Marco Hutter

Laufroboter im Einsatz

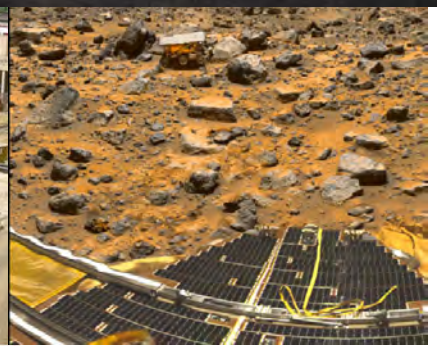
Academia Engelberg 2020

ETH zürich

Mobile Roboter für jede Umgebung

… um unsere Drecksarbeit zu machen

Mobilität und **Interaktionsfähigkeit**
mit unsicheren Umgebungen



Von einfachen Prototypen zu marktreifen Produkten – in 10 Jahren

RSL Robotic Systems Lab

ANYbotics

- Gründung 2016, >50 Mitarbeiter
- Kommerzialisierung von Laufrobotern

2009
ALoF

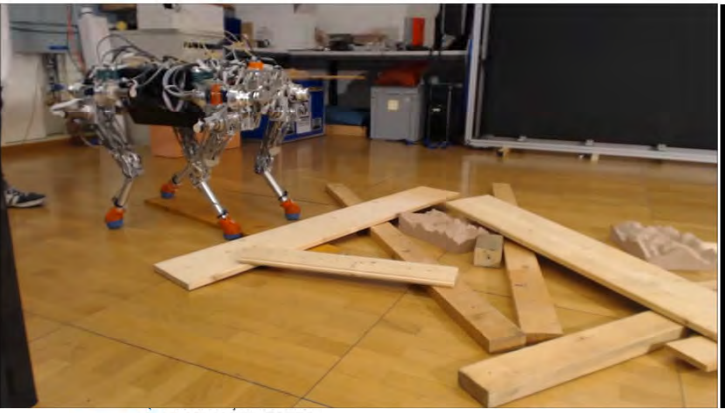
2012
StarlETH

2015
ANYmal Alph

2017
ANYmal Beth

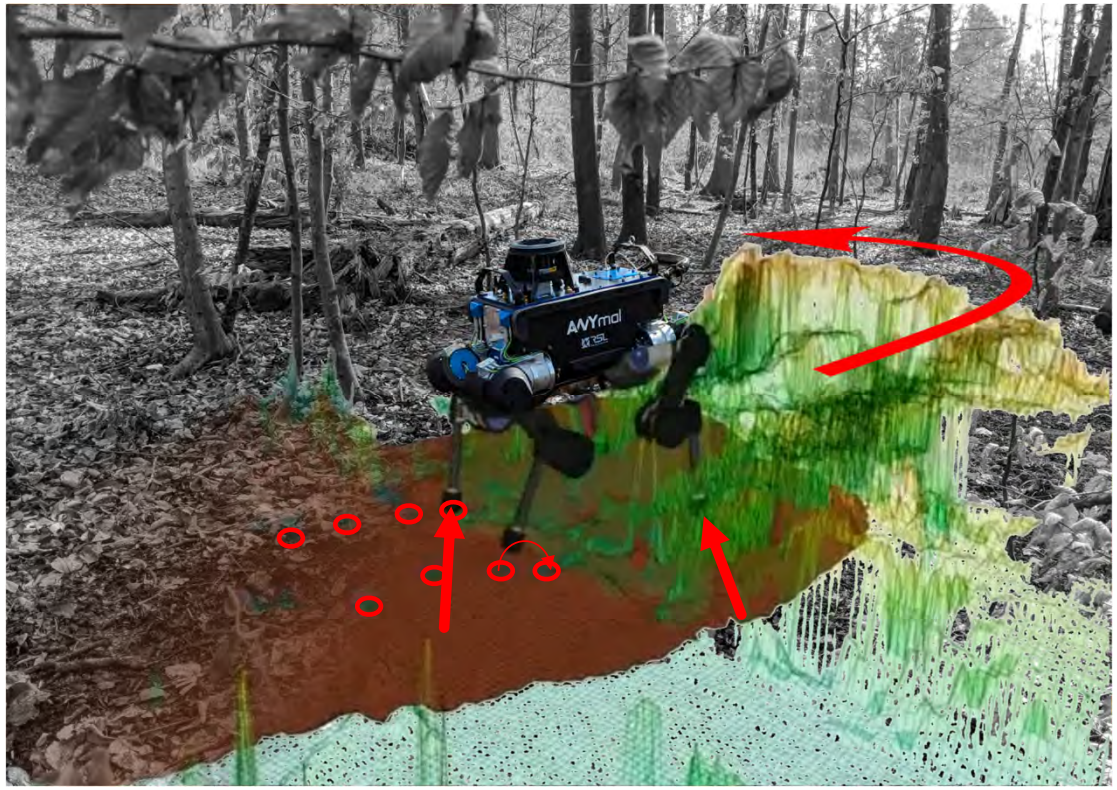
2018
ANYmal B

2019
ANYmal C

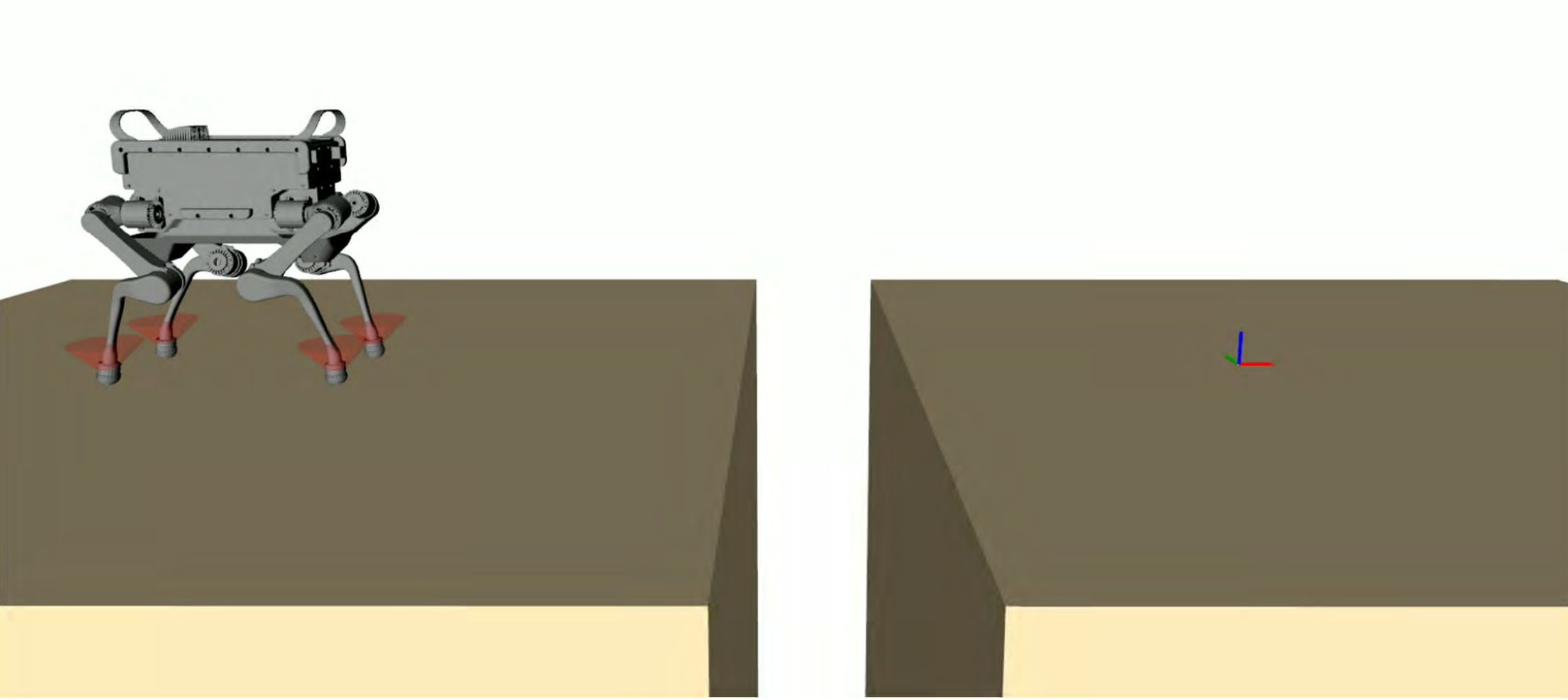


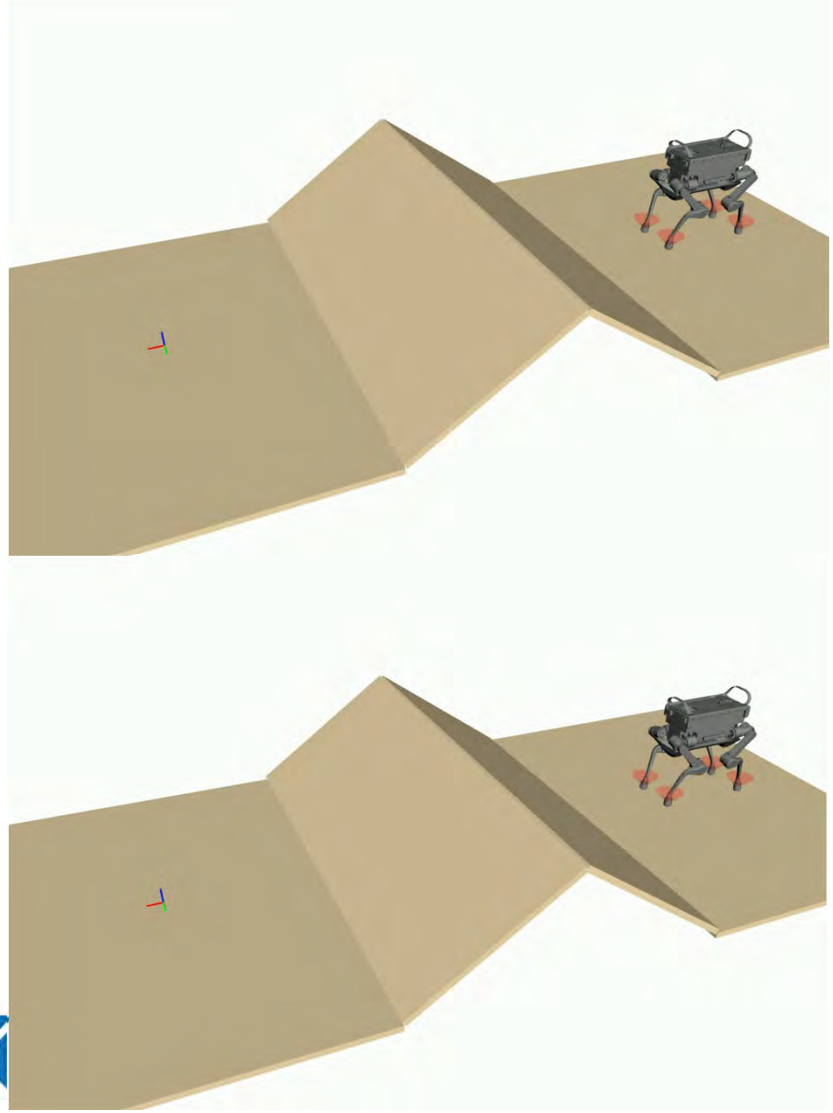
Herausforderungen der Laufrobotik

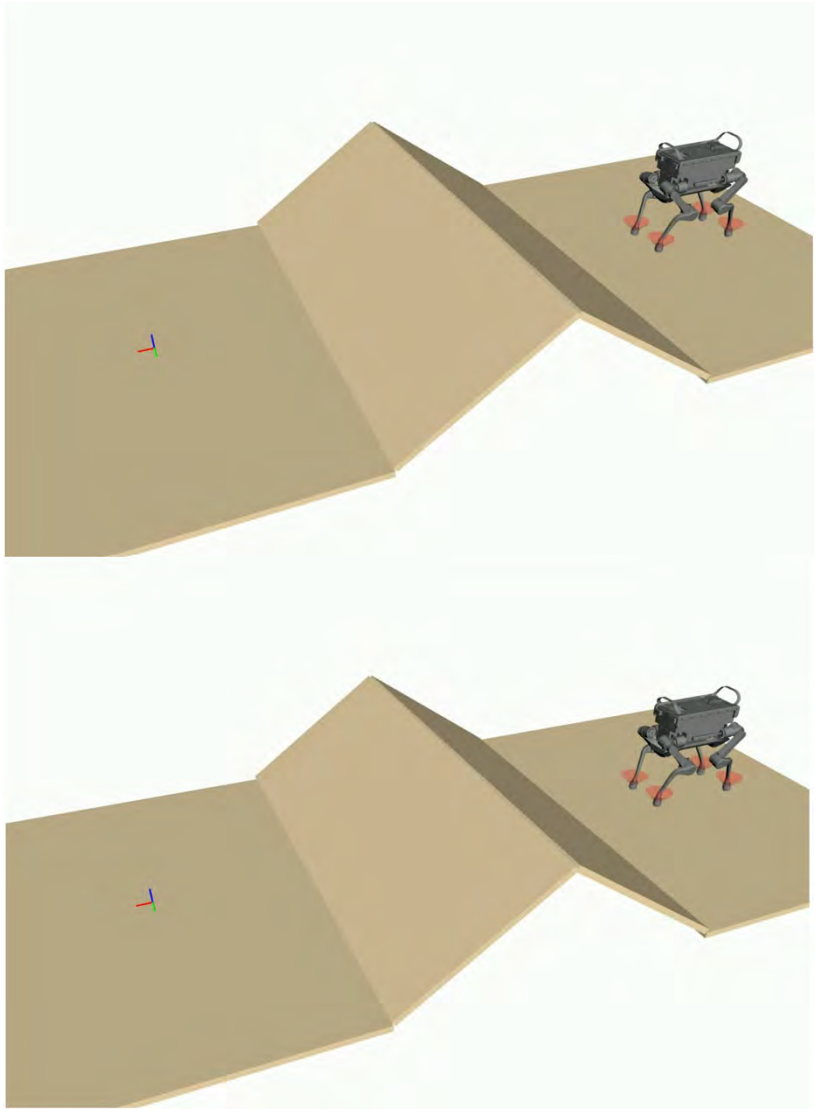
- Die Umgebung wahrnehmen und verstehen
- Einen sicheren Navigationspfad planen
- Optimale Fusspunkte auswählen
- Mit einer unbekannten Umgebung interagieren



Fortbewegung als nicht-lineares Optimierungsproblem

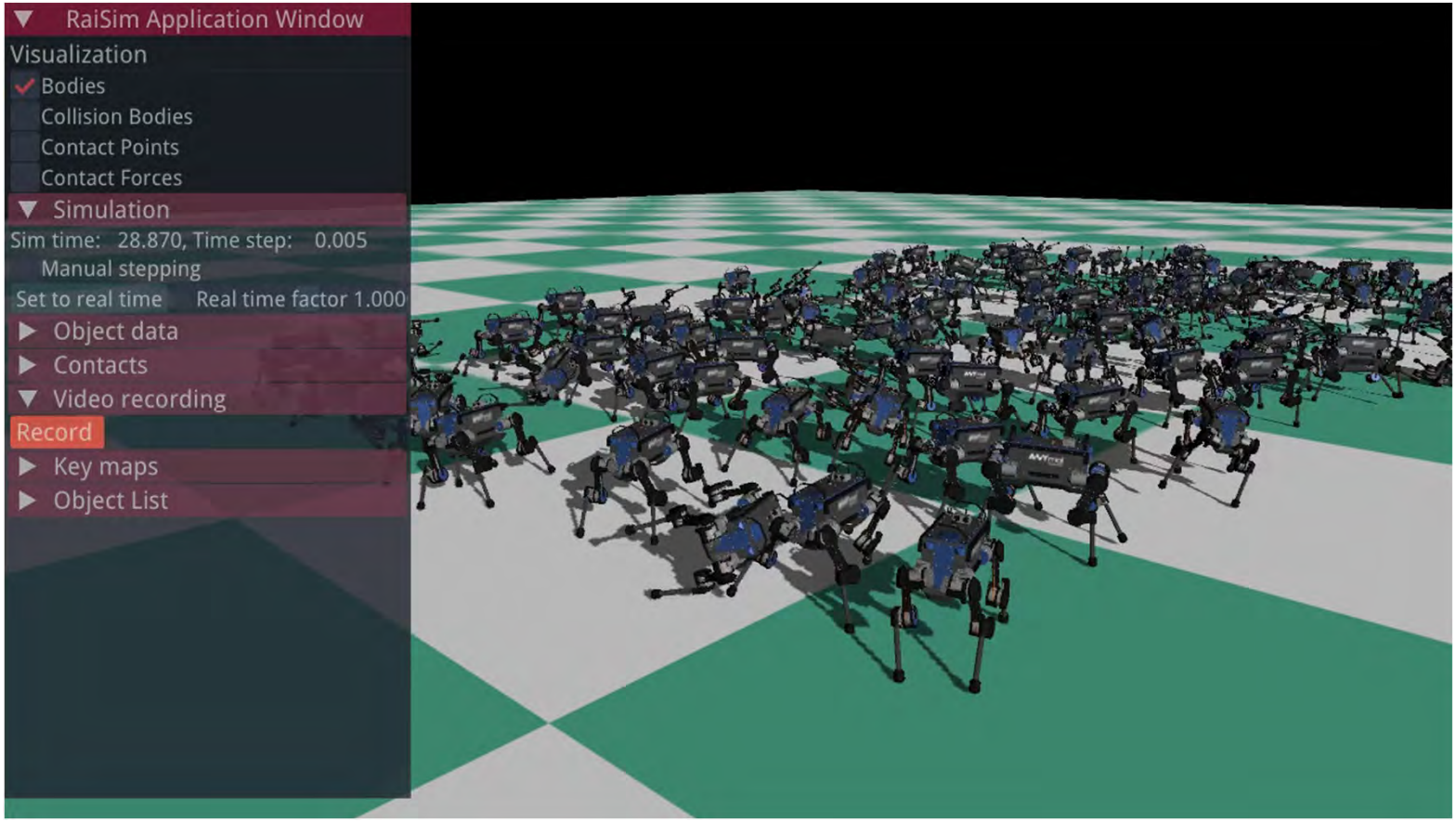




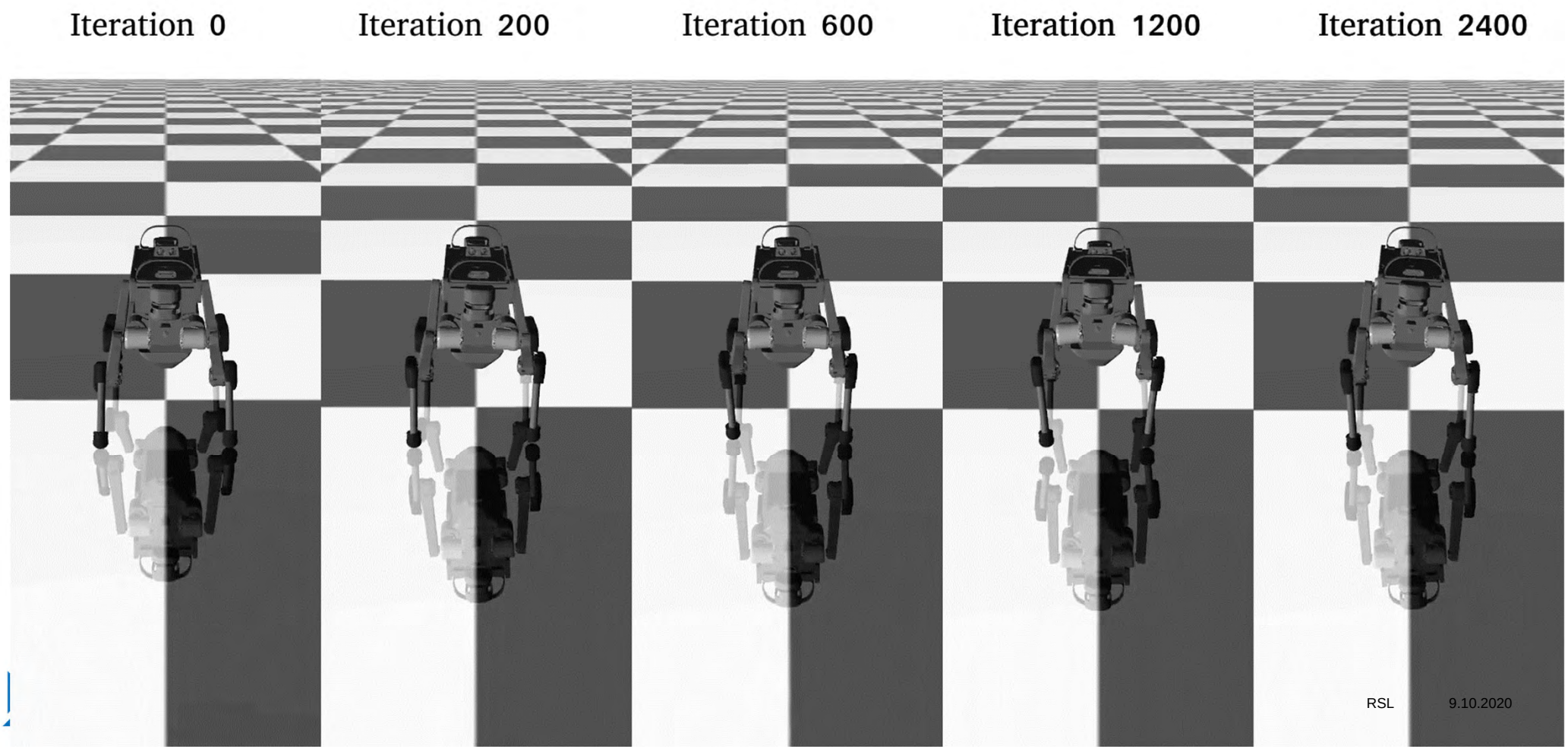


Reinforcement learning

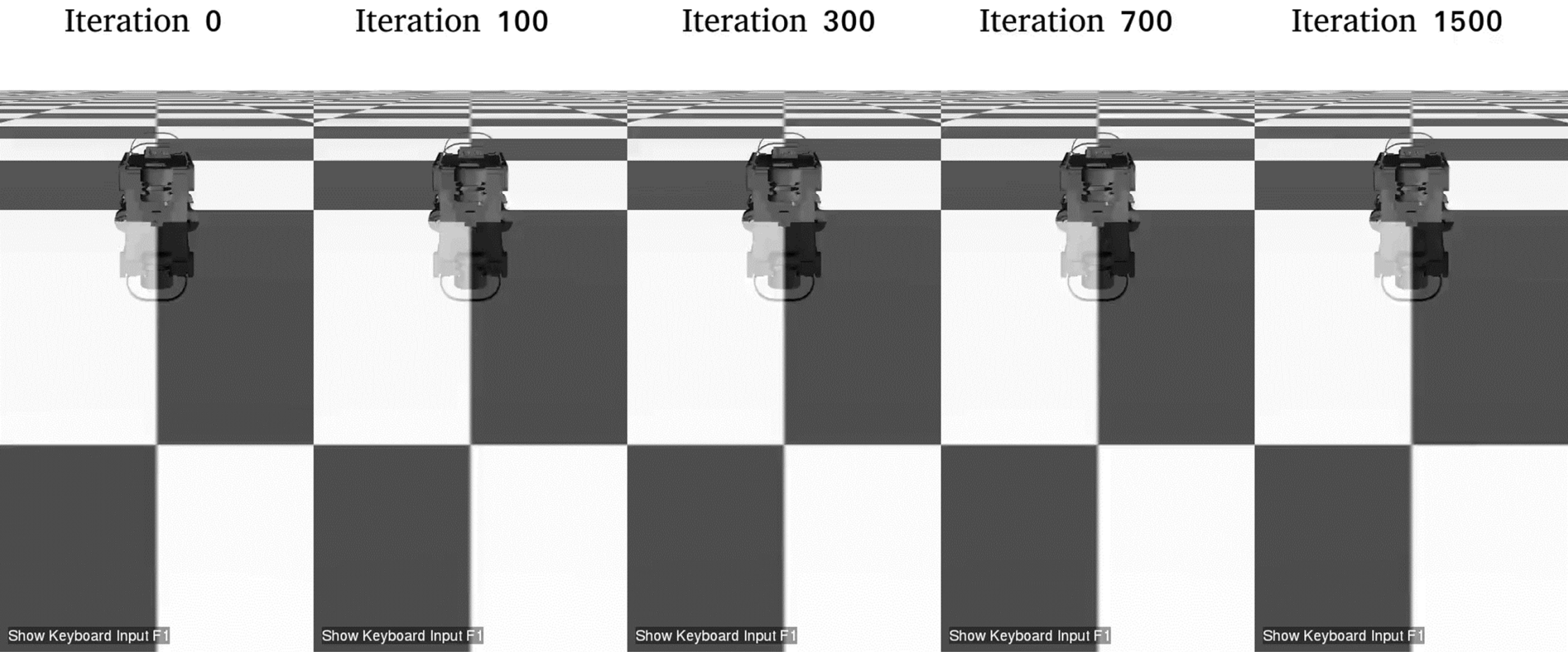
- Maschinelles Lernen von Daten generiert in Simulationen



Lernprozess Laufen



Lernprozess Aufstehen



RSL
Robotic Systems Lab
0.5x
RSL
Robotic Systems Lab
We present a control strategy for quadrupedal robots using Deep Reinforcement Learning

RSL
Robotic Systems Lab
ANYmal
even in various leg configurations

Laufen im Gelände

Learning to locomote over rough terrain

Adaptive Terrain Curriculum

Learning to locomote over rough terrain

Sensoren zur Umgebungswahrnehmung

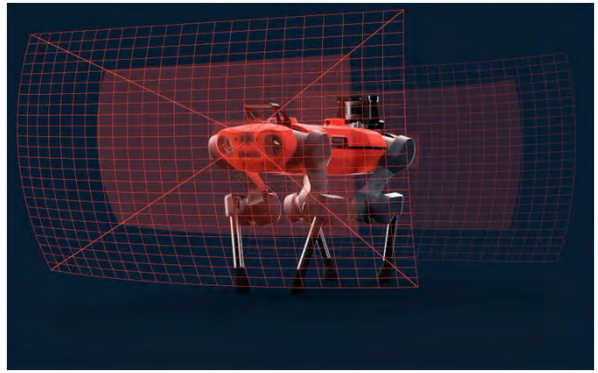
Lasersensor

Pan-tilt Kopf mit
- Optischer Zoomkamera
- Thermal Kamera
- Licht

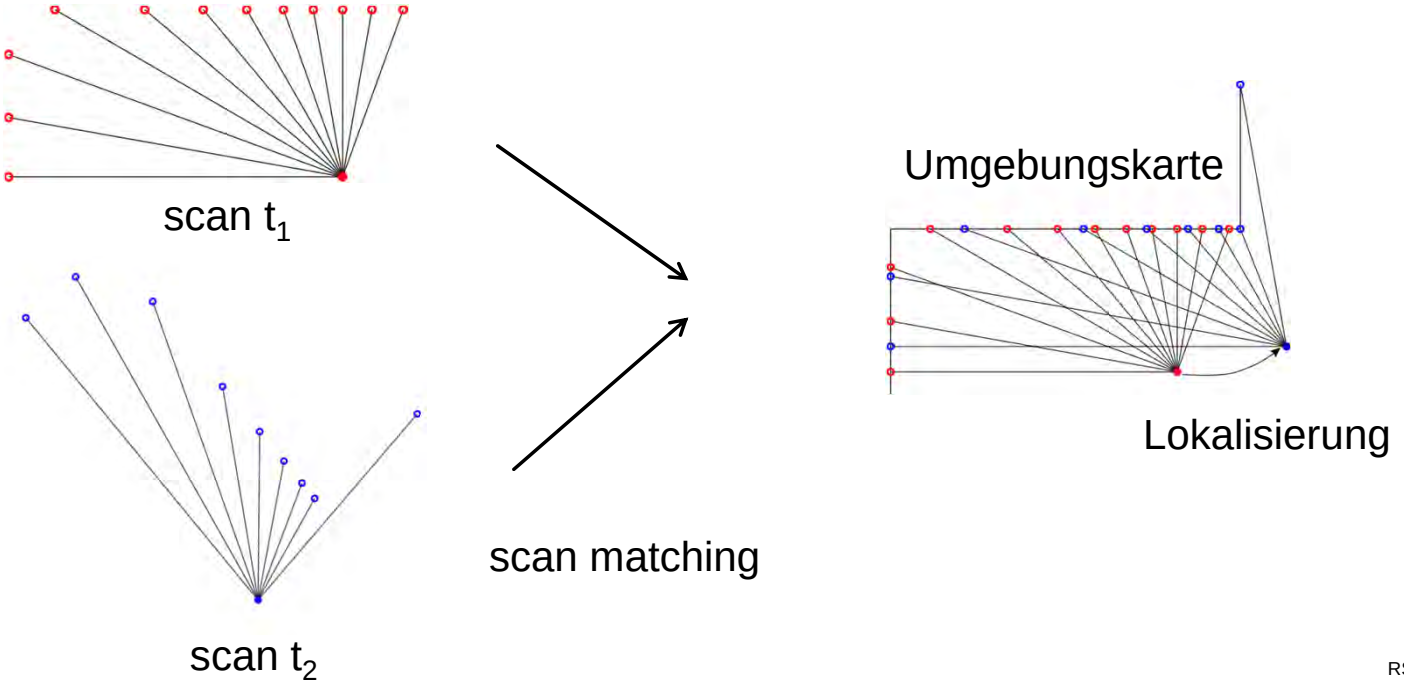
RTK GPS

4 aktive Stereokameras

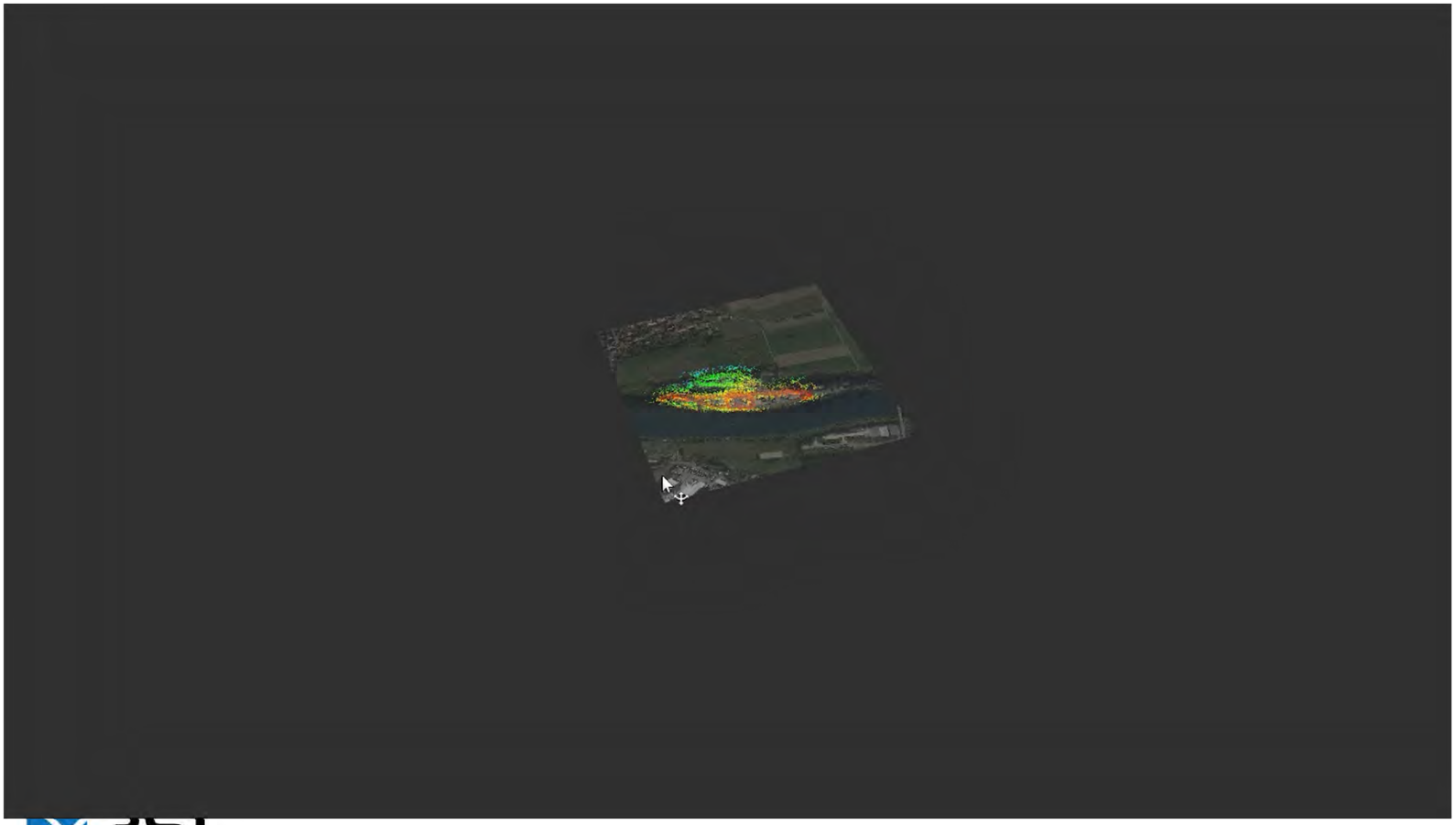
2 weitwinkel RGB Kameras



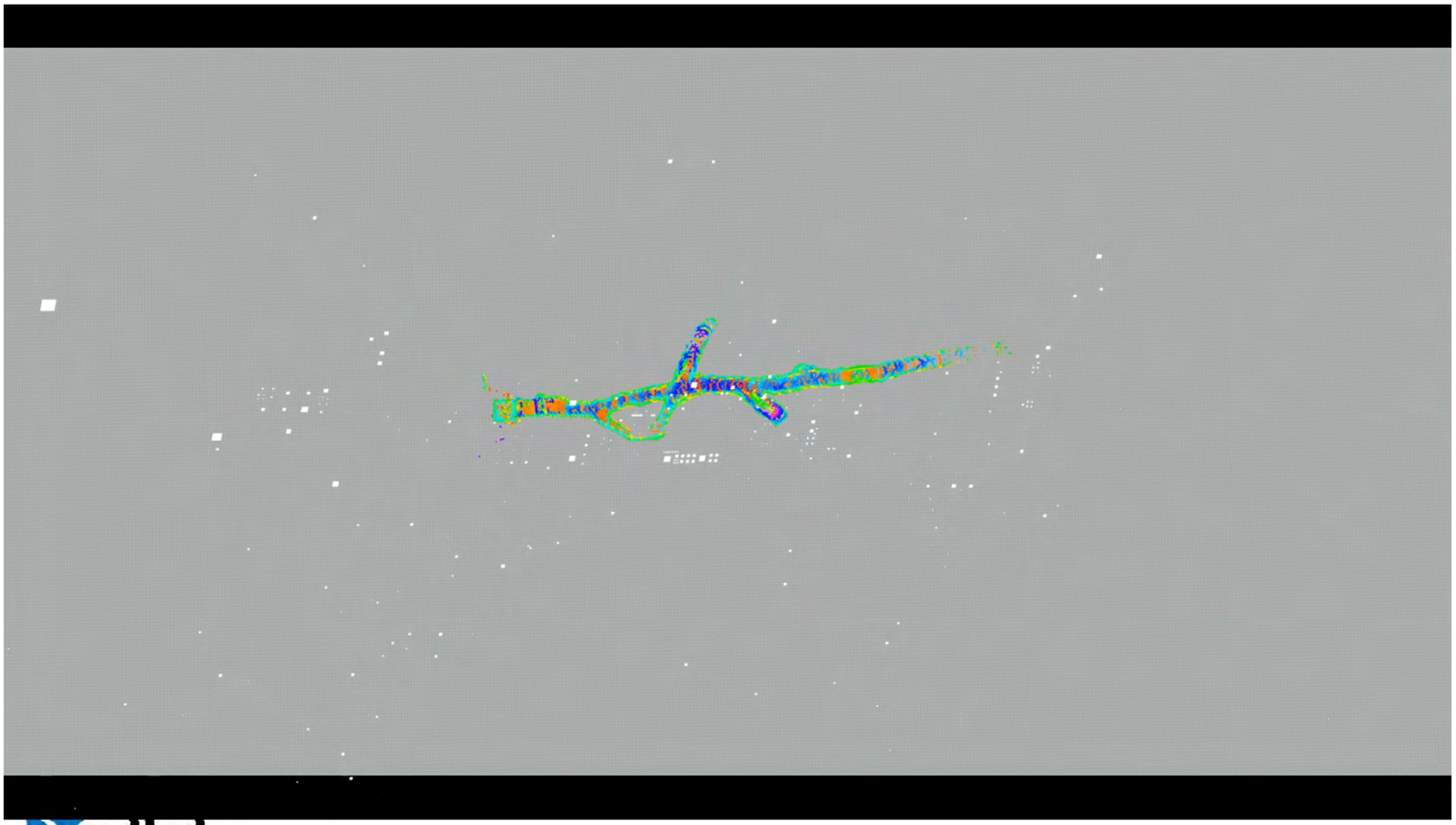
Laser Kartographierung und Lokalisierung



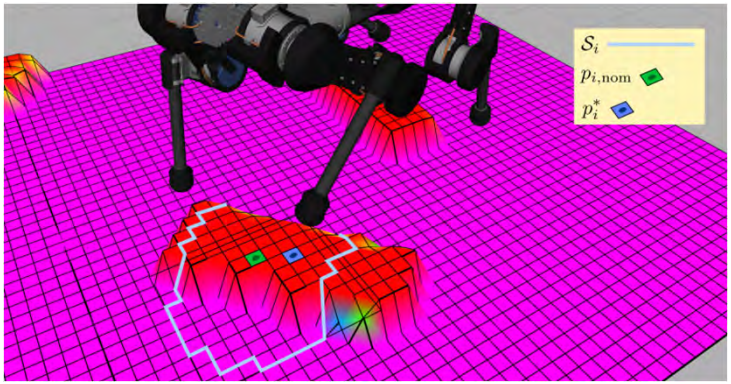
Laser Kartographierung und Lokalisierung (ICP)

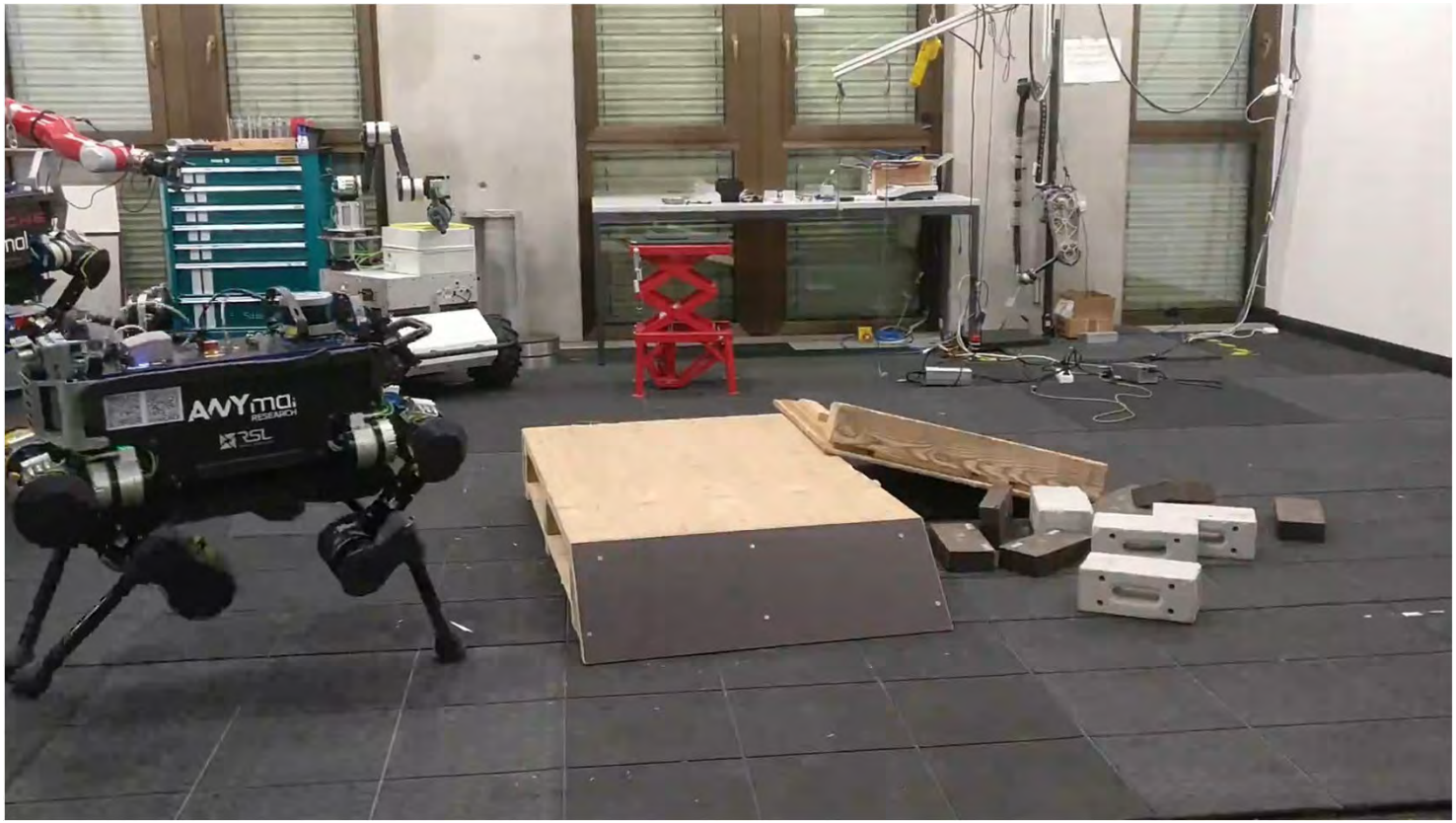


Geländekarte für Fusspunktplanung



Geländekarte für Fusspunktplanung

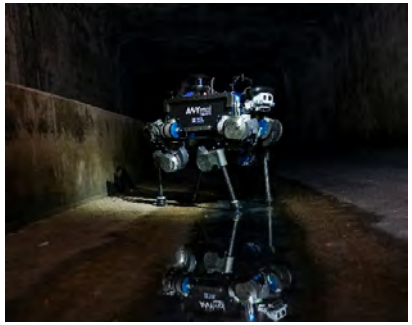




Anwendungen von Laufrobotern

Such und Rettung

Abwasserkanal und Minen Inspektion



Untergrund Erkundung

Wald Vermessung

Industrie Inspektion

Anwendungen von Laufrobotern

Such und Rettung

Abwasserkanal und Minen Inspektion

Untergrund Erkundung

Wald Vermessung

Industrie Inspektion

ARCHE ADVANCED ROBOTICS

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

armasuisse
Wissenschaft + Technologie
Schweizer Drohnen- und Robotik-Zentrum
SDRZ VBS

RSL Robotic Systems Lab

Anwendungen von Laufrobotern

Such und Rettung

Abwasserkanal und Minen Inspektion

Untergrund Erkundung

Wald Vermessung

Industrie Inspektion

RSL Robotic Systems Lab

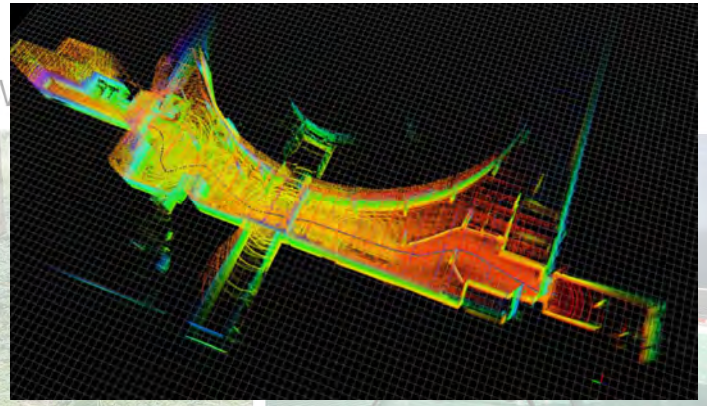
Anwendungen von Laufrobotern

Such und Rettung

Abwasserkanal und Minen Inspektion

Untergrund Erkundung

Wald V



Anwendungen von Laufrobotern

Such und Rettung

Abwasserkanal und Minen Inspektion

Untergrund Erkundung

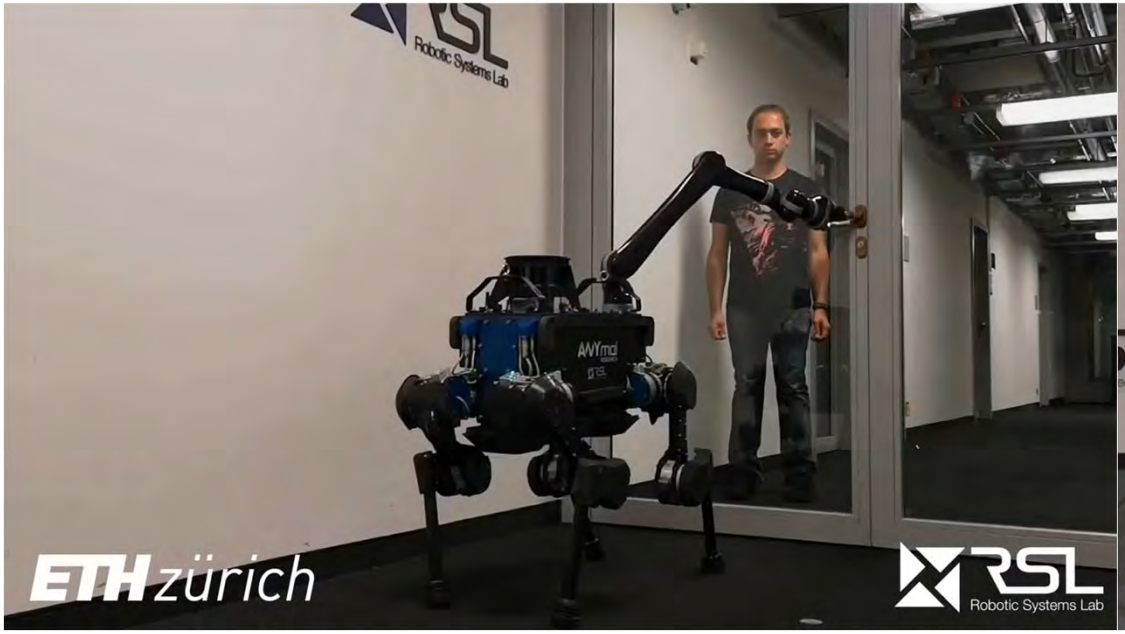
Wald Vermessung

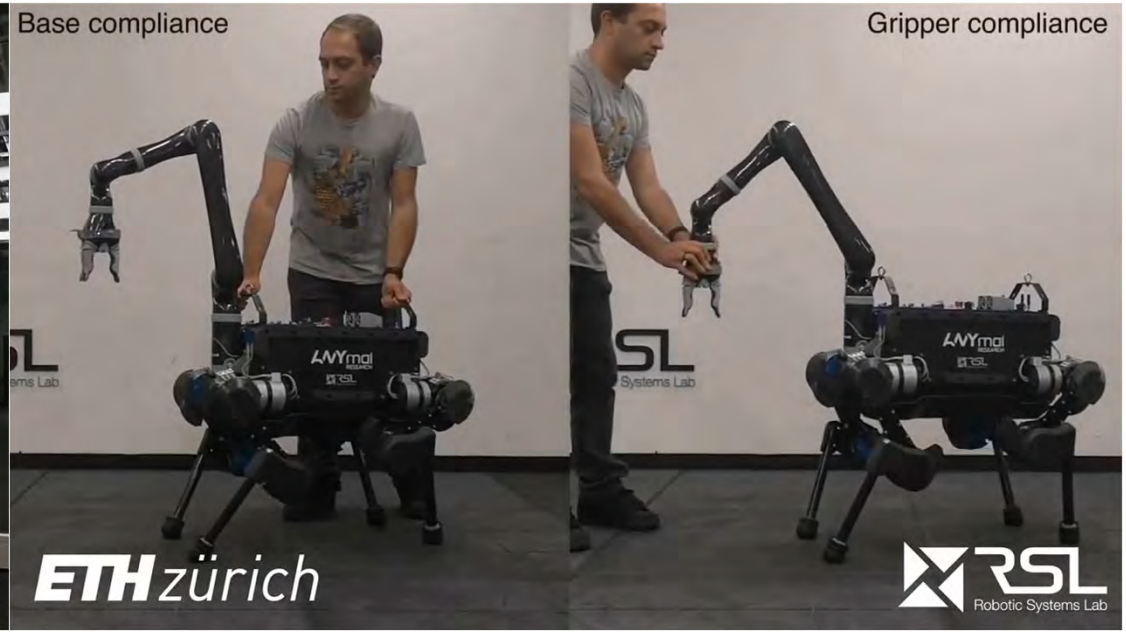
Industrie Inspektion

ANYbotics

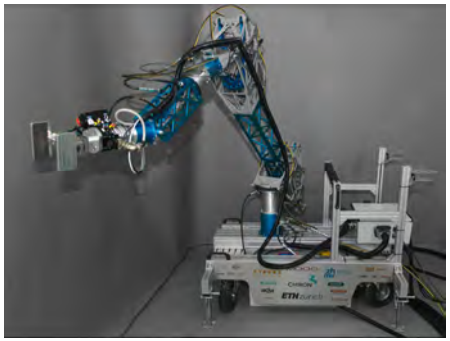
- Kommerzialisierung
- Wachsendes team von > 50 Leuten
- Anwendungen
  - Industrielle Inspektion
  - Transport
  - Baustellenvermessung
  - …

ANYmal mit Arm – Vom Inspektor zum Operator

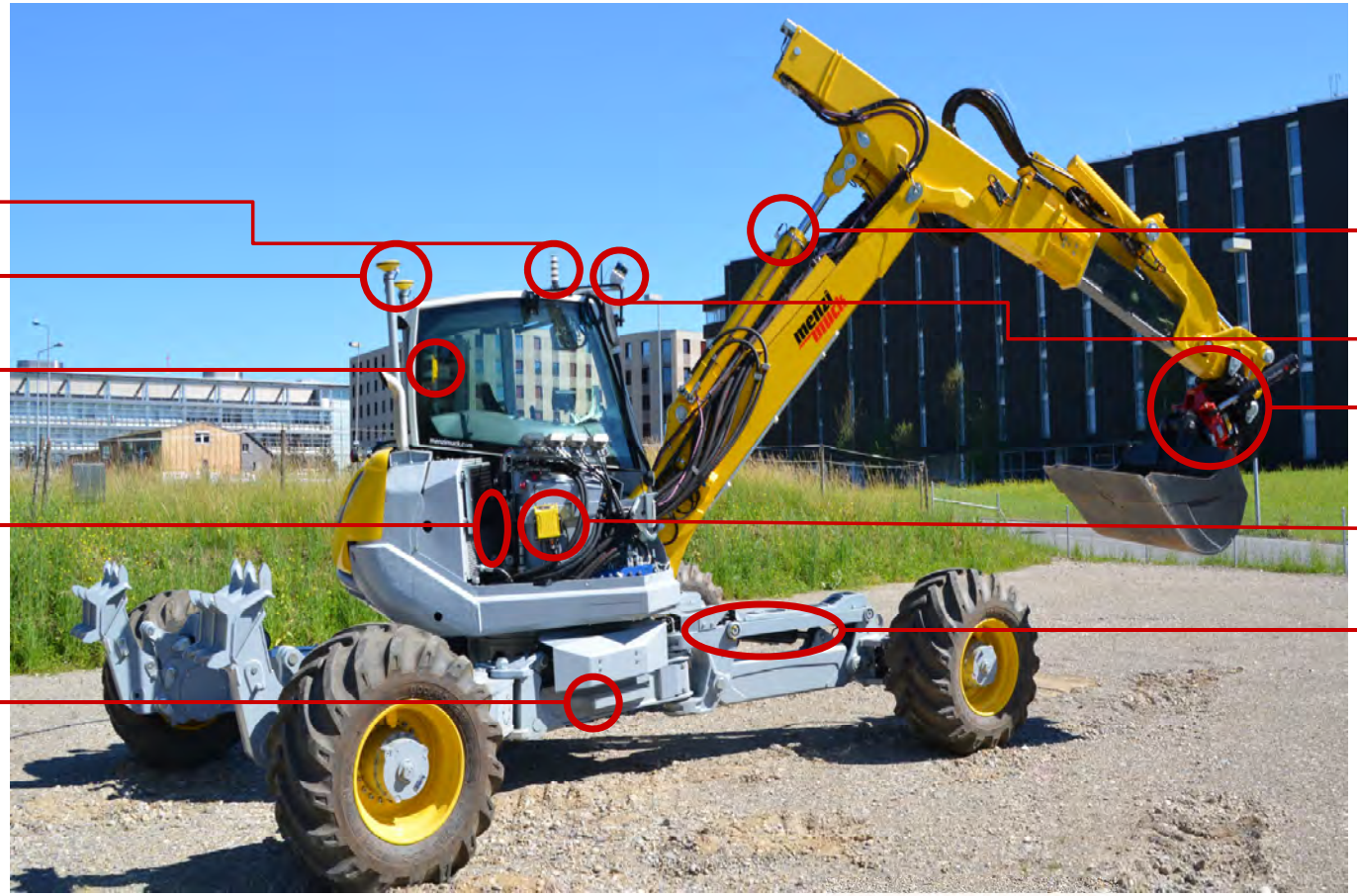




Vom Laufroboter zur digitalen Fabrikation



Autonomer Menzi Muck M545



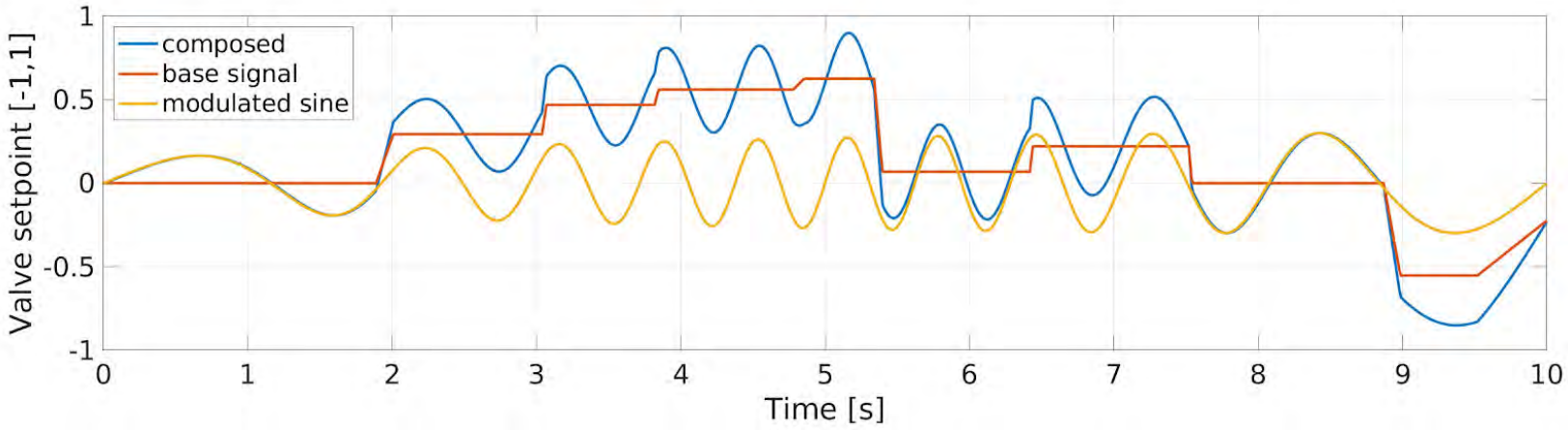
Teleoperation in Mitholz und Gumpisbach

Autonomer Menzi Muck M545

- Autonome Geländeanpassung
- Sicherheitsgarantie, besser Traktion und weniger Landschaden
- Präzise End-effektor Positionierung
- Maschinelles Lernen zur Automatisierung

Automatische Modellierung

- 2h Datennaufnahme auf dem Bagger
- Verschieden Positionen und Frequenzen
- Automatische Kollisionsvermeidung



Eine Maschine lernt automatisch zu Operieren

Learned Controller
Circular Trajectory Tracking with 20cm/s average shovel edge velocity and constant shovel orientation.

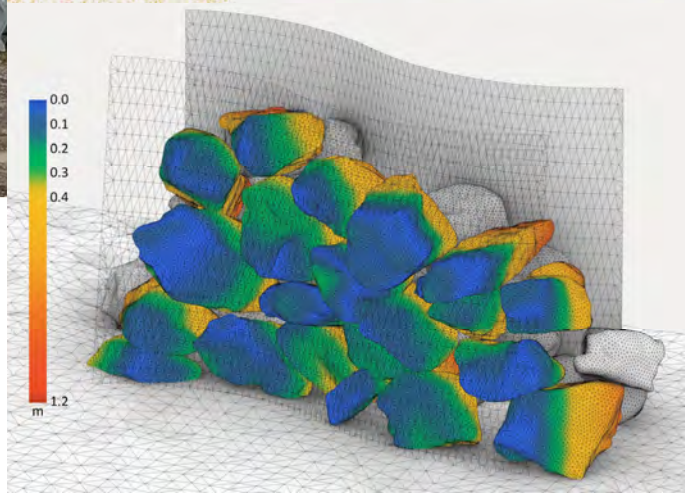
Learned Controller
Grading with an average shovel edge velocity of 20 cm/s.

Digital Fabrication and Automated Construction

Landscaping and stone aggregation

Digital Fabrication and Automated Construction

Landscaping and stone aggregation



Digital Fabrication and Automated Construction

Landscaping and stone aggregation

Vielen Dank

Zusätzliche Information:

- leggedrobotics.com
- youtube.com/leggedrobotics
- bitbucket.org/leggedrobotics
- github.com/leggedrobotics

Kollaboration

- anymal-research.org

Get your ANYmal

- anybotics.com

National Centre of Competence in Research Digital Fabrication
armasuisse W+T Wissenschaft + Technologie FoProg. 5/6
NVIDIA
European Commission | Horizon 2020 European Union funding for Research & Innovation
DARPA
intel
MOOG
menzi muck
Leica Geosystems
ECHORD++
FNSNF Fonds national suisse Schweizerischer Nationalfonds Fondo nazionale svizzero Swiss National Science Foundation
KTI/CTI
society in science The Branco Weiss Fellowship
erc European Research Council
FESTO
TOTAL
ANYBOTICS
Wyss Zurich Translational Center
robotics Swiss National Centre of Competence in Research
RSL Robotic Systems Lab