

# Zukunftsfabrik Bodensee

## Studienarbeiten

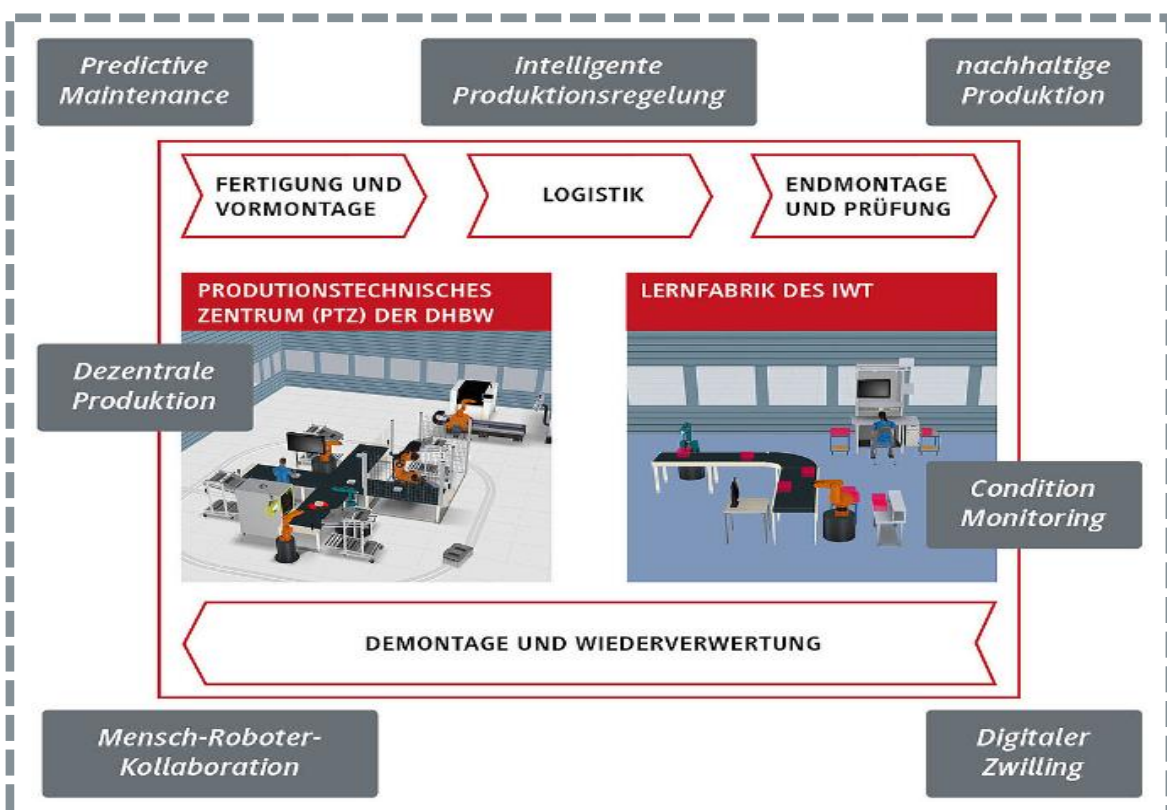


# #Vision

Mit der Zukunftsfabrik Bodensee bildet das ZDP für seine Forschungstätigkeiten einen strategischen Mittelpunkt. An diesem werden sinnvolle und sich ergänzende wie auch unterstützende Forschungsaktivitäten unternommen und Synergien geschaffen.

# #Idee

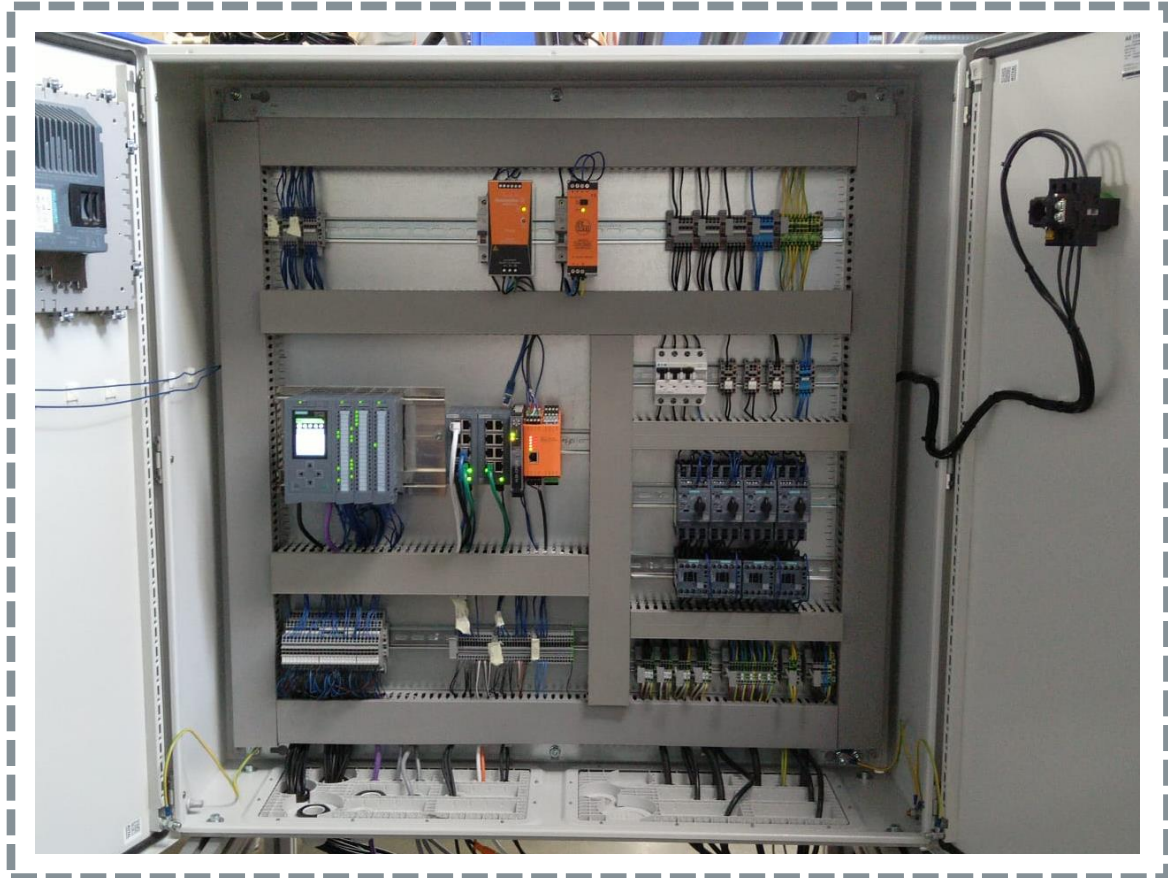
Die Zukunftsfabrik Bodensee am Campus Fallenbrunnen bildet eine reale Wertschöpfungskette mit vernetzten, adaptiven und selbstlernenden Systemen ab. Gemeinsam mit der bestehenden Lernfabrik des IWT entsteht somit ein einzigartiges Produktionsnetzwerk. In dem Netzwerk wird ein „Smart Product“ in hoher Variantenvielfalt gefertigt und im Sinne der Kreislaufwirtschaft wieder zurückgeführt.



Mit der Zukunftsfabrik wird die Grundlage für eine zielgerichtete, praxisorientierte Forschung und Lehre in den Bereichen Digitaler Zwilling, KI in der Produktion, Mensch-Maschine-Interaktion, Produktionsplattformen sowie Kreislaufwirtschaft ermöglicht. Die Forschungsvorhaben der KI- und Produktionsexperten des Campus Fallenbrunnen orientieren sich, durch das Einbeziehen der regionalen KMU, stets an den aktuellen Bedürfnissen der Industrie

# Konzeption und Realisierung Transfersystem

#001



## #Ziel

Um die zu bearbeitenden Bauteile von der Bauteil-Annahme zu den verschiedenen Stationen bis hin zur Bauteil-Abgabe zu transportieren, musste ein Transfersystem konzeptioniert und realisiert werden.

Es werden sowohl Förderbänder über Elektromotoren angetrieben als auch Bauteil-Stopper und -Umlerger mittels Pneumatik betrieben.

Ohne einem automatischen Transfer-Prinzip würden heutige Produktionsanlagen nicht dieselbe Effizienz in Bezug auf Stückzahl, Individualität und Energieeffizienz erreichen.

Ebenso musste ein Schaltschrank für die Leistungsversorgung und die Steuerung der Anlage realisiert werden.

# #Gesamtprojekt

Transfersysteme sind wesentliche Bestandteile jedweder Produktion, seit Henry Ford die moderne Fließbandarbeit etablierte. Hierdurch werden Produkte zu den einzelnen Bearbeitungsstationen geführt, wodurch die Produktivität erhöht wird.

## #Vorgehen

Zunächst wurde eine Layout-gestaltung des Transfersystems vorgenommen. Anschließend wurde das Gestell des Transfersystems aufgebaut und die Werkstückträger wurden entwickelt. Dann wurde die Schaltschrankplanung, der Schaltschrankbau, die Verdrahtung der einzelnen Stationen, die Inbetriebnahme und die SPS-Programmierung bearbeitet.

## #Schnittstellen

Es gibt wenige aber bedeutende Schnittstellen zu jeder Station. Die Steuerung des Transfersystems informiert die jeweilige Station darüber, ob ein zu bearbeitendes Bauteil vorliegt, woraufhin die notwendigen Bearbeitungsschritte ausgeführt werden und nach erfolgreicher Beendigung eine Meldung an die Transfersystem-Steuerung gesendet wird. Anschließend wird das Bauteil an die nächste Station weitergeleitet, wo sich der Prozess wiederholt.

## #Ausblick

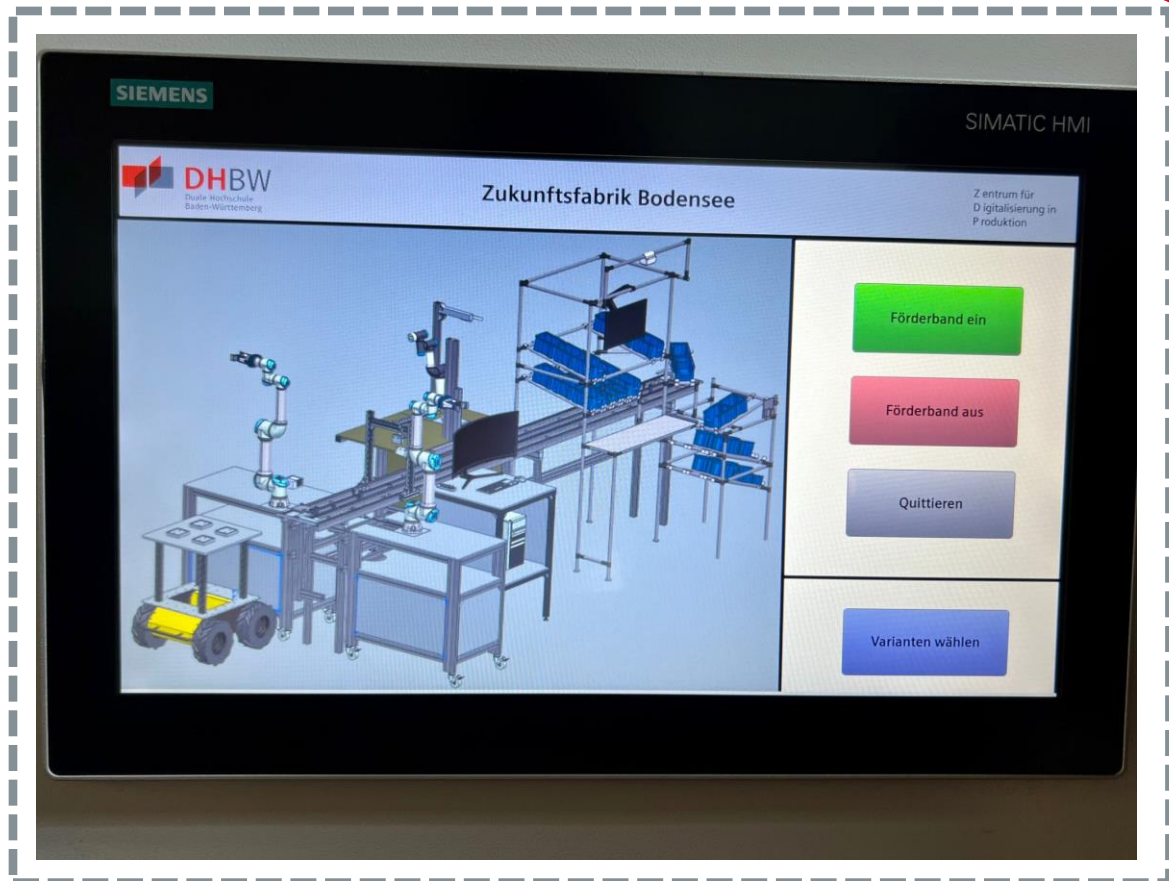
Zukünftig können Prozesse hinsichtlich Laufzeit und Energieeffizienz optimiert werden. Ebenso wird eventuell ein zusätzliches Förderband zur Bearbeitung von n.i.O.-Bauteilen installiert. Deshalb wurden der Schaltschrank und die Stromzufuhr so ausgelegt, dass diese Erweiterungen ohne größeren Aufwand realisierbar sind.

## #Benefits

Der wesentliche Vorteil ist die automatische Beförderung der Bauteile zu den jeweiligen Stationen. So gesehen ist die keine Innovation, sondern eine grundsätzliche Anforderung an moderne, automatisch ablaufende Produktionsanlagen. Auf dieser Grundlage können die übrigen Stationen aufbauen und die Produktion realisieren und optimieren.

# Steuerung/Vernetzung SPS und Peripherie

#002



## #Ziel

- Analyse der Ausgangssituation mit Dokumentation der vorhandenen und bestellten Hardware
- Recherche zu den Möglichkeiten der Vernetzung von der Anlage mit Bussystemen
- Absprache mit allen Projektgruppen für die Festlegung der vorhandenen Schnittstellen
- Auswahl eines geeigneten Bussystems für die Vernetzung der Anlage
- Steuerung und Vernetzung der gesamten Anlage
- Erstellen einer Visualisierung über das angebrachte HMI

# #Gesamtprojekt

Das Steuern und Vernetzen der Anlage ist letztendlich eines der Wichtigsten Punkte einer Anlage. Aus allen Produktionsbereichen werden in dieser Gruppe die verschiedenen Prozesse und Daten zu einem großen zusammengeführt. Somit ist es wichtig das der gewünschte Produktionsfluss reibungslos funktioniert und die einzelnen Bereich mit einander harmonieren. Die Zukunftsfabrik Bodensee Kann so anschließend über ein erstelltes Programm und das dazugehörnde HMI gesteuert werden. Das heißt, die einzelnen Anlagenteile verschmelzen letztendlich zu einer großen Anlage.

## #Vorgehen

Die ersten Schritte bezogen sich auf die Recherche der Schnittstellen, um so dann ein passendes Konzept ausarbeiten zu können. Sobald das Konzept erstellt wurde, konnte mit der Vernetzung zwischen den einzelnen Komponenten begonnen werden. Nebenher wurde mit der Visualisierung des HMIs begonnen umso verschiedene Daten anzeigen zu können. Der letzte Schritt bezieht sich zum Ende zur Steuerung der gesamten Anlage.

## #Schnittstellen

Ein vollständig durchdachtes Schnittstellenmanagement legt den Grundstein der Arbeit für die Steuerung und Vernetzung einer Anlage. Hierzu erfordert es eine Bedarfsanalyse von jeder Gruppe zu erstellen, um die dort generierten Daten sinnvoll in einer zentralen CPU verarbeiten zu können. Die Kommunikation mit den anderen Gruppen erfolgt über verschiedenen Nachrichtensysteme, Online-Tools und direkte Absprachen vor Ort.

## #Ausblick

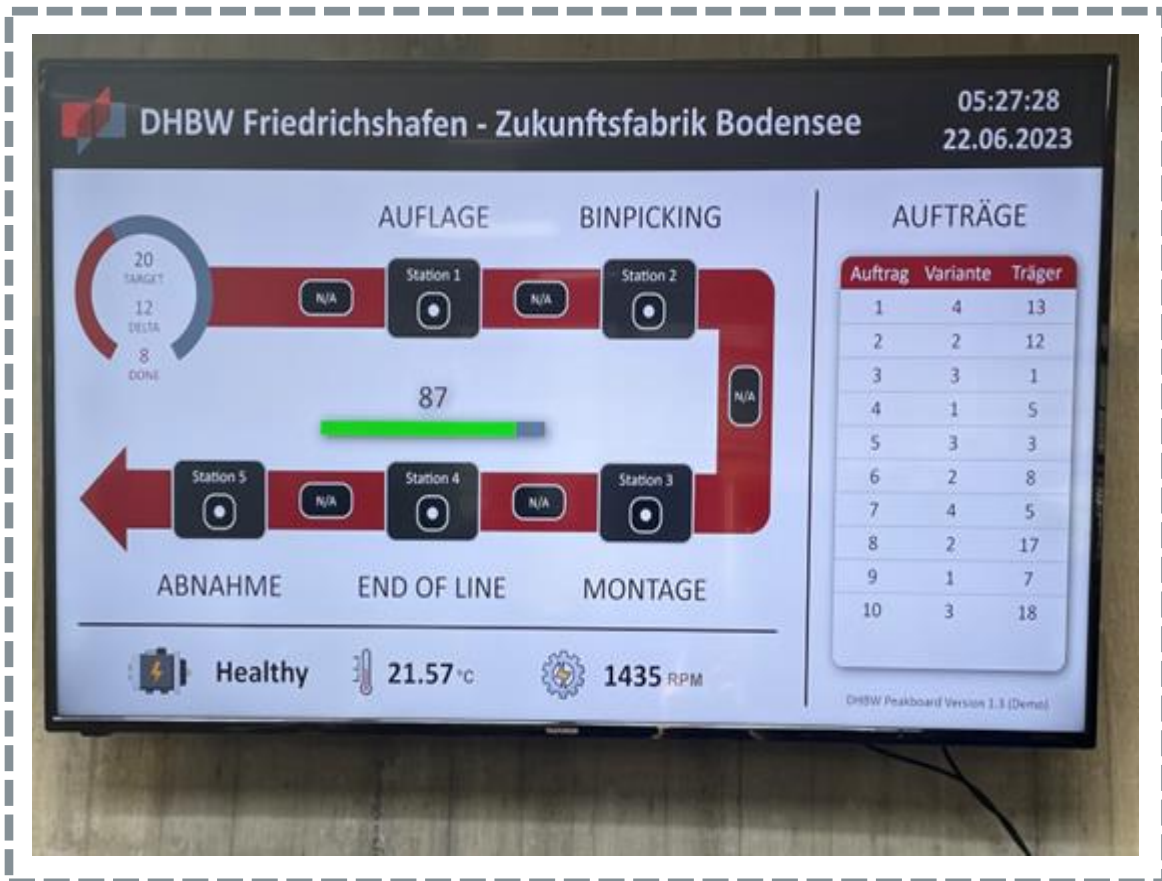
Ein vollständig durchdachtes Schnittstellenmanagement legt den Grundstein der Arbeit für die Steuerung und Vernetzung einer Anlage. Hierzu erfordert es eine Bedarfsanalyse von jeder Gruppe zu erstellen, um die dort generierten Daten sinnvoll in einer zentralen CPU verarbeiten zu können. Die Kommunikation mit den anderen Gruppen erfolgt über verschiedenen Nachrichtensysteme, Online-Tools und direkte Absprachen vor Ort.

## #Benefits

Die Steuerung und Vernetzung dient am Ende des Tages maßgeblich dazu bei, einen flüssigen Produktionsablauf zu ermöglichen. Sie koordiniert die Kommunikation mit modernster Technologie zwischen den einzelnen Stationen, genauso wie an realen Produktionsstraßen in der Industrie.

# Condition Monitoring für das Transfersystem

#003



## #Ziel

Ziel der Studienarbeit ist die Implementierung eines Condition-Monitoring-Systems für das Produktionsnetzwerk, sowie das Auswählen und Einführen einer geeigneten Produktionssteuerungssoftware inklusive Visualisierung.

Für das Condition-Monitoring sollen die Motoren des Antriebssystems nachträglich im Rahmen einer Retrofit-Lösung mit geeigneten Sensoren versehen werden, um benötigte Daten während des Produktionsflusses aufzeichnen zu können. Hierfür müssen geeignete Parameter definiert und gemessen werden.

Die Visualisierungslösung soll einen optimalen Produktionsfluss garantieren, indem alle wichtigen Informationen übersichtlich und logisch dargestellt werden.

# #Gesamtprojekt

Das Condition-Monitoring (CM) ist ein wesentlicher Bestandteil einer Produktion nach Industrie 4.0 Standards. Aus allen Produktionsbereichen werden Daten gesammelt, die zur Analyse, Überwachung und Verbesserung des Produktionsflusses herangezogen werden können. Die Zukunftsfabrik Bodensee profitiert somit von den gesammelten Daten, indem der Produktionsfluss überwacht und dokumentiert wird. Außerdem eröffnen sich neue Möglichkeiten zur präventiven Fehlervermeidung.

## #Vorgehen

Um alle prozessrelevanten Daten abzugreifen, wird das verwendete Gateway in das PROFINET-Netzwerk eingliedert. An die SPS gesendete Daten können somit einfach abgegriffen werden. Noch benötigte Sensoren (Retrofit der Motoren, Pufferstände, etc.) werden nachgerüstet und ebenfalls über die SPS angebunden.

Gespeichert werden die Daten auf einem lokalen Datenbankserver. Hier werden sie archiviert und stehen zur späteren Analyse zur Verfügung.

Die Peak-Box wird mit aktuellen Anlagendaten versorgt, welche visuell aufbereitet und auf dem Monitor oberhalb der Produktionslinie dargestellt werden.

## #Schnittstellen

Ein gutes Schnittstellenmanagement ist für diese Studienarbeit von besonderer Wichtigkeit, da Schnittstellen zu allen anderen Gruppen bestehen. Es müssen Daten aus allen Bereichen gesammelt und gespeichert werden. Daher muss klar abgesprochen sein, welche Daten relevant sind und auf welchem Wege diese Daten über welche digitalen und analogen Schnittstellen an das CM-System gesendet werden.

## #Ausblick

Wenn die Produktion einige Zeit läuft und genügend Daten gesammelt wurden, können auf Grundlage der Daten Verbesserungspotenziale erkannt werden und beispielsweise die Ausstattung einzelner Stationen verbessert und somit die Taktzeit verringert werden. Außerdem bietet sich eine Folgearbeit zum Thema „Predictive Maintenance“ an, die Fehlerfälle im Motor untersucht und auf Grundlage der überwachten Parameter zukünftige Fehler voraussagen kann.

## #Benefits

Für eine moderne Produktion ist es unabdingbar, alle relevanten Daten zu erfassen, zu speichern und auszuwerten. So kann Potenzial erkannt und Prozesse optimiert werden. Auch das Prognostizieren und präzise Einordnen von Fehlern kann Produktionsausfälle verhindern und Kosten senken. Eine übersichtliche Visualisierung des Prozessflusses macht es im laufenden Betrieb einfach, Stillstände zu erkennen und Pufferstände einzusehen.



# Realisierung Übergabezone

#004



## #Ziel

Ziel dieser Studienarbeit ist die Realisierung einer Pick- and Place-Station, die das vollautomatisierte Auflegen der Rohlinge sowie das Übergeben der fertigen Bauteile an ein externes Transportsystem ermöglicht. Somit stellt es gewissermaßen eine Schnittstelle nach außen hin dar. Aufgrund der recht variabel aufgebauten Produktion des gesamten Systems musste auch diese Station extrem flexibel realisiert werden. Je nach Auftragslage bzw. Präsenz der Transporter oder Bauteile sollen Bauteile bzw. Bauteilträger abgelegt werden. Hierzu wurden mehrere Zwischenlager konstruiert, um jeweils flexibel auf die Gegebenheiten reagieren zu können.

Weiterhin werden die aufgelegten Teile mittels QR-Codes gleich eindeutig identifiziert. Dies ermöglicht mittels ERP-System vollautomatisiert den Ablauf bzw. den Fortschritt der tatsächlichen Produktion nachzuverfolgen.

# #Gesamtprojekt

An dieser Station wird keine Wertschöpfung am Teil im eigentlichen Sinne durchgeführt, vielmehr handelt es sich um eine Material-handling Aufgabe. Der große Benefit, der durch die Umsetzung dieser Station entsteht, liegt darin, dass es Wertschöpfung erst ermöglicht. Es stellt gewissermaßen die benötigte Infrastruktur zur Verfügung.

## #Vorgehen

Zunächst wurde ein Konzept zur Realisierung entwickelt und nötige Hardwarekomponenten wie beispielsweise 3D-Druck-Teile oder Sensoren wurden entworfen und gefertigt bzw. zugekauft.

In einem zweiten Schritt wurde die Software konzeptionell entworfen und anschließend implementiert, wobei nötige Schnittstellen berücksichtigt wurden.

Nach der Montage der Hardwarekomponenten konnte die Software verifiziert und die Anlage in Betrieb genommen werden.

## #Schnittstellen

Da der Cobot eine eigene Steuerung besitzt musste nicht, wie bei anderen Stationen auf die E/A-Karten der SPS zurückgegriffen werden, um die Informationen der Sensoren abzugreifen, da diese direkt angeschlossen werden konnten.

Um eine Kommunikation mit der gesamten Produktion zu ermöglichen, wurde mittels Profinet eine Verbindung zwischen SPS und Cobot-Steuerung erstellt. Hierüber lassen sich Informationen wie beispielsweise „Bauteil aufgelegt“ oder die Information bezüglich Qualität der Bauteile austauschen.

Auch der QR-Code Scanner liefert den Inhalt des Codes mittels Profinet an die SPS.

## #Ausblick

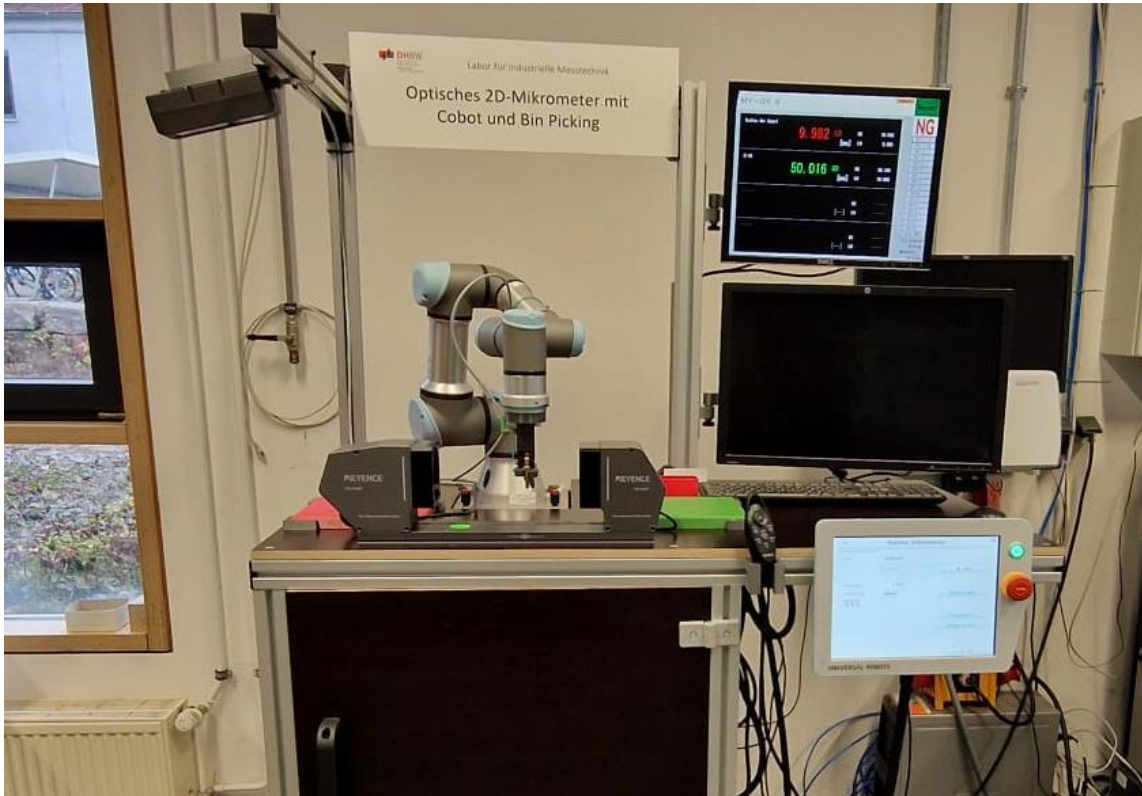
In Zukunft wird werden die Informationen der QR Codes gleich mit einem ERP-System verbunden, um Aufträge mit tatsächlichen Bauteilen verknüpfen und im gesamten System nachverfolgen zu können.

## #Benefits

Einfache Pick- and Place-Lösungen gehören schon seit längerem zu den überaus sinnvollen Einsatzgebieten der Coboter. Die hier realisierte Station zeigt, dass auch flexible Arbeitsplätze zuverlässig automatisiert werden können. Dadurch, dass keine zusätzlichen Sicherheitsvorkehrungen notwendig sind, können auch Stationen in bereits bestehenden Anlagen einfach umgesetzt werden.

# Prozessintegration der Bin-Picking-Station

#005/6



## #Ziel

Die Studienarbeit basiert auf einem vorhandenen Laboraufbau, mit dem zuvor Studenten der Bin-Picking-Prozess nähergebracht werden sollte. Hierbei werden zufällig angeordnete Objekte durch den Greifarm aus einem Behälter entnommen und an definierten Positionen platziert. Ziel der Studienarbeit ist die Integration des Laboraufbaus in das Produktionsnetzwerk. Hierfür muss die Station umgebaut werden und eine mechanische Schnittstelle zum Förderband geschaffen werden. Zusätzlich muss ein Programm entworfen werden, das den Anforderungen des Produktionsnetzwerkes entspricht.

# #Gesamtprojekt

Sobald der Werkstückträger auf dem Förderband an der Bin-Picking-Station hält, scannt die an der Station positionierte Kamera den mit Bolzen befüllten Behälter, wodurch der Greifarm einen Bolzen entnehmen kann. Je nach Anforderung der Steuerung wird dieser abschließend in das Produkt platziert. Hierbei werden abhängig vom QR-Code kein, ein oder zwei Bolzen platziert.

## #Vorgehen

Im ersten Schritt wird die Kamerahalterung umgebaut, da diese den Greifarm in der Bewegung behindert. Zusätzlich werden zwei Führungsschienen und Spannverschlüsse an das Transportband befestigt, in die die Station eingeschoben werden kann. Nach einem Ausmessen der Station und des Transportbandes werden diese digital rekonstruiert und ein Programm für die Steuerung entworfen, welches die gestellten Anforderungen umsetzt.

## #Schnittstellen

Es erfolgt ein Austausch zwischen Steuerung des Transfersystems und Steuerung der Bin-Picking-Station über Profinet. So wird der Station mitgeteilt, sobald das Produkt über das Transportband an der Station angekommen ist und welche der Bolzen platziert werden sollen. Ebenso gibt die Station ein Signal, sobald der Bin-Picking-Prozess abgeschlossen ist.

## #Ausblick

Zukünftig kann das für den Laborversuch verwendete 2D-Mikrometer in den Prozess eingebunden werden und beispielsweise vor dem Montieren der Bolzen diese auf eingehaltene Produktionstoleranzen kontrollieren.

## #Benefits

Der große Vorteil besteht darin, dass diese Station den Prozess des Sortierens der Bolzen sowie deren Platzierung kombiniert. So müssen die Bolzen im Behälter vorher keinen Sortierungsprozess durchgehen, wodurch auf eine Sortieranlage vollständig verzichtet werden kann. Das automatisierte Entnehmen und Platzieren der Bolzen erhöht den Durchsatz und verringert die Fehlerhäufigkeit gegenüber Implementationen, die nicht kameragestützt oder gar von Hand arbeiten.

# Konzept & Umsetzung Montagearbeitsplatz

#007



## #Ziel

**Ziel dieser Studienarbeit ist die Entwicklung des Handarbeitsplatzes.**

**Es sollen Standards in der Materialbereitstellungszone und der Arbeitsabläufe entwickelt, dokumentiert und umgesetzt werden. Dabei ein Werkerassistenzsystem in Betrieb genommen werden.**

**Eine mögliche Überführung in einen digitalen Zwilling mittels CAD rundet die Arbeit ab.**

# #Gesamtprojekt

Die kontinuierlichen Fortschritte in Robotik, künstlicher Intelligenz und digitaler Vernetzung haben zu einer Verschiebung der Arbeitsdynamik geführt und den vermehrten Einsatz von automatisierten Montagesystemen ermöglicht. Die stattfindenden Entwicklungen von Technologien und die hat zu tiefgreifenden Veränderungen in der Art und Weise geführt, wie handwerkliche Tätigkeiten in industriellen Umgebungen ausgeführt werden. Dabei verwandeln moderne Innovationen den Handarbeitsplatz in einen technologisch fortschrittlichen und effizienten Ort.

## #Vorgehen

Vor Beginn findet eine ausführliche Analyse der zu erfüllenden Anforderungen statt. Um festzustellen, welche Aspekte beachtet werden müssen, werden die auszuführende Fertigungsschritte genau untersucht. Beginnend wird der Montagearbeitsplatz mittels Cardboard Engineering gestaltet und anschließend mit einem Rohrstecksystem umgesetzt. Unter anderem wird der Arbeitsplatz standardisiert und definierte Arbeitsabläufe festgelegt. Darauf folgt die Implementierung des Werkerassistenzsystem. Für das Schaffen eines digitalen Zwillinges der Fertigungslinie wird abschließend ein originalgetreues 3D-Modell des Handarbeitsplatzes erstellt.

## #Schnittstellen

Die Konzeptionierung und Realisierung des Handarbeitsplatzes bedarf keiner expliziten Zusammenarbeit mit anderen Gruppen und Systemen.

## #Ausblick

Die Weiterentwicklung des Handarbeitsplatzes ist ein dynamischer Prozess, der kontinuierliche Aufmerksamkeit und Investition erfordert. Es ist wichtig, dass in Zukunft regelmäßig Maßnahmen ermittelt werden, um den Handarbeitsplatz den laufenden Anforderungen anzupassen.

## #Benefits

Der Handarbeitsplatz mit dem integrierten Werkerassistenzsystem bietet dem Produktionsnetzwerk die Möglichkeit, jeden beliebigen Werker ohne großen Schulungsaufwand zur Montage des Universalprodukts einzusetzen.

# Konzeption & Aufbau der EoL-Testing Station

#008



## #Ziel

**Ziel der Studienarbeit ist die Konzeptionierung, sowie der anschließende Aufbau einer End-of-Line Testing Station. Dafür stehen zwei Profilsensoren der Firma IFM und ein Kamerapaket, bestehend aus einer Time-of-flight-Kamera (ToF) und einer RGB-Kamera zur Verfügung.**

**Mit Hilfe dieser Technik soll eine Qualitätsprüfung der Teile durchgeführt werden und eine automatische Klassifizierung der Bauteile in die Kategorien i.O. (in Ordnung), n.i.O (nicht in Ordnung) oder Nacharbeit erfolgen.**

**Durch die EoL-Testing Station sollen fehlerhafte Teile möglichst früh im Prozess erkannt werden, sodass nur fehlerfreie Teile an die Endmontage geliefert werden. Dadurch können Fehler im Prozess frühzeitig erkannt, behoben und damit Kosten eingespart werden.**

# #Gesamtprojekt

Eine automatische Endprüfung der produzierten Teile gehört zum Standard heutiger Produktionsnetzwerke. Durch die Automatisierung dieses Arbeitsschritts werden die Kosten geringgehalten und eine gleichbleibende Aussagekraft der Ergebnisse gewährleistet. Mit den in der Station gewonnenen Daten können wichtige Prozessparameter überwacht werden und Probleme im Prozess frühzeitig erkannt werden. Dadurch profitiert die Zukunftsfabrik, da weniger Nacharbeitskosten anfallen und nachfolgende Prozesse nicht durch fehlerhafte Teile aufgehalten werden.

## #Vorgehen

In einem ersten Schritt wurden die Möglichkeiten der Sensoren, sowie des Kamerasystems anhand von Versuchen ermittelt. So konnte festgestellt werden, welche Fehlerkategorien mit welchem System und in welcher Zuverlässigkeit detektiert werden können. Anschließend wurde dieses Wissen benutzt, um die Sensorik bestmöglich am Transfersystem zu platzieren. Abschließend wurde die Sensorik in die SPS der Zukunftsfabrik integriert.

## #Schnittstellen

Damit die EoL-Testing Station in die Zukunftsfabrik integriert werden kann und ihren Mehrwert voll entfaltet, müssen die Schnittstellen mit den vor- und nach gelagerten Stationen vollständig definiert werden. Die erste Schnittstelle ist die Ankunft eines Bauteils an der Station, damit wird das Signal zur Messung vorgegeben. Im Anschluss wird das Messsignal mit der Information über die Qualität des Teils dem Roboter mitgeteilt, damit dieser das Teil richtig zuordnen kann. Gut-Teile werden den Folgeprozessen zugeführt und dafür auf einem autonomen Transportfahrzeug platziert. Teile die einen Mangel aufweisen werden entweder zur Nacharbeitung gegeben oder als Ausschuss gekennzeichnet und aus dem Prozess ausgeschleust.

## #Ausblick

Mit der ToF- und RGB-Kamera kann das Bauteil in einer 3D-Punktwolke dargestellt werden. Somit lassen sich mehr Fehler abbilden und damit mehr Kriterien kontrolliert werden. Die Kamera kann individuell programmiert werden und selbst kleine Toleranzen in den Abmessungen erkennen. Diese Art der Bauteilprüfung soll implementiert werden.

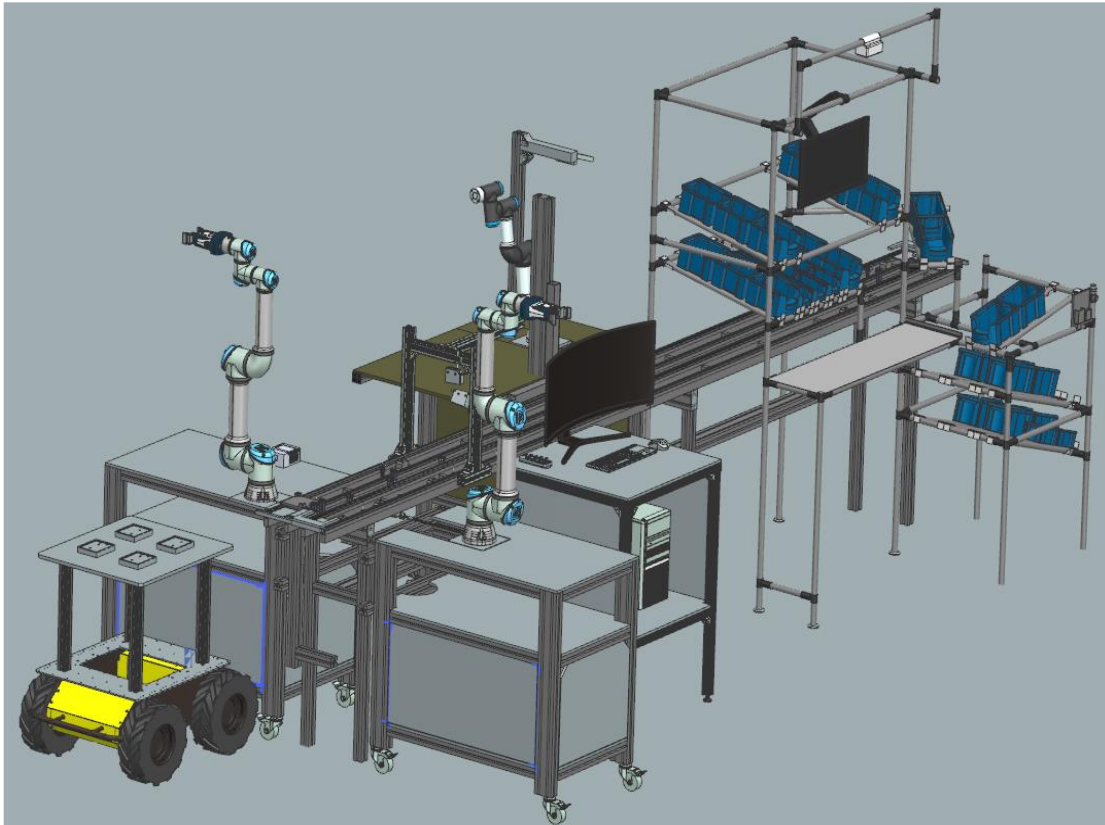
## #Benefits

Mit der EoL-Station wird das Bauteil einer abschließenden Qualitätskontrolle unterzogen und somit neben der Qualität jedes Bauteils auch die Kundenzufriedenheit sichergestellt. Außerdem werden wertvolle Informationen für zukünftige Produktverbesserungen /-entwicklungen zu sammeln.



# Digitaler Zwilling & Transportsystem PTZ-IWT

#009



## #Ziel

Im Rahmen dieser Studienarbeit wird ein Logistiksystem zur Vernetzung des PTZ's mit der Lernfabrik ausgewählt. Dieses transportiert die hergestellten Werkstücke für weitere Arbeitsschritte zwischen den Produktionsstätten. Einerseits zählt hierzu die Auswahl eines geeigneten Transportsystems bspw. ein Fahrzeug, als auch die Erstellung eines Konzepts zur Einbindung in den Produktionsfluss. Dazu ist ein passender Aufbau für die Aufnahme der Werkstücke herzustellen.

Des Weiteren befasst sich diese Studienarbeit mit der Erstellung eines digitalen Zwillings der gesamten Fertigungsstätte des Produktionstechnischen Zentrums. Dabei ist sowohl der konstruktive Aufbau einzelner Stationen als auch die Simulation des gesamten Produktionsflusses zu veranschaulichen. Ziel ist hierbei die Produktion zu Simulationszwecken aufzubauen, um etwa nach Optimierungen zu suchen.

# #Gesamtprojekt

Das Transfersystem zwischen den beiden Produktionsstätten ist offensichtlich ein wichtiger Baustein im Gesamtkonzept. Durch den Transport der Werkstücke können örtlich getrennte Produktionsschritte verbunden und die Gesamtfertigung somit erweitert werden. Durch die angestrebte Automatisierung des Transports können Mitarbeiter entlastet werden.

Der digitale Zwilling stellt das Gesamtprojekt zusätzlich in digitaler Form zur Verfügung und zeigt den Herstellungsprozess auf. Dies eignet sich optimal einerseits zu Vorführungszwecken und andererseits können dadurch Optimierungspotenziale sowie mögliche Problemstellen aufgedeckt werden.

## #Vorgehen

Für die Einführung und Umsetzung eines Transfersystems bedarf es einer grundlegenden Marktrecherche an verfügbaren Technologien. Damit werden ebenfalls Hersteller und gegebenenfalls Sponsoren ausfindig gemacht. Einer der größten Meilensteine dieses Projekts stellt die Festlegung und Beschaffung des Transportsystems dar. Nicht zuletzt ist die Inbetriebnahme und Anbindung an die gesamte Produktion zu nennen. Zur Erstellung eines digitalen Abbildes der Produktionsstätte, sind zunächst die einzelnen Stationen der Fertigung zu konstruieren. Diese werden zusammengefügt, um die ganzheitliche Fertigung darzustellen. Zur Vervollständigung der Simulation werden die Funktionen den einzelnen Stationen hinzugefügt, bspw. die Bewegungen der Roboter oder des Förderbandes.

## #Schnittstellen

Bei der Konzeptionierung und Umsetzung des Transportsystems ist wichtig, speziell mit der Gruppe für die Übergabe des Werkstücks zwischen dem Fahrzeug und dem Förderband in engem Kontakt zu stehen. Für den digitalen Zwilling spielt der enge Kontakt mit allen Gruppen eine große Rolle. Vor allem die Stationen, welche physisch in den Produktionsfluss eingreifen. IT bezogene Projekte sind jedoch ebenfalls für das Gesamtverständnis nicht zu vernachlässigen.

## #Ausblick

Zukünftige Projekte im Bereich dieser Studienarbeit können sich beschäftigen mit der Automatisierung des Transportfahrzeugs. Ebenso die Optimierung der Produktion anhand des digitalen Zwillings. Im gegebenen Projektzeitraum dies nicht umgesetzt werden.

## #Benefits

Die Vernetzung örtlich getrennter Fertigungsstationen schafft in vielen Unternehmen eine größere Flexibilität und spart damit Kosten. Ebenso durch das digitale Abbild der Produktion, Optimierungsbedarfe aufgedeckt und Fehler frühzeitig erkannt werden.