

Antrag auf ein Fellowship in der digitalen Hochschullehre

dETLab-

digitales Elektrotechnik-Labor für die hybride Lehre

am Beispiel der Vorlesung und Laborpraktika

Grundlagen der Elektrotechnik,

Grundlagen der Elektronik

Mikroprozessortechnik – Signalverarbeitung mit Embedded Systems

Prof. Dr.-Ing.

Falk Liebold

Duale Hochschule Gera-Eisenach

24.05.2021

Inhalt

Abstract - Kurzdarstellung	2
1 Persönliche Motivation	2
2 Vorhaben	3
2.1 Anlass für die Lehrinnovation	3
2.2 Problemstellung.....	3
2.3 Problemumfang	4
3 Ziele und Einsatz der Lehrinnovation	4
3.1 Einsatzbereich der Lehrinnovation	4
3.2 Anwendung in Lehrmodulen.....	5
3.3 Erprobung der Lehrinnovation Erfolg und Risiken	5
3.4 Verstetigung der Lehrinnovation.....	5
3.4.1 Elektrotechnik	5
3.4.2 Mikroprozessortechnik	6
3.4.3 Industrielle Elektronik.....	6
3.4.4 Eigenverantwortliches Lernen.....	7
3.5 Übertragung der Lehrinnovation auf andere Disziplinen.....	8
4 Austausch mit anderen Fellows	8
5 Organisatorische Einbindung der Lehrinnovation an der DHGE	8
6 Literatur.....	9

Abstract - Kurzdarstellung

Die geplante Innovation in der Lehre betrifft den digitalen Laborbetrieb der Dualen Hochschule Gera-Eisenach (DHGE). Im Studium der Elektrotechnik sind Laborveranstaltungen zum Verständnis des in der Vorlesung vermittelten Inhaltes obligatorisch. Momentane Praktika und Laborveranstaltungen können nur in Präsenz am Arbeitsplatz durchgeführt werden. Somit ist selbst die Remote-Einbindung von der Laborpraktika im Vorlesungsbetrieb bisher nicht möglich. Die Innovation soll den ortsunabhängigen Zugriff auf die Laborversuche über das Internet ermöglichen. Hieraus resultieren drei wesentliche Vorteile:

- a) In die Vorlesung, ob vor Ort oder aus dem Homeoffice, können Praktika eingebunden werden und der Bezug Theorie und Anwendung sehr effizient vermittelt werden.
- b) Die Studierenden können zu „beliebigen“ Zeiten auf Praktika zugreifen und so Sachverhalte vertiefen.
- c) Der Engpass Labor wird durch die wesentlich verbesserte Verfügbarkeit „entschärft“.

Dieses Vorgehen ist in der Industrie seit Jahren unter dem Begriff „Remotzugriff“ etabliert und hat dort die Produktivität wesentlich erhöht [1–3]. Die DHGE würde so eine Vorreiterrolle zur Umsetzung des industriellen Vorgehens in die Lehre einnehmen. Nach den Tests soll das dETLab im Sommer 2022 in der Vorlesung „Grundlagen der Elektrotechnik“ und Mikroprozessortechnik: Signalverarbeitung mit Embedded Systems demonstriert werden.

1 Persönliche Motivation

Vor meiner Berufung an die DHGE für die Fachgebiete Elektrotechnik und Elektronik war ich mehr als ein Jahrzehnt in der Industrie als Entwickler, Produktgruppen- und Projektleiter im Bereich der Analysenmesstechnik, Geräte- und Sensortechnik tätig. In der Gerätetechnik nimmt der Anteil an eingebetteten internetfähigen Systemen unabhängig von der Anwendung rapide zu. Ein unaufhaltbarer Trend ist die Vernetzung dieser Komponenten, Anlagen und Systeme. Das reicht vom Service über eine Fernwartung (Predictive Maintenance), Systemstatus oder der Bedienung über das Netzwerk bzw. der Cloud [4, 5]. Wir als Hochschule müssen diesen rasanten Trend der Industrie den Studierenden an Beispielen, hier die Laborveranstaltungen und Praktika, erleben und erfahren lassen.

Nicht nur durch die momentane Pandemie, sondern auch schon vorher habe ich in der Lehre digitale Tools eingesetzt. Neben dem die Vorlesungsinhalte vermittelnden Skript, setze ich Simulationssoftware zur Schaltungssimulation ein, welche die Zusammenhänge modellieren und Grundlagen sehr gut vermitteln. Ein entscheidender Schwachpunkt jedoch ist, dass diese Tools tatsächlich nur Simulationen darstellen und nicht eben die Geräte, die man in der Praxis vorfindet. Deshalb soll den Studierenden über die „Remotetechnologie“ im Zeitalter des Internets der Dinge der Zugriff auf ausgewählte praxisrelevante Laborhardware ermöglicht werden. Einen ersten Versuch dazu startete ich im Fach „Mikroprozessortechnik – Signalverarbeitung mit Embedded Systems“. Die Software lagerte ich in der Cloud aus, alle Studierenden konnten sich remote auf den Server einloggen und dort die Softwaretools nutzen. Der Zugriff war während der Vorlesung möglich und somit ein echtes „learning by doing“ für die Studierenden. Eine Einschränkung hatte dieses Vorgehen allerdings. Ein Zugriff auf reale Hardwarekomponenten, die im Elektronik-Labor eigentlich vorhanden sind, war nicht möglich. Einen weiteren Versuch startete ich mit jüngerem Publikum zum „Mädchenzukunftstag“ (siehe Abb. 1). Hier musste allerdings die Hardware vorher an die Teilnehmerinnen verschickt werden und die PCs der Teilnehmerinnen vorher eingerichtet werden. Über ein Teams-Meeting konnten dann die Hardware „zum Leben erweckt werden“. Auch hier der Nachteil hoher administrativer und logistischer Aufwände. Ein Grund mehr für ein echtes digitales Labor mit vollem Zugriff auf ausgewählte Hardwarekomponenten.

2 Vorhaben

2.1 Anlass für die Lehrinnovation

Konkret war ich im letzten Jahr aber auch bereits vor der Pandemie eingeschränkt, was den Zugriff auf das elektronische Labor betrifft. Der Grund dafür ist die eingeschränkte Anzahl an Plätzen, Ressourcen und zeitlich begrenzte Verfügbarkeit. Eine wesentliche Unterstützung für die praxisorientierten Vorlesungen und Übungen wäre aber die Einbindung von Hardware aus dem Labor (Siehe auch Abschnitt 1).

2.2 Problemstellung

Der oben genannte eingeschränkte Zugriff auf die Laborinfrastruktur soll minimiert werden, mit dem Hintergrund eine bessere digitale Verzahnung von der praktischen und theoretischen Lehre zu ermöglichen. Jeder Studierende soll dabei auch unabhängig von der Uhrzeit und dem Vorlesungsplan Zugriff auf relevante Laborhardware



Abb. 1 OTZ: digitaler Mädchenzukunftstag an der DHGE

bekommen, um so eigenverantwortliches Lernen am praktischen Beispiel zu ermöglichen. Konkret sollen dafür Laborarbeitsplätze so ausgestattet werden, dass:

- remote darauf zugegriffen werden kann und
- Realtime I/O Hardware programmiert,
- Schaltanlagen, Motoren gesteuert und geregelt werden können,
- Sensoren ausgelesen und
- ein visuelles Feedback in Form eines Livebildes übertragen und
- Netzwerktechnik im Sinne von IoT¹ einsetzbar ist.

Solche Laborarbeitsplätze existieren bisher nicht. Bedingung neben der notwendigen Hard- und Software ist eine separate Anbindung an das Internet und ein Labornetzwerk, welches unabhängig vom vorhandenen Verwaltungsnetzwerk der Hochschule betrieben wird.

2.3 Problemumfang

Im Bereich Elektrotechnik mit den Schwerpunkten der digitalen Automation und der industriellen Elektronik handelt es sich um einen zentralen Aspekt. Studierende müssen Grundlagenversuche absolvieren, welche rein virtuell nicht umsetzbar sind, d.h. nur über Schaltungs- und Software- Simulation können praktische Versuche mit ihren realen Effekten nicht ersetzt werden. Neben Werkzeugen der Softwareentwicklung ist ein Zugriff auf Laborhardware unumgänglich. Ein digitaler Zugriff auf die Laborinfrastruktur stellt ein virtuelles Instrument dar, welches jedoch tatsächlich in Interaktion mit dem Nutzer steht. Auch in anderen Bereichen wie der Informatik oder dem sozialen Bereich [6] ist die Anwendung denkbar. Das digitale Labor ersetzt keine Pflichtpraktika, ergänzt diese jedoch enorm und bietet dadurch Werkzeug für die praxis- bzw. anwendungsnahe Lehre.

3 Ziele und Einsatz der Lehrinnovation

Das Ziel ist die ortsunabhängige Nutzung der Laborinfrastruktur durch die Schaffung eines neuartigen digitalen Elektrotechnik-Labors, welches über Remotezugriff vielfältige Aktionen gestattet:

- Steuern und Regeln realer Prozesse (z.B. Motor)
- Programmierung von Echtzeitanwendungen zur Erfassung/Verarbeitung und Ablage von Sensorsignalen im IoT
- Bedienung von Messinstrumenten
- Heranführen an moderne Instandhaltung (predictive Maintenance)
- Demonstrationen zum Industrial Internet of Things (IIoT)

3.1 Einsatzbereich der Lehrinnovation

Hauptanwendung der geplanten Lehrinnovation ist im Studiengang Elektrotechnik / Automatisierungstechnik mit den Schwerpunkten der digitalen Automation und

¹ IoT – Internet of Things - das Internet der Dinge im Zeitalter von Industrie 4.0

industriellen Elektronik vorgesehen. Dies kann nur ein Anfang sein, da das IoT alle Lebensbereiche durchdringen wird, d.h. auch in den Studiengängen Soziale Arbeit, Logistik, Immobilienwirtschaft werden Anwendungen folgen.

3.2 Anwendung in Lehrmodulen

Die ersten Anwendungen des dETLab sind in folgenden Fächern angestrebt:

- Grundlagen der Elektrotechnik (Pflichtmodul)
- Grundlagen der Elektronik (Pflichtmodul)
- Mikroprozessortechnik – Signalverarbeitung mit Embedded Systems (Pflichtmodul)
- Embedded Systems (Wahlpflichtmodul)
- Geräteentwurf (Wahlpflichtmodul)

3.3 Erprobung der Lehrinnovation Erfolg und Risiken

Geplant ist eine Fallstudie, welche Frau Prof. Rahnfeld aus dem Bereich Soziales dafür durchführen wird. Dabei sollen unter anderem folgende Fragen an die Studentenschaft für die Messung des Erfolges und der Risiken herangezogen werden:

- Trugen die im dETLab erlernten Fähigkeiten zum praktischen Verständnis der Vorlesung des betreffenden Faches bei?
- Konnten Sie die digital zur Verfügung gestellte Laborinfrastruktur so nutzen, dass Sie die Aufgabenstellung damit bearbeiten konnten?
- Welche Probleme traten auf und worin sehen Sie Verbesserungsbedarf?

Neben der Studie wird über Lehrevaluationen der Erfolg gemessen. Das Risiko für ein Fehlschlagen der Lehrinnovation kann dadurch geringgehalten werden, dass die Laborarbeitsplätze für eine hybride Form der Lehre genutzt werden können. Es ist ein Präsenz- und auch ein online-Betrieb möglich, d.h. die Nutzung der Laborinfrastruktur ist in jedem Fall gesichert. Der Erfolg hängt natürlich neben der Nutzbarkeit der Hardware auch von dem Anwender ab. Ein 100%iger Erfolg kann dadurch nicht garantiert werden. Jedoch können durch die Lehrevaluationen und die Fallstudie gezielt Probleme erfasst und damit darauf reagiert werden.

3.4 Verstetigung der Lehrinnovation

Im Zeitalter der Digitalisierung sollen ausgewählte Laborpraktika im Pflicht- und Wahlbereich über das dETLab durchgeführt und so langfristig im Lehrplan etabliert werden.

Konkret betrifft dies die in 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3 und 3.4.4 genannten Fächer bzw. Schwerpunkte.

3.4.1 Elektrotechnik

- **1. Semester:** Messen elektrischer Größen - Erlernen des Umgangs mit einem Oszilloskop mit integrierten Signalgenerator an ausgewählten Widerstandnetzwerken (siehe Abb. 2)

- **2. Semester:** Transiente Übergänge an ausgewählten Vierpolen (siehe Abb. 2)

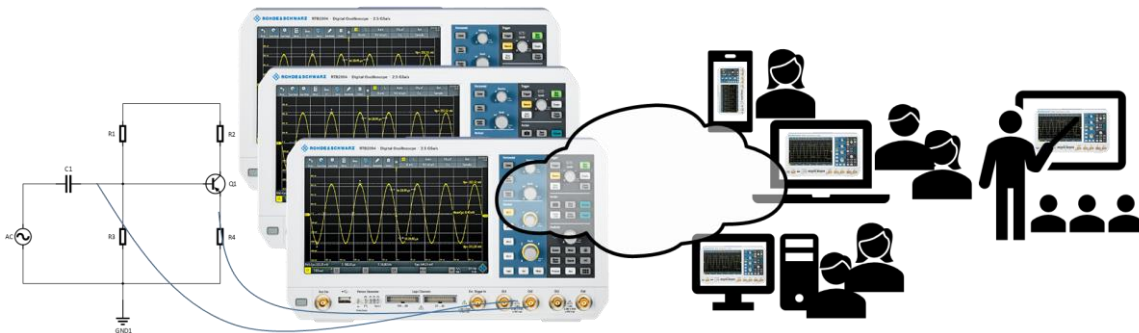


Abb. 2 digitaler Laborversuch: Messen elektrischer Größen (1.Semester) und transiente Übergänge (2.Semester). Der Aufbau wird im dETLab einmalig realisiert. Ein unabhängiger Zugriff von einer bestimmten Anzahl an Nutzern vom Home-Office oder aus dem Hörsaal bzw. Seminarraum ist möglich. Die Studierenden sehen das Oszilloskop [7] 1:1 vor sich und können es genauso Bedienen als ob Sie davorsitzen und sich so vertraut mit der Nutzung moderner virtueller Instrumente und Gerätetechnik machen. In der hybriden Lehre können diese Instrumente direkt mit eingebunden werden.

3.4.2 Mikroprozessortechnik

- **4. Semester:** Regelung der Motordrehzahl über eine Echtzeithardware (siehe Abb. 3)

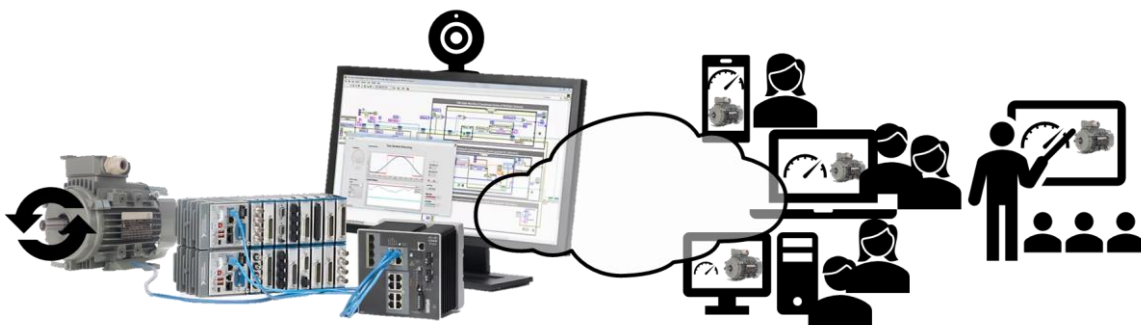


Abb. 3 digitaler Laborversuch: Mikroprozessortechnik: Regelung der Motordrehzahl über eine Echtzeithardware. Der Aufbau wird an mehreren Laborplätzen im dETLab einmalig realisiert. Ein unabhängiger Zugriff von einer bestimmten Anzahl an Nutzern vom Home-Office oder aus dem Hörsaal bzw. Seminarraum ist möglich. Die Studierenden können die RTIO-Hardware [8] programmieren und direkt testen. Im Versuch wird die Drehzahl eines Motors [9] geregelt und die Kennlinie in Abhängigkeit der Stromstärke aufgenommen. Die Studierenden bekommen ein direktes visuelles Feedback und über die RTIO-Hardware kann die Anlage überwacht und gesteuert werden, als ob direkt davor gearbeitet wird.

3.4.3 Industrielle Elektronik

- **5. Semester:** Leiterplattenlayout

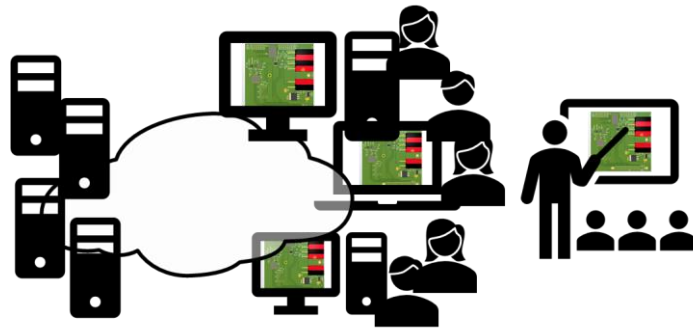


Abb. 4 Hybride Lehrveranstaltung: Leiterplattenlayout. Die Studierenden können via remote Desktop die Entwicklungssoftware aus dem dETLab nutzen und während der Lehrveranstaltung die Schritte anwendungsorientiert nachvollziehen (learning by doing).

- **6. Semester:** Predictive Maintenance Überwachung der Betriebszustände einer Schaltanlage



Abb. 5 digitaler Laborversuch: Vorrorausschauende Instandhaltung in Anlehnung an Industrie 4.0. Betriebszustände einer Schaltanlage [10] werden überwacht: thermische Überwachung, Umgebungsüberwachung, Überwachung einer Transformatorwicklung. Zu- und wegschalten von Lasten. Die Studierenden treten in Interaktion mit der Anlage, als ob Sie davorstehen.

3.4.4 Eigenverantwortliches Lernen

- Das selbstständige praktische und zeitunabhängige Lernen z.B. am Wochenende unter Einbezug des dETLab.

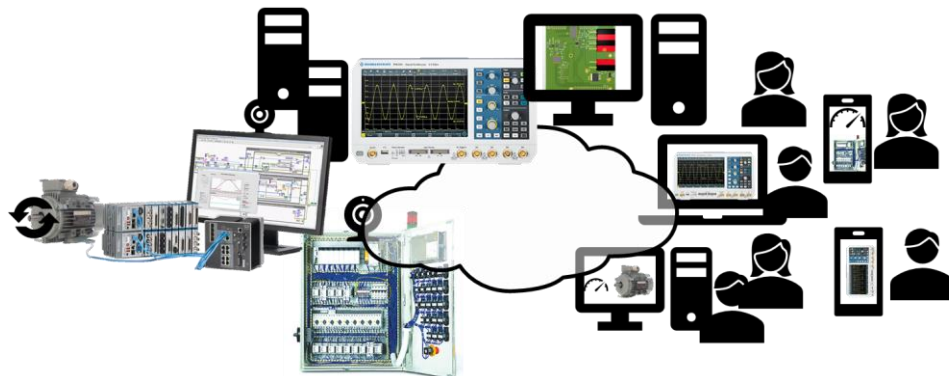


Abb. 6 Eigenverantwortliches Lernen im dETLab: Studierende haben an lehrveranstaltungsfreien Tagen Zugriff auf die Laborinfrastruktur: Software kann genutzt und auf ausgewählte Hardwarekomponenten kann zugegriffen bzw. programmiert werden.

3.5 Übertragung der Lehrinnovation auf andere Disziplinen

Wenn die Infrastruktur für das geplante dETLab gelegt ist, kann das Labor fachbereichsübergreifend genutzt werden. Dies betrifft:

- Im einfachen Fall der Nutzung einer preisintensiven, nur mit Lizenz nutzbaren Software aus dem Heimbüro, Hörsaal, Seminarraum
- den Zugriff auf ausgewählte Hardwarekomponenten
- die Nutzung als Werkzeug für Studierende um nach dem Ansatz des Design Thinking oder dem V-Modell konkrete Ideen unabhängig vom Veranstaltungsplan auch an freien Tagen am praktischen Beispiel umzusetzen

4 Austausch mit anderen Fellows

Da es an der DHGE in den letzten Jahren keine Fellows im Bereich der digitalen Lehre gab, habe ich seitens der Hochschule keinen Austausch dazu. Umso mehr verspreche ich mir vom Austausch mit anderen Fellows den Aufbau eines Netzwerks für digitale Methoden in der Lehre um auch so „best practice“ Methoden zu etablieren. Aus meiner Sicht können nur durch einen solchen Austausch neben den bestehenden Ideen auch neue Denkansätze diskutiert, Vor- und Nachteile bewertet und die Einsatzbedingungen abgewogen werden. Ich erhoffe mir daraus weiterblickend persönlich den digitalen Stand der Technik in der Lehre nicht nur theoretisch zu vermitteln, deshalb möchte ich durch den Austausch mit den Fellows neue digitale Denkansätze in diesem Projekt dETLab in Zeiten von industrial Internet of Things praktisch umsetzen und an ausgewählten Beispielen vorleben.

5 Organisatorische Einbindung der Lehrinnovation an der DHGE

Organisatorisch und inhaltlich verantworte ich neben den Vorlesungen die Laborpraktika im Bereich Grundlagen der Elektrotechnik, Elektronik und Mikroprozessortechnik im Studienbereich Technik. In diesen Fächern soll die digitale Lehrinnovation an den bereits dargestellten aber auch anderen Beispielen in die Lehre implementiert werden. Als Mitglied der Studienkommission Technik möchte ich dieses Pilotprojekt unseren Praxispartnern vorstellen und so aufzeigen, dass die DHGE eine Vorreiterrolle einnimmt und die neuen Technologien nicht nur theoretisch vermittelt. Neben den Kontakten zu den Firmenpartnern unterstützt dieses Projekt Herr Prof. Müller in seiner Verantwortung als Vizepräsident für Weiterbildung und Forschung. Auch Herr Prof. Kasche aus dem Bereich Informatik spricht sich für ein solches dETLab für bestimmte Anwendungen aus, da dieses die Lücke zwischen reinen rechnerbasierten Ansätzen und der Nutzung der Laborhardware schließt. Herr Prof. Koch (Studienrichtungsleiter für den Studiengang Elektrotechnik/Automatisierungstechnik) unterstützt dieses Vorhaben, um die Vorreiterrolle der Hochschule gerecht zu werden.

Im Rahmen der Nutzung des dETLab sind auch Versuche mit dem Fachbereich Logistik und Immobilienwirtschaft denkbar. Hier können praktische Anwendungen, wie die Überwachung und Erfassung von Produktionsware in der Lagerlogistik [11] oder die Erfassung und digitale Übermittlung des Strom- und Wasserverbrauchs, in die Wirtschaftlichkeit einer Immobilie einfließen [12].

Neu und so noch nicht vorhanden soll später aus dem Projekt auch eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit dem Bereich Soziales erfolgen. Frau Prof. Rahmfeld ist Sozialwissenschaftlerin und unterstützt dieses Projekt: „Es ist deutlich erkennbar, dass die Innovationen der Digitalisierung noch zu wenig in der Lehre neben den Technischen auch in den sozialen Studiengängen der DHGE verortet sind“. Auch die soziale Arbeit steht im digitalen Wandel und auch hier kommen technische Aspekte wie Service Robotik zum Einsatz [6]. Es existieren in diesem Bereich bisher keine interdisziplinären Ansätze an der Hochschule. Das dETLab könnte so später zum „digitalen Future-Lab“ ausgebaut und genutzt werden um die Synergieeffekte der Bereiche zu identifizieren.

6 Literatur

- [1] Siemens AG - Digital Industries Produktinformationen: Artikel-Nr. DIFA-B10112-00© Siemens 2020. *Industrial Edge für den Maschinen- und Anlagenbau; Die einfachste Art, Informationstechnik in Maschinen zu integrieren.*
- [2] Klein, A. 2018. *Modernes Produktionscontrolling für die Industrie 4.0. Konzepte, Instrumente und Kennzahlen.* Haufe Fachbuch. Haufe Lexware Verlag, München.
- [3] Meinhardt, S. and Wortmann, F. 2021. *IoT – Best Practices.* Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- [4] Peschke, F. and Eckardt, C. 2019. *Flexible Produktion durch Digitalisierung.* Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München.
- [5] Andelfinger, V. P. and Hänisch, T. 2017. *Industrie 4.0.* Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- [6] Claudia Beck. 2020. *Neue-caritas-Jahrbuch, Kampagne 2019 - Soziale Arbeit im digitalen Wandel.* <https://www.caritas.de/magazin/kampagne/sozial-braucht-digital/hintergrund/soziale-arbeit-digitalen-wandel>. Accessed 28 May 2021.007Z.
- [7] Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG. 2021.000Z. *R&S®RTB2000 Oszilloskope - Einsatzbereit für das Praktikumslabor.* https://www.rohde-schwarz.com/de/produkt/rtb2000-produkt-startseite_63493-266306.html. Accessed 28 May 2021.135Z.
- [8] National Instruments. 2021.000Z. *Was ist ein CompactRIO-Controller?* <https://www.ni.com/de-de/shop/compactrio/what-are-compactrio-controllers.html>. Accessed 23 May 2021.878Z.
- [9] EMM SERVICE GmbH. 2021.000Z. *ecoDrives ACA 100 LB-4 / IE2 - Drehstromstandardmotoren nach IEC-Norm ++ EMM; IEC-Drehstrom-Asynchronmotor; ecoDrives ACA 100 LB-4 / IE2.* <https://www.elektromotorenmarkt.de/elektromotoren/>. Accessed 23 May 2021.300Z.
- [10] Goldbacher, A. 2021. *Schaltschrank-Verdrahtung: Verbindungssystem auf Geräte-Ebene.* <https://www.elektroniknet.de/e-mechanik-passive/verbindungstechnik/verbindungssystem-auf-geraete-ebene.135130/bild-618392.html>. Accessed 28 May 2021.241Z.

- [11] Wannenwetsch, H. 2021. *Integrierte Materialwirtschaft, Logistik, Beschaffung und Produktion*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg.
- [12] Torsten Bölting, Dr. Thomas Königsmann, Michael Neitzel. 2016. *InWIS-Studie - Digitalisierung in der Immobilienwirtschaft –Chancen und Risiken Studie im Auftrag der Bundesarbeitsgemeinschaft Immobilienwirtschaft Deutschland (BID), Berlin (www.bid.info), Bochum.*