# Entwicklung eines praktischen Robotik-Lehrplans mit modularen Aktuatoren

DI Florian Enner

**HEBI** Robotics



# Übersicht

• Integration von Theorie und praktischem Lernen

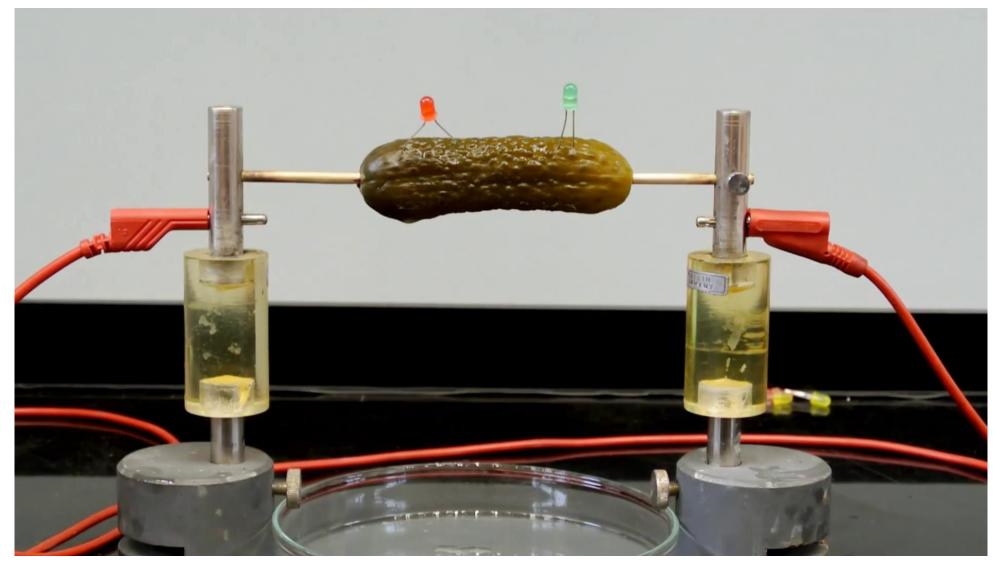
Modulare Ansätze

• Umstrukturierung der Lehrveranstaltung

• Ergebnis







https://www.videoportal.uni-freiburg.de/category/experimente-physikalisches-institut/81



Mehr Engagement

Besserer Wissenserhalt

• Tieferes Verständnis

Physikalische Intuition



# Voraussetzung

• Übereinstimmende Konzepte

Wenig Ablenkung vom Konzept

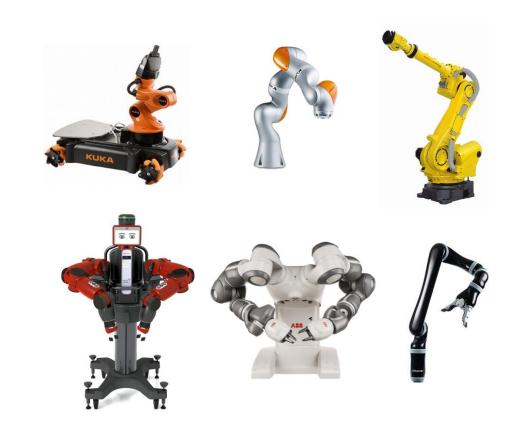


# Einführung in die Robotik

# **Physikalische Konzepte**

- FK
- IK
- Jacobian
- Inverse Jacobian
- Dynamik

# Laborexperimente





# Problem 1: Integration

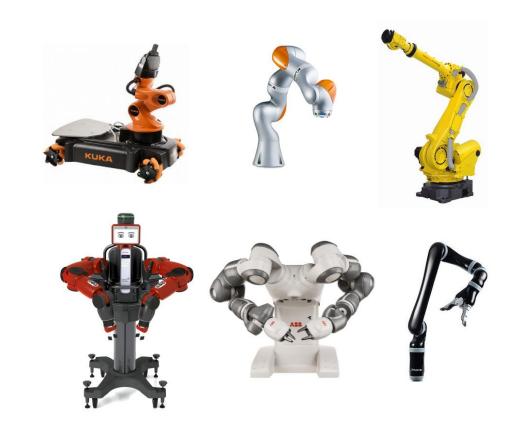
# **Integration**

Zu komplex für den Anfang

Fixe Konfiguration

Abstrahierte Konzepte

# Laborexperimente





#### Problem 2: Lernkurve

#### Lernkurve

- (RT-) Linux
- C++
- cmake
- ROS
- Netzwerke
- Industriestandards
- Sicherheitslimits
- •





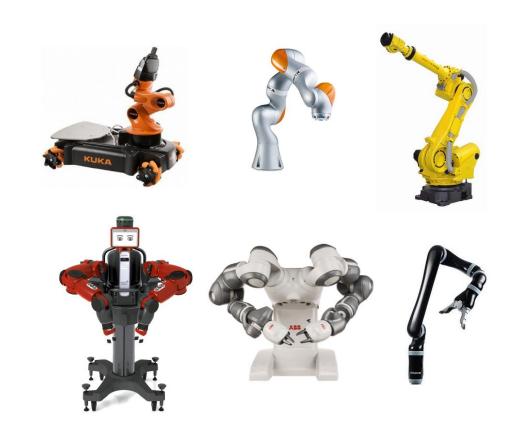








# Laborexperimente





# Typisches Resultat: Einführung in die Robotik

# Physikalische Konzepte

- FK
- IK
- Jacobian
- Inverse Jacobian
- Dynamik

# Labor- "Experimente"

- MATLAB Simulation

Industrieroboter



# Modulare Ansätze



# Modulare Aktuatoren

Lego Mindstorms

Robotis Dynamixel







#### **CMU:** Robotics Institute

#### Biorobotics lab @ Robotics Institute : CMU





• >2014 Modulare Aktuatoren









# X-Series Actuator



https://www.youtube.com/hebirobotics/



#### X-Series Actuator

#### **APIs**

- MATLAB, Python, C, C++, ROS, C#
- Windows, OSX, Linux

#### Sicherheitsmodell

- Überhitzungsschutz
- Aufprallfederung (SEA)
- Konfigurierbare Limits





#### MATLAB API

```
while true
    % Read Sensors
    fbk = actuatorGroup.getNextFeedback();
    % Behavior
    cmd = CommandStruct();
    stiffness = 1; % [Nm/rad]
    cmd.effort = -stiffness * fbk.position;
    % Update target
    actuatorGroup.send(cmd);
end
```



# Umstrukturierung Herbst 2016



# Themenumstrukturierung

#### **Physikalische Konzepte**

- 2D
  - FK
  - Jacobian
  - Inverse/Transpose Jacobian
  - IK
  - Trajektorien
  - Dynamik
- 3D
  - FK
  - Jacobian
  - Velocity & Force Control
  - IK
  - Dynamik

#### Laborexperimente

- (MATLAB Tutorial)
- FK
- Jacobians
- Inverse Jacobians
- IK
- Trajektorien
- Abschlussprojekt

http://www.robotkinematics.org



#### Labor

#### Rahmenbedingungen

- Jedes Labor dauert 1-2 Wochen
- Studenten arbeiten ohne Aufsicht
- Hardware wird im Vorhinein reserviert
- TAs helfen wenn nötig



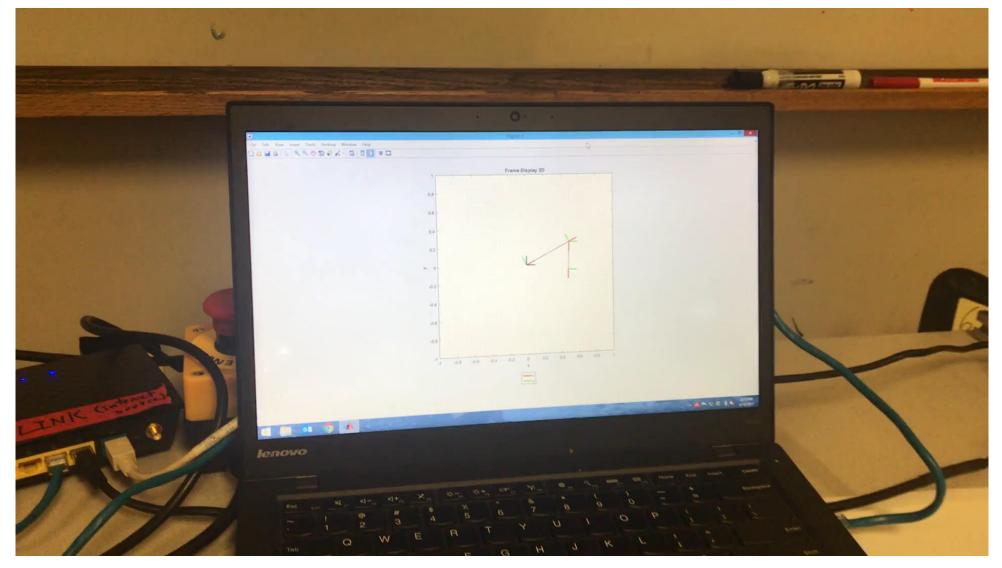
#### Labor

#### **Aufbau**

- Theoretischer Hintergrund
- Theoretische Aufgaben
- Code Aufgaben (MATLAB)
- Hands-On Aufgaben (Hardware)



# Labor 1: FK



http://www.robotkinematics.org



# Labor 2b: Jacobians / GravComp



http://www.robotkinematics.org



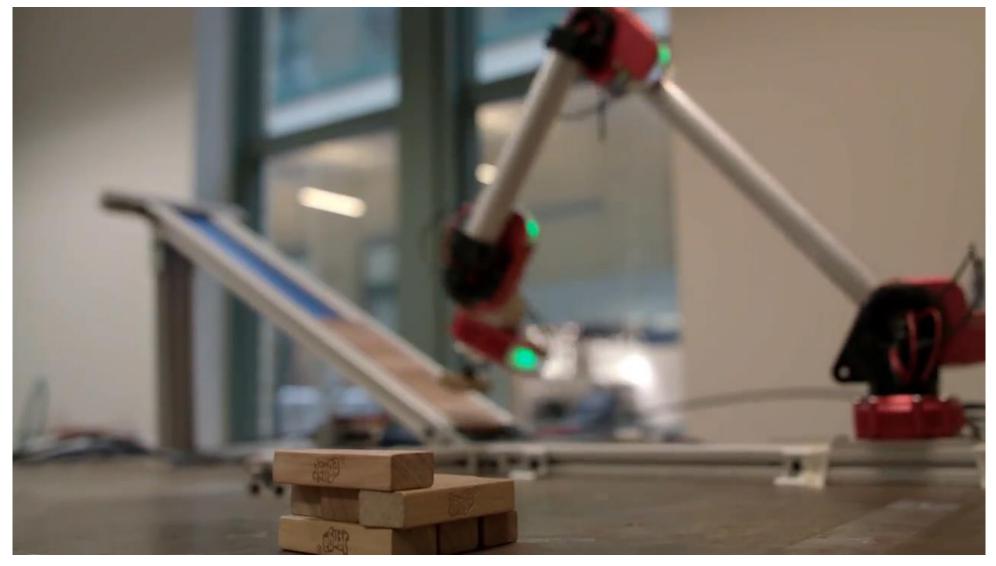
#### Labor

# **Abschlussprojekt**

- Kombination aus allen Konzepten
- Wenig Code-Gerüst
- Live Demonstration
- Wettkampf



# Abschlussprojekt 2016: Jenga Tower



https://youtu.be/S3vc2jYX3Xc



# Abschlussprojekt 2017: Assistive Feeding



https://youtu.be/tOX0p87jb1k



# **Ergebnis**

Besseres Verständnis

• Sehr gute Erfahrungen mit MATLAB

Abschlussprojekte konnten selbständig gelöst werden

Motivierte Studenten



# Offene Fragen

Wieviel Code wird vorgegeben?

• Trajektorien?

• PID Tuning?

• APIs erlaubt?



# **HEBI** Robotics

Q & A

Ausstellung Stand #19

http://docs.hebi.us

http://robotkinematics.org

