienten sehr gerne gespielt (Note 5.8 von 6).

SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

In diesem Bericht wurde die VR unterstützte Armtherapie mit ARMin präsentiert. Anhand der Pilotstudie mit hemiplegischen und tetraplegischen Patienten konnte gezeigt werden dass der Roboter, die Regelungsstrategie und das audiovisuelle Display für die automatisierte Armtherapie geeignet sind.

Die gewählte kinematische Struktur hat sich bei den Tests an Patienten bewährt, d.h. keiner der Probanden hat über unangenehme oder unnatürliche Bewegungen geklagt.

Zurzeit wird an der Uniklinik Balgrist eine weiterführende klinische Erprobung der roboterunterstützten Armtherapie mit ARMin durchgeführt. Während bei der Pilotstudie die Funktionalität des Systems validiert wurde, wird bei der klinischen Erprobung der Effekt der Therapie auf den Patienten untersucht.

Des Weiteren wird das Gerät distal um zwei weitere Freiheitsgrade erweitert. Die Pro-/Supination des Unterarms und die Flexion und Extension des Handgelenkes sind vor allem wichtig für das Training von alltagsrelevanten Bewegungen wie zum Beispiel Essen und Trinken.

DANKSAGUNG

Wir danken den Ergotherapeuten und Ergotherapeutinnen sowie den Ärzten, insb. Prof. V. Dietz der Uniklinik Balgrist für ihre wertvolle Mithilfe und Beratung bei diesem Projekt. Ebenfalls sei Christina Perndl, Gabriela Kiefer und Frauke Oldewurtel für ihre Beiträge gedankt. Nicht zuletzt danken wir den Patienten, welche bereit waren an dieser Studie teilzunehmen.

Diese Arbeit wurde vom Schweizerischen Nationalfonds und von der Bangerter-Rhyner Stiftung unterstützt.

LITERATURHINWEISE

[Platz 2003]

T. Platz, „Evidenzbasierte Armrehabilitation: Eine systematische Literaturübersicht“, Nervenarzt, 74, S. 841-849, 2003.

[Kwakkel 1997]

G. Kwakkel, R.C. Wagenaar, T.W. Koelman, G.J. Lankhorst, and J.C. Koetsier “Effects of intensity of rehabilitation after stroke. A research synthesis”, Stroke, 28, S. 1550-1556, 1997.

[Nef 2005]

T. Nef, G. Colombo, R. Riener, “ARMin – Roboter für die Bewegungstherapie der oberen Extremitäten”, At Automatisierungstechnik, 12, S. 597-606, 2005.