

NETKOM 4.0

Netzkompetenz
für eine digitalisierte
Arbeitswelt 4.0



**Finanziert von der
Europäischen Union**



Geistige Leistung O1

Kollaborierende Roboter in der Industrie 4.0

Dieses Dokument beinhaltet ein Ergebnis aus dem Projekt NetKOM_4.0_v2.

Es wurde von dem RBZ Eckener-Schule Flensburg erstellt.

Mitarbeitende: Birte Carstensen, Dietmar Post, Karsten Hinz, Constantin Spöttl, Marc Kleinschmidt, Maik Jepsen

Das Dokument inklusive der Lernmaterialien steht unter der Lizenz

[CC BY SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Kontakt: <https://netkom.web.uni-flensburg.de>

Course / Curriculum – Pilot course /module

Allgemeine Angaben zum Projekt NetKom_4.0_v.2

Projektbezeichnung: Netzkompetenz für eine digitalisierte Arbeitswelt 4.0 v.2
Kurzbezeichnung: NetKom_4.0_v.2
Förderungskennzeichen: 2020-1-DE02-KA202-007393
Beginn: 01.11.2020
Ende: 31.08.2023

Beteiligte Partner: ATEC – Training Academy – Portugal
Vilnius College of Technologie and Design - Litauen
HTL St. Pölten - Österreich
Fachschule Kongsberg - Norwegen
Gewerbliche Schule Dillenburg - Deutschland
Eckener-Schule Flensburg - Deutschland

Koordination: Europa-Universität Flensburg

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Produktionsautomatisierung mit Cobots in KMUs	5
2.1	Exemplarische Cobot-Automatisierungen	5
2.2	Arbeitsprozess zur Darstellung beruflicher Aufgaben und Anforderungen	8
2.3	Didaktische Implikationen	10
2.4	Zuordnung von Lernaufgaben.....	11
3	Lernaufgaben zur Produktionsautomatisierung mit Cobots	13
3.1	Moodle-Kurs als Träger der Lernaufgaben.....	13
3.2	Aufgaben zu PLAN.....	13
3.3	Aufgaben zu BUILD.....	16
3.4	Aufgaben zu RUN.....	19
4	Prüfungsszenarien	21
5	Kollaborierende Roboter in der Schule	23
5.1	Raumkonzept	23
5.2	Kollaborierende Roboter.....	26
5.3	Greifer und Heber	28
	Literaturverzeichnis	30

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Palettierung von Produkten mit einem Cobot.....	5
Abbildung 2-2: Aufnahme von Klebebandrollen zur Verpackung in Kartons	6
Abbildung 2-3: Mechanische Zentrierung im Verpackungsprozess	6
Abbildung 2-4: Platzierung der Produkte im Karton	7
Abbildung 2-5: Verpackung von schweren Kleberollen.....	7
Abbildung 2-6: Abstrahierter Arbeitsprozess zur Darstellung beruflicher Arbeitsaufgaben.....	8
Abbildung 3-1: Komponenten für Teilerutsche	17
Abbildung 3-2: Beispielhafter Laboraufbau zur Lernaufgabe "Palettenbestückung und -transport".....	17
Abbildung 3-3: Technologieschema zur Lernaufgabe „Palettenbestückung und -transport“.....	18
Abbildung 3-4: Komponenten des Technologieschemas.....	19
Abbildung 4-1: Prüfungsaufbau des UR5	21
Abbildung 4-2: Bedienfeld zur Prüfungsaufgabe.....	22
Abbildung 5-1 Raumkonzept: Raum D311 und Raum D313	23
Abbildung 5-2 FESTO Didactics MPS-Transportband-System mit Erweiterungsmodulen (v.l. 1. Stapelmagazin, 2. Bohren und Tiefenprüfung, 3. Bauteile wenden, 4. RFID lesen, schreiben und Auswerfen)	24
Abbildung 5-3 Montagerahmen mit verschiebbaren Schienen, höhenverstellbares Lehrkräftepult.....	25
Abbildung 5-4 Zwischenraum zur Lagerung von Komponenten.....	25
Abbildung 5-5: UR3e, UR5e und UR10e der Firma Universal Robot	26
Abbildung 5-6: Roboterwagen mit I/O-Zugangsmöglichkeit (Eigenkonstruktion).....	27
Abbildung 5-7: URx mit Transportbändern	28
Abbildung 5-8 Greifer und Heber	29

1 Einleitung

Kollaborierende Roboter (Cobots) bilden eine Schlüsselfunktion im Rahmen der Entwicklung zur Industrie 4.0. Mit den Cobots wird eine Mensch-Roboter-Kollaboration (MKR) ermöglicht, bei der menschliche Fähigkeiten und Fertigkeiten mit präzisen Funktionen eines Roboters kombiniert werden. Die Gründe für den Einsatz dieser Cobots liegen u. a. am demografischen Wandel, ergonomischen Erwägungen, Mangel an qualifizierten Beschäftigten und notwendiger Produktivitätssteigerungen. Aufgrund ihrer kleinen Abmessungen wird der Einsatz von Cobots in vielen Branchen erwartet, die insbesondere bisher noch keinerlei Erfahrungen mit Robotik verfügen. Entsprechend besteht ein hoher Bedarf an Fachkräften, die in der Lage sind, kollaborierende Roboter insbesondere in bestehende Prozesse zu integrieren. Neben den Anforderungen bzgl. der Bedienung und Programmierung dieser Geräte geht es um die Analyse und Bewertung bisheriger Prozesse sowie die Fähigkeit in Projekten die Einführung eines Roboters zu koordinieren. Da bei kollaborierenden Robotern keine Schutzeinrichtungen mehr vorhanden sind bzw. diese direkt mit dem Menschen zusammenarbeiten können, bestehen besondere Anforderungen an die Gestaltung der Arbeitsplätze, um die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten zu gewährleisten.

Die Zielgruppe dieser Lerneinheit liegt bei Lehrkräften, insbesondere im Rahmen der technischen beruflichen Aus- und Weiterbildung. Sie wird in dem Bildungsgang der staatlich geprüften Techniker/innen der Fachrichtung Mechatronik an der Fachschule Technik erprobt.

Das für die Lerneinheit zugrundeliegende didaktische Konzept basiert auf einem ganzheitlichen Ansatz. Es entspricht dem didaktischen Lernfeldkonzept, in dem ausgehend von der Arbeitsorientierung ein interdisziplinäres Lernen erfolgt. Dies ist so zu verstehen, dass der mögliche Einsatz eines Cobots in einer Produktionsumgebung in der Lerneinheit ganzheitlich unter Beteiligung verschiedenster Fachkollegen betrachtet wird. (Hierzu gehören z. B. Elemente der Produktionsprozessanalyse, Projektmanagement, Arbeitsplanung, Programmierung verschiedener Anwendungsfälle etc.).

Im Zentrum der Lerneinheit steht ein bereits vorhandener kollaborierender Industrieroboterarm (UR5) der Firma Universal Robots.

Die Entwicklung der Lerneinheit ist eingebettet in die Entwicklung eines innovativen Raumkonzepts. Es zeichnet sich dadurch aus, dass der Roboter für vielfältige Lerngruppen, also über der zuvor intendierten Zielgruppe hinaus, zugänglich wird. Das Konzept erhebt den Anspruch, eine leichte Zugänglichkeit für ein breites Kollegenteam sowie eine hohe Verfügbarkeit zu gewährleisten. Insgesamt wird beabsichtigt, eine hohe Nutzungsfrequenz der Anschaffung und damit eine größtmögliche Wirkung des Lernmittels zu erreichen.

2 Produktionsautomatisierung mit Cobots in KMUs

2.1 Exemplarische Cobot-Automatisierungen

Zur Identifizierung von beruflichen Anforderungen im Zusammenhang mit der Integration von kollaborierenden Robotern in industrielle Prozesse wurden beispielhafte Automatisierungsprojekte im Kooperationsunternehmen LOGO tape analysiert. LOGO tape ist ein international agierendes, mittelständisches Unternehmen, das sich auf die Herstellung von Klebeband und Folienprodukten sowie Verpackungs- und Drucklösungen spezialisiert hat (vgl. Wesselmann, 2020). Das Unternehmen hat sich u. a. dazu verpflichtet, kontinuierlich in den Arbeits- und Gesundheitsschutz seiner Mitarbeiter/innen zu investieren sowie die Effizienz der Produktionsprozesse zu erhöhen (vgl. ebenda). Zur Unterstützung dieser Ziele werden seit dem Jahr 2018 erstmals kollaborierende Roboter eingesetzt. Die folgenden drei Beispiele zeigen exemplarische Prozessautomatisierungen mit kollaborierenden Robotern der Firma Universal Robots.

1. Palettierung von Produkten

Die erste Cobot-Nutzung in dem Unternehmen zielt darauf ab, die Palettierung von Produkten zu übernehmen. Im bisherigen Fertigungsprozess erfolgte diese monotone Tätigkeit manuell durch Mitarbeiter/innen. Die am Ende des Fertigungsprozesses in Karton verpackten Produkte gelangen auf einem Förderband zum Roboter. Nach Betätigung einer Starttaste (siehe Abbildung) beginnt der Roboter, bis zu zwei Paletten mit Kartons automatisch zu bepacken.



Abbildung 2-1: Palettierung von Produkten mit einem Cobot

Das Projekt zeichnet sich durch seine Einfachheit aus. Zur Implementierung reicht ein einfaches Pick-and-Place-Programm sowie ein Vakuumgreifer mit Saugnäpfen zur Kartonaufnahme.

2. Verpackung von Produkten

Ein weiterer Automatisierungsschritt am Ende der Fertigung erfolgt durch die automatische Verpackung der Produkte. Diese erfolgte ebenfalls manuell, was zu gesundheitlichen Schäden aufgrund der wiederkehrenden Tätigkeiten führen konnte. Die Integration eines Cobots ist komplexer. So musste ein Greifer konstruiert werden, der verschiedene

This project has received funding from the European Union's Erasmus+ program under the registration number 2020-1-DE02-KA202-007393. This document reflects only the author's view and the Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains

Endprodukte erfassen kann (vgl. Abbildung 2-2). Der Prozess sieht nach diesem Schritt eine Produktüberprüfung vor. Durch eine Vergleichswiegung lässt sich feststellen, ob eine Fehlverpackung (leerer Karton) enthalten ist.



Abbildung 2-2: Aufnahme von Klebebandrollen zur Verpackung in Kartons

Eine mechanische Zentrierung erfolgt mit Hilfe des Winkelblechs, bevor die Produkte in den Karton verpackt werden (siehe Abbildung 2-3 und Abbildung 2-4).



Abbildung 2-3: Mechanische Zentrierung im Verpackungsprozess

Eine Anforderung an die Automatisierungslösung besteht darin, verschiedene Produktgrößen als auch Kartons zu identifizieren und im Verpackungsprozess zu berücksichtigen.

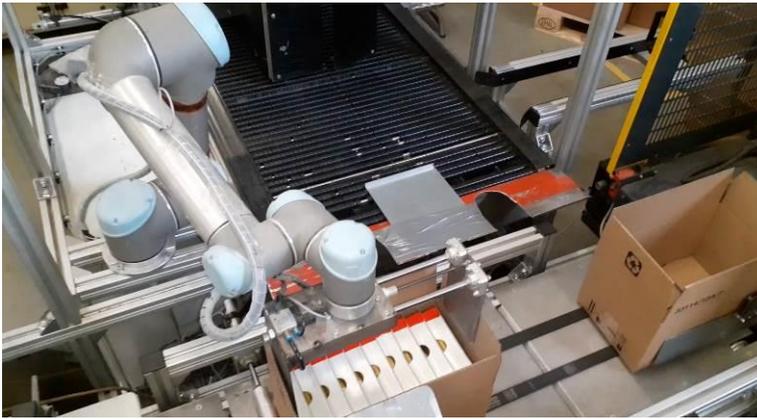


Abbildung 2-4: Platzierung der Produkte im Karton

3. Verpackung von schweren Kleberollen

Das dritte Beispielprojekt beinhaltet eine weitere Verpackungsaufgabe. Die zu verpackenden Kleberollen sind größer und schwerer, was zu Ermüdungserscheinungen bei der manuellen Verpackung führt. Die Cobot-Automatisierung ist komplexer und beinhaltet ebenso die Anbringung eines Produktlabels, bevor die eigentliche Verpackung im Karton erfolgt. Bei der Lösungsentwicklung musste das höhere Gewicht am Greifer mit zusätzlich langem Hebelarm in der Parametrierung berücksichtigt werden (siehe Abbildung 2-5).



Abbildung 2-5: Verpackung von schweren Kleberollen

This project has received funding from the European Union's Erasmus+ program under the registration number 2020-1-DE02-KA202-007393. This document reflects only the author's view and the Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains

2.2 Arbeitsprozess zur Darstellung beruflicher Aufgaben und Anforderungen

Auf Grundlage von Arbeitsanalysen und Expertengesprächen werden die Arbeitsaufgaben zur Einführung und dem nachfolgenden Betrieb einer Automatisierungslösung mit Hilfe von Cobots in einem generischen Arbeitsprozess dargestellt. Der Prozess folgt einer abstrahierten Struktur durch die Schritte PLAN (Planungsaspekte), BUILD (entwickeln und implementieren der Lösung) sowie RUN (betreiben der Cobot-Automatisierung).

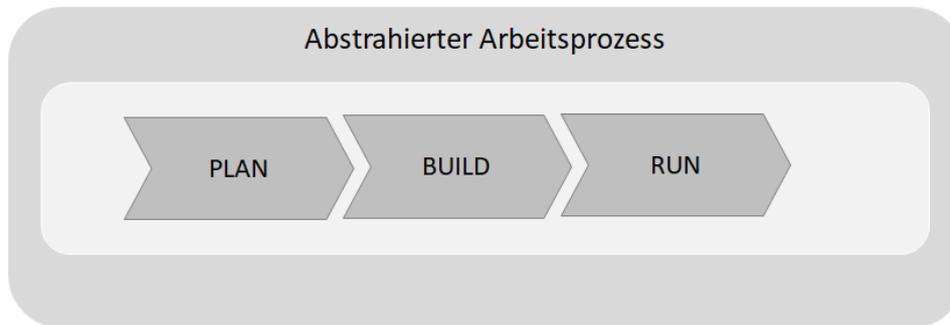


Abbildung 2-6: Abstrahierter Arbeitsprozess zur Darstellung beruflicher Arbeitsaufgaben

In der nachfolgenden Tabelle sind die Arbeitsaufgaben sowie ihre Anforderungen konkretisiert und mit Beispielen versehen.

	<p>Fachkräfte können...</p> <p>bestehende oder neue Fertigungsprozesse analysieren, um Optimierungspotential durch den Einsatz von Cobots zu ermitteln.</p> <p>Zu automatisierende Prozesse identifizieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bisherige Prozessstruktur analysieren, um Probleme im gegenwärtigen Prozess (Qualität; Durchsatz; Verletzung, Unfälle, Ergonomie, Ermüdung von Mitarbeitern; Umgebungsbedingung) zu identifizieren, • Teilprozesse (z. B. Verpackung, Palettierung, Qualitätssicherung) identifizieren, sich zur Automatisierung mittels Cobot eignen, bezüglich technischer Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit bewerten, Vorkalkulation durchführen, • mit der Unternehmensführung Projekt zur Einführung abstimmen. <p>Werkzeuge, Verfahren und Anforderungen in diesem Aufgabenbereich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsbeobachtungsverfahren, Zeiterfassung von Prozessen, • Simulation des automatisierten Teilprozesses mit einer Software, • Automatisierter Teilprozess darf die gesamte Prozesskette nicht verlangsamen (Schichtleistung als Indikator), • möglichst kostengünstige Lösung. <p>Vorläufige Risikobeurteilung durchführen und bei Planung berücksichtigen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Platzbedarf, Abstände zu Menschen bewerten etc., • Umgebungsanalyse, Korrosionsumgebung, Explosionsschutz usw.
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	<p>Geeignetes Material auswählen und beschaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cobot-Produktvergleich durchführen, • Greiferwerkzeuge, Sensoren weitere Anbauteile, Komponenten, Features etc. nach Bedürfnissen bestimmen, • Ggf. SPS auswählen, • Angebotsanfragen erstellen, • mit Einkauf die Beschaffung abstimmen. <p>Anforderung: Firmenphilosophie beachten, z. B. Verwendung von Normteilen festgelegter Hersteller.</p> <p>Anschlussplanung erstellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • elektrische, pneumatische Voraussetzungen, Standortvoraussetzungen wie Gewicht, Arbeitsraum klären.
 <p>BUILD</p>	<p>Automatisierte Lösung entwickeln</p> <ul style="list-style-type: none"> • mechanische, elektrische und pneumatische Komponenten herstellen, zusammenbauen, anschließen, in Betrieb nehmen, • Signalcheck durchführen. <p>Programmierung des Cobots durchführen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cobot vorbereiten (ggf. Passwörter zurücksetzen, alte Programme löschen, aktuellen Softwarestand herstellen), • mit dem Bedienpanel Ablaufprogramm erstellen, testen und anpassen, • Ggf. Cobot-Programmablauf mit SPS-Programm verzahnen, • Programm im Code dokumentieren, • unberechtigten Zugriff auf Programmcode sicherstellen, • Testreihen parallel zum Fertigungsprozess fahren, Lösung überarbeiten. <p>Cobot-Automatisierung in den Fertigungsprozess implementieren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedienpersonal einweisen/schulen, • Implementierung möglichst ohne Unterbrechung des Fertigungsprozesses. <p>Abschließende Dokumentation erstellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Symboltabelle, • Programmablaufplan.

	<p>Umrüstung der Produktionsstrecke vornehmen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umbau des Roboters an eine andere Anlage/Fertigungsstrecke vornehmen • Programme für alternative Fertigungsstrecke laden und testen • Risikobeurteilung abschließen und CE-Kennzeichnung vornehmen <p>Optional: Auswertung von Statistiken zu</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schichtleistung • Qualität, Wiederholgenauigkeit, • Rentabilität etc. <p>Wartung des Cobots durchführen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ggf. Softwareaktualisierung vornehmen, um einheitlichen Softwarestand im Unternehmen zu gewährleisten
-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.3 Didaktische Implikationen

Der Erfahrungen des Kooperationsbetriebs bzgl. der Cobot - Nutzung im Produktionsprozess dient als eine Basis zur didaktischen Konzeption der Lernaufgaben. Die Nutzung eines Cobots im Rahmen der Automatisierungslösung beinhaltet von Grundsatz her vergleichbare Arbeitsaufgaben und Anforderungen, wie sie bei der Implementierung von herkömmlichen Robotern anfallen. Hierzu werden vergleichbare Roboter-Kompetenzen sowie Kompetenzen zur Bewältigung der zusammenhängenden Aufgaben benötigt. Ein grundsätzliches Verständnis beispielsweise über Koordinatensysteme und Fahrwege und deren Programmierung haben alle Robotervarianten gemeinsam. Daraus folgt, dass die dargestellten Aufgabenbeschreibungen bezüglich anderer Aufgaben im Roboterzusammenhang eine hohe Relevanz haben, und daher im Rahmen von Aus- und Weiterbildung zu berücksichtigen sind.

Cobots grenzen sich von herkömmlichen Robotern durch ihre niederschwellige Einführung im Zusammenhang mit den niedrigen Sicherheitsanforderungen ab. Die im Kooperationsbetrieb verwendeten Roboter zeichnen sich zudem dadurch aus, dass sie keine z. B. jährlichen Wartungsverträge mit Herstellern erfordern. Die geringen Wartungsanforderungen sowie der einfache Programmierzugang waren für die Firma ein gewichtiges Argument, in die Automatisierung mittels Roboter einzusteigen. Ferner sieht der Betrieb im Vergleich zu herkömmlichen Robotern den Vorteil der Cobots darin, dass sie in einem Fehlerfall die Produkte/Umgebung nicht zerstören, wie es bei nicht-sensitiven Robotern in der Praxis beobachtet wurde. Die genannten Aspekte sind gleichfalls im Rahmen einer Unterrichtsumgebung relevant, woraus sich die Auswahl eines Cobots als Lernmedium begründen lässt.

Ferner zeigt die Abfolge der betrieblichen Cobot-Lösungen einen Komplexitätszuwachs. Die erste Cobot-Automatisierung im Kooperationsbetrieb war eine „Pick-and-Place“-Aufgabe (vgl. Abb. 2-1). Die einfach gestaltete Einführung hat einen unmittelbaren Nutzen hervorgebracht und generell zur Akzeptanz von Robotern in den betrieblichen Prozessen geführt. Die folgenden Projekte

This project has received funding from the European Union's Erasmus+ program under the registration number 2020-1-DE02-KA202-007393. This document reflects only the author's view and the Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains

wurden immer komplexer und nutzen bisherige Erfahrungen und Lösungsansätze. Jede Automatisierungslösung stellt eine Individuallösung dar. Die Fachkraft ist aufgefordert, ihre eigene Arbeit sowie die verwendete Technik im Rahmen der Lösungsentwicklung mit zu gestalten. Das kann zu einer höheren Arbeitszufriedenheit beitragen. Dieser Lernprozess im betrieblichen Umfeld lässt sich auf die Gestaltung der Lernumsetzung übertragen. Einfache „Pick-an-Place“-Aufgaben können als einführende Lernaufgaben dienen. Darauf aufbauend lassen sich Szenarien mit erweiterten Anforderungen gestalten. Weitere Lernbereiche aus der Metallbearbeitung, Automatisierungstechnik, Informationstechnik etc. lassen sich anknüpfen und mit den unterschiedlichen Lernvoraussetzungen verzahnen.

Die Analyse der betrieblichen Cobot-Beispielprojekte zeigt, dass der Fokus auf den Kernaufgaben zur Herstellung der Cobot-Automatisierung liegt. Angrenzende Aufgaben werden z. T. im betrieblichen Alltag nur untergeordnet betrachtet. Die Dokumentationserstellung, tieferegehende Rentabilitätsanalysen, Ergonomie-Betrachtungen sowie Auswirkungen von Mensch-Roboter-Kollaborationen können im Rahmen einer schulischen Umsetzung tiefergehend betrachtet werden. Schule kann hier ihren Bildungsauftrag im Kontext der betrieblichen Arbeit einlösen.

Die Entwicklung von Lernaufgaben orientiert sich in diesem Ansatz an dem dargestellten Arbeitsprozess. Die einzelnen Lernsequenzen folgen in ihrer inneren Struktur zugleich handlungsorientierten Konzepten.

2.4 Zuordnung von Lernaufgaben

 <p>PLAN</p>	P1: Komplexe Sortier- und Packprozesse analysieren
	P1.1: Die Bedeutung von Robotern in der Industrie 4.0 erläutern
	P1.2: Methoden zur Prozessanalyse anwenden
	P2: Beschaffung eines Roboters
	P2.1: Bezugspreiskalkulation durchführen
	P2.2: Nutzwertanalyse durchführen
	P3: Grundlagen der Maschinensicherheit erarbeiten

 <p>BUILD</p>	<p>B1: Installation und Inbetriebnahme eines Cobots vornehmen B2: Einfache Pick-and-Place-Lösung erstellen B3: Palettenbestückung und -transportlösung erstellen</p>
 <p>RUN</p>	<p>R1: Prozessauswertung und -optimierung anhand eines Netzplanes vornehmen R2: Risikobeurteilung durchführen</p>

3 Lernaufgaben zur Produktionsautomatisierung mit Cobots

3.1 Moodle-Kurs als Träger der Lernaufgaben

Die Zusammenstellung der Lernaufgaben zur Produktionsautomatisierung mittels Cobot erfolgt als Kurs im Lernmanagementsystem „Moodle“. Der gesamte Kurs steht zum Download bereit und kann entsprechend auf beliebigen Moodle-Plattformen importiert werden. Mit Hilfe eines Gastzugangs kann der Kurs auf dem Moodle-Server der Eckener-Schule eingesehen werden: <https://moodle.esfl.de/course/view.php?id=4762>.

3.2 Aufgaben zu PLAN

P1: Komplexe Sortier- und Packprozesse analysieren

Didaktische Hinweise zum Kursabschnitt P1.1 und P1.2

Insgesamt unterteilt sich der Robotik-Kurs in die drei Kategorien Planung, Aufbau und Betrieb. Dieser Kursaufbau folgt so gesehen der natürlichen Logik bei der Automatisierung von Arbeitsprozessen mithilfe von Cobots. Mit diesem Kurs sollen Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt werden, einen Arbeitsprozess zu analysieren, einen Cobot in Betrieb zu nehmen und diesen im Anschluss zu betreiben.

Im Abschnitt Planung (P1 bis P3) geht es zunächst um die Grundlagen der Robotertechnik sowie die Frage, ob sich ein Prozess im Allgemeinen zur Automatisierung eignet bzw. ob dies ökonomisch sinnvoll ist.

Damit dies geschehen kann, sind unter anderem Grundkenntnisse im Bereich der Robotertechnologie notwendig. Diese Grundlagen werden im Kursabschnitt P 1.1 thematisiert. Der Kursabschnitt dient damit als allgemeine Einführung in die Thematik Robotik im Unterricht.

Beginnend mit einem kurzen Überblick über den Begriff der „Industrie 4.0“ geht es im Anschluss um den Einsatz von Robotern in diesem Zusammenhang. Darauf aufbauend werden Grundbegriffe der Robotertechnik behandelt. Mit Abschluss dieses Kursabschnitts können die Berufsschüler die Thematik Robotik in den Kontext der Industrie 4.0 einordnen und besitzen erste theoretische Grundkenntnisse im Bereich der Robotertechnologie.

Für die Umsetzung wurde die Moodle-Funktion „Lektion“ genutzt. Hierbei werden Informationen (Texte, Bilder, Grafiken und Videos) in festgelegter Reihenfolge dargestellt und diese mit kurzen Tests (Zuordnungen, Multiple Choice) kombiniert. Aufgrund dieses Aufbaus kann der Kurs zur individuellen (online) Vorbereitung genutzt werden.

Der Kursabschnitt ist exemplarisch und dient in erster Linie als Beispiel. Er kann (und soll) angepasst und erweitert werden. Der Kurs zeigt, wie Texte mit Videos, Grafiken und Bildern mit kurzen Tests kombiniert werden. Bei einer Anpassung der Lektion durch die Lehrkraft können diese Inhalte beliebig verändert und ergänzt werden.

Lernziele:

Die Schülerinnen und Schüler analysieren komplexe Sortier- und Packprozesse, um Optimierungspotential durch den Einsatz von Cobots zu ermitteln.

This project has received funding from the European Union's Erasmus+ program under the registration number 2020-1-DE02-KA202-007393. This document reflects only the author's view and the Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains

Indikatoren:

- Analysieren eines Sortier- und Packprozesses
- Definieren von Teilprozessen als „Vorgänge“
- Aufstellen einer Vorgangsliste mit Angabe aktueller Zeiten („Dauer“)
- Aufstellen eines Netzplans zum Abbilden des aktuellen Prozesses
- Abgleichen zwischen tatsächlicher und errechneter Durchlaufzeit
- Ermitteln von Teilprozessen (aus dem Netzplan), deren Automatisierung besonders effektiv ist
- Nutzen von CAP-Systemen (Computer Aided Planning)

Unter Kap. 2.3 „Didaktische Implikationen“ wird bereits auf die Komplexität realer Arbeitsprozesse hingewiesen. Im Sinne des Lernfeldgedankens im beruflichen Schulsystem können Fertigungsabläufe zwar vereinfacht werden, sollten aber wesentliche Aspekte der Komplexität – z. B. gegenseitige Abhängigkeit oder Verschiedenartigkeit – möglichst real simulieren. In diesem Sinne kann das folgende Unterrichtsformat das Erreichen der genannten Lernzielindikatoren unterstützen.

Mögliches Unterrichtsformat:

Die Schülerinnen und Schüler

- führen den Prozess selbst aus,
- nehmen Zeiten auf und
- dokumentieren die Arbeitsschritte passend (Vorgangsliste).

Für Analyse und Dokumentation wird moderne Medientechnik (Foto und Video) genutzt. Die Schülerinnen und Schüler bilden Teilprozesse nach und berücksichtigen Arbeitswege, um realistische Teilprozesszeiten zu ermitteln.

Das Arbeiten in einer Gruppe erleichtert das

- Simulieren,
- Beobachten wie
 - Betrachten,
 - Fotografieren oder Filmen,
 - und Beschreiben,
- und Zeitaufnahmen.

P2: Beschaffung von Cobots

Im Planungsteil liegt der Fokus u. a. auf wirtschaftlichen Aspekten. In P2 werden zwei Methoden aus dem Bereich der Beschaffung in die Planung für den Einsatz eines Cobots im Produktionsprozess integriert.

Der Themenbereich Beschaffung spielt im Betriebswirtschaftslehreunterricht für angehende Techniker/-innen eine große Rolle. Es werden verschiedene Verfahren zur Zeit- und Mengenplanung vorgestellt. Im Hinblick auf die Beschaffung von Betriebsmitteln bietet eine Einkaufspreiskalkulation einen Anknüpfungspunkt an das Fallbeispiel. Am Beispiel des Cobots wird im Lernabschnitt P2.1 das Kalkulationsschema mit den Fachbegriffen vorgestellt. Die

This project has received funding from the European Union's Erasmus+ program under the registration number 2020-1-DE02-KA202-007393. This document reflects only the author's view and the Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains

Berechnung wird in einer Aufgabe mit Bezug zum Fallbeispiel durchgeführt. Zusätzlich wird das Fachwissen in Form eines Moodle-Tests geprüft. Der Test kann beliebig oft wiederholt werden und das Ergebnis kann in die mündliche Note einfließen.

Neben den im Unterricht vorgestellten verschiedenen Verfahren zur Zeit- und Mengenplanung für die angehenden Techniker/-innen wird in P2.2 eine Methode zur Lieferantenauswahl vorgestellt.

Nach einer kurzen Einführung über weitere Kriterien neben Preis und Lieferzeit erhalten die Schüler die Aufgabe, eine Nutzwertanalyse durchzuführen.

Die Aufgabe ist schülerzentriert und als Gruppenarbeit konzipiert. Die Lehrkraft erklärt die Nutzwertanalyse nicht im Voraus, sondern gibt Informationen, wie sie durchzuführen ist. Daher erfordert die Aufgabe ein hohes Maß an Selbstorganisation und Diskussion innerhalb der Gruppen. Ziel ist es, dass die Schüler selbst die Vor- und Nachteile dieser Methode erkennen, was spätestens bei der Präsentation und dem Vergleich der Lösung deutlich wird. Darüber hinaus können weitere Anwendungsmöglichkeiten für eine Nutzwertanalyse identifiziert werden, z. B. die Entscheidung zwischen verschiedenen Produktionsverfahren, Produkten, spezieller Software etc. Ergänzend können alternative Darstellungsformen diskutiert werden, z. B. die Unterteilung in Kategorien oder eine andere Punkteskala.

Dieser Abschnitt ist für den Unterricht im Klassenzimmer gedacht. Er kann aber auch für den Online-Unterricht angepasst werden. In diesem Fall ist man in der Lage, Gruppenräume im Videokonferenzsystem einzurichten. Die Aufgabe wird dann in den Gruppen per Screensharing bearbeitet.

Lernziele:

Die Schülerinnen und Schüler

- unterscheiden Begriffe im Zusammenhang mit einer Einkaufspreiskalkulation, wie z. B. Einkaufsfreibetrag, Einkaufsrabatt, Einkaufskosten,
- führen eine Einkaufspreiskalkulation mit Hilfe einer Tabellenkalkulationssoftware durch,
- identifizieren Kriterien, die für die Lieferantenauswahl relevant sind,
- führen mit Hilfe einer Tabellenkalkulationssoftware eine Nutzwertanalyse durch,
- identifizieren Vor- und Nachteile sowie Anwendungsmöglichkeiten der Nutzwertanalyse.

P3: Grundlagen der Maschinensicherheit

In diesem Abschnitt wird eine Einführung in die Grundlagen der Maschinensicherheit gegeben. Dazu gehören allgemeine Informationen über die EU-Maschinensicherheitsrichtlinie und das CE-Kennzeichnungsverfahren sowie Aspekte, die für den Kauf/Planungsprozess von Bedeutung sind.

Dies ist zum einen für die Bildungseinrichtung relevant, wenn eine Cobot-Lernumgebung zum ersten Mal installiert wird. Andererseits wird den Schülerinnen und Schülern die Notwendigkeit aufgezeigt, die Maschinensicherheit bei der Installation von Cobots in Unternehmen zu berücksichtigen. Aspekte der Maschinensicherheit, d. h. des CE-Kennzeichnungsprozesses, werden dann in der Phase RUN weiter vorgestellt, obwohl sie in allen drei Phasen PLAN, BUILD und RUN berücksichtigt werden sollten.

Dieser Abschnitt ist für den Unterricht im Klassenzimmer gedacht. Er kann aber auch für den Online-Unterricht angepasst werden.

This project has received funding from the European Union's Erasmus+ program under the registration number 2020-1-DE02-KA202-007393. This document reflects only the author's view and the Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains

Lernziele:

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben die Motivation für (Maschinen-)Sicherheit,
- unterscheiden zwischen Arbeitssicherheit und Sicherheit von Maschinen,
- identifizieren das relevante nationale Recht auf der Grundlage der europäischen Richtlinien zur Maschinensicherheit,
- erklären den Anwendungsbereich und den Hauptzweck der CE-Kennzeichnung und der Maschinenrichtlinie,
- unterscheiden zwischen den Begriffen „Maschine“ und „unvollständige Maschine“ im Sinne der Maschinenrichtlinie und benennen die daraus folgenden Anforderungen an den Kauf eines Cobots.

3.3 Aufgaben zu BUILD

B1: Installation und Konfiguration eines UR 5

Der Einstieg in die Roboterprogrammierung erfolgt über den von Universal Robots kostenlos zur Verfügung gestellten Online-Kurs. Für Teilnehmende ist eine Registrierung erforderlich. Die Bearbeitung aller Module erfordert einen Aufwand von ca. 3 Std. Nach Beendigung sind die Schülerinnen und Schüler in der Lage, die Inbetriebnahme des Roboters durchzuführen.

B2: Einfache Pick-and-Place-Lösung erstellen

Die dargestellten Lernaufgaben sind u. a. passend für Lernende der dualen Erstausbildung in Berufen, bei denen Automatisierung eine Rolle spielt. Dazu gehören etwa Industriemechaniker, Zerspanungsmechaniker oder auch Konstruktionsmechaniker.

Die Aufgaben vermitteln den grundlegenden Umgang mit einem UR-Roboterarm. Dabei sollen die Lernenden folgende Fähigkeiten anhand von sechs aufeinander aufbauenden Aufgaben erlangen:

- programmieren eines Bewegungsablaufes unter Verwendung der passenden Bewegungsarten und Berücksichtigung von Randbedingungen wie etwa die Form und Position des Werkstücks,
- Anbinden mehrerer Sensoren an die Steuerung des Roboters und Einbindung der Sensorsignale in den Programmablauf,
- Verwenden von vorgefertigten Programmblöcken, in diesem Fall die Paletten-Funktion.

Bei den Aufgaben kommen eine Teilerutsche mit Sensoren und kleine, runde Werkstücke aus Stahl zum Einsatz. Die Komponenten für die Teilerutsche stammen aus dem 3D-Drucker und sind nachfolgend abgebildet. Die STL.-Dateien für diese Bauteile sind hinter den Abbildungen im Moodle-Kurs verlinkt und können nachgedruckt werden.

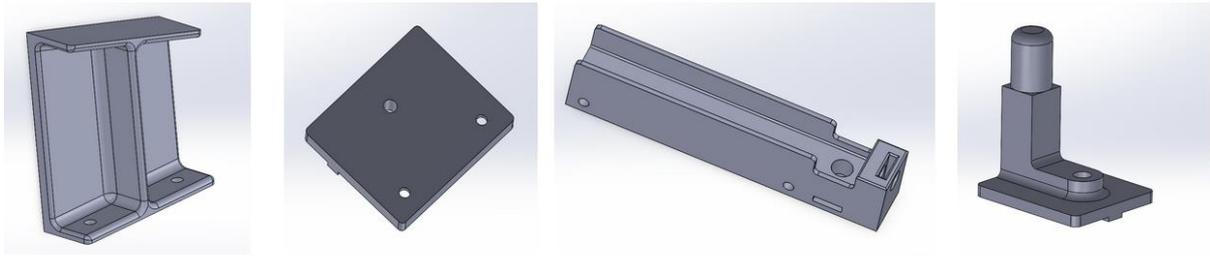


Abbildung 3-1: Komponenten für Teilerutsche

Die Aufgaben sollen eine klassische Sortieraufgabe simulieren, wie sie in der industriellen Fertigung häufig vorkommt. Um alle Aufgaben zu erledigen, benötigen die Lernenden normalerweise mindestens 10 Stunden.

B3: Palettenbestückung und -transportlösung erstellen

Die folgende Lernaufgabe führt insbesondere die zuvor erworbenen Kompetenzen zusammen. Die Aufgabe beinhaltet eine höhere Komplexität und integriert zusätzlich Aspekte der Sensorik, Antriebe mit deren Ansteuerung und der UR-Programmierung. Die Aufgabe erfordert eine Laborausstattung, die neben dem Roboter ein Förderband enthält (siehe Abbildung 3-1). Die Ansteuerung des Förderbandantriebs erfolgt durch einen Frequenzumrichter.

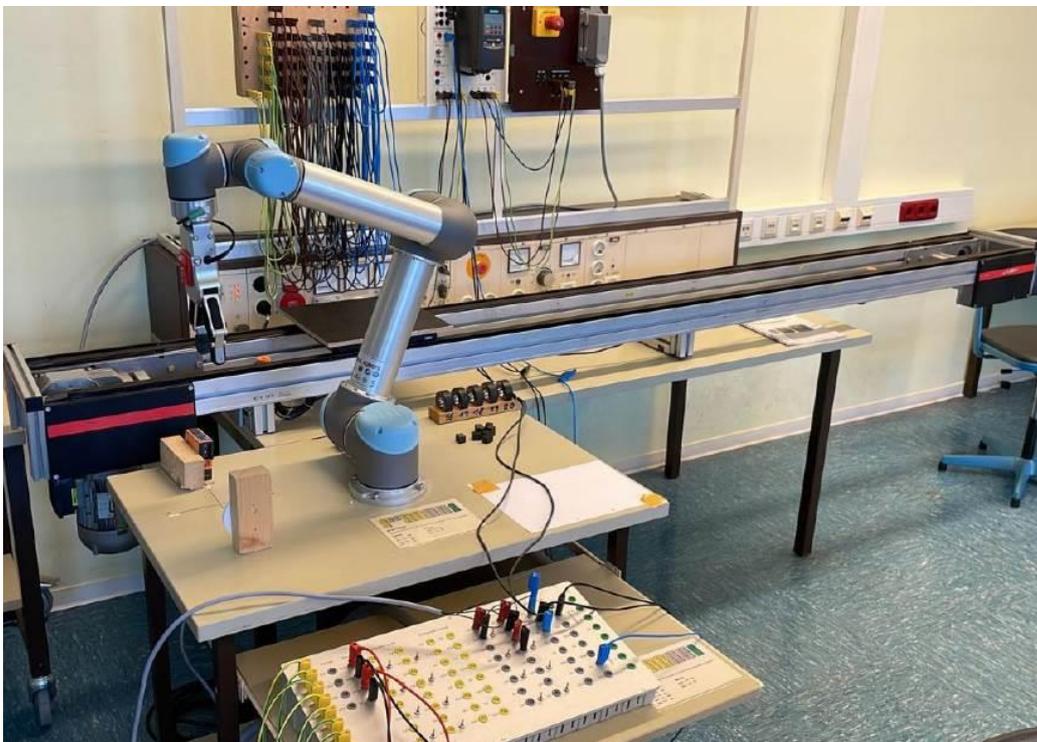


Abbildung 3-2: Beispielhafter Laboraufbau zur Lernaufgabe "Palettenbestückung und -transport"

Lernziele:

Schülerinnen und Schüler können einen komplexen Sortier- und Verpackungsprozess mit Hilfe des Roboters realisieren. Neben der Programmieraufgabe ist eine geeignete Dokumentation zu erstellen.

Arbeitsauftrag:

Erstellen Sie ein Programm zur Palettenbestückung mit dem UR5. Dabei ist die Palette mit einem Förderband in der Beladeposition zu positionieren und nach dem Bestücken mit 9 Dosen (3x3) in die Entnahmeposition zu verfahren. Es stehen neben dem UR5 mit Zweifingergreifer und dem Förderband optische und induktive Sensoren sowie ein Frequenzumrichter (Siemens Micromaster) zur Verfügung.

Folgende Elemente sind zu dokumentieren:

- Programmierung des UR5,
- Parametrierung des Siemens Micromaster,
- Verdrahtungsplan für Sensorik, UR5 und Frequenzumrichter.

Zur Bearbeitung der Aufgabe wird folgendes Technologieschema bereitgestellt:

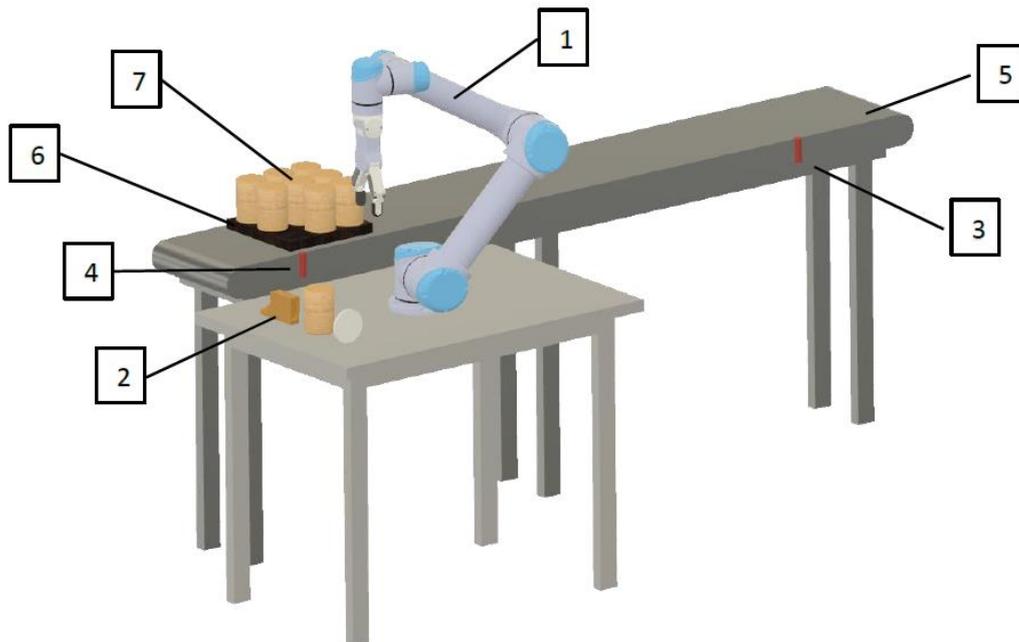


Abbildung 3-3: Technologieschema zur Lernaufgabe „Palettenbestückung und -transport“

Position	Benennung
1	Knickarmroboter UR5
2	Lichtschranke
3	induktiver Näherungsschalter BG1
4	Induktiver Näherungsschalter BG2

This project has received funding from the European Union's Erasmus+ program under the registration number 2020-1-DE02-KA202-007393. This document reflects only the author's view and the Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains

5		Förderband
6		Palette
7		Holzzyylinder (9 Stück)

Abbildung 3-4: Komponenten des Technologieschemas

Funktionsbeschreibung:

Der Knickarmroboter UR5 entnimmt Holzzyylinder aus einem Materiallager und positioniert sie auf einer Palette, welche sich auf einem Förderband befindet. Ist die Palette voll, wird sie vom Förderband abtransportiert. Die leere Palette wird nach 20 Sekunden wieder in die Ausgangsposition gefahren und erneut bestückt. Die Endlagenschalter BG1 und BG2 geben an, wann sich die Palette vor dem Cobot befindet und bestückt werden kann bzw. wann sie abgeladen werden kann. Das Palettierungsprogramm stoppt, wenn sich keine Palette vor dem Cobot befindet und läuft weiter, sobald das entsprechende Signal da ist. Ob sich Material im Materiallager befindet, wird durch eine Lichtschranke geprüft.

Das Förderband wird von einem 3-Phasen-Drehstrommotor angetrieben, welcher wiederum von einem Frequenzumrichter (Siemens Micromaster) angesteuert wird. Der Frequenzumrichter wird über digitale Eingänge gesteuert, welche direkt vom UR5 angesprochen werden. Bei der Parametrierung ist darauf zu achten, dass das Anfahren und Abbremsen des Förderbandes so erfolgt, dass keine Dosen umfallen.

Als Sensorik stehen neben Reflexionslichtschranken und induktiven Näherungssensoren am Förderband noch Schalter und Taster am UR5 zur Verfügung (siehe Technologieschema).

Nutzen Sie die entsprechenden Herstellerdokumentationen, um weitere Informationen zu erhalten.

3.4 Aufgaben zu RUN

R1: Prozessauswertung und -optimierung anhand eines Netzplanes vornehmen

Lernziele:

Schülerinnen und Schüler nehmen eine Prozessauswertung und -optimierung anhand eines Netzplans vor:

- Anpassen der Vorgangsliste,
- Aufnehmen aktueller Durchlaufzeiten,
- Ermitteln einer neuen Durchlaufzeit,
- Auswerten und Durchführen einer Erfolgskontrolle.

Didaktische Überlegungen:

- Der Produktionsprozess kann vereinfacht werden, sollte aber entscheidende Aspekte der Komplexität im Labor oder Klassenraum abbilden.
- Die Schülerinnen und Schüler sollten – Grundlage kann das Lernfeldprinzip im deutschen Beruflichen Bildungssystem sein – an der Aufgabe „Analyse eines Arbeitsprozesses mit

anschließender Optimierung“ in verschiedenen festgelegten Rollen zusammenarbeiten. Diese könnten sich ergeben z. B. aus den Fachgebieten

- Mechanik,
 - Automatisierung und
 - Betriebswirtschaft.
- Die Ergebnisse der Gruppenarbeit sollte gemeinsam präsentiert und evaluiert werden. Dies kann sowohl in der Gruppe als auch vor der Lehrkraft erfolgen.

R2: Bewertung der Maschinensicherheit

In der letzten Phase RUN liegt der Schwerpunkt auf dem implementierten System. Spätestens in dieser Phase sollten die bisherigen Maschinensicherheitsbetrachtungen zusammengestellt werden, um den in P3 neu eingeführten CE-Kennzeichnungsprozess abzuschließen. In dieser oder, wenn möglich, in der BUILD-Phase sollten Tests durchgeführt werden, um zu prüfen, ob die Risikobeurteilung angemessen ist und die festgelegten Maßnahmen zu dem gewünschten Ergebnis führen.

In diesem Abschnitt wird der Prozess der CE-Kennzeichnung in Bezug auf die Implementierung eines Roboters in einer Lernumgebung oder - bezogen auf die zukünftige berufliche Tätigkeit der Schüler - in einem Unternehmen näher beschrieben. Darüber hinaus werden auch praktische Aspekte betrachtet.

Im Hinblick auf die Vorbereitung des weiteren Unterrichts kann eine Risikobeurteilung in Abhängigkeit vom Lernstand der Schüler/in einbezogen werden. So könnte z. B. eine Risikoanalyse für einen Cobot (teilweise) gemeinsam mit der Klasse durchgeführt werden. Alternativ könnten die Schülerinnen und Schüler dies als Gruppenarbeit durchführen und ihre Ergebnisse präsentieren.

Die Lektion ist für den Unterricht im Klassenzimmer gedacht, kann aber auch für den Online-Unterricht angepasst werden.

Lernziele:

Die Schülerinnen und Schüler:

- beschreiben den Prozess der CE-Kennzeichnung,
- identifizieren die wichtigsten Fragen im Zusammenhang mit diesem Prozess am Beispiel der Implementierung eines Roboters,
- erklären den Prozess der Risikobewertung,
- identifizieren Aspekte, die während des Risikobewertungsprozesses zu berücksichtigen sind.

4 Prüfungsszenarien

Die entwickelten Lernaufgaben sind durch verschiedene Leistungsüberprüfungen (Tests) angereichert, um den Teilnehmenden eine individuelle Rückmeldung über deren Leistungsstand zu geben und ihnen die Gelegenheit zu geben, ihren Lernprozess zu reflektieren und entsprechend nachhaltiger zu gestalten. Hierzu werden verschiedene Moodle-Test-Werkzeuge genutzt (siehe Moodle-Kurs).

Im folgenden Abschnitt wird eine praktisch zu realisierende Aufgabe als Prüfungsobjekt vorgestellt. Die Teilaufgaben führen zu beobachtbaren Ergebnissen und können die dabei identifizierten Kompetenzanforderungen der Prüflinge exemplarisch widerspiegeln. Der Fokus liegt insbesondere auf problem- und handlungsorientierten Anforderungen. Es wird beabsichtigt, die Art der Aufgaben unter Einbeziehung des realen Roboters so zu gestalten, dass dieser einerseits in komplexe Handlungszusammenhänge eingebettet ist, die Prüflinge aber zu deren Lösung vielschichtige Leistungen erbringen können.

Die Aufgaben wurden im Rahmen einer Abschlussprüfungsaufgabe im Bildungsgang staatlich geprüften Mechatroniktechniker/-in Schwerpunkt Betriebstechnik erprobt. Die Bearbeitungszeit beträgt 60 Minuten.

Ausgangssituation:

Ihr Kunde hat für eine Palettierungsaufgabe einen kollaborierenden Roboter vom Typ UR5e bzw. UR3e mit 2-Fingergreifer erworben. Sie sollen den Roboter für den Einsatz gemäß Kundenvorgabe einrichten und in Betrieb nehmen.



Abbildung 4-1: Prüfungsaufbau des UR5

Kundenvorgaben:

Der Roboter soll neun Produkteinheiten aufnehmen und auf einer Palette in einem 3x3 Format ablegen. Der Verpackungsprozess läuft nach Sequenzstart durch Drücken des **Tasters I** (siehe Abbildung 4-2) automatisch ab und endet nach dem fertigen Palettieren. Ein Neustart der Sequenz ist durch erneutes Drücken des **Tasters I** möglich. Der Drehschalter ist als rastender „Freedrive-Button“ ausgeführt.

Da der Kunde aufgrund Lieferverzögerung keine Lichtschranken zur Verfügung stellen kann, soll diese für die Programmierung durch den **Taster II** simuliert werden.

Die Lichtschranke soll für den Prozess das Vorhandensein einer Produkteinheit signalisieren. Ist eine Produkteinheit am Aufnahmeort vorhanden, muss der **Taster II** gedrückt und gehalten werden.



Abbildung 4-2: Bedienfeld zur Prüfungsaufgabe

Arbeitsauftrag:

- a) Entwickeln Sie während der Vorbereitungszeit eine grobe Programmplanung in Stichworten bzw. skizzieren Sie den Programmablauf.
- b) Programmieren Sie den Roboter gemäß Kundenanforderung.
- c) Überprüfen Sie den programmierten Verpackungsprozess auf Funktion.

Bewertung:

Die Bewertung erfolgt anhand eines Prüfprotokolls gemäß Kundenanforderung gemeinsam.

5 Kollaborierende Roboter in der Schule

Eine wiederkehrende Herausforderung im schulischen Umfeld besteht darin, Medien sichtbar und effizient im unterrichtlichen Kontext einzusetzen. In der Praxis ist zu beobachten, dass teure Medianausstattungen angeschafft, aber leider nur wenig im Unterricht eingesetzt werden. Das folgende Beispiel zeigt einen Ansatz, diesem Problem zu begegnen. Dazu wurden zwei Laborräume so gestaltet, dass sie den Ansprüchen im Bereich der Automatisierungstechnik und der Robotertechnik gerecht werden und möglichst für viele berufliche Bildungsprogramme zugänglich sind.

Anforderung an die Räume:

- Die vorhandenen Komponenten der Roboter- und Automatisierungstechnik räumlich bündeln, um Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten effizienter abarbeiten zu können.
- Die Verknüpfung der Bereiche Sensorik, Aktorik, SPS-Steuerung und Robotik einfach gestalten.
- Einen Lernort schaffen, der einen möglichst praxisnahen Arbeitsweltbezug für die Schülerinnen und Schüler bietet.
- Den Schülerinnen und Schülern ein selbstständiges und sicheres Arbeiten ermöglichen (Gefahren durch Elektrizität, Cobots und SPS-Modellen begegnen).
- Alle Komponenten auch einzeln in anderen Lernräumen der Schule einsetzen.
- Ein fachrichtungsübergreifendes Unterrichtskonzept entwickeln, um z. B. Wahlpflichtkurse anzubieten.

5.1 Raumkonzept

Die Planung sieht zwei Räume mit je 12 Arbeitsplätzen vor, die über eine entsprechende Energie- und IT-Versorgung verfügen.



Abbildung 5-1 Raumkonzept: Raum D311 und Raum D313

An den Arbeitsplätzen ist das Einhängen von SPS'en und deren Peripherien möglich. Alle Arbeitsplätze sind mit Netzwerkanschlüssen ausgestattet, die einen Zugriff auf die in der Raummitte platzierten Roboter bzw. FESTO-Anlagen ermöglichen.

Im Raum D311 werden die drei UR3e mit den MPS-Modulen (Modulares Produktions-System) der Firma FESTO ausgestattet und bietet ebenso die Möglichkeit, SPS-Lernträger zu nutzen (vgl. Abbildung 5-2). Mit den 6 verschiedenen MPS-Stationen und den UR3-Robotern besteht die Möglichkeit, die Komponenten einzeln wie auch im vernetzten Betrieb (Fertigungsstraße) einzusetzen.



Abbildung 5-2 FESTO Didactics MPS-Transportband-System mit Erweiterungsmodulen (v.l. 1. Stapelmagazin, 2. Bohren und Tiefenprüfung, 3. Bauteile wenden, 4. RFID lesen, schreiben und Auswerfen)

Die Module sind alle einzeln nutzbar oder wie hier aufgebaut als gesamter Fertigungsprozess nutzbar. Programmierung über das TIA-Portal mit einer 1200er SPS mit Touchpanel.

Der Raum D313 bekommt den UR5e mit einer Förderstrecke zugeordnet (Techniker Projekt aus dem ERASMUS-Programm) darüber hinaus ist hier der Betrieb von Motorprüfständen geplant. In Bezug auf die Robotertechnik bildet der Raum den Schwerpunkt für das Programmieren und Abbilden von Arbeitsprozessen. Er enthält entsprechende Sensorik, Aktorik, Roboter und Motorensteuerung.

Beide Räume sind mit einem Clevertouch-Tafelsystem ausgestattet und sollen zukünftig noch ein tragbares Kamerasystem bekommen, um auch als Hybrid-Lernräume nutzbar zu sein. Es wird ermöglicht, dass Schülerin und Schüler die Roboter auch in hybriden Lernformen z.T. aus der Ferne bedienen und programmieren können. Die Rückkopplung erfolgt hierbei über entsprechende Livebildübertragung.

Der Abstand zwischen der Tischreihe vor den Fenstern resultiert aus Vorgaben des Schulträgers, um eine Zugänglichkeit zu den Fenstern für Reinigungsarbeiten zu ermöglichen (vgl. Abbildung 5-1).

This project has received funding from the European Union's Erasmus+ program under the registration number 2020-1-DE02-KA202-007393. This document reflects only the author's view and the Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains



Abbildung 5-3 Montagegerahmen mit verschiebbaren Schienen, höhenverstellbares Lehrkräftepult

Die Montagegerahmen auf den Tischen sind auf einer Schiene nach vorne verschiebbar. Das Lehrerpult ist höhenverstellbar und mit allen Mediaschnittstellen ausgestattet. In der Raum Mitte ist ein Bodentank installiert, über den die Roboter und FESTO-Module mit Spannung, Netzwerk und Druckluft versorgt werden. Lieferant der Labormöbel ist die Firma ELABO.



Abbildung 5-4 Zwischenraum zur Lagerung von Komponenten

Zur Lagerung weiterer Roboter- und SPS- Komponenten wird ein Lagerraum zwischen den Räumen D311 und D313 genutzt.

5.2 Kollaborierende Roboter

Insgesamt sind derzeit kollaborierende Roboter der Firma Universal Robot sind folgenden Ausführungen vorhanden: UR3e (3x vorhanden); UR5e (1x vorhanden) und UR10e (1x vorhanden)



Abbildung 5-5: UR3e, UR5e und UR10e der Firma Universal Robot

Die UR3e und der UR5e werden in den Räumen D311 und D313 für die Wahlpflichtkurse sowie die Lernfeldunterrichte in den verschiedenen Ausbildungsberufen eingesetzt. Der UR10e ist für den Einsatz im Metallbereich im Bereich Maschinenbestückung etc. vorgesehen. Die Gestelle für die SPS, Touchscreen und FESTO Module sind genauso wie die Robotertische und Steckfelder der UR's sind eigene Entwicklungen der Schule und selbst angefertigt.

Da in der Schule bereits entsprechende Modelle vorhanden sind und eine möglichst offene Arbeit der Schülerinnen und Schülern möglich sein soll, schieden fertige Lösung von Lehrmittelherstellern für das Raumkonzept aus, da diese durchweg als geschlossene Systeme nur bedingt bis gar nicht angepasst oder geändert werden konnten. In dem entwickelten Raumkonzept steht jedoch dieser Schwerpunkt im Fokus, so dass eine eigene Lösung entwickelt und umgesetzt wird.

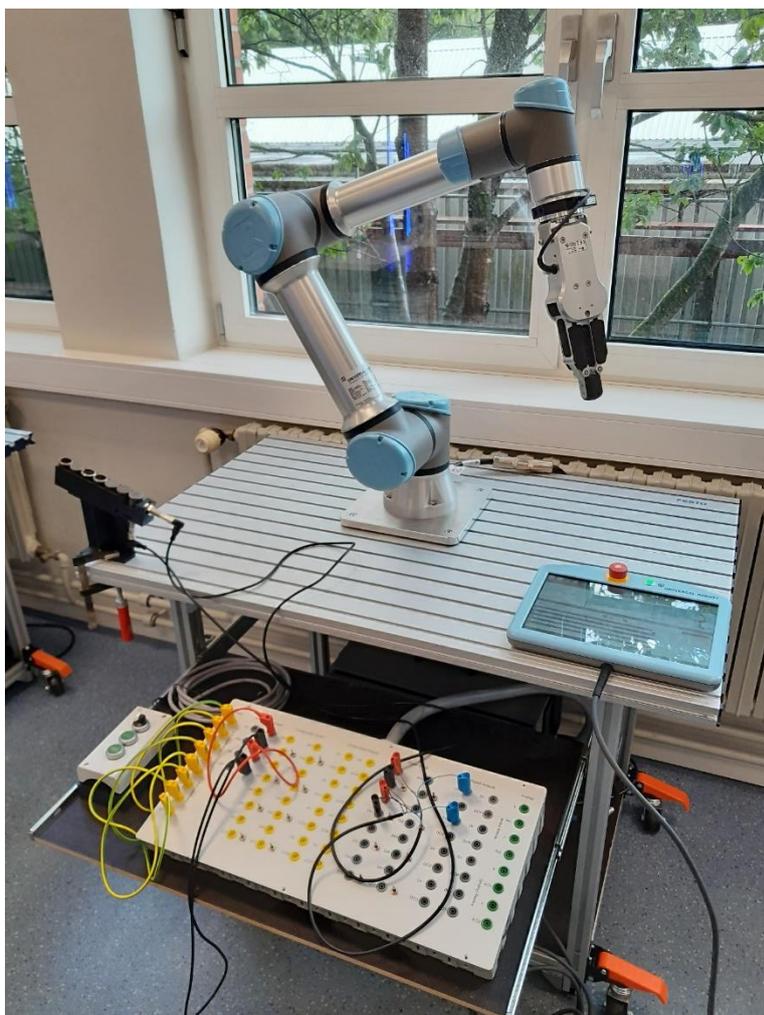


Abbildung 5-6: Roboterwagen mit I/O-Zugangsmöglichkeit (Eigenkonstruktion)

Alle Roboter verfügen über einen Wagen (Eigenkonstruktion). Dieser ist mit einem Steckboard ausgestattet, welches alle Ein- und Ausgänge des Roboters nutzbar macht, ohne die Steuerung zu öffnen. In der Abbildung 5-6 ist der Robotertisch mit einer Materialrutsche (2 induktive Näherungssensoren) und einer externen Steuereinheit (2x Taster und einem Drehschalter ausgestattet).



Abbildung 5-7: URx mit Transportbändern

Für alle UR3e und UR5e stehen MPS-Transportbänder von FESTO zur Verfügung, die entweder „hart“ verdrahtet oder via Profinet und einer SPS mit dem Roboter betrieben werden können.

5.3 Greifer und Heber

Die Roboter können mit verschiedenen Greifern und Hebern ausgestattet werden. Die folgende Abbildung zeigt die angeschafften Greifer. Sie ermöglichen eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten und entsprechende vielfältige Gestaltung von Lernaufgaben.



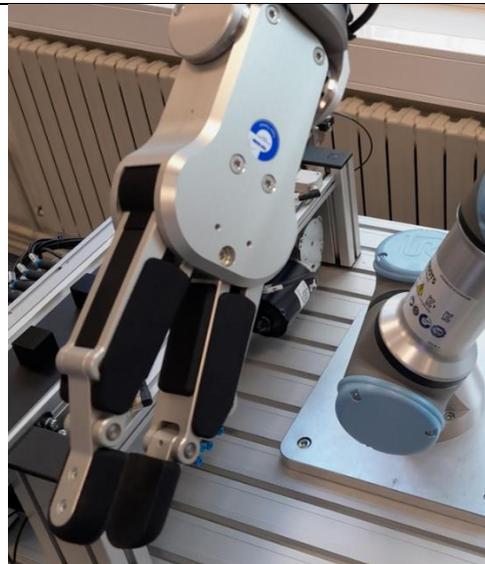
Parallelgreifer der Firma OnRobot



Saugheber der Firma OnRobot



„Softgripper“ der Firma OnRobot



2-Finger-Greifer der Firma OnRobot

Abbildung 5-8 Greifer und Heber

Die diversen Greifer sind alle mit Schnellwechselkupplung ausgestattet, die einen werkzeuglosen Wechsel ermöglichen.

Darüber hinaus besitzt die Schule ein „Eye-Cam“-System der Firma OnRobot, welche eine optische Bauteilerkennung ermöglicht und so eine Erweiterung der „Pick ‚n‘ Place“-Anwendungen bietet.

Außerdem ist ein „TRACE“-System der Firma WandelBots angeschafft worden, welches ein „Freihand-teachen“ von Wegpunkten ermöglicht. Dieses wird für Anwendungen wie Schweißen oder Kleben benötigt.

Literaturverzeichnis

Wesselmann, Ulrich (2020): Management Handbuch LOGO tape.