

Report

Praktikum Produktionstechnik

im Sommersemester 23

Gruppe 2

Antonia Geßwein, Pinar Tekin, Julian Schropp,  
Tobias Neher, Ben Garbe, Johannes Volkmann

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung	2
Thema 1: Arten der Verschwendung	3
Thema 2: Zeitermittlung mittels MTM-Verfahren	5
Thema 3: Grundlagen der Austaktung	8
Thema 4: 5S-Methodik und Arbeitsplatzgestaltung	12
Thema 5: Low Cost Automation	15
Thema 6: Wertstromdesign und -analyse	18
Thema 7: Arbeitsanweisungen im Montageprozess	21
Thema 8: Qualitätscheck mit Keyence-Kamera	23
Abschließendes Fazit	24

## Einleitung

Im Praktikum Produktionstechnik haben wir uns zwei Wochen lang damit beschäftigt, wie man einen Produktionsprozess optimieren kann. Dazu haben wir als praktisches Beispiel die Montage eines kleinen Tisches mit integrierten LED-Solarlampen betrachtet. Manche der Lampen benötigten dabei eine Fassung, um sie in den Tisch einfügen zu können. Im Laufe des Praktikums haben wir uns mit acht unterschiedlichen Möglichkeiten der Optimierung auseinandergesetzt und die theoretisch erlernten Inhalte anhand des praktischen Beispiels ausprobieren können. In den nächsten acht Abschnitten beschreiben wir sowohl die Theorie, als auch unsere praktische Umsetzung, um den Montageprozess der LED-Solarlampen und ihrer Halterung effizienter zu gestalten. Im letzten Abschnitt ziehen wir ein Fazit und beleuchten den Nutzen unserer Optimierungen.

## Thema 1: Arten der Verschwendung

In der ersten Übung haben wir uns zunächst mit dem Unterschied der Begriffe Effizienz und Effektivität beschäftigt. Dabei ist die Definition der Effizienz: „Ein Ziel wird mit möglichst geringem (Zeit-)Aufwand erreicht“. Der Leitsatz hierbei ist also: „Die Dinge richtig tun“. Im Gegensatz dazu geht es bei der Effektivität darum, dass die getätigten Handlungen und Maßnahmen zum gewünschten Ziel führen. Sie üben also den beabsichtigten Zweck aus. Der Leitsatz der Effektivität ist dementsprechend: „Die richtigen Dinge tun“.

Nachdem wir die Begrifflichkeiten der Effizienz und Effektivität geklärt hatten, beschäftigten wir uns näher mit den 7 Arten der Verschwendung in der Produktionstechnik. Im Folgenden werden wir die Arten der Verschwendung kurz vorstellen:

1. **Transport:** Der Transport von Materialien und Produkten zwischen Arbeitsbereichen und Standorten erhöht die Kosten und die Wahrscheinlichkeit von Beschädigungen. Des Weiteren braucht er Zeit. Deshalb sollte der Transportaufwand minimiert werden, indem zum Beispiel Materialien dort platziert werden, wo sie gebraucht werden.
2. **Bestände:** Lagerbestände binden Kapital und führen zu Lagerhaltungskosten. Außerdem können eingelagerte Produkte zum Verderb oder zu veralteten Produkten führen. Die Bestände sollten aus diesen Gründen auf das Nötigste beschränkt werden.
3. **Bewegung:** Unnötige Bewegungen von Mitarbeitenden, wie zum Beispiel lange Laufwege, aber auch von Maschinen, beeinträchtigen die Effizienz. Auf ein ergonomisches Design und Layout des Arbeitsplatzes sollte, um überflüssige Bewegungen zu reduzieren und die Effizienz zu steigern Wert gelegt werden.
4. **Warten:** Jegliche Wartezeiten führen zu einer Unterbrechung des Produktionsprozesses und verursachen Kosten. Sie können zum Beispiel auftreten, wenn es zu einem Maschinenstillstand kommt oder Arbeitskräfte auf Material oder Anweisungen warten müssen. Da Unterbrechungen den Prozess verlangsamen und sowohl Zeit als auch Ressourcen verschwenden, sollten diese vermieden werden.
5. **Überproduktion:** Die Überproduktion tritt auf, wenn in ein Produkt mehr Arbeit, Aufwand oder Material gesteckt wird, als der Kunde erwartet oder bereit ist, zu zahlen. Die Folge sind unnötige Kosten und Zeitverlust. Die Arbeit und der Einsatz des Materials sollten deshalb so weit beschränkt werden, dass die vom Kunden gewünschte Qualität erreicht wird, aber keine unnötigen Arbeitsschritte ausgeführt werden und nicht zu viel Material eingesetzt wird.
6. **Prozess-Überschuss:** Beispielsweise aufgrund von Prognosefehlern kann Prozessüberschuss auftreten. Er führt zu unnötigen Lagerkosten, erhöhtem Platzbedarf und einem Anstieg des Risikos, veraltete Produkte zu lagern. Prozess- Überschuss sollte deshalb vermieden werden und eine enge Abstimmung zwischen Produktion und tatsächlicher Kundennachfrage das Ziel sein.
7. **Herstellungsfehler:** Fehlerhafte Produkte führen zu Qualitätsproblemen und erhöhten Kosten, da zusätzliche Ressourcen für die Nachbearbeitung oder Entsorgung der defekten Produkte erforderlich sind. Aus diesem Grund sollten Herstellungsfehler vermieden werden.

## **Aufgabenstellung**

Während des Praktikums haben wir ein kleines Planspiel mit folgendem Aufbau durchgeführt: Wir hatten drei Montagearbeiter, zwei Logistikmitarbeiter und eine Arbeitskraft, die für Qualität, Verpackung und Versand zuständig ist. Es sollte eine Halterung mit Solarleuchten hergestellt werden. Die Halterung und Solarleuchten gab es in unterschiedlichen Varianten. Die Montagearbeiter haben nacheinander unterschiedliche Arbeitsschritte ausgeführt und ihre fertigen Teile an den nächsten Montagetisch weitergegeben. Der letzte Montagemitarbeiter übergab den fertigen Tisch an die Logistik, welche ihn an die Qualitätskontrolle weitergab. Die Logistikmitarbeiter mussten nach bestimmten Kriterien dafür sorgen, dass die Greifbehälter der Montagemitarbeiter immer gefüllt sind. Die Arbeitskraft, die für Qualität und Versand zuständig ist, sollte die Qualität der fertigen Produkte prüfen, die Produkte verpacken und der Versand abwickeln. Während des Planspiels sollten wir darauf achten, welche Arten der Verschwendung uns wo auffallen.

## **Problem**

Es fiel schnell auf, dass die Arbeitsschritte, welche an Arbeitsplatz 2 durchgeführt werden sollten, im Vergleich zu Arbeitsplatz 1 und 3 viel komplexer waren und mehr Zeit benötigten. Dies führte dazu, dass Arbeitsplatz 1 viele Teile vorproduzierte und diese nicht schnell genug von Arbeitsplatz 2 weiterverarbeitet werden konnten. Arbeitsplatz 3 hingegen montierte viele Teile so gut wie möglich vor und musste dann auf Arbeitsplatz 2 warten. Die Logistik hatte zu Beginn, als noch an allen Arbeitsplätzen gearbeitet wurde, viel zu tun, um alle Greifboxen immer wieder aufzufüllen. Als Arbeitsplatz 1 und 3 allerdings die Arbeit immer mehr einstellten und auf Arbeitsplatz 2 warteten, entstanden Zeiten, in welchen die Logistikmitarbeiter nichts zu tun hatten. Die Qualitätskontrolle/Verpackung/Versand hat immer wieder lange Wartezeiten, da ihre Arbeit kürzer braucht als die Produktion des nächsten Solarlampentisches.

## **Fazit**

Das Hauptproblem, das bei diesem Planspiel aufgetreten ist, ist das folgende: Dadurch, dass Arbeitsplatz 2 eine deutlich komplexere Aufgabe hatte als die zwei anderen Arbeitsplätze, kam es in der Produktion zu Verzögerungen. Diese haben sich nach und nach auch in die anderen Bereiche (Logistik und Qualität/Verpackung/Versand) ausgewirkt und es kam vermehrt zu Wartezeiten. Eine bessere Aufteilung der Arbeitsschritte bei der Montage könnte dieses Problem beheben.

## Thema 2: Zeitermittlung mittels MTM-Verfahren

In diesem Teil des Praktikums beschäftigen wir uns mit dem Methods-Time-Measurement-Verfahren (MTM-Verfahren). Dieses dient dazu, Arbeitszeitstudien durchzuführen, indem vorbestimmte Kleinstzeiten (Basic Elements) untersucht und tabellarisch zusammengestellt werden. Dazu ist eine systematische Arbeitsvorbereitung nötig. Außerdem muss der Arbeitsablauf sinnvoll gegliedert und analysiert werden.

Unsere Gruppe wurde zunächst in zwei Gruppen mit jeweils drei Teammitgliedern aufgeteilt. Anschließend sollte eine MTM-Analyse zum Zusammenbau zweier Komponenten des Lampentisches vom Vortag durchgeführt werden. Eine Gruppe beschäftigte sich mit der Montage einer Solarlampe, während sich das andere Team mit dem Zusammenfügen eines Tischbeins zu einer L-Form bestehend aus zwei Profilen beschäftigte.

Für eine MTM-Analyse muss man zunächst den gesamten Montageprozess in kleinstmögliche Arbeitsschritte zerlegen. Jeder Schritt kann dabei einer der folgenden Kategorien angehören:

- Blickfunktion
- Drehen - T (Turn)
- Körper-, Bein- und Fußbewegungen
- Hinlangen - R (Reach)
- Greifen - G (Grasp)
- Loslassen - RL (Release)
- Bringen - M (Move)
- Fügen - P (Position)
- Drücken - AP (Apply Pressure)
- Trennen - D (Disengage)

Mithilfe der MTM-Datenkarte haben wir uns also zunächst überlegt, welche Arbeitsschritte nacheinander nötig sind, um eine Lampe bzw. ein Tischbein zusammenzubauen und wie viel Zeit jeweils dafür benötigt wird. In der Datenkarte wird dafür die Zeiteinheit TMU verwendet. 1 TMU entspricht dabei 0,036 Sekunden (also 0,0006 Minuten bzw. 0,00001 Stunden).

Wir haben dann die einzelnen Schritte in das MTM-Analyse-Formblatt eingetragen. Dabei werden die Arbeitsschritte nummeriert und anschließend die Bezeichnung, der Code, der TMU, sowie gegebenenfalls die Vielfältigkeit des jeweiligen Arbeitsschritts notiert, damit anschließend der Gesamt-TMU des Schrittes berechnet werden kann. Sind alle Arbeitsschritte in die Tabelle eingetragen, ist am Ende berechenbar, wie lange die Montage eines Produktes insgesamt braucht.

### Montage der Solarlampe

Nach dem Eintragen aller nötigen Arbeitsschritte in das MTM-Analyse-Formblatt berechneten wir, dass das Zusammenbauen einer Solarlampe laut MTM-Datenkarte **427,40 TMU**, also entsprechend 15,39 Sekunden dauern sollte. Anschließend führten wir mithilfe einer Stoppuhr eine Messung durch, wie lange jemand wirklich braucht, um die Lampe

zusammensetzen. Dabei maßen wir eine Zeit von 41,6 Sekunden. Umgerechnet entspricht das **1155,56 TMU**. Die reale Montage dauerte also **2,7-mal** so lange, wie in der theoretischen Berechnung.

Um besser einschätzen zu können, ob ein gewisser Arbeitsschritt viel länger braucht, als die theoretische Vorgabe oder ob einfach insgesamt zu langsam gearbeitet wurde, fassten wir mehrere Arbeitsschritte zu kleineren Einheiten zusammen. Die gesamte Montage setzte sich dadurch aus vier kleineren Schritten zusammen.

Der erste kleinere Prozess war beendet, nachdem der Dichtungsring in die Solarlampenplatte eingesetzt wurde. Im zweiten Schritt wurden die Linse und Abdeckung der Lampe hinzugefügt. Der dritte Prozess war das Greifen der vier benötigten Schrauben und das Platzieren der Schrauben in den dazu vorgesehenen Löchern. Im vierten Schritt wurde der Bohrer genommen und jede der Schrauben befestigt.

Der erste Schritt sollte theoretisch 98,10 TMU benötigen. Umgerechnet entspricht das 3,53 Sekunden. In der realen Montage maßen wir eine Zeit von 3,91 Sekunden. Teilt man die 3,91 Sekunden durch die 3,53 Sekunden, ist das Ergebnis ein Faktor von 1,11. Da dieser nahe eins ist, ist die zeitliche Abweichung also nicht sonderlich signifikant.

Im zweiten Prozess sollten 95,60 TMU benötigt werden. Das sind 3,44 Sekunden. Diese stehen den 4,00 Sekunden aus der realen Messung gegenüber. Teilt man das Ergebnis der realen Messung durch das Ergebnis der theoretischen Vorhersage, kommt man auf einen Faktor von 1,16. Der Fehler ist also nur geringfügig größer als in der vorherigen Rechnung, kann also auch vernachlässigt werden.

Der dritte Schritt sollte nur 108,50 TMU, also 3,91 Sekunden dauern. In der Praxis maßen wir allerdings eine Zeit von 13,53 Sekunden. Dividiert man wieder die reale durch die theoretisch vorhergesagte Zeit, erhält man den Faktor 3,46. Man ist also mehr als dreimal so langsam, wie man laut Datenkarte sein sollte.

Im vierten Prozess wurde durch die Datenkarte eine benötigte Zeit von 125,20 TMU vorhergesagt. Umgerechnet entspricht das 4,51 Sekunden, was wieder einen starken Kontrast zur realen Messung darstellt. In der Praxis wurden nämlich 12,56 Sekunden benötigt. Durch Division der beiden Zeiten erhält man den Faktor 2,78. Auch in diesem Schritt ist man also viel langsamer, als man das laut Datenkarte erwarten würde.

Der große Fehler aus unserer vorigen Berechnung des Gesamt-TMUs folgt dementsprechend aus den letzten beiden Arbeitsschritten. Das Platzieren und Befestigen der Schrauben ist folgendermaßen viel komplexer und zeitaufwändiger als zunächst angenommen und sollte deshalb in der MTM-Analyse angepasst werden, um spätere Verschwendungen in der Produktion zu vermeiden.

### **Montage des Tischbeins**

Bei der Montage des Tischbeins wurde sehr ähnlich verfahren. Diese setzte sich diesmal aus 6 Teilschritten zusammen. Zunächst wurden die benötigten Stangen, im zweiten Schritt die Schrauben und Muttern und als drittes der Winkel auf den Tisch gelegt. Das Einfügen einer

Mutter in einen der Stäbe war der vierte Arbeitsschritt. Dieser wurde anschließend für den zweiten Stab wiederholt. Der fünfte Schritt bestand daraus, den Winkel sowie die Stäbe zu nehmen und alles mit zwei Schrauben zu verbinden. Als letztes wurde der Bohrer und das Bauteil abgelegt.

Nachdem die benötigten kleinstmöglichen Arbeitsschritte in das MTM-Analyse-Formblatt eingetragen waren, konnte der Gesamt-TMU für die kleineren Teilprozesse vorhergesagt werden. Anschließend ist dieses Ergebnis mit den Zeiten vergleichbar, die beim realen Zusammenbau des Bauteils gemessen worden sind.

Laut dem Datenblatt sollte nur eine Zeit von 427,1 TMU vonnöten sein. Aus dem Zusammenfassen der kleinstmöglichen Arbeitsschritte zu etwas größeren Einheiten wurde allerdings klar erkennbar, dass eine reale Montage mehr Zeit in Anspruch nimmt. 502,91 TMU wurden für den Zusammenbau tatsächlich benötigt.

Im ersten Schritt wurde eine Zeit von 42,1 TMU vorhergesagt. Die reale Messung ergab allerdings eine Zeit von 47,7 TMU. Teilt man die beiden Ergebnisse miteinander, erhält man einen Faktor von 1,13. Die Abweichung ist also nicht ausschlaggebend.

Der zweite Teilprozess sollte 64,9 TMU brauchen. Allerdings lieferte die reale Messung eine Zeit von 55,5 TMU. Es wurde also tatsächlich weniger Zeit benötigt. Teilt man die beiden Zeiten miteinander, ergibt sich der Faktor 0,86. Da auch hier der Fehler klein ist, ist er nicht wirklich signifikant.

Für den dritten Schritt wurde eine Zeit von 57,1 TMU prognostiziert. Auch hier war jedoch weniger Zeit nötig und der Arbeitsschritt war nach nur 53,0 TMU beendet. Dadurch entsteht ein Faktor von 0,93. Der Fehler ist somit noch geringer als im vorigen Prozess und damit auch nicht ausschlaggebend.

Das Einfügen der Muttern in einen der Stäbe sollte nur 52,3 TMU benötigen. Es wurde allerdings eine reale Zeit von 111,11 TMU gemessen. Daraus ergibt sich ein Faktor von 2,12. Unter realen Bedingungen brauchte dieser Arbeitsschritt also mehr als doppelt so lange.

Für den fünften Schritt konnte mithilfe des Datenblatts eine Zeit von 176,6 TMU vorhergesagt werden. In der Realität wurden jedoch 194,4 TMU gemessen. Der dadurch entstehende Faktor von 1,10 zeigt jedoch, dass die Abweichung nicht sehr hoch und damit vernachlässigbar ist.

Im letzten Teilschritt wurden statt den prognostizierten 34,1 TMU ein realer Wert von 41,2 TMU gemessen. Durch Division ergibt sich der Faktor 1,21. Da auch dieser wieder nahe der eins liegt, kann der Fehler wieder vernachlässigt werden.

Es zeigt sich also, dass der größte Fehler beim Einfügen der Muttern in die Stäbe entsteht. Wie auch schon beim Zusammenfügen der Solarlampe geht also beim Hantieren mit sehr kleinen Bauteilen, die sehr genau eingesetzt werden müssen, viel Zeit verloren. Auch hier sollte also die MTM-Analyse bzw. die benötigten Zeiten für die einzelnen Arbeitsschritte angepasst werden, um so späteren Verschwendungen in der Produktion durch eine Fehleinschätzung entgegenwirken zu können.



## Thema 3: Grundlagen der Austaktung

In diesem Teil des Praktikums wiederholten wir zunächst, wie eine Vorgangsliste erstellt wird. In dieser erhält jeder Vorgang eine Nummer und einen Namen. Außerdem beinhaltet die Liste die Dauer sowie die Vorgänger jedes Prozesses. Ein Vorgänger eines Prozesses ist dabei ein Vorgang, der beendet sein muss, bevor der Prozess gestartet werden kann. Er ist damit Voraussetzung für den nächsten Schritt.

Auf Basis der Vorgangsliste kann dann ein Vorgangsgraf erstellt werden. Dabei gibt es zwei Möglichkeiten: den Vorgangsknotennetzplan und den Vorgangspfeilnetzplan. Auf Grundlage der Bearbeitungsvorgänge sowie der Bearbeitungsreihenfolge kann man zudem einen Vorrangsgrafen zeichnen. Dieser ist optimierbar und die insgesamt benötigte Zeit kann verringert werden, indem man Prozesse durch mehrere Arbeitsplätze parallelisiert.

Dieses Vorgehen des Abstimmens einzelner elementarer Teilvorgänge zusammen mit den benötigten Produktionsfaktoren der Produktiveinheiten (Stationen bzw. Takten) und das Zuordnen zu einer Montagelinie wird als Austaktung bezeichnet. Dabei sind viele Einschränkungen zu beachten, die in der Praxis auftreten. So ist auf die zuvor schon erwähnten parallelen Arbeitsplätze zu achten. Behälterpositionen, Laufwege und ergonomische Arbeitsbedingungen sind nur einige weitere Beispiele, die außerdem im Blick behalten werden müssen.

Durch eine optimale Austaktung von Produktionssystemen erreicht man vielfältige wettbewerbsentscheidende Vorteile. Ein gleichmäßiger Produktionsfluss, minimale ablaufbedingte Wartezeiten und daraus resultierende kurze Durchlaufzeiten, exakte Terminierung, hohe Flexibilität und Mitarbeiterzufriedenheit sind nur ein paar der Beispiele für diese Vorteile.

Die Aufgabe dieses Tages war es, die Austaktung der Montage eines Lampentisches so weit zu optimieren, dass dieser in weniger als 10 Minuten zusammengebaut ist. Dazu überlegten wir uns zunächst zwölf durchnummerierte Vorgänge, die zum Zusammenbauen des Tisches abgearbeitet werden müssen.

1. Zwei Tischbeine werden jeweils mit einem Winkel verbunden
2. Das kurze Verbindungsstück zwischen den Tischbeinen wird mit Muttern versehen
3. Die beiden Tischbeine und das Verbindungsstück werden zu einer U-Form zusammengebaut
4. Zwei Tischbeine werden jeweils mit einem Winkel verbunden (siehe Vorgang 1)
5. Das kurze Verbindungsstück zwischen den Tischbeinen wird mit Muttern versehen (siehe Vorgang 2)
6. Die beiden Tischbeine und das Verbindungsstück werden zu einer U-Form zusammengebaut (siehe Vorgang 3)
7. Ein zweiter Winkel wird an jeweils ein Tischbein geschraubt (dieser Vorgang ist viermal notwendig)
8. Die beiden Verbindungsstücke variabler Länge zwischen den beiden U-Formen werden mit Muttern versehen

9. Die beiden U-Formen, die beiden Verbindungsstücke variabler Länge, sowie die Platte mit Aussparungen für die Lampe(n) werden zusammengebaut
10. Eine Lampe wird zusammengebaut (dieser Vorgang ist ein- bis dreimal notwendig)
11. Die Fassung wird in die Solarlampen-Platte geschraubt (dieser Vorgang ist kein bis dreimal notwendig)
12. Die Lampen werden auf den Tisch montiert (dieser Vorgang ist ein- bis dreimal notwendig)

Um die Arbeitsschrittfolgenfolge optimieren zu können, mussten wir zuallererst wissen, wie lange der jeweilige Arbeitsschritt braucht. Als erstes wurden deshalb die Zeiten gemessen. Die Angaben in Tabelle 1 sind hierbei nur für ein Teil, auch wenn der jeweilige Vorgang gegebenenfalls mehrmals durchgeführt werden muss.

Vorgang	Zeit (in s)	Vorgang	Zeit (in s)	Vorgang	Zeit (in s)
1	20	5	15	9	180
2	15	6	30	10	56
3	30	7	20	11	45
4	20	8	15	12	5

Tabelle 1: Dauer der einzelnen Arbeitsschritte

Auf Basis dieser Tabelle erstellten wir einen Vorrangsgraphen, um einen besseren Überblick zu bekommen, damit man sich anschließend Gedanken darüber machen kann, wie eine Parallelisierung der Prozesse sinnvoll umgesetzt werden kann. Dieser Graf ist nachfolgend in Abbildung 1 zu sehen.

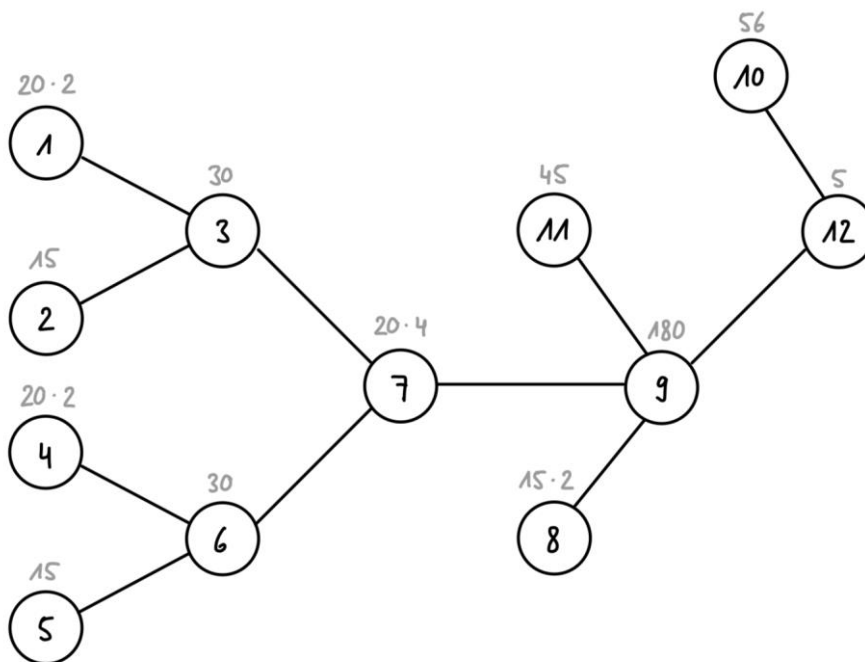


Abbildung 1: Vorrangsgraph zur Arbeitsschrittfolgenfolge

Um einmal den worst case durchzuspielen, entschieden wir uns dazu, einen Tisch mit drei Lampen, die alle eine Fassung brauchen, zu bauen.

Wir parallelisierten den Arbeitsablauf so, dass Arbeitsplatz 1 mit den Vorgängen 1, 2 und 3 beginnt. Zeitgleich erledigt Arbeitsplatz 2 Vorgang 7 viermal und Vorgang 8 zweimal. Währenddessen wird Vorgang 11 dreimal vom Arbeiter am Platz 3 durchgeführt. Anschließend beendet Arbeitsplatz 1 seine Arbeit, nachdem die Vorgänge 4, 5 und 6 beendet sind. Bei einem realen Testlauf benötigte der Arbeiter für den kompletten Durchlauf nur 3 Minuten und 20 Sekunden und war damit am schnellsten fertig. Platz 2 erledigt dann noch Vorgang 9 während Arbeitsplatz 3 Vorgang 10 dreimal ausführt. Vorgang 12 kann dann entweder von Arbeitsplatz 2 oder 3 durchgeführt werden. Zum besseren Verständnis ist der Ablauf in Tabelle 2 noch einmal visualisiert.

Arbeitsplatz	1. Arbeitstakt	2. Arbeitstakt	3. Arbeitstakt
1	Vorgang 1, 2, 3	Vorgang 4, 5, 6	/
2	Vorgang 7 (4x), 8 (2x)	Vorgang 9	Vorgang 12 (3x)
3	Vorgang 11 (3x)	Vorgang 10 (3x)	

Tabelle 2: Paralleler Arbeitsablauf bei der Tischmontage mit drei Lampen

Für das Zusammenbauen der Lampe mit drei Fassungen und drei Lampen wurden insgesamt 6 Minuten benötigt. Selbst der worst case kann also in der vorgegebenen Zeit vervollständigt werden.

Um die durchschnittliche Montagezeit besser einschätzen zu können, entschieden wir uns dazu, noch einen Lampentisch mit 2 Lampen zusammenzubauen, wobei beide Lampen eine Fassung benötigten.

Der Arbeitsablauf war diesmal prinzipiell gleich, allerdings musste Vorgang 10 nur zweimal statt dreimal durchgeführt werden, da nur zwei Lampen verbaut wurden. Dasselbe galt für Vorgang 11, da nur zwei Fassungen nötig waren. Weil Arbeitsplatz 3 nun weniger zu tun hatte, war nun der Arbeiter dieser Station dafür verantwortlich, Vorgang 12 durchzuführen. Zur besseren Visualisierung ist auch diesmal der Ablauf wieder in Tabelle 3 gegeben.

Arbeitsplatz	1. Arbeitstakt	2. Arbeitstakt
1	Vorgang 1, 2, 3	Vorgang 4, 5, 6
2	Vorgang 7 (4x), 8 (2x)	Vorgang 9
3	Vorgang 11 (2x)	Vorgang 10 (2x), 12 (2x)

Tabelle 3: Paralleler Arbeitsablauf bei der Tischmontage mit zwei Lampen

In einem realen Durchlauf dauerte die komplette Montage nur 4 Minuten und 1 Sekunde. Damit wurde nicht einmal die Hälfte der vorgegebenen Maximaldauer ausgenutzt. Außerdem wurde eine extreme Verbesserung im Vergleich zum ersten Tag erreicht, da wir an diesem Tag nur zwei Tische innerhalb einer halben Stunde zusammenbauen konnten. Auf Grundlage der

zuvor festgestellten durchschnittlich benötigten Montagezeit, ist nun jedoch davon auszugehen, dass aufgrund des verbesserten Ablaufs ungefähr sieben Tische in derselben Zeit zusammengebaut werden können. Die Austaktung war folglich eine sehr wirksame Methode, um die Effizienz enorm zu steigern.

## Thema 4: 5S-Methodik Arbeitsplatzgestaltung

Um im Rahmen unseres Planspiels den Herstellungsprozess noch weiter zu verbessern, beschäftigten wir uns in der vierten Übung mit der 5S-Methode und einer guten Arbeitsplatzgestaltung. Die 5S-Methode stammt ursprünglich aus Japan und zielt darauf ab, einen Arbeitsplatz zu optimieren und Verschwendungen zu reduzieren. Die fünf „S“ stehen hierbei für japanische Wörter und Prinzipien, die bei der Umsetzung dieser Methode verwendet werden:

**Selektieren/Sortieren (Seiri):** Dieser Schritt beinhaltet das Aussortieren und Entfernen von allen Gegenständen die bei der Arbeit nicht benötigt werden oder ablenken könnten. Das Ziel hierbei ist es, den Arbeitsplatz zu entrümpeln und nur das zu behalten, was notwendig ist.

**Systematisieren (Seiton):** Hier geht es darum, die verbleibenden Gegenstände passend anzuordnen. Alles sollte am Ende dieses Schrittes einen festen Platz haben und je nach Verwendungshäufigkeit leicht greifbar, gut zugänglich und gut angeordnet sein.

**Säuberung (Seiso):** Die Sauberkeit am Arbeitsplatz steht im Mittelpunkt dieses Schrittes. Wichtig hierbei ist auch ein ordentlicher Zustand der Arbeitsfläche.

**Standardisieren (Seiketsu):** Hier geht es darum, die durch die vorherigen Schritte entstandene Ordnung festzulegen und diese zu standardisieren. Nützlich hierfür wären zum Beispiel unter anderem eine Anleitung und einheitliche Positionen von Gegenständen.

**Selbstdisziplin üben (Shitsuke):** Der letzte Schritt beschreibt die Einhaltung der etablierten Ordnung, empfiehlt aber auch nach Möglichkeiten der Verbesserung zu suchen.

Ebenso ist bei der Gestaltung eines Arbeitsplatzes die effiziente und effektive Einbindung des Menschen wichtig. Der Arbeitsplatz soll sich hierbei an den Menschen anpassen und nicht umgekehrt, soll also letztendlich ergonomisch für diesen sein. Wichtig hierfür sind zunächst die passenden Werkzeuge und Hilfsmittel, sowie ein angemessener Arbeitsplatz und eine entsprechende Arbeitsumgebung. Abgesehen von materieller Ausstattung haben aber auch äußere Umstände der Arbeitsorganisation wie zum Beispiel Arbeitszeiten und die Anzahl, Timing und Länge von Pausen Auswirkungen auf die Zufriedenheit und Arbeitsbereitschaft von Mitarbeitern, ebenso aber auch die Arbeitsinhalte und somit die Vielfalt der verrichteten Arbeit. Kombiniert tragen also die 5S-Methode und gute Arbeitsplatzgestaltung dazu bei, die Arbeitsumgebung zu verbessern, die Effizienz zu steigern und die Mitarbeiterzufriedenheit zu erhöhen. Im Rahmen unseres Planspiels wurden diese Prinzipien auch auf unsere Arbeitsplätze angewendet:

- Bei allen Tischen wurden Gegenstände, wie zum Beispiel Bit Sets und sonstige unwichtige Objekte entfernt. Ein großer wichtiger gemeinsamer Faktor war im Folgenden die Systematisierung und effiziente Anordnung der Fächer für die einzelnen Teile.

- Arbeitsplatz 1 wurde auf die geringe Anzahl unterschiedlicher Teile und den sehr repetitiven Arbeitsablauf ausgelegt. Wichtig hierbei war die gute Greifbarkeit der Kleinteile. Hierfür wurden die besagten Fächer aus dem Regal direkt auf den oberen Teil des Tisches verlegt.

Zusätzlich wurde ein Nachschubfach für jedes Teil eingerichtet, um Wartezeiten zu verkürzen oder komplett zu verhindern. Der Akkubohrer wurde griffbereit gehalten und die Logistikrückgabefläche wurde am darauffolgenden Tag auf einen rollenden Wagen verlegt.

- Arbeitsplatz 2 folgte einem ähnlichen Prinzip wie Arbeitsplatz 1, wobei kleine Teile ebenfalls direkt auf dem Tisch platziert wurden. Die Verbindungsstangen konnten bei Bedarf aus dem Regal entnommen werden und die Lampen können je nach Produktionsfortschritt von Arbeitsplatz 3 davor oder nach Abschluss von Arbeitsplatz 2 eingebaut werden. Hier wurde ebenfalls dieselbe rollende Logistikrückgabefläche von Arbeitsplatz 1 verwendet, da sich viele der benötigten Teile überschneiden.

- Arbeitsplatz 3 hat durch die vielen unterschiedlichen Kombinationen aus Lampenteilen und Adaptern einen sehr großen Bedarf an gut greifbaren Stellplätzen für kleine Fächer. Diese mussten geschaffen werden, angefangen mit dem beweglichen Schwenkarm für ein Klemmbrett, welches aber auch gut als Tischerweiterung dient. Zusätzlich wurde auch die obere Kante des Tisches wie bei Arbeitsplatz 1 und 2 als Abstellplatz für kleine Container mit verschiedenen Schrauben verwendet. Ebenso wurde auch die unterste Regalfläche so angepasst, dass sie nun auch kleine Fächer halten kann. Eine aktuelle Bestellliste wurde aufgehängt und Dichtungsringe sowie Lampen wurden nach Bauteiltyp im Regal gruppiert. Schrauben wurden griffbereit auf dem Tisch angeordnet und anstelle eines Messers wird nun ein Akkubohrer zum Festschrauben verwendet. Zusätzlich wurde Arbeitsplatz 3 ebenfalls eine rollbare Logistikrückgabefläche zugewiesen.



*Abbildung 2: Arbeitsplatzgestaltung des 1. Arbeitsplatzes*



Abbildung 3: Arbeitsplatzgestaltung des 2. Arbeitsplatzes



Abbildung 4: Arbeitsplatzgestaltung des 3. Arbeitsplatzes

## Thema 5: Low Cost Automation

### Definition

Unter den Begriff „Low Cost Automation“ (LCA) versteht man unkomplizierte Automatisierungslösungen mithilfe kostengünstiger Technologien. Dazu zählen beispielsweise mechanische Elemente, Rollen oder Federsysteme. Ziel dabei ist die betrieblichen Abläufe und die Produktivität in den einzelnen Produktionsschritten zu verbessern. LCA kann in unterschiedlichen Bereichen Anwendung finden.

Die Vorteile von Automatisierung sind folgende:

- Unterstützung der Mitarbeiter
- Verringerung der Durchlaufzeiten
- Individuelle Anpassung der Arbeitsplätze an die Mitarbeiter
- Bedienerfreundlich
- Kostengünstig
- Wirtschaftlich
- Einfache Wartung
- Einfache Montage bzw. Demontage
- Niedrige Komplexität

### Aufgabenstellung

Am fünften Praktikumstag wurde uns nach einer Einführung in das Thema LCA die Aufgabenstellung vorgestellt. Wir sollten für unsere Arbeitsplätze eine oder mehrere LCA-Ausrüstungen unter Verwendung von Trilogiq-Teilen entwerfen und bauen. Dazu wurden wir in das Lager im Untergeschoss begleitet, wo sich die einzelnen Bauteile für die Ausrüstungen befinden. Anhand eines Mustertransportwagens wurde uns erklärt, wie wir die Trilogiq-Teile miteinander verbinden können. Um eine bessere und individuelle Anpassung der Transportwagen an die Arbeitsplätze und Mitarbeiter zu erhalten, haben wir am Ort der Arbeitsplätze die Kastengrößen und die Höhen der Arbeitsbereiche untersucht. Zurück im Lager haben wir nach einer kurzen Überlegung mit dem Bau des ersten Transportwagens angefangen. Dieser sollte zwischen Arbeitsplatz 1 und 2 stehen. Dazu haben wir Rohre, Verbindungsstücke, Rollenbahnen, Rollbremsen und Räder verwendet. Das Gerüst des Wagens wurde aus kleinen und mittelgroßen Rohrelementen gebaut. Außerdem wurden jeweils an zwei Seiten mittelgroße Rohre montiert, um mehr Stabilität zu erhalten (siehe Abbildung 5). An der mittleren Ebene des Wagens wurden Rollenbahnen eingerichtet, die für kleine und mittelgroße Kästen eine Funktion haben. Um größere Kästen abstellen zu können wurden im oberen Bereich drei Rohre nebeneinander montiert (siehe Abbildung 6). Dieselben Rohre wurden später auch am zweiten Wagen angebracht. Sie sind auf Abbildung 8 besser zu erkennen.

Nach dem Bau der ersten Ausrüstung haben wir den Transportwagen hochgebracht und diesen zwischen Arbeitsplatz 1 und Arbeitsplatz 2 platziert. Anschließend haben wir mit dem Bau des zweiten Transportwagens angefangen. Dieser war für den Arbeitsplatz 3 geplant, wo die



Lampenmontage stattfinden wird. Dabei ist der Wagen nahezu identisch mit dem ersten Wagen. Der einzige Unterscheid hierbei ist, dass wir bei dem zweiten Wagen keine Rohre an den Seiten für die Stabilisierung verwendet haben, da wir festgestellt haben, dass auch ohne diese der Wagen recht robust ist. Außerdem haben wir statt zwei Rollbahnen für kleine und eine Rollbahn für mittelgroße Container nur jeweils eine Rollbahn für die beiden Kastengrößen verbaut, da dieser Transportwagen nur von einem Arbeitsplatz verwendet wird und damit weniger Stauraum benötigt wird (siehe Abbildung 7). Damit für die Mitarbeiter der Logistik beim Auffüllen und Transportieren der Kästen keinerlei Schwierigkeiten entstehen, haben wir an beiden Wägen Räder angebracht (siehe Abbildung 5 und 8). Nachdem wir den fertigggebauten zweiten Wagen hochgebracht und ihn ebenfalls platziert hatten, waren wir mit der Aufgabenstellung fertig. Der Entwurf und Bau der zwei LCA-Ausrüstungen nahm circa zwei Stunden in Anspruch.

### **Fazit**

Low Cost Automation macht es möglich, durch mechanische Automatisierung die Mitarbeiter bei sich wiederholenden Tätigkeiten zu entlasten und die Produktionsabläufe effizienter zu gestalten. Somit werden die Abläufe in der Montage und in der Intralogistik flexibler gestaltet. Außerdem werden die Produktionsprozesse vereinfacht und beschleunigt. Das Ganze führt zu einer Verringerung von Verschwendung.

Betrachten wir die Funktion der Automatisierung an unseren Arbeitsplätzen, so erkennen wir, dass die LCA für die Mitarbeiter eine flexible Arbeitsgestaltung ermöglicht. Am Arbeitsplatz 1 und 2 können die Mitarbeiter nach der Montage die leeren Baukästen in den Wagen abstellen (siehe Abbildung 6), wozu drei Rollbahnen verbaut wurden. Die linke Bahn steht für die Nutzung des Mitarbeiters von Arbeitsplatz 1 zur Verfügung. Hier kann der Mitarbeiter seine leeren Baukästen (blau) rollen lassen. Die rechte Bahn kann der Mitarbeiter des Arbeitsplatzes 2 nutzen und auf diese seine leeren Baukästen (rot) abstellen. Für mittelgroße Baukästen können die Mitarbeiter beide die mittlere Bahn verwenden. Für diese haben wir Rollenbremsen mit verbaut, damit die Kästen beim Rollen nicht herunterfallen (siehe Abbildung 7). Der obere Abstellbereich am Wagen ist für große Baukästen gedacht, wie zum Beispiel für den Kasten mit der Sachnummer 100019 (480-mm-Profil). Somit bleiben Arbeitsplätze befreit von unnötigen Arbeitsmaterialien und die Mitarbeiter können ungestört arbeiten. Ein weiterer Vorteil gilt auch für die Mitarbeiter aus der Logistik. Diese besitzen durch den Transportwagen die Möglichkeit, Zeit und Wege zu sparen, denn so müssen sie die leeren Kästen nicht einzeln bzw. mit der Hand transportieren, sondern können alle gleichzeitig mit dem Wagen in diverse Bereiche bewegen und diese mit Bauteilen befüllen.

Der zweite Transportwagen ist vorteilhaft für den Mitarbeiter aus der Lampenmontage. Er kann nach jeder Lampenmontage die leeren Baukästen auf dem Transportwagen abstellen. Somit wird am Arbeitsplatz Ordnung geschaffen. Ebenfalls wie die anderen Mitarbeiter, kann auch hier der Mitarbeiter den oberen Abstellbereich am Wagen für größere Kästen verwenden. Zum Beispiel kann er hier den Kasten mit der Sachnummer 100081 (Holzplatte 3) nach der Montage gleich auf den Wagen ablegen.



*Abbildung 5: Aufbau der LCA-Ausrüstung*



*Abbildung 6: LCA-Ausrüstung für den 1. und 2. Arbeitsplatz*



*Abbildung 7: Nahaufnahme der Rollbahnen (mit Bremsen)*



*Abbildung 8: LCA-Ausrüstung für den 3. Arbeitsplatz*

## Thema 6: Wertstromdesign und -analyse

Um den gesamten Wertsteigerungsprozess eines Produktes zu analysieren und so einen Überblick über alle Teilprozesse zu erhalten, die den Wert des Produktes steigern, führt man die Wertstromanalyse durch. Hierbei werden alle Stationen, die direkt oder indirekt einen Mehrwert für das Produkt schaffen, chronologisch durchlaufen. Man bezieht hierfür neben wertschöpfenden Stationen, auch unvermeidbare nicht-wertschöpfende Stationen und verschwenderische, also vermeidbare nicht-wertschöpfende Tätigkeiten, als auch den Informationsfluss im Unternehmen mit ein. Setzt man diese Prozesse in zeitliche Relation und berücksichtigt zusätzlich auch Lagerorte und Lagerzeiten, sowie etwaige Lieferanten und Kunden, erhält man einen guten Überblick über den aktuellen GesamtHerstellungsprozess. Diese Wertstromanalyse bildet die Grundlage für mögliche Optimierung und Umstrukturierung des Herstellungsprozesses.

Mit Hilfe des Wertstromdesigns erfolgt idealerweise ein kontinuierlicher Prozess, bei dem zunächst der gesamte Prozess analysiert wird (Value Stream Mapping), das Value Stream Design hilft dann als Navigations- und Visualisierungswerkzeug um schließlich den angestrebten, verbesserten Herstellungsprozess zu erreichen (Value Stream Planning). Führt man die hieraus gewonnen Optimierungsansätze durch, wird der Herstellungsprozess für den Betrieb „schlanker“ und damit finanziell lukrativer. Der neue Herstellungsprozess kann aber natürlich erneut mithilfe des Value Stream Managements verbessert werden. Man erhält einen Kreislauf.

Erkennt und beseitigt man Engpässe, Verschwendungen und ineffiziente Produktionsabschnitte, ergeben sich viele Vorteile für das Unternehmen: es reduziert sich mit einem optimierten Herstellungsprozess auch die Prozessdurchlaufzeit und die Qualität des Produktes steigt, da Problemstellen erkannt und behoben werden können. Dies in Kombination mit schnelleren Lieferzeiten steigert folglich auch die Kundenzufriedenheit. Ein effizienterer Wertschaffungsprozess entsteht.

Um den gesamten Herstellungsprozess unserer Produkte transparenter zu überblicken, entschieden auch wir uns für das Erstellen einer Wertstromkarte (siehe Abbildung 9). Hierfür grenzten wir zunächst den Prozess ein, wobei wir einen fiktiven Zulieferer und Kunden verwendeten, um die Vollständigkeit der Karte zu gewährleisten. Aufgrund der Reihenfertigung mit drei Arbeitsplätzen und geringer Warte- beziehungsweise Lagerzeiten kann unsere Produktion sehr anschaulich dargestellt werden. Wir notierten hier drei Arbeitsplätze mit je einer zuständigen Person, sowie die zuständige Quality Control (QC)/Verpackung mit ebenfalls einer zuständigen Person.

Um auf dieser Grundlage die vollständige Wertstoffkarte zu erstellen, benötigten wir auch noch die Durchlauf- und Wartezeiten der einzelnen Arbeitsplatzstationen. Die aus vorherigen Messungen gewonnenen Zeiten waren jedoch nicht mehr aktuell, weswegen wir uns dafür entschieden, diese erneut zu messen. Hierbei stießen wir auf ein Problem: da wir nicht länger Einzelschritte stoppten, war es schwierig eine einzige Zeit für die Arbeitsplätze 2 und 3 abzunehmen, denn unsere vielfältige Produktpalette führt hier zu unterschiedlichen Prozesszeiten. Arbeitsplatz 2 zeigt kleine Unterschiede, aber Arbeitsplatz 3 kommt auf sehr

unterschiedliche Zykluszeiten, da sein Aufgabengebiet zwischen keinem und drei Adaptern und ein bis drei Lampen von vier unterschiedlichen Typen variiert. Nach einiger Überlegung kamen wir zu dem Schluss, dass eine gemittelte Zeit die beste Wahl ist. Aufgrund der Unterteilbarkeit des dritten Arbeitsplatzes in einzelne Produktionsschritte und seiner späten Position im gesamten Herstellungsprozess ist diese Vereinfachung verkraftbar und entspricht nach dem Anlaufen der Produktion auch der realen gemittelten Arbeitszeit.

Anschließend simulierten wir noch den gesamten Herstellungsprozess mit allen Stationen, um die Lage- und Transportzeiten zu bestimmen. Bei der Übergabe von zwei Bauteilen von Arbeitsplatz 1 nach 2 und einem Bauteil von Arbeitsplatz 2 nach 3 war diese Zeit leicht zu messen. Die Lagerzeit für das fertige Produkt schwankte allerdings erneut erheblich. Hierfür verantwortlich ist der längere Transportweg, der von der Logistik übernommen wird, aber auch die nicht bestehende Sichtverbindung zwischen Arbeitsplatz 3 und Quality Control. Auch hier entschlossen wir uns dazu, mit einer mittleren Liegezeit zu kalkulieren. Ebenfalls bestimmten wir die Rüstzeit pro Arbeitsplatz auf 9 Sekunden. Maßgeblich hierfür ist das Einsetzen der Bits. Mit diesen Informationen berechneten wir abschließend die gesamte Durchlaufzeit und die reine Produktionszeit ohne Warte- und Liegezeiten.

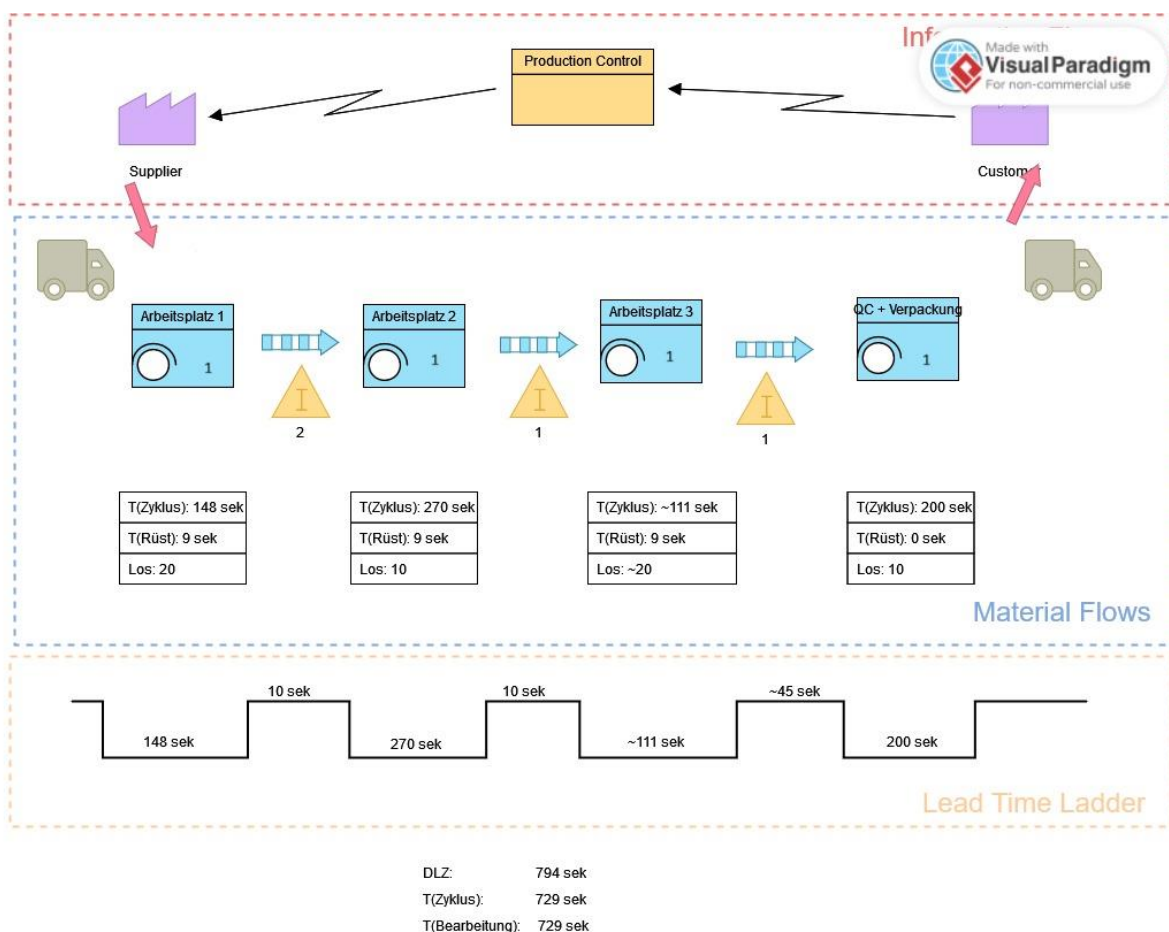


Abbildung 9: Wertstromkarte

Auch wenn wir aufgrund dieser Analyse nicht direkt unsere Produktion anpassen oder stark verbessern konnten, gab sie und trotzdem einige nützliche Informationen und einen guten Überblick über den gesamten Prozess. Insgesamt sind wir mit den Warte- und Liegezeiten sehr

zufrieden, da sie lediglich einen Bruchteil des gesamten Wertschöpfungsprozesses ausmachen. Nur die Liegezeit des finalen Produktes könnte man verbessern. Möglichkeiten wären hier eine Reduzierung des Transportwegs oder eine Verbesserung des Informationsflusses zwischen den Stationen. Zudem fällt die Dauer des Prozesses an Arbeitsplatz 2 ins Auge. Auch wenn dieses Extrem nach dem Anlaufen der Produktionsreihe etwas abflacht und in aller erster Linie ein Startproblem ist, hat diese Station das höchste Verbesserungspotential. Da Arbeitsplatz 2 aber lediglich einen einzelnen, fehleranfälligen und nicht unterteilbaren Teilschritt bearbeitet, können wir diesen kaum unterstützen. Mögliche Verbesserungen könnte man hier aber durch den Einsatz von besseren Maschinen oder Robotern, aber auch durch eine höhere Quantität dieses Arbeitsplatzes erreichen.

Die Anwendung des Wertstromdesigns war folglich für unsere Produktion sinnvoll und bildet eine wichtige Grundlage, um eine effizientere, kostenreduzierte Produktion mit höherer Kundenzufriedenheit aufzubauen. Durchlaufzeiten, Bestände, Flächenbedarf und der Transport können hierfür optimiert werden. Es entsteht ein flexiblerer, reaktiverer und transparenterer Produktionsprozess mit besserem Informationsfluss und kleinerem operativem Steuerungsaufwand.

## Thema 7: Arbeitsanweisungen im Montageprozess

In diesem Teil des Praktikums ging es um das Thema „Digitaler Arbeitsplatz und Arbeitsanweisungen im Montageprozess“.

Der Fokus des Theorie- und Praxisteils lag auf dem Erstellen einer Arbeitsanweisung, also einer Anleitung, in der die einzelnen Arbeitsschritte verständlich für die arbeitende Person dargelegt sind. Das Ziel beim Erstellen einer solchen Arbeitsanweisung ist, dass der Montageprozess dadurch effizienter wird, dass die Produktqualität auf einem gleichen und guten Niveau bleibt und dass weniger Fehler bei der Montage passieren. Die Arbeitsanweisung kommt hauptsächlich bei der Schulung neuer Mitarbeiter zum Einsatz. Daher sollte sie möglichst einheitlich sein und unternehmens- oder abteilungsweit eine ähnliche Struktur aufweisen.

Eine Arbeitsanweisung beinhaltet die für den Arbeitsschritt benötigten Materialien und Werkzeuge, das Endergebnis und eine genaue Anleitung die Schritt für Schritt den Arbeitsablauf erklärt.

Es gibt viele Möglichkeiten eine Arbeitsanweisung zu erstellen. Die bewährte Form ist eine schriftliche, gedruckte Anleitung, der auch Bilder hinzugefügt werden können. Die Alternative dazu ist eine digitale, möglicherweise auch multimediale Arbeitsanweisung. Hier gibt es deutlich mehr Optionen wie diese erstellt werden kann. Zum Beispiel könnte man analog zu der papierbasierten Arbeitsanweisung eine PDF-Datei erstellen. Das hätte den Vorteil, dass Verbesserungen und Anpassungen einfacher zu realisieren sind. Außerdem könnte man auch CAD-Modelle, Videos oder interaktive Animationen produzieren. Diese könnten für den ausführenden Arbeiter deutlich einfacher verständlich sein als textbasierte Anleitungen. Sie sind aber auch arbeitsintensiver in der Erstellung.

Im praktischen Teil haben wir uns dann damit beschäftigt, Arbeitsanweisungen für unseren Montageprozess zu entwerfen. Auch hier hatten wir die Möglichkeit, eine textbasierte Arbeitsanweisung zu erstellen oder auch mithilfe der vorhandenen Tablets eine digitale Arbeitsanweisung zu realisieren. Wir haben uns dazu entschieden, eine papierbasierte Arbeitsanweisung zu verfassen und das Verständnis in jedem Schritt mit Fotos zu unterstützen. Wir haben je eine Arbeitsanweisung für die drei Montageschritte erstellt. Begonnen haben wir damit, die Materialliste zu erstellen. In dieser haben wir die Anzahl der benötigten Materialien, die Artikelnummer (falls vorhanden) und den Namen des Artikels notiert. Außerdem haben wir ein Foto von allen benötigten Materialien, ausgebreitet auf dem Tisch, hinzugefügt. Als nächstes sind wir Schritt für Schritt durch den Montageprozess der einzelnen Arbeitsplätze gegangen und haben währenddessen von jedem Arbeitsschritt ein Foto gemacht. Daraufhin haben wir die eigentliche Arbeitsanweisung geschrieben. Diese haben wir so aufgebaut, dass auf der linken Seite immer die Textbeschreibung des einzelnen Arbeitsschritts und auf der rechten Seite ein passendes Foto abgebildet ist. Auf einigen Fotos haben wir auch mithilfe von Pfeilen den Ablauf des Arbeitsschrittes verdeutlicht.

Neben der Schritt-für-Schritt-Anleitung haben wir ein Diagramm zur Übersicht über alle Arbeitsschritte und deren Ablauf erstellt (siehe Abbildung 10).

Die neu erstellten Arbeitsanweisungen haben in unserem Produktionsprozess keine erheblichen Verbesserungen in Qualität oder Geschwindigkeit gebracht, da wir alle schon eingearbeitet in den Montageprozess waren. Hätten wir aber Positionen beispielweise rotiert oder Ähnliches wären die neuen Arbeitsanweisungen sehr hilfreich gewesen.

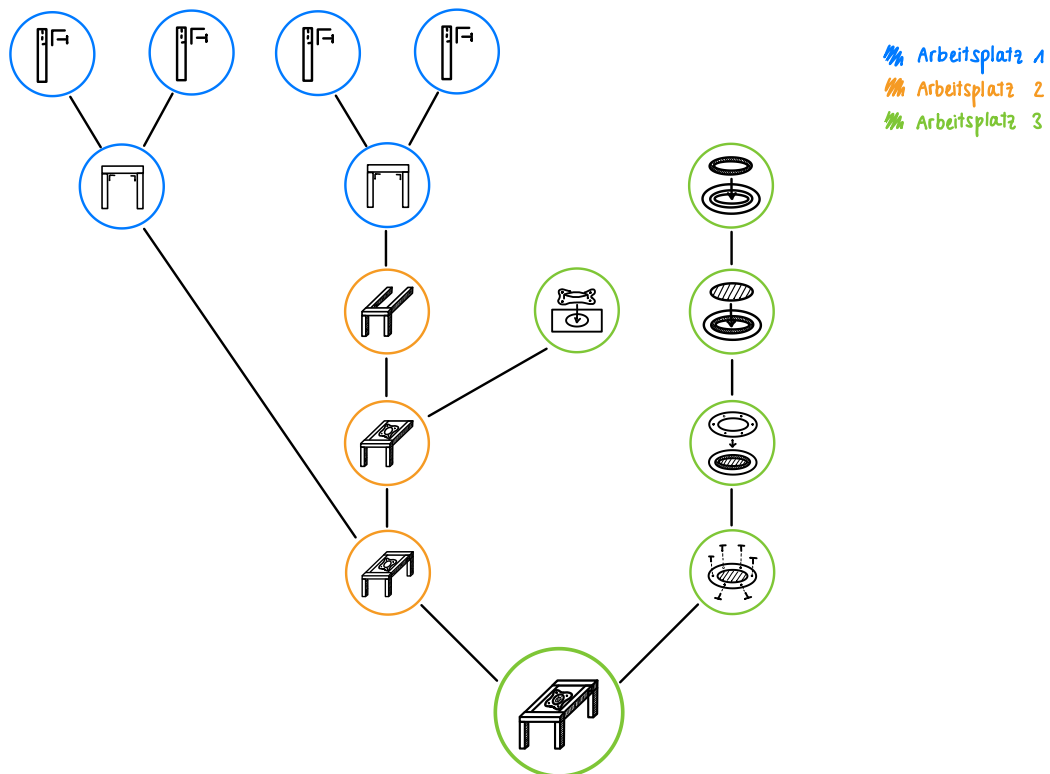


Abbildung 10: Arbeitsablauf als Baumdiagramm

## Thema 8: Qualitätscheck mit Keyence-Kamera

Im letzten Teil des Praktikums haben wir uns mit Qualitätssicherung mithilfe einer KI-Kamera beschäftigt.

Im Theorieteil gab es zunächst eine Einführung in die Funktionsweise und Bedienung der Keyence-Kamera. Die Kamera, die wir im Nachhinein auch im Praxisteil der Übung genutzt haben, war eine Kamera der Modellreihe IV3 des Unternehmens Keyence. Als Software haben wir den IV3-Navigator genutzt.

Im Praxisteil sollten wir nun die Kamera so einstellen, dass sie Produktionsfehler wie fehlende Schrauben oder Verwendung der falschen LEDs erkennt. Außerdem sollte das Programm zwischen den verschiedenen Lampentypen unterscheiden können.

Der erste Schritt in der Konfiguration der KI-Kamera war die Auswahl des relevanten Bildbereichs der Kamera sowie der passenden Farbeinstellungen des Bildes, um die relevanten Bildbereiche möglichst gut erkennbar zu machen. Als nächstes haben wir ein Bild der Lampe als Master registriert. Der nächste Schritt war die Werkzeugeinstellung. Dort haben wir zuerst die Positionskorrektur eingestellt, jedoch zunächst nur den Umriss der Lampe. Außerdem haben wir zweimal das AI-Werkzeug genutzt, einmal um die Anzahl und das Vorhandensein der Schrauben zu überprüfen und einmal, um die richtige Anzahl der LEDs sicherzustellen. Um das AI-Werkzeug zu trainieren, mussten wir verschiedene Bilder von richtig gebauten und von fehlerhaften Lampen mit der Keyence-Kamera aufnehmen. Damit hatten wir die Einrichtung erstmal abgeschlossen. Dann haben wir getestet, ob fehlerhafte Lampen erfolgreich erkannt werden. Beim Testen ist uns aufgefallen, dass die falsche Anzahl an LEDs zuverlässig festgestellt wird, das Fehlen von Schrauben wurde jedoch nicht so sicher erkannt. Um nachzubessern haben wir zunächst weitere Fotos, die entweder OK (in Ordnung) oder NG (nicht in Ordnung) waren, hinzugefügt. Als dies auch keine nennenswerten Verbesserungen gebracht hat, haben wir noch einmal von vorne begonnen und dieses Mal bei der Positionskorrektur die Schrauben mit hinzugefügt, sodass die Lampe richtig ausgerichtet wird. Außerdem haben wir bei dem AI-Schritt, der die Schrauben erkennt, eine Maske so erstellt, dass nur die Schrauben berücksichtigt werden. Beim darauffolgenden erneuten Testen war die Erkennung der Schrauben immer noch nicht zuverlässig. Daraufhin haben wir noch so lange neue gelabelte Bilder hinzugefügt, bis die Fehler besser erkannt wurden.

Nachdem wir nun die Erkennung für den ersten Kamera Typ konfiguriert hatten, haben wir das Gleiche noch für die anderen Lampentypen gemacht. Außerdem sollte das Programm auch zwischen den verschiedenen Lampentypen unterscheiden können, also haben wir das daraufhin auch implementiert.

In unserem Montageprozess würde diese AI-Kamera wahrscheinlich keine großen Verbesserungen bei Qualität oder Geschwindigkeit bringen, da die Mängel, die die Kamera erkennt, auch sehr einfach von einer Person erkannt werden können und wir kein Fließband oder Ähnliches haben, womit wir die Qualitätskontrolle komplett automatisieren könnten. Außerdem hat die Erkennung von Fehlern wie fehlenden Schrauben nicht zuverlässig genug funktioniert, sodass die Nutzung einer AI-Kamera für uns nicht sinnvoll wäre.



## Abschließendes Fazit

Im Rahmen der Prüfung durchliefen wir als Abschluss des Praktikums erneut unseren Produktionsprozess. Wir vollendeten innerhalb der vorgegebenen halben Stunde acht der zehn Bestellungen und hatten die Produktion der verbleibenden zwei bereits in Teilschritten abgeschlossen. Auch die Qualität überzeugte uns, lediglich ein stellenweises Vergessen von Adaptern wäre vermeidbar gewesen.

Insgesamt steigerte sich die Effizienz der Produktion verglichen mit dem ersten Durchlauf am ersten Praktikumstag also enorm. Maßgeblich trugen hierzu die Entlastung von Arbeitsplatz 2, eine verbesserte Logistik und optimierte Arbeitsplatzgestaltung bei. Ebenfalls nicht zu unterschätzen ist aber auch die anfängliche Unkenntnis über den Herstellungsprozess: Diese verschlechterte den ersten Versuch ebenfalls. Mit unserem neu gewonnen Wissen der vergangenen zwei Wochen gelang es uns aber auch, Warte- und Liegezeiten fast vollständig zu verhindern, was auch unsere Wertstromkarte widerspiegelt. Dies zeigte sich auch im finalen Durchlauf, in dem die Produktionsreihe nie auf Bauteile warten musste, denn sowohl von Seiten der Logistik als auch von vorhergehenden Produktionsschritten trafen Produkte immer pünktlich ein. Es wurde folglich auf allen Arbeitsplätzen durchgearbeitet. Um die Effizienz noch weiter zu steigern, wären große strukturelle Änderungen notwendig. Man müsste die Logistik weiter entlasten und personell weitestgehend reduzieren sowie weitere Arbeitsplätze in den Bauprozess integrieren. Dies würde auch eine Umstrukturierung der gesamten Produktionskette bedeuten, da nun mehr Arbeitskräfte zur Verfügung stehen. Im Rahmen des Planspiels führten aber auch schon unsere Verbesserungen beziehungsweise die Vermeidung und Umstrukturierung kritischer Abschnitte bereits zu einer starken Steigerung der Effizienz.