

A CONTROLLER FOR QUADRUPED LOCOMOTION OVER ROUGH TERRAIN

DEVELOPMENT OF THE QUADRUPED ROUGH TERRAIN ROBOT AMEE

HAW Hamburg
Master-Informatik-Seminar
Jan Ruhnke, ruhnke@enapse.de
05.12.2012

INHALT

- Forschungsgebiet
- Behauptungen der Master-Thesis
- Projektstand
- Der Hauptkontroller des Laufsystems
- Risiken



FORSCHUNGSGEBIET

ROUGH TERRAIN ROBOT

FORSCHUNGSGEBIET ROUGH TERRAIN ROBOT

- **Hauptziel:**
Maschinen die jeden Punkt der Erde erreichen können.
Fliegen
Schwimmen
Tauchen
Laufen
Steigen / Klettern
- **Schwerpunkt hier:**
Steigen und Klettern auf extrem unebenem Untergrund.
Überwinden von Schutt und Geröll.
- *Nebengedanke: „Die Golem-Idee“.*

FORSCHUNGSGEBIET QUADRUPED ROUGH TERRAIN ROBOT

- Nutzen:
 - SAR Szenarien
 - Zivile Erkundungssysteme
 - Rettungssysteme
 - Extraterrestrische Fernerkundung
 - Militärische Systeme
- Verständnis von „biologischen“ Regelsystemen.
Nebenprodukte für Automobilbau, Flugzeugbau usw.

FRAGESTELLUNG

BEHAUPTUNGEN DER MASTER-THESIS

BEHAUPTUNG 1 DER MASTER THESIS

1.

Ein statischer / pseudodynamischer Läufer
ist einem dynamischen Läufer
im rauen Gelände **überlegen!**

Warum?

- Dynamischer Läufer:
Kein stabiler Stand auf drei Beinen.
Max. 200ms ohne Bodenkontakt.
Schwerpunkt ist auf ZMP ausgelegt.
- Indizien:
Big Dog, angepasste Beingeometrie.
Nachfolger *Alpha Dog* hat einen
niedrigeren Schwerpunkt.



BEHAUPTUNG 1 DER MASTER THESIS

1.

Ein statischer / pseudodynamischer Läufer
ist einem dynamischen Läufer
im rauen Gelände **überlegen!**

Wie Beweisen?

- Eigenen statischen / pseudodynamischen Läufer bauen.
Niedriger Schwerpunkt.
Großer sicherer Bereich des Schwerpunkts.
Große Füße vergrößern den sicheren Bereich.
- **Problem:**
Effekt zeigt sich nur bei großen und schweren Robotern.
„So etwas kann man nicht kaufen“!

BEHAUPTUNG 2 DER MASTER THESIS

2.

Die Auslagerung von zeitkritischen Tasks in physikalische Kontroller, **beschleunigt** die Entwicklung erheblich.

Warum?

Alle bekannten vierbeinigen Roboter verwenden:

Monolithischen Aufbau

Real Time OS

Time Slots

Extrem komplexes Timing

Schwer zu Debuggen

Modularisierung erschwert

Folge hoher Entwicklungsaufwand

BEHAUPTUNG 2 DER MASTER THESIS

2.

Die Auslagerung von zeitkritischen Tasks in physikalische Controller, **beschleunigt** die Entwicklung erheblich.

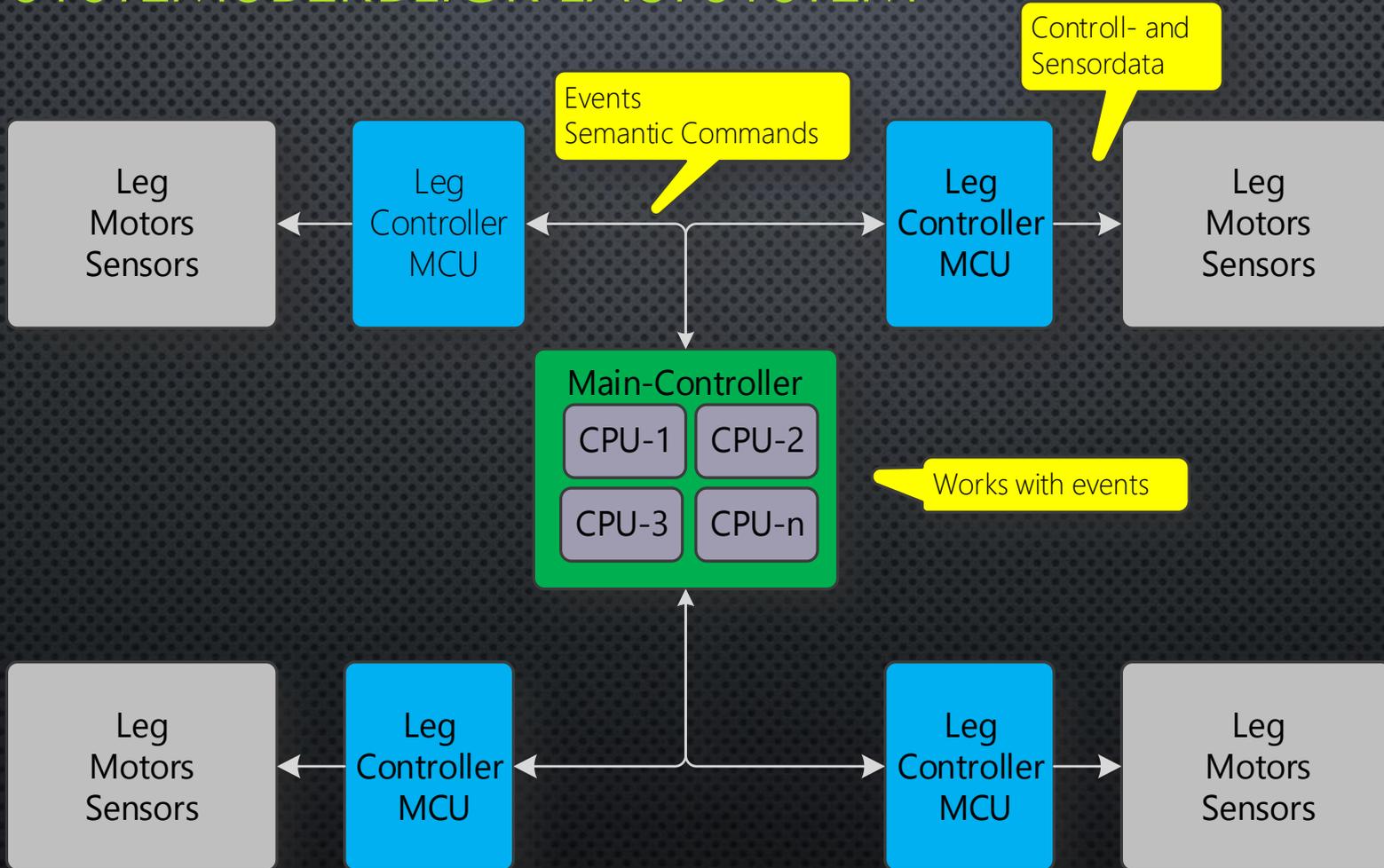
Wie Beweisen?

- Verteiltes System entwickeln.
Auslagern in externe Controller.
Eventgetriebener Hauptcontroller.
→ Kommunikation im System über semantische Befehle.
→ Extrem starke Modularisierung möglich.
→ Kleine Module können schneller entwickelt werden.
- **Problem:**
Das hat noch niemand versucht!
Einige Bewegungsabläufe müssen synchron erfolgen.

PROJEKTSTAND

AMEE XW 2
AM 05.12.2012

SYSTEMÜBERBLICK LAUFSYSTEM



BEIN KONTROLLER (PRO BEIN)

Realisiert: (Proof of Concept)

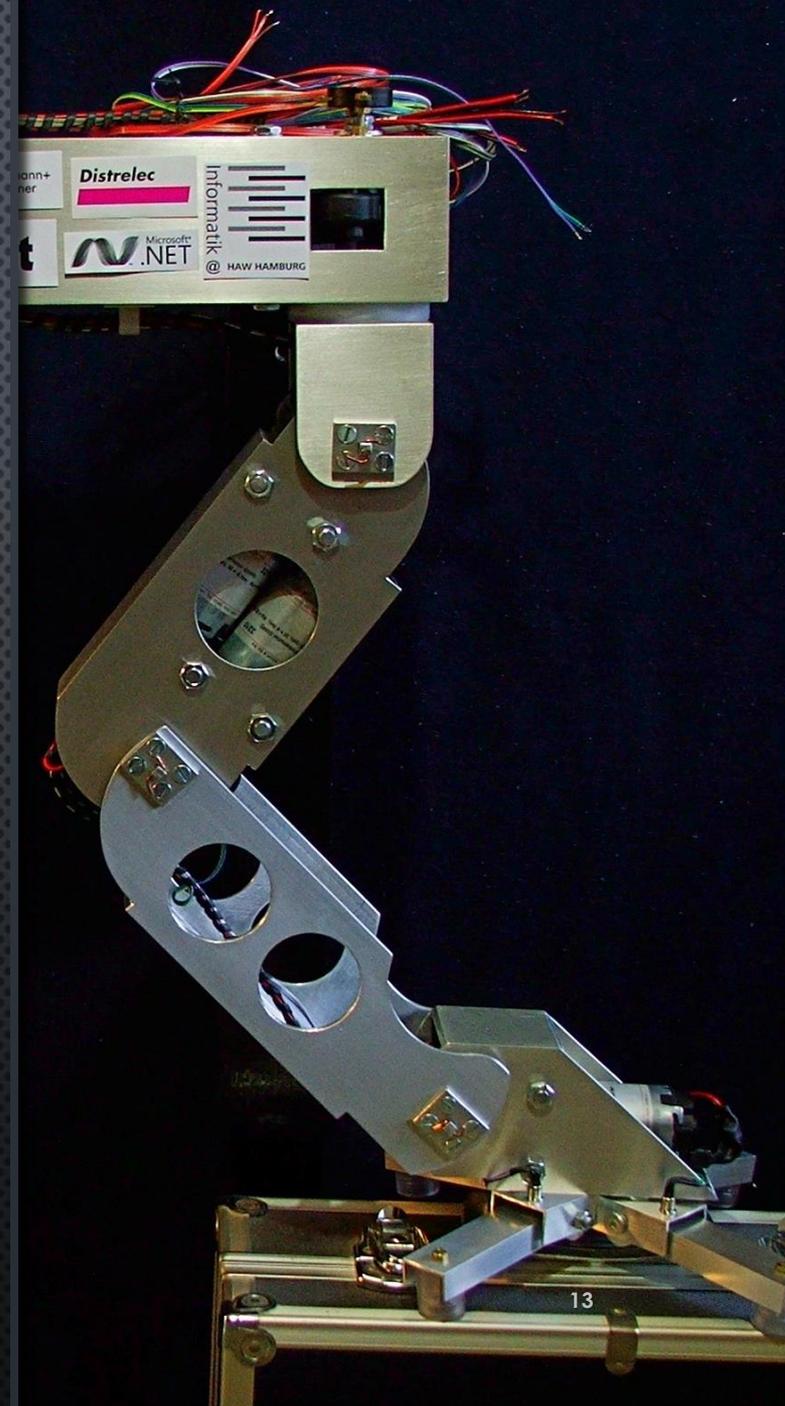
- Motion Controller
- IK beschleunigt um Faktor 25
- Kollisionskontrolle mit Verhaltensmodell
- Selbstschutz durch Verhaltensmodell
- Autonome Tragfähigkeitsprüfung
- Reglesystem für starke Antriebe
- Reaktionszeit ca. 1ms

*Ermöglicht semantische Befehle
z.B. „DoStep:X,Y,Z,Speed: with Leg 3“*

Offen:

Portierung auf ATMEL ARM MCU

Neues Platinenlayout



HAUPTKONTROLLER – LITTLE LEGO AMEE

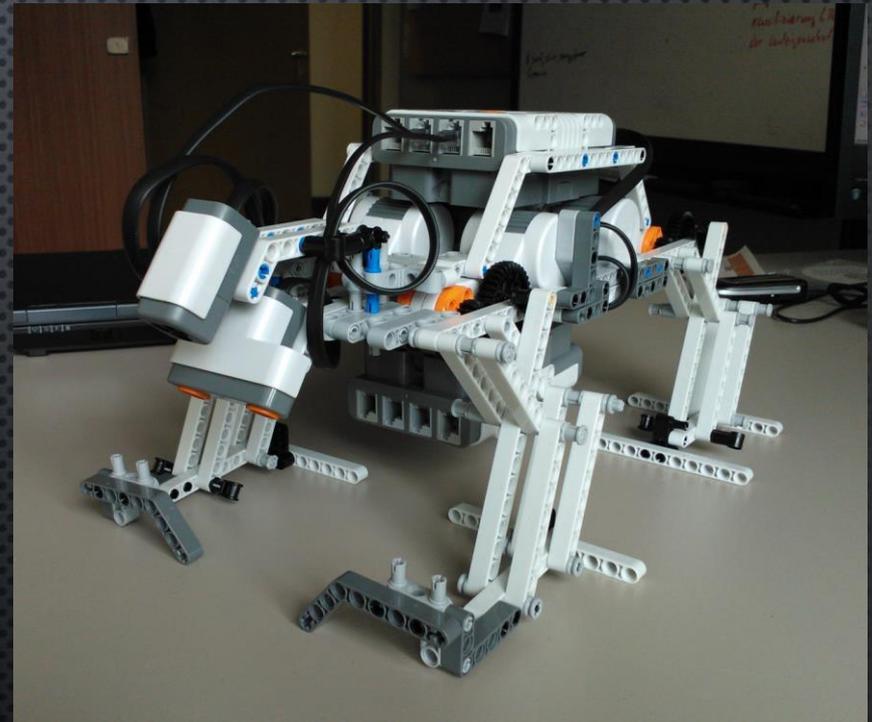
Proof of Concept (AW1)
Extrem simples Laufsystem

Integrationstest:
Eventsystem zu Beincontroller

Simpler Hauptkontroller:
Noch feste Laufmuster
Realisiert mit MS-RDS in C#
(Microsoft Robotics Development Studio R4)

Test erfolgreich!

Features kompletter Roboter:
Zwei Laufmuster
Steuerung über GUI, Sprache, XBOX Controller



MECHANIK – AMEE XW2

Eckdaten:

- Gewicht: ca. 85kg mit Stromversorgung und Sensoren
- Drehmoment: 16 mal 90Nm
- Leistungsaufnahme: ca. 9500W möglich
- Größe: Maximal 1100mm x 1000mm x 700mm

Konstruktion und virtuelle Montage am 02.12.2012 abgeschlossen
Bewegungssimulation am 03.12.2012 abgeschlossen

A = Autonomous
M = Mapping
E = Exploration
E = Evasion

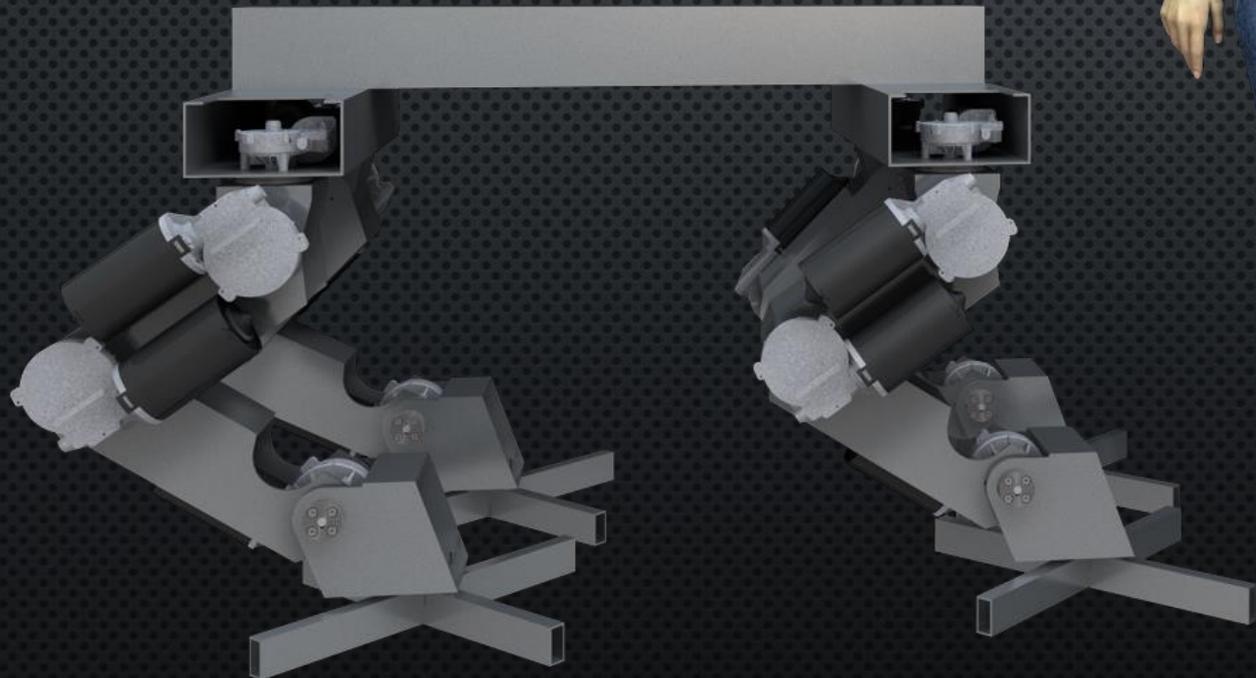
X = Experimental, W= Walker, 2 = V1.2

AMEE XW2

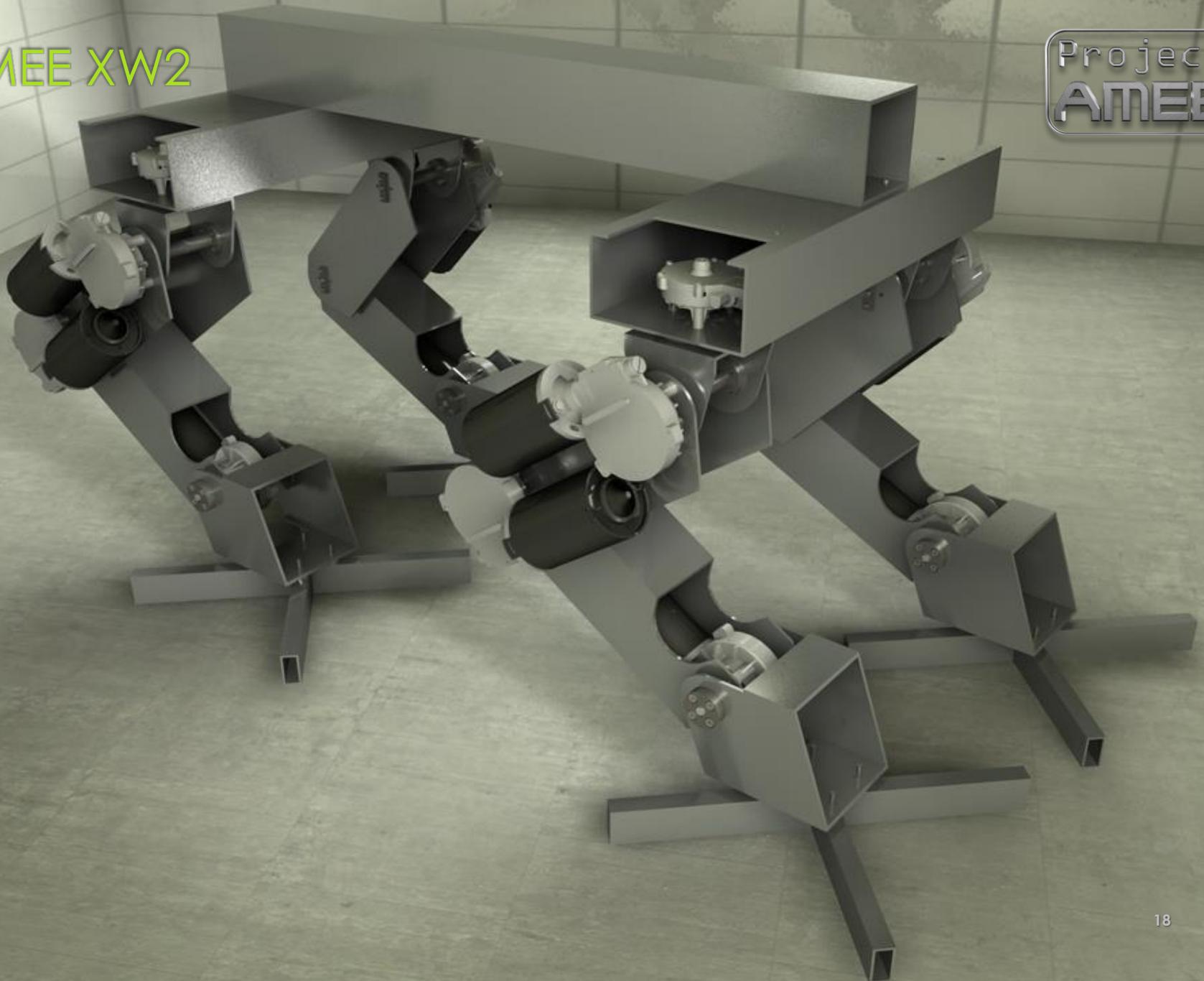
Project
AMEE



AMEE XW2



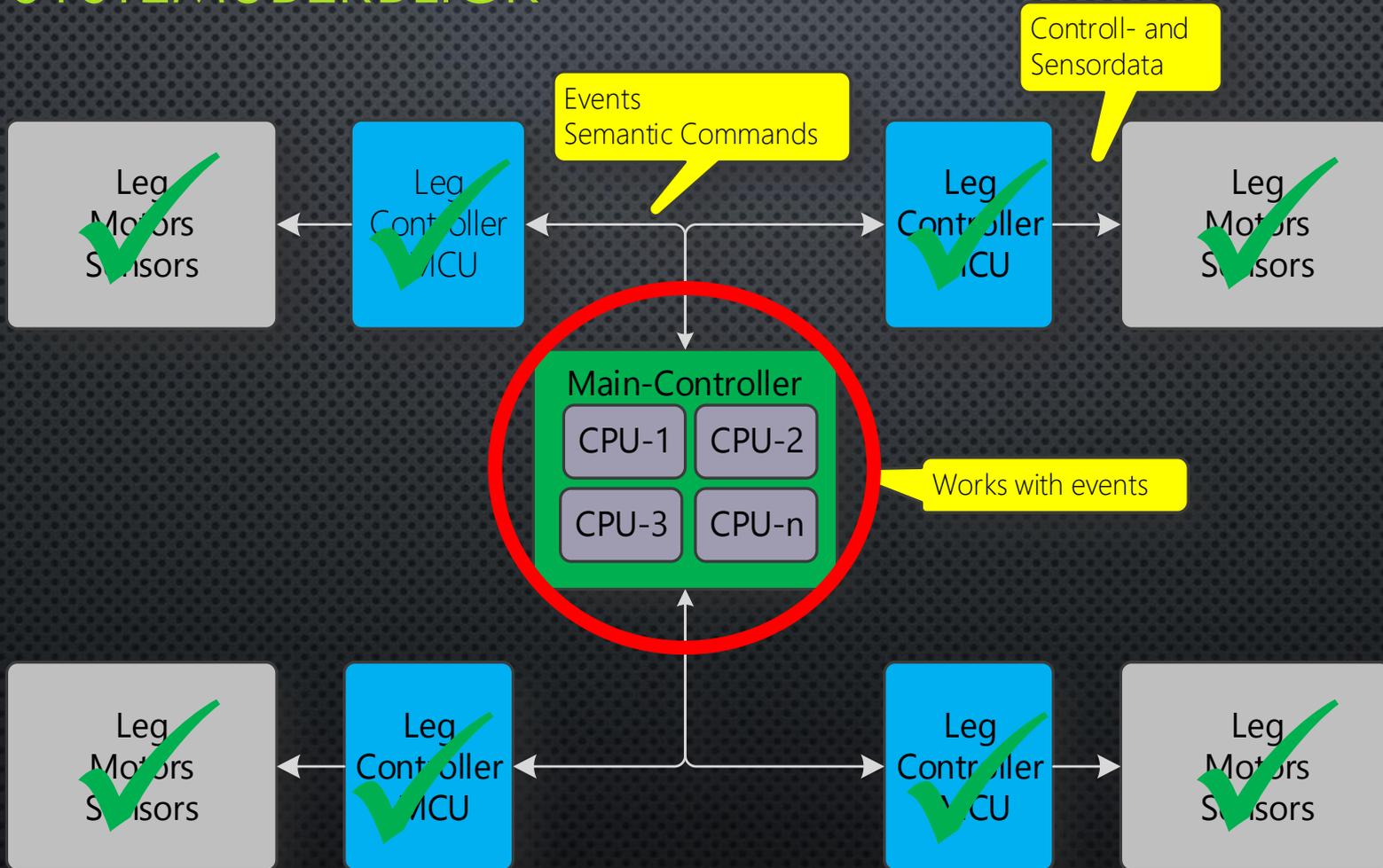
AMEE XW2



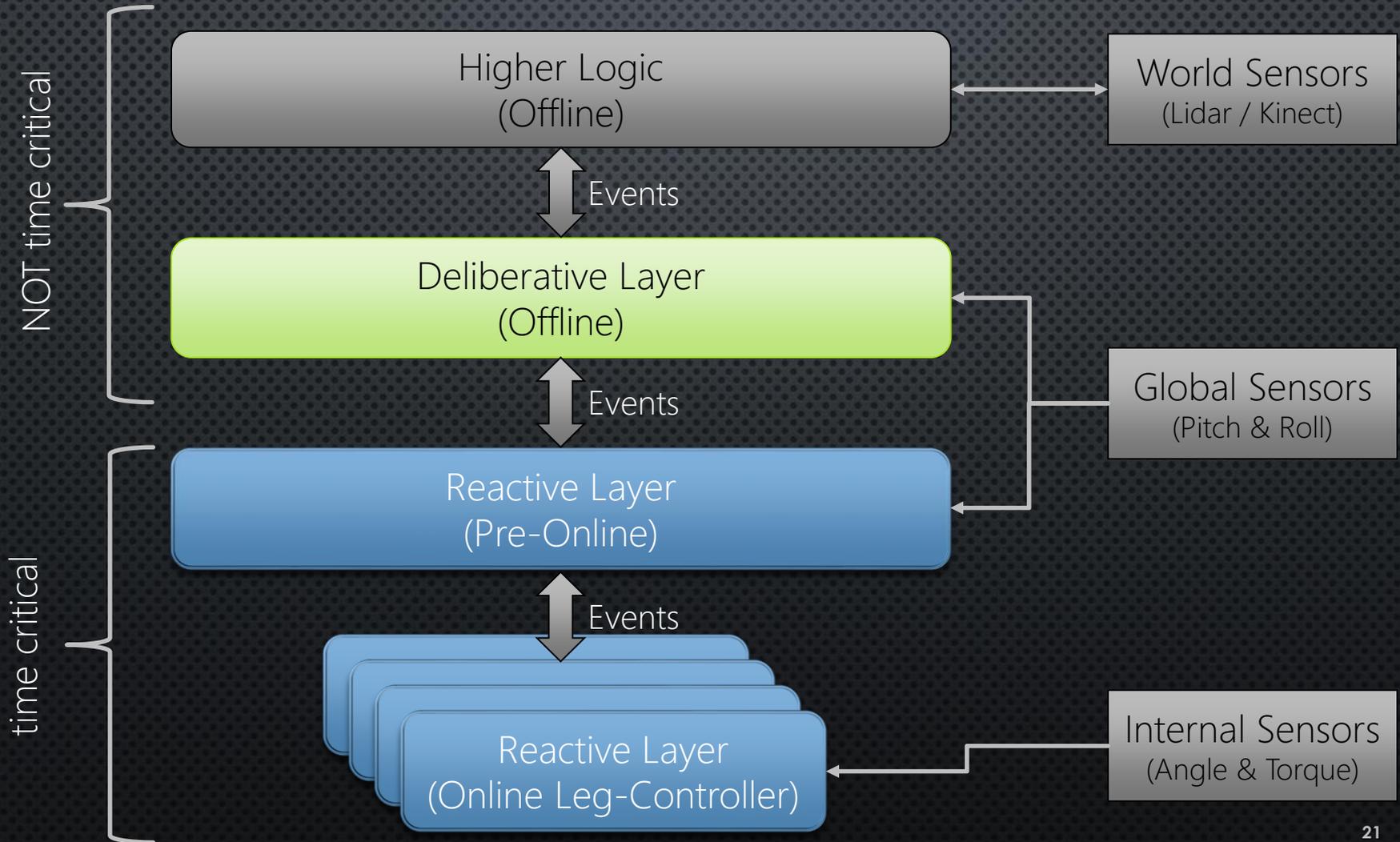
SCHWERPUNKT DER MASTER THESIS

BEWEISEN DER BEHAUPTUNGEN

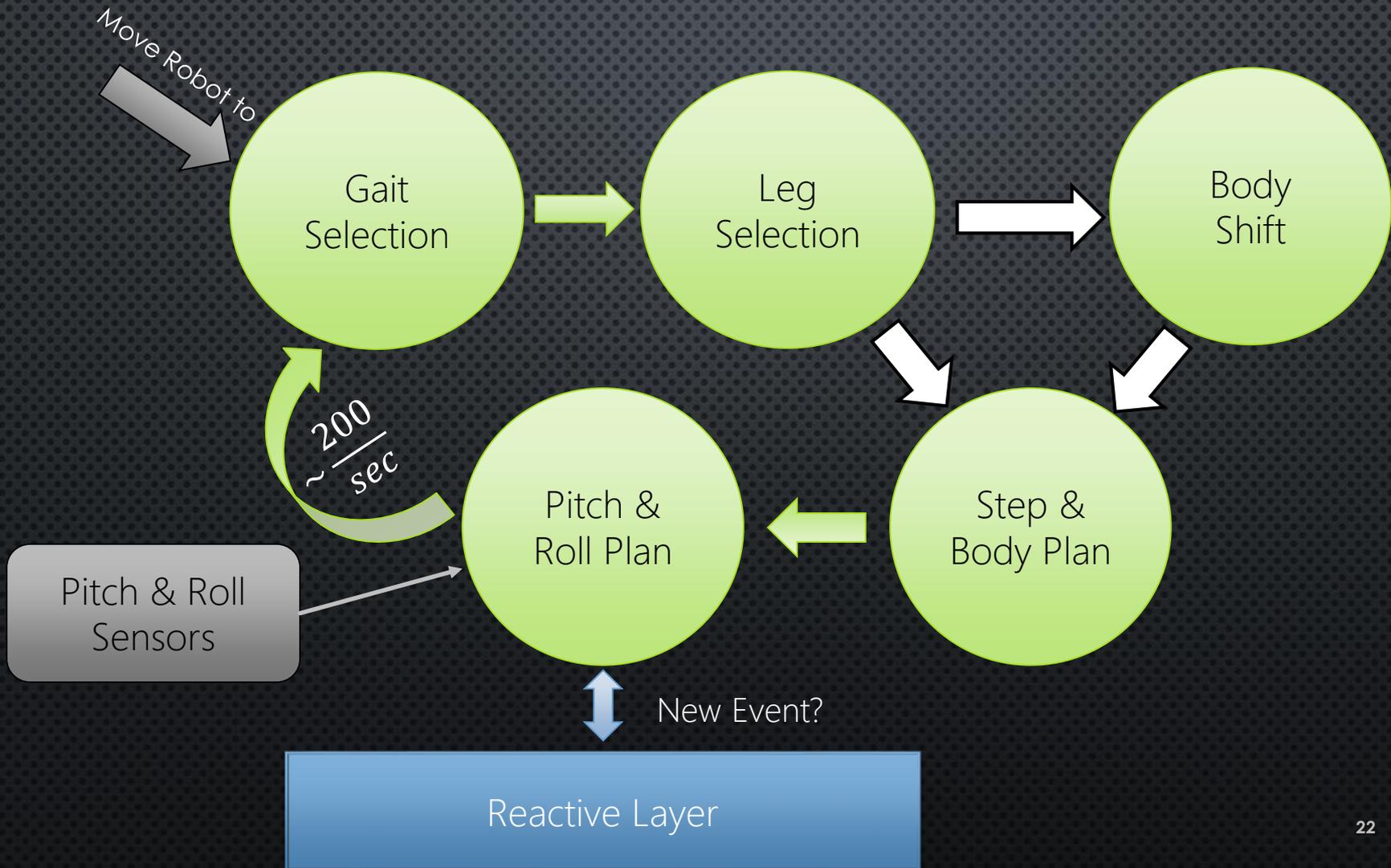
SYSTEMÜBERBLICK



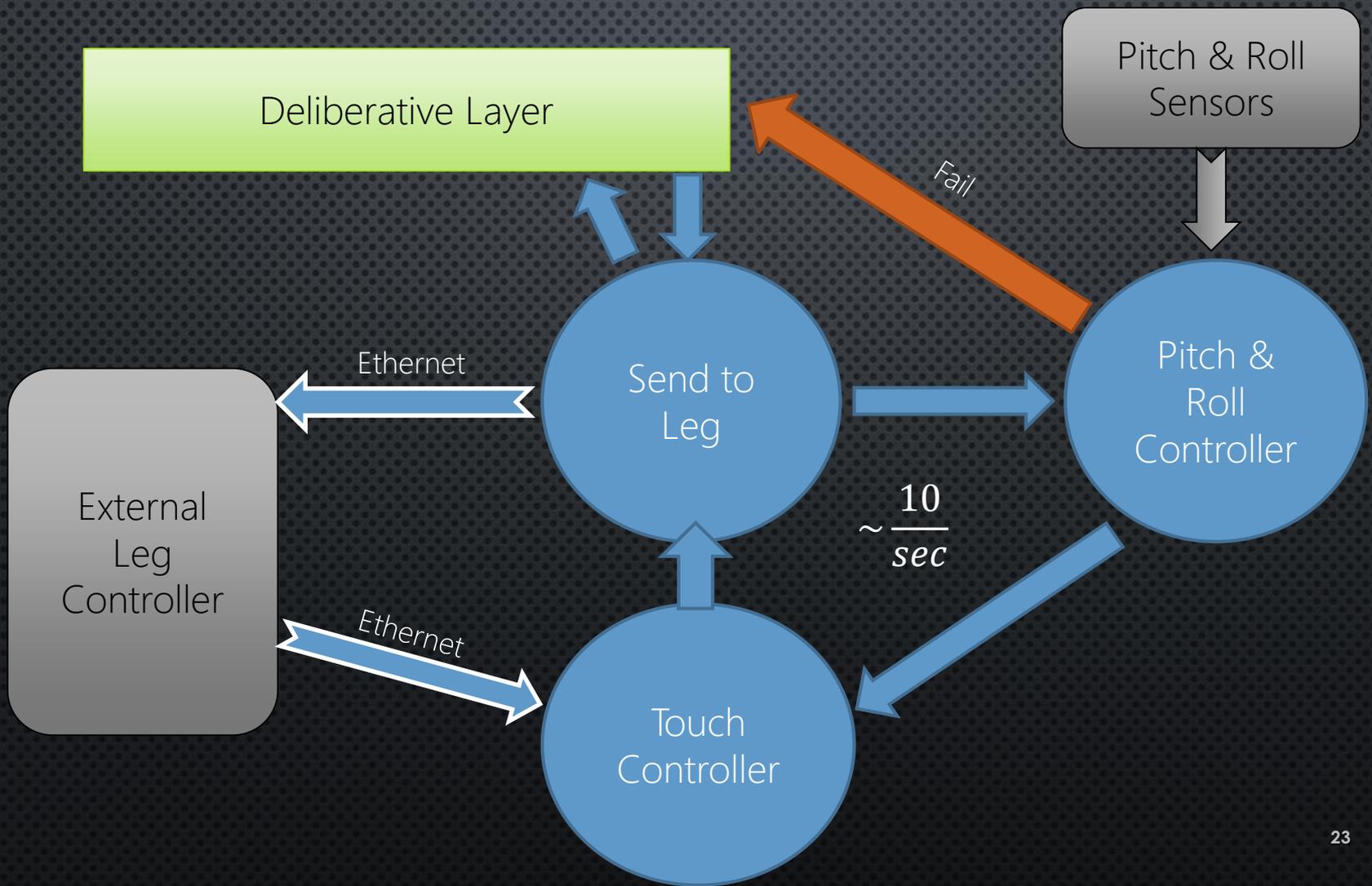
HAUPTKONTROLLER LAYERKONZEPT



DELIBERATIVE LAYER



REACTIVE LAYER



THEMEN DER MASTER THESIS

Versuchsaufbau

Hauptkontroller

Modellierung des Systems

Modellierung der Module in den Layern

Verhaltensmodellierung

Teile der KI

Optional

Modellierung der höheren Logik

Simple Pfadplanung

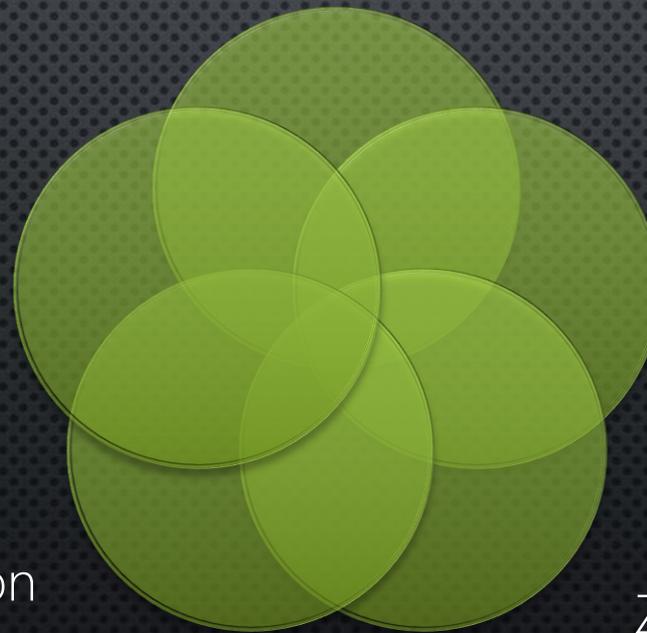
Simple Positionierung im Raum

RISIKEN

Zeit

Granularität des
Deliberative-
Layers

Probleme mit
der Mechanik /
Elektronik



Synchronisation
der Beine

Kürzungen
Zentralwerkstatt
der HAW!

DANKE FÜR EURE ZEIT!

Fragen?
Diskussion!

Das studentische Projekt AMEE wird gefördert und gesponsert von:

HAW-Hamburg

Microsoft Corp.

Ott Antriebe GmbH

Hoffmann + Krippner GmbH

Distrelec GmbH

Wir bedanken uns für das Vertrauen.
Danke an unseren Mentor Gunter Klemke.
Meinen Vater für den Maschinenbauanteil.
Unseren Ehefrauen für ihre Geduld mit uns!

Informatik
@ HAW HAMBURG

 Microsoft

 Ott

 Hoffmann+
Krippner

 **Distrelec**

QUELLEN

Adukuzhiyil, Anish, Singh, Harshit and Vantimitta, Pavani. 2007. *Robot Motion for Obstacle Negotiation*. [PDF] Stanford USA : Stanford University, 2007. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation.

Alexander Shkolnik, Michael Levashov, Ian R. Manchester and Russ Tedrake. 2011. *Bounding on Rough Terrain with the LittleDog Robot*. [PDF] MASSACHUSETTS,USA : MASSACHUSETTS INST OF TECH, 2011. DOI: 10.1177/0278364910388315.

Anish Adukuzhiyil, Harshit Singh, Pavani Vantimitta. 2009. *Robot Motion for Obstacle Negotiation*. [PDF] USA : Stanford University , 2009.

Bettzüge, Björn. 2012. *Foothold Selection for Quadruped Locomotion*. [PDF] Hamburg, Germany : HAW-Hamburg, 2012.

—, **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.

Boston Dynamics Inc. 2008, 2010. *BigDog Overview*. [Internet] 78 Fourth Avenue, Waltham, MA, 02451-7507, US : Boston Dynamics Inc., 2008, 2010. <http://www.bostondynamics.com>.

Kimura, H., et al. *Towards 3d adaptive dynamic walking of a quadruped robot on irregular terrain by using neural system model*. s.l. : 2001 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems.

Kolter, J. Zico, Andrew, Y. and Youngjun, Kim. 2009. *Stereo Vision and Terrain Modeling for Quadruped Robots*. [PDF] CA 94305, USA : Stanford University, Stanford, 2009.

Kolter, J. Zico, Rodgers, Mike P. and Andrew, Y. 2009. *A Control Architecture for Quadruped Locomotion Over Rough Terrain*. [PDF] CA 94305 USA : Computer Science Department, Stanford University, Stanford, 2009.

Rebula, John R., et al. 2008. *A Controller for the LittleDog Quadruped Walking on Rough Terrain*. [PDF] Florida 32502, USA : Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008. jrebula@alum.mit.edu.

Ruhnke, Jan. 2012. *A Walksystem for a Quadruped Rough Terrain Robot, Controller Concepts AW1*. [PDF] Hamburg, Germany : HAW-Hamburg, 2012. AW1.

—, **2011.** *Entwicklung und Realisierung eines vierbeinigen USAR-Roboter-Laufsystems*. [PDF] Hamburg, Germany : HAW-Hamburg Dep. Technische Informatik, Juni 02, 2011. Bachelor Arbeit.

—, **2012.** *Simulation der Drehmomente in einem Roboter Bein, Ausarbeitung Modellierung Technische Systeme*. HAW-Hamburg : s.n., 2012

QUELLEN

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.

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.

Wettergreen, David, Pangels, Henning and Bares, John. August 1995. *Behavior-based Gait Execution for the Dante II Walking Robot.* [PDF] Pittsburgh, PA 15213-3891, USA : Carnegie Mellon University, August 1995.

Clipsarts Copyright Microsoft Inc. USA, Office.com/Templates
Simulation Bilder Copyright 2011,2012 Jan Ruhnke
Bilder/Video Copyright Boston Dynamics