

Erfahrungen mit der Entwicklung und Nutzung eines hybriden Remote-Labors im Bereich Robotik für Bildung und Lehre

Torsten Wieck, Prof. Christian Bunse

Hochschule Stralsund, Zur Schwedenschanze 15, 18435 Stralsund

Abstract

Für die MINT-Lehre sind traditionell anwesenheitspflichtige Laborveranstaltungen ein wesentlicher Bestandteil. Sie bieten den Studenten die Möglichkeit, ihr erworbenes Wissen zu vertiefen und für das Lösen spezifischer Problemstellungen anzuwenden. Allerdings weisen diese Art von Laborveranstaltungen erhebliche Defizite im Ressourcenmanagement (Personal, Zeit und Ausrüstung) auf. Diese Arbeit stellt die laufenden Entwicklungen und ersten Erkenntnisse des DistLab Projekts an der Hochschule für angewandte Wissenschaften Stralsund dar. Mithilfe von DistLab wird eine übertragbare Konzeption für hybride Remote-Labore in der MINT-Ausbildung entwickelt und untersucht. Die hybriden Fernlabore beinhalten die Kombination aus fern-steuerbaren Systemen, die ortsabhängig sind, deren Bearbeitungen und Untersuchungen jedoch ortsunabhängig stattfinden. Aufgrund der physisch vorhandenen Systeme sind die Laborversuche auch in Präsenz durchführbar, was die Vielseitigkeit des Prüfstands steigert und den Studenten zusätzlich eine hands-on Mentalität ermöglicht. Die echtzeitfähige Kopplung zwischen Studenten und Labor gewährleistet eine sofortige Reaktion und Behebung von Fehlern, sobald diese auftreten. Erste Zwischenergebnisse, die mittels eines questionnaire generiert wurden, haben gezeigt, dass die Ressourcenunabhängigkeit dieses Laborkonzeptes, die Lerninhalte flexibler und uneingeschränkter für den Studenten bereitstellt. Allerdings erfordert diese Flexibilität ein hohes Maß an Selbstdisziplin und Selbst-Organisation von den Studenten.

1. Motivation/Problemstellung

Klassische Präsenzlabore sind ein essenzieller Bestandteil der Hochschullehre und sind besonders in den MINT-Fächern ein wesentliches Mittel, um theoretisch erworbenes Wissen praktisch anzuwenden. Im Zuge der COVID-19-Pandemie ist die ohnehin im Fokus stehende Digitalisierung eine große Herausforderung im tertiären Bildungsbereich. Ein wesentlicher Schritt bei der Digitalisierung ist die Virtualisierung von Laborveranstaltungen, um den Fernzugriff (bspw. Via Internet) zu ermöglichen (Cao et al., 1998). Die sogenannten Remote-Labore sind softwarebasierte Labore, die es den Studenten ermöglicht extern auf Standortgebundene reale Geräte zuzugreifen. Remote-Labore bieten die Möglichkeit Ressourcen (Personal, Laborausrüstung) optimiert einzusetzen, mit dem Ziel ähnliche Erfahrungen und Lernfortschritte wie bei traditionellen Präsenzveranstaltungen zu realisieren (Lindsay & Good, 2005). Aufgrund der Vielzahl an bereits vorhanden Remote-Labor Konzepten, die spezifisch nach dem Anwendungsfall und den technischen Gegebenheiten vor Ort ausgerichtet sind, ist eine Übertragbarkeit oft nicht möglich. Neben technischen Restriktionen stellen unterschiedliche ortsabhängige Bestimmungen (IT-Sicherheit, Netzwerkkommunikation) eine

Herausforderung dar. Diese Problematik führt zu Insellösungen, sodass kein allgemeingültiges Konzept für die Umwandlung und Implementierung von Präsenz-labore in Remote-Labore vorliegt.

2. Die DistLab-Vision

Der im DistLab Projekt untersuchte Ansatz beinhaltet die Virtualisierung und Evaluierung von Distanzlaboren im ingenieurwissenschaftlichen Bereich. In Abbildung 1 sind die zwei Konzeptideen: Hybrid-Labore und Virtuelle-Labore dargestellt. In der vorliegenden Arbeit wird die laufende Konzipierung für ein Hybrid-Labor an der Hochschule-Stralsund (Fakultät Elektrotechnik und Informatik) erläutert und erste Zwischenergebnisse präsentiert.

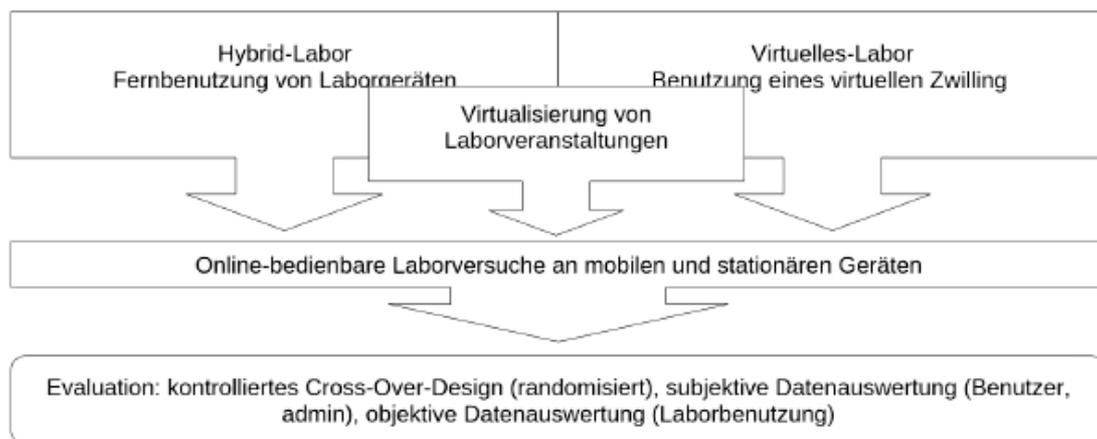


Abbildung 1: DistLab Virtualisierungs- und Evaluierungsstrategie

3. Ausrichtung und Aufbau des Hybrid-Labor

Aus dem MINT-Bereich heraus ist der Prüfstand für Bachelor- und Masterstudiengänge (Bachelor im höheren Semester) im IT-Sektor konzipiert. Problemstellungen Autonomer Systeme und Robotik können mit dem Prüfstand untersucht werden. Neben der Erfahrung mit dem Umgang solcher modernen Systeme sind die Lehraufgaben so ausgerichtet, dass die Nutzer grundlegende Programmierparadigma (OPP) mithilfe bekannter Programmiersprachen (Python, C++) zum Absolvieren der Prüfversuche anwenden. Der Prüfstand (Abbildung 2) basiert auf dem jährlich stattfindenden Turtlebot AutoRaceChallenge (2020 Version) Wettbewerb, bei dem mobile Roboter einen definierten Kurs absolvieren, der verschiedene Szenarien des autonomen Fahrens abbildet. Die Aufgabe ist es, den Kurs möglichst schnell und fehlerfrei zu durchlaufen. Die Aktionsfläche des Prüfstands ist flexibel gestaltet, sodass neue Kurse und Problemstellungen entwickelt und untersucht werden können.

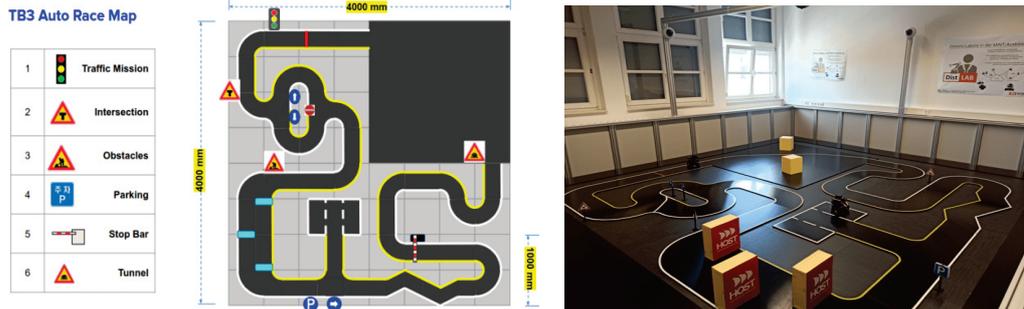


Abbildung 2: Links: Turtlebot AutoRaceChallenge 2020 Schema Rechts: Prüfstand Hochschule Stralsund

Als Untersuchungs- und Entwicklungsplattform wird der ROS2-basierte Turtlebot3 Roboter verwendet. ROS (Robot Operating System) ist ein OS-Framework, welches Betriebssystem-Funktionen und Software-Werkzeuge beinhaltet, um Roboter effizient zu programmieren. Die einzelnen Aufgabenstellungen (Parken, Tunnel etc.) werden mithilfe von dem Roboter bereitgestellten Kamera- und 2D-Lidar-Sensordaten programmieretechnisch gelöst. Der als Präsenzversuch konzipierte Prüfstand lässt sich durch gezielte Modifikation zum Remote-Labor virtualisieren. Das beinhaltet die Erweiterung durch IP-Kameras sowie die Umstrukturierung der Nutzer-Roboter Kommunikation auf Fernzugriff (Bunse & Wieck, 2022).

4. Realisierung

Die erfolgreiche Realisierung des vorgestellten DistLab Konzepts beruht auf der Netzwerkkonstruktion und dem Managementsystem. Bei der Kommunikations- und Applikationsinfrastruktur setzt DistLab auf ein zentralisiertes Hosting aller eingesetzten Komponenten durch das Hochschulrechenzentrum (Abbildung 3). Aufgrund der Struktur wird ein sichererer und performanterer Zugang zum Prüfstand gewährleistet. Gleichzeitig müssen die Nutzer keine zusätzliche Software installieren und bestimmte Geräteanforderungen für die Benutzung des Prüfstands bereitstellen, da bei der Versuchsdurchführung virtuelle Maschinen (Linux-basierend) zum Einsatz kommen.

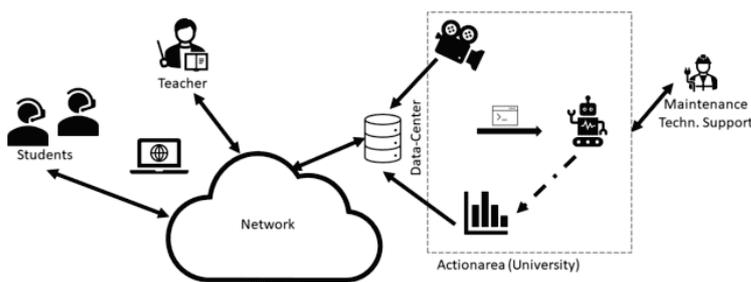


Abbildung 3: DistLab Architektur Hybrid-Labor (Bunse, 2021)

Das derzeit in Entwicklung stehende Managementsystem übernimmt die Nutzerverwaltung und die Zugriffskontrolle sowie die Ressourcenreservierung im Hybrid-Labor. Technisch gesehen, baut das Management-System auf das WebLab-Deusto Framework auf (Orduna, 2013) und erfolgt in Zusammenarbeit mit LabsLand. Neben der Instanziierung von Remote-Laboren bietet das Framework die Verbundmöglichkeit mit anderen Laboren sowie die Bereitstellung für entfernte Institutionen. Derzeit läuft eine Testphase, in der das Hybrid-Labor Studierenden der TU

Freiberg bereitgestellt wird an. Des Weiteren ermöglicht das Management-System eine dynamische Einbindung von LMS-Plattformen (Moodle) welche den admin seitigen Aufwand reduziert.

5. Ergebnisse

Aufgrund der laufenden Arbeit wurde das DistLab Konzept noch nicht vollständig durch eine empirische Studie evaluiert. Eine Vorevaluierung (60 Informatikstudenten (6 Semester Bachelor), 66% Antwortquote) wurde durch einen Fragebogen, der die subjektive Nutzerperspektive aufgreift, durchgeführt und lässt sich in 3 Evaluationspunkte unterteilen. 1. Auswirkung des Hybrid-Labor: 84% der Befragten gaben an, dass die jederzeitige Nutzung des Remote-Labor Ihnen geholfen hat Ihre Lernergebnisse zu verbessern bei geringerem Lernaufwand. 2. Benutzerfreundlichkeit des Hybrid-Labor: 79% gaben an, dass die bereitgestellte Benutzungsumgebung einfach zu bedienen und das Programmiertechnische Testen und Observieren erleichtert. Des Weiteren empfanden 92%, dass der nicht festgesetzte Zeitplan Ihrem eigenen Lerntempo zugutekommt. 3. Betreuung im Hybrid-Labor: Alle Befragten gaben an, dass zum Beginn des Laborversuchs persönliche Unterstützung in Präsenz oder Online zum Umgang mit dem Prüfstand erforderlich sei, aber in den späteren Phasen des Kurses vernachlässigbar ist. Während der Vorevaluierung ist gleichzeitig die echtzeitfähige Performance des Hybrid-Labor getestet worden. Der Netzwerkzugriff und die Kommunikation zum Roboter wurden hierfür mit VPN-Verbindungen realisiert. Die Latenzmessungen im Bildbereich (Entscheidungsfaktor) ergaben eine Verzögerung von 250ms, was dem Anwendungsprofil (weiche Echtzeit) entspricht und eine echtzeitfähige Systemsteuerung des Hybrid-Labors ermöglicht.

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Die vorliegende Arbeit beschreibt das DistLab-Projekt, welches die Konzipierung eines Remote-Labor im Ingenieurtechnischen Bereich untersucht, um ressourcenorientiert komplexe Lehrinhalte einfach und flexibel für Studenten bereitzustellen. Das DistLab Projekt ist als transferierbares und skalierbares Konzept für Remote-Labore in der MINT-Ausbildung anzusehen. Erste Evaluierungsschritte haben gezeigt, dass Remote-Labore den Nutzern eine selbstbestimmte Arbeitsweise ermöglichen auf gleichen Qualitätsniveau wie traditionelle Präsenzlabore. Gleichzeitig konnte die Funktionalität der DistLab-Architektur für das vorgestellte Hybrid-Labor evaluiert werden. Erst eine vollständige Evaluation wird zeigen ob Remote-Labore traditionelle Labore ersetzen können oder ein kombinierbares Zusatzangebot zum traditionellen Labor darstellt.

Quellen

Bunse, C. (2021). Distanzlabore in der ingenieurwissenschaftlichen Ausbildung. Digitale Bibliothek - Gesellschaft für Informatik e.V.
<https://dl.gi.de/handle/20.500.12116/37656>

Bunse, C. & Wieck, T. (2022). Experiences in Developing and Using a Remote Lab in Teaching Robotics. In *2022 IEEE German Education Conference (GeCon)*.
<https://doi.org/10.1109/gecon55699.2022.9942749>

Cao, Y., Chen, T., Harris, M. P., Kahng, A. B. & Lewis, M. P. (1998). A Remote Robotics Laboratory on the Internet. *Proc. INET-95*.

Lindsay, E. & Good, M. (2005). Effects of Laboratory Access Modes Upon Learning Outcomes. *IEEE Transactions on Education*, 48(4), 619–631.
<https://doi.org/10.1109/te.2005.852591>

Orduna, P. (2013). Transitive and scalable federation model for remote laboratories.
http://www.weblab.deusto.es/pub/dissertation_pablo.pdf