

# Genetisches Programmieren einfacher Roboterfähigkeiten

Ingo Boersch  
FH Brandenburg  
SG Informatik

# Vortrag

- Motivation
- Problemstellung
- Lösungsidee, Versuchsaufbau
- Experimente
- Video
- Ergebnisse, Zukunft

# Motivation

- Lebewesen bewegen sich elegant, schnell, effizient und genau
  - im Vergleich zu heutigen Robotern
  - trotz komplexer Morphologie
  - unbewußt
- evolutionär entwickelt (Sensorik, Aktorik, Steuerung parallel)



- ➡ Anwendung evolutionärer Methoden zur Entwicklung von Bewegungsmustern
- ➡ Entwicklung eines an die Morphologie angepaßten Bewegungsmusters

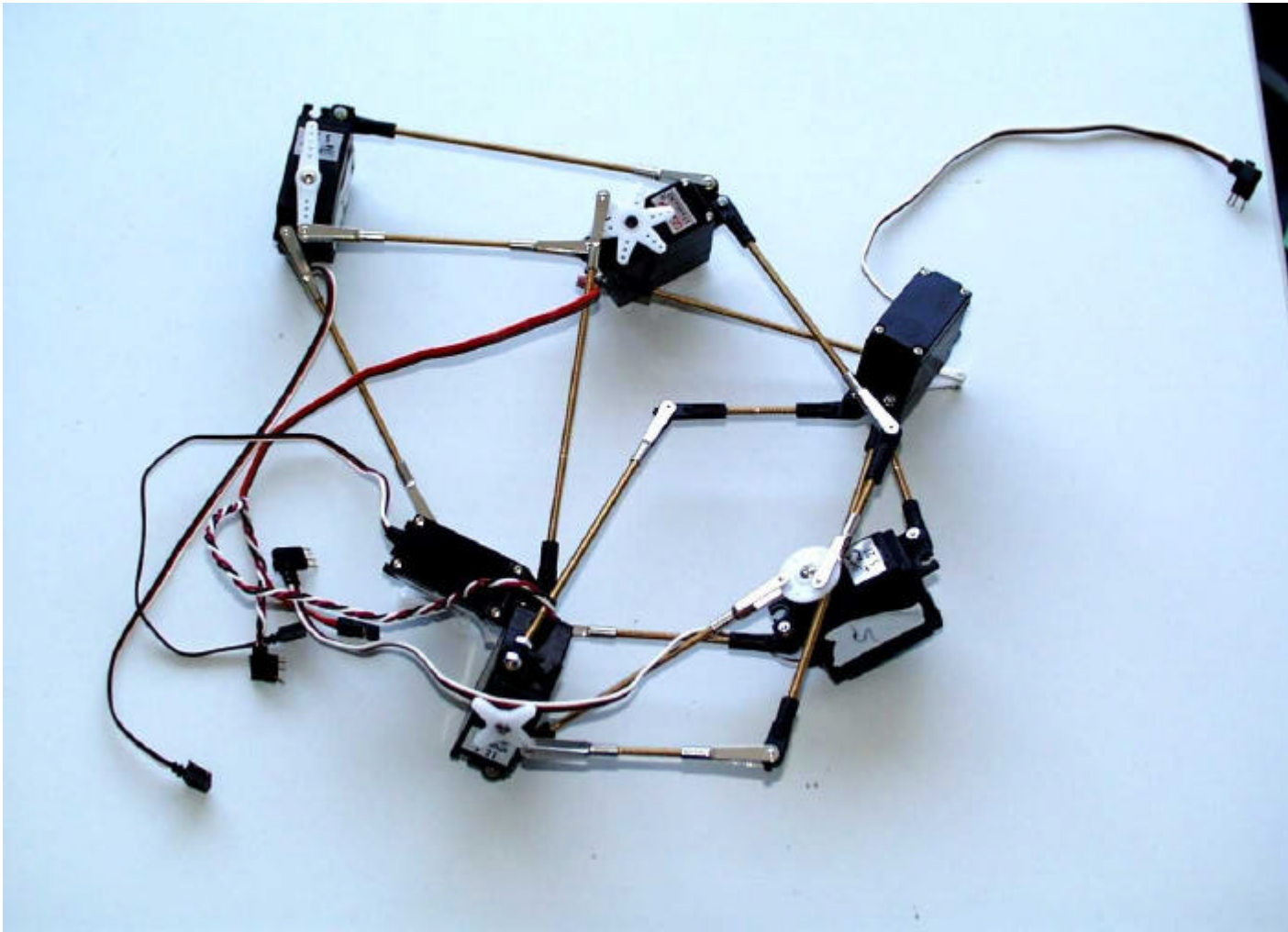
# Problem

- 1. Komplexe Robotermorphologien
  - viele Elemente, hohe Prozeßunschärfe, fehlendes kinematisches Modell
  - Erlernen einer zielgerichteten Bewegung möglich?
- 2. Vielversprechende Morphologie
  - Hochsprungroboter, Kletterroboter
  - Erlernen einer angepaßten Bewegung möglich?
- Dieses Projekt untersucht den 1. Aspekt

# Lösungsidee

- automatische Entwicklung von Codefragmenten zur Steuerung der Bewegungsabläufe eines autonomen Roboters
- ➔ Methode „Genetisches Programmieren“ (Koza 1992)
- Auswahl einer komplexen, nicht konstruierten Morphologie:
    - Servorium: zufällige Kontruktion aus 6 Servomotoren, Kugelgelenken, Gewindestangen
    - unbekanntes Prozeßmodell
    - unbekannte Lösungskomplexität
    - Zieleigenschaften bekannt und bewertbar: gerichtete, schnelle Bewegung

# Servorium

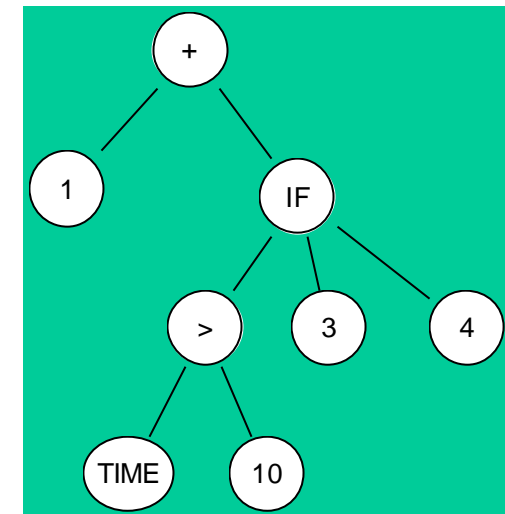


# Genetisches Programmieren

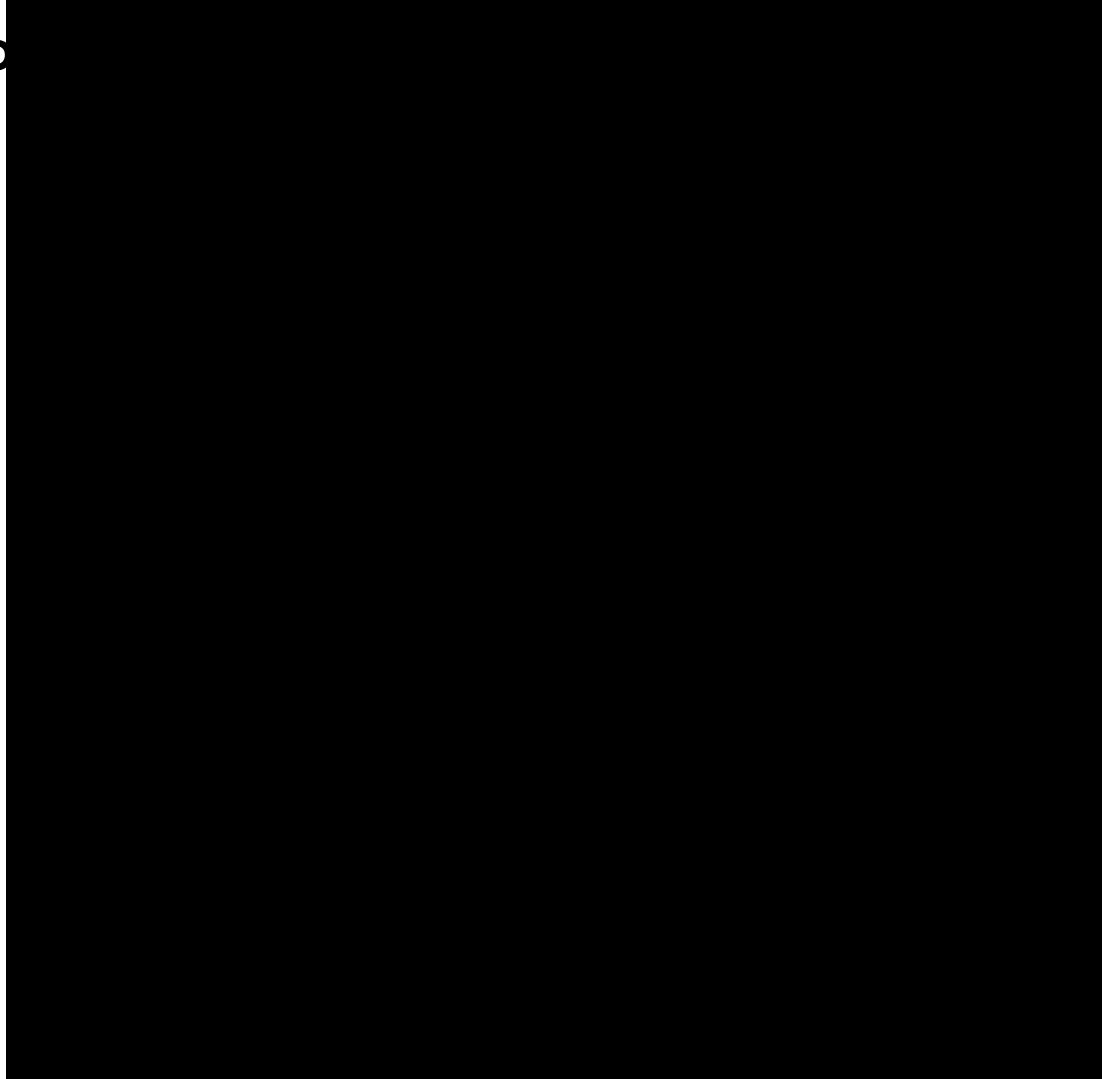
- Erweiterung der GA zur Entwicklung von Programmcode  
➔ Anpassung der Lösungskomplexität an die Komplexität des Problems

- Funktionsweise:

- Population von Programmen  $P=\{p\}$  (S-Expression)
- Fitnessfunktion  $f(p)$ , Reinforcement
- genetische Operatoren: Crossover, Mutation
- Selektionswahrscheinlichkeit zur Vermehrung  $\sim f(p)$
- konstante Populationsgröße -> Löschen von Programmen
- Parameter: 13 numerische, 6 strategische

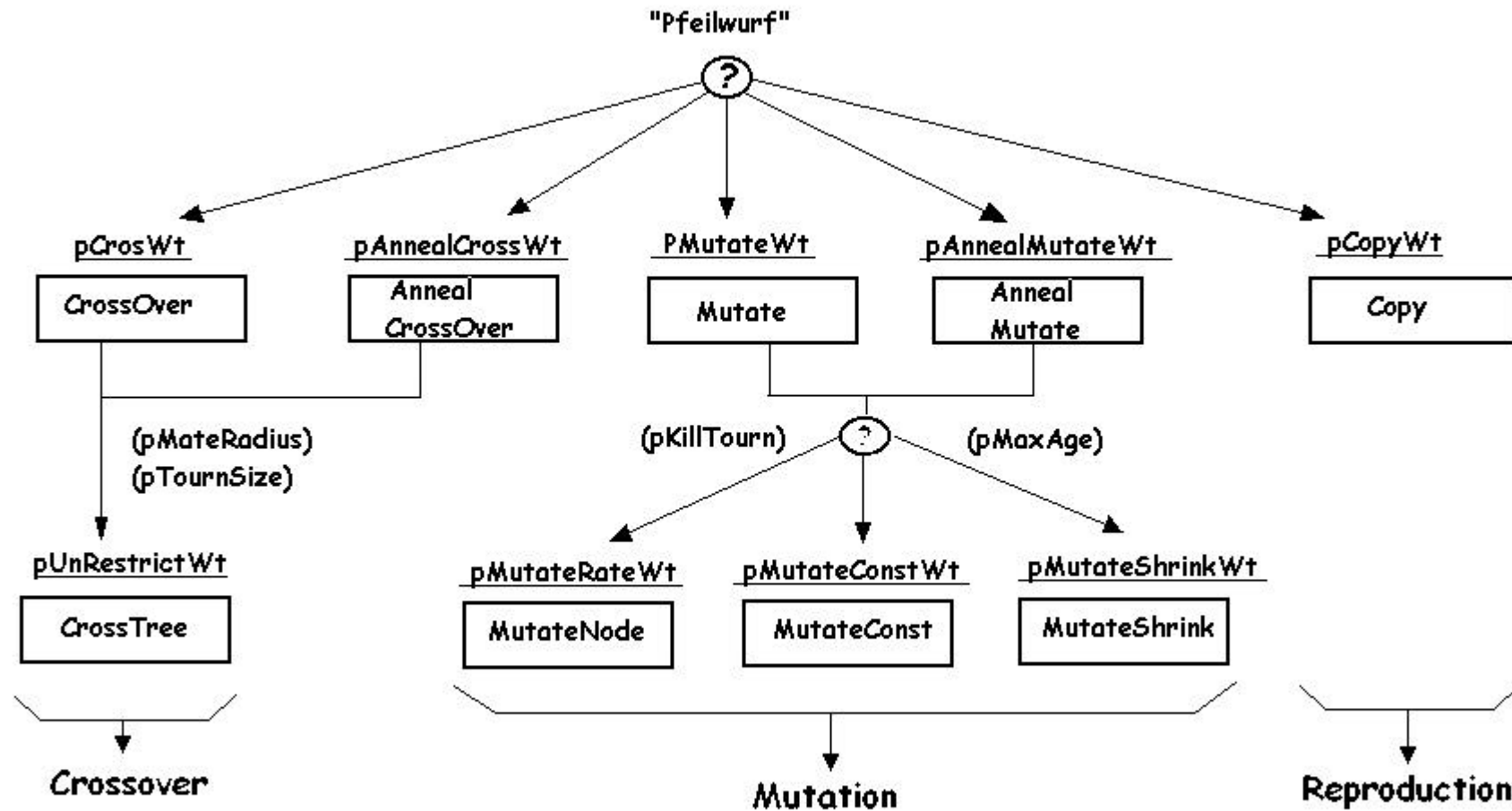


PAP





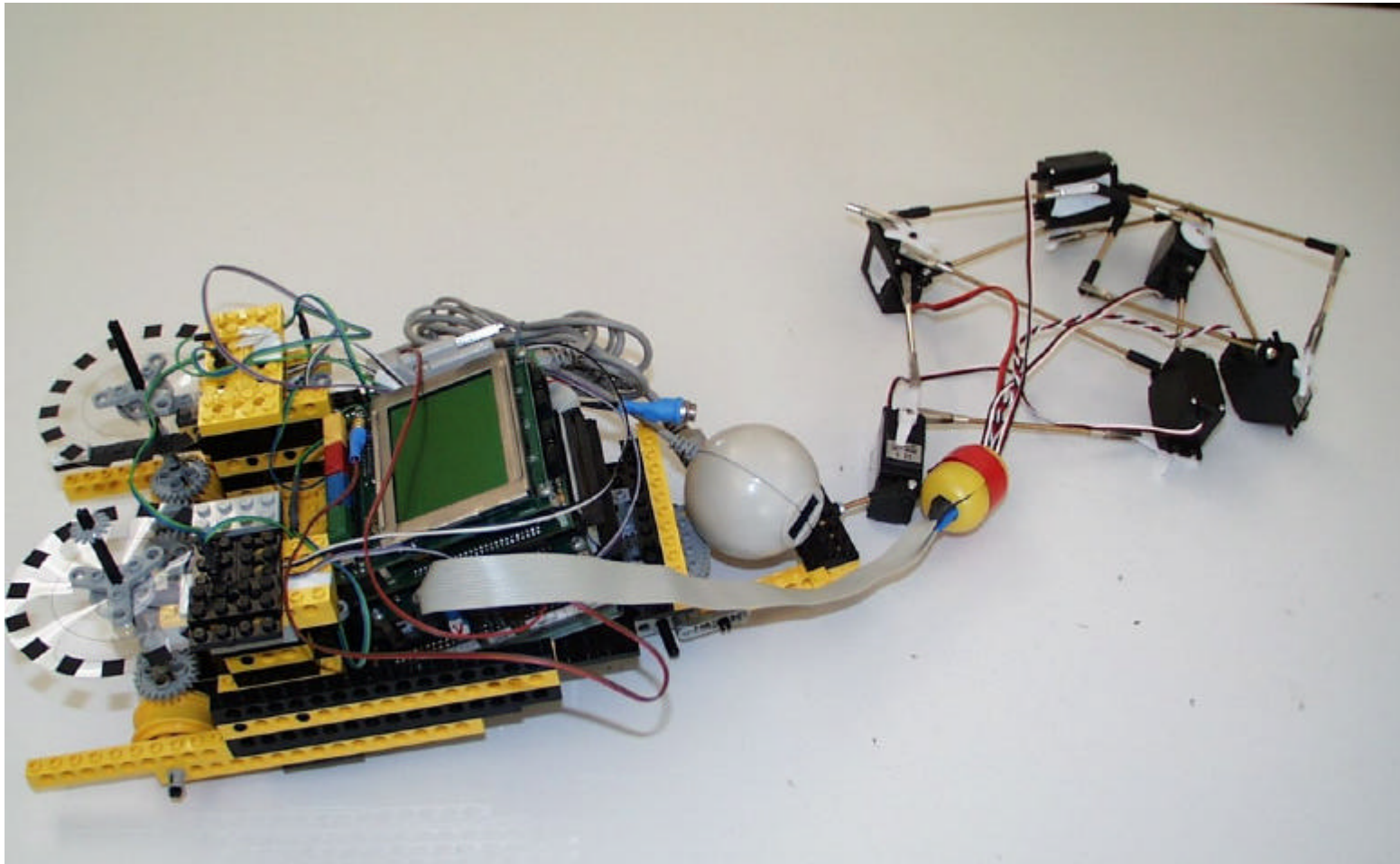
# Parameter des GP-Quick



# Versuchsaufbau

- Hardware:
  - Fitnessfunktion: Odometrie mit Phasequadraturencodern zur Bestimmung der Bewegungsrichtung, 2x2 Sekunden! (-> Realzeitkopplung der Fitnessbestimmung!!)
  - Servorium mit Odometriewagen, externe Stromversorgung
  - PC (nur zum Backup erfolgreicher Individuen und Protokollierung des Versuchs)
- Software:
  - GP-Kernel GP-Quick (C++, free)

# Servorium mit Odometrie



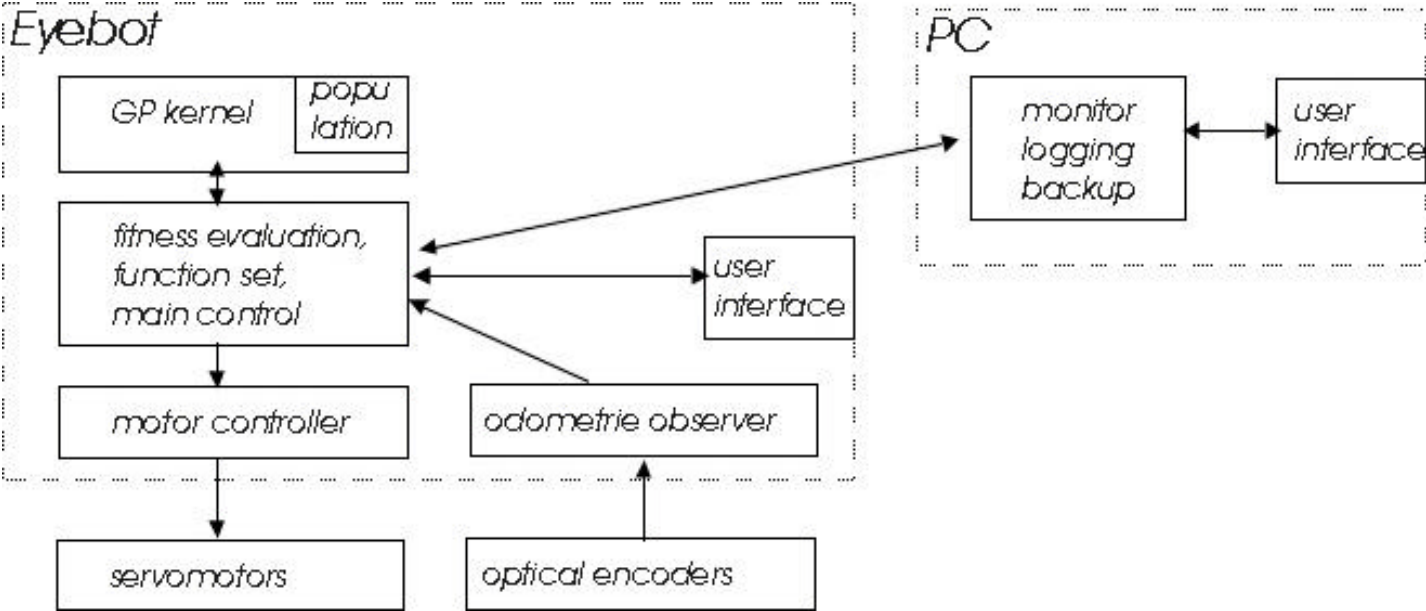
# Parameter

- Versuchsdauer 8h (~700 Generierungen)
- Funktionsset:

<b>Funktionen</b>	
ADD, SUB, MUL	normale binäre arithmetische Operationen
DIV	geschützte Division
MSLEEP	Warten für x Millisekunden
SETSERVO1 .. SETSERVO6	Einstellen des Servomotors auf einen bestimmten Winkel
PROG4	Sequenz
<b>Terminale</b>	
CONST	Konstante im Intervall [-127,128]

- Closure: Byte
- Populationsgröße M=100
- p(): Crossover-Reproduction-Mutation: 0.8 - 0.05 - 0.15

# Systemarchitektur



# Experimente

- Phase 1:    5 Versuche à 8h
  - keine messbare Vorwärtsbewegung
  - viele pathologische Bewegungsmuster
  - keine Evolution ( $\forall p: f(p)=0$ )
  
- Phase 2:    5 Versuche á 8h mit Vorselektion
  - pathologische Individuen (<3 Servos, <2 Befehle pro Servo) erhalten keine Evaluierungszeit
  - Extinktion initialer pathologischer I.
  - sehr bewegliche Populationen, aber keine deutlichen Vorwärtsbewegungen
  - Evolution verläßt nicht die Initialisierungsphase

# Experimente (cont.)

- Phase 3: Versuche á 8h mit Vorselektion + Reset
  - subjektive Bewertung einer Population nach ca. 1h, ev. Neustart
  - 3-4 Neustarts pro Versuch
  - 1 Versuch erzeugt eine deutliche Vorwärtsbewegung:



3m/h



# Ergebnisse

- Entwicklung angepaßter, komplexer Bewegungsmuster möglich
- Problematisch:
  - Kopplung an Realzeit -> starker Einfluß der initialen Population auf Versuchsergebnis
  - Koevolutionseffekte bei undefinierter Ausgangslage des Roboters
- Indizien zur Anwendbarkeit der GP-Methode
  - fehlendes Prozeßmodell
  - unbekannte Lösungskomplexität
  - Testbarkeit des Suchraumes
  - schnelles Reinforcement
  - komplexe Lösungseigenschaften



# Zukunft

- nah
  - identische Methode - anderer Körper:
  - Vermutung:  
Lösungsdichte im Suchraum ist größer
  - WS 00/01



- fern:
  - parallele Generierung eines Prozeßmodells zur Entkopplung der Fitnessbestimmung von der Realzeit