

# Entwicklung eines programmgesteuerten Exoskelett-Unterstützungsroboters und prototypische Umsetzung als Modell

## Diplomarbeit

ausgearbeitet von

**Thomas Karanatsios**

vorgelegt an der

Fachhochschule Köln  
Campus Gummersbach  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften

im Studiengang

Technische Informatik  
Matrikelnummer: 11.....

Erster Prüfer: Professor Dr. Hartmut Bärwolff  
Fachhochschule Köln

Zweiter Prüfer: Professor Dr. Holger Günther  
Fachhochschule Köln

Musterhausen, im Mustermonat 2010

**Adressen:** Thomas Karanatsios  
Mustermannstrasse 11  
12345 Musterhausen  
Muster@Muster.com

Professor Dr. Hartmut Bärwolff  
Fachhochschule Köln  
Institut für Elektronik  
und Informationsengineering  
Steinmüllerallee 1  
51643 Gummersbach  
Baerwolff@gm.fh-koeln.de

Professor Dr. Holger Günther  
Fachhochschule Köln  
Institut für Informatik  
Steinmüllerallee 1  
51643 Gummersbach  
Guenther@gm.fh-koeln.de

# Kurzfassung

Hier kommt die Kurzfassung hin

# Abstract

und das Abstract wenn benötigt

Anleitung:

Motivation des Textes: worin liegt die Bedeutung der entsprechenden Forschung, warum sollte der längere Text gelesen werden?

- Fragestellung: welche Fragestellung(en) versucht der Text zu beantworten, was ist der Umfang der Forschung, was sind die zentralen Argumente und Behauptungen?
- Methodologie: welche Methoden/Zugänge nutzt der Autor/die Autorin, auf welche empirische Basis stützt sich der Text?
- Methodologie: welche Methoden/Zugänge nutzt der Autor/die Autorin, auf welche empirische Basis stützt sich der Text?
- Ergebnisse: zu welchen Ergebnissen kam die Forschung, was sind die zentralen Schlussfolgerungen des Textes?
- Implikationen: welche Schlussfolgerungen ergeben sich aus dem Text für die Forschung, was fügt der Text unserem Wissen über das Thema hinzu?

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>3</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>7</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>8</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>9</b>
<b>Aufgabenstellung</b>	<b>11</b>
<b>Vorwort</b>	<b>12</b>
<b>Einleitung</b>	<b>13</b>
<b>1 Grundlagen</b>	<b>15</b>
1.1 Erste Überschrift . . . . .	15
1.1.1 Zweite Überschrift . . . . .	15
1.2 Erste Überschrift . . . . .	15
1.2.1 Zweite Überschrift . . . . .	15
1.2.2 Zweite Überschrift . . . . .	16
<b>2 Marktanalyse</b>	<b>18</b>
<b>3 Entwicklung des Modells</b>	<b>19</b>
3.1 Erstes Unterkapitel . . . . .	19
<b>4 Ergebnisse</b>	<b>21</b>
4.1 Präsentation . . . . .	21
4.2 Schwierigkeiten . . . . .	21
4.3 Auswertungen . . . . .	21
<b>5 Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>22</b>
5.1 Zusammenfassung . . . . .	22
5.2 Ausblick auf zukünftige Arbeiten . . . . .	22
5.3 Schlusswort . . . . .	22
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>23</b>

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Anhang</b>	<b>25</b>
<b>Erklärung</b>	<b>26</b>
<b>Glossar</b>	<b>27</b>
<b>Index</b>	<b>29</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1:	Aufbau allgemein . . . . .	15
Abb. 1.2:	Humanoide Roboter . . . . .	17

# Tabellenverzeichnis

Tab. 1.1:	Titel . . . . .	16
-----------	-----------------	----



## Abkürzungsverzeichnis

ARM7	Advanced RISC Machines
BA	Belastungsantwort
BIC	Business Innovation Center
CAN	Controller Area Network
CSR	Core Serial Protocol
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DOF	Degrees of freedom
EDR	Enhanced Data Rate
EPROM	Erasable Programmable Read Only Memory
IBK	Initialer Bodenkontakt
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISC	Inter-Integrated Circuit
ISM-Band	Industrial, Scientific and Medical Band
ISO	International Organization for Standardization
ISw	Initiale Schwungphase
JARA	Japan Robot Association
KG	Kniegelenk
KI	Künstliche Intelligenz
KOS	Koordinatensysteme
LAN	Local Area Network
LCD	Liquid Crystal Display
LIN	Local Interconnect Network
MCU	Mikrocontroller Unit
MKS	Mehrkörpersystem
MPL	Mozilla Public License
MSt	Mittlere Standphase
MSw	Mittlere Schwungphase
OS	Oberschenkel
OTP	One Time Programmable
PDA	Personal Digital Assistant
Pose	Position und Orientierung
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Random Access Memory
RIA	Robot Institut of America
ROM	Read only Memory
SG	Sprunggelenk
SIG	Special Interest Group
SOC	System on a Chip
SPI	Serial Peripheral Interface

---

SPP	Serial Port Profile
SRD	Short Range Devices
TCP	Tool Center Point
TD	Touch Down
TO	Take Off
TSt	Terminale Standphase
TSw	Terminale Schwungphase
USB	Universal Serial Bus
UV	Ultra Violet
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VSw	Vor-Schwungphase
WLAN	Wireless Local Area Network
WPAN	Wireless Personal Area Network

# Aufgabenstellung

Die Idee an einem Unterstützungs-Roboter für gehbehinderte Menschen zu forschen, entstand durch das medial wachsende Interesse an Laufrobotern. Diese sind bereits im Entertainmentbereich z. B. bei Spielzeugen gängig, werden aber inzwischen auch vermehrt für Militärzwecke eingesetzt....

# Vorwort

Das Vorwort ist optional.

# Einleitung

„*Ἀρχὴ ἡμισυ παντός*  
*Der Anfang ist die Hälfte des Ganzen.*“ (Vgl.[Ari35])

Roboter<sup>1</sup>

Bei Rädern und Ketten ist dies hingegen nicht der Fall, Sie brauchen großflächige Stützpunkte.

Das bedeutet, dass letztere Arten der Fortbewegung einen ununterbrochenen Kontakt zum Boden benötigen. (Vgl.[JZ03])

Dadurch wurden die im Verlauf der Evolution optimierten Konstruktionen von Beinen, das Zusammenspiel von Sensorik und Aktorik und die Steuerung von Gehbewegungen weitestgehend analysiert und dienen somit dem besseren Verständnis der Laufmotorik<sup>2</sup>.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass dieses Forschungsgebiet einen stark interdisziplinären Charakter besitzt...

---

<sup>1</sup>Der Begriff Roboter (tschechisch: robot) wurde von Josef und Karel Capek Anfang des 20. Jahrhunderts durch die Science-Fiction-Literatur geprägt. Der Ursprung liegt im slawischen Wort robota, welches mit Arbeit, Fronarbeit oder Zwangsarbeit übersetzt werden kann. 1921 beschrieb Karel Capek in seinem Theaterstück R.U.R. in Tanks gezüchtete menschenähnliche künstliche Arbeiter. Mit seinem Werk greift Capek das klassische Motiv des Golems auf. Heute würde man Capeks Kunstgeschöpfe als Androiden bezeichnen. Vor der Prägung dieses Begriffes wurden Roboter zum Beispiel in den Werken von Stanislaw Lem als Automaten oder Halbautomaten bezeichnet.

<sup>2</sup>Die Laufmotorik beinhaltet die Bewegungsfunktion und deren Lehre, die Fähigkeit des Körpers sich kontrolliert zu bewegen, die Gesamtheit der vom zentralen Nervensystem kontrollierten Bewegungen des Körpers im Gegensatz zu den unwillkürlichen Reflexen des Körpers und die Unterscheidung in Grob- und Feinmotorik

Kapitelübersicht

# 1 Grundlagen

## 1.1 Erste Überschrift

Hier schreiben

### 1.1.1 Zweite Überschrift

Hier schreiben

#### Dritte Überschrift

*hier kann Kursiv geschrieben werden*

## 1.2 Erste Überschrift

### 1.2.1 Zweite Überschrift

Text....(siehe Abb. 1.1)

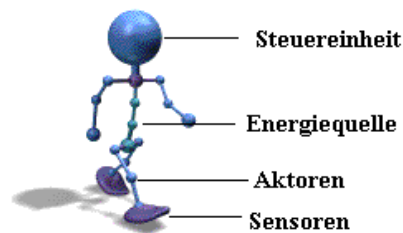


Abbildung 1.1: Aufbau und Komponenten von Robotern

#### Dritte Überschrift

- Die Bewegungsform der Achsen
- Anzahl und Anordnung der Achsen
- Die Formen des Arbeitsraums

... Arm zu strecken. (Vgl.[RS02])

1.2.2 Zweite Überschrift

Dritte Überschrift

Hier Text einfügen  
Roboterfuß befindet  
homogene  
4 x 4 Matrix:

$$T = \begin{pmatrix} Ax & Ay & Az & 0 \\ Bx & By & Bz & 0 \\ Cx & Cy & Cz & 0 \\ Px & Py & Pz & 1 \end{pmatrix}$$

(1.1)

$$(\theta, d, a, \alpha)$$

(1.2)

verschiedene Matrizen:

$$T = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \cos \alpha & \sin \theta \sin \alpha & \arccos \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \cos \alpha & -\cos \theta \sin \alpha & \arcsin \theta \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & d \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

(1.3)

$${}^{n-1}T_n = \begin{pmatrix} \cos \theta_n & -\sin \theta_n \cos \alpha_n & \sin \theta_n \sin \alpha_n & a_n \cos \theta_n \\ \sin \theta_n & \cos \theta_n \cos \alpha_n & -\cos \theta_n \sin \alpha_n & a_n \sin \theta_n \\ 0 & \sin \alpha_n & \cos \alpha_n & d_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

(1.4)

$$T = T_1 T_2 T_3 T_4 T_5 T_{tcp}$$

(1.5)

Text...(Siehe Tab. 1.1)

**Titel:**

Tabelle 1.1: Titel

Überschrift 1	Überschrift 2
Text	Text Text
Text	Text Text



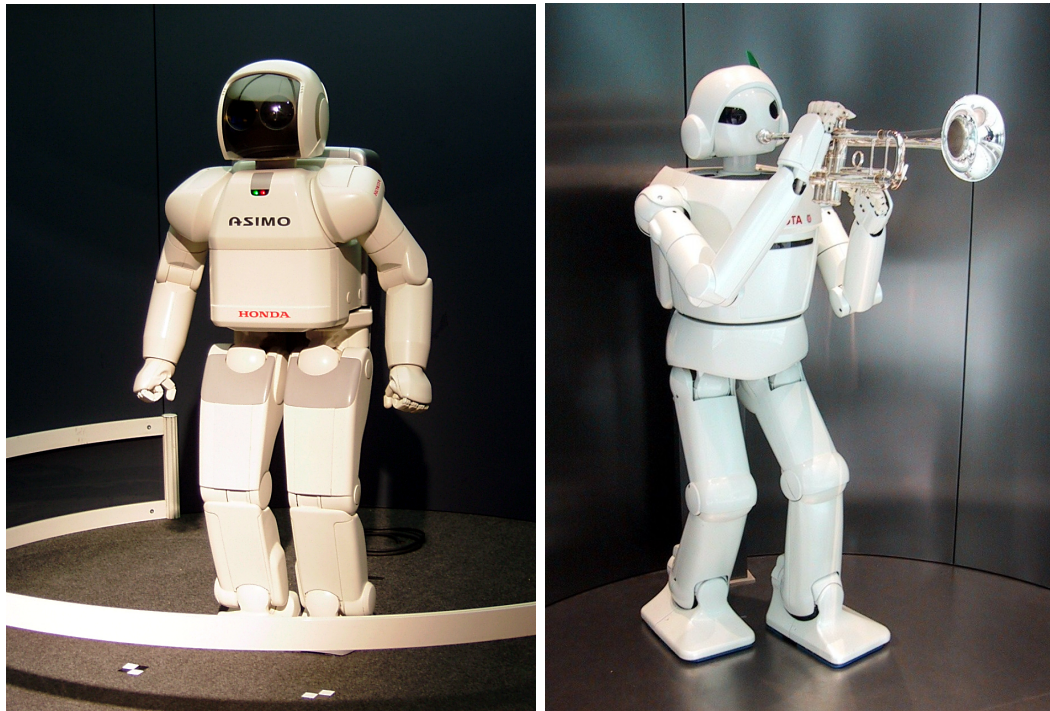


Abbildung 1.2: Humanoide Roboter Links der Aibo von Honda rechts der Roboter von Toyota

Bild-Quellen: ([http://de.wikipedia.org/wiki/Humanoider\\_Roboter](http://de.wikipedia.org/wiki/Humanoider_Roboter))

Sichtung: 17.09.2010

In Abb. 1.2 sind...Text

Kraft  $\mathbf{F}$ , der Masse  $\mathbf{m}$  und der Beschleunigung  $\mathbf{a}$  kann mit der daraus resultieren Formel die Kraft, die wirkt, berechnet werden:

$$F = m * a \quad (1.6)$$

Folglich ist die Kraft das Produkt von Masse und Beschleunigung.

SI-Einheit der Kraft:

$$[F] = kg * \frac{m}{s^2} = Newton(N) \quad (1.7)$$

$$M = F * l = F * r * \sin \alpha \quad (1.8)$$

SI-Einheit des Drehmomentes:

$$[M] = Newtonmeter(N * m) \quad (1.9)$$

## 2 Marktanalyse

Aufbau siehe Kapitel 1

## 3 Entwicklung des Modells

Aufbau siehe Kapitel 1

### 3.1 Erstes Unterkapitel

1. Text  
Text
2. Text  
Text
3. Text  
Text

Zuerst erfolgt zum besseren Verständnis die Deklaration der verwendeten Variablen

```
1 // die Motoren des rechten Beines werden wie in dem bisher
2 // verwendeten Schema zugewiesen
3 // Hüfte (C), Knie (B) und Fussgelenk (A)
4 public static Motor motorHip = new Motor(MotorPort.C);
5 public static Motor motorKnee = new Motor(MotorPort.B);
6 public static Motor motorAnkle = new Motor(MotorPort.A);
7 public static boolean sensorReached1 = false;
8
9 // der Ultraschallsensor wird an Port S1 erwartet
10 public static UltrasonicSensor sonicSensor1 =
11     new UltrasonicSensor(SensorPort.S1);
12
13 //Der TouchSensor wird an Port S2 erwartet und wird zum iterieren
14 // durch einen Bewegungsablauf verwendet
15 public static TouchSensor touchSensor =
16     new TouchSensor(SensorPort.S2);
```

1. Item 1

2. Item 2

3. Item 3

→ Item 1

→ Item 2

→ Item 3

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Präsentation

Aufbau siehe Kapitel 1

### 4.2 Schwierigkeiten

Text

### 4.3 Auswertungen

Text

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

### 5.1 Zusammenfassung

Text

### 5.2 Ausblick auf zukünftige Arbeiten

Text

### 5.3 Schlusswort

Text

## Literaturverzeichnis

- [Ari35] ARISTOTELES: *Politik 5*, v.Chr. 335. 4. 1303 b 29.
- [JZ03] JZ, JENS ZIEGLER: *Evolution von Laufrobotersteuerungen mit Genetischer Programmierung*, 2003. <https://eldorado.tu-dortmund.de/handle/2003/2743>. Sichtung: 20.07.2010.
- [RS02] RS, ROLAND STENZEL: *Steuerungsarchitekturen für autonome mobile Roboter*, 2002. [http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2002/408/pdf/Stenzel\\_Roland.pdf](http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2002/408/pdf/Stenzel_Roland.pdf)Sichtung: 04.09.2010 oder im Anhang(CD).

# Anhang



# Inhalt Anhang

## Auf der mitgelieferten CD befindliche Dateien:

1. Video der Ergebnisse des entwickelten Transmovers
2. Marktanalyse
  - BIC Analyse
  - Fragebögen befragter Betroffener
3. Skizzen und Entwürfe
  - Skizze
  - Entwurf LEGO Designer
4. Programmablaufpläne
5. Excel Datei Auswertung Winkelmessung
6. Sequenzdiagramme
7. Quellcodes
  - Winkeleinmessung
  - Transmover LabVIEW Programme
  - Transmover JAVA Programme
  - Wii Remote Programme

# Erklärung

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbständig verfasst zu haben.

Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Arbeiten anderer entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben.

Die Arbeit hat nach meinem Wissen mit gleichem Inhalt noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Gummersbach, 14. Oktober 2010

Thomas Karanatsios

# Glossar

<b>Autonom</b>	das Programm welches implementiert ist arbeitet weitgehend unabhängig von Benutzer eingriffen.
<b>Biometrie</b>	Die Biometrie auch Biometrik genannt beschäftigt sich mit Messungen an Lebewesen und den dazu erforderlichen Mess- und Auswerteverfahren.
<b>Bionisch</b>	Adjektiv zur Beschreibung eines Organismus, dessen biologische Grundlage durch technische Möglichkeiten verbessert wurde.
<b>Degrees of freedom</b>	(DOF) bedeutung Freiheitsgrade = Der Freiheitsgrad bezeichnet einen Parameter eines Systems. Die Eigenschaft, ein Freiheitsgrad zu sein, ergibt sich für einen Parameter daraus, Mitglied in einer Menge von Parametern zu sein, die das System beschreiben.
<b>Deliberativ</b>	Deliberativ = erwägen, überlegen, sich entscheiden, beschließen ist eine semantische Funktion Verbmodus des Konjunktivs z. B. im Lateinischen (coniunctivus deliberativus), die eine überlegende Rückfrage als Reaktion auf eine Aufforderung ausdrückt.
<b>Dynamik</b>	Eine Dynamik steht für, das Teilgebiet der Mechanik, das sich mit der Wirkung von Kräften befasst
<b>Endeffektor</b>	Als Endeffektor wird in der Robotik das letzte Element einer kinematischen Kette bezeichnet. Bei Industrierobotern kann es sich hierbei zum Beispiel um eine Einheit zum Schweißen von Autokarosserien oder allgemein um einen einfachen Greifer handeln. Der im englischen als TCP (Tool Center Point) bezeichnete ausgezeichnete Punkt am Ende der kinematischen Kette ist das Zielsystem, für das die aus der gestellten Aufgabe resultierenden Positionierungsanforderungen gelten. Aufgaben spezifisch kann der TCP dabei auch außerhalb des Roboters liegen, Beispiele wären der Fokus eines gegriffenen Lasers oder auch die Mitte des gerade transportierten Objekts.

<b>Dorsalextension</b>	steht für die Bewegung in den Zehengelenken in Richtung Fußrücken.
<b>Extension</b>	Die Extension (von lat. extensio "Streckung") ist die Streckung eines Gelenkes. Die gegenläufige Bewegung wird als Flexion bezeichnet.
<b>Exoskelett</b>	Ein Exoskelett ist eine Stützstruktur für einen Organismus, das eine stabile äußere Hülle um diesen bildet.
<b>Energy Harversting</b>	Als Energy Harvesting (wörtlich übersetzt Energie-Ernten) bezeichnet man die Erzeugung von Strom aus Quellen wie Umgebungstemperatur, Vibrationen oder Luftströmungen. Die Industrie entwickelt bereits heute Energiequellen für drahtlose Sensornetzwerke oder Anwendungen wie etwa Fernbedienungen an schwer erreichbaren Stellen. Energy Harvesting vermeidet bei Drahtlostechnologien Einschränkungen durch kabelgebundene Stromversorgung oder Batterien.
<b>Flexion</b>	Die gegenläufige Bewegung zur Extension wird als Flexion bezeichnet.
<b>Inertialsystem</b>	In der Physik ist ein Inertialsystem (von lat. iners "untätig, träge") ein Koordinatensystem, in dem sich kräftefreie Körper geradlinig, gleichförmig bewegen. In einem Inertialsystem gilt also das newtonsche Trägheitsgesetz in seiner einfachsten Form, nach der kräftefreie Körper ihre Geschwindigkeit in Betrag und Richtung beibehalten und Beschleunigungen proportional zur anliegenden Kraft erfolgen. Der Begriff Inertialsystem wurde erstmals von Ludwig Lange (1885) verwendet.
<b>Inhibition</b>	Das Wort Inhibition (lat. inhibere "unterbinden", "anhalten"; veraltend Inhibierung, deutsch Hemmung, Antonym Desinhibition, Desinhibierung) bezeichnet: in der Neurobiologie eine Abnahme der Erregbarkeit von Nervenzellen, siehe Inhibition (Neuron) in der Ethologie die Blockierung einer Verhaltensweise durch innere oder äußere Faktoren, siehe Bedingte Hemmung in der Digitaltechnik bezeichnet die Inhibition eine Schaltung aus einem UND- und einem NICHT-Glied, siehe Inhibition (Digitaltechnik)
<b>Ipsilateral</b>	Ipsilateral bedeutet "auf derselben Körperseite oder -hälfte gelegen". Das Gegenteil von ipsilateral ist kontralateral.

# Index

Aktorik, 13

einfügen, 16

Laufmotorik, 13

Sensorik, 13

## Widmung

Die Widmung ist optional! Text

In Liebe,  
Euer Sohn