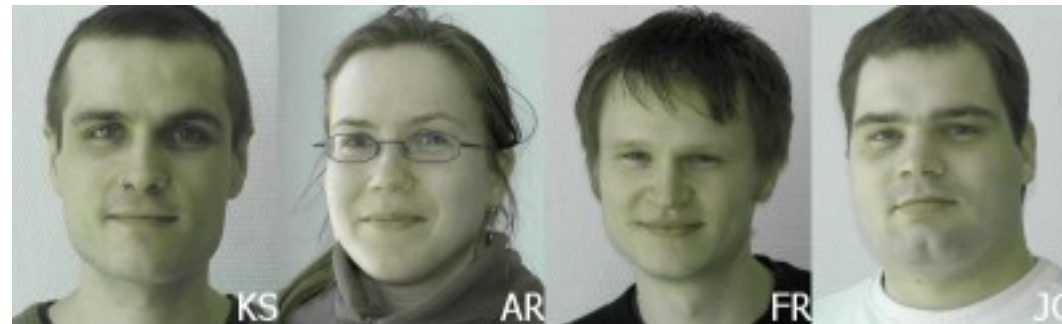


lejON – LeJOS Odometric Navigator

Ein Teamprojekt
im Fach „Programmierung mobiler Agenten“
für den Masterstudiengang „Informatik/Mobile Systeme“
im Wintersemester 2005/2006 an der Hochschule Harz

Projektteam

Jan Grohmann, Annedore Rößling, Florian Ruh, Kai Schories



Projekt-Homepage

<http://lejon.sourceforge.net/>

Folie 3

- Motivation
- Odometrie
- Architektur
- lejON-API
- Evaluierung
- Fazit

Motivation

Odometrie

Architektur

lejON-API

Evaluierung

Fazit

Motivation

- Entwicklung einer Architektur zur Navigation von zweirädrigen Robotern mit LeJOS
 - LeJOS = Lego Java Operating System (vgl. /1/)
 - Java VM als Firmware-Ersatz auf dem LEGO-Mindstorms RCX-Baustein
- Ziele
 - Kapselung der Navigationsfunktionen
 - Anwender nutzt High-Level-Methoden statt LeJOS-API direkt
 - präzisere Navigation als mit *RotationNavigator* aus LeJOS
 - SW-gestützte Regelung der Kursabweichung

- Einschränkungen von Mindstorms und LeJOS
 - nur 12 KB RAM für Usercode auf RCX (Microcontroller)
 - nur 8 Leistungsstufen der Motoren
 - grobe Auflösung der Rotationssensoren (16 Impulse/U)
 - geringe Verarbeitungsbreite
 - kein GarbageCollector
 - keine long-Arithmetik
 - Klasse *RotationNavigator*
 - unpräzise Navigation
 - nur Translation und Rotation möglich
 - keine Kurvenfahrt
 - keine eigene API

Odometrie

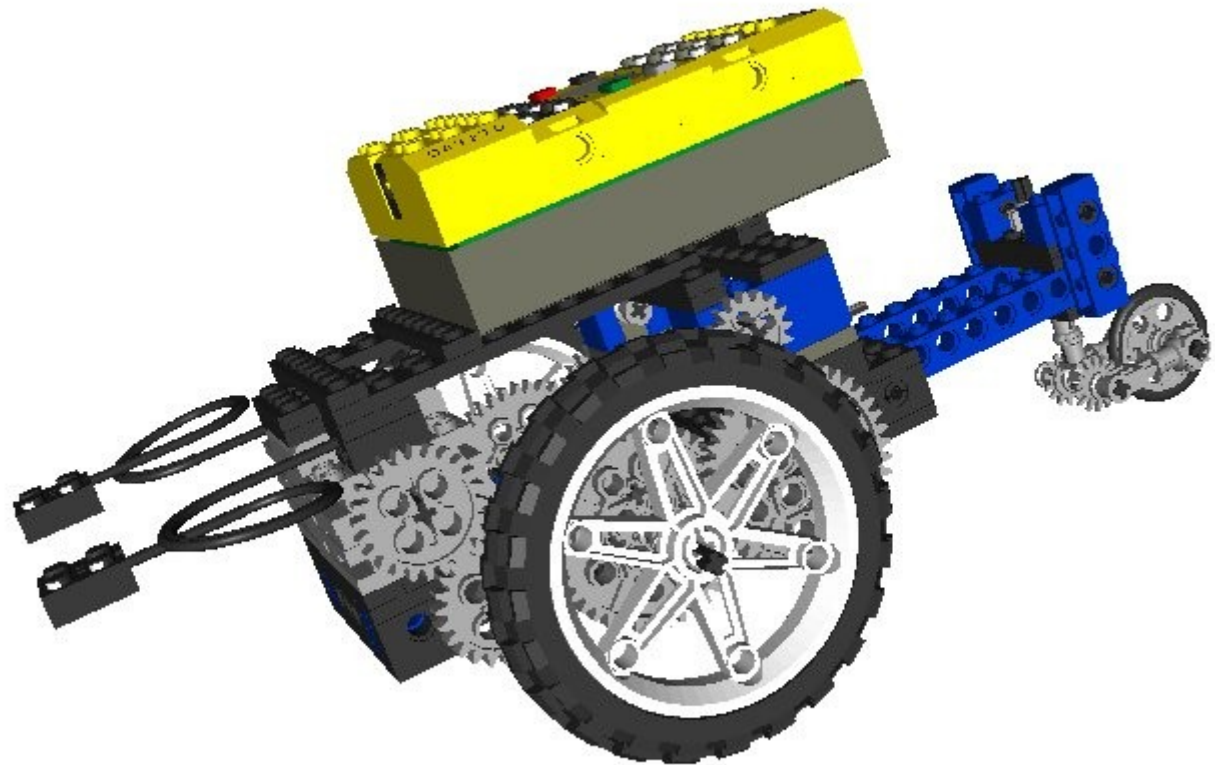
- Odometrie: Berechnung von Wegstrecke und Richtungswinkel
 - über Rotationssensoren
 - Impulszählung („Ticks“)
 - Ermitteln der Umrechnungsfaktoren
 - Ticks pro Zentimeter (TPC)
 - Differentielle Ticks pro Grad (DTPD)
 - Berechnen der aktuellen Position und Zielkoordinaten
 - Kursabweichungen erkennbar

Architektur

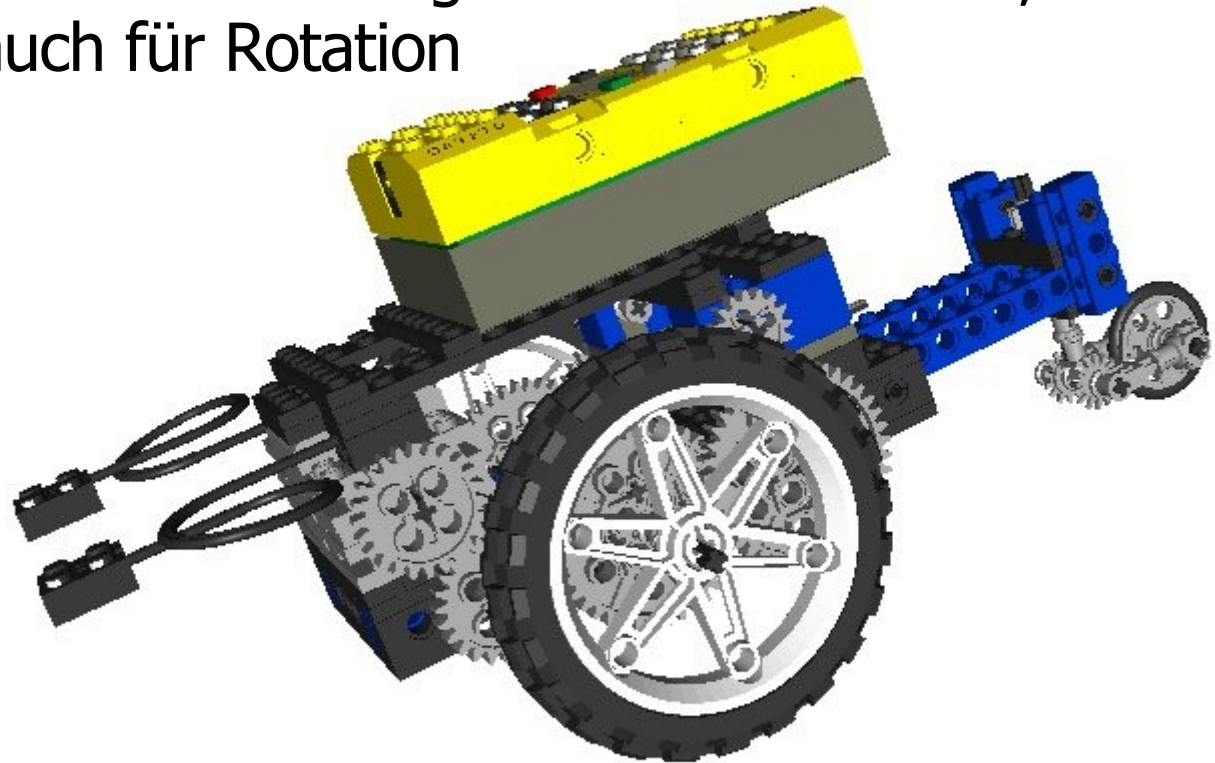
Folie 10

- beliebige Hardware-Architekturen möglich
- hier behandelt: Single Differential Drive (DD)

Motivation
Odometrie
✱ Architektur
lejON-API
Evaluierung
Fazit



- DIDI = Differential Drive
 - Prototyp für ein Single DD (vgl. /2/)
 - voneinander getrennte Antriebsräder
 - ein Motor pro Rad
 - zwei Motoren zuständig für Geradeausfahrt, beide auch für Rotation



- **Problem/Herausforderung**
 - gleichmäßige Bewegung u. a. gestört durch
 - unterschiedliche Motorenbeschaffenheit (Herstellungstoleranzen, Verschleiß)
 - Spiel der Zahnräder
 - Kunststoff als Material aller Bauteile
 - Navigation nicht ohne Regelung möglich!

Motivation

Odometrie

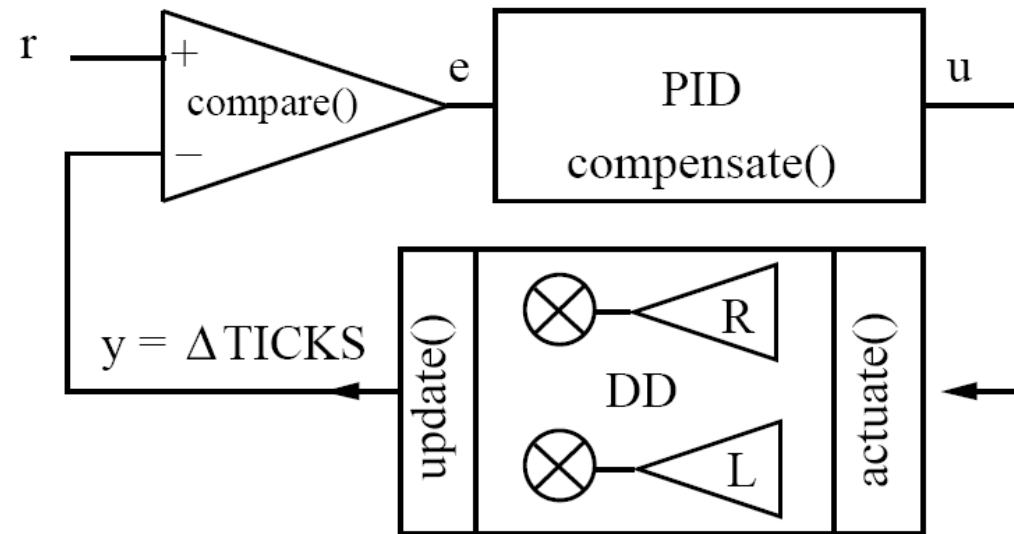
 Architektur

lejON-API

Evaluierung

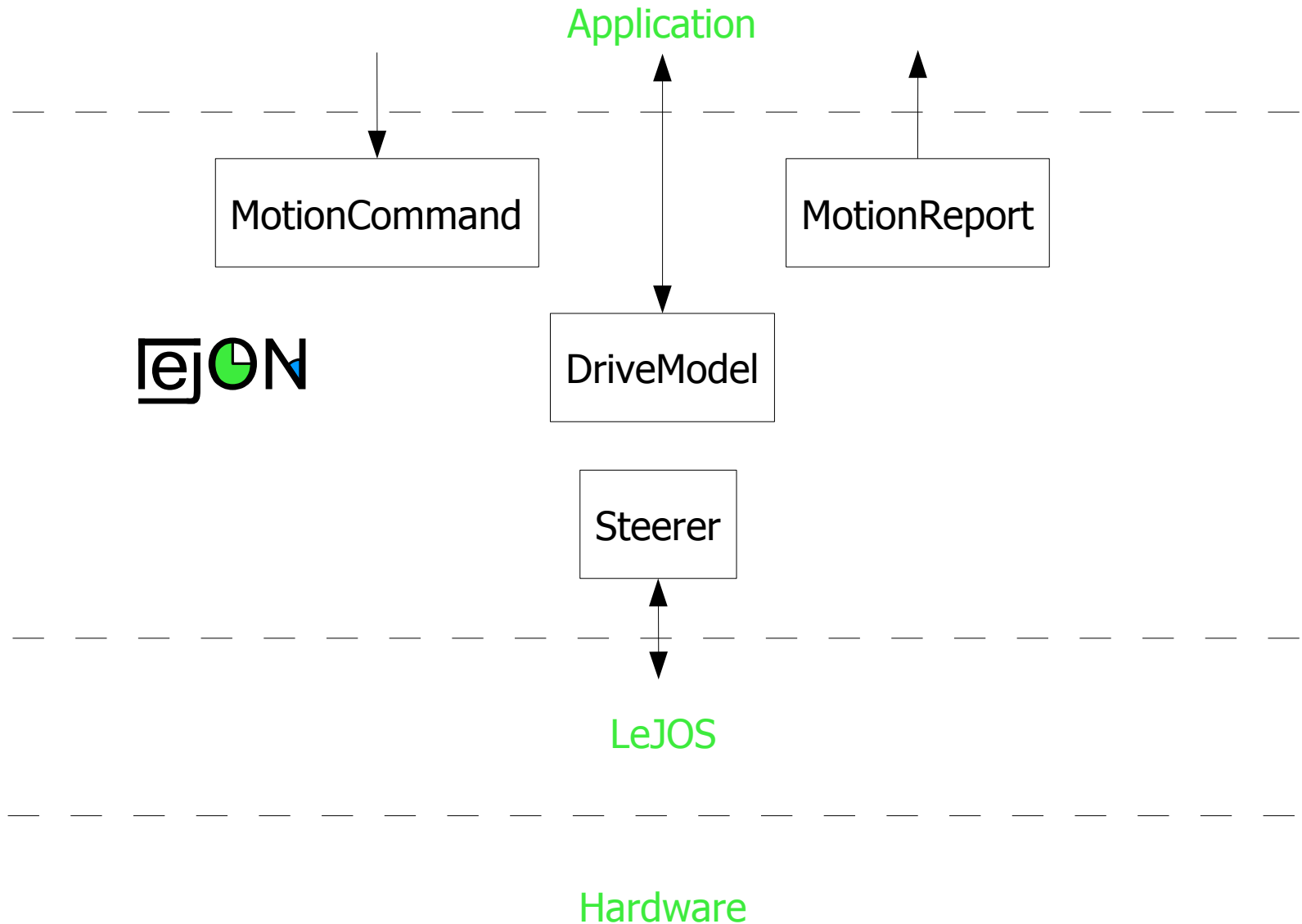
Fazit

- Regelung der Stellgröße
 - Vergleich Soll-/Ist-Werte
 - beruht auf Anzahl der Ticks
 - PID-Konstanten einzeln für jede Architektur berechnen
 - experimentelles Verfahren nach Ziegler-Nichols



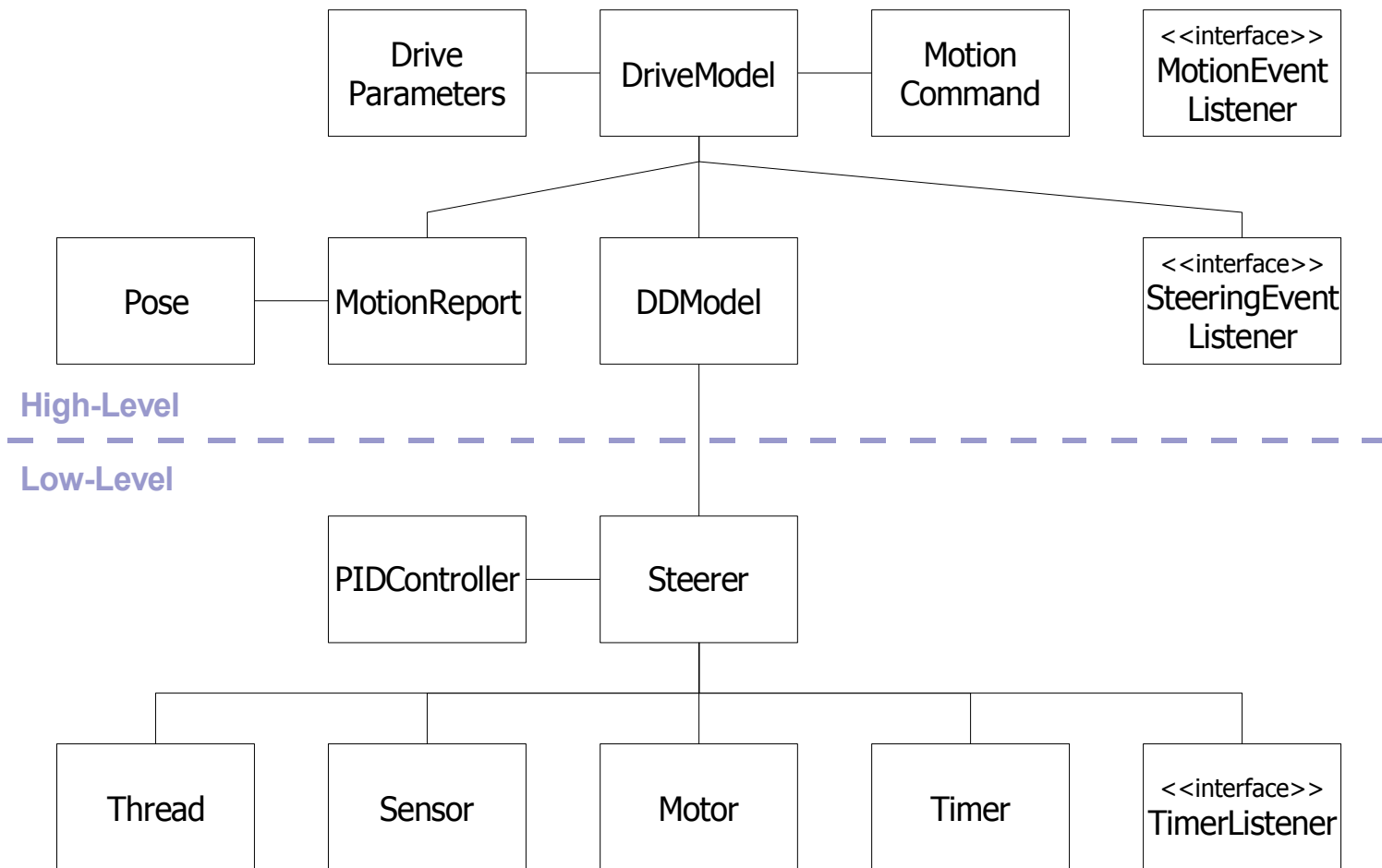
lejON-API

Folie 15

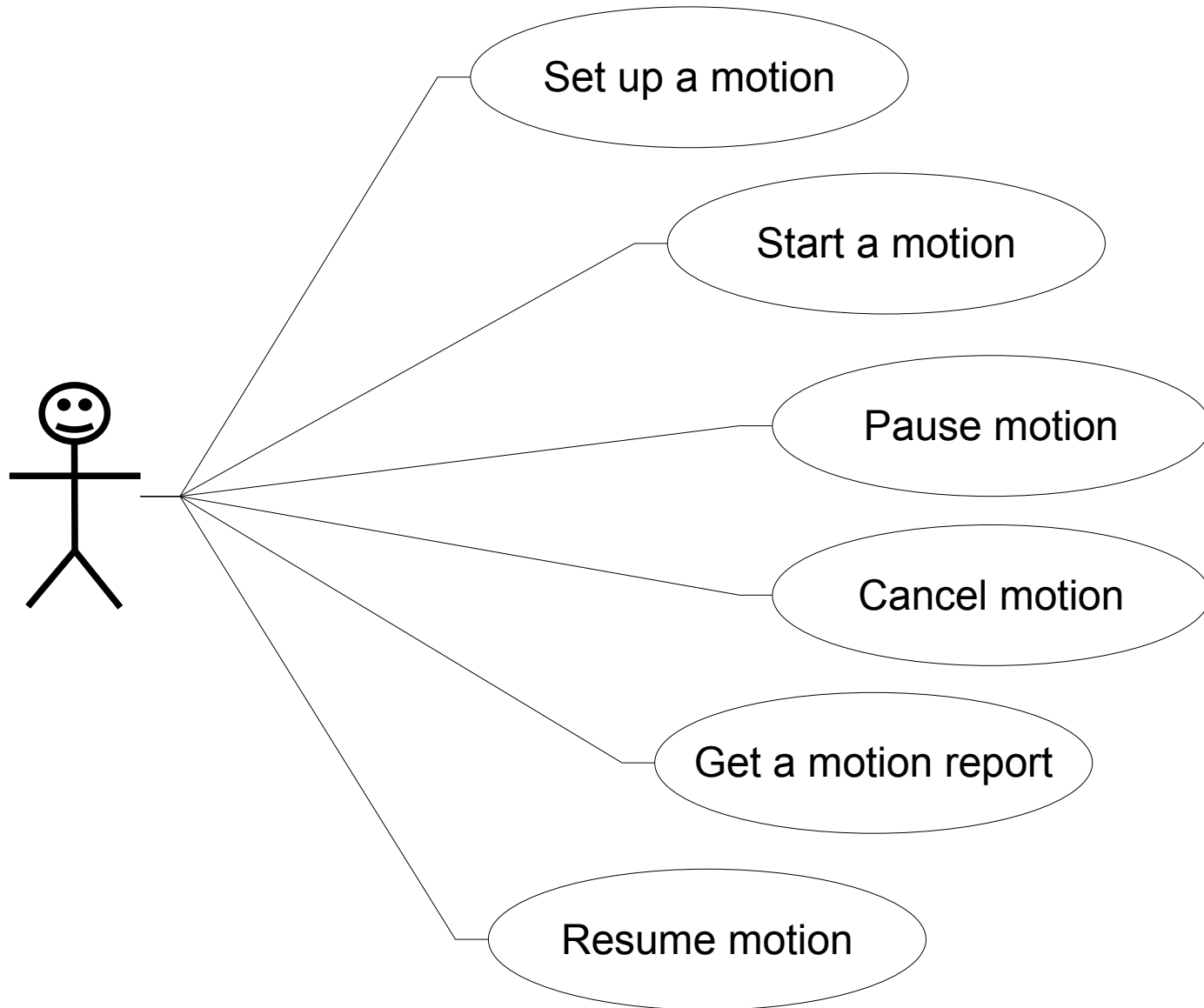


- Motivation
- Odometrie
- Architektur
- lejON-API
- Evaluierung
- Fazit

Folie 16



- Motivation
- Odometrie
- Architektur
- leJON-API
- Evaluierung
- Fazit



Evaluierung

- Sensorrohdaten (reibungsfreier Zustand)
 - Sensor „verschluckt“ Impulse
 - empfohlene Übersetzung: Sensor:Rad < 1:2
- Basisfiguren, vgl. /4/
 - getestet mit DIDI
 - Translation 50, 100, 200, 400 cm
 - Rotation 45°, 90°, 180°, 360°
 - Kurvenfahrt 45°, 90°, 180°, 360° à 50 cm Radius
 - 5 Messungen je Motorleistungsstufe,
5x8=40 pro Figur, ~500 Messungen à 3 Werte allein für DIDI
 - verglichen mit LeJOS-Klasse *RotationNavigator*

- Translation

| | 50 cm | | | 200 cm | | |
|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | M | B | D | M | B | D |
| lejON | 56,20 | 54,40 | 3,6% | 203,20 | 203,80 | -0,6% |
| LeJOS | 47,67 | 51,00 | -6,7% | 173,67 | 200,67 | -27,0% |

Vergleich der Translation mit gemessenen (M), vom Fahrzeug berechneten (B) Werten und deren relativer Differenz (D) bei Motorleistungsstufe 4

- Abweichungen

- M vs. B: wesentliche Verbesserung
- M vs. Sollwert: teilweise Verbesserung

- Rotation

| | 90° | | | 360° | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | M | B | D | M | B | D |
| lejON | 143,0 | 147,2 | -4,7% | 388,0 | 397,4 | -2,61% |
| LeJOS | 100,0 | 90,0 | 11,1% | 330,0 | 360,0 | -8,33% |

Vergleich der Rotation mit gemessenen (M), vom Fahrzeug berechneten (B) Werten und deren relativer Differenz (D) bei Motorleistungsstufe 4

– Abweichungen

- M vs. B: wesentliche Verbesserung
- M vs. Sollwert: keine Verbesserung

- Kurvenfahrt

| | | 90° | | | | 360° | | | |
|-------|---|------|------|------|-------------|------|--------------|--------------|-------------|
| | | Soll | M | B | D | Soll | M | B | D |
| lejON | X | 50 | 52,0 | 47,6 | 4,4 | 0 | -68,8 | -70,8 | 2,0 |
| | Y | 50 | 53,6 | 57,8 | -4,2 | 0 | 50,0 | 39,0 | 11,0 |
| | ⊖ | 90 | 84,8 | 83,4 | 1,4 | 360 | 277,2 | 285,2 | -8,0 |

Vergleich der Kurvenfahrt mit gemessenen (M), vom Fahrzeug berechneten (B) Werten und deren absoluter Differenz (D) bei Motorleistungsstufe 4

– Abweichungen

- M vs. B: hinreichend genau
- M vs. Sollwert: bei großen Kreisfahrten zu kurz („Schlangelinien“)

- Fahrfiguren
 - präzisere Geradeausfahrt
 - jedoch Probleme bei Rotation
 - hinreichend genaue Kurvenfahrt
- Odometrie des Fahrzeugs
 - Selbstlokalisierung deutlich zuverlässiger
 - Korrektur damit möglich:
 - aktuelle und Zielposition erkennen
 - erneute Fahrfigur mit Differenzwert fahren

Motivation

Odometrie

Architektur

lejON-API

✿ Evaluierung

Fazit

Folie 24

Motivation
Odometrie
Architektur
lejON-API
☀ Evaluierung
Fazit



Demonstration der Korrekturmethode
bei Rotation mit Hilfe der Selbstlokalisierung

Vorführung im Rahmen des SPP-1125-Kolloquiums in Magdeburg, 2006

Fazit

- lejON

- API zur Navigation zweirädriger Roboter mit LeJOS
- präziseres Fahren möglich durch PID-Regelung
- komfortable Nutzung für Anwender
- Kapselung der Navigationsfunktionen
- Implementierung für Single Differential Drives vorhanden (DIDI)
- erweiterbar für weitere Implementierungen, z. B. für Dual Differential Drives (HILDE)

Motivation

Odometrie

Architektur

lejON-API

Evaluierung

 Fazit

- nächste Mindstorms-Generation NXT
 - seit Oktober 2006 (/3/)
 - 32-bit-Microcontroller
 - Motoren mit integrierten Rotationssensoren (1°-Auflösung!)
 - 100 Leistungsstufen für Motoren regelbar
 - LeJOS wird darauf portiert werden (/1/)
- Vorgehen zur Portierung von lejON
 - Low-Level an NXT anpassen
 - High-Level bleibt unverändert
 - Anwender definiert lediglich neue PID-Konstanten

- /1/ Andrews, P. et al.: *leJOS, Java for the RCX*; 2002;
<http://lejos.sourceforge.net/>; Stand: 08.03.2006
- /2/ Baums, D.: *LEGO MINDSTORMS Roboter, Der Profi Guide*; Galileo Press GmbH, Bonn, 2000;
ISBN 3-934358-39-X
- /3/ McNally, M.: *Lego Mindstorms NXT Key Product Features*; The LEGO Group, Denmark, 2006;
<http://mindstorms.lego.com/press/2057/LEGO%20MINDSTORMS%20NXT%20Key%20Product%20Features.aspx>; Stand: 08.10.2006
- /4/ Grohmann, Rößling, Ruh, Schories: *lejON – LeJOS Odometric Navigator*; Hochschule Harz, Wernigerode, 2006; <http://lejon.sourceforge.net/>; Stand: 08.10.2006

Vielen Dank fürs Zuhören!

Es folgt die Diskussion...

Folien und Quellen unter
<http://lejon.sourceforge.net/>