

# Quadruped Rough Terrain Robots

Controller Concepts, related Works

# Inhalt

- **Wozu laufende Roboter?**  
Project AMEE  
Interessengruppen
- **Konzepte / Ideologie**  
Embodied Knowledge  
Theoretischer Ansatz  
Rapid Development
- **Kontrollansätze / related Works**  
Dante 2  
ASIMO  
ARAMIES  
Big Dog / Little Dog
- **Was ist unser Ansatz?**  
Verwendete Grundlagen  
Neue Ansätze
- **Fazit für das Projekt AMEE**



Project AMEE V1.4

3

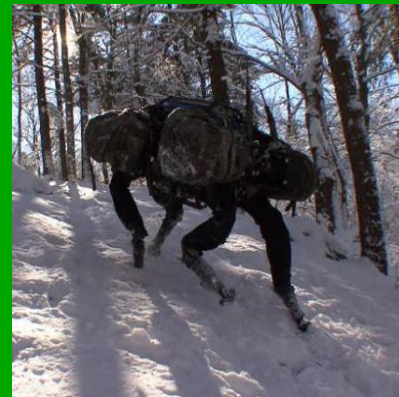
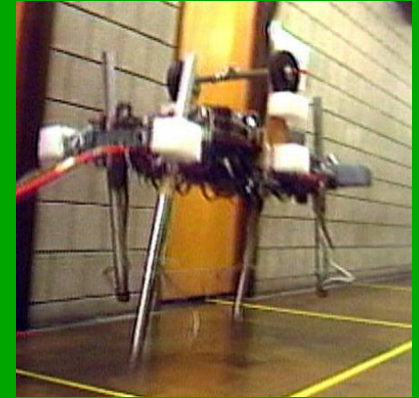
# Wozu laufende Roboter?



Less than half the Earth's landmass is accessible to wheeled and tracked vehicles, yet people and animals can go almost anywhere on Earth...

The goal is to achieve animal-like mobility on rough and rugged terrain, terrain too difficult for any existing vehicle.

[Marc Raibert, Kevin Blankespoor, Gabriel Nelson, Rob Playter and the BigDog Team]



# Wozu laufende Roboter?



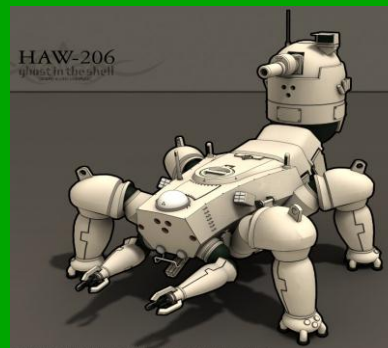
## Interessengruppen

USAR-Szenarien

militärische Interessen (SAR-Szenarien)

Land- & Forstwirtschaft

Raumfahrt / Fernerkundung



# Konzepte / Ideologien



Embodied Knowledge

vs.



Theoretischer Ansatz

vs.



Rapid Development

# Konzepte / Ideologien



## Embodied Knowledge

### Grundideologie

*„Verstehen was Intelligenz ist“*

Ansatz in Japan bevorzugt

Nachbildung des Menschen

KI soll ein primitives Gehirn simulieren

### Vertreten von:

Honda Research Institut – „Brain-like Intelligence“

University of Osaka, Japan

**Ausprägung:** Embodied Brain-like Intelligence. Mischung aus Neuronalen Netzen und reinforcement learning.

# Konzepte / Ideologien



## Theoretischer Ansatz

Grundideologie

*„Wie lernen wir?“*

*„Intelligenz braucht einen Körper“*

Ansatz in Europa bevorzugt

Muss theoretisch beweisbar sein

Vertreten von:

DFKI – Projekt ARIMES

Universität Bonn – NimbRo

u.v.a.

Ausprägung: Embodiment , reinforcement learning



# Konzepte / Ideologien



## Rapid Development

### Grundideologie

„*Es muss realisierbar sein*“

Minimales planen und schnell reagieren! (Brooks)

Ansatz Zurzeit in den USA bevorzugt

KI nur wenn nötig!

**Vertreten von:** Tendenz des *learning locomotion* Programms  
Boston Dynamics (DARPA)-Big Dog, Alpha Dog  
MIT, Uni. Pennsylvania, Uni. Stanford, Uni. Southern  
California u.v.a. – Little Dog

**Ausprägung:** Deliberative & Reaktive Layer, aufgesetztes  
reinforcement learning + geerbtes Wissen

# Konzepte / Ideologien



## Embodied

Top-Top-Down Ansatz  
Realisierbar ?  
ASIMO?  
Sehr ruhig seit 2007  
Keine Vierbeiner



## Theoretisch

Top-Down Ansatz  
Teilweise realisierbar  
Extremer Rechenaufwand  
ARAMIES?  
Laufsysteme eingestellt



## Rapid

Bottom-Up Ansatz  
Rapid Prototyping  
Realisierbare Prototypen  
Big Dog seriennah  
Little Dog erfolgreich  
Rasante Fortschritte

$$\begin{array}{c} \text{Icon of gears} \\ \text{Icon of puzzle pieces} \\ \text{Icon of tree} \end{array} + \frac{\text{Icon of puzzle pieces}}{10} + \frac{\text{Icon of tree}}{100} = \text{AMEE}$$

# Related Works

Kontroller Ansätze / Roboter



Projekt Dante

# Projekt Dante (Whittaker + NASA)

1994 – ca. 2010

Statischer Läufer

Feste Laufmuster

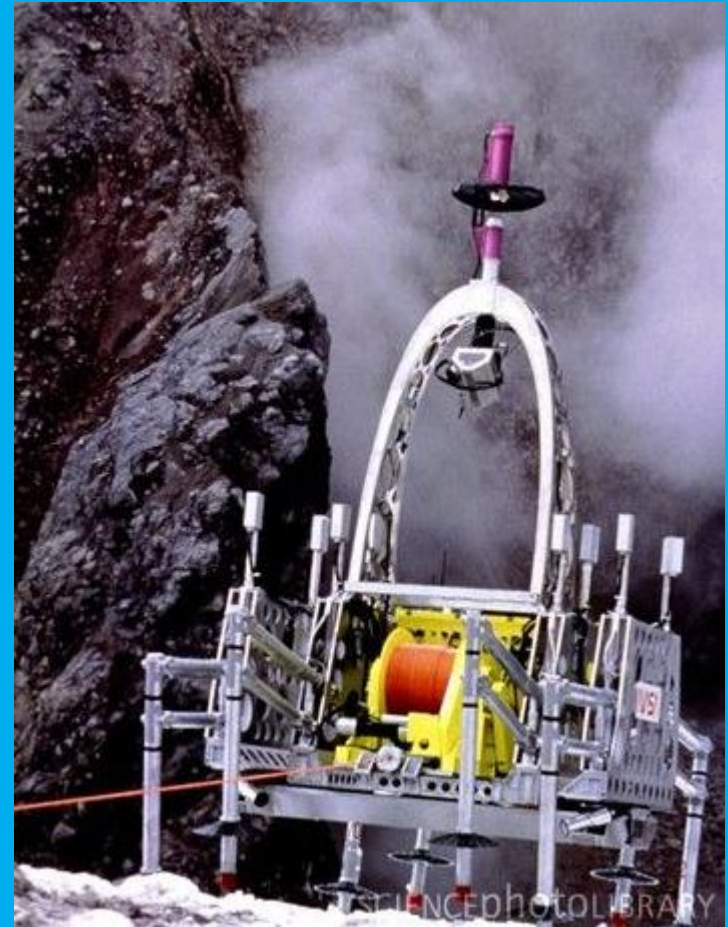
„Grundlagenforschung“

Fester Ablauf

Dynamische Ansätze

Nicht autonom

Pionierarbeit!





**ASIMO**

<http://www.honda.co.jp/ASIMO/>

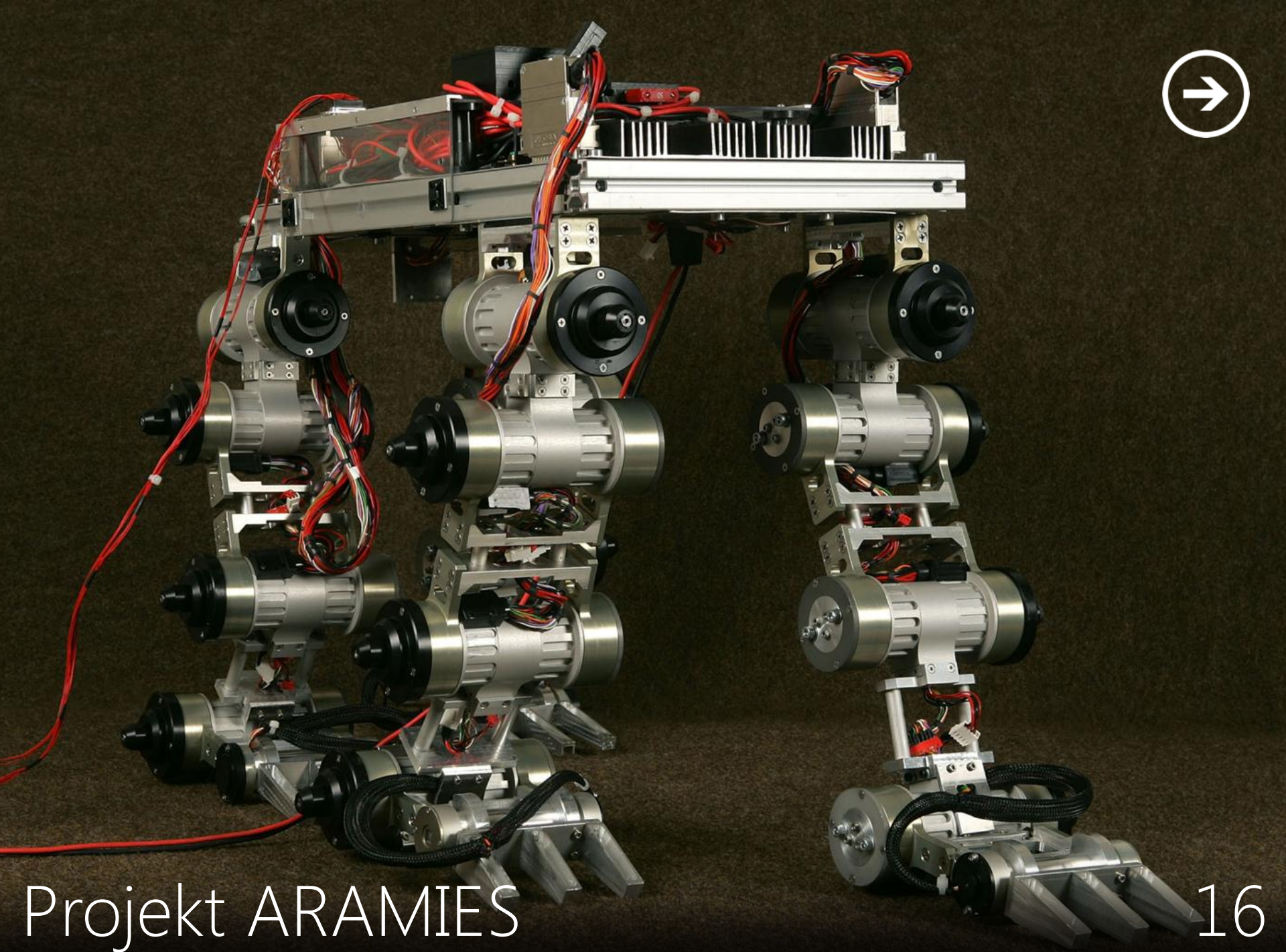
<http://www.honda.co.jp/ASIMO/>

# Honda ASIMO

Ca. 2003 bis heute  
Dynamischer Läufer  
„Grundlagenforschung“  
Viele Realisierungen  
Verteiltes System  
Event System  
Heute „Brain like OS“?  
Neuronale Prozessoren?



Pionierarbeit!



Projekt ARAMIES



# Projekt ARAMIES (DFKI Bremen)

Laufsystem 2004 - 07

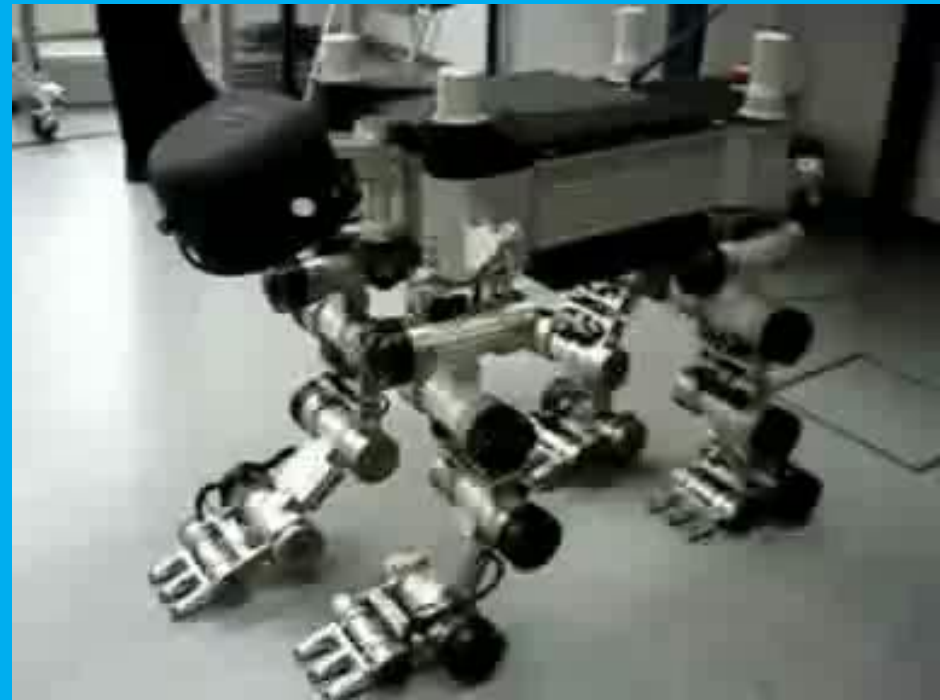
Statischer Läufer

Embodiment Ansätze

„Biologische“ Kontroller

Feste Laufmuster!

Theoretischer Ansatz



Zurzeit keine Forschung  
an Laufsystemen



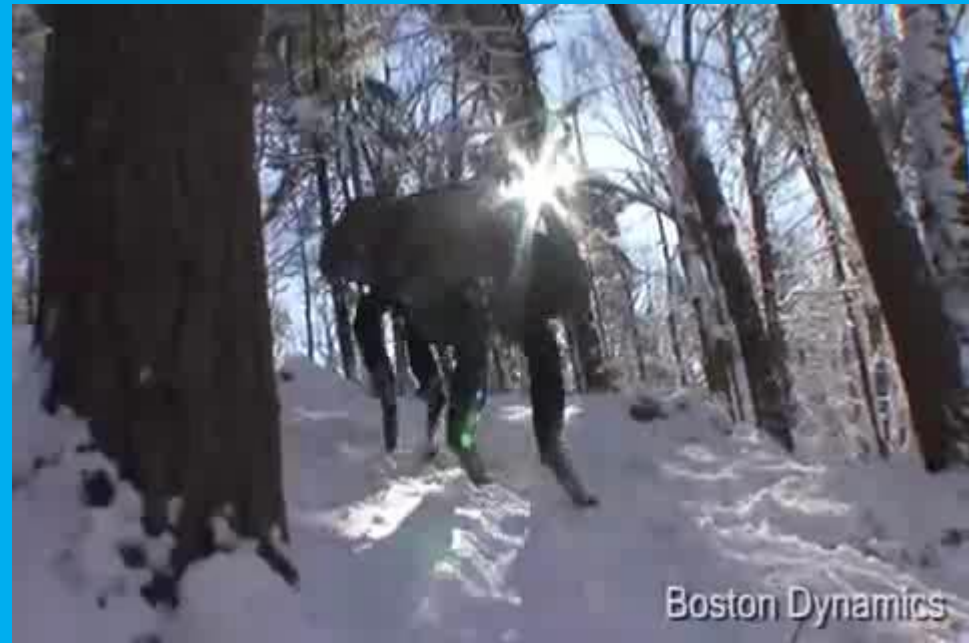
Big Dog

18

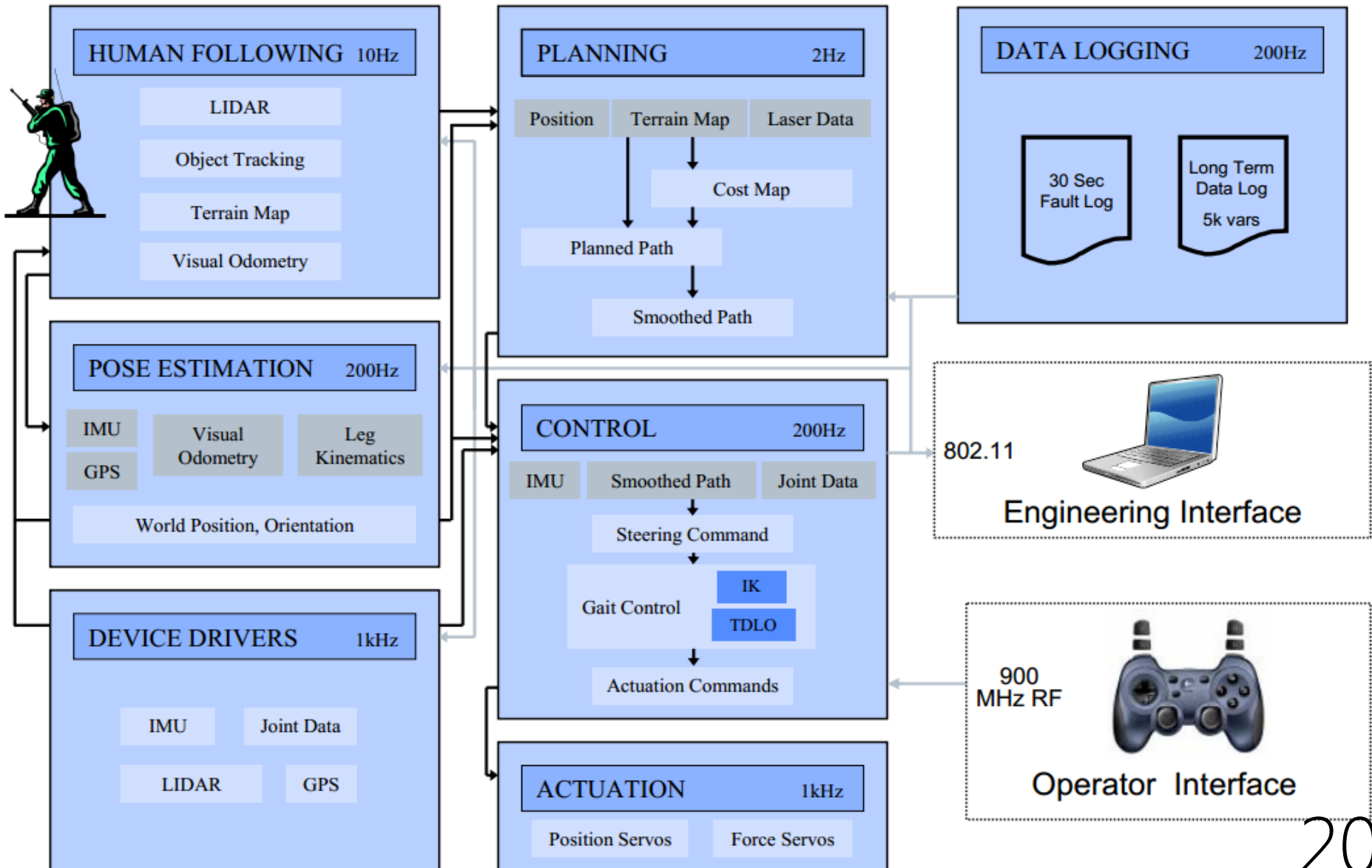
# Big Dog (Boston Dynamics-DARPA)

200? bis heute  
Dynamischer Läufer  
Geheimhaltung

Deliberative / Reaktive  
Kontroller basierend  
Monolithisches System



# Software Architecture





Little Dog

21

# Little Dog (Academic DARPA / Boston Dynamics)

2005 bis heute

Pseudo dynamisch Läufer

ca. 50 Paper

4 unabhängige Ansätze

Erfolgreich

Deliberative / Reactive

KI ergänzt Controller

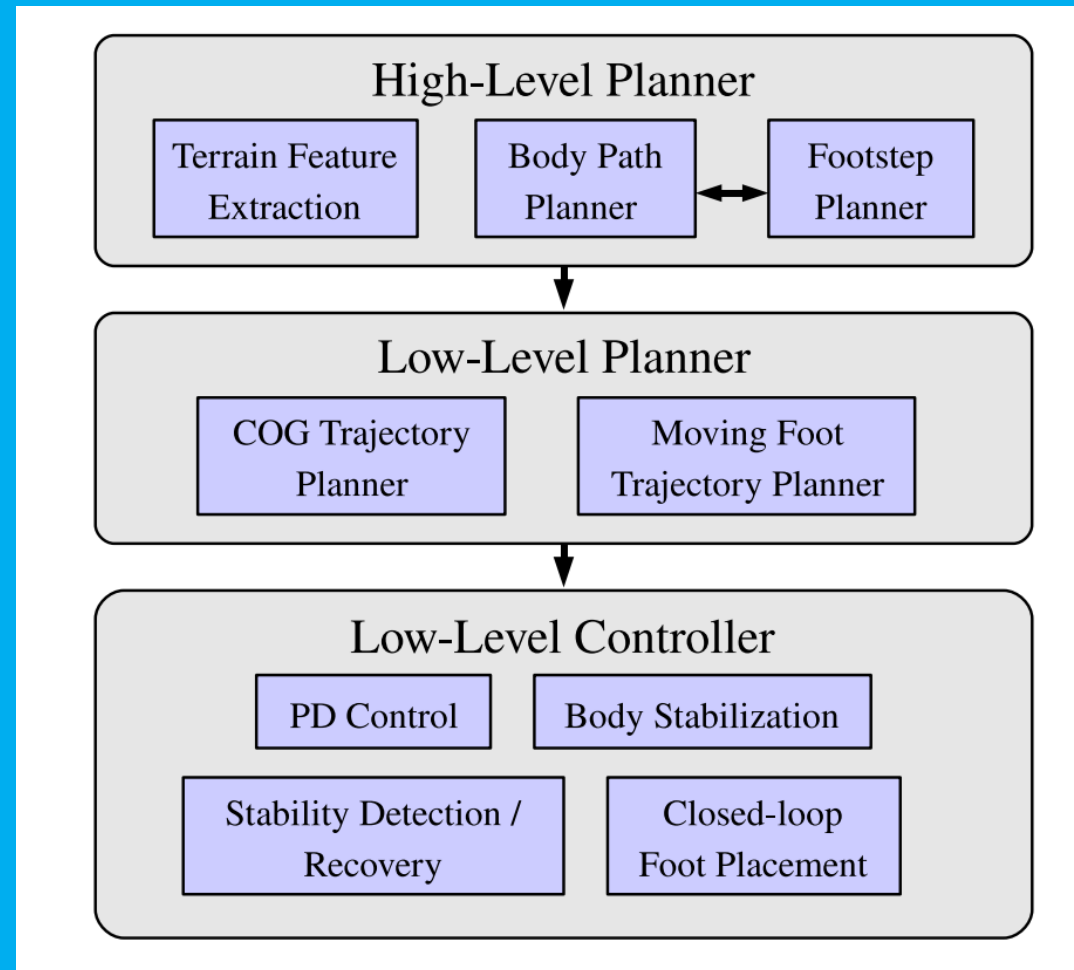
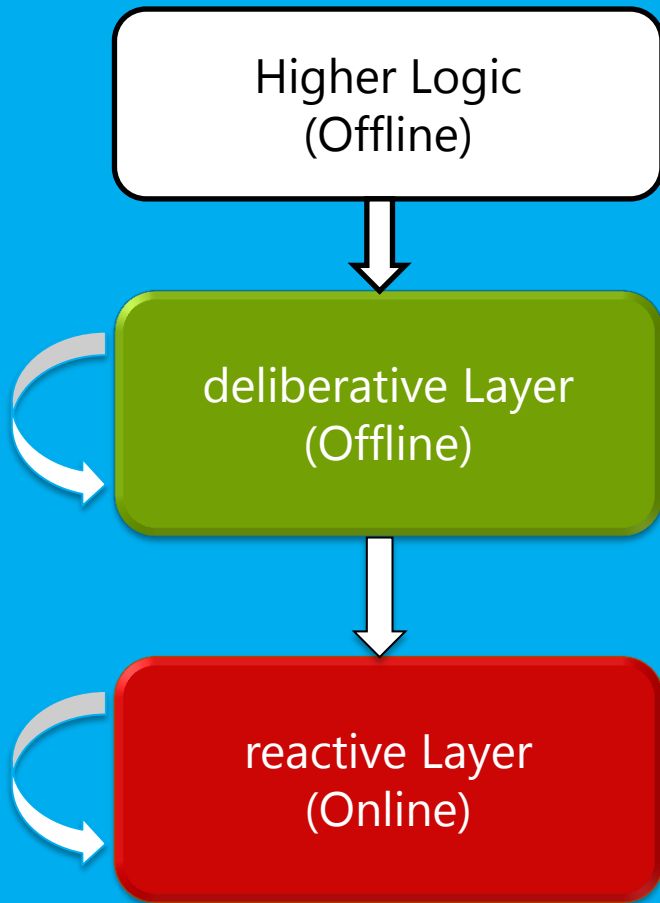
Teilweise monolithisch

Rapid Prototyping



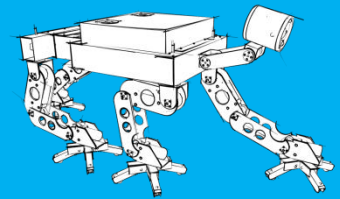
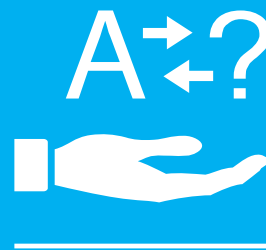
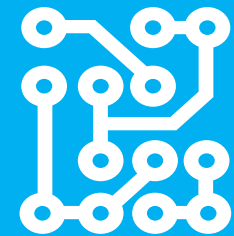
Grundlage für „Project AMEE“

# Little Dog (Academic DARPA / Boston Dynamics)



Was ist unser  
Ansatz?

Project  
**AMEE**





# Was ist unser Ansatz?

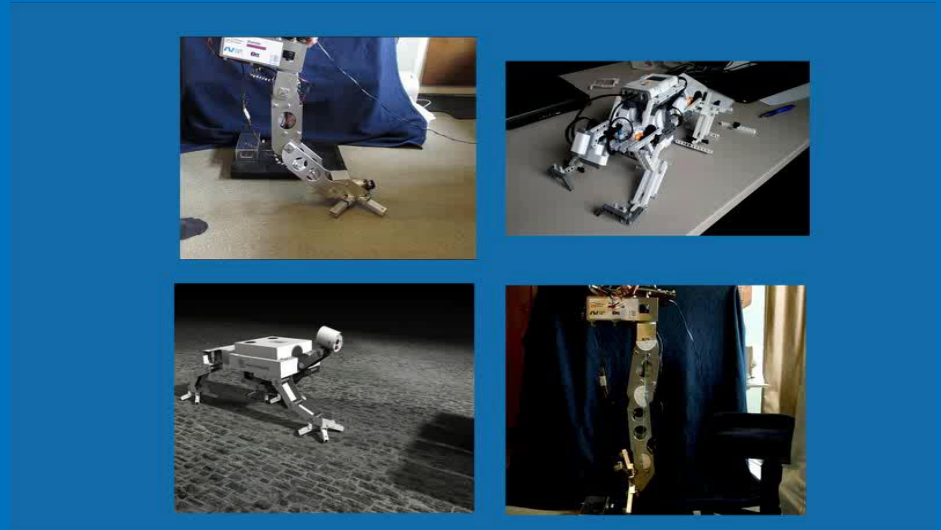


## Verwendete Grundlagen

Konzepte ASIMO

Konzepte Big Dog

Verfahren Little Dog



## Neue Ansätze

Eventbasierend

Autonome HW-Kontroller

Hierarchische Automaten

Deliberative / Reactive Layer + KI + geerbtes Wissen

Automatischer Lastausgleich – Clustering – Verteilung

# Was ist unser Ansatz?



Verwendete Ideologie

Rapid Prototyping

Möglichst viel Wissen in Algorithmen abbilden  
„Beratende“ KI für unbekanntes einsetzen

Beispiel

Fußposition Planen

Kontroller probiert und wird von einer KI beraten

# Fazit

Für das Projekt AMEE

# Fazit für Projekt AMEE

„japanischer“ Ansatz →



extrem zeitaufwendig

Grundlagenforschung erforderlich

„europäischer“ Ansatz →



sehr abstrakt durch theoretisches Vorgehen

wenig umsetzbare Vorarbeiten für Laufsysteme

„US“ Ansatz (*learning locomotion*) →



basiert auf Automaten – leicht verständlich

viele verwendbare Vorarbeiten



„schnell“ umsetzbar = Rapid Prototyping

Erfolgreiche Realisierungen

# Danke für Eure Zeit!

## Fragen?

AMEE ist ein Projekt von  
Studenten der HAW-Hamburg  
*gefördert durch die HAW-Hamburg*  
Vielen Dank an unseren  
Mentor Gunter Klemke



Vielen Dank an die Materialsponsoren

The Microsoft logo, featuring the word 'Microsoft' in its characteristic bold, italicized sans-serif font.

The Distrelec logo, featuring the word 'Distrelec' in a bold sans-serif font above a thick, horizontal purple bar.



# Quellen

## Konferenzen:

International Conference on Robotics and Automation (IEEE-ICRA)

2012 Robotics: Science and Systems Conference

National Military Robotics Conference

International Conference for Vision Guided Robotics

Robotics Innovations Competition and Conference (RICC)

# Quellen

- [Bet10] Bettzüche, Björn. 2010. Machbarkeitsprüfung zur Entwicklung von SW-Anwendungen mit MS-Robotics Developer Studio für das Robocup Rescue Szenario. [PDF] s.l., Hamburg : HAW Hamburg, Technische Informatik, Juli 2010.
- [Adu07] Adukuzhiyil, Anish, Singh, Harshit und Vantimitta, Pavani. 2007. Robot Motion for Obstacle Negotiation. [PDF] Stanford USA : Stanford University, 2007. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation.
- [Che09] Cherouvim, Nicholas und Papadopoulos, Evangelos. 15 June 2009. Novel Energy Transfer Mechanism in a Running Quadruped Robot with One Actuator per Leg. [PDF] 9 Heroon Polytechniou Street, 15780 Athens, Greece : Department of Mechanical Engineering, National Technical University of Athens,, 15 June 2009. Advanced Robotics 24 (2010) 963–978.
- [Kol09] Kolter, J. Zico, Rodgers, Mike P. und Andrew, Y. 2009. A Control Architecture for Quadruped Locomotion Over Rough Terrain. [PDF] CA 94305 USA : Computer Science Department, Stanford University, Stanford, 2009.
- [Shk11] Shkolnik, Alexander und Tedrake, Russ. 2011. Inverse Kinematics for a Point-Foot Quadruped Robot with Dynamic Redundancy Resolution. [PDF] Cambridge, MA 02139 USA : Massachusetts Institute of Technology, 2011.
- [Shk10] Shkolnik, Alexander, et al. 12.2010. Bounding on Rough Terrain with the LittleDog Robot. [PDF] MASSACHUSETTS USA : MASSACHUSETTS INST OF TECH , 12.2010. DOI: 10.1177/0278364910388315 The International Journal of Robotics Research.
- [Shk101] Shkolnik, Alexander, et al. 2010. Motion Planning for Bounding on Rough Terrain with the LittleDog Robot. [PDF] Cambridge, MA 02139, USA : Computer Science and Artificial Intelligence Lab, MIT, 2010.

# Quellen

- [Sic08] Siciliano, Bruno und Khatib, Oussama. 2008. Handbook of Robotics. Heidelberg 2008 : Springer-Verlag, 2008. ISBN: 978-3-540-23957-4 e-ISBN: 978-3-540-30301-5.
- [Spe07] Spenneberg, Dirk . 2007. <http://robotik.dfki-bremen.de>. ARAMIES. [Online] 1. April 2007. [Zitat vom: 27. Juni 2011.] <http://robotik.dfki-bremen.de/de/forschung/projekte/weltraumrobotik/aramies.html>.
- [Rai08] Raibert, Marc, et al. 2008. BigDog, the Rough-Terrain Quaduped Robot. Waltham, MA : Boston Dynamics, 2008.
- [Hil06] Hilljegerdes, J. et al. 2006. The Construction of the Four Legged Prototype Robot ARAMIES. Climbing and Walking Robots. Berlin Heidelberg : Springer, 2006.
- [Ruh11] Ruhnke, Jan. 2011. Entwicklung und Realisierung eines vierbeinigen USAR-Roboter-Laufsystems. Bachelor-Thesis. Hamburg Technische Informatik : HAW Hamburg, 2011.
- [Zha06] Zhang, Lei, Honda, Yoshinori und Inoue, Kousuke. 2006. Omnidirectional Static Walking of a Quadruped Robot. [PDF] Japan : Ibaraki University, Ritsumeikan University, Computron Corporation, 2006. Journal of Robotics and Mechatronics Vol.18 No.1, 2006.

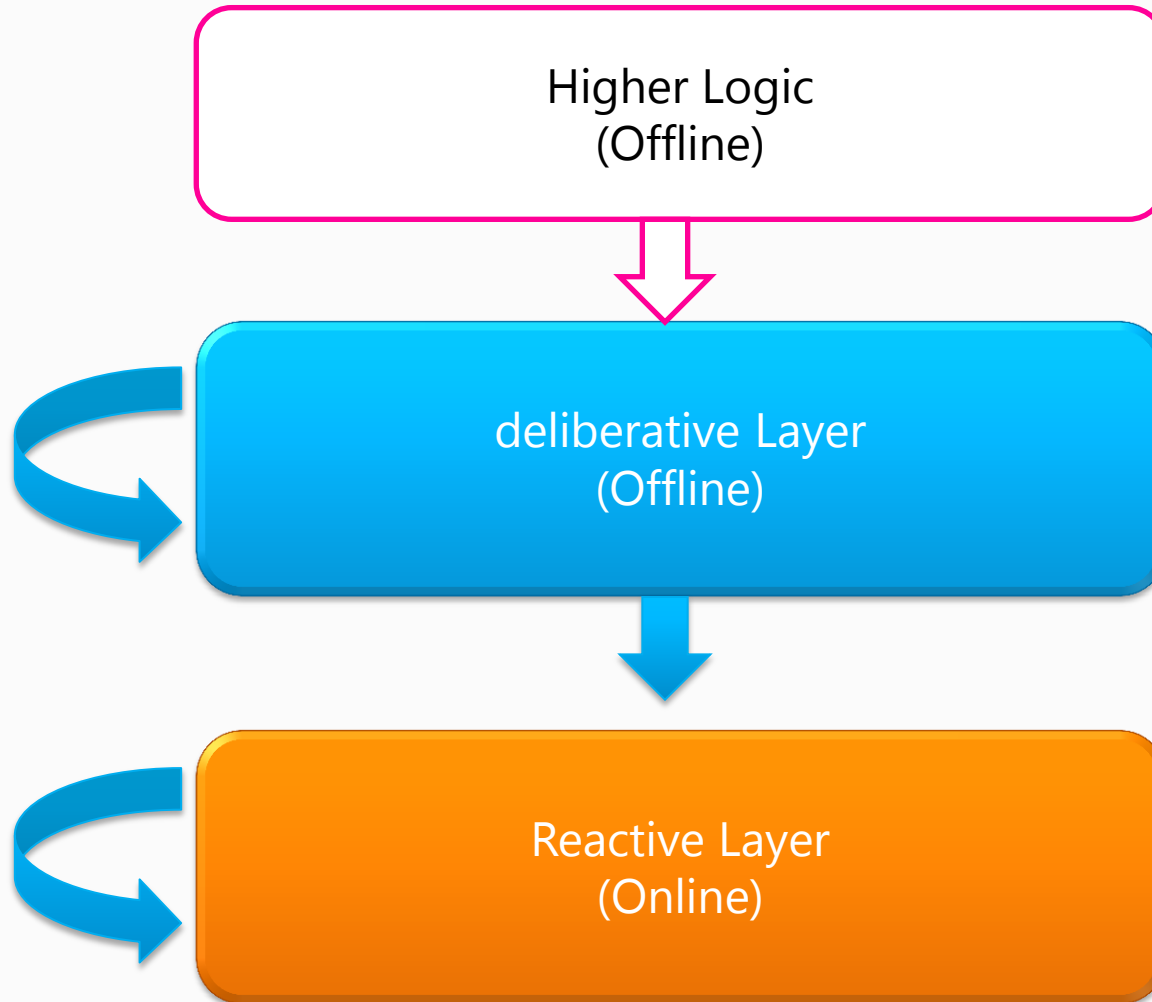
Clipsarts Copyright Microsoft Inc. USA, Office.com/Templates, MSP Metro Template

Simulation Copyright 2010,2011 Jan Ruhnke

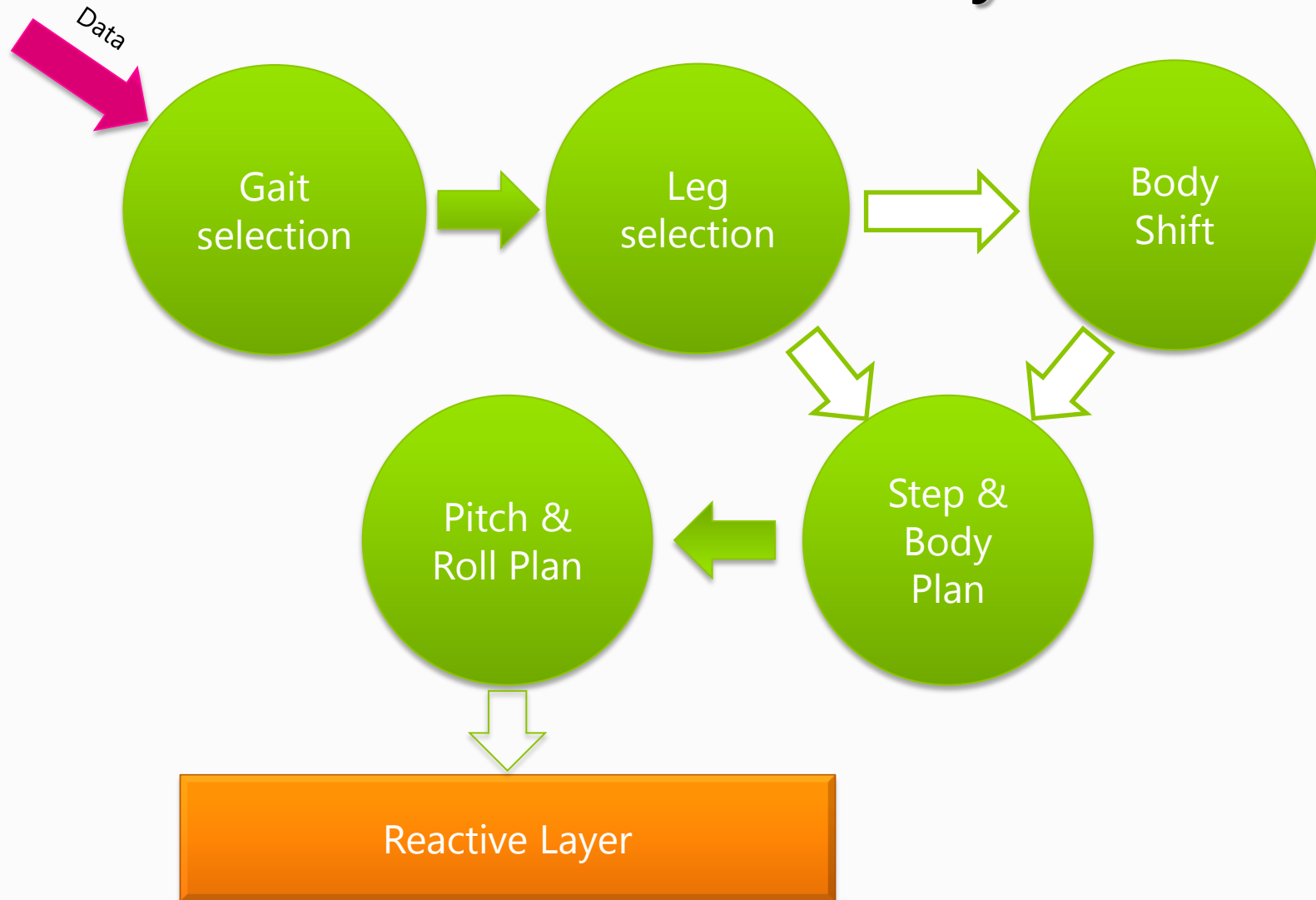
Bilder Copyright DFKI Bremen, Boston Dynamics, John Deer, Honda / HRI, Warner Brothers (A.M.E.E.), NASA



# Kontroller des Laufsystems



# Deliberative Layer



# Reactive Layer

