

## **Distanzlabore in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung**

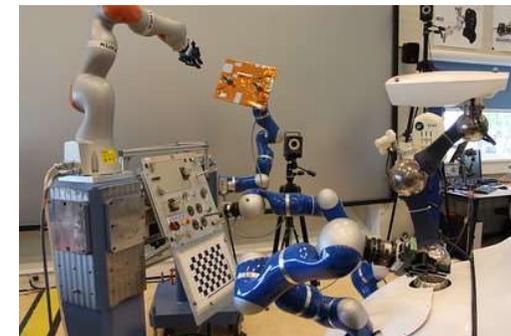
- Christian Bunse
- *Lieven Kennes*
- *Jan-Christian Kuhr*

DistLab - Gefördert durch die Stiftung Innovation in der Hochschullehre



# Einleitung

- Laborveranstaltungen sind zentraler Bestandteil der Ingenieurs-Ausbildung
  - Vertiefen theoretisch erworbene Grundlagen,
  - Überführen theoretisches in praxisbezogenes Handlungswissen
  - Motivieren eigenständigen Problemlösungen.
- Problem, insbesondere für Labore mit komplexer Technologie:
  - Verhältnis von Studierenden zu Laborplätzen
  - Zugangs- und Betreuungszeiten
  - Mangel an Ressourcen und Verfügbarkeit moderner Gerätetechnik
- Benötigt werden Konzepte zur
  - Zeitlich & räumlich unabhängigen Nutzung
  - Überwindung von Technologiehürden

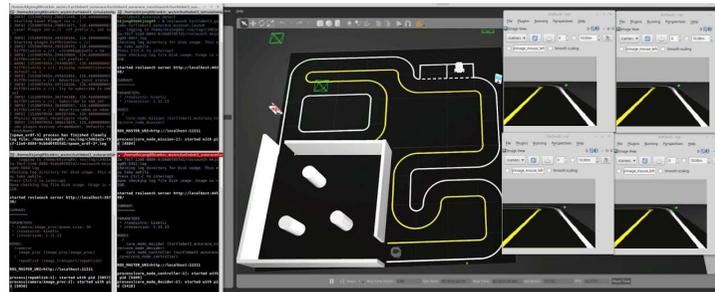


ESA-J. Harrod  
CC BY SA IGO 3.0

# Das Problem

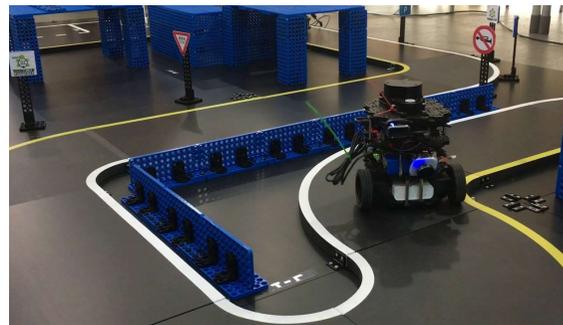
## Typischer Ablauf einer Laborveranstaltung am Beispiel Autonome Systeme

1. Vorlesungsserie (Robotik, Python, ROS) zur Vermittlung der Grundlagen
2. Begleitende Laborpraktika zur Anwendung / Transfer des Lernstoffs
  1. Nutzung von Simulatoren im PC-Pool



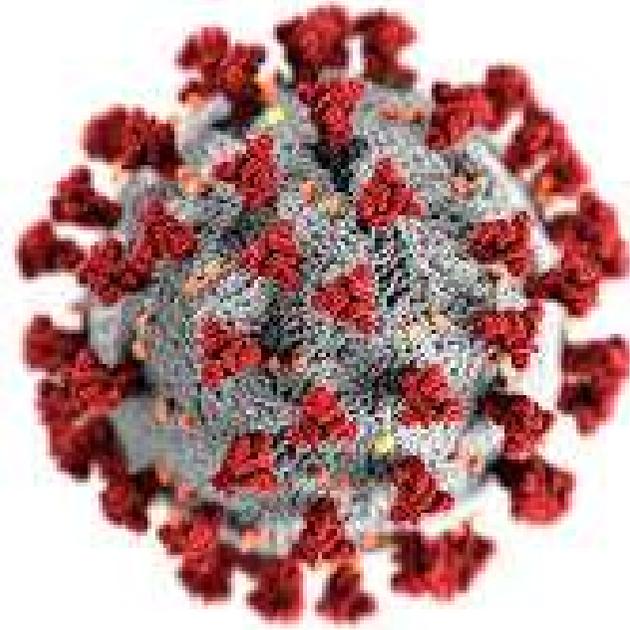
Quelle: ROBOTIS OpenSource Team

2. Praktisch Erproben



Quelle: ROBOTIS OpenSource Team

3. Evaluation



Quelle: Rawpixel Ltd.; pxhere.com

# Das Problem

## Typischer Ablauf einer Laborveranstaltung am Beispiel Autonome Systeme

1. Vorlesungsserie (Robotik, Python, ROS) zur Vermittlung der Grundlagen ✓ *Online*
2. Begleitende Laborpraktika zur Anwendung / Transfer des Lernstoffs
  1. Nutzung von Simulatoren im PC-Pool



Quelle: ROBOTIS OpenSource Team

2. Praktisch Erproben



Quelle: ROBOTIS OpenSource Team

3. Evaluation ✓

*Private PC der Studierenden*

## Was tun?

- Benötigt werden Technologien und Ansätze zur
  - Digitalen Unterstützung bzw. zur
  - Vollständigen Digitalisierungvon Laborveranstaltungen



= Konzept des „Remote Lab“

- Erhoffte Nebeneffekte
  - Vereinfachter Zugang
  - Sammeln „praktischer“ Erfahrungen
  - Curriculare Verankerung
  - Übertragbarkeit

# Distanz-Labore – ein kurzer Überblick

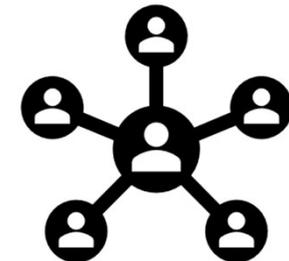
## Laborveranstaltungen

- Vertiefen von Lerninhalten
- Sammeln praktischer Erfahrungen anhand von Laborversuchen
- Weiter Einsatz in vielen Bereichen der MINT-Ausbildung
- Ressourcen-Intensiv
- ...



## Distanz-Labore (Remote-Lab)

- Über das Internet bedienbare Laborversuche
- Versprechen Hilfe für
  - Effiziente Nutzung von Ressourcen
  - 24/7 nutzbar durch Studierende
- Versprechen Mitigation bei
  - Passivität der Studierenden
  - Heterogenem Vorwissen
  - Begrenzten Möglichkeiten zum individualisierten Lernen
- Keine hohe Komplexität der Lerninhalte



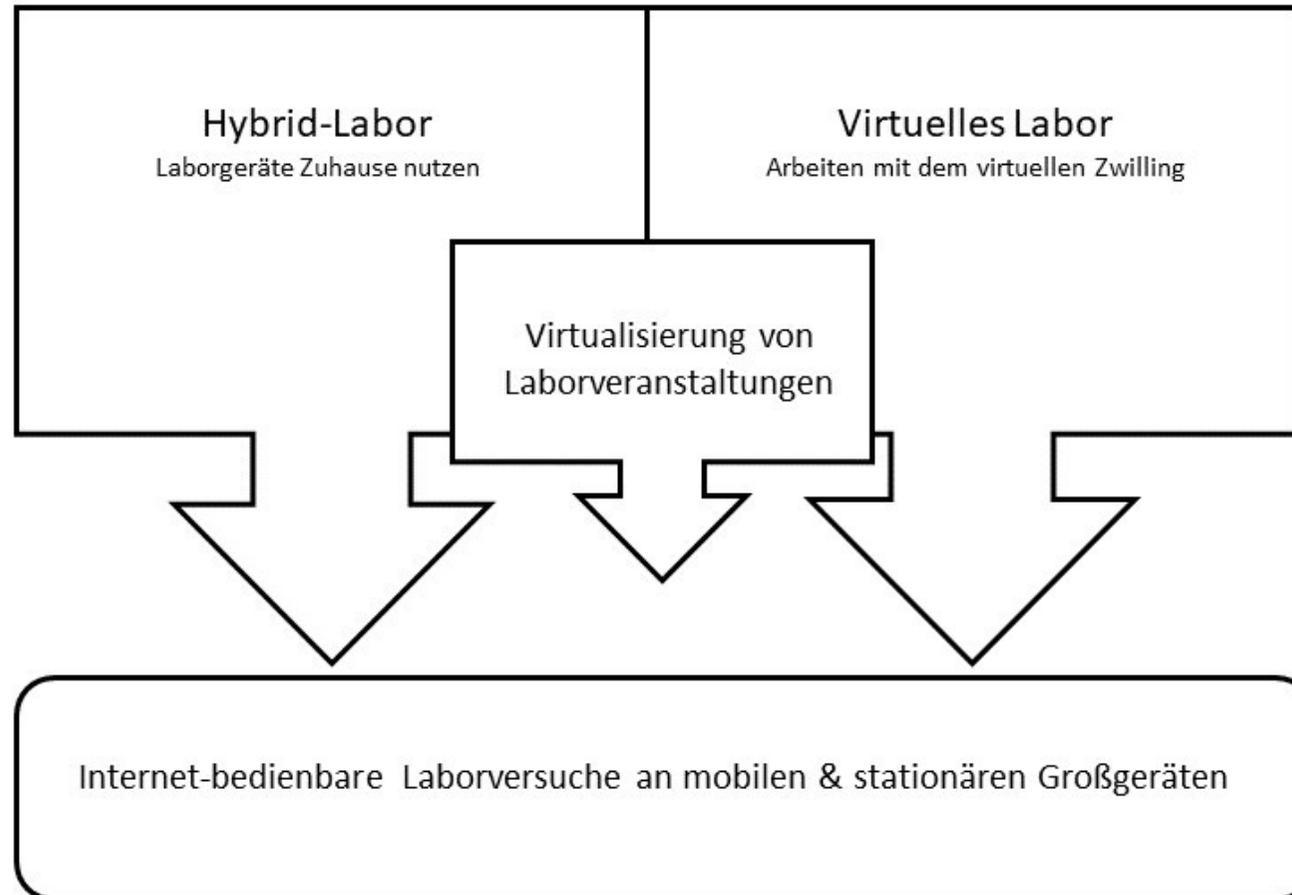
## Distanz-Labore – Was wir bereits wissen

- Distanzlabore sind bereits erfolgreich im Einsatz
  - 1995: [Cao et al] diskutieren über das Internet nutzbare Labore.
  - 2000: [Schwarz et al] beschreiben die Nutzung von Remote Labs in der Physik.
  - 2015: bwLehrpool nutzt Desktop-Virtualisierung für Labore in der Mathematik und vielen Bereichen der Informatik.
- Aber
  - Distanzlabore eignen sich hauptsächlich für „wenig“ komplexe Laboraufgaben [Schwarz et al 2000, Viegas et al 2018].
  - Existierende Ansätze haben Mängel bzgl. Flexibilität, Skalierbarkeit, Wartbarkeit und Wiederverwendbarkeit [Gravier et al 2008].
  - Übertragung auf ingenieurwissenschaftliche Laborveranstaltungen ist schwierig. [Post et al 2019]

☞ Es fehlt ein skalierbares und vor allem portierbares Konzept für Distanzlabore in den Ingenieurwissenschaften an mobilen und stationären Großgeräten.

# DistLab – Idee und Konzept

Hochschule 2031 – GI Jahrestagung 2021



# DistLab – Virtueller Zwilling

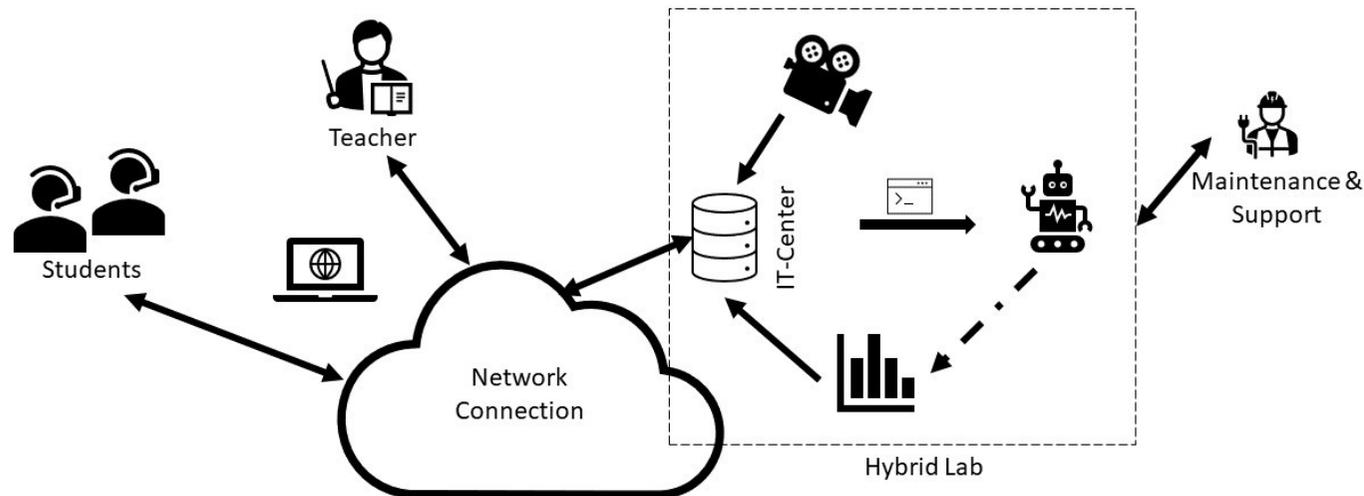
- Abbilder von Maschinen oder Laborgeräten
  - Keine Datensynchronisation zwischen realem und virtuellem Objekt
  - Interoperabler Einsatz - Übertragung von „Lösungen“
- Nutzung
  - Vertiefung von Vorlesungsinhalten am virtuellen Zwilling
    - Verlagerung von Labor-Präsenzzeiten in die häusliche Umgebung
    - Bessere Verfügbarkeit von Geräten
  - Nutzen des realen Geräts für praktische Versuche
    - Keine Einarbeitungszeit
    - Anwendung des Praxiswissens
  - Abnahmen von Abschlussarbeiten (EA) am realen Gerät



Quelle: Quanser Inc.

# DistLab – Hybrid-Labor

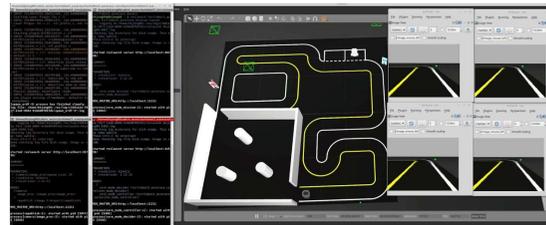
- Laborgeräte mit hoher Komplexität und hohen Freiheitsgraden
  - Sind nicht vollständig virtualisierbar
  - Verfügen über „einfache“ Simulatoren
  - Sind von einer Vielzahl von Faktoren abhängig
  
- Hybrid-Labore
  - Programmierung und Nutzung realer Geräte über das Netz



# Hybrid-Labor in der Umsetzung

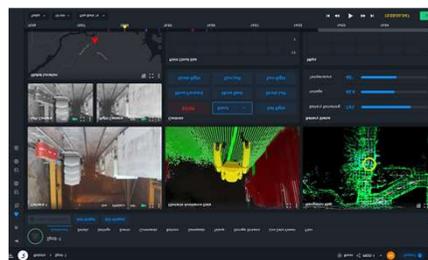
## Typischer Ablauf einer Laborveranstaltung am Beispiel Autonome Systeme

1. Vorlesungsserie (Robotik, Python, ROS) zur Vermittlung der Grundlagen  
Mittels Online Lernplattform (hier BBB und ILIAS)
2. Begleitende Laborpraktika zur Anwendung / Transfer des Lernstoffs
  1. Nutzung von Simulatoren als Virtuelle Maschine (Rechenzentrum) ✓



Quelle: ROBOTIS OpenSource Team

2. Praktisch Erproben mittels Web-Interface und Dashboard ✓



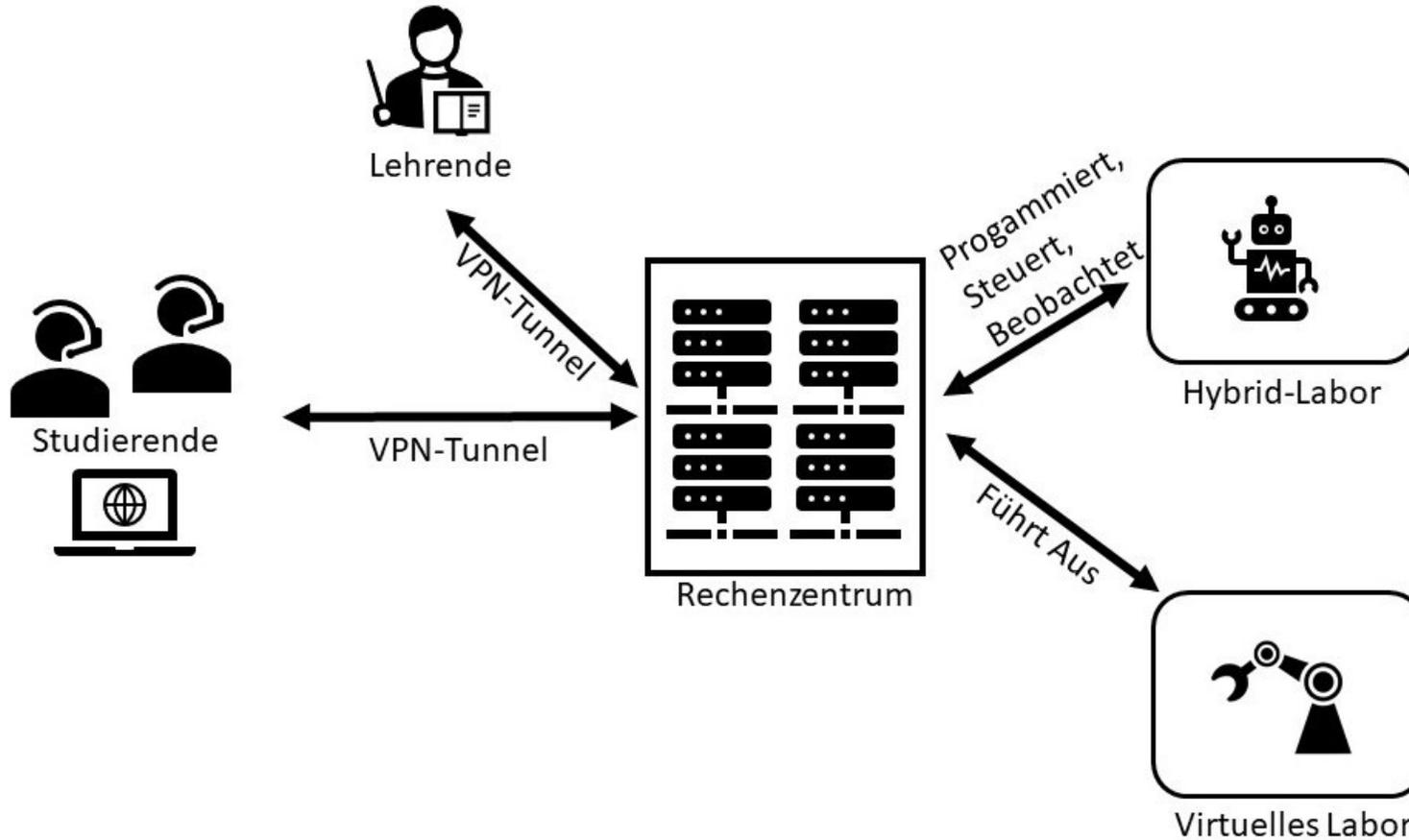
Symbolbild  
Quelle: <https://www.rocos.io/>

3. Evaluation durch Online Prüfung  
in Testatsform ✓



Symbolbild  
Quelle: Lazar Dimitrijevic, USAID

# Realisierung und Integration



## Übertragung auf andere Labore - Problem

- Bislang Realisierung/Planung für spez. Labor
  - Autonome Systeme (Elektrotechnik & Informatik)
  - Steuerungs- und Regelungstechnik (Maschinenbau)
  
- Was ist mit anderen Laboren ähnlicher Komplexität?
  - Produktions- und Fertigungstechnik
  - Automatisierungstechnik
  - Reinraumtechnologie
  - ...
  
- Portierungsstrategien und Prozesse
- Adaptive Softwaresysteme

# Übertragung auf andere Labore - Lösungsansatz

- Virtueller Zwilling
  - Konfiguration und Bereitstellung einer virtuellen Maschine (Virtueller Zwilling)
  - Anbindung der realen Geräte an die Simulationsumgebung (Datenübertragung, etc.)
- Hybrid-Ansatz
  - Konfiguration und Bereitstellung einer virtuellen Maschine (Simulator)
  - Ausstatten des Labors mit notwendiger Infrastruktur‘ (Telemetrie, Video, etc.)
  - Adaption des Webinterface und der Arbeitsumgebung (Software Baukasten)
  - Anbindung des Labors an die zentrale Infrastruktur

# Einbettung in den Lehrbetrieb

- Distanzlabore können nur dann erfolgreich sein, wenn sie curricular und rechtssicher verankert sind.
  - Kollaboration
  - Leistungskontrolle / Prüfung
  - Qualität und Plagiarismus
  - Variierende Lehr-/ Lernzeiten
    - Asynchron und Synchron
  - Internationalisierung (Sprache und Kultur)
- Erforderlich
  - Bereitstellen notwendiger Infrastruktur
  - Anpassen der Rahmenprüfungsordnung (Online Prüfung)
  - Definition fachübergreifender Standards und Prozesse
  - Unterstützung durch Pädagogen
  - Enge Kooperation mit Akkreditierungsstellen (intern und extern)



# Evaluation

- Eine erfolgreiche Einführung muss wissenschaftlich begleitet werden
  - Auswahl von Referenzveranstaltungen
  - Erhebung des Ist-Standes
  - Empirische Evaluation nach protypischer Einführung
  - Etablierung einer kontinuierlichen und hochschulweiten Begleitung
- Qualitätsfokus
  - Intern: Skalierbarkeit, Portierbarkeit, Ressourcenoptimierung, etc.
  - Extern: Qualität der studentischen Arbeiten, Lernaufwand, etc.
  - Subjektive Einschätzung: Befragung der Studierenden



## Zusammenfassung und Ausblick

- Konzept zur ortsungebundenen, digitalen Durchführung von Laborveranstaltungen in Laboren mit kostenintensiver Geräteausstattung
  - Realisierung im Rahmen eines geförderten dreijährigen Projektes
  - Qualitätsziel: Portierbar und Skalierbar
- Effekte
  - Studierende können intensiv und selbstbestimmt mit Laborgeräten interagieren
  - Keine Einschränkung durch Laborzeiten und Geräte-Verfügbarkeit von Hardware stellen
  - Zugriff über das lokale HRZ
- Ausblick
  - Einbindung von Partnerunternehmen - Praxisintegrierendes Studium
  - Nutzung externer Hardware im Rahmen der Lehre

## Diskussion

Wir sind am Anfang unseres Projekts.

Wir freuen uns sehr auf Ihr Feedback und Ihre Fragen.

