

**Humanoide Roboter**

von

**HONDA**

Seminar Humanoide Roboter

Universität Bielefeld

Matthias Donner

`mdonner@TechFak.Uni-Bielefeld.DE`



## Inhaltsverzeichnis

1. Motivation zur Entwicklung .....	3
2. Historische Entwicklung.....	3
2.1 E0-E1 .....	3
2.2 E2-E4.....	3
2.3 E5-E6.....	4
3. P1 .....	4
4. P2 .....	4
5. P3.....	5
6. Asimo.....	5
7. Ausblick .....	6
8. Quellenangaben .....	7

## 1. Motivation zur Entwicklung

Honda wollte einen Roboter bauen, der in der Lage ist dem Menschen im täglichen Leben zu helfen und ihm lästige und monotone Arbeit abnimmt. Zudem sollte er imstande sein alten oder kranken Personen behilflich zu sein.




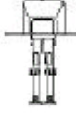

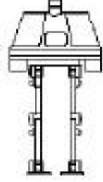

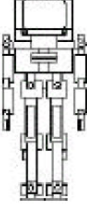

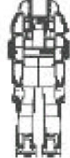
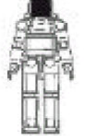
Zu diesem Zweck muss der Roboter die Fähigkeit haben selbständig in für Menschen konzipierten Umgebungen zu handeln und zu manövrieren. Dabei müssen „Hindernisse“ wie Türen oder Treppen überwunden werden.

Aus diesem Grund haben sich die Ingenieure von Honda dazu entschlossen einen menschenähnlichen Roboter zu entwickeln, der in Lage sein sollte auf zwei Beinen zu gehen.

Natürlich bilden diese „Personal Robots“ in der Zukunft einen enormen Wachstumsmarkt in dem sich viele große Konzerne bereits jetzt etablieren wollen.

Zu guter Letzt, stellt ein humanoider Roboter in der heutigen Zeit auch ein Prestigeobjekt dar, das Honda gerne zusammen mit neuen Automodellen präsentiert.

## 2. Historische Entwicklung

1986	1987 - 1991			1991 - 1993			1993 - 1997			2000 -
										
E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	P1	P2	P3	ASIMO

Das obige Bild veranschaulicht die Entwicklung der einzelnen Robotertypen bis zum Jahr 2000. In den nun folgenden Kapiteln werden diese genauer vorgestellt.

### 2.1 E0-E1

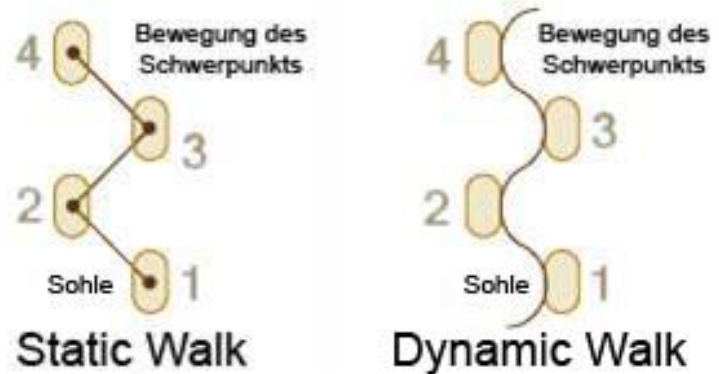
Zunächst hat man sich darauf beschränkt eine reine Laufmaschine zu entwickeln. Im Jahr 1986 war das „Experimental Model 0“ (kurz „E0“) fertig gestellt; benötigte aber 30 Sekunden pro Schritt. Dies lag unter anderem an dem „Static Walk“ Bewegungsmuster. Bei diesem „statischen Gang“ befindet sich der Schwerpunkt des Roboters immer innerhalb seiner Fußsohle. Somit muss der Oberkörper relativ stark von links nach rechts schwanken.

Auch der Nachfolger *E1* bewegte sich auf diese Weise, war aber bereits 0.25 km/h schnell.

### 2.2 E2-E4

Um die Geschwindigkeit der Roboter weiter zu steigern nahm man sich den menschlichen Gang zum Vorbild und übertrug den Bewegungsablauf auf die Maschine. Bei diesem „dynamischen Gang“ pendelt der Schwerpunkt des Roboters nur noch zwischen den Fußsohlen, was eine höhere Gehgeschwindigkeit ermöglicht.

Der *E2* erreicht somit bereits 1.2 km/h. Nun versuchte man zunächst die Geschwindigkeit der Roboter weiter zu steigern und erzielte mit dem *E4* schließlich 4,7 km/h auf flachem Untergrund. Kleinste Bodenunebenheiten genügten jedoch um den Roboter zu Fall zu bringen.



### 2.3 E5-E6

Um auch über unebenes Gelände gehen zu können entwickelte man drei Stabilisierungstechniken:

1. Die „Floor reaction control“ passt die Fußstellung den Bodenunebenheiten an und ermöglicht so eine größere und stabilere Auflagefläche.
2. Die „Target ZMP<sup>1</sup> control“ stellt mit Hilfe von internen Sensoren fest, ob der Roboter droht umzufallen und beschleunigt seinen Oberkörper gegebenenfalls in die Fallrichtung um ihn somit wieder aufzurichten.
3. Falls die ZMP Kontrolle einschreiten musste, wird auch die „Foot planting location control“ aktiviert, die die Schrittlänge des Roboters korrigiert und ihn einen etwas größeren Ausfallschritt in die prognostizierte Fallrichtung machen lässt.

Diese Techniken wurden erfolgreich in den E6 implementiert, der dann die Fähigkeit hatte Treppen zu steigen und über schiefes Terrain zu gehen.

## 3. P1

Nachdem das Problem des Gehens zunächst gelöst war, konstruierte man 1993 den „Prototype Model 1“ (kurz „P1“), der bereits über einen Oberkörper mit zwei Greifarmen verfügte. Der P1 war 1,9m groß und wog 157kg. Die Batterien und der Steuercomputer waren auf dem Rücken als eine Art Rucksack montiert. Mit seinen beiden Armen war er bereits in der Lage Türgriffe und Schalter zu bedienen.

## 4. P2

Im Dezember 1996 wurde der P2 als Nachfolger des P1 der Öffentlichkeit vorgestellt. Er war 1,8m groß und wog 210kg. Sein internes Skelett wurde aus Aluminium gefertigt. Sein Steuercomputer verfügte über 4 Microspec CPUs, die von einem 136V Akku versorgt wurden. Dies ermöglichte ihm eine Betriebszeit von 15 Minuten. Der P2 besaß insgesamt 30 Freiheitsgrade, von denen sich sechs in jedem Bein, sieben in jedem Arm und zwei in jeder Hand befanden.

---

<sup>1</sup> Zero Moment Point

Diese hohe Beweglichkeit ermöglichte es dem Roboter sich über unebenen Boden fort zu bewegen ohne zu stolpern. Er war zudem in der Lage eine Treppe rauf und runter zu gehen. Der *P2* konnte während des Gehens Lasten in seinen Händen tragen, oder Gegenstände auf einem Wagen vor sich herschieben. Zudem war es möglich die Arme des Roboters mit Hilfe einer Art Joysticks direkt fern zu bedienen.

## 5. P3

Der *P3* ist im September 1997 fertig gestellt worden. Er war 1,6m groß und wog nur noch 130kg. Ein Großteil der Gewichtersparnis ist auf das aus Magnesium gefertigte Skelett zurückzuführen. Sein Steuercomputer bestand nur aus zwei Microspec CPUs der zweiten Generation. Die Stromversorgung erledigte ein 30kg schwerer Akku, der eine Betriebszeit von maximal 25 Minuten erreichte.

Der *P3* verfügte über insgesamt 28 Freiheitsgrade, von denen sich sechs in jedem Bein, sieben in jedem Arm und einer in jeder Hand befanden. In seinen Händen konnte der Roboter Gewichte von bis zu neun Kilo tragen.

Im Vergleich zu menschlichen Proportionen, sind die Arme des *P3s* zu lang. Dies ermöglicht es ihm jedoch in der Hocke Gegenstände vom Fußboden aufzuheben.

Seine Fähigkeiten erbt der *P3* im Wesentlichen von seinem Vorgänger, wobei er zusätzlich die Möglichkeit hat auf einem Bein zu stehen.

Die Stützmotorik steuert der *P3* intern; die Zielmotorik, die die eigentlichen Bewegungsabläufe initiiert, wird jedoch von einer externen Workstation gesteuert. Die einzelnen Befehle werden dann per Funk an den *P3* übertragen.

## 6. Asimo

*Asimo* ist die Abkürzung für „**A**dvanced **S**tep in **I**nnovative **M**obility“ und bezeichnet Hondas aktuelles Robotermodell, das im Jahr 2000 erstmals präsentiert wurde. Dem Entwicklungstrend folgend wurde *Asimo* mit nur 52kg und 1,2m Größe deutlich kompakter als sein Vorgänger. Seine Größe wird von Honda als das Minimum angegeben, mit der ein Roboter noch sinnvoll in Gebäuden arbeiten kann. Außerdem wird *Asimo* nun nicht mehr als bedrohlich empfunden.

Sein Computer und die 26 Servomotoren werden von einem 7,7kg schweren 38 Volt Akku versorgt, der zudem die schwerste Komponente in *Asimo* ist und eine Arbeitszeit von 30 Minuten ermöglicht. Damit das Ausbalancieren einfacher ist, wurde der Akku mittig verbaut.

*Asimo* verfügt über zwei bewegliche Kameras in seinem Kopf und über eine zusätzliche im Torso, mit der er Markierungen auf dem Boden oder auf Treppenstufen erkennen kann. Er erreicht eine maximale Gehgeschwindigkeit von 1,6 km/h und ist in der Lage

Gewichte von bis zu einem halben Kilo in jeder Hand zu tragen. *Asimo* hat insgesamt 26 Freiheitsgrade, von denen sich zwei in seinem Kopf und jeweils sechs in jedem Arm und jedem Bein befinden.

Asimos Freiheitsgrade:	
2	Kopf (hoch/runter, drehen)
3	pro Schulter (vorne/hinten, rechts/links, drehen)
1	pro Ellenbogen (vorne/hinten)
1	pro Handgelenk (drehen)
1	pro Hand (greifen) (ohne Finger)
3	pro Hüfte (vorne/hinten, rechts/links, drehen)
1	pro Knie (vorne/hinten)
2	pro Fuß (vorne/hinten, rechts/links)
= 26	insgesamt

Zur Steuerung *Asimos* ist nicht mehr eine komplette Workstation notwendig, sondern man kann zuvor festgelegte Bewegungsmuster mit Hilfe eines mobilen Kontrollers an *Asimo* schicken. Der Roboter verfügt über eine „i-walk“ genannte Technologie, die es ihm ermöglicht seine nächste Bewegung vorherzusehen. Somit kann er zum Beispiel beim Gehen einer Kurve seinen Schwerpunkt nach Innen verlagern und die Kurve dadurch flüssiger durchschreiten. *Asimo* hat die Fähigkeit seine Schrittgeschwindigkeit sowie seine Schrittlänge zu ändern und kann die Fußaufsetzpunkte und Gelenkwinkel dynamisch berechnen. Vorherige Robotermodelle waren nur in der Lage diese durch Kombination bekannter Bewegungsmuster zu ermitteln.

*Asimo* hat dadurch die Möglichkeit auf bis zu 30 Grad schiefen Ebenen zu gehen.

Er kann natürlich auch Treppensteigen, ist aber genauso wie seine Vorgänger nicht in der Lage die Treppengeometrie mit seinen Sensoren selbstständig zu erkennen. Die Anzahl und Höhe der Stufen müssen somit zuvor in Bewegungsmustern gespeichert werden, die dann gegebenenfalls abgerufen werden.

In einer weiteren Evolutionsstufe wurde *Asimos* interne Software verbessert. Er ist nun in der Lage, mit einer in Kooperation mit IBM entwickelten Spracherkennung, bis zu 50 verschiedene Kommandos zu verstehen. Er verfügt zudem über eine Aufmerksamkeitssteuerung, die es ihm ermöglicht zehn unterschiedliche Personen zu erkennen und mit ihrem Namen zu begrüßen. Sollte sich *Asimos* Gesprächspartner während der Konversation bewegen, so kann *Asimo* mit seinem Kopf diesen Bewegungen folgen und den Sprecher immer im Blickfeld behalten.

Zudem erkennt *Asimo*, wenn jemand ihm die Hand reichen möchte und streckt seine Hand dann ebenfalls aus, oder er winkt zurück, falls ihm jemand winkt.

Es besteht außerdem die Möglichkeit *Asimo* zu zeigen, wo er hingehen soll. Sollten Hindernisse in seinem geplanten Weg auftauchen, so stoppt er oder versucht das Hindernis zu umgehen.

Bis jetzt wurden etwa 30 *Asimos* gebaut. Einer von ihnen arbeitet in einem japanischen Wissenschaftsmuseum als Führer, ein anderer ist für die Gäste in der Lobby der japanischen IBM Zweigstelle zuständig. Außerdem sind einige zurzeit auf Promotion-Tour durch amerikanische Schulen und Universitäten.

*Asimos* kann man nicht käuflich erwerben, dafür aber für 145 000 Euro pro Monat, oder aber für 15 000 Euro pro Tag mieten.

## 7. Ausblick

In Zukunft möchte man die Beweglichkeit *Asimos* weiterhin verbessern. Er soll in der Lage sein zu laufen, zu springen und im Falle eines Sturzes von alleine wieder aufzustehen. Der *Asimo X2* ist ein erster Prototyp, der auf der Robodex 2003 vorgestellt wurde, und der die Fähigkeit hat doppelt so schnell zu gehen wie ein normaler *Asimo*. Zudem möchte man das Gewicht weiterhin reduzieren und die Akkulaufzeit verlängern. Noch ist es der Fall, dass der Steuerungscomputer mehr Strom verbraucht als die Servomotoren. Das größte Entwicklungspotential liegt aber in der Software. So ist noch einige Arbeit nötig, bis *Asimo* autonom mit dem Menschen interagieren kann.



## 8. Quellenangaben

<http://world.honda.com/ASIMO/>

<http://asimo.honda.com/>

<http://www.honda-robots.com/german/html/p3/frameset2.html>

<http://www.honda-robots.com/german/html/asimo/frameset2.html>

<http://www.tu-darmstadt.de/aktuell/asimo.tud>

<http://www.plyojump.com/pseries.html>

<http://www.plyojump.com/asimo.html>

<http://www.androidworld.com/prod01.htm>

<http://cdecas.free.fr/robots/honda.php>

[http://www.techinfo.rwth-aachen.de/Expo/content/  
robotik\\_geschichte/kapitel4.htm](http://www.techinfo.rwth-aachen.de/Expo/content/robotik_geschichte/kapitel4.htm)