

Friedrichshainer Kolloquium, Berlin, 15.9.2015

Geschichte und Zukunft der robotergestützten Neurorehabilitation

Verena Klamroth-Marganska
Labor für Sensomotorische Systeme
Institut für Robotik and Intelligente Systeme, ETH Zürich
Universitätsklinik Der Balgrist, Zürich

ETH
The Balgrist
IRIS
Universität Zürich

SMS Lab, Zürich

Prof. Robert Riener

ETH Zürich

Universität Zürich

The Balgrist

IRIS

Forschungsaktivitäten am SMS Lab

Handicapped Prosthetics
 Arm Rehabilitation (ARMI) L
 Gait Rehabilitation (Lokomat)
 Checkmate
 Gait Rehabilitation (Lokomat)
 MR-compatible Robotics
 Robot Assisted Training in Sports (MAT)
 Somnobot
 Work and Muscle Fatigue

Geschichte und Zukunft der robotergestützten Neurorehabilitation

Neurorehabilitation

Definition

- Prozess und Massnahmen zur Wiedereingliederung von Menschen mit neurologischen Funktionsstörungen in den Alltag und in das berufliche Leben
- möglichst unabhängige, aktive Lebensgestaltung mit möglichst hoher Lebensqualität

Funktion Aktivität Partizipation

Neurorehabilitation

Definition

- koordinierter Einsatz medizinischer, sozialer, beruflicher, pädagogischer und technischer Maßnahmen
- Funktionsverbesserung und Erreichung der größtmöglichen Eigenaktivität und Partizipation

Funktion Aktivität Partizipation

Neurorehabilitation

Definition

- koordinierter Einsatz medizinischer, sozialer, beruflicher, pädagogischer und technischer Maßnahmen
- Funktionsverbesserung und Erreichung der größtmöglichen Eigenaktivität und Partizipation

Funktion

Aktivität

Partizipation

Neurorehabilitation

Häufigste neurologische Pathologien

- Hirnschlag (320/100.000 E)
- Schädel-Hirn-Verletzungen(200/100.000 E)
- Parkinson-Syndrom (100/100.000 E)

Funktion

Aktivität

Partizipation

Neurorehabilitation

Beispiel Schlaganfall

Jeder sechste erleidet im Laufe seines Lebens einen Schlaganfall (WHO)

30% bis 66% der Überlebenden erfahren einen langfristigen Verlust der Armfunktion

~30% erhalten ambulante Therapie (2005, USA)

Funktion

Aktivität

Partizipation

Geschichte und Zukunft der robotergestützten Neurorehabilitation

Bewegungshilfen-mechanische Lösungen

Zehprothese, 700 AC.



Griechischer Stock 200 AC



Pirat mit Holzbein, 15.Jhdt.



Eisenbein aus Capua 300 AC



Die «Eiserne Hand» Götz von Berlichingens



SWR »
SWR «Kurze Geschichte der Prothetik»

Reha-Kliniken



Erste Kliniken für verkrüppelte Kinder ab 1780



Uniklinik Der Balgrist

Physiotherapie in den Zwanzigern



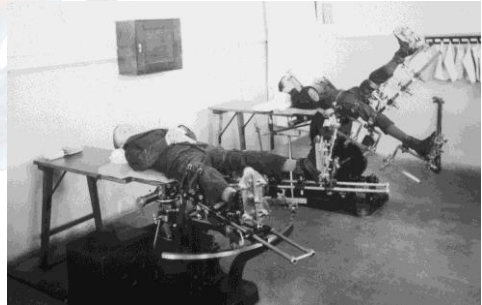
Uniklinik Der Balgrist

Physiotherapie in den Zwanzigern



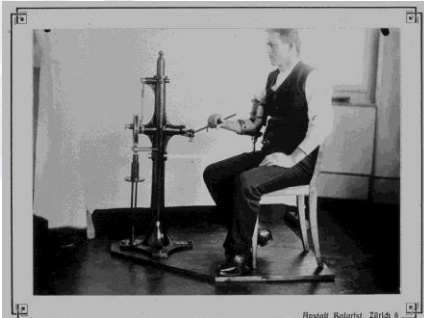
Uniklinik Der Balgrist

Physiotherapie in den Zwanzigern



Uniklinik Der Balgrist

Physiotherapie in den Zwanzigern



~ 1920

Uniklinik Der Balgrist

Physiotherapie in den Zwanzigern



~ 1920

Uniklinik Der Balgrist

«Roboter» zur Armrehabilitation

„Meridianapparat“ (Mechanotherapie Prof. Scherp)



~ 1930


- aktuiert durch Sepp Lei
- kooperativ
- passiv (geführt)
- assistiv
- aktiv
- gegen Widerstand
- multifunktional
- ekzentrisch
- konzentrisch

Uniklinik Der Balgrist

Geschichte und Zukunft der robotergestützten Neurorehabilitation

Was sind Roboter?

Maschinen mit menschengemäsem Aussehen (Humanoiden, Androiden)



Was sind Roboter?

Hilfsmittel mit menschengemäsen Funktionen (Manipulation, Lokomotion, Perzeption)



Roboterunterstützte Neurorehabilitation

Unterstützung

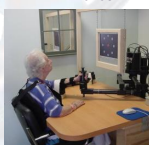


Therapie




Roboter zur Armrehabilitation


MIT Manus




Bi-Manu-Track




Haptic Master






MGA




Arneo Spring



ARMin

Vorteile von Robotern in der Reha

- Entlastung des Therapeuten
- Hohe Trainingsintensität
- Motivierung durch Spiele und Feedback in virtueller Realität
- Reproduzierbares Training mit objektiven Ergebnissen
- Optimiertes Lernen




Theoretische Grundlagen

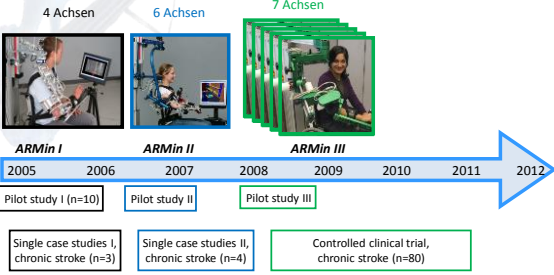
Optimiertes motorisches Lernen




ARMin



ARMin Geschichte



ARMin I	ARMin II	ARMin III
2005	2006	2007
2008	2009	2010
2011	2012	

Pilot study I (n=10) | Pilot study II | Pilot study III

Single case studies I, chronic stroke (n=3) | Single case studies II, chronic stroke (n=4) | Controlled clinical trial, chronic stroke (n=80)

Nef, Riener et al. 2006-2011

ARMin III

Exoskelett mit 7 Freiheitsgraden



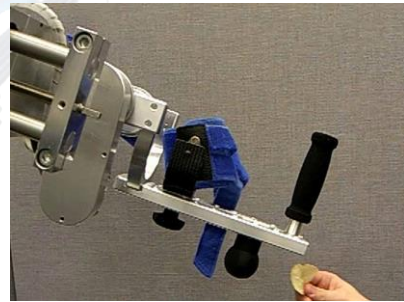
ETH Zurich/Balgrist, Hocoma AG
Nef, Riener et al. 2006-2011



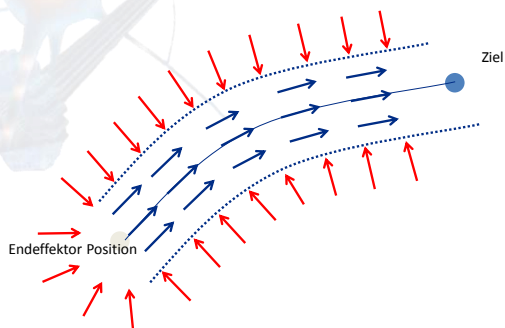
ARMin III Design und Entwicklung



ARMin III Design und Entwicklung



ARMin III Pfadregler



ARMin III Pfad-Visualisierung



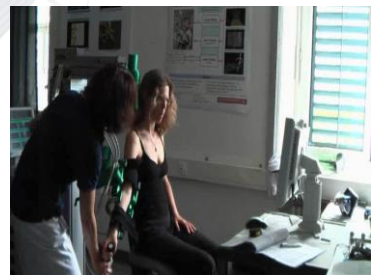
ARMin III Design und Entwicklung

Drei Trainings-Modi:

- Mobilisation
- Spiele
- Aktivitäten des täglichen Lebens

ARMin III Design und Entwicklung

Mobilisation



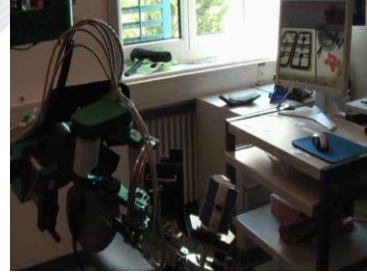
ARMin III Design und Entwicklung

Spiele: Ballspiel



ARMin III Design und Entwicklung

Aktiv-assistiertes ADL-Training

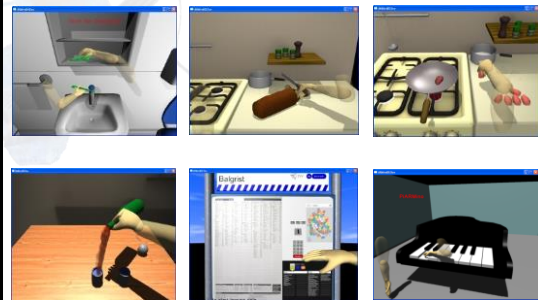


ARMin III Design und Entwicklung

Aktiv-assistiertes ADL-Training



ARMin III: ADL Pfadkontrolle



ARMin III

Klinische Studie

Motivation

Vergleich der funktionellen Erholung nach Schlaganfall durch roboterunterstütztes Training mit konventioneller Therapie hinsichtlich

Funktion

Aktivität

Partizipation

Hypothese

“Aufgabenorientiertes, roboterunterstütztes Training mit ARMin ist **effektiver** als konventionelle Therapie (Physio- und Ergotherapie) hinsichtlich funktioneller Erholung des betroffenen Armes bei chronischen, hemiparetischen Schlaganfall-Patienten.”

Teilnehmende Kliniken

Studien-Design

- Multizentrisch
- Randomisiert
- Kontrolliert
- 80 Patienten mit moderater bis schwergradiger motorischer Beeinträchtigung einer oberen Extremität (Fugl-Meyer Assessment 8 bis 38) nach Schlaganfall
- Chronische Phase (min. sechs Monate)

Therapieformen

- Acht Wochen Therapie: dreimal wöchentlich eine Stunde

	Roboter (ARMin)	Konventionell (Kontrolle)
Therapiedauer	45 min	45 min
Therapiearten	Mobilisation (min. 10min)	Mobilisation
	Spiele (min. 10min)	Spiele
	ADL's (min. 10min)	ADL's
		«weitere»

Zielkriterien

Primärer Endpunkt:

- Fugl-Meyer Assessment (FMA)

Sekundäre Endpunkte:

- Muskelkraft in Nm
- modifizierte Ashworth-Skala (mAS)
- Wolf Motor Function Test (WMFT)
- Fragebogen (SIS, MAL)
- Zielerreichungsskala (GAS)

Funktion

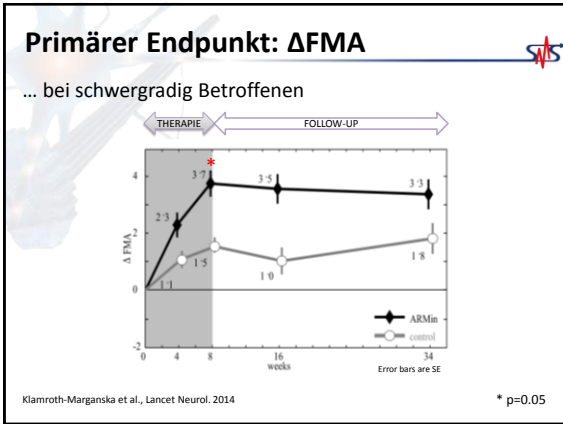
Aktivität

Partizipation

Primärer Endpunkt: ΔFMA

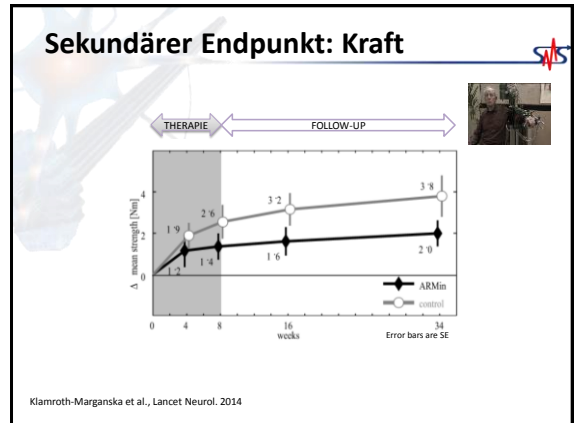
Weeks	ARMin (ΔFMA)	Control (ΔFMA)
0	0	0
4	2.6	2.0
8	3.4*	2.6
16	3.4	2.8
34	3.1	2.9

* p=0.05



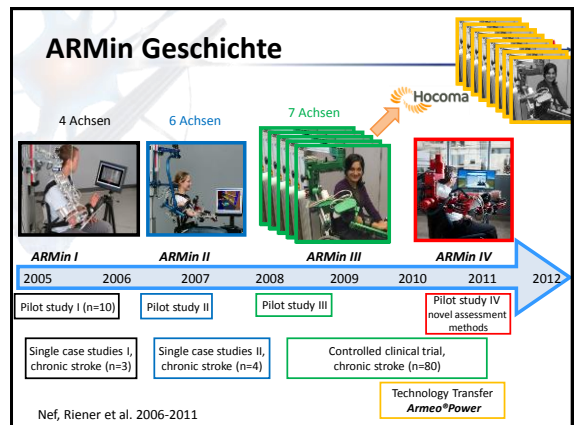
Zusammenfassung

- Aufgabenorientiertes, roboterunterstütztes **Training mit ARMin ist effektiver als konventionelle Therapie** (Physio- und Ergotherapie) hinsichtlich funktioneller Erholung des betroffenen Armes bei chronischen, hemiparetischen Schlaganfall-Patienten.
- Insbesondere **Patienten mit schwergradiger Beeinträchtigung** profitieren von der ARMin-Therapie.





Zusammenfassung

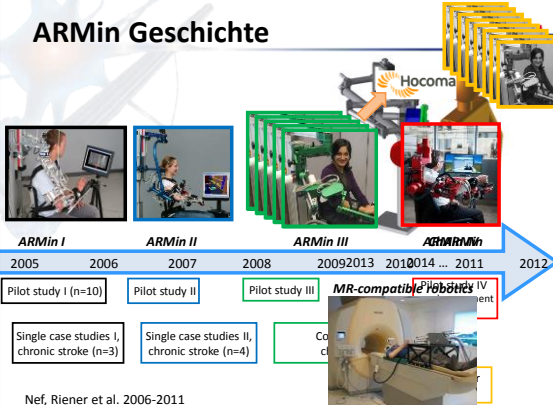
- Aufgabenorientiertes, roboterunterstütztes **Training mit ARMin ist effektiver als konventionelle Therapie** (Physio- und Ergotherapie) hinsichtlich funktioneller Erholung des betroffenen Armes bei chronischen, hemiparetischen Schlaganfall-Patienten.
- Insbesondere **Patienten mit schwergradiger Beeinträchtigung** profitieren von der ARMin-Therapie.
- Patienten mit ARMin-Therapie gewinnen **signifikant weniger Kraft**.



Kommerzielle Version: Armeo®Power

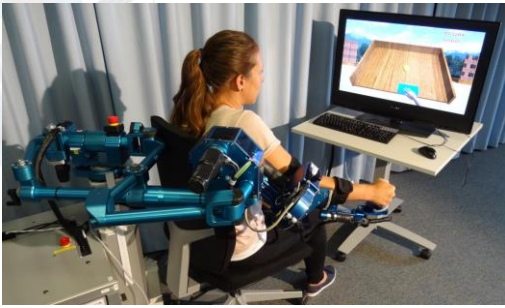
ARMin Geschichte



ARMin I	ARMin II	ARMin III	ARMin IV
2005	2006	2007	2008
Pilot study I (n=10)	Pilot study II	Pilot study III	MR-compatible robot
Single case studies I, chronic stroke (n=3)	Single case studies II, chronic stroke (n=4)	Co...	...

Nef, Riener et al. 2006-2011

Kinder-ARMin: ChARMin



U. Keller, R. Riener & KiSpi Zurich

Geschichte und Zukunft der robotergestützten Neurorehabilitation

Soziale Belohnung in Spielen



Soziale Belohnung in Spielen

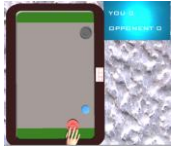
Forschungsfragen

- Ist «Gemeinsam-Spielen» motivierender als «Alleine-Spielen»?
- Gibt es eine Bevorzugung der Spielarten «kooperativ» oder «kompetitiv»?
- Welchen Einfluss hätte der Charakter auf die Bevorzugung bestimmter Spielarten?

Novak D. et al. 2014

Studienaufbau

- Drei Spielmodi**
 - Einzelspieler
 - Kompetitives Spiel
 - Kooperatives Spiel
- Zwei Studiengruppen**
 - Gesunde: 30 Teilnehmer (Alter 25-73)
 - Schlaganfallpatienten: 8 Teilnehmer (Alter 22-69)
- Jeder Teilnehmer spielt alle drei Modi von jeweils 5 Minuten Dauer**




Novak D. et al. 2014

Soziale Belohnung in Spielen

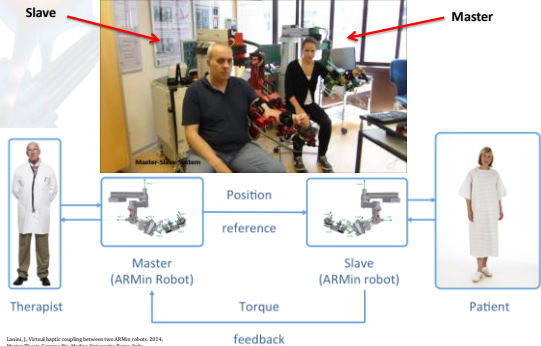
- Gesunde Teilnehmer und Schlaganfallpatienten mögen Gemeinsam-Spielen
- Besonderes kompetitives Spiel erhöht die Spielintensität
- Eine Zuordnung ebenbürtiger Spieler ist wesentlich

Novak D. et al. 2014

Multiplayer



Beam me in – der Therapeut im Patienten



Slave Master

Therapist Patient

Position reference

Torque

feedback

Master (ARMin Robot)

Slave (ARMin robot)

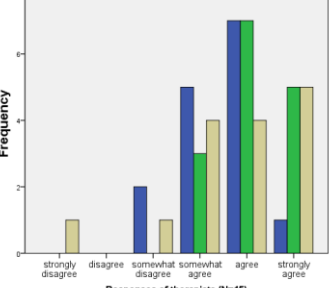
Luettig, U. Virtual haptic coupling between two ARMin robots. 2014. Master's Thesis, German Bio-Mechanics University, Bremen, 2014.

Beurteilung durch Therapeuten

„Beam me in“...

- ... stellt ein geeignetes Instrument dar, um einen Einblick in das klinische Bild eines Patienten zu erhalten.
- ... eröffnet eine neue Methode der Interaktion mit dem Patienten.
- ... kann ein sinnvolles Medium sein, um Studierenden einen Einblick in das klinische Bild eines Patienten zu geben.

Conclusive Evaluation of the Master-Slave Concept

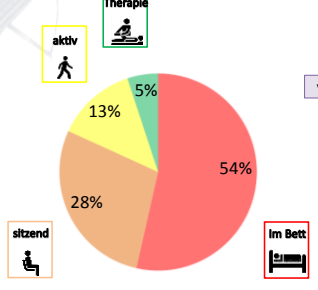


Frequency

Responses of therapists (N=15)

Response	Frequency
strongly disagree	1
disagree	0
somewhat disagree	2
somewhat agree	3
agree	5
strongly agree	4

Aktivität während Klinikaufenthalt



aktiv

sitzend

Im Bett

Therapie

von 8 bis 17 Uhr

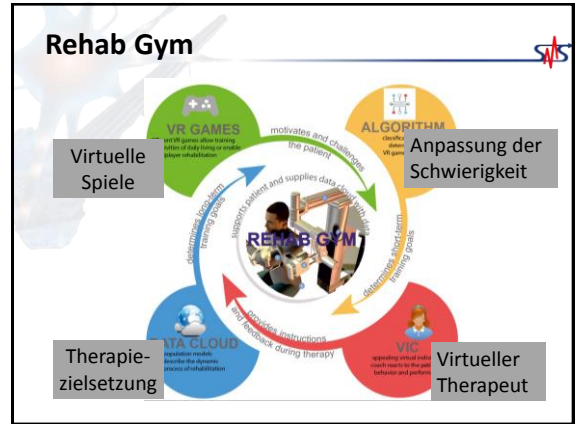
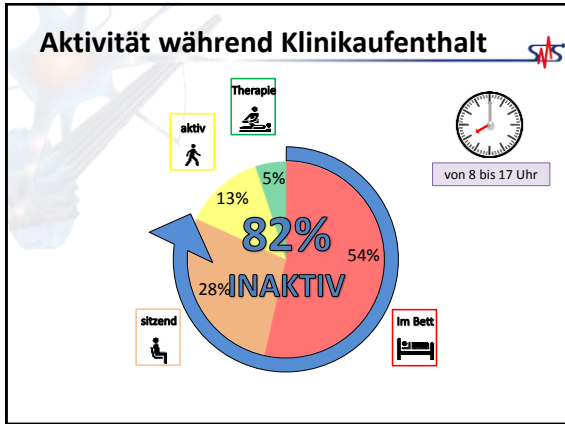
54%

28%

13%

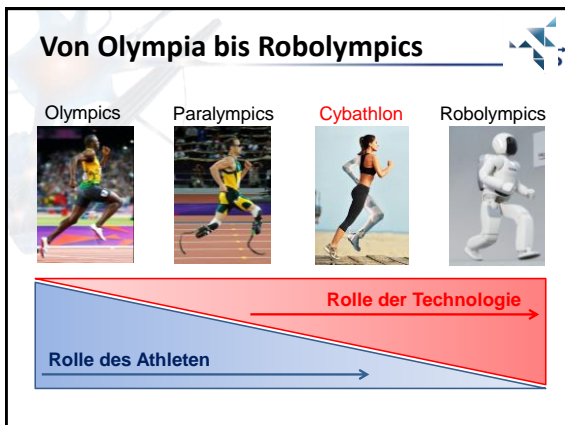
5%

from Bernhardt 2004 «inactive and alone», Stroke



Cyathlon

Wettkampf für Athleten mit Behinderung
 8. Oktober 2016



Botschaften

- Mit dem Cyathlon wollen wir Barrieren abbauen zwischen Patienten, Forschenden und der Öffentlichkeit

Menschen mit Behinderung
 Forschung & Entwicklung
 Öffentlichkeit

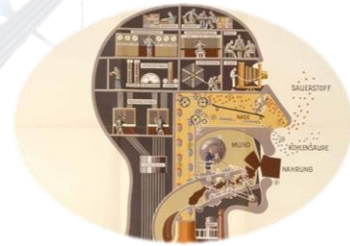
Was ist der «Cybathlon»?



Wesentliche Kriterien

- Wettkampf für «Piloten» mit Behinderungen (Parathleten)
- Piloten verwenden die modernsten Technologien, fast alles ist erlaubt («Technodoping»)
- Teilnahme von Piloten mit stärkeren Beeinträchtigungen
- Technologie wird von Labor oder Firma bereitgestellt
- Zwei Medaillen: eine für Piloten, eine für Technologiebereiter
- Sechs verschiedene Disziplinen
- Aktivitäten des täglichen Lebens: es soll dem Menschen nützen!

Danke für Ihre Aufmerksamkeit



«Der menschliche Körper ist eine Maschine,
die ihre Federn selbst aufzieht.»

«Der Mensch als Industriepolster» Kahn

«L'homme machine» Julien Offray de La Mettrie