DHBW
Duale Hochschule
Baden-Württemberg
Ravensburg
Campus Friedrichshafen

Konzeption und Realisierung einer sensorgestützten Arbeitsplatzüberprüfung und deren Verarbeitung - Teil II

Studienarbeit T3_3200

Studiengang Elektrotechnik

Studienrichtung Fahrzeugelektronik

Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg, Campus Friedrichshafen

von

Luisa Teresa Theilmann und Nikolas Gross

Abgabedatum:	14. Juli 2024
Bearbeitungszeitraum:	08.04.2024 - 30.06.2024
Matrikelnummer:	6096076 / 6982337
Kurs:	TFE21-2
Betreuerin / Betreuer:	M. Sc. Florian Bulander

Erklärung

gemäß Ziffer 1.1.14 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2017 in der Fassung vom 24.07.2023.

Wir versichern hiermit, dass wir unsere Studienarbeit T3_3200 mit dem Thema:

> *Konzeption und Realisierung einer sensorgestützten Arbeitsplatzüberprüfung und deren Verarbeitung - Teil II*

selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt haben. Wir versichern zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Friedrichshafen, den 14. Juli 2024

Theilmann Luisa Teresa VWPKI AAB9F9027FD40955

Digital unterschrieben von Theilmann Luisa Teresa VWPKI AAB9F9027FD40955
Datum: 2024.07.14 16:08:09 +02'00'

Nikolas Gross

Signed by: Nikolas Gross
EMail: nikolas.gross@mercedes-benz.com
Signing time: 14-07-2024 16:18:39 (+02:00)
IP address: 163.116.178.123

Luisa Teresa Theilmann und Nikolas Gross

Kurzfassung

Innerhalb des Produktionstechnischen Zentrums der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) Ravensburg am Campus Friedrichshafen ist der Handarbeitsplatz eine von vielen Stationen. Hier führt ein Werkender händisch Tätigkeiten aus, die nicht oder schwer automatisiert werden können. Das Werkerassistenzsystem unterstützt den Werkenden bei dessen auszuübenden Tätigkeiten, indem es auf einem Bildschirm eine bildhafte Schritt für Schritt Anleitung, abhängig von dem Prozess der Montage, zeigt.

Ziel dieser Studienarbeit ist es eine Zeitmessung für die Dauer einer vollständigen Montage eines Werkstücks am Handarbeitsplatzes zu implementieren, sowie eine differenzierte Prozesszeitenmessung einzuführen. Im Laufe der Bearbeitungszeit wurde das zuvor entwickelte Konzept angepasst und überarbeitet. Zusätzlich zu einem neuen Sensor wurde ein Bauteil zur Fixierung des Sensors mithilfe der Software CAD konstruiert und anschließend 3D gedruckt. Das Ziel einzelne Prozesszeiten zu messen wurde erfüllt und erste Vergleiche zu vorab definierten Sollzeiten konnten gezogen werden.

Diese Studienarbeit bedient sich dem entwickelten Konzept aus der vorangegangenen Studienarbeit. Das dort ausgearbeitete Konzept wird leicht angepasst und optimiert, sodass eine sorgfältige und gründliche Zeitmessung der einzelnen Prozesszeiten gewährleistet werden kann.

Abstract

The manual workstation is one of many stations at the Production Technology Center of the Baden-Wuerttemberg Cooperative State University Ravensburg at the Friedrichshafen campus. Here, a worker performs manual tasks that are difficult or impossible to automate. The worker assistance system supports the worker in the tasks to be carried out by showing step-by-step instructions on a screen, depending on the assembly process.

The aim of this student research project is to implement a time measurement for the duration of a complete assembly of a workpiece at the manual workstation and also to introduce a differentiated process time measurement. During the course of the project, the previously developed concept was adapted and revised. In addition to a new sensor, a component for fixing the sensor was designed using CAD software and then 3D printed. The aim of measuring individual process times was achieved and initial comparisons with pre-defined target times could be made.

This student research project uses the concept developed in the previous student research project. The concept developed there is slightly adapted and optimized so that a careful and thorough time measurement of the individual process times can be guaranteed.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **1**

2 Grundlagen **2**

2.1 Produktionstechnisches Zentrum (PTZ) 2

2.1.1 Handarbeitsplatz 3

2.1.2 Verbaute Sensorik am Handarbeitsplatz 5

2.1.3 Zusätzliche Sensorik 5

2.2 Zeitmessung 6

2.3 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) 7

2.4 Computer Aided Design (CAD) 7

3 Umsetzung der Zeitmessungen **8**

3.1 Konzeptanpassung 8

3.1.1 Konstruktion CAD 10

3.1.2 Einbau des Sensors 12

3.2 Programmierung der SPS 13

3.2.1 Implementierte Logik 14

3.2.2 SAP Anbindung 15

3.3 Zeitmessungen 16

3.4 Vergleich Konzeptentwurf und Umsetzung 17

4 Konzepterweiterung **19**

5 Zusammenfassung **21**

5.1 Endstand am Handarbeitsplatz 22

5.2 Ausblick 22

Literaturverzeichnis **24**

Verzeichnis verwendeter Formelzeichen und Abkürzungen **26**

Abbildungsverzeichnis **27**

1 Einleitung

Die Digitalisierung sowie Automation spielt in der Produktion eine wichtige Rolle. Um in diesen Gebieten bereits während des Studiums zu Forschen und Erfahrungen zu sammeln, bietet das Produktionstechnische Zentrum am Campus Friedrichshafen der Dualen Hochschule Ravensburg eine geeignete Umgebung. Das Zentrum bildet eine kleine industrielle Produktion ab. Der Handarbeitsplatz ist eine Station am Produktionsband, die von einem Werkenden zur händischen Montage von Bauteilen genutzt wird. Die folgende Studienarbeit behandelt die Weiterentwicklung davon.

Das Ziel der vorliegenden Studienarbeit ist die Umsetzung eines in der vorangegangenen Studienarbeit [NL24] erarbeiteten Konzepts für eine Zeitmessung. Diese Zeitmessung soll sowohl die Gesamtzeit einer Montage als auch die einzelnen Prozessschritte der Montage beinhalten und messen. Hierzu soll mithilfe eines zusätzlich verbauten Sensors eine Umgebung geschaffen werden, in der die Zeitmessung den Werkenden nicht behindert, sondern unterstützend wirkt.

Für das Verständnis des vorgestellten Konzepts sowie dessen Umsetzung bildet Kapitel 2 die Grundlage. Anschließend wird die Umsetzung der Zeitmessungen in Kapitel 3 beschrieben. Hierbei wird u.a. die Konzeptanpassung dargestellt, um im Anschluss daran auf deren Umsetzung einzugehen. Kapitel 4 beinhaltet mögliche nächste Schritte und deren Ansprechpartner. Abschließend werden die Ergebnisse dieser Studienarbeit in Kapitel 5 zusammengefasst sowie ein Ausblick für weitere Studienarbeiten gegeben.

2 Grundlagen

Das Grundlagenkapitel dient dazu die theoretischen und technischen Grundlagen aufzuzeigen, die für das Verständnis der folgenden Arbeit notwendig sind. Zunächst wird das Produktionstechnische Zentrum in Kapitel 2.1 beschrieben. Anschließend wird auf die verwendete Zeitmessung in Kapitel 2.2 eingegangen, sowie die Speicherprogrammierbaren Steuerung (2.3) und Computer Aided Design (2.4) vorgestellt.

2.1 Produktionstechnisches Zentrum (PTZ)

Das PTZ bildet zusammen mit der Lernfabrik des Institut für Weiterbildung, Wissens- und Technologietransfer (IWT) den Kern des Zentrums für Digitalisierung in Produktion und Produktentwicklung (ZDP). Das ZDP bildet die Grundlage für eine fundierte Forschung im Bereich der „Vernetzung, Datenanalyse und Effizienzsteigerung“ [Dua23] sowie der Nachhaltigkeit. Das in sich geschlossene Produktionsbandsystem bildet das Herzstück des PTZ. Bestehend aus mehreren Stationen werden hier die Produkte vormontiert, sodass sie im Anschluss in der Lernfabrik in die Endfertigung gegeben werden können.

Abbildung 2.1 stellt das ZDP mit den zwei Hauptkomponenten PTZ und Lernfabrik des IWT und deren Zusammenhang dar. Im PTZ werden die Werkstückträger initial aufgebaut und das Werkstück vormontiert. Nachdem das Werkstück auf dem Werkstückträger in die Lernfabrik transportiert wurde, kann es dort fertig montiert werden und die End-of-Line-Prüfung erfolgen. Anschließend wird das fertig montierte Werkstück eingelagert bis es demontiert werden kann und die einzelnen Bauteile wieder

zurück in das PTZ zurückgeführt werden. Somit bilden Montage- und Demontageprozess einen in sich geschlossenen Produktionskreislauf ab [Dua23].

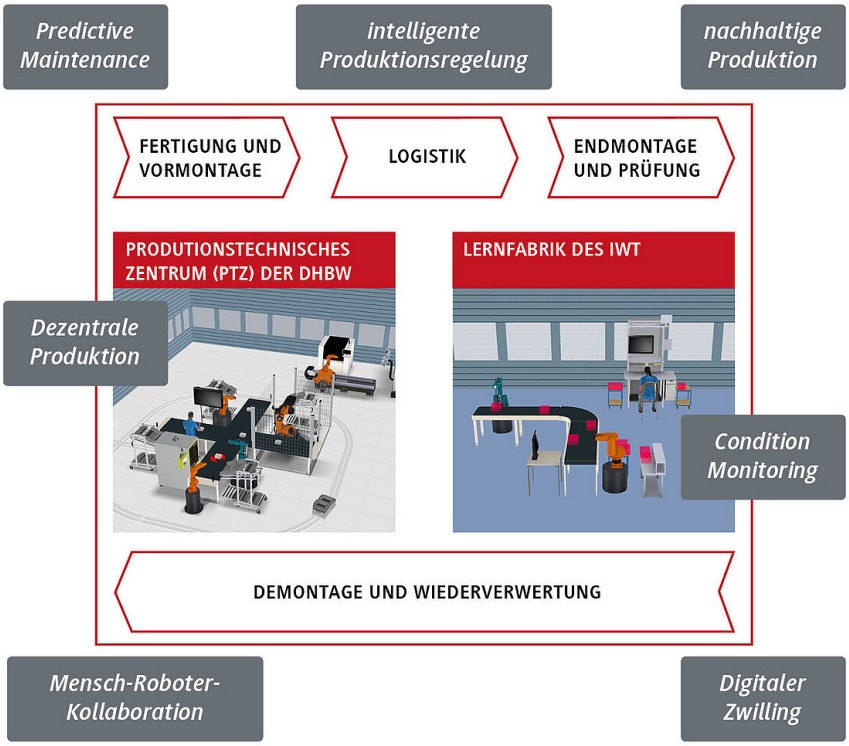


Abbildung 2.1: Zentrum für Digitalisierung [Dua23]

2.1.1 Handarbeitsplatz

Der Handarbeitsplatz bildet im PTZ die einzige Station ab, an der ein Werkender benötigt wird. Alle anderen Stationen laufen vollständig automatisiert ab. Am Handarbeitsplatz werden die ersten Bauteile am Werkstück montiert. Hierbei werden mehrere Varianten des Bauteils unterschiedenen.

Abbildung 2.2 zeigt den Handarbeitsplatz. Die wesentlichen Bestandteile des Handarbeitsplatzes sind die Arbeitsfläche, die blauen Boxen für die benötigten Materialien sowie der Bildschirm darüber. Auf diesem wird das Werkerassistenzsystem angezeigt. Mithilfe des Werkerassistenzsystems wird der Werkende in seinen auszufüh-

renden Tätigkeiten am Handarbeitsplatz unterstützt, sodass weniger Material- und Zeitverschwendungen im Prozess der Montage verzeichnet werden [NL24].

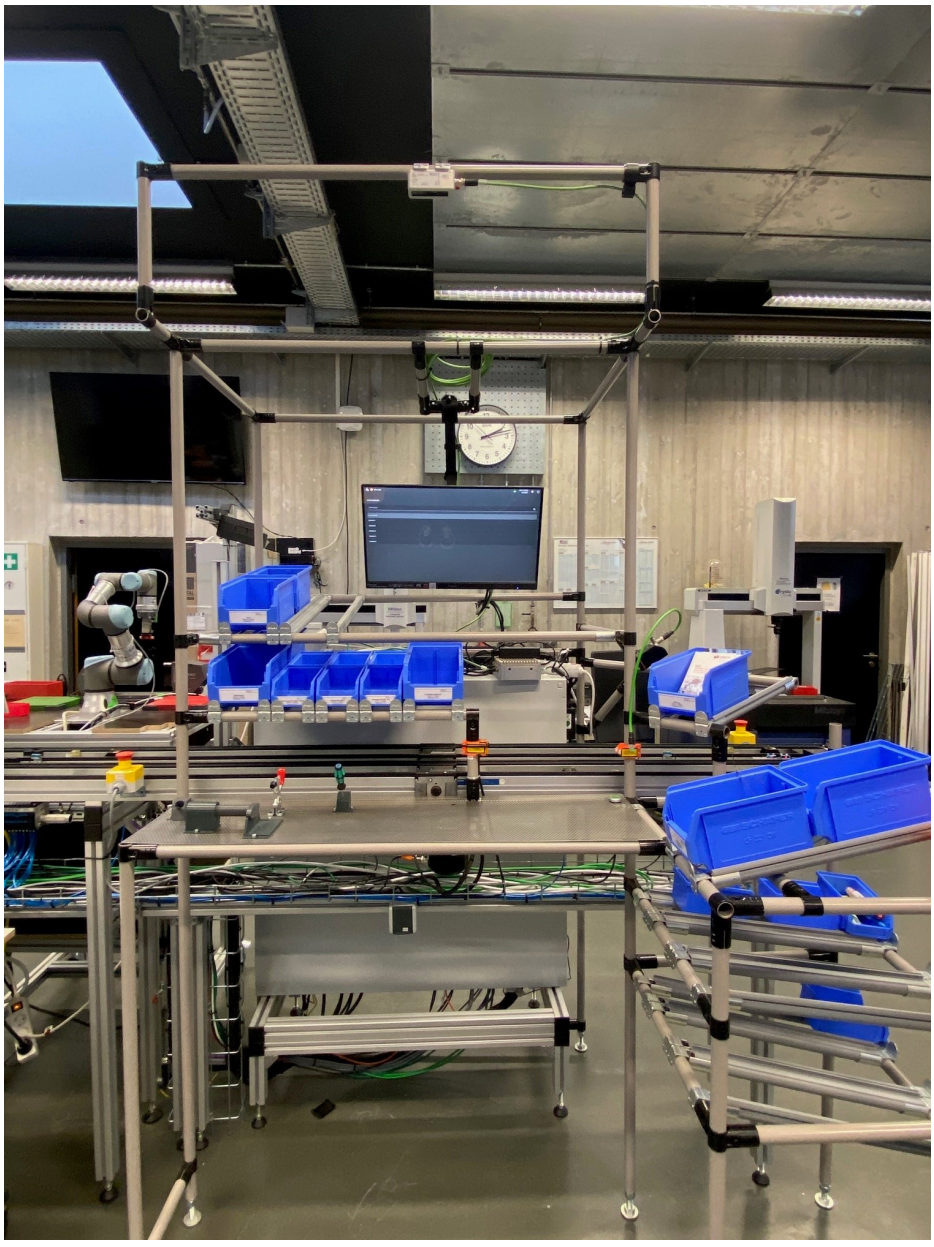


Abbildung 2.2: Handarbeitsplatz im PTZ [NL24]

2.1.2 Verbaute Sensorik am Handarbeitsplatz

Die Sensorik am Produktionsband ist von großer Bedeutung. Über diese wird u.a. der Betrieb des Förderbands geregelt. Dadurch wird sichergestellt, dass der Werkstückträger an der für die Bestückung richtigen Position anhält. Außerdem werden an den Stationen die automatisiert ablaufenden Programme gesteuert. Die Sensorik am Handarbeitsplatz spielt ebenfalls eine große Rolle. Zu Beginn der Studienarbeit sind zwei Reflexlichtschranken der Firma ifm mit der Modellnummer O6P700 montiert [NL24].

2.1.3 Zusätzliche Sensorik

Kapitel 3.1 beschreibt das basierend auf der ersten Studienarbeit [NL24] weiterentwickelte Konzept für die Zeitmessung der Gesamtzeit sowie einzelner Prozessschritte am Handarbeitsplatz. Anstelle des in der ersten Studienarbeit beschriebenen optischen Sensors wird auf einen induktiven Sensor der Firma ifm zurückgegriffen.

Der in Abbildung 2.3 dargestellte induktive Sensor IM5184 (Modellnr. IMC4026-FRKG/IO/US-100) bietet den Vorteil, dass er an den vorhanden IO-Link oder direkt an die SPS angeschlossen werden kann. Wird ein Metallobjekt in der Nähe des induktiven Sensors detektiert, werden Wirbelströme in dem Metallobjekt erzeugt, die dem Sensor Energie entziehen. Durch eine integrierte Schaltung wird anschließend ein digitales Signal weitergegeben [ifm21] [Bau24]. Der Sensor besitzt zwei Ausgangsfunktionen: einen Schließer und einen Öffner [ifm23]. Die Ansteuerung des Sensors wird in Kapitel 3.2 beschrieben.
Der Anschluss an die SPS wird mit dem Anschlusskabel EVC002 (Modellnr. IMC4026-FRKG/IO/US-100) realisiert.



Abbildung 2.3: Induktiver Sensor IM5184 [ifm24]

2.2 Zeitmessung

Um die Gesamtzeit sowie die einzelnen Prozesszeiten zu ermitteln, wurde in der vorangegangenen Studienarbeit ein Konzept entwickelt und beschrieben. Aufgrund der Umsetzbarkeit und Anbindung an die SPS wird das Konzept des optischen Sensors [NL24] geringfügig abgeändert, sodass die Zeitmessung vorgenommen werden kann. Hierbei wird die in der ersten Studienarbeit ausgewählte Zeitmessungsmethode des Verbands für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e. V. (REFA) verwendet. REFA ist eine Methode zur Beobachtung, Erfassung und Messung von Arbeitsabläufen. Hierbei werden Soll-Zeiten durch das Auswerten und Messen von Ist-Zeiten ermittelt [NL24].

2.3 Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)

Die Speicherprogrammierbare Steuerung bildet das Gehirn der gesamten Produktion. Sie sammelt alle Sensor- und Aktordaten, verarbeitet diese und gibt Signale aus, die von den einzelnen Bestandteilen der Produktion verarbeitet werden können. Die Normen `DIN EN 61131-3` bzw. `IEC 61131-3` beschreiben die SPS Programmierung. Hierbei werden mithilfe von Software-Bausteinen, wie beispielsweise „Operanden für Eingänge, Ausgänge, Zähler, Zeitglieder, boolesche Verknüpfungen und Marker“ [Orl13] die Steuerungsaufgaben gelöst und in einem Programm beschrieben. Durch verschiedene sprachliche Systembeschreibungen in grafischer (Kontaktplan, Funktionsbausteine, Funktionsplan) oder textlicher (Anweisungsliste, Strukturtext) Form kann die SPS programmiert werden [Orl13].

2.4 Computer Aided Design (CAD)

Mithilfe von CAD können Zeichnungen einzelner Komponenten sowie gesamter Baugruppen erstellt werden. Eine CAD-Zeichnung kann entweder in zweidimensionaler oder in dreidimensionaler Form angefertigt werden. Unter der Verwendung von Software kann sowohl ein erster Konzeptentwurf als auch eine realitätsgetreue Zeichnung für die Fertigung eines Bauteils erstellt werden. Das Anwendungsfeld für CAD ist vielfältig. Es wird u.a. in der Architektur, im Baugewerbe, im Tiefbau oder im Maschinenbau eingesetzt und ist heutzutage eines der wichtigsten Werkzeuge in diesen Bereichen [Aut24].

3 Umsetzung der Zeitmessungen

In diesem Kapitel werden die Umsetzung der Einzelzeitmessungen sowie die Messergebnisse der Zeitmessungen detailliert erläutert. Dazu wird in Kapitel 3.1 zunächst die Konzeptanpassung kurz erklärt und der Einbau der zusätzlichen Sensoren und Bauteile in den Handarbeitsplatz beschrieben. Anschließend wird in Kapitel 3.2 die Logik der Zeitmessungen in der SPS dargestellt und auf die Einbindung der Soll-Werte in das SAP-System eingegangen. Abschließend werden in Kapitel 3.3 die gemessenen Daten mit den vorgegeben Soll-Werten verglichen und analysiert.

3.1 Konzeptanpassung

Um die Zeitmessungen zu realisieren sind am Handarbeitsplatz verschiedene Sensoren verbaut. Mithilfe von zwei Lichtschranken soll die Gesamtzeit des Prozesses gemessen werden. Zur detaillierten Darstellung des Prozesses und der notwendigen Zeiten für die einzelnen Prozessschritte, ist in der vorangegangenen Studienarbeit ein Konzept erarbeitet worden, das diese Messungen ermöglicht.
Um das Konzept umsetzen zu können und damit die Prozesszeiten genau zu messen, ist die Auswahl eines Sensors sowie die Integration in den Handarbeitsplatz erforderlich. Mithilfe des Sensors soll genau differenziert werden können, zu welchem Zeitpunkt ein Prozessschritt abgeschlossen ist und der nächste beginnt. In der vorangegangenen Studienarbeit wurde ein Konzeptvorschlag für den Einbau eines Sensors in den Handarbeitsplatz ausgearbeitet und definiert.

Abbildung 3.1 zeigt das in der vorangegangenen Studienarbeit ausgearbeitete Konzept für den Einbau eines Helligkeitssensors. Es stellt die Arbeitsfläche des Handarbeitsplatzes und den Einbauort des Sensors dar. Bei der Einbindung des Sensors ist es wichtig zu beachten, dass nur auf einer definierten Fläche über dem Sensor der Werkstückträger detektiert werden kann. Die Umsetzung des Konzepts mit einem Helligkeitssensor bringt gewisse Herausforderungen mit sich. Die Anbindung an die SPS sowie die starke Abhängigkeit der Messwerte von den Umgebungsbedingungen führen dazu, dass eine zuverlässige Zeitmessung nicht gewährleistet werden kann. Auch die Wahl eines geeigneten Schwellenwerts für das Starten der Zeitmessung ist von der Umgebungshelligkeit abhängig. Diese kann in der Produktionsfabrik aufgrund von Witterungsverhältnissen und der Tageszeit sehr stark variieren.

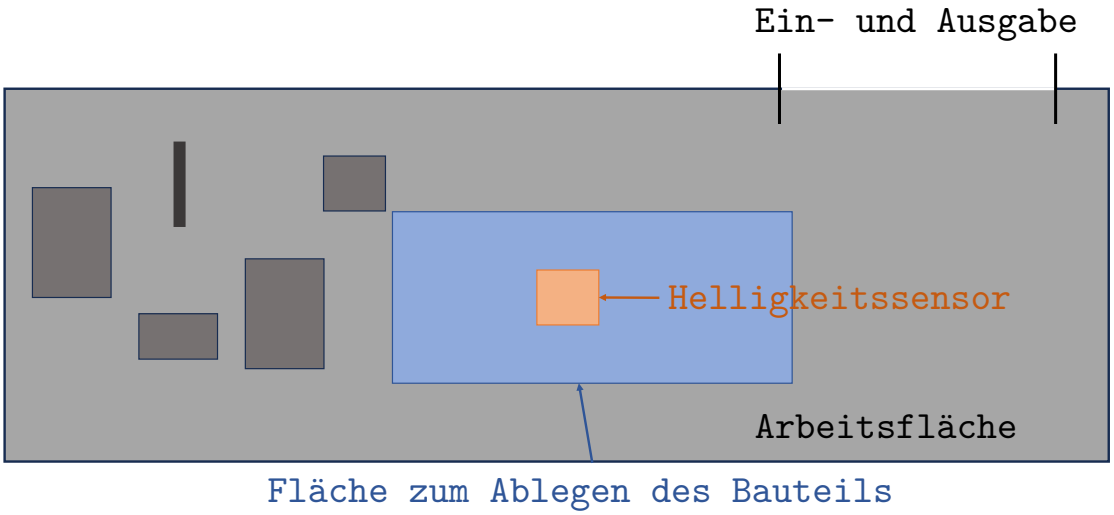


Abbildung 3.1: Konzept Einbau Helligkeitssensor [NL24]

Aus diesem Grund wird das ausgearbeitete Konzept angepasst. Anstelle des Helligkeitssensors wird auf einen induktiven Sensor der Firma ifm zurückgegriffen. Die Zeitmessung mit einem Helligkeitssensor und einem induktiven Sensor basiert auf der gleichen Grundidee. Es wird der Werkstückträger über dem Sensor detektiert und dadurch das Signal für die Zeitmessung gesendet. Analog zum vorgestellten Konzept für die Integration eines Helligkeitssensors wird auch der induktive Sensor in den Handarbeitsplatz integriert. Als Sensor ist der induktiver Sensor (Induktiver Sensor mit IO

Link IM5184) ausgewählt und verbaut (2.1.3). Dieser Sensor erfüllt die Anforderungen an die Detektion des Werkstückträgers.

3.1.1 Konstruktion CAD

Um den ausgewählten Sensor bestmöglich in den Handarbeitsplatz zu integrieren, muss ein Bauteil konstruiert und anschließend gefertigt werden. Eine einfache und kostengünstige Art der Fertigung ist das 3D-Drucken. Dabei ist darauf zu achten, dass der Sensor optimal in den Arbeitsplatz integriert und die Handhabung des Werkstückträgers einfach gehalten wird, damit keine zusätzlichen komplexen Schritte zur Integration in den Arbeitsprozess erforderlich sind. Abbildung 3.2 zeigt den Querschnitt des Bauteils von vorne. Am Rand sind die Befestigungen für eine Plexiglasplatte in der Mitte des Bauteils abgebildet. Diese sollen möglichst eben in den Arbeitsplatz integriert werden und gleichzeitig den Arbeitsbereich kennzeichnen. Unterhalb des Plexiglases wird der induktive Sensor integriert. Der Einbau davon verhindert ein Verrutschen und ist genau auf die Größe abgestimmt.

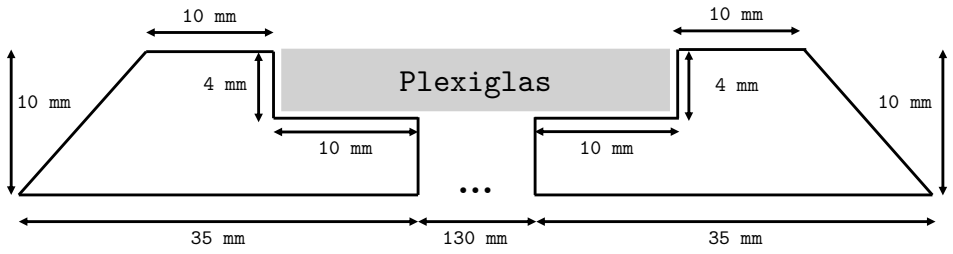


Abbildung 3.2: Querschnitt gesamter Rahmen

Abbildung 3.3 zeigt den Entwurf der Ecke des Bauteils. Um die Zeitmessung so nut-

zerfreundlich wie möglich in den Prozess zu integrieren, hat das konstruierte Bauteil in der hinteren rechten Ecke eine Randerhöhung. Nach Abarbeiten der jeweiligen Prozessschritte wird der Werkstückträger an die Ecke der Arbeitsplatte gelegt. Es ist gewährleistet, dass durch das genaue Platzieren des Werkstückträgers an dieser Ecke die Zeit jedes Prozessschritts exakt gemessen werden kann. An den Rändern dieser Erhöhung ist eine Abrundung auf die Höhe des restlichen Rahmens vorgesehen. Es soll damit ein guter Übergang zwischen den beiden Höhen des Rahmens geschaffen werden. In der Mitte der Skizze ist die Auflagefläche der Plexiglasscheibe schraffiert gekennzeichnet. Die Fläche ist 10 mm breit und jeweils 50 mm lang. Auf diese Weise wird die Platte gehalten, ohne die Funktionalität des Sensors zu beeinträchtigen. Der Sensor wird rechts hinten an der Auflagefläche der Plexiglasscheibe integriert. Dadurch kann der Sensor gut den Werkstückträger in der Ecke detektieren, unabhängig davon, ob der Werkstückträger perfekt in die Ecke gelegt wird. Die Unterseite des Werkstücks hat mehrere metallische Flächen, die durch den Sensor detektiert werden können.

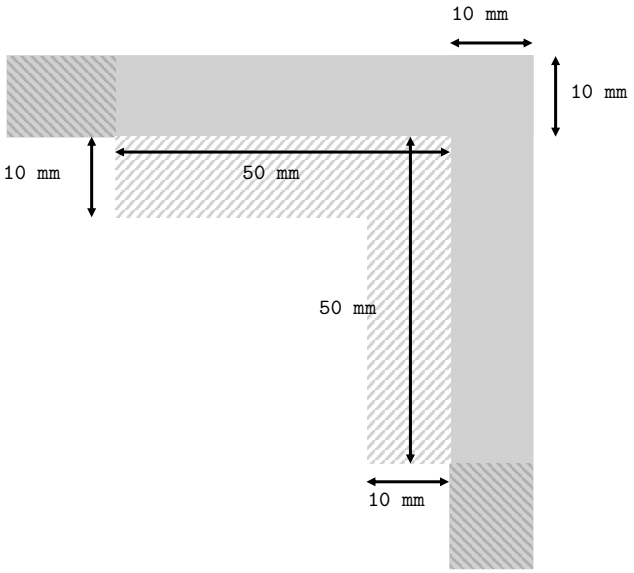


Abbildung 3.3: Ausschnitt der rechten hinteren Ecke des Querschnitt des gesamten Rahmens

3.1.2 Einbau des Sensors

Um den Sensor vollumfänglich für die Zeitmessung der Prozesszeiten nutzen zu können, muss der Sensor in den Handarbeitsplatz integriert werden. Der zuvor in Kapitel 3.1.1 konstruierte Rahmen für den Sensor wird in die Arbeitsfläche des Handarbeitsplatzes eingebaut.

Abbildung 3.4 zeigt schematisch den Einbau des induktiven Sensors in den Handarbeitsplatz. In die zuvor vollständig in sich geschlossene, freie Fläche am Handarbeitsplatz muss vor Fixierung des 3D-gedruckten Rahmens ein Loch geschnitten werden. Dieses Loch darf nicht größer als der Rahmen sein, da dieser ansonsten nicht mit der Lochplatte fixiert werden kann. Darüberhinaus muss das Loch mindestens so groß wie die im Rahmen liegende Plexiglasscheibe sein, da ansonsten der induktive Sensor durch die Lochplatte ausgelöst werden kann. Das führt zu einer Verfälschung der Zeitmessung. Das Loch kann am Besten mit einem Winkelschleifer in die Lochplatte geschnitten werden.

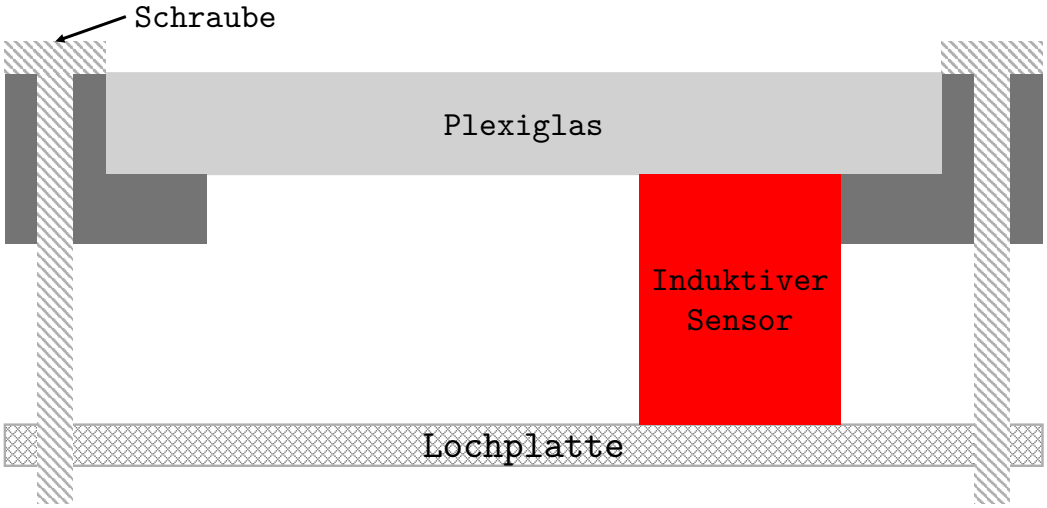


Abbildung 3.4: Schematischer Einbau des induktiven Sensors

Anschließend kann der Rahmen mithilfe von M5 Schrauben oder maßgeschnittenen Gewindestangen mit einem Durchmesser von 5 mm montiert werden. Hierzu werden die Schrauben von oben durch den gefertigten Rahmen und die Lochplatte geführt. An den vier Schrauben kann von unten eine zweite kleinere Lochplatte festgeschraubt werden. Der induktive Sensor wird zwischen der kleineren Lochplatte und der Plexiglasscheibe fixiert. Das bietet die Möglichkeit bei Änderungen am Werkstückträger oder am Handarbeitsplatz flexibel reagieren zu können. Darüber hinaus kann der Einfluss von Erschütterungen während der Arbeiten am Handarbeitsplatz minimiert werden.
Die benötigte Plexiglasscheibe wird zurecht geschnitten und anschließend in den Rahmen eingebaut. Sie kann bei Bedarf im Rahmen festgeklebt werden.

3.2 Programmierung der SPS

Der Sensor muss zusätzlich zur Integration in den Handarbeitsplatz auch in die Software des PTZ integriert werden. Die Zeitmessung der einzelnen Prozessschritte soll innerhalb des SPS-Programms ablaufen. Dafür muss zunächst der Sensor an die SPS angeschlossen und verknüpft werden. Der Anschluss an die SPS ist über eine direkte Verbindung des Sensors gelöst. Dadurch entfällt die Abhängigkeit von der Funktionalität des IO-Links, der ansonsten zwischen dem Sensor und der SPS liegen würde. Die direkte Verbindung an die SPS hat zur Folge, dass der Sensor sehr einfach in das Programm eingebunden und somit direkt verwendet werden kann. Der Sensor liefert zwei Signale an die SPS über zwei separate Adressen. Zum einen liefert der Öffner des Sensors ein Signal, zum anderen liefert der Schließer des Sensors ein Signal an die SPS. Für die Implementierung der Zeitmessung innerhalb der SPS können somit der Öffner und Schließer des Sensors verwendet werden.

3.2.1 Implementierte Logik

In diesem Abschnitt wird die notwendige Logik für die Zeitmessungen in der SPS detailliert ausgeführt. Dafür sind verschiedene Bausteine der SPS notwendig, die entsprechend miteinander verknüpft werden müssen. Zunächst wird zweimal der Baustein TIME_TCK verwendet. Dieser besitzt einen Eingang EN, der die Ausgabe triggert. Der für diese Anwendung relevante Ausgang OUT gibt die aktuelle Zeit aus und speichert diese in eine Varbiable. Dadurch kann über den Öffner und Schließer des Sensors sowohl die Startzeit als auch die Endzeit eines Prozessschritts gespeichert werden. Im nächsten Block SUB werden die beiden Zeiten voneinander subtrahiert. Der Block besitzt die beiden Operanden IN1 und IN2 sowie das Auslösen der Subtraktion EN als Eingänge. Dabei wird die Startzeit von der Endzeit abgezogen. Der Ausgangswert des Blocks wird dann in einem Array aus Zeiten gespeichert. Über die Variable Counter wird bei jeder Iteration in den nächsten Eintrag des Arrays geschrieben. Diese Variable Counter wird bei Überschreitung eines Schwellenwerts Max_Timer auf den Wert Null zurückgesetzt. Dadurch wird erreicht, dass die Variable Counter nur zulässige Werte zwischen Null und dem Schwellenwert annehmen kann.
Um die Zeitmessung weiter verbessern zu können, werden künftig die Lichtschranken in die Logik integriert. Durch das Erkennen, wann der Gesamtprozess abgeschlossen ist, kann eine zusätzliche Rücksetzbedingung für den Counter implementiert werden. Dadurch wird sichergestellt, dass der Zähler immer bei Null startet, wenn die Lichtschranken den Anfang bzw. das Ende der Messung detektieren.

Abbildung 3.5 zeigt einen Ausschnitt der Logik in der SPS. Darin sind die oben beschriebenen Komponenten enthalten und zu einer Logik zusammengefügt. Diese Logik muss um die angesprochenen Komponenten erweitert werden, sodass die Lichtschranken für die Zeitmessung der SPS verwendet werden können.

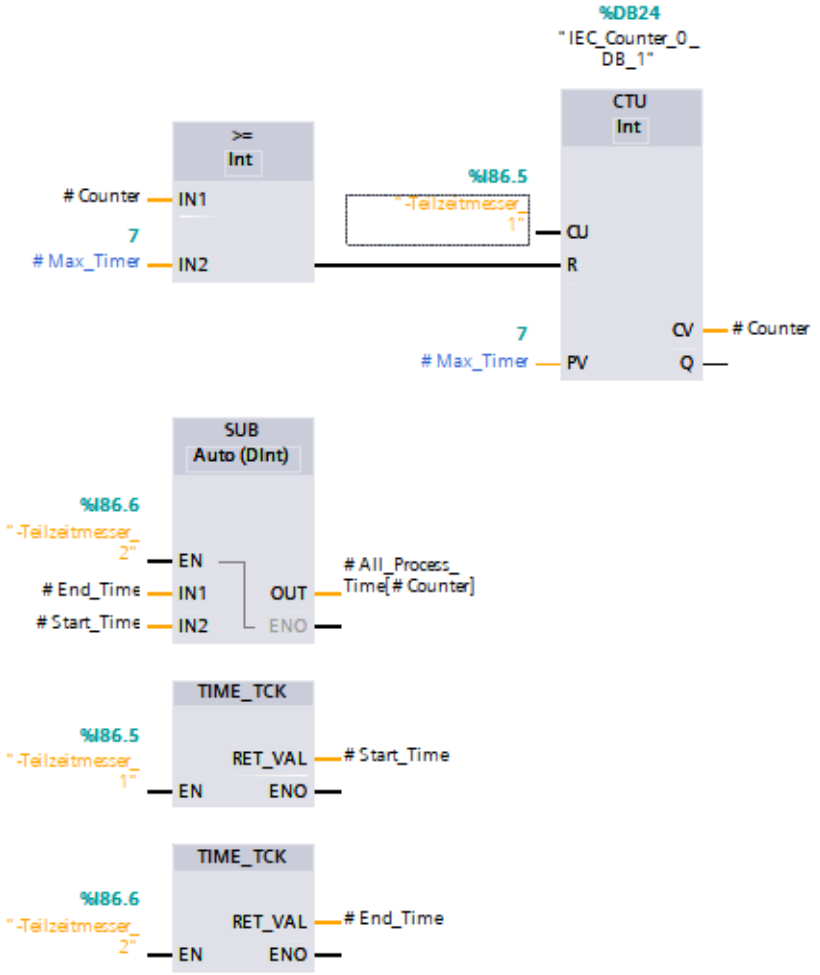


Abbildung 3.5: Logik für die Zeitmessung in der SPS

3.2.2 SAP Anbindung

Um eine Bereitstellung der Daten im SAP-System des PTZ zu ermöglichen, sind die Soll-Zeiten der einzelnen Prozessschritte eingepflegt. Dabei werden im SAP-System die Varianten des Bauteils unterschieden. Die Anbindung zwischen der SPS und dem SAP-System erfolgt über ein Fertigungssteuerungssystem (Manufacturing Execution System, MES). Darüber werden die Komponenten der SPS mit dem SAP-System verknüpft und ein Datenaustausch zwischen den beiden Systemen kann gewährleistet werden.
Um die Bereitstellung der Daten für das MES- bzw. SAP-System möglichst gut zu

gewährleisten, werden alle Zeiten aus einem Prozess in einem Array gespeichert. Darüber hinaus kann die von den Lichtschranken gemessene Gesamtzeit des Handarbeitsplatzes bereitgestellt und an das SAP-System übermittelt werden. Darin werden die Einzel- und Gesamtprozesszeiten über längere Zeiträume verfolgt und zur Verfügung gestellt.

3.3 Zeitmessungen

Um eine quantitative Aussage über die definierten Soll-Zeiten der einzelnen Prozessschritte am Handarbeitsplatz zu ermöglichen, werden für die fünf verschiedenen Varianten die einzelnen Prozesszeiten gemessen.
Zunächst werden die Prozesszeiten der Variante eins gemessen. Diese besteht aus drei verschiedenen Einzelprozessschritten. Als erstes wird das Gehäuse vom Fließband entnommen, mit dem Gehäuse Seitenteil zusammengesteckt und abschließend der Werkstückträger wieder auf das Fließband zurückgelegt.

Abbildung 3.6 zeigt den Vergleich der Messwerte mit den vorgegebenen Soll-Werten. Die Messwerte beziehen sich dabei auf zehn Ausführungen der Montage unter idealen Bedingungen. Unter idealen Bedingungen wird hier verstanden, dass lediglich ein Werkstückträger auf dem Fließband ist und alle Teile in den Kisten vorbereitet liegen. Dadurch können in einem optimalen Produktionsprozess die Zeiten ermittelt werden und mit den Soll-Werten verglichen werden. Bei der Auswertung der Messdaten fällt auf, dass die Gesamtzeit des Prozesses deutlich überschritten wird. Bei zwei von drei Prozessschritten liegt der gemessene Wert über dem Soll-Wert. Der zweite Prozessschritt, Seitenteil zusammenstecken, liegt unter der Soll-Zeit. Bei den anderen Schritten fällt auf, dass die Zeit z.T. deutlich von den Soll-Zeiten abweicht. Da diese Abweichungen in allen Messungen dieser Messreihe auftreten und diese unter idealen Bedingungen entstanden sind, müssen die Soll-Werte für eine reale Produktion angepasst werden. Vor allem der Prozessschritt drei weist eine deutliche Abweichung von der Soll-Zeit auf. Die Zeit von 0,71 s ist nur sehr schwer zu erreichen und muss daher in den Soll-Zeiten angepasst werden.

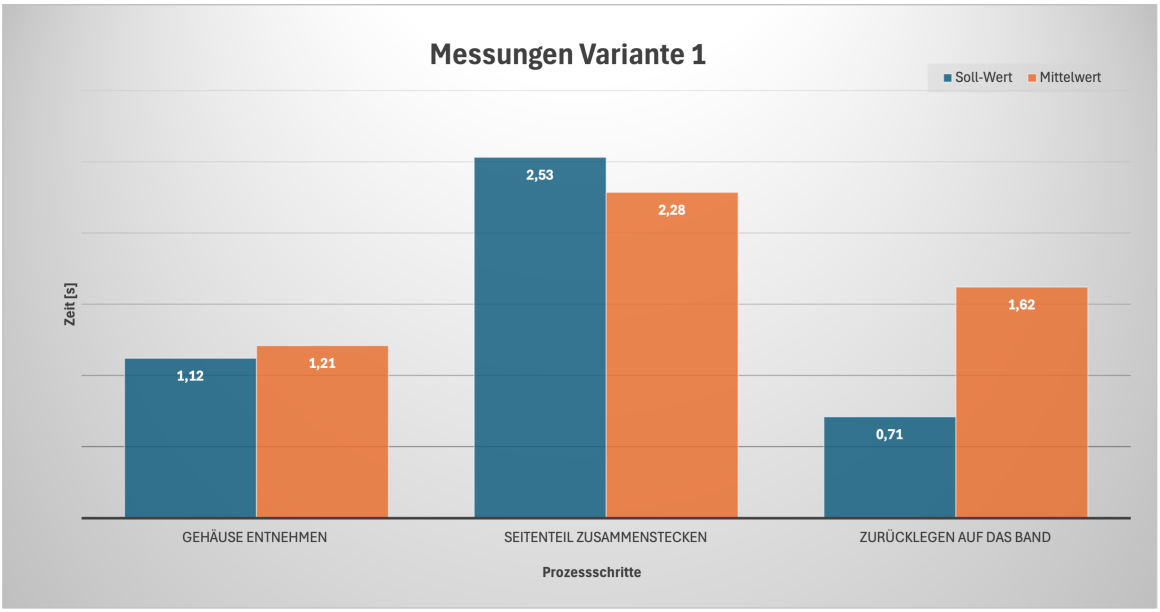


Abbildung 3.6: Vergleich Messdaten und Soll-Zeiten Variante 1

Um eine detailliertere Aussage über die vorzunehmenden Anpassungen der Soll-Zeiten treffen zu können, ist eine Auswertung von sehr großen Datensätzen über einen langen Zeitraum notwendig. Auf Basis von sehr vielen Messdaten können Fehler im Produktionsprozess, wie beispielsweise beim Zusammenstecken der Seitenteile, weniger gewichtet werden. Zum aktuellen Zeitpunkt wird im PTZ nur die erste Variante des Werkstückträgers gefertigt. Um eine Aussage über alle Soll-Zeiten der verschiedenen Varianten treffen zu können, müssen Absprachen mit den anderen Gruppen getroffen werden. Dabei geht es um die Abstimmung welche Varianten im PTZ gefertigt und damit auch überwacht werden sollen.

3.4 Vergleich Konzeptentwurf und Umsetzung

Das in der vorangegangenen Studienarbeit erarbeitete Konzept für die Zeitmessung der Prozesse am Handarbeitsplatz wurde zu Beginn dieser Studienarbeit in Kapitel 3.1 angepasst und umgesetzt. Der ursprünglich angedachte Helligkeitssensor wurde

durch einen induktiven Sensor ersetzt. Nach Einbau und Inbetriebnahme des Sensors sowie ersten erfolgreichen Messungen kann ein Vergleich zwischen dem Konzept und dem finalen Stand am Handarbeitsplatz gezogen werden.

Abbildung 3.7 zeigt den finalen Stand des Handarbeitsplatzes. In rot ist der in Kapitel 3.1.1 beschriebene Rahmen zu sehen. Unterhalb der im Rahmen liegenden Plexiglasscheibe befindet sich der induktive Sensor. Beim Vergleich zwischen Konzept und finaler Umsetzung stellt man fest, dass die finale Umsetzung dem Konzept sehr nahe kommt. Am Handarbeitsplatz gibt es einen definierten Arbeitsbereich, in dem der Werkstückträger vom Sensor erkannt werden kann. Außerhalb von diesem Bereich ist keine Zeitmessung der einzelnen Prozessschritte möglich. Zusätzlich zum ausgearbeiteten Konzept ist ein konstruiertes Bauteil integriert. Dieses sorgt für einen sinnvollen Einbau des Sensors, ohne dessen Funktionalität dabei einzuschränken.
Durch die Plexiglasscheibe oberhalb des Sensors wird gewährleistet, dass der Sensor während der Arbeiten am Handarbeitsplatz nicht beschädigt wird.

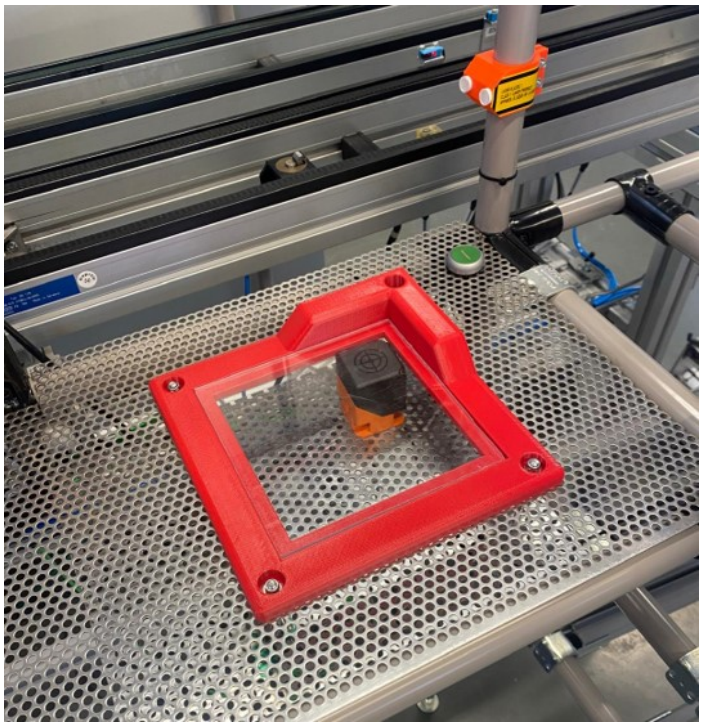


Abbildung 3.7: Eingebauter Sensor am Handarbeitsplatz

4 Konzepterweiterung

Das in dieser Studienarbeit umgesetzte Konzept legt den Grundstein für die weiteren Zeitmessungen am Handarbeitsplatz. Das Konzept muss weiterentwickelt werden, um eine dauerhafte und exakte Zeitmessung der Gesamtzeit sowie der einzelnen Prozesszeiten zu gewährleisten.

In dieser Studienarbeit wurde der induktive Sensor eingebaut, an die SPS angeschlossen und ein Programm geschrieben, mit welchem erste Prozesszeiten der Variante eins gemessen werden können. Die Gesamtzeitmessung über die verbauten Lichtschranken soll künftig zusätzlich implementiert werden. Ein Konzept dazu wurde in der vorangegangenen Studienarbeit ausgearbeitet [NL24]. Aktuell sind die Lichtschranken über einen IO-Link an die SPS angeschlossen. Sobald dieser funktionsfähig ist, sollte ein zusätzliches Programm implementiert oder das bisher vorhandene Programm erweitert werden. Während dieses Prozessschritts sollte ein Austausch mit der Gruppe SPS stattfinden.

Mithilfe der Gesamtzeitmessung kann u.a. der grüne Knopf am Handarbeitsplatz entfernt werden. Dieser Knopf ist für die Ansteuerung des Stoppers am Produktionsband verantwortlich. Nach der Montage am Handarbeitsplatz und dem Zurücklegen des Werkstückträgers auf das Produktionsband, muss der Knopf händisch betätigt werden. Dadurch fährt der Stopper am Produktionsband herunter und der Werkstückträger kann weiterfahren. Dieser händische Prozess kann durch eine Anpassung der Software ersetzt werden. Wird die Gesamtzeitmessung der Montage einer Variante beendet, so kann mithilfe einer definierten Totzeit der Stopper automatisiert angesteuert werden.

Aktuell müssen die gemessenen Zeiten manuell aus der SPS ausgelesen werden, da die Datenübertragung der Messungen an das SAP-System noch nicht vorhanden ist. Für diese Datenübertragung ist eine Absprache mit den verantwortlichen Gruppen für das SAP- und das SPS-System von essentieller Bedeutung. Außerdem sollen hier auch Soll-Zeiten für alle Varianten definiert werden.

QR-Code Scanner wurden im Laufe der Studienarbeit an das Produktionsband montiert. Ein QR-Code Scanner ist direkt oberhalb des Handarbeitsplatzes zu finden. Dieser ist ebenfalls in das Logik der Zeitmessung zu integrieren. Mithilfe des QR-Code Scanners kann die Variantenerkennung erfolgen, die für das differenzierte Messen der Prozesszeiten der einzelnen Varianten von großer Bedeutung ist.

5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wird zunächst der Endstand des Handarbeitsplatzes dargestellt (Kapitel 5.1). Anschließend wird ein Ausblick auf die kommenden Studienarbeiten am Handarbeitsplatz des PTZ gegeben (Kapitel 5.2).

Das Ziel dieser Studienarbeit ist die Realisierung einer Zeitmessung der Prozesszeiten am Handarbeitsplatz des PTZ. Dazu soll der ausgewählte Sensor in den Handarbeitsplatz eingebaut und in Betrieb genommen werden.
Um die Ziele erreichen zu können, werden in Kapitel 2 die Grundlagen dargestellt. Dazu gehört eine Vorstellung des ausgewählten Sensors, die grundlegenden Prinzipien der SPS Programmierung und eine kurze Einführung in das Konstruieren mit CAD.
In Kapitel 3 wird die Umsetzung der Zeitmessungen am Handarbeitsplatz genauer beschrieben. Im ersten Teil des Kapitels 3.1 wird die grundlegende Funktionsweise und das Konzept für die Integration des Sensors dargestellt. In Kapitel 3.2 wird die implementierte Logik in der SPS beschrieben. Dabei wird auf die Bausteine der SPS eingegangen, die für die Zeitmessung benötigt werden. Zusätzlich dazu werden in Kapitel 3.3 die definierten Soll-Werte der einzelnen Prozessschritte mit den gemessenen Daten verglichen. Zum Abschluss des Kapitels wird der Konzeptentwurf mit der Umsetzung des Einbaus verglichen.

5.1 Endstand am Handarbeitsplatz

Im Rahmen dieser Studienarbeit wurde der induktive Sensor am Handarbeitsplatz des PTZ ausgewählt, eingebaut und in Betrieb genommen. Durch die Inbetriebnahme können die Prozesszeiten der einzelnen Schritte am Handarbeitsplatz gemessen werden. Die Daten werden dabei innerhalb der SPS gespeichert und müssen zum aktuellen Zeitpunkt händisch ausgelesen werden. Dadurch ist ein Vergleich der definierten Soll-Werte mit den gemessenen Zeiten möglich.
Auffällig dabei ist, dass bei einigen Schritten die definierten Soll-Zeiten nicht eingehalten werden können. Die Messungen der Prozesszeiten sind unter idealen Bedingungen entstanden. Dennoch konnte bei einzelnen Schritten der vorgegebene Soll-Wert nicht erreicht werden. Durch einen Vergleich der Daten über viele Produktionszyklen und verschiedene Varianten kann erkannt werden, bei welchen Schritten die gemessenen Zeiten von den definierten Werten abweichen.
Zum aktuellen Zeitpunkt sind die weiteren Sensoren nicht in Betrieb genommen. Die Lichtschranken am Handarbeitsplatz sind verbaut und an die SPS angeschlossen. Die Verbindung der Lichtschranken ist über den ifm IO-Link realisiert, der aktuell nicht funktionsfähig ist.

5.2 Ausblick

Die nächsten Schritte für die Erweiterung der Zeitmessungen am Handarbeitsplatz sind im Rahmen dieser Studienarbeit in Kapitel 4 erarbeitet und dokumentiert. Dazu gehört die Inbetriebnahme des ifm IO-Link, um die Verwendung der Lichtschranken für die Gesamtzeitmessung zu ermöglichen. Die Lichtschranken können im nächsten Schritt als Bedingung für das Rücksetzen des Zählers der einzelnen Prozessschritte verwendet werden.
Durch das Hinzufügen einer Variantenerkennung in die SPS kann in Zukunft eine Zuordnung der gemessenen Daten zu der jeweiligen Variante erreicht werden. Das führt dazu, dass im SAP-System die gemessenen Zeiten einer Variante differenziert dargestellt werden.

Der Einbau und die Inbetriebnahme des induktiven Sensors bieten durch die Messung der einzelnen Prozesszeiten die Möglichkeit Verschwendungen im Produktionsprozess schneller zu erkennen und dadurch beheben zu können. Dadurch ist ein Vergleich der gemessenen Daten jedes Prozessschritts mit den Soll-Werten möglich. Durch die Abweichungen der Messdaten von den Soll-Werten können sowohl Verschwendungen im Produktionsprozess als auch zu geringe Soll-Zeiten für den Prozessschritt erkannt werden. Dies ermöglicht eine Anpassung der definierten Zeiten für die Schritte der verschiedenen Varianten am Handarbeitsplatz.

Mithilfe dieser Studienarbeit wird die Grundlage für die Zeitmessung am Handarbeitsplatz gelegt. In den folgenden Schritten können die weiteren Sensoren am Handarbeitsplatz in Betrieb genommen und dadurch die Zeitmessung weiter optimiert werden.

Literaturverzeichnis

[Aut24] Autodesk Inc. *CAD-Zeichensoftware & -Apps | Lernprogramme & Ressourcen | Autodesk*. 2024. URL: https://www.autodesk.de/solutions/cad-drawing-apps-and-software (besucht am 14. 07. 2024).

[Bau24] Baumer GmbH. *Funktionsweise von induktiven Sensoren*. 2024. URL: https://www.baumer.com/de/de/service-support/funktionsweise/funktionsweise-und-technologie-von-induktiven-sensoren/a/Know-how_Function_Inductive-sensors (besucht am 12. 07. 2024).

[Dua23] Duale Hochschule Baden-Württemberg Ravensburg Campus Friedrichshafen. „ZDP Zentrum für Digitalisierung in Produktion und Produktentwicklung“. In: (2023). URL: https://www.ravensburg.dhbw.de/fileadmin/Ravensburg/Dokumente_Bilder_Contentbereich/FIT/DHBW_RV_FN_Imagebroschuere_ZDP.pdf (besucht am 12. 07. 2024).

[ifm21] ifm electronic gmbh. „Infocard: Induktive Sensoren mi IO-Link“. In: (2021). URL: https://media.ifm.com/CIP/mediadelivery/asset/fd35df905de0ee40be2ec4d3b4e088ca/11376732_DE.pdf?contentdisposition=inline&_gl=1*p6fbyw*_up*MQ..&gclid=EAIaIQobChMImoWp9NeehwMVB7CDBx1zogQvEAAYASAAEgKabvD_BwE (besucht am 12. 07. 2024).

[ifm23] ifm electronic gmbh. *IM5184 - Induktiver Sensor mit IO-Link - ifm: Datenblatt*. 2023. URL: https://www.ifm.com/de/de/product/IM5184?tab=documents (besucht am 12. 07. 2024).

[ifm24] ifm. *Induktiver Sensor mit IO-Link IM5184*. 14.07.2024. URL: https://www.ifm.com/de/de/product/IM5184 (besucht am 14. 07. 2024).

[NL24] Nikolas Gross und Luisa Teresa Theilmann. „Konzeption und Realisierung einer sensorgestützten Arbeitsplatzüberprüfung und deren Verarbeitung“. In: (2024).

[Orl13] Peter F. Orlowski. *Praktische Elektronik: Analogtechnik und Digitaltechnik für die industrielle Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. ISBN: 9783642390050. URL: http://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-epflicht-1562804.

Verzeichnis verwendeter Formelzeichen und Abkürzungen

CAD	Computer Aided Design
DHBW	Duale Hochschule Baden-Württemberg
IWT	Institut für Weiterbildung, Wissens- und Technologietransfer
MES	Manufacturing Execution System
PTZ	Produktionstechnisches Zentrum
QR-Code	Quick Response Code
REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung e. V.
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
ZDP	Zentrum für Digitalisierung in Produktion und Produktentwicklung

Abbildungsverzeichnis

2.1 Zentrum für Digitalisierung [Dua23] 3
2.2 Handarbeitsplatz im PTZ [NL24] 4
2.3 Induktiver Sensor IM5184 [ifm24] 6

3.1 Konzept Einbau Helligkeitssensor [NL24] 9
3.2 Querschnitt gesamter Rahmen 10
3.3 Ausschnitt der rechten hinteren Ecke des Querschnitt des gesamten Rahmens 11
3.4 Schematischer Einbau des induktiven Sensors 12
3.5 Logik für die Zeitmessung in der SPS 15
3.6 Vergleich Messdaten und Soll-Zeiten Variante 1 17
3.7 Eingebauter Sensor am Handarbeitsplatz 18