

Diplomarbeit

Techniker HF Unternehmensprozesse



Arbeitsthema

Neubeschaffung oder Prozessoptimierung der Laserbeschriftungsanlage

Auftraggeber

Leandro Blandini
Jabil Switzerland Manufacturing GmbH
Muracherstrasse 3
2544 Bettlach
leandro_blandini@jabil.com
Tel.: +41 79 701 52 85

Abgabetermin

15. Mai 2023

Diplomandin

Kasandra Blatancic
Schimmelweg 21
4704 Niederbipp
b.kasandra@hotmail.com
Tel.: +41 76 801 14 97

Studienort

TEKO Schweizerische Fachschule
Belchenstrasse 90
4600 Olten

TEKO

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| 1. Management Summary | 5 |
| 2. Lebenslauf Qualifikationsprofil..... | 6 |
| 3. Initialisierung und Planung..... | 8 |
| 3.1 Vorstellung Unternehmen | 8 |
| 3.2 Jabil Schweiz | 8 |
| 3.3 Jabil Supply Chain Bettlach-Grenchen..... | 9 |
| 3.4 Richtlinien und Zertifizierung der Firma Jabil..... | 10 |
| 4. Projektrahmen | 11 |
| 4.1 Arbeitsthema | 11 |
| 4.2 Rahmenbedingungen..... | 11 |
| 4.3 Abgrenzung..... | 11 |
| 4.4 Vorgehensweise..... | 12 |
| 4.5 Erfolgskriterien und Endergebnisse | 12 |
| 4.6 Projektorganisation..... | 13 |
| 4.7 Projektablaufplanung..... | 13 |
| 4.8 Projektkosten..... | 14 |
| 4.9 Risikoanalyse..... | 15 |
| 5. Erläuterung Fertigungsprozess | 16 |
| 5.1 Prozess - Mechanischer Bereich | 16 |
| 5.2 Prozess - Vor Finish | 18 |
| 5.3 Prozess - Finish..... | 19 |
| 6. Vorstudie..... | 21 |
| 6.1 IST-Situationsanalyse | 21 |
| 6.2 Problembeschreibung..... | 21 |
| 6.3 Beschreibung Abteilung | 21 |
| 6.4 Beschreibung Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000 | 22 |
| 6.5 Hauptprozessablauf Laserbeschriften..... | 23 |
| 6.6 Daten der Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000 | 25 |
| 6.6.1 Potenziell maximale Auslastung inkl. Wartungszeit und Ausfallzeit..... | 25 |
| 6.6.2 Stillstände Anlage..... | 26 |
| 6.6.3 Effektive Anlagenkapazität..... | 26 |
| 6.6.4 Geplante und erreichte Absatzmenge der Laserbeschriftungsanlage | 26 |
| 6.6.5 Analyse Absatzerreichung 2021 | 27 |
| 6.6.6 Analyse Absatzerreichung 2022 | 27 |

6.6.7 Nachfrage nach den hergestellten Produkten 28

6.6.8 Vorstellung Nagel Produkte 29

6.6.9 Backorder Kosten 30

6.7 SWOT-Analyse IST-Situation..... 31

 6.7.1 Fazit SWOT-Analyse IST-Situation 31

7. Projektziele 32

7.1 Endergebnisse und Erfolgskriterien Projektziel..... 32

8. Hauptstudie 33

8.1 Lösungssuche 33

9. Variante 1: Prozessoptimierung der bestehenden Laserbeschriftungsanlage 34

9.1 Vor- und Nachteile Variante 1..... 34

9.2 Potenziell maximale Auslastung mit Variante 1 34

 9.2.1 Mehraufwand im 3-Schichtbetrieb 35

 9.2.2 Kosteneinsparung Variante 1 35

9.3 Aufwand und Kosten Variante 1 36

9.4 Pay-Back Variante 1 36

9.5 SWOT-Analyse Variante 1 37

 9.5.1 Fazit SWOT-Analyse Variante 1 37

9.6 Schlussfolgerung Variante 1..... 38

10. Variante 2: Neubeschaffung der Laserbeschriftungsanlage..... 39

10.1 Layout Variante 2 39

10.2 Vor- und Nachteile Variante 2..... 40

10.3 Potenziell maximale Auslastung mit Variante 2 40

 10.3.1 Mehraufwand zusätzliche Mitarbeiter Variante 2 41

 10.3.2 Kosteneinsparung Variante 2 41

10.4 Aufwand und Kosten Variante 2 42

10.5 Pay-Back Variante 2 42

10.6 SWOT-Analyse Variante 2 43

 10.6.1 Fazit SWOT-Analyse Variante 2 43

10.7 Schlussfolgerung Variante 2..... 43

11. Variante 3: Interne Ausweichmöglichkeit Instrumenten Abteilung 44

11.1 Prozessablauf Variante 3..... 44

11.2 Vor- und Nachteile Variante 3..... 45

11.3 Potenziell maximale Auslastung mit Variante 3 45

11.4 Mehraufwand zusätzliche Mitarbeiter Variante 3 46

11.5 Aufwand und Kosten Variante 3 46

11.6 SWOT-Analyse Variante 3 47

 11.6.1 Fazit SWOT-Analyse Variante 3 47

11.7 Schlussfolgerung Variante 3..... 47

12. Bewertung der Lösung 48

12.1 Präferenzmatrix 48

12.2 Nutzwertanalyse 48

12.3 Entscheidung, Begründung und Empfehlung..... 49

13. Projektabschluss 50

13.1 IST-Projektlaufplanung 50

13.2 Projektcontrolling 51

13.3 Zielcontrolling 51

13.4 Schlusswort..... 52

14. Reflexion 53

14.1 Lessons learned..... 53

14.2 Danksagung..... 53

15. Selbstständigkeitserklärung 54

16. Anhang..... 55

16.1 Abkürzungsverzeichnis..... 55

16.2 Abbildungsverzeichnis..... 55

16.3 Tabellenverzeichnis..... 56

16.4 Literaturverzeichnis..... 58

16.6 Pflichtenheft 59

16.6 Angebot Trumpf Laserkopf 69

16.7 Angebot Laserbeschriftungsanlage TruMark Station 5000 mit Ersatz 72

1. Management Summary

Die Abteilung Nails Finish im Jabil Werk in Bettlach ist derzeit mit nur einer Laserbeschriftungsanlage nicht in der Lage, den steigenden Bedarf für die nächsten Jahre zu decken. Die Entscheidung, die identische zweite Anlage zu verschrotten, wurde aufgrund von häufigen Ausfallzeiten und unzureichender Leistung der Anlage getroffen. Es ist wichtig zu beachten, dass die Bedürfnisse der Abteilung Nails Finish in Bezug auf die Anzahl der Teile, die beschriftet werden müssen, gestiegen sind und dass eine Anlage allein nicht ausreichend ist, um den Bedarf zu decken. Daher wurde eine gründliche Analyse der aktuellen Bedürfnisse der Abteilung durchgeführt und die Optionen für den Kauf einer neuen Laserbeschriftungsanlage oder eine Prozessoptimierung in Betracht gezogen, um sicherzustellen, dass der Bedarf der Abteilung langfristig gedeckt werden kann. Es ist auch wichtig, sicherzustellen, dass die neue Anlage über eine ausreichende Leistung verfügt und mit modernen Sensoren und Achsen ausgestattet ist, um Ausfallzeiten zu minimieren und die Anlagenstabilität zu gewährleisten. Um dem Risiko einer schwachen Laserleistung auch auf der aktuellen Anlage vorzubeugen, ist entweder eine Prozessoptimierung oder eine Neubeschaffung erforderlich. Dazu wurden folgende drei Varianten erstellt, welche analysiert und bewertet wurden:

- **Variante 1:** Prozessoptimierung der bestehenden Laserbeschriftungsanlage
- **Variante 2:** Neubeschaffung der Laserbeschriftungsanlage
- **Variante 3:** Interne Ausweichmöglichkeit Instrumenten Abteilung

Diese Varianten gehen ganz gezielt auf die vom Management angegebenen Ziele ein:

Quantitative Ziele

- Produktivität steigern bis 31.12.2023
- Kapazitätserweiterung um 40 %
- Ausfallzeit verhindern bis 31.12.2023

Qualitative Ziele

- Anlagestabilität gewährleisten
- Produktqualität beibehalten
- Arbeitsbelastung der Mitarbeiter reduzieren

Empfehlung

Nach weiteren Analysen und Bewertungen wurde festgestellt, dass die Variante 2: Neubeschaffung der Laserbeschriftungsanlage, die geeignetste und nachhaltigste Lösung darstellt.

- Gesamtkosten der Variante 2: **CHF 133'230.-**
- Kapazitätserweiterung: **52 %**
- Jährliche Kosteneinsparung: **CHF 69'000.-**
- Pay-Back: **1.93 Jahre**

Ausblick

Für den weiteren Verlauf des Projekts muss nun die Entscheidung des Auftraggebers und des Managements abgewartet werden. Danach kann auf Grundlage des Angebots ein Kaufvertrag abgeschlossen werden. Durch dieses Projekt sind die Grundlagen für einen Maschinenkauf geschaffen worden und die Notwendigkeit konnte noch einmal deutlich aufgezeigt werden.

2. Lebenslauf | Qualifikationsprofil

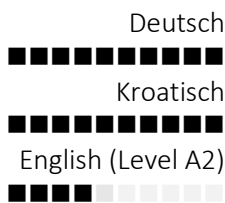


Kasandra Blatancic

PERSÖNLICHE DATEN

Geb.: 14.01.1997
Schimmelweg 21
4704 Niederbipp
+41 76 801 14 97
b.kasandra@hotmail.com

SPRACHEN



IT-KENNTNISSE
MS-Office Programme
(Word, Excel,
PowerPoint, Outlook)
Agile
SAP



BERUFSERFAHRUNG

01/2022 – heute

Manufacturing Engineer I

Jabil Switzerland Manufacturing GmbH, Bettlach

- Erstellen und Pflegen des Artikelstammes
- Festlegen des Produktionsablaufs/Produktionsprozesses
- Bereitstellen und Optimierung der Fertigungsunterlagen
- Erstellen und Ändern der Fertigungsdokumente: Arbeitsplan und Arbeitsanweisungen
- Sicherstellung der Produkte-Fertigung unter den Gesichtspunkten der Funktion, Qualität und Wirtschaftlichkeit
- Projektleitung von bereichsinternen Projekten oder Mitarbeit bei Projekten
- Bearbeitung von Fehlermeldungen, NCs
- Teilnahme an Optimierungsprojekten im Rahmen von KVP
- Anwenden von Lean - Methoden
- Optimierung von Produktionsabläufen und -prozessen unter Berücksichtigung der vorgegebenen Bestimmungen
- Untersuchung von Abweichungen und Ursachenanalyse und korrekativer Massnahmen einleiten
- Erstellung von qualitätsbezogenen Dokumenten
- Planung und Durchführung der notwendigen Aktivitäten für die Qualifizierung / Validierung von Maschinen und Prozessen in der Produktion
- Erstellung der zur Qualifizierung / Validierung erforderlichen Dokumente in Zusammenarbeit mit der Produktion, Instandhaltung, Quality Engineering
- Mitwirkung bei der Planung und Umsetzung von Korrekturmaßnahmen von Qualifizierungen / Validierungen
- Lenkung und Pflege der für die Qualifizierung / Validierung relevanten Dokumente im vorhandenen PLM-System
- Unterstützung von Prozessparameter und Durchführen der Prozessvalidierung von IQ, OQ, PQ und TMV
- Kennen und Befolgen der Richtlinien bezüglich Verhaltenskodex, Ethik- und Compliance-Programmen sowie anderer relevanter Regelungen

08/2015 – 01/2022

CNC-Produktionsmechanikerin

Depuy Synthes, Bettlach

- Einrichten und Bedienen von CNC-Maschinen
- Fortlaufende Verbesserung und Einhaltung des Qualitätsmanagements
- Vollständiges und fehlerfreies Ausfüllen der Produktionsunterlagen nach GDP (Good-Documentation-Practice)
- Kontinuierliche Schulungen bezüglich Ethik- und Complianceprogramme



AUSBILDUNG

04/2020 – heute

Technikerin Unternehmensprozesse HF
TEKO Olten

08/2012 – 07/2015

Produktionsmechanikerin EFZ
Depuy Synthes, Bettlach

3. Initialisierung und Planung

3.1 Vorstellung Unternehmen

Jabil ist ein US-amerikanisches Unternehmen und wurde 1966 in Detroit gegründet. Damals spezialisierte sich das Unternehmen auf die Herstellung von Leiterplatten. Da die Firma Jabil viele Grossaufträge von Grossunternehmen übernehmen konnte, hat sie sich inzwischen als Fertigungsdienstleister für elektronische Bauteile etabliert. Das Unternehmen beschäftigt weltweit rund 260.000 Mitarbeiter und ist an mehr als 100 Standorten tätig. In den letzten Jahren hat Jabil z.B. elektronische Komponenten an die Automobil-, Transport-, Kommunikations-, Militär-, Luft- und Raumfahrtindustrie usw. geliefert. Dadurch hat das Unternehmen auch Fachwissen in der Auftragsfertigung erworben, was ihm einen Vertrag – die sogenannte strategische Zusammenarbeit – mit Johnson & Johnson und die Übernahme aller Produktionsstätten von DePuy Synthes in der Schweiz einbrachte. Dies bedeutet, dass Jabil nun medizinische Produkte in der Schweiz herstellt und Johnson & Johnson diese unter demselben Namen verkauft.¹



Abbildung 1: Jabil Standorte weltweit

3.2 Jabil Schweiz

In der Schweiz verfügt das Unternehmen über sieben Produktionsstätten an den folgenden Standorten: Bettlach, Grenchen, Le Locle, Mezzovico, Raron, Hägendorf und Balsthal. An diesen Standorten werden Implantate, Biomaterialien und Instrumente entwickelt und produziert. Die medizinischen Produkte von Jabil sind in den folgenden Kategorien unterteilt: Traumatologie, Wirbelsäulenchirurgie, Cranio-Maxillofazial-Chirurgie, Elektrowerkzeuge sowie Biomaterialien.²

¹ Jabil.com

² Jabil.com



Abbildung 2: Produkte der Firma Jabil

3.3 Jabil Supply Chain Bettlach-Grenchen

Da die Produktionswerke in Bettlach und Grenchen nicht weit voneinander entfernt sind, werden sie vom gleichen Werksleiter geführt. Auch Servicefunktionen wie Logistik, Finanzen, IT (Information Technology), Wartung usw. werden gemeinsam wahrgenommen, was eine optimale Nutzung der Personalressourcen ermöglicht. Das Jabil-Werk in Grenchen ist auf Schraubenimplantate und das Werk in Bettlach auf Instrumente, Knochenbohrer und verschiedene Nagelsysteme spezialisiert. Die Produktionslinien im Werk Bettlach sind nach der Lean-Philosophie in Zellen organisiert, was eine optimale Nutzung der Maschinen und der menschlichen Ressourcen ermöglicht.

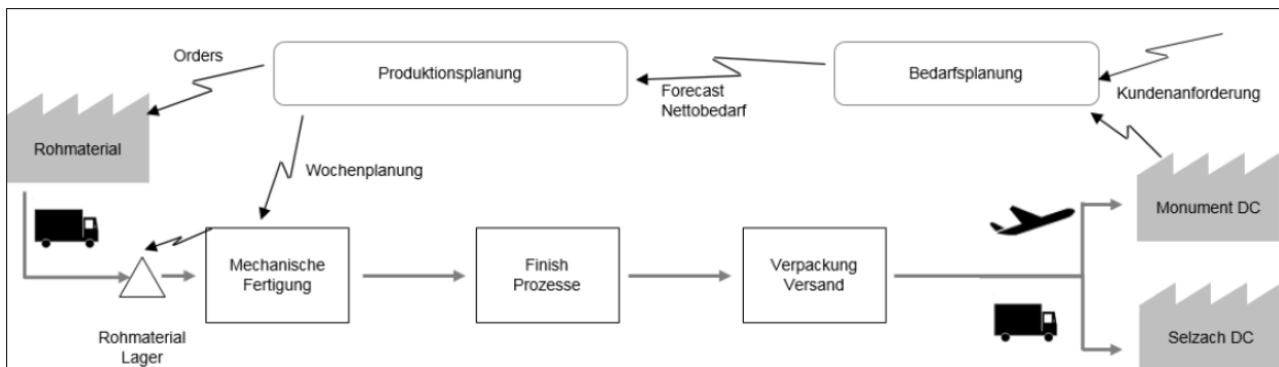


Abbildung 3: Jabil Supply Chain

Die Produktion wird durch den Kunden gesteuert, so dass kein Fertigungsauftrag (FAUF) durch die Planung ausgelöst wird, bevor ein Kundenauftrag im SAP-System existiert. Unsere Kunden sind die Johnson & Johnson-Lager in Selzach und Monument (USA). Basierend auf den Kundenanforderungen wird auch die Produktionsplanung durchgeführt und das Rohmaterial bestellt. Die Produkte durchlaufen die mechanische Fertigung, dann die Endfertigung und schliesslich werden sie steril verpackt und täglich nach Selzach gesendet. Von dort aus werden die medizinischen Produkte an Spitäler in der ganzen Welt versendet.

3.4 Richtlinien und Zertifizierung der Firma Jabil

Bei Jabil werden die Qualitätsrichtlinien streng eingehalten, um weltweit gute und hochwertige Produkte zu verkaufen. Die Einhaltung und Durchsetzung von Qualitätsrichtlinien ermöglicht uns den Zugang zu weltweiten Märkten und schafft Vertrauen bei Kunden und Patienten, die unsere Produkte kaufen. Die Jabil Company und ihr QM werden von externen Auditoren geprüft und zertifiziert.

ISO-Zertifizierung:

- **ISO 9001 Qualitätsmanagement** – Mindestanforderung an ein QM-System
- **ISO 13485 Medizinprodukte** – repräsentieren Herstellung von Medizinprodukten
- **ISO 14001 Umweltmanagement** – legt Anforderungen an die Umweltmanagementsystem fest

Ausländische Zulassungsbehörde:

- **FDA** – Food and Drug Administration (USA)
- **ANVISA** – Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (Brasilien)
- **PMDA** – Pharmaceutical Medical Device Agency (Japan)
- **TÜV SÜD** – Zertifizierungsgesellschaft
- **MHLW** – Ministry of Health, Labor, and Welfare
- **TGA** – Therapeutic Goods Administration

Allgemeine Richtlinien:

- **GDP** – Good Documentation Practice
- **GMP** – Good Manufacturing Practice
- **Lean Six Sigma Management** – Methode zur Prozessverbesserung

4. Projektrahmen

4.1 Arbeitsthema

Ziel der Arbeit war zunächst die Entwicklung von drei Vorschlagsvarianten: Prozessoptimierung, Anpassung der Anlage oder Neuanschaffung der Laserbeschriftungsanlage in der Abteilung Nails Finish der Firma Jabil Manufacturing GmbH in Bettlach. Dabei ist es wichtig, das Kapazitätswolumen zu erhöhen, um der höheren Nachfrage der nächsten Jahre gerecht zu werden und das Risiko einer schwachen Laserleistung auch auf der aktuellen Anlage zu vermeiden.

4.2 Rahmenbedingungen

Nach Rücksprache mit dem Auftraggeber sind die folgenden Bedingungen zu beachten:

- Das laufende Tagesgeschäft darf nicht eingeschränkt werden
- Die hohe Produktqualität muss beibehalten werden
- Bei Investitionen müssen die Jabil internen Richtlinien beachtet werden
- Die Zusammenarbeit der Arbeitskollegen muss gewährleistet sein

4.3 Abgrenzung

Das Projekt bezieht sich auf eine Prozessoptimierung im Finish-Bereich "Laserbeschriftung". Die Produktion erfolgt über mehrere Maschinen und Bereiche, gefolgt vom Vor-Finish und anschliessend dem Finish-Bereich. Das Nail-System besteht aus folgenden Komponenten: Nagel, Klingen, End Caps, Hülsen und Schrauben. Ich beziehe mich nur auf die Nagel-Produkte, weil diese die höhere Nachfrage haben. Die Berücksichtigung der nachfolgenden Prozesse ist nicht Gegenstand dieses Projekts.

Prozessschritte:

- Mechanischer Bereich – Produktion
- Vor-Finish
- Finish
- Losfreigabe

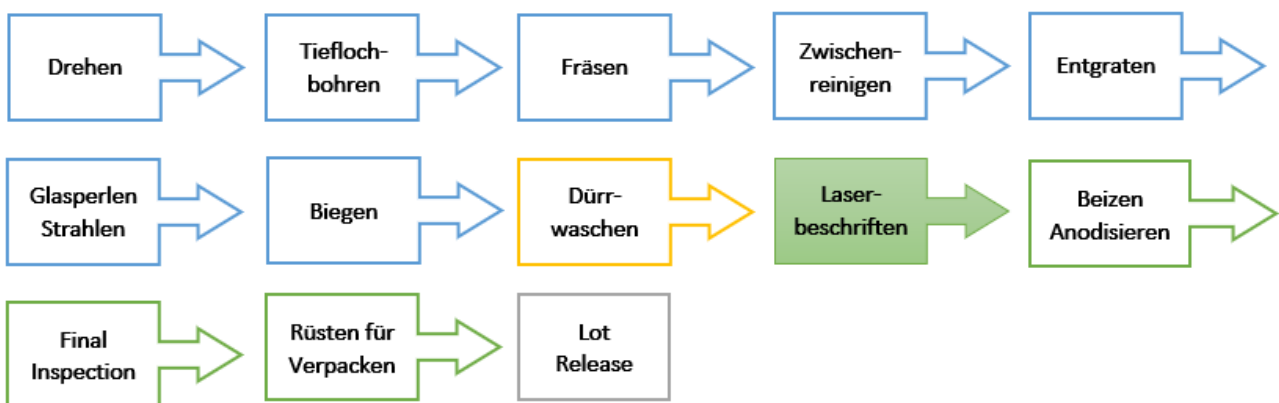


Abbildung 4: Prozessschritte

4.4 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise ist in 5 Phasen gegliedert. Die Schritte sind in den einzelnen Phasen ersichtlich.

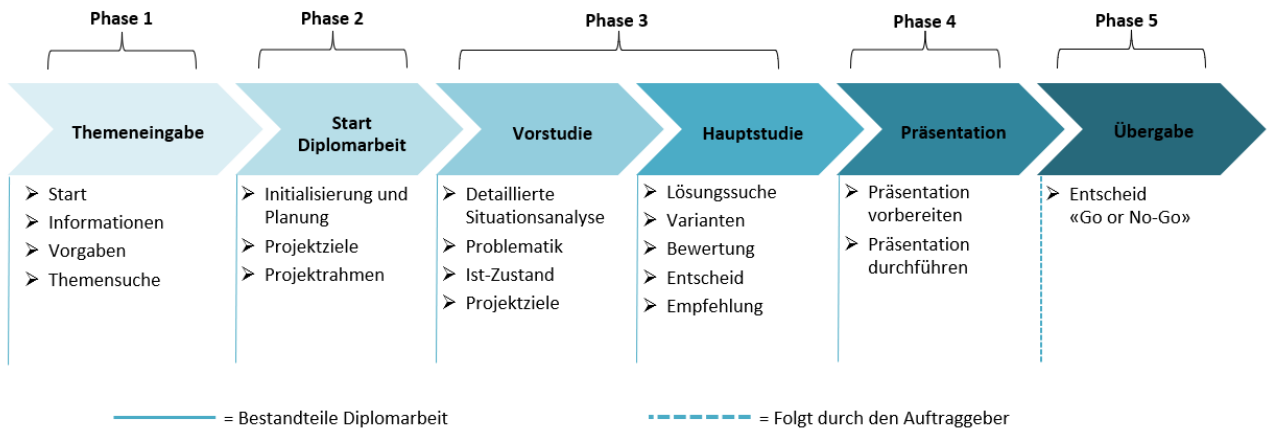


Abbildung 5: Vorgehensweise

4.5 Erfolgskriterien und Endergebnisse

| Meilenstein | Endergebnisse | Erfolgskriterien |
|-------------|---------------------------|--|
| 1 | Themeneingabe | Zu Beginn dieser Phase war ich auf der Suche nach einem Thema für meine Abschlussarbeit. Gemeinsam mit meinem Vorgesetzten habe ich mir einige Themen herausgesucht. Da das Projekt des Laser-Beschriftungssystems schon seit einiger Zeit ein Thema war, beschloss ich, dieses Projekt in Angriff zu nehmen. |
| 2 | Start Diplomarbeit | Um das Projekt erfolgreich durchführen zu können, wurde in dieser Phase die Beteiligung weiterer Projektmitglieder vereinbart. Nachdem die Ist-Situation und die Probleme besprochen wurden, werden gemeinsam im Team die Rahmenbedingungen festgelegt. Ebenfalls wird in der Phase "Initialisierung und Planung" das Unternehmen beschrieben. |
| 3 | Vorstudie und Hauptstudie | In dieser Phase werden die aktuelle Situation und die Probleme im Detail analysiert und erläutert. Gleichzeitig werden mit verschiedenen Methoden optimale Lösungen gesucht und bewertet. Nach Abschluss der Bewertung wird dem Unternehmen das beste Ergebnis empfohlen. |
| 4 | Präsentation | In der vierten Phase wird die Präsentation vorbereitet und die Ergebnisse werden vorgestellt. |
| 5 | Übergabe | Am Ende wird dem Management eine Empfehlung vorgelegt, die aufzeigt, welche der Lösungen umgesetzt werden kann. |

Tabelle 1: Erfolgskriterien und Endergebnisse

4.6 Projektorganisation

In der Projektorganisation sind die erforderlichen Funktionen des Projektteams aufgeführt, die zum Erfolg dieses Projekts führen sollen.

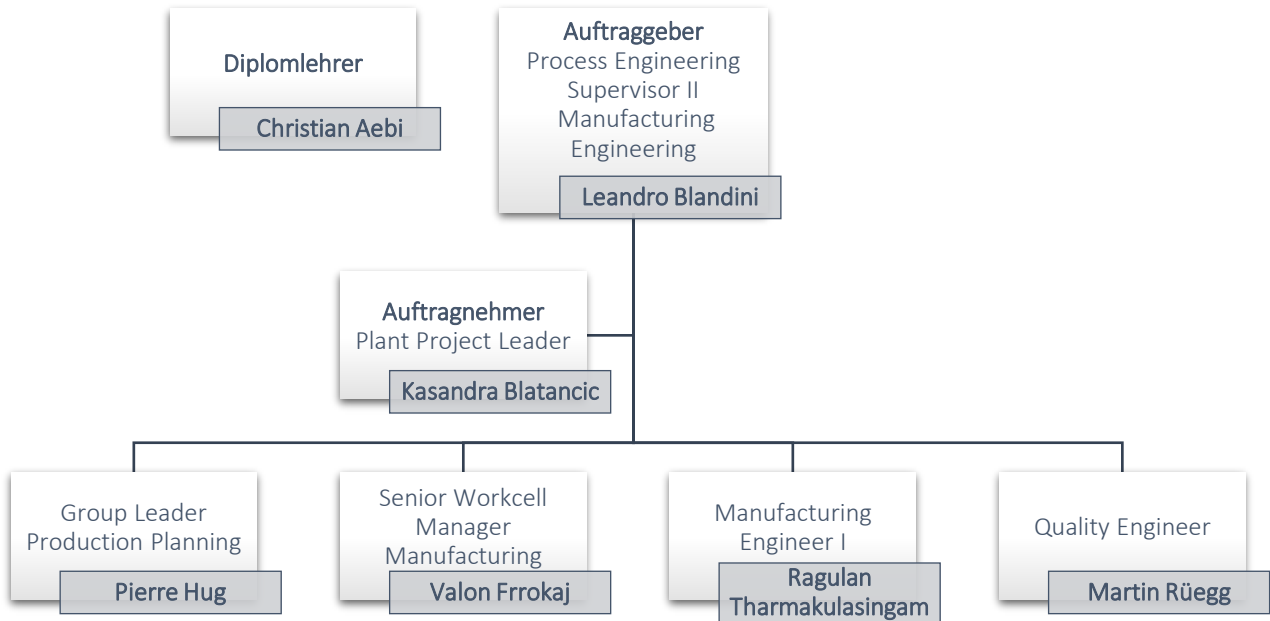


Abbildung 6: Projektteam

4.7 Projektablaufplanung

Der Projektplan dient dazu, zu überblicken, zu welchem Zeitpunkt welcher Schritt entwickelt wurde. Der Zeitplan dient auch zur Überwachung der einzelnen Prozesse und der vorgegebenen Zeit. Falls die vorgegebenen Termine nicht eingehalten werden können, müssen sie in Meetings besprochen werden. Gegebenenfalls müssen dann auch entsprechende Massnahmen eingeleitet werden, damit der Endtermin eingehalten werden kann. Die Meilensteine wurden ebenfalls festgelegt und zusätzlich noch eine Reservezeit eingeplant, falls es zu unerwarteten Umständen kommen sollte.

| Monate | | Terminplan | | Januar | | | | Februar | | | | März | | | | April | | | | Mai | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|------------|------------|--------|----|----|----|---------|----|----|----|------|----|----|----|-------|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| Kalenderwoche 2023 | | | | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | KW | | |
| Tätigkeiten | | Start | Ende | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Themeneingabe | Phase 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Informationen/Vorgaben Diplomarbeit | 24.10.2022 | 26.10.2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Themensuche | 02.01.2023 | 27.01.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Themenabgabe | - | 03.02.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Start Diplomarbeit | Phase 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Zieldefinierung | 03.04.2023 | 06.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | IST-Situationsanalyse | 07.04.2023 | 14.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Problematik | 07.04.2023 | 14.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projektziele | 12.04.2023 | 14.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projektrahmen | 12.04.2023 | 14.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vorstudie & Hauptstudie | Phase 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Detaillierte Situationsanalyse | 17.04.2023 | 22.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projektziele | 17.04.2023 | 22.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lösungssuche | 24.04.2023 | 25.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Variantenbildung 1 | 26.04.2023 | 03.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Variantenbildung 2 | 26.04.2023 | 03.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Variantenbildung 3 | 26.04.2023 | 03.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vergleich der Varianten | 04.05.2023 | 05.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projektabschluss | 06.05.2023 | 08.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projektcontrolling | 06.05.2023 | 08.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reserve | 08.05.2023 | 14.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Präsentation | Phase 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Definition Präsentationsinhalt | 10.05.2023 | 14.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vorbereiten Präsentation | 10.05.2023 | 14.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Übergabe | Phase 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Abgabe Diplomarbeit | - | 15.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 7: Projekttablaufplanung

4.8 Projektkosten

In der folgenden Tabelle sind die groben Projektkosten für das Projektkernteam aufgeführt. Die geschätzten Kosten des Projekts belaufen sich auf rund CHF 31'300.-.

| Funktion | Stunden | Stundensatz | Total in CHF |
|---------------------------------------|---------|-------------|----------------------|
| Plant Project Leader | 200 | 100 | 20'000 |
| Senior Workcell Manager Manufacturing | 20 | 150 | 3'000 |
| Group Leader Production Planning | 10 | 120 | 1'200 |
| Process Engineering Supervisor | 30 | 100 | 3'000 |
| Quality Engineer | 10 | 90 | 900 |
| Manufacturing Engineer | 40 | 80 | 3'200 |
| Kosten Total: | | | <u>31'300</u> |

Tabelle 2: Projektkosten

4.9 Risikoanalyse

Ziel der Risikoanalyse ist es, Risiken in einem frühen Stadium zu erkennen. Je detaillierter eine Analyse durchgeführt wird, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, von Risiken überrascht zu werden. Die möglichen Auswirkungen und die Wahrscheinlichkeit des Eintretens werden in der Tabelle aufgelistet und nach dem Wahrscheinlichkeits- und Auswirkungsraster bewertet. Darauf folgt eine Auswertung der Risikoanalyse.

Risikoeinstufung:

| | | |
|-------------|------------|----------|
| 1 = niedrig | 2 = mittel | 3 = hoch |
|-------------|------------|----------|

A = Auswirkungsgrad | E = Eintrittswahrscheinlichkeit

| Risiken | Problembeschreibung | A | E | Massnahmen |
|--------------------------|---|---|---|---|
| Finanzen | Die Kosten sind zu hoch | 2 | 2 | Die Kosten sollten von Anfang an so niedrig wie möglich gehalten werden |
| Terminplan | Meilensteine werden verspätet erreicht | 3 | 2 | Anpassung der Terminplanung sofern erforderlich |
| Umsetzung | Durchführung aufgrund eines unvorhersehbaren Ereignisses bei Einhaltung der Frist nicht möglich | 3 | 1 | Frühzeitig planen |
| Ausfall von Mitarbeitern | Ausfall von Mitarbeitern (Krankheiten, berufliche Veränderung) | 2 | 1 | Keine 100 % Auslastung der Mitarbeiter bei der Planung |
| Geringe Ressourcen | Abgestimmte Ressourcen stehen nicht zur Verfügung | 3 | 1 | Verteilung der Aufgaben an andere Mitarbeiter |
| Mangelnde Kommunikation | Kommunikation von Problemen, obwohl bereits Auswirkung im Projektteam zu bemerken sind. | 2 | 1 | Sensibilisierung von Mitarbeiter |
| Fehlende Dokumentation | Projektdokumentation hat nicht die erforderliche Qualität und ist nicht ausreichend dokumentiert. | 2 | 1 | Aufsetzung von Massnahmen zur Nachdokumentation |

Tabelle 3: Risikoanalyse

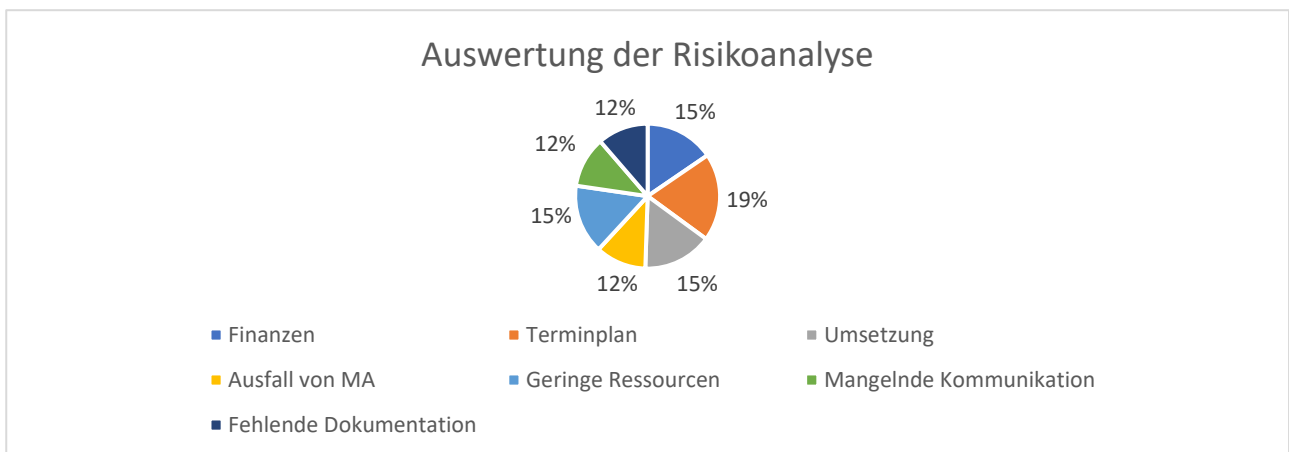


Abbildung 8: Auswertung Risikoanalyse

5. Erläuterung Fertigungsprozess

Zunächst werden alle Schritte vor und nach dem Hauptprozess kurz beschrieben und der gesamte Produktionsablauf des Nagels kurz erläutert. Wie bereits in der Abgrenzung, Kapitel 4.3 zu erkennen ist, durchläuft der Fertigungsprozess 12 Schritte bis zur Losfreigabe. Neben den Nägeln werden auch Klingen, Endcaps, Hülsen und Schrauben hergestellt, die zusätzliche Komponenten für ein Nagel System darstellen. Diese werden bei dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

In der Nails Abteilung wird ausschliesslich Titan (Ti6AL4V und TiAL6NB7) verwendet. Folgende Nagel-Produktportfolio werden hergestellt: PFNA, PFNA-Long, Recon Nail und Tibia Nail. Diese unterscheiden sich durch die Länge, den Durchmesser und die Langlöcher.

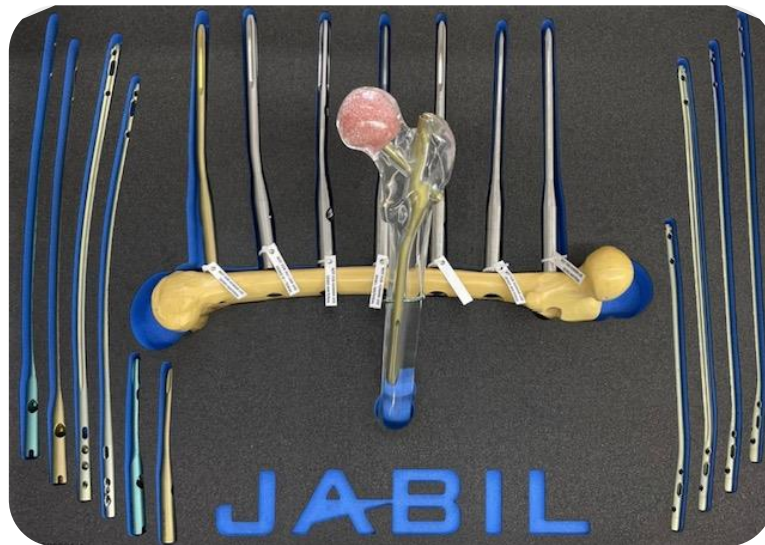


Abbildung 9: Nails Produkte

5.1 Prozess - Mechanischer Bereich

Im Bereich der mechanischen Produktion werden die Arbeitsschritte Drehen, Bohren, Fräsen, Zwischenreinigen, Entgraten, Strahlen und Biegen in Kürze erläutert.

Drehen

Nach der Aufbereitung des Rohmaterials werden alle Dokumente geprüft. FAUF, Zeichnungen, PA und andere für die Produktion relevante Identifikationsdokumente müssen aktuell sein und den neuesten Index aufweisen, damit das Produktionspersonal korrekte Teile herstellen kann. Die innerbetrieblichen Qualitätsstandards GDP und GMP müssen eingehalten werden. Gleichzeitig werden auch alle Messmittel und Prüfmittel vorbereitet. Nachdem das Programm vom FAUF auf die Maschine geladen wurde, wird das erste Teil gefertigt. Um sicherzustellen, dass alles richtig ausgeführt wird, wenden wir hier das 4-Augen-Prinzip an. Ein Bediener, der nicht am Einrichten der Maschine beteiligt war, muss die ESK durchführen und dokumentieren. Wenn alles in Ordnung ist, gibt der Bediener grünes Licht für die Serienproduktion. Danach ist wieder der Bediener, der die Maschine eingerichtet hat, für die Prozessausführung und die Qualität der Produkte verantwortlich.

Tieflochbohren

Bei diesem Verfahren werden nur Tieflochbohrungen vollzogen. Die TBT-Tieflochbohrmaschine ist CNC gesteuert und hat zwei Spindeln. Die Anlage funktioniert nach dem ELB-Verfahren. Werkzeug und Werkstück sind rotierend. Es können Tieflochbohrungen von 1 - 10 mm Durchmesser und einer maximalen Tiefe von 460 mm hergestellt werden. Die maximale Werkstücklänge beträgt 480 mm. Das Kühlschmiermittel wird im Inneren des Werkzeugs zugeführt. Die Anlage verfügt über verschiedene Sicherheitseinrichtungen zum Schutz des Bedieners und der Maschine.

Fräsen

Nach dem Durchbohren werden auf dieser Anlage die Bohr- und Fräsgeometrie bearbeitet. Das Bearbeitungszentrum wurde mit einem Teilapparat ausgestattet, so dass komplexe Werkstücke in einer Aufspannung gefertigt werden können. Diese Anlage wird zum Grooves- Fräsen, Langlochbohren und Bohren von Nägelprodukten eingesetzt.

Zwischenreinigen | Entgraten

Das Ultraschall-Reinigungssystem besteht aus Reinigungseinheit und Spülwanne mit Reinigungsprozess in zwei Kammern. Die von einem Ultraschallgenerator erzeugte Hochfrequenzenergie wird durch Schwingssysteme in mechanische Energie umgewandelt und auf die Badflüssigkeit übertragen. Ein Bedienfeld zur Steuerung der Gerätefunktionen ist integriert. Ein weiterer Vorteil, der sich aus dem Spülmodul ergibt, ist die Reinigung der Teile nach dem Fräsen, damit diese sauber entgratet werden können.

Grate sind scharfe Kanten oder Ausfransungen eines Werkstücks, die durch einen Bearbeitungs- oder Fertigungsprozess entstehen und eine Verletzungsgefahr darstellen können. Bei der mechanischen Bearbeitung, zum Beispiel bei Fräs- oder Drehteilen, bildet sich an Kanten durch Materialverdrängung ein Grat. Beim Entgraten handelt es sich um das Entfernen des Grats.

Glasperlenstrahlen

Mit der Sandmaster-Strahlanlage werden die Nägel entgratet und Bearbeitungsspuren, die bei der mechanischen Fertigung entstehen, durch das Strahlen weitgehend entfernt. Beim Glasperlenstrahlen muss Schutzausrüstung (Schutzbrille, Sicherheitsschuhe und Arbeitskleidung) getragen werden.

Biegen

Die Crippa 3D-Biegemaschine, ist eine automatische Biegepress-Anlage mit numerischer Steuerung. Auf der Crippa 3D-Biegemaschine werden Nägelprodukte (Implantate) mit dem entsprechenden CNC-Programm durch verschiedene Rollen und vordefiniertem Biegedruck gemäss Zeichnung gebogen. Die Anlage verfügt über verschiedene Sicherheitsvorrichtungen, wie Sicherheitsschranken, Fusspedal, Notschalter und Abdeckungen zum Schutz des Bedienpersonals und der Maschine.



Abbildung 10: Prozess - Mechanischer Bereich

5.2 Prozess - Vor Finish

Im Bereich vor dem Finish werden die Dürr-Wasch-, Kugelpolier- und Waschprozesse beschrieben. Dieser Bereich wird benötigt, um sicherzustellen, dass die Teile nach der Produktion sauber und ölfrei sind.

Dürr Waschen

Das Dürrwaschen ist ein Zwischenverfahren und dient dazu, die groben Ölrückstände aus der Produktion zu entfernen, bevor sie in die Endbehandlung gelangen. Dies ist besonders wichtig, damit kein Öl in die Endfertigung gelangt und somit die Bäder der Anlage kontaminiert.



Abbildung 11: Prozess - Vor Finish

5.3 Prozess - Finish

Zum Finish-Prozess gehören folgende Vorgänge: Laserbeschriften, Beizen/Anodisieren, Final Inspection und Rüsten für Verpacken. In diesem Prozess werden alle Endbearbeitungen durchgeführt.

Die Endbearbeitung ist in zwei Bereiche unterteilt. Der eine ist der Nassbereich und der andere ist der Trockenbereich. Beim Betreten des Finishes sind einige Richtlinien zu beachten. Da die Produkte in der Endfertigung durch chemische und elektrochemische Verfahren gereinigt werden, müssen alle Mitarbeiter und Besucher die folgenden Richtlinien einhalten:

- Make-Up entfernen, falls geschminkt
- Hände waschen und desinfizieren
- Kopfhaube anziehen - Haare komplett abdecken
- Bartschutz bei Männern
- Schuhsocken anziehen
- Mantel anziehen

Laserbeschriften

Die Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000, dient zum Beschriften von Implantaten mittels einem Laserstrahl. Die Laser Art bzw. der Laser ist ein diodengepumpter Festkörperlaser mit 1064nm Wellenlänge. Die Anlage ist als geschlossene Anlage konzipiert und erzeugt bei Betrieb gemäss Vorschrift Laserstrahlen der Klasse 1. Zur Strahlerzeugung werden gepulste Nd-YAG-Faserlaser (Neodym-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat-Laser) in einem Leistungsbereich bis 20W verwendet. Der erzeugte Laserstrahl ist unsichtbar (infraroter Bereich) und wird mit Hilfe eines Teleskops ausgeweitet. Der ausgeweitete Laserstrahl gelangt in den Scannerkopf (Ablenkeinheit), wo der Strahl entsprechend geführt wird. Die Strahlführung erfolgt durch Galvooptiken. Der Laserstrahl wird über rechnergesteuerte drehbare Spiegel, sog. Galvanospiegel, abgelenkt und mit Hilfe einer Fokussieroptik auf ein Werkstück fokussiert. Die Anlage verfügt über verschiedene Sicherheitsvorrichtungen zum Schutz des Bedienpersonals und der Maschine, wie etwa Türverriegelungsschalter, Notschalter, Laserabschaltsschlüssel, Klappen und Abdeckungen.

Beizen/Anodisieren

Der Gesamtprozess besteht aus den Einzelprozessen Beizen und Anodisieren. Das Beizen ist ein Anätzen der Oberfläche durch Säure, um eine oxidfreie und saubere Oberfläche als Vorbereitung für das Anodisieren zu bekommen. Das Anodisieren ist ein Prozess, bei dem der Artikel aus Titan oder einer Titanlegierung durch Tauchen in einen Elektrolyten (Säure) und durch das Anlegen einer elektrischen Spannung farblich verändert wird. Es bildet sich durch den Prozess auf der Oberfläche der Teile eine Titanoxidschicht, welche in ihrer Dicke variieren kann. Je nach Dicke dieser Schicht ergibt sich eine andere Farbe. Die gleiche Dicke der Oxidschicht ergibt immer die gleiche Farbe.

Final Inspection

Bei diesem Vorgang werden alle Teile nach unseren Richtlinien geprüft, wie zum Beispiel Durchmesser, Farbe oder Oberfläche. Das Visual Acceptance Standards Dokument dient als Entscheidungshilfe für die Mitarbeiter im Bereich Final Inspection.

Visuelle Kontrollen werden wie folgt durchgeführt:

- Betrachtungsdauer 15 Sekunden
- Betrachtungsabstand ca. 25 cm (Auge - Produkt). Markierungsfehler müssen bei einem Betrachtungsabstand von 20 bis 40 cm erkannt werden
- Lupe mit 2,5-facher Vergrößerung zur Prüfung auf Grate, Kratzer und Risse
- Prüfung auf Homogenität (Aussehen) der Oberfläche ohne Vergrößerung
- Ausreichende Beleuchtung am Arbeitsplatz (ca. 1.000 Lux), bei Verwendung einer beleuchteten Lupe (ca. 1.100 Lux)

Rüsten für Verpacken

Die Produkte werden einzeln in Beutel eingeschweisst und in Einwegblister gelegt. Die Einwegblister und die dazugehörigen Produktionsdokumente werden in einem Transportbehälter mit Deckel für das Lot Release bereitgestellt. Die unsterilen Produkte werden von Bettlach nach Selzach geliefert und anschliessend extern zum Steril verpacken weitergeleitet.



Abbildung 12: Prozess - Finish

6. Vorstudie

6.1 IST-Situationsanalyse

In der Abteilung Nails Finish ist derzeit nur eine Laserbeschriftungsanlage in Betrieb. Die identische zweite Anlage, die zur Verfügung stand, wurde verschrottet, weil sie häufig zu Ausfallzeiten führte. Grund: schwache Laserleistung, häufige Fehlermeldungen durch veraltete Sensoren und weniger verfügbare Achsen, das heißt es können weniger Teile beschriftet werden, da die Handhabung aufwendiger ist.

Um den höheren Bedarf der nächsten Jahre zu decken und dem Risiko einer schwachen Laserleistung auch auf der aktuellen Anlage vorzubeugen, werden Verbesserungsmöglichkeiten gesucht und das weitere Vorgehen festgelegt.

6.2 Problembeschreibung

Die Lesbarkeit der Beschriftung konnte nicht mehr gewährleistet werden. Die Laserleistung war zu niedrig – 95 % wurden nach der Kalibrierung erreicht, 96 %-104 % sollten aber erreicht werden. Die Leistungsangabe bezieht sich auf die thermische Energie des Lasers, das heißt, diese war um 1 % zu niedrig. Diese zu niedrige Laserleistung wirkte sich negativ auf die Produkte aus. Die zu geringe Wärmeenergie wirkte sich auf die Lesbarkeit der Markierung aus, da der Kontrast verringert wurde und die Markierung nicht gelesen werden konnte. Das lag daran, dass der Laserkopf das Ende seines Lebenszyklus erreicht hat und deshalb nicht mehr die geforderte Leistung gewährleisten konnte. Aus diesem Grund wurde die zweite Anlage verschrottet und so bleibt nur eine identische und etwa gleich alte Anlage zur Verfügung.

Die folgenden Probleme wurden nachgewiesen:

- Die Nachfrage der Nägelprodukten steigt für die nächsten Jahre
- Verschrottet: eine Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000
- Bestehend: eine Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000
- Bestehende Anlage: kann den Bedarf für die nächsten Jahre nicht decken
- Bestehende Anlage: keine X- und Y-Achse nur Z-Achse vorhanden → muss in zwei Aufspannungen aufgeteilt werden
- Zeitaufwendige Erstellung von CNC-Programmen mit den jeweiligen Freigabeprozeduren
- Das gesamte Beschriftungsfeld kann nicht genutzt werden → geringer Laserspektrum
- Beschriftungsfeld: 120x120mm → effektive Ausnutzung: 50x50mm
- Minimum Laserleistung → alte Laseranlage
- Keine Ausweichmöglichkeit bei Ausfällen

6.3 Beschreibung Abteilung

Der Grundriss zeigt die Abteilung Nägel im Erdgeschoss des Werks Bettlach. Der rot markierte Bereich ist die Finish-Abteilung, die in zwei Bereiche unterteilt ist: Nassfinish und Trockenfinish (Final Inspection). Im Nassfinish Bereich wird der Laserbeschriftungsprozess durchgeführt. Auf dem Layout sind die beiden Laserbeschriftungsanlagen 1 und 2 markiert.



Abbildung 13: Layout Abteilung Nails

- 1 = Laserbeschriftungsanlage: Trumpf TruMark Station 5000 (bestehend)
- 2 = Laserbeschriftungsanlage: Trumpf TruMark Station 5000 (verschrottet)

6.4 Beschreibung Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000

Die Laserbeschriftungsanlage TRUMPF TruMark Station 5000, ist ein serienmässiges Laserbeschriftungssystem des Herstellers TRUMPF, bestehend aus der Anlage TRUMPF TruMark Station 5000, der Software TRUMPF TruTops Mark und dem TruTops Mark - Module Interface (TTM - MI), dies ist eine konfigurierte Software für die Laserbeschriftungsmaschine. Die Anwendung wird zur Ausführung von CNC-Programmen für den Laserätzvorgang verwendet. Die geätzten Informationen beziehen sich ausschliesslich auf die Rückverfolgbarkeit von Produkten (zum Beispiel: Chargennummer, Artikel und zusätzliche Informationen). Das System dient zum Beschriften von Nägeln, Schrauben, Klingen, End Caps und Hülsen mit einem Laserstrahl.

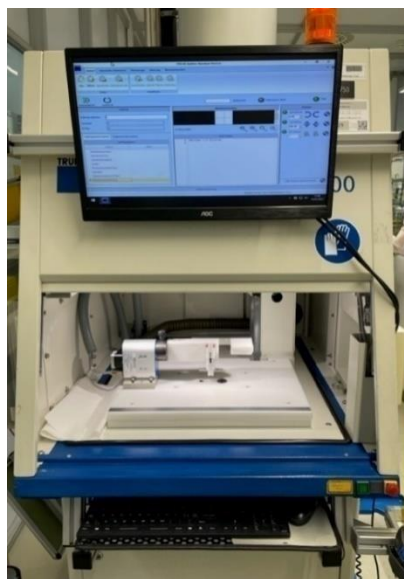
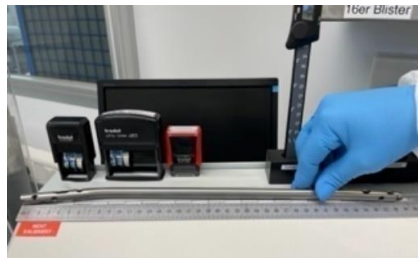
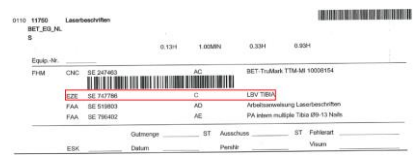
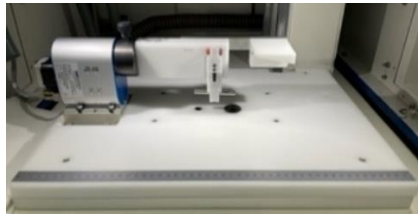

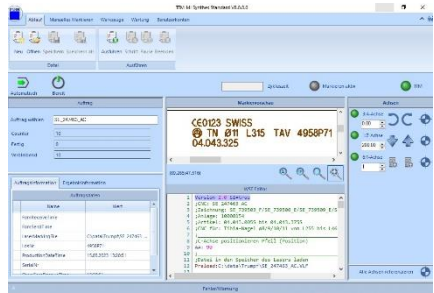
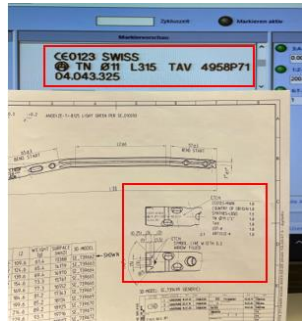
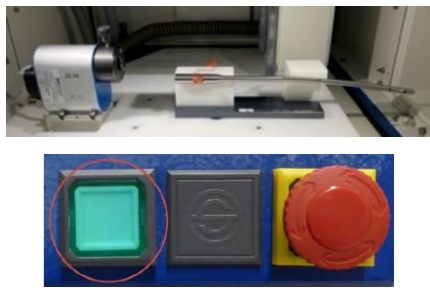
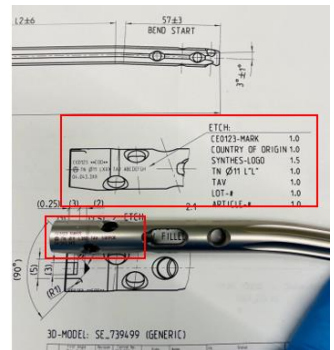




Abbildung 14: Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000

6.5 Hauptprozessablauf Laserbeschriften

Bevor eine Serie an den Arbeitsplatz genommen wird, ist sicherzustellen, dass von der vorherigen Serie nichts mehr am Arbeitsplatz vorhanden ist und somit Line Clearance eingehalten wird. Es ist daher wichtig, dass alle Mitarbeiter, die an der Herstellung beteiligt sind, geschult worden sind und sich strikt an die Verfahren halten, um die Sicherheit und Qualität der Produkte zu gewährleisten.

| Prozess | Erläuterung | Darstellung |
|---|--|---|
| Ident-Prüfung | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Es ist eine Ident-Prüfung durchzuführen ➤ Wenn es erforderlich ist, muss dies auch in der Prüfanweisung angegeben werden. |  |
| Arbeitsplatz vorbereiten | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Es muss die dazu passende Beschriftungsvorrichtung genommen und installiert werden. ➤ Die Beschriftungsvorrichtung ist im FAUF unter FHM ersichtlich |  |
| Beschriftungsvorrichtung einstellen | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Beschriftungsvorrichtung ist nach den Angaben im FAUF zu montieren. Es ist auch zu achten, dass die Vorrichtung waagrecht auf der Grundplatte in der Maschine aufliegt und sich nicht verkantet. |  |
| CNC-Laserbeschriftungsprogramm einlesen | <ul style="list-style-type: none"> ➤ SAP CCN Barcode - Laserbeschriftungsprogramm im FAUF beim Vorgang Laserbeschriften in das Feld „Programm“ in „Tru Tops Mark Module Interface“ einscannen“. |  |
| Programm laden | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Programm laden mit Enter bestätigen ➤ Wenn das CNC-Laserbeschriftungsprogramm von FDM geladen wurde, muss geprüft werden, ob die importierten Daten mit dem FAUF übereinstimmen. |  |

| | | |
|--|---|--|
| <p>Überprüfung der Beschriftung auf der Zeichnung mit dem Programm</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bevor das erste Teil beschriftet wird, muss der Abgleich der Beschriftungsdaten zwischen Bildschirm und Zeichnung gemacht werden. Erst wenn der Vergleich positiv war, darf das erste Teil beschriftet werden. |  |
| <p>Erstes Teil beschriften</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Es ist das erste Teil in die Maschine zu legen ➤ Um den Beschriftungsprozess zu starten ist der grüne Knopf an der Anlage zu betätigen. |  |
| <p>Beschriftung kontrollieren</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Beschriftung des ersten Teils ist nach Korrektheit zu überprüfen. Daten dazu sind auf dem FAUF und der Zeichnung ersichtlich |  |
| <p>Erststückprüfung einholen</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nachdem das erste Teil beschriftet und kontrolliert worden ist, ist die ESK von einer befähigten Person einzuholen. ➤ Die Erststückkontrolle ist im FAUF und in der FAA-PA bei ESK von derjenigen Person, welche die Erststückkontrolle durchgeführt hat, zu dokumentieren. Dies wird mit Datum, Personalnummer und Visum gemacht. |  |
| <p>Erststück separieren</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Das Erststück muss speziell gekennzeichnet und separat von der Serie aufbewahrt werden. |  |


| | | |
|------------------------------|--|---|
| <p>Ende des Beschriftens</p> | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nachdem die Teile beschriftet worden sind, muss die Personalnummer, die Stückzahl und das Visum im FAUF vom Prozessüberwacher eingetragen und die FAA-PA komplett ausgefüllt werden. ➤ Erst wenn alle Dokumente ausgefüllt sind, kann der komplette Auftrag an die nächste Stelle weitergegeben werden. |  |
|------------------------------|--|---|

Tabelle 4: Hauptprozessablauf Laserbeschriften

Während des Beschriftens:

- **1 Stück Fluss:**
 - Immer nur 1 Stück bearbeiten bzw. handhaben
 - Alle weiteren Teile befinden sich in den dafür vorgesehenen Behältern
- **Prozessablauf:**
 - Teil wird aus dem Behälter mit unbearbeiteter Ware genommen
 - Beschriftung des Teiles
 - Ablegen des Teiles in dem Behälter für bearbeitete Teile
- **Merken:**
 - Sobald die Arbeit an einem Teil begonnen wurde, muss die Arbeit beendet werden!
 - Bevor die Arbeit am aktuellen Teil nicht beendet wurde, müssen alle anderen Anfragen warten!

6.6 Daten der Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000

6.6.1 Potenziell maximale Auslastung inkl. Wartungszeit und Ausfallzeit

Aus dieser Tabelle ist zu entnehmen, wie die maximale Auslastung des Laserbeschriftungssystems Trumpf TruMark Station 5000 unter Berücksichtigung der Wartungszeit und der Ausfallzeit berechnet wurde. Die Wartungszeiten beziehen sich auf die Wartung, die einmal im Monat durchgeführt wird und ca. 30 Minuten dauert. Da an den Wochenenden die Anlage abgestellt ist, dauert daher die Aufwärmzeit der Anlage montags 20 Minuten. Ausserdem wird die Anlage freitags gereinigt und auch das nimmt ca. 15 Minuten Zeit in Anspruch. Die Laufzeit der Laserbeschriftungsanlage ist auch noch abhängig vom Mitarbeiter und den jeweiligen Produkten, deswegen werden erfahrungsgemäss pro Schicht zusätzlich 15 Minuten Zeit für verschiedene andere Tätigkeiten abgezogen. Daraus resultiert sich ein Durchschnittswert von 3.5h Ausfallzeit pro Woche im 2-Schichtbetrieb, das heisst prozentual sind dies 95.63 %. Somit wird mit einem Stundenwert von 38.25h pro Woche und pro Schicht die Kalkulationen durchgeführt, um eine präzisere Vorhersage zu treffen.

| | |
|--|---|
| Berechnung Ausfallzeit pro Woche | 80h (2-Schichten pro Woche) – 3.5h (Ausfallzeit pro Woche) = 76.5h |
| Berechnung Stundenwert | 76.5h : 5 (Arbeitstage pro Woche) = 15.3h |
| Berechnung Stunden im Jahr | 15.3h x 221 (Arbeitstage im Jahr) = 3'381.3h |
| Berechnung Minuten im Jahr | 3'381.3h x 60 Min. = 202'878 Min. |
| Berechnung potenziell maximale Kapazität im Jahr | 202'878 Min. : 1 Min. (Taktzeit) = <u>202'878 Stk.</u> |

Tabelle 5: Berechnung potenziell maximale Auslastung

6.6.2 Stillstände Anlage

Darüber hinaus müssen auch die Stillstandzeiten der Anlagen berücksichtigt werden. In der Tabelle wurden die Ausfallzeiten aus dem Jabil-internen Maximo-System des letzten Jahres übernommen. Wie man sieht, wurden im letzten Jahr 2022 zwei Stillstände aufgrund von technischen Defekten an der Anlage erfasst. Dies führte im vergangenen Jahr zu **144 Stunden** Ausfallzeit, was **6 Arbeitstage** ohne Wochenende entspricht.

| Startdatum | Enddatum | Service Request | Beschreibung | Stillstandzeit |
|---------------------------|--------------------|-----------------|---------------------|--------------------|
| 11.03.2022 11:18 | 15.03.2022 11:56 | 1045579 | Counter defekt | 48h |
| 08.12.2022 11:08 | 14.12.2022 15:51 | 1068051 | Alarmcode: 5301083E | 96h |
| Total Stillstände: | | | | <u>144h</u> |

Tabelle 6: Berechnung Stillstände Anlage

6.6.3 Effektive Anlagenkapazität

Um die effektive Anlagenkapazität für das Jahr 2022 berechnen zu können, werden die Ausfallzeiten von 144h berücksichtigt. Daraus ergibt sich eine effektive Anlagenkapazität von: **197'370 Stück** pro Jahr im normalen 2-Schichtbetrieb. Im 3-Schichtbetrieb ergäbe dies **296'055 Stück**.

| | |
|--|---|
| Berechnung Stillstand im letzten Jahr | 15.3h (tägliche Beschriftungszeit) x 6 Tage (Stillstand) = 91.8h |
| Berechnung Stillstand in Minuten im letzten Jahr | 91.8h x 60 Min = 5'508 Min. |
| Berechnung ungeplanter Ausfall in Stückzahl | 5'508 Min. x 1 Min. (Taktzeit) = 5'508 Stk. |
| Berechnung effektive maximale Stückzahl im Jahr (2-Schichtbetrieb) | 202'878 Stk. - 5'508 Stk. = <u>197'370 Stk.</u> |
| Berechnung effektive maximale Stückzahl im Jahr (3-Schichtbetrieb) | 197'370 Stk. : 2 (Schichten) = 98'685 Stk 98'685 Stk x 3 (Schichten) = <u>296'055 Stk</u> |

Tabelle 7: Berechnung effektive Anlagenkapazität

6.6.4 Geplante und erreichte Absatzmenge der Laserbeschriftungsanlage

Das Diagramm zeigt die Zahlen für die Nachfrage und das Verkaufsvolumen in den Jahren 2021 und 2022. Im Jahr 2021 waren noch zwei Laserbeschriftungsanlagen verfügbar. Aufgrund der Corona-Pandemie stand jedoch die ganze Produktion im Januar 2021 still und es konnten keine Produkte hergestellt werden, so dass die Bedarfsmenge bis Ende Jahr nicht erreicht werden konnte. Ab Februar 2022 wurde die zweite verfügbare Laserbeschriftungsanlage aufgrund der schwachen Laserleistung verschrottet. Die benötigte Menge war jedoch produktionsbedingt nicht zu erreichen, da in diesem Jahr mehrere Maschinenbrände stattgefunden haben, die die Nagelproduktion beeinflusste. Die Laserbeschriftung war davon nicht abhängig. Die geforderte Menge im Jahr 2022 an der Laserbeschriftungsanlage hätte theoretisch im 2-Schichtbetrieb erreicht werden können.

Bedarfsmenge 2021: **169'250 Stück**
 Absatzmenge 2021: **155'213 Stück**

Bedarfsmenge 2022: **200'115 Stück**
 Absatzmenge 2022: **189'528 Stück**

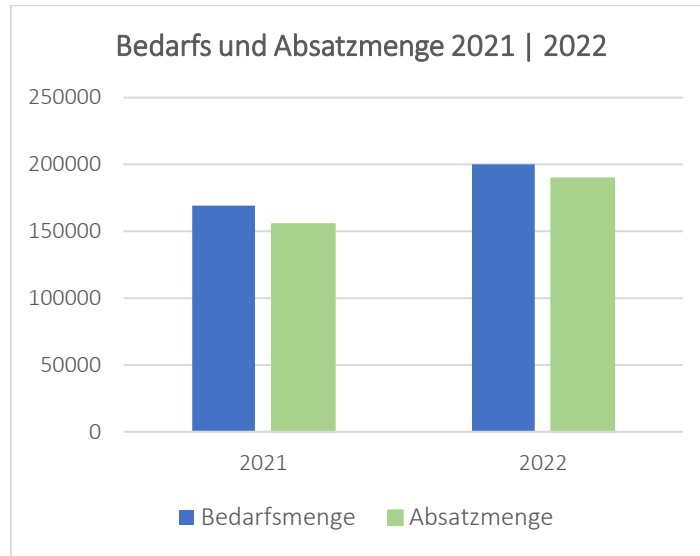


Abbildung 15: Bedarfs und Absatzmenge 2021 | 2022

6.6.5 Analyse Absatzerreichung 2021

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die fehlende Menge im Januar 2021 die Differenz der Nachfragemenge ist, die wegen der Ausfallzeit nicht erreicht werden konnte.

| | |
|--|---|
| Berechnung monatlicher Ausstoss der Bedarfsmenge | 169'250 Stk. (Bedarfsmenge) : 12 Monate = 14'104 Stk. |
| Berechnung theoretisch erreichbare Menge ohne Ausfall im Januar 2021 | 14'104 Stk. + 155'213 Stk. (Absatzmenge) = <u>169'317 Stk.</u> |

Tabelle 8: Berechnung Output 2021

6.6.6 Analyse Absatzerreichung 2022

Folgende Maschinenbrände sind im Jahr 2022 in der Produktion aufgetreten: Drehmaschinen Equipment: SW4320, 10010249, 10012242 und Fräsmaschine Equipment: 10008170. Die Daten sind aus dem Jabil-internen Maximo-System entnommen worden. Die effektive Ausfallzeit wurde mit 16 Stunden täglicher Produktionszeit im 2-Schicht-Betrieb berechnet. Dies ergibt eine Totale Ausfallzeit von **1'049h** respektive 66 Produktionstagen.

| Startdatum | Enddatum | Instandhaltungs-Nr. | Beschreibung | Stillstandzeit |
|---------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 17.03.2022 08:21 | 02.05.2022 09:29 | 1920836 | Thermisches Ereignis | 483h |
| 07.04.2022 06:21 | 25.04.2022 15:23 | 1950699 | Thermisches Ereignis | 168h |
| 09.09.2022 07:11 | 29.09.2022 13:54 | 2143636 | Verpuffung an Anlage | 231h |
| 14.10.2022 06:51 | 28.10.2022 13:51 | 2149817 | Verpuffung an Anlage | 167h |
| Total Stillstände: | | | | <u>1'049h</u> |

Tabelle 9: ungeplante Stillstände 2022

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die fehlende Menge wegen den vier Maschinenbränden ungefähr die Differenz der Nachfragemenge ist, die wegen den ungeplanten Stillständen nicht erreicht werden konnte. Es gibt unterschiedliche Zykluszeiten der Nägel, wobei die Zykluszeit des Nagels mit höchstem Bedarf 5 Minuten beträgt. Deshalb wurde die Taktzeit von 5 Minuten verwendet.

| | |
|--|---|
| Berechnung Stillstand durch Maschinenbrände im Jahr 2022 | 1'049h (Stillstand) : 16h (Produktionszeit) = 66 Tage |
| Berechnung theoretisch mögliche Anzahl produzierbare Stücke | 16h (Produktionszeit) x 60 Min. = 960 Min. 960 Min. : 5 Min. (Taktzeit) = 192 Stk. pro Tag 192 Stk x 66 Tage = 12'672 Stk. |
| Berechnung theoretisch erreichbare Menge ohne Maschinenbrände im Jahr 2022 | 12'672 Stk. + 189'528 Stk. (Absatzmenge) = <u>202'200 Stk.</u> |

Tabelle 10: Berechnung Output 2022

6.6.7 Nachfrage nach den hergestellten Produkten

Neben den Nägeln werden auch Klingen, Endcaps, Hülsen und Schrauben hergestellt, die zusätzliche Komponenten für ein Nagelsystem darstellen. Diese werden bei dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass die Nachfrage nach Tibia, Recon und TFNA-Nägeln zunimmt, daher werde ich mich auf die Produktfamilien für Nägel beschränken, da diese das grösste Volumen aufweisen.

Zu den Nagelfamilien gehören: PFNA-Standard, PFNA-Long, Recon-Nägel und Tibia-Nägel. Diese unterscheiden sich in diversen Längen, Durchmesser und Langlöchern. Darüber hinaus wird das Nagelsortiment ab Januar 2024 um die TFNA-Nägel erweitert. Die Nachfrage nach TFNA-Nägeln wird jährlich steigen und in naher Zukunft die PFNA-Nägel ersetzen.

Die aufgezeigte Planung für die nächsten Jahre bezieht sich auf die Produktionsanlagen in 2- und 3-Schichtbetrieb.

| Terminplan | 2023 | | | | |
|------------------|--------|-----------|--------|---------|----------------|
| Produkt Nägel | PFNA | PFNA-Long | Recon | Tibia | Total |
| Forecast | 53'966 | 11'316 | 45'302 | 90'087 | 200'671 |
| Kapazität (16/5) | 48'000 | 8'000 | 62'000 | 134'666 | 252'666 |
| Kapazität (24/5) | 72'000 | 12'000 | 93'000 | 202'000 | 379'000 |

| Terminplan | 2024 | | | | | |
|------------------|--------|-----------|--------|---------|--------|----------------|
| Produkt Nägel | PFNA | PFNA-Long | Recon | Tibia | TFNA | Total |
| Forecast | 22'562 | 6'673 | 41'575 | 160'230 | 39'840 | 270'880 |
| Kapazität (16/5) | 16'666 | 6'000 | 28'666 | 108'000 | 26'666 | 252'666 |
| Kapazität (24/5) | 25'000 | 9'000 | 43'000 | 162'000 | 40'000 | 379'000 |

| Terminplan | 2025 | | | | | |
|------------------|--------|-----------|--------|---------|---------|----------------|
| Produkt Nägel | PFNA | PFNA-Long | Recon | Tibia | TFNA | Total |
| Forecast | 15'000 | 0 | 80'000 | 165'000 | 90'000 | 350'000 |
| Kapazität (16/5) | 13'333 | 0 | 60'000 | 112'666 | 66'666 | 252'666 |
| Kapazität (24/5) | 20'000 | 0 | 90'000 | 169'000 | 100'000 | 379'000 |

Tabelle 11: Bedarf der nächsten Jahre

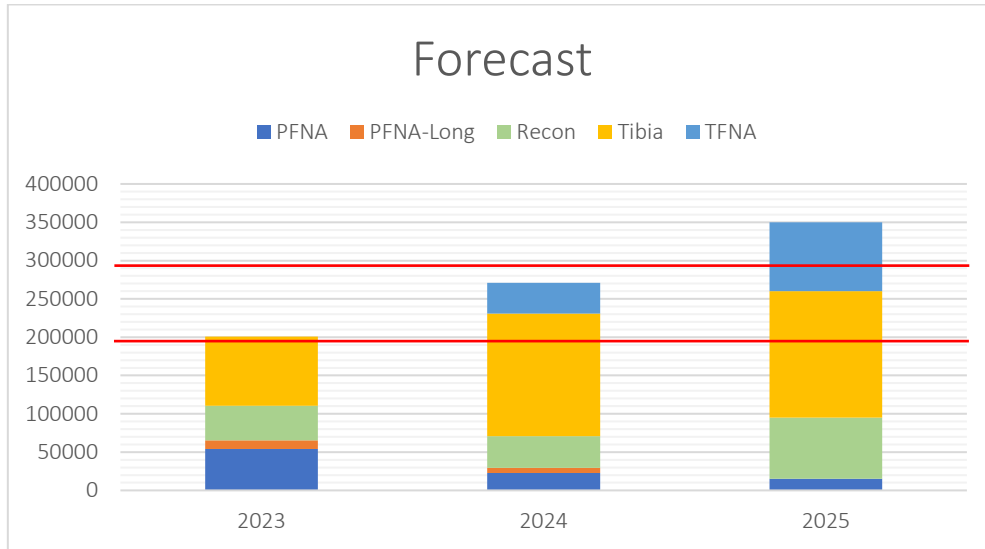


Abbildung 16: Forecast

Die roten Linien zeigen die maximale Kapazität einer Laserbeschriftungsanlage im 2- und 3-Schichtbetrieb. Im Jahr 2023 kann der Bedarf noch gedeckt werden im normalen 2-Schichtbetrieb. Im Jahr 2024 kann mit 3-Schicht-Betrieb die Beschriftung noch durchgeführt werden. Ab dem Jahr 2025 kann der Bedarf selbst im 3-Schicht-Betrieb nicht mehr gedeckt werden, wenn nichts weiter unternommen wird.

Linie 1 = 197'370 Stück (2-Schichtbetrieb)

Linie 2 = 296'055 Stück (3-Schichtbetrieb)

6.6.8 Vorstellung Nagel Produkte

➤ PFNA

Der proximale Femur Nagel (PFNA-Nagel) wird aus der Titanlegierung Ti6Al7Nb in drei verschiedenen Längen (170mm, 200mm, 240mm) und vier verschiedenen Durchmessern (9mm bis 12mm) hergestellt. Die Besonderheit des PFNA-Nagels ist der Biegewinkel von 6°. Dies ermöglicht den Eintritt durch die Spitze des grossen Trochanters. Ein optimaler Kraftfluss wird durch die flexible Spitze ermöglicht. Die Insertion verhindert Spannungen an der Spitze des PFNA-Nagels.

➤ Recon

Der Recon-Nagel wird in der Abteilung für Nägel hergestellt. Für die Herstellung wird die Titanlegierung Ti6Al7Nb verwendet. Die Nägel sind in verschiedenen Längen von 280mm bis 480mm und einem Durchmesser von 9mm bis 14mm erhältlich. Je nach Artikel wird der Recon-Nagel zweimal gebogen, d.h. PF-Artikel haben einen Biegeradius von R1000 und TM-Artikel, R1000 und R350.

➤ Tibia

Der Tibia Nagel wird in der Abteilung Nägel hergestellt. Für die Herstellung wird die Titanlegierung Ti6Al4V verwendet. Die Nägel sind in verschiedenen Längen von 280mm bis 480mm und Durchmessern von 8mm bis 14mm erhältlich. Der Nagel wird nach Zeichnungsvorgaben mit einem Biegewinkel von 10,5° und 3° auf einer hydraulisch gesteuerten Biegemaschine Typ Crippa gebogen.

➤ **TFNA**

Die TFNA-Nägel werden in naher Zukunft ebenfalls in der Nails Abteilung hergestellt. Für die Herstellung wird die Titanlegierung Ti15Mo verwendet. Diese Nägel werden in folgenden Längen in Bettlach produziert: 170mm, 200mm und 235mm und einem Durchmesser von 10mm. Weitere Längen und Durchmesser werden im Werk Monument USA hergestellt.

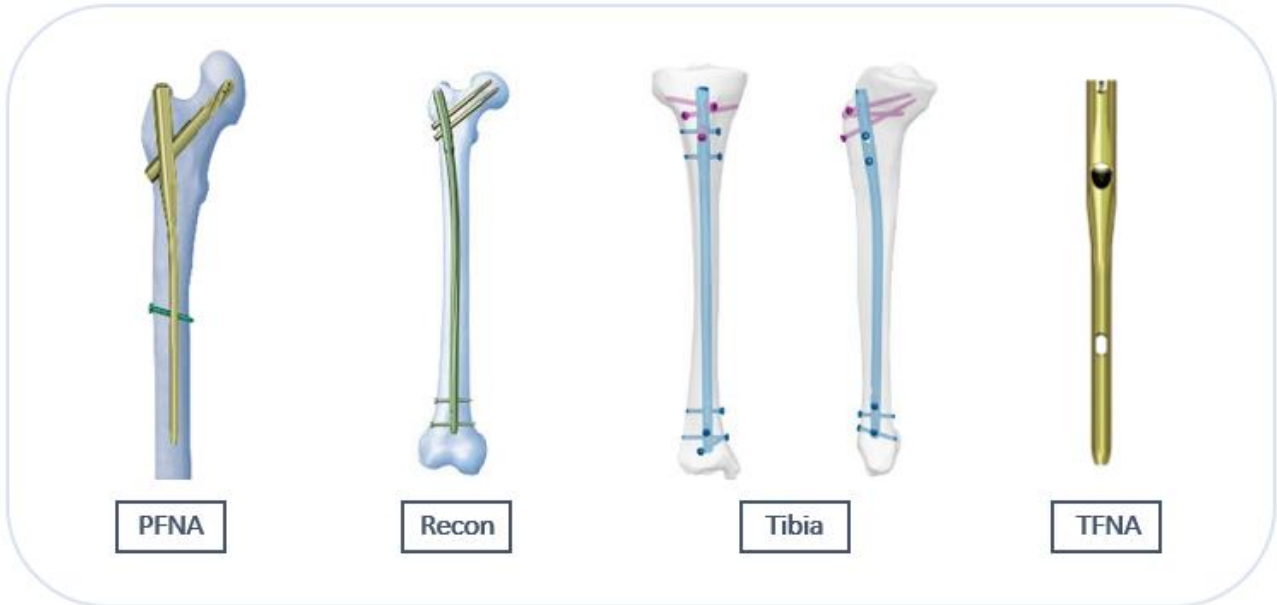


Abbildung 17: Nagel Produkte

6.6.9 Backorder Kosten

Im Durchschnitt kostet ein Nagelprodukt CHF 140.–. Da ab dem Jahr 2025 der Bedarf nicht mehr gedeckt werden kann, würde der Backorder einen Wert von **CHF 7'552'300** generieren.

| | |
|-------------------------------|---|
| Kosten Nagel Produkt | CHF 140.- |
| Anzahl Backorder im Jahr 2025 | 350'000 Stk. (Bedarf 2025) – 296'055 Stk = 53'945 Stk. |
| Kosten Backorder | 53'945 Stk. x CHF 140.- = CHF 7'552'300 |

Tabelle 12: Backorder Kosten

6.7 SWOT-Analyse IST-Situation

Die SWOT-Analyse zeigt die Stärken, Schwächen, Risiken und Chancen der IST-Situation auf. Ziel der SWOT-Analyse ist es, die wichtigsten Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken zu ermitteln, mit dem Zweck, Verbesserungen im Unternehmen zu erzielen.

| | |
|---|---|
| S | W |
| Strengths | Weaknesses |
| <ul style="list-style-type: none"> ❖ Alle Produkte können auf einer Anlage beschriftet werden ❖ Kontrollierbarer Prozess ❖ Hohe Qualität | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Nur eine Laserbeschriftungsanlage zur Verfügung ❖ Begrenzte Kapazität, um die steigende Nachfrage zu decken ❖ Potenzielle Ausfallzeiten und damit verbundene Produktionsverzögerungen ❖ Die veraltete Technologie der vorhandenen Laserbeschriftungsanlage kann Probleme verursachen |
| O | T |
| Opportunities | Threats |
| <ul style="list-style-type: none"> ❖ Möglichkeit zur Beschaffung einer neuen Laserbeschriftungsanlage, um den steigenden Bedarf zu decken ❖ Verbesserung der Produktionsprozesse, um die Effizienz und Kapazität zu steigern ❖ Stillstände vermeiden | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Kundenrückstände ❖ Keine Ausweichmöglichkeit ❖ Backorder ❖ Beim Stillstand der Laseranlage können die nachfolgenden Prozesse nicht bearbeitet werden |

Abbildung 18: SWOT-Analyse IST-Situation

6.7.1 Fazit SWOT-Analyse IST-Situation

Die Schlussfolgerung der SWOT-Analyse zeigt, dass alle Produkte mit der bestehenden Laseranlage beschriftet werden können und der Prozess kontrollierbar ist, was ebenfalls belegt wird. Die Schwäche hingegen ist, dass nur eine bestehende Laserbeschriftungsanlage zur Verfügung steht und es keine alternativen Möglichkeiten gibt. Hinzu kommt, dass die Nachfrage in den nächsten Jahren steigt und nicht gedeckt werden kann, was zu Auftrags- oder Kundenrückständen führt. Die Chancen bestehen darin, Ausfallzeiten zu vermeiden, indem man den Prozess verbessert oder die Möglichkeit der Anschaffung einer neuen Anlage in Betracht zieht. So lassen sich Effizienz und Kapazität steigern.

7. Projektziele

Das Ziel dieses Projekts ist, mehr Teile gleichzeitig zu beschriften, um die steigende Nachfrage zu erfüllen und das Risiko von Ausfallzeiten aufgrund von Engpässen in der Produktion zu minimieren. Durch die gleichzeitige Beschriftung mehrerer Teile kann die Produktivität gesteigert werden, was dazu beiträgt, die Durchlaufzeiten zu verkürzen und die Kundenzufriedenheit zu verbessern. Das Ziel ist es, die Effizienz der Produktion zu erhöhen und gleichzeitig die Qualität der beschrifteten Teile aufrechtzuerhalten.

Quantitative Ziele

- Produktivität steigern bis 31.12.2023
- Kapazitätserweiterung um 40 %
- Ausfallzeit verhindern bis 31.12.2023

Qualitative Ziele

- Anlagestabilität gewährleisten
- Produktqualität beibehalten
- Arbeitsbelastung der Mitarbeiter reduzieren

7.1 Endergebnisse und Erfolgskriterien Projektziel

Ausgehend von den oben beschriebenen Zielen werden nun die Endergebnisse, sowie die Erfolgskriterien beschrieben. Damit soll aufgezeigt werden was notwendig ist, um die Ziele zu erreichen.

| Endergebnisse | Erfolgskriterien |
|---|--|
| Anzahl beschrifteter Teile: Ein primäres Ziel ist es, die Anzahl der beschrifteten Teile pro Zeiteinheit zu erhöhen, um die steigende Nachfrage zu erfüllen und das Risiko von Engpässen in der Produktion zu minimieren. | Eine Steigerung der Anzahl beschrifteter Teile, um mindestens 40 % im Vergleich zur aktuellen Produktionskapazität zu erreichen. |
| Durchlaufzeiten: Eine Steigerung der Produktivität durch die gleichzeitige Beschriftung mehrerer Teile sollte dazu beitragen, die Durchlaufzeiten zu verkürzen. | Die Reduzierung der Durchlaufzeiten soll um mindestens 25 % im Vergleich zur aktuellen Produktionszeit sein. |
| Qualität der beschrifteten Teile: Trotz der Steigerung der Produktivität durch die gleichzeitige Beschriftung mehrerer Teile ist es wichtig, dass die Qualität der beschrifteten Teile aufrechterhalten wird. | Mindestens 99.9 % der beschrifteten Teile den Qualitätsstandards des Unternehmens entsprechen. |
| Mitarbeiterzufriedenheit: Es ist wichtig, dass die Mitarbeiter mit dem neuen Prozess und den Änderungen zufrieden sind. | Eine Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit um mindestens 15 % im Vergleich zur aktuellen Situation erreichen. |

Tabelle 13: Endergebnisse und Erfolgskriterien Projektziel

8. Hauptstudie

8.1 Lösungssuche

Der erste Schritt der Lösungssuche war ein Brainstorming unter den Projektmitgliedern mit Hilfe einer Kreativitätsmethode. Es wurden alle Ideen aufgelistet, die für eine mögliche Lösung in Betracht kommen könnten.

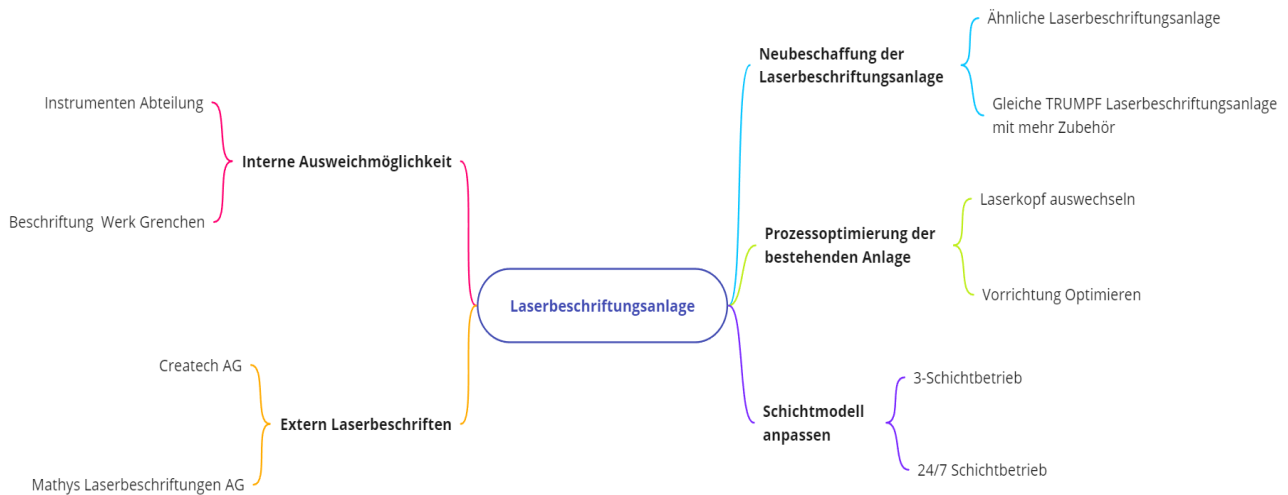


Abbildung 19: Brainstorming

Dabei wurde auf folgende Kriterien geachtet.

Kriterien:

- Kapazitätssteigerung
- Prozessstabilität
- Produktqualität
- Liefertreue
- Kosten
- Realisierbarkeit des Projekts
- Mitarbeiterzufriedenheit

Letztendlich einigten wir uns auf die folgenden drei Lösungsvorschläge:

- **Variante 1:** Prozessoptimierung der bestehenden Laserbeschriftungsanlage
- **Variante 2:** Neubeschaffung der Laserbeschriftungsanlage
- **Variante 3:** Interne Ausweichmöglichkeit Instrumenten Abteilung

9. Variante 1: Prozessoptimierung der bestehenden Laserbeschriftungsanlage

In diesem Abschnitt geht es um eine Option zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit einer bestehenden Laserbeschriftungsanlage durch den Austausch des Laserkopfs. Ein Angebot von TRUMPF Schweiz AG wurde eingeholt, um diesen Austausch durchzuführen. Der neue Laserkopf bietet ein breiteres Laserspektrum, was potenziell positive Auswirkungen auf die Leistung, Stabilität und Zuverlässigkeit der Laseranlage haben kann. Obwohl sich die Eigenschaften der Laserstrahlung ändern können, wird der Prozess selbst und der Ablauf der Produkte nicht verändert. Durch die höhere verfügbare Durchschnittsleistung und die erhöhten Impulsfolgefrequenzen kann der Arbeitsplatz produktiver ausgenutzt werden. Eine höhere Produktivität kann zu höheren Einnahmen führen und somit die Wirtschaftlichkeit der Investition verbessern. Darüber hinaus kann die Lebensdauer der Maschine verlängert werden, was langfristig zu Kosteneinsparungen führen kann.³



Abbildung 20: Laserkopf TRUMPF

9.1 Vor- und Nachteile Variante 1

| Vorteile | Nachteile |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Laserspektrum ist grösser ✓ Es können 2 Teile gleichzeitig beschriftet werden ✓ Durchlaufzeitverbesserung: In einer Minute und 30 Sekunden könnten zwei Teile anstelle eines Teils beschriftet werden ✓ Der Lebenszyklus der bestehenden Laserbeschriftungsanlage wird damit verlängert | <ul style="list-style-type: none"> ✗ Hohe Kosten für den Austausch der einzelnen Komponente ✗ Produktionsausfall während der Umbauzeit |

Tabelle 14: Vor- und Nachteile Variante 1

9.2 Potenziell maximale Auslastung mit Variante 1

Für die mögliche Maximalauslastung der Laserbeschriftungsanlage mit dem neuen Laserkopf wurde die Tabelle aus Kapitel 6.6.1 "Berechnung der potenziellen maximalen Auslastung" erneut herangezogen und nachgerechnet. Nun können statt in einer Minute ein Nagel, zwei Nägel gleichzeitig in einer Minute und 30 Sekunden beschriftet werden. Die Taktzeit pro Stück ergeben in diesem Fall nur noch 45 Sekunden.

³ Trumpf.com

| | |
|--|---|
| Berechnung Stunden im Jahr | $15.3h \times 221$ (Arbeitstage im Jahr) = 3'381.3h |
| Berechnung Minuten im Jahr | $3'381.3h \times 60$ Min. = 202'878 Min. |
| Berechnung potenziell maximale Kapazität im Jahr im 2-Schichtbetrieb | $202'878$ Min. : 0.75 Min. (Taktzeit) = <u>270'504 Stk.</u> |
| Berechnung Stunden im Jahr inkl. Nachtschicht | $(15.3h + 6.5h$ Nachtschicht) $\times 221$ (Arbeitstage) = 4817.8h |
| Berechnung Minuten im Jahr inkl. Nachtschicht | $4817.8h \times 60$ Min. = 289'068 Min. |
| Berechnung potenziell maximale Kapazität im Jahr im 3-Schichtbetrieb | $289'068$ Min. : 0.75 Min. (Taktzeit) = <u>385'424 Stk.</u> |

Tabelle 15: Potenziell maximale Auslastung Variante 1

9.2.1 Mehraufwand im 3-Schichtbetrieb

Wie aus der vorherigen Tabelle ersichtlich ist, kann der Bedarf ab 2024 mit der Variante 1 im 2-Schicht-Betrieb gedeckt werden. Für das Jahr 2025 reicht der 2-Schicht-Betrieb nicht mehr aus, weshalb ein 3-Schicht-Betrieb eingesetzt werden muss, um den Bedarf für das Jahr 2025 zu decken. Hierfür fallen jedoch mehr Kosten an. Zudem werden für die Nachtarbeit CHF 100.- pro Nacht bezahlt. Die Nachtarbeit beträgt 7 Stunden, es werden aber zwei Mal 15 Minuten für die Schichtübergabe abgezogen, somit beträgt die effektive Laufzeit der Laseranlage in der Nachtschicht 6,5 Stunden. Auch wenn die effektive Arbeitszeit während der Nachtschicht 7 Stunden beträgt, werden dem Mitarbeiter die vollen 8 Stunden angerechnet.

| | |
|---|--|
| Berechnung fehlende Anzahl Teile im 2-Schichtbetrieb | $350'000$ (Forecast 2025) – $270'504$ Stk. = 79'496 Stk. |
| Berechnung Stück pro Nacht | $6.5h \times 60$ Min. = 390 Min. 390 Min. : 0.75 Min. (Taktzeit) = 520 Stk. |
| Berechnung Tage in Nachtschicht, um die fehlenden Teile aufzuholen | $79'496$ Stk. : 520 Stk. = <u>153 Tage Nachtschicht</u> |
| Kosten zusätzlicher Mitarbeiter pro Tag | $8h \times$ CHF $60.-$ = CHF 480.- |
| Kosten zusätzlicher Mitarbeiter für 153 Tage inkl. Nachtschichtzulage | CHF $480.- \times 153$ (Tage) = CHF 73'440.- CHF $100.- \times 153$ (Tage) = CHF 15'300.- |
| Total Mitarbeiter Mehraufwand Nachtschicht | CHF $73'440.- + 15'300.-$ = <u>CHF 88'740.-</u> |

Tabelle 16: Berechnung Mehraufwand im 3-Schichtbetrieb

9.2.2 Kosteneinsparung Variante 1

Durch die Einsparung der 15 Sek. pro Nagel kostet der Beschriftungsprozess an sich nun weniger. In der Tabelle wird die Mitarbeiter-Kosteneinsparung aufgezeigt. Die CHF 60.- pro Mitarbeiter sind in diesem Fall vom Auftraggeber festgelegt.

| | |
|--|--|
| Jährliche Produktsteigerung im 2-Schicht | $270'504$ Stk. - $202'878$ Stk. = 67'626 Stk. |
| Jährliche Minuteneinsparungen beim Beschriften | $67'626$ Stk. $\times 0.75$ Min. (Taktzeit) = 50'720 Min. |
| Jährliche Stundeneinsparungen beim Beschriften | $50'720$ Min. : 60 Min. = 845h |
| Einsparung der Mitarbeiterkosten | $845h \times$ CHF $60.-$ = <u>CHF 50'700.-</u> |

Tabelle 17: Kosteneinsparung Variante 1

9.3 Aufwand und Kosten Variante 1

Für den Austausch des Laserkopfes sind der Aufwand und die Kosten aufgeführt. Der Betrag für den Laserkopf wurde dem Angebot entnommen, welches im Anhang zu finden ist.

| Tätigkeit Intern | Aufwand in Std. | Stundensatz | Kosten in CHF |
|--|-----------------|-------------|-------------------------|
| Planung und Begleitung | 40 | 100 | 4'000.- |
| Instandhaltungsauftrag erstellen für den Einbau | 8 | 90 | 720.- |
| Neue Vorrichtung erstellen für 2 Aufspannungen | 80 | 150 | 12'000.- |
| CNC-Programm anpassen | 40 | 60 | 2'400.- |
| Prozess Validierung inkl. Software-Validierungen | 100 | 80 | 8'000.- |
| Fertigungsdaten und Arbeitspläne aktualisieren | 30 | 70 | 2'100.- |
| Tätigkeit Extern | Aufwand in Std. | Stundensatz | Kosten in CHF |
| TruMark 6130 Laserkopf inkl. Montage | - | - | 85'965.- |
| Kosten Total: | | | <u>115'185.-</u> |

Tabelle 18: Aufwand und Kosten Variante 1

9.4 Pay-Back Variante 1

In einem wirtschaftlichen Kontext kann "Pay-Back" auch als Gradmesser für die wirtschaftliche Effizienz oder Rentabilität einer Investition verwendet werden. In diesem Zusammenhang bezieht sich "Pay-Back" darauf, wie lange es dauert, bis die erwarteten Einnahmen oder Einsparungen aus einer Investition die Kosten des Projekts ausgleichen oder "zurückzahlen". Nachdem wir nun den Aufwand, die Kosten und die Mehrkosten berechnet haben, können wir den Pay-Back berechnen und die anfänglichen Kosten den jährlichen Kosteneinsparungen gegenüberstellen, so dass sich ein Payback von 2.3 Jahren ergibt.

| Pay Back Variante 1 | |
|---|--|
| $\text{Pay Back} = \frac{\text{Anschaffungskosten}}{\text{jährliche Kosteneinsparung}}$ | $\text{Pay Back} = \frac{115'185.-}{50'700.-} = \underline{\underline{2.3 \text{ Jahre}}}$ |

Tabelle 19: Pay Back Variante 1

9.5 SWOT-Analyse Variante 1

Mit der SWOT-Analyse werden nun alle Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der Variante 1 aufgelistet.

| | |
|---|--|
| S | W |
| Strengths | Weaknesses |
| <ul style="list-style-type: none"> ❖ Erhöhte Leistung, Stabilität und Zuverlässigkeit der Laseranlage durch den neuen Laserkopf ❖ Produktiverer Einsatz des Arbeitsplatzes durch höhere verfügbare Durchschnittsleistung und erhöhte Impulsfolgefrequenzen ❖ Verlängerung der Lebensdauer der Laserbeschriftungsanlage | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Kosten für den Austausch des Laserkopfs und mögliche Modifikationen an der Anlage ❖ Neue Vorrichtungen müssten sehr früh beim Betriebsmittelbau beantragt werden |
| O | T |
| Opportunities | Threats |
| <ul style="list-style-type: none"> ❖ Erhöhte Einnahmen durch höhere Produktivität und bessere Qualität der Beschriftungen ❖ Nachtschicht Reduktion | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Mögliche Unterbrechungen der Produktion während des Austauschs des Laserkopfs ❖ Parameter für alle Produkte neu einstellen, alle CNC-Programme müssten evtl. angepasst werden |

Abbildung 21: SWOT-Analyse Variante 1

9.5.1 Fazit SWOT-Analyse Variante 1

Die Option zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit einer bestehenden Laserbeschriftungsanlage durch den Austausch des Laserkopfs zeigt die SWOT-Analyse, dass die Variante 1 sowohl Vorteile als auch Herausforderungen bietet.

- Die Stärken der Variante 1 umfassen eine erhöhte Leistung, Stabilität und Zuverlässigkeit der Laseranlage durch den neuen Laserkopf sowie einen produktiveren Einsatz des Arbeitsplatzes durch höhere verfügbare Durchschnittsleistung und erhöhte Impulsfolgefrequenzen. Eine mögliche Verlängerung der Lebensdauer der Maschine kann auch langfristige Kosteneinsparungen ermöglichen.
- Die Schwächen der Option beinhalten die Kosten für den Austausch des Laserkopfs und mögliche Modifikationen an der Anlage. Dazu werden neue Vorrichtungen benötigt, da das Laserspektrum nun grösser ist, müsste dies 6 Monate im Voraus bestellt werden.
- Die Chancen der Variante 1 beinhalten eine potenzielle Steigerung der Einnahmen durch höhere Produktivität und bessere Qualität der Beschriftungen. Ausserdem könnten die Nachtschichten künftig reduziert werden, was auch zu Kosteneinsparungen führen würde.
- Die Risiken der Variante 1 beinhalten mögliche Unterbrechungen der Produktion während des Austauschs des Laserkopfs. Dazu müssten für alle Produkte die Parameter und CNC-Programme neu eingestellt oder angepasst werden.

9.6 Schlussfolgerung Variante 1

Basierend auf der SWOT-Analyse kann abgeleitet werden, dass der Austausch des Laserkopfs eine vielversprechende Option zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der bestehenden Laserbeschriftungsanlage darstellt. Durch den neuen Laserkopf kann die Leistung, Stabilität und Zuverlässigkeit der Laseranlage erhöht werden, was zu höherer Produktivität und potenziell höheren Einnahmen führen kann. Darüber hinaus kann die Verlängerung der Lebensdauer der Maschine langfristige Kosteneinsparungen ermöglichen.

10. Variante 2: Neubeschaffung der Laserbeschriftungsanlage

Die zweite Variante ist die Anschaffung einer neuen Trumpf TruMark Station 5000 Laserbeschriftungsanlage, die wiederum das gleiche System wie die bestehende Anlage hätte, nur mit mehr Zubehör. Auch hierfür wurde ein Angebot bei der TRUMPF Schweiz AG eingeholt, welches im Anhang zu finden ist. Die kompakte TruMark Station 5000 kann dank ihres intelligenten, ergonomischen Designs sowohl als Steh- als auch als Sitzarbeitsplatz genutzt werden. Dazu ist die Maschine mit Linearachsen in X- und Y-Richtung und Drehachsen mit verschiedenen Spannsystemen ausgestattet. Die seitlichen Öffnungen im Gehäuse bieten ein hohes Mass an Flexibilität, so dass die TruMark Station 5000 mit ihren Anforderungen mitwachsen kann. Die TruMark Station 5000 ist aufgrund ihrer Flexibilität und ihrer Eignung für ein breites Anwendungsspektrum der Allrounder unter den TRUMPF Markiersystemen.⁴



Abbildung 22: Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000 mit mehr Zubehör

10.1 Layout Variante 2

Das neue Layout zeigt auf, wo sich die neue Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000 befinden würde. Das System soll wieder an dem Ort installiert werden, an dem sich zuvor die alte, verschrottete Laserbeschriftungsanlage befand (siehe Kapitel 6.3). Dies ergibt Sinn, da der Platz, an dem sich die alte Anlage befand, bereits für eine solche Einrichtung vorgesehen war und somit alle notwendigen Vorkehrungen wie Stromversorgung, Kabelverbindungen und Abgasableitung bereits vorhanden sind.

⁴ Trumpf.com



Abbildung 23: Layout Variante 2

2 = Laserbeschriftungsanlage: Trumpf TruMark Station 5000 mit mehr Zubehör (neu)

10.2 Vor- und Nachteile Variante 2

| Vorteile | Nachteile |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Linearachsen in X- und Y-Richtung vorhanden ✓ Ausweichmöglichkeit mit der bestehenden Anlage ✓ Durchlaufzeitverbesserung: In zwei Minuten und 40 Sekunden könnten vier Teile anstelle eines Teils pro Minute beschriftet werden ✓ Stillstand des Laserbeschriftungsprozesses beseitigt ✓ Entlastung der Mitarbeiter, da keine Nachtschicht zwingend erforderlich ist | <ul style="list-style-type: none"> ✗ Hohe Kosten für die Neuanschaffung ✗ Software und Prozessvalidierung nimmt sehr viel Zeit in Anspruch ✗ Alle CNC-Programme müssten neu erstellt werden |

Tabelle 20: Vor- und Nachteile Variante 2

10.3 Potenziell maximale Auslastung mit Variante 2

Für die mögliche Maximalauslastung der zusätzlich neuen Laserbeschriftungsanlage wurde die Tabelle aus Kapitel 6.6.1 "Berechnung der potenziellen maximalen Auslastung" erneut herangezogen und nachgerechnet. Nun könnten statt einem Nagel in einer Minute, neu vier Nägel gleichzeitig in 2 Minuten und 40 Sekunden beschriftet werden. Die Zykluszeit pro Stück beträgt in diesem Fall nur 40 Sekunden.

| | |
|---|--|
| Berechnung Stunden im Jahr | 15.3h x 221 (Arbeitstage im Jahr) = 3'381.3h |
| Berechnung Minuten im Jahr | 3'381.3h x 60 Min. = 202'878 Min. |
| Berechnung potenziell maximale Kapazität im Jahr im 2-Schichtbetrieb | 202'878 Min. : 0.66 Min. (Taktzeit) = <u>307'390 Stk.</u> |
| Berechnung potenziell maximale Kapazität im Jahr neue Anlage inklusiv bestehende Anlagenkapazität | 307'390 Stk. + 202'878 Stk. = <u>510'268 Stk.</u> |

Tabelle 21: Potenziell maximale Auslastung Variante 2

10.3.1 Mehraufwand zusätzliche Mitarbeiter Variante 2

Wie der obigen Tabelle zu entnehmen ist, kann mit der zusätzlich neuen Laserbeschriftungsanlage der Bedarf im Jahr 2024 sogar im 2-Schicht-Betrieb gedeckt werden. Ab dem Jahr 2025 kann die Nachfrage im 2-Schicht-Betrieb nicht mehr ausreichen. Mit zwei zusätzlichen Mitarbeitern wären wir sogar in der Lage, insgesamt 510'268 Stück pro Jahr zu beschriften, falls dies einmal notwendig werden sollte.

Hier werden zwei verschiedene Möglichkeiten aufgeführt, die nur mit einem zusätzlichen Mitarbeiter durchgeführt werden kann. Diesen Mitarbeiter könnten wir an der bestehenden oder auch an der neuen Anlage wie folgt einsetzen:

| | |
|--|---|
| Berechnung Anzahl fehlende Teile gemäss Forecast 2025 | 350'000 Stk. - 307'390 Stk. = 42'610 Stk. |
| Berechnung Stück pro Tag mit einem neuen Mitarbeiter an der bestehenden Anlage | 7.65h x 60 Min. = 459 Min. 459 Min. : 1 Min. (Taktzeit) = 459 Stk. |
| Berechnung Tage, um die fehlenden Teile aufzuholen | 42'610 Stk. : 459 Stk. = 93 Tage |
| Kosten zusätzlicher Mitarbeiter pro Tag | 8h x CHF 60.- = CHF 480.- |
| Kosten zusätzlicher Mitarbeiter für 93 Tage | 480.- CHF x 93 (Tage) = CHF 44'640.- |

Tabelle 22: Berechnung 1 Mehraufwand, Variante 2

| | |
|--|---|
| Berechnung Stück pro Nacht mit einem neuen Mitarbeiter an der neuen Anlage | 6.5h x 60 Min. = 390 Min. 390 Min. : 0.66 Min. (Taktzeit) = 591 Stk. |
| Berechnung Tage in Nachtschicht, um die fehlenden Teile aufzuholen | 42'610 Stk. : 591 Stk. = 72 Tage Nachtschicht |
| Kosten zusätzlicher Mitarbeiter pro Tag | 8h x CHF 60.- = CHF 480.- |
| Kosten zusätzlicher Mitarbeiter für 72 Tage inkl. Nachtschichtzulage | CHF 480.- x 72 (Tage) = CHF 34'560.- CHF 100.- x 72 (Tage) = CHF 7'200.- |
| Total Mitarbeiter Mehraufwand Nachtschicht | CHF 34'560.- + CHF 7'200.- = CHF 41'760.- |

Tabelle 23: Berechnung 2 Mehraufwand, Variante 2

10.3.2 Kosteneinsparung Variante 2

Durch die Einsparung der 20 Sekunden pro Nagel kostet der Beschriftungsprozess an sich nun noch weniger. In der Tabelle wird die Mitarbeiter-Kosteneinsparung aufgezeigt. Im Vergleich zum Ist-Zustand ergeben sich somit ab 2024 jedes Jahr die unten berechneten Einsparungen. Die CHF 60.- pro Mitarbeiter sind in diesem Fall vom Auftraggeber festgelegt.

| | |
|---|---|
| Differenz Variante 2 zu Ist-Zustand | 307'390 Stk. - 202'878 Stk. = 104'512 Stk. |
| Differenz in Prozent | (100 % : 202'878 Stk.) x 307'390 Stk. = 52 % |
| Differenz in Minuten mit der neuen Taktzeit | 104'512 Stk. x 0.66 Min. = 68'978 Min. |
| Differenz in Stunden | 68'978 Min. : 60 Min. = 1'150h |
| Einsparung der Mitarbeiterkosten | 1'150h x CHF 60.- = CHF 69'000.- |

Tabelle 24: Kosteneinsparung Variante 2

10.4 Aufwand und Kosten Variante 2

Für die Neubeschaffung der Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000 ist der Aufwand und die damit verbundenen Kosten aufgeführt. Der Betrag für die Laserbeschriftungsanlage wurde dem Angebot von Trumpf Schweiz AG entnommen, welches im Anhang zu finden ist.

| Tätigkeit Intern | Aufwand in Std. | Stundensatz | Kosten in CHF |
|--|-----------------|-------------|-------------------------|
| Planung und Begleitung | 60 | 100 | 6'000.- |
| Instandhaltungsauftrag erstellen für neue Anlage | 16 | 90 | 1'440.- |
| Neue Vorrichtungen erstellen für 4 Aufspannungen | 100 | 150 | 15'000.- |
| Alle CNC-Programme neu erstellen | 80 | 60 | 4'800.- |
| Prozess Validierung inkl. Software-Validierungen | 120 | 80 | 9'600.- |
| Fertigungsdaten und Arbeitspläne aktualisieren | 30 | 70 | 2'100.- |
| Tätigkeit Extern | Aufwand in Std. | Stundensatz | Kosten in CHF |
| Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000 inkl. Montage | - | - | 94'290.- |
| Kosten Total: | | | <u>133'230.-</u> |

Tabelle 25: Aufwand und Kosten Variante 2

10.5 Pay-Back Variante 2

Da nun die Anschaffungskosten und die Kosteneinsparungen berechnet wurden, kann man den Pay-Back ausrechnen. Dieser entspricht knapp 2 Jahre, wie aus der Tabelle ersichtlich ist.

| Pay Back Variante 2 | |
|--|---|
| Anschaffungskosten Pay Back = $\frac{\text{Anschaffungskosten}}{\text{jährliche Kosteneinsparung}}$ | $\frac{133'230.-}{69'000.-} = \underline{1.93 \text{ Jahre}}$ |

Tabelle 26: Pay Back Variante 2

10.6 SWOT-Analyse Variante 2

Mit der SWOT-Analyse werden nun alle Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der Variante 2 aufgelistet.

| S | W |
|--|--|
| Strengths | Weaknesses |
| <ul style="list-style-type: none"> ❖ Flexibilität: Die TruMark Station 5000 bietet durch ihre Linearachsen, Drehachsen und verschiedenen Spannsysteme ein breites Anwendungsspektrum und kann mit den Anforderungen des Unternehmens mitwachsen. ❖ Verbesserung der Effizienz: Die neue Anlage kann schneller und effizienter arbeiten als die bestehende Anlage und somit die Produktivität steigern. ❖ 52 % Steigerung der Produktivität im Vergleich zur Ist-Situation | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Hohe Anschaffungskosten: Der Kauf einer neuen Laserbeschriftungsanlage bedeutet eine hohe Investition für das Unternehmen. ❖ Schulungsbedarf: Neue Mitarbeiter müssen im Umgang mit der neuen Anlage eingewiesen werden, was Zeit und Ressourcen erfordert. |
| O | T |
| Opportunities | Threats |
| <ul style="list-style-type: none"> ❖ Erweiterung des Leistungsspektrums: Die Anschaffung der TruMark Station 5000 erweitert das Leistungsspektrum und ermöglicht die Bearbeitung neuer Materialien oder Anwendungen. ❖ Ergonomisches Design: Die Maschine kann als Steh- oder Sitzarbeitsplatz genutzt werden und ist somit für den langfristigen Einsatz geeignet. | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Die Anbindung der neuen Anlage an unsere ShopCom- und SAP-Systeme könnte zu Beginn zu Problemen führen, einschliesslich ungeplanter Ausfallzeiten. |

Abbildung 24: SWOT-Analyse Variante 2

10.6.1 Fazit SWOT-Analyse Variante 2

Die SWOT-Analyse der TruMark Station 5000 zeigt, dass sie eine flexible und ergonomisch gestaltete Laserbeschriftungsanlage ist, die sich für ein breites Anwendungsspektrum eignet. Die Anschaffungskosten sind jedoch hoch und es besteht ein Schulungsbedarf für Mitarbeiter, um die Anlage effektiv nutzen zu können. Trotzdem bietet die Anschaffung der TruMark Station 5000 die Möglichkeit, das Leistungsspektrum zu erweitern und die Effizienz zu steigern.

10.7 Schlussfolgerung Variante 2

Mit dieser Variante könnte der Bedarf bis Ende 2025 und darüber hinaus gedeckt werden. Ausfallzeiten könnten eliminiert werden, da es nun eine alternative Option gibt. Auch wenn die Gefahr besteht, dass bei der Implementierung und Anbindung an unsere Software-Komplikationen auftreten, könnten wir den Beschriftungsprozess mit der bestehenden Anlage weiterhin aufrechterhalten. Darüber hinaus werden die investierten Kosten bereits innerhalb zwei Jahren wieder erwirtschaftet.

11. Variante 3: Interne Ausweichmöglichkeit Instrumenten Abteilung

Die 3. Variante ist eine interne Ausweichmöglichkeit, wobei die Teile in der Instrumentenabteilung, welche sich im ersten Stock befindet, beschriftet werden. In diesem Fall könnte die interne Ausweichmöglichkeit in der Instrumentenabteilung genutzt werden, um den Bedarf, welcher nicht abgedeckt werden kann, zu übernehmen. In der Instrumentenabteilung befinden sich ebenfalls zwei Laserbeschriftungsanlagen Trumpf TruMark Station 5000, welche dieselbe Taktzeit von einer Minute erreichen (202'878 Stück im Jahr im 2-Schichtbetrieb), wie in der Nails Abteilung.



Abbildung 25: Trumpf TruMark Station 5000 Instrumentenabteilung

11.1 Prozessablauf Variante 3

Der Prozessfluss bleibt derselbe, nur der Laserbeschriftungsvorgang wird in der Instrumentenabteilung durchgeführt. Damit die Instrumentenabteilung nicht alles übernehmen muss, wird nur die Restmenge abgegeben, welcher bei der Nails Abteilung nicht gedeckt werden kann.

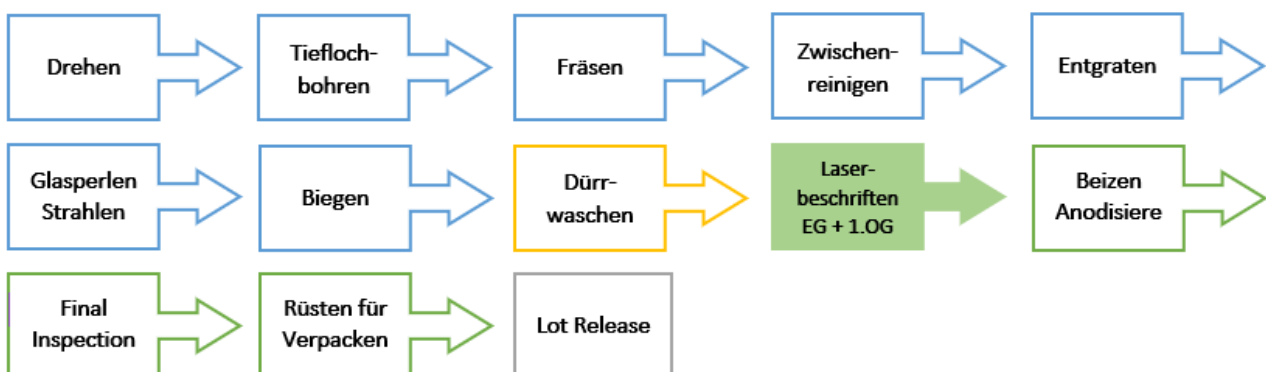


Abbildung 26: Prozessablauf Variante 3

11.2 Vor- und Nachteile Variante 3

| Vorteile | Nachteile |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ausweichmöglichkeit innerhalb der Firma ✓ Keine Ausfallzeit ✓ Bedarf kann gedeckt werden | <ul style="list-style-type: none"> ✗ Logistischer Aufwand grösser, da die Teile zwischen den Abteilungen transportiert werden müssen. ✗ Alle CNC-Programme und Vorrichtungen müssten neu erstellt werden |

Tabelle 27: Vor- und Nachteile Variante 3

11.3 Potenziell maximale Auslastung mit Variante 3

In dieser Tabelle wird errechnet, wie viele Stücke an die Instrumentenabteilung abgegeben werden müssen, um den Bedarf zu decken. In der Nagelabteilung wird im 3-Schicht-Betrieb gearbeitet, wofür die Daten aus Kapitel 6.6.7 übernommen wurden. Da in der Instrumentenabteilung die gleiche Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000, wie in der Nagelabteilung eingesetzt wird, wurde mit der maximalen Kapazität wie in Kapitel 6.6.1 gerechnet. Dazu wurde ein SAP-Auszug des Arbeitsplatzes der Instrumentenabteilung aus dem letzten Jahr herangezogen. Der Auszug ergab, dass insgesamt eine Menge von 130'229 Stück beschriftet worden sind.

| | |
|--|--|
| Berechnung Restteile Nails | 350'000 Stk. - 296'055 Stk. = 53'945 Stk. |
| Berechnung Auslastung Instrumentenabteilung | (100 % : 202'878 Stk.) x 130'229 Stk. = 64 % |
| Berechnung freie Kapazität im 1. OG | 202'878 Stk. - 130'229 Stk. = 72'649 Stk. |
| Berechnung freie Kapazität der Anlage | (100 % : 202'878 Stk.) x 72'649 Stk. = 36 % |
| Berechnung freie Kapazität inkl. Nails Unterstützung | 72'649 Stk. - 53'945 Stk. = 18'704 Stk. |
| Neue Auslastung 1. OG | 130'229 Stk. + 53'945 Stk. = <u>184'174 Stk. (91 %)</u> |

Tabelle 28: Potenziell maximale Auslastung Variante 3

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, liegt die Auslastung in der Instrumentenabteilung bei 64 %. Damit könnten auch die restlichen 53'945 Stück, die benötigt werden, abgedeckt werden. Selbst mit der Unterstützung für die Nails Abteilung hätte die Anlage noch 9 % Restkapazität übrig. Hinzu kommt aber noch, dass der Forecast in der Instrumentenabteilung ebenfalls jährlich um ca. 3 % steigen wird. Dies bedeutet, dass der Bedarf langfristig nicht gedeckt werden kann.

11.4 Mehraufwand zusätzliche Mitarbeiter Variante 3

Um den Bedarf decken zu können, wie aus der obigen Tabelle zu sehen ist, würde es ausreichen, wenn man die verbleibenden Teile der Instrumentenabteilung abgeben würde und die Nagelabteilung im 3-Schicht-Betrieb arbeitet. Dies führt aber wieder zu einem Mehraufwand, was bedeutet, dass ein weiterer Mitarbeiter in der Nagelabteilung im 3-Schicht-Betrieb benötigt wird.

| | |
|---|---|
| Kosten zusätzlicher Mitarbeiter pro Tag | 8h x CHF 60.- = CHF 480.- |
| Kosten zusätzlicher Mitarbeiter pro Jahr Inkl. Nachtschichtzulage | CHF 480.- x 221 (Arbeitstage) = CHF 106'080.- CHF 100.- x 221 (Arbeitstage) = CHF 22'100.- |
| Total Mitarbeiter Mehraufwand Nachtschicht | CHF 106'080.- + CHF 22'100.- = <u>CHF 128'180.-</u> |

Tabelle 29: Berechnung Mehraufwand Variante 3

11.5 Aufwand und Kosten Variante 3

Für die interne Ausweichmöglichkeit in der Instrumentenabteilung ist der Aufwand und die damit verbundenen Kosten aufgeführt. Für diese Variante sind keine externen Tätigkeiten erforderlich.

| Tätigkeit Intern | Aufwand in Std. | Stundensatz | Kosten in CHF |
|--|-----------------|-------------|------------------------|
| Planung und Begleitung | 60 | 100 | 6'000.- |
| Neue Vorrichtung bestellen | 100 | 150 | 15'000.- |
| Alle CNC-Programme neu erstellen | 80 | 60 | 4'800.- |
| Zusätzliche Validierung | 40 | 80 | 3'200.- |
| Fertigungsdaten und Arbeitspläne aktualisieren | 30 | 70 | 2'100.- |
| Kosten Total: | | | <u>31'100.-</u> |

Tabelle 30: Aufwand und Kosten Variante 3

Mit der Variante 3 sind keine Kosteneinsparungen möglich. Allerdings könnten mit Variante 3 die Backorderkosten von **CHF 7'552'300** eliminiert werden, wie bereits in Kapitel 6.6.9 berechnet. Die Gewichtung des wegfallenden Auftragsrückstandes ist für das Unternehmen bedeutender als die reine Kosteneinsparung.

11.6 SWOT-Analyse Variante 3

Mit der SWOT-Analyse werden nun alle Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der Variante 3 aufgelistet.

| | |
|---|--|
| S | W |
| Strengths | Weaknesses |
| <ul style="list-style-type: none"> ❖ Minimierung von Ausfallzeiten ❖ Bedarf kann gedeckt werden ❖ Backorderkosten kann eliminiert werden ❖ Sehr geringe Aufwandkosten | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Mögliche Verzögerungen bei der Beschriftung, wenn die Instrumentenabteilung bereits mit anderen Aufgaben beschäftigt ist. ❖ Mehr logistischer Aufwand, um die Teile zwischen den Abteilungen zu transportieren. |
| O | T |
| Opportunities | Threats |
| <ul style="list-style-type: none"> ❖ Kostenreduzierung, da die Lehrlaufzeit der Laseranlage in der Instrumentenabteilung zur Unterstützung der Nagelabteilung genutzt wird. | <ul style="list-style-type: none"> ❖ Aufgrund des internen Transportweges könnten die Teile beschädigt oder unter Umständen verlegt werden. |

Abbildung 27: SWOT-Analyse Variante 3

11.6.1 Fazit SWOT-Analyse Variante 3

Basierend auf der SWOT-Analyse kann festgestellt werden, dass die interne Ausweichmöglichkeit in der Instrumentenabteilung viele Vorteile bietet, um die Produktionseffizienz zu steigern, die Ausfallzeiten zu minimieren und zusätzlich eine günstige Umsetzungsvariante ist. Allerdings gibt es auch potenzielle Schwächen, insbesondere mögliche Verzögerungen, wenn die Instrumentenabteilung bereits mit anderen Aufgaben beschäftigt ist. Insgesamt ist die interne Ausweichmöglichkeit jedoch eine vielversprechende Option, um sicherzustellen, dass der Betrieb auch bei unvorhergesehenen Ereignissen reibungslos läuft.

11.7 Schlussfolgerung Variante 3

Die interne Ausweichmöglichkeit in der Instrumentenabteilung bietet eine praktische und kostengünstige Lösung für den Laserbeschriftungsprozess und kann dazu beitragen, dass die zukünftig geforderte Menge eingehalten werden kann. Zusammenfassend kann die interne Ausweichmöglichkeit in der Instrumentenabteilung als vielversprechende Variante angesehen werden, da die Rückstandskosten entfallen würden und die Möglichkeit genutzt wird, die nicht ausgelastete Anlage optimal auszugleichen. Es ist jedoch zu beachten, dass diese Variante nur eine kurzfristige Lösung darstellt und der Bedarf ab dem Jahr 2025 nicht mehr gedeckt werden kann, da die Nachfrage auch in der Instrumentenabteilung noch zunehmen wird.

12. Bewertung der Lösung

Im Folgenden werden alle Varianten mit Hilfe der Präferenzmatrix und der Nutzwertanalyse bewertet und die beste Lösung aufgezeigt und empfohlen.

12.1 Präferenzmatrix

Anhand der Präferenzmatrix wurden die Kriterien miteinander verglichen. Die Kriterien wurden aus dem Brainstorming übernommen. Das Ergebnis respektive die Gewichtung wird dann für die Nutzwertanalyse weiter benötigt.

| | | a | b | c | d | e | f | g |
|---|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|------------|-------------|
| | | Realisierbarkeit des Projektes | Kapazitätssteigerung | Mitarbeiterzufriedenheit | Produktqualität | Prozessstabilität | Kosten | Liefertreue |
| a | Realisierbarkeit des Projektes | | b | a | d | e | a | g |
| b | Kapazitätssteigerung | | | b | d | e | b | g |
| c | Mitarbeiterzufriedenheit | | | | d | e | c | g |
| d | Produktqualität | | | | | d | d | d |
| e | Prozessstabilität | | | | | | e | g |
| f | Kosten | | | | | | | g |
| g | Liefertreue | | | | | | | |
| | | 2 10.50% | 3 15.80% | 1 5.30% | 6 31.60% | 2 10.50% | 0 0.00% | 5 26.30% |

Tabelle 31: Präferenzmatrix

12.2 Nutzwertanalyse

In der Nutzwertanalyse werden alle Kriterien noch einmal bewertet und mit der Gewichtung multipliziert, was in der Summe die Punktevergabe für jedes der vorgestellten Kriterien ergibt.

| Nr | Kriterium | Gewichtung | Variante 1 | | Variante 2 | | Variante 3 | |
|----|--------------------------------|------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| | | | Bewertung | Punkte | Bewertung | Punkte | Bewertung | Punkte |
| 1 | Realisierbarkeit des Projektes | 10.5 | 4 | 42 | 4 | 42 | 5 | 210 |
| 2 | Kapazitätssteigerung | 15.8 | 3 | 47.4 | 5 | 79 | 4 | 63.2 |
| 3 | Mitarbeiterzufriedenheit | 5.3 | 3 | 15.9 | 5 | 26.5 | 2 | 10.6 |
| 4 | Produktqualität | 31.6 | 4 | 126.4 | 5 | 158 | 4 | 126.4 |
| 5 | Prozessstabilität | 10.5 | 3 | 31.5 | 5 | 52.5 | 2 | 21 |
| 6 | Kosten | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 |
| 7 | Liefertreue | 26.3 | 3 | 78.9 | 5 | 131.5 | 2 | 52.6 |
| | | | | 342.1 | | 489.5 | | 483.8 |

Tabelle 32: Nutzwertanalyse

| | |
|---|---------------|
| 1 | sehr schlecht |
| 2 | schlecht |
| 3 | genügend |
| 4 | gut |
| 5 | sehr gut |

Tabelle 33: Bewertungsskala

12.3 Entscheidung, Begründung und Empfehlung

Aufgrund der Nutzwertanalyse und der Bewertung aller drei Varianten einschliesslich des Vergleiches zueinander, erzielte die Variante 2 «Neubeschaffung der Laserbeschriftungsanlage» mit 489,5 Punkten das beste Ergebnis. Ausschlaggebend dafür war, dass diese Variante bei den fünf wichtigsten Kriterien die höchste Punktzahl erreichte. Auch wurden alle unsere Anforderungen mit dieser Variante erreicht. Somit haben wir im Team entschieden, dass die Variante 2 «Neubeschaffung der Laserbeschriftungsanlage» dem Management empfohlen wird.

13. Projektabschluss

13.1 IST-Projekttablaufplanung

Nun wurde der Projekttablaufplan aus Kapitel 4.7 wieder aufgegriffen und der effektive IST-Projekttablaufplan dargestellt. Zusätzlich wurden hier die Kick-Off-Meetings mit dem Projektteam und dem Diplomehrer dargestellt, die mit einem "Stern" gekennzeichnet wurden. Im Vergleich zum geplanten Projekttablauf wurde mehr Zeit für die IST-Situationsanalyse und die Datensammlung benötigt als geplant. Im Gegenzug benötigte ich für die Variantenbildung weniger Zeit als geplant.

| Monate | | Terminplan | | Januar | | | | Februar | | | | März | | | | April | | | | Mai | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|------------|------------|--------|----|----|----|---------|----|----|----|------|----|----|----|-------|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|
| | | | | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | Kw | | |
| Kalenderwoche 2023 | | Start | Ende | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| Tätigkeiten | | Start | Ende | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Themeneingabe | Phase 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Informationen/Vorgaben Diplomarbeit | 24.10.2022 | 26.10.2022 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Themensuche | 02.01.2023 | 27.01.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Themenabgabe | - | 03.02.2023 | | | | | ◆ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Start Diplomarbeit | Phase 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Zieldefinierung | 03.04.2023 | 06.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | IST-Situationsanalyse | 07.04.2023 | 17.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Problematik | 07.04.2023 | 17.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projektziele | 12.04.2023 | 17.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projektrahmen | 12.04.2023 | 17.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Kick-Off Meeting (Diplomlehrer) | 18.04.2023 | 18.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Vorstudie & Hauptstudie | Phase 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Detaillierte Situationsanalyse | 19.04.2023 | 22.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projektziele | 19.04.2023 | 22.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Kick-Off Meeting (Projektteam) | 24.04.2023 | 24.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lösungssuche | 24.04.2023 | 24.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Variantenbildung 1 | 25.04.2023 | 27.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Variantenbildung 2 | 28.04.2023 | 30.04.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Variantenbildung 3 | 01.05.2023 | 03.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Meeting (Diplomlehrer) | 03.05.2023 | 03.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vergleich der Varianten | 04.05.2023 | 05.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Meeting (Projektteam) | 05.05.2023 | 05.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projektabschluss | 06.05.2023 | 08.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Projektcontrolling | 06.05.2023 | 08.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Meeting (Diplomlehrer) | 09.05.2023 | 09.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Präsentation | Phase 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Definition Präsentationsinhalt | 10.05.2023 | 14.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Vorbereiten Präsentation | 10.05.2023 | 14.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Übergabe | Phase 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Abgabe Diplomarbeit | - | 15.05.2023 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Abbildung 28: IST-Projekttablaufplanung

13.2 Projektcontrolling

Aus dem Kapitel 4.8 wurden die geplanten Projektkosten entnommen und die endgültigen Ausgaben, sowie die Kosten erneut erfasst und dokumentiert. Die effektiven Kosten belaufen sich auf **CHF 29'110.-**.

| Funktion | Stunden | Stundensatz | Total in CHF |
|---------------------------------------|---------|-------------|----------------------|
| Plant Project Leader | 200 | 100 | 20'000 |
| Senior Workcell Manager Manufacturing | 15 | 150 | 2'250 |
| Group Leader Production Planning | 13 | 120 | 1'560 |
| Process Engineering Supervisor | 20 | 100 | 2'000 |
| Quality Engineer | 10 | 90 | 900 |
| Manufacturing Engineer | 30 | 80 | 2'400 |
| Kosten Total: | | | <u>29'110</u> |

Tabelle 34: Projektcontrolling

13.3 Zielcontrolling

Durch die zweite Variante – Neubeschaffung der Anlage ist es möglich, folgende Ziele zu erreichen:

Quantitative Ziele

| Quantitative Ziele | Ergebnis | Erreichung |
|---------------------------------------|---|------------|
| Produktivität steigern bis 31.12.2023 | Mit der Variante 2 - Neubeschaffung der Anlage könnte die Produktivität gesteigert werden, da zwei Anlagen zur Verfügung stehen würden. | ✓ |
| Kapazitätserweiterung um 40 % | Mit der Neubeschaffung der Anlage hätte man eine Kapazitätserweiterung von 52 %. | ✓ |
| Ausfallzeit verhindern bis 31.12.2023 | Die Ausfallzeiten würden ebenfalls verhindert werden, weil wir eine Ausweichmöglichkeit hätten. | ✓ |

Tabelle 35: Zielcontrolling, Quantitative Ziele

Qualitative Ziele

| Qualitative Ziele | Ergebnis | Erreichung |
|---|--|------------|
| Anlagestabilität gewährleisten | Eine neue Anlage ist in der Regel zuverlässiger und benötigt weniger Wartung als eine ältere oder veraltete Anlage. | ✓ |
| Produktqualität beibehalten | Eine Neuanschaffung der Anlage kann dazu beitragen, die Produktqualität beizubehalten, da eine neue Anlage in der Regel präziser arbeitet und weniger fehleranfällig ist als eine ältere oder veraltete Anlage. | ✓ |
| Arbeitsbelastung der Mitarbeiter reduzieren | Die Mitarbeiter müssen bei einer neuen Anlage nicht ständig im 3-Schicht-Betrieb arbeiten, da die neue Anlage eine höhere Leistungsfähigkeit hat und mit der zusätzlich vorhandenen Anlage eine Ausweichmöglichkeit besteht. | ✓ |

Tabelle 36: Zielcontrolling, Qualitative Ziele

Erfolgskriterien

| Erfolgskriterien | Ergebnis | Erreichung |
|--|---|------------|
| Eine Steigerung der Anzahl beschrifteter Teile, um mindestens 40 % im Vergleich zur aktuellen Produktionskapazität zu erreichen. | Mit der neuen Anlage und ohne zusätzliches Personal, kann die Produktionskapazität um 52 % gesteigert werden. | ✓ |
| Die Reduzierung der Durchlaufzeiten soll um mindestens 25 % im Vergleich zur aktuellen Produktionszeit sein. | Die Durchlaufzeit mit der neuen Anlage beträgt nur noch 40 Sekunden pro Stück im Vergleich zu der bestehenden Anlage mit einer Durchlaufzeit von 60 Sekunden, was eine Reduzierung der Durchlaufzeit um 33,35 % darstellt. | ✓ |
| Mindestens 99.9 % der beschrifteten Teile den Qualitätsstandards des Unternehmens entsprechen. | Da alle Teile zu 100 % kontrolliert werden, kann sichergestellt werden, dass mindestens 99,9 % der gekennzeichneten Teile den Qualitätsstandards des Unternehmens entsprechen. Mit der neuen Anlage ist keine Qualitätsverminderung zu erwarten. | ✓ |
| Eine Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit um mindestens 15 % im Vergleich zur aktuellen Situation erreichen. | Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit um mindestens 15 % gegenüber der derzeitigen Situation, da die Mitarbeiter nicht in 3 Schichten arbeiten müssen und ihre Arbeitsleistung aufrechterhalten können, da 2 Anlagen zur Verfügung stehen und eine Ausweichmöglichkeit besteht. | ✓ |

Tabelle 37: Zielcontrolling, Erfolgskriterien

13.4 Schlusswort

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch die Neuanschaffung der Laserbeschriftungsanlage Verbesserungen erzielt werden können, die zur Erreichung der gesetzten Ziele beitragen. In diesem konkreten Fall konnte durch die Neuanschaffung der Laserbeschriftungsanlage eine Steigerung der Produktivität und Produktqualität erreicht, die Durchlaufzeiten verkürzt und die Mitarbeiterzufriedenheit erhöht werden.

14. Reflexion

Ich kann aus dieser Diplomarbeit mitnehmen, dass der Zeitdruck und der Aufwand zu Beginn der Arbeit oft unterschätzt werden und dass dies zu einem Problem werden kann. Es ist oft eine Herausforderung, den Zeit- und Arbeitsaufwand für eine Arbeit richtig einzuschätzen, vor allem, wenn es sich um ein grösseres Projekt handelt. Es ist wichtig, einen realistischen Zeitplan zu erstellen und genügend Zeit für die verschiedenen Phasen der Arbeit einzuplanen, einschliesslich Recherche, Planung, Schreiben und Überarbeitung. Ich hatte eine gute Zusammenarbeit und Kommunikation mit meinem Team respektive meinem Betreuer, der mir auch half, Fortschritte zu machen und Hindernisse zu überwinden. Dank der Einhaltung des Zeitplans und der guten Zusammenarbeit konnte ich meine Arbeit jedoch pünktlich und mit einem guten Gefühl abgeben. Ich bin sehr zufrieden, dass ich rechtzeitig angefangen habe und regelmässig Fortschritte gemacht habe, um Zeitdruck und Stress am Ende zu vermeiden.

14.1 Lessons learned

Aus meinem abgeschlossenen Projekt oder meiner Erfahrung konnte ich die folgenden Lessons Learned für mein Projekt ziehen:

- Eine realistische Zeitschätzung und ein gut durchdachter Zeitplan sind entscheidend für den Erfolg eines Projekts.
- Eine gute Zusammenarbeit und Kommunikation innerhalb des Teams können helfen, Probleme zu lösen und den Fortschritt zu beschleunigen.
- Regelmässige Überprüfung des Fortschritts kann helfen, den Überblick zu behalten und möglicherweise auf mögliche Probleme zu reagieren.
- Die Bedeutung einer einfachen Recherche und Planung, bevor man mit der Arbeit beginnt.
- Die Bedeutung von Pausen und Erholung, um Erschöpfung zu vermeiden.
- Dass die Variante 2 nur sehr knapp vor der Variante 3 durch die gute Berechnung und Auswertung der verschiedenen Tools gewonnen hat.
- Ohne all diese Auflistungen und Berechnungen, hätten wir uns wahrscheinlich für die falsche Variante entschieden. Dies hätte Jabil mehr Geld gekostet und das eigentliche Problem wäre in ein paar Jahren wieder aufgetreten und hätte nochmals ein neues Projekt erfordert.

14.2 Danksagung

Ich möchte mich für die hervorragende Unterstützung und Anleitung während meiner Diplomarbeit bei meinem Vorgesetzten, Projektteam und meinem Diplomlehrer bedanken. Ohne die wertvollen Ratschläge und Anregungen wäre es mir nicht gelungen, in der vorgegebenen Zeit eine so umfangreiche und anspruchsvolle Arbeit abzuliefern.

Die Geduld und Verständnis des ganzen Teams haben mir in schwierigen Momenten geholfen und mich ermutigt, meine Fähigkeiten weiterzuentwickeln und zu verbessern. Ich habe von ihnen nicht nur fachliches Wissen und technische Fertigkeiten gelernt, sondern auch wichtige Soft Skills wie Teamfähigkeit, Kommunikation und Organisation.

Besonders möchte ich mich für die regelmässigen Feedbacks bedanken, die ich von ihnen erhalten habe. Ihre Kritik war konstruktiv und hat mich dazu ermutigt, meine Arbeit stetig zu verbessern. Ich habe gelernt, wie wichtig es ist, sich von Anfang an mit seinem Thema auseinanderzusetzen und sich selbst immer wieder zu hinterfragen. Ich bin sehr dankbar für ihre Unterstützung und ihre Zeit, die sie mir gewidmet haben. Ich bin stolz darauf, dass ich meine Diplomarbeit erfolgreich abschliessen konnte.

15. Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und sowohl wörtliche als auch sinngemäss verwendete Textteile, Grafiken oder Bilder kenntlich gemacht habe.

Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt worden.

Ort, Datum, Unterschrift: Niederbipp, 15.05.2023, Blatancic

16. Anhang

16.1 Abkürzungsverzeichnis

| Abkürzung: | Bedeutung: |
|------------|---------------------------------------|
| CCN | Completion Confirmation Number |
| ELB | Einlippenbohrer |
| ESK | Erststückkontrolle |
| FAUF | Fertigungsauftrag |
| FAA-PA | Prüfanweisung |
| FDM | Fertigungs Daten Management |
| FHM | Fertigungshilfsmittel |
| GDP | Good-Documentation-Practice |
| GMP | Good Manufacturing Practice |
| h | Stunden |
| IQ | Installationsqualifikation |
| KVP | Kontinuierlicher Verbesserungsprozess |
| Lux | Beleuchtungsstärke |
| NC | Nonconformances |
| nm | Nanometer |
| OQ | Operational Qualification |
| PA | Prüfanweisung |
| PLM | Product Lifecycle Management |
| PQ | Performance Qualification |
| QMS | Qualitätsmanagementsystem |
| SAP | Systemanalyse Programmentwicklung |
| Stk. | Stück |
| TMV | Test Method Validation |
| TTM-MI | TruTops Mark – Module Interface |

Tabelle 38: Abkürzungsverzeichnis

16.2 Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Jabil Standorte weltweit | 8 |
| Abbildung 2: Produkte der Firma Jabil | 9 |
| Abbildung 3: Jabil Supply Chain | 9 |
| Abbildung 4: Prozessschritte..... | 11 |
| Abbildung 5: Vorgehensweise..... | 12 |
| Abbildung 6: Projektteam | 13 |
| Abbildung 7: Projektablaufplanung..... | 14 |
| Abbildung 8: Auswertung Risikoanalyse | 15 |
| Abbildung 9: Nails Produkte..... | 16 |
| Abbildung 10: Prozess - Mechanischer Bereich | 18 |
| Abbildung 11: Prozess - Vor Finish..... | 18 |
| Abbildung 12: Prozess - Finish | 20 |
| Abbildung 13: Layout Abteilung Nails | 22 |
| Abbildung 14: Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000..... | 22 |
| Abbildung 15: Bedarfs und Absatzmenge 2021 2022 | 27 |
| Abbildung 16: Forecast | 29 |

Abbildung 17: Nagel Produkte 30
 Abbildung 18: SWOT-Analyse IST-Situation 31
 Abbildung 19: Brainstorming 33
 Abbildung 20: Laserkopf TRUMPF 34
 Abbildung 21: SWOT-Analyse Variante 1 37
 Abbildung 22: Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000 mit mehr Zubehör 39
 Abbildung 23: Layout Variante 2 40
 Abbildung 24: SWOT-Analyse Variante 2 43
 Abbildung 25: Trumpf TruMark Station 5000 Instrumentenabteilung 44
 Abbildung 26: Prozessablauf Variante 3 44
 Abbildung 27: SWOT-Analyse Variante 3 47
 Abbildung 28: IST-Projektplanung 50
 Abbildung 29: Pflichtenheft 59
 Abbildung 30: Angebot Laserkopf 69
 Abbildung 31: Angebot Laserbeschriftungsanlage TruMark Station 5000 mit Ersatz 72

16.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erfolgskriterien und Endergebnisse 12
 Tabelle 2: Projektkosten 14
 Tabelle 3: Risikoanalyse 15
 Tabelle 4: Hauptprozessablauf Laserbeschriften 25
 Tabelle 5: Berechnung potenziell maximale Auslastung 26
 Tabelle 6: Berechnung Stillstände Anlage 26
 Tabelle 7: Berechnung effektive Anlagenkapazität 26
 Tabelle 8: Berechnung Output 2021 27
 Tabelle 9: ungeplante Stillstände 2022 27
 Tabelle 10: Berechnung Output 2022 28
 Tabelle 11: Bedarf der nächsten Jahre 28
 Tabelle 12: Backorder Kosten 30
 Tabelle 13: Endergebnisse und Erfolgskriterien Projektziel 32
 Tabelle 14: Vor- und Nachteile Variante 1 34
 Tabelle 15: Potenziell maximale Auslastung Variante 1 35
 Tabelle 16: Berechnung Mehraufwand im 3-Schichtbetrieb 35
 Tabelle 17: Kosteneinsparung Variante 1 35
 Tabelle 18: Aufwand und Kosten Variante 1 36
 Tabelle 19: Pay Back Variante 1 36
 Tabelle 20: Vor- und Nachteile Variante 2 40
 Tabelle 21: Potenziell maximale Auslastung Variante 2 40
 Tabelle 22: Berechnung 1 Mehraufwand, Variante 2 41
 Tabelle 23: Berechnung 2 Mehraufwand, Variante 2 41
 Tabelle 24: Kosteneinsparung Variante 2 41
 Tabelle 25: Aufwand und Kosten Variante 2 42
 Tabelle 26: Pay Back Variante 2 42
 Tabelle 27: Vor- und Nachteile Variante 3 45
 Tabelle 28: Potenziell maximale Auslastung Variante 3 45
 Tabelle 29: Berechnung Mehraufwand Variante 3 46

| | |
|---|----|
| Tabelle 30: Aufwand und Kosten Variante 3 | 46 |
| Tabelle 31: Präferenzmatrix | 48 |
| Tabelle 32: Nutzwertanalyse | 48 |
| Tabelle 33: Bewertungsskala | 48 |
| Tabelle 34: Projektcontrolling | 51 |
| Tabelle 35: Zielcontrolling, Quantitative Ziele | 51 |
| Tabelle 36: Zielcontrolling, Qualitative Ziele | 51 |
| Tabelle 37: Zielcontrolling, Erfolgskriterien | 52 |
| Tabelle 38: Abkürzungsverzeichnis | 55 |

16.4 Literaturverzeichnis

Zusammenfassung von: *Jabil.com*

Zusammenfassung von: *Trumpf.com*

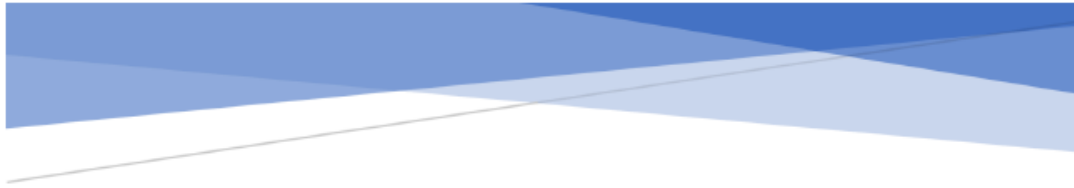
16.5 Quellenverzeichnis

<https://jabil.sharepoint.com/en/Pages/home.aspx>

https://www.trumpf.com/de_CH/produkte/laser/beschriftungslaser/trumark-6030/

https://www.trumpf.com/de_CH/produkte/maschinen-systeme/markiersysteme/trumark-station-5000/

16.6 Pflichtenheft

**DIPLOMARBEIT 2023****Pflichtenheft**

Neubeschaffung oder Prozessoptimierung der
Laserbeschriftungsanlage

Diplomandin
Kasandra Blatancic
Jabil Switzerland Manufacturing GmbH
Muracherstrasse 3, Bettlach 2544
b.kasandra@hotmail.com
Tel.: +41 76 801 14 97

Klasse: O-Tup-20-Sa
Studium: Technikerin HF Unternehmensprozesse

Studienort
TEKO Schweizerische Fachschule
Belchenstrasse 90
4600 Olten

TEKO

Abbildung 29: Pflichtenheft

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|---|
| 1. Einleitung | 2 |
| 2. Vorstellung Unternehmen | 2 |
| 3. Ausgangslage | 2 |
| 3.1 Nachfrage nach den hergestellten Produkten | 3 |
| 3.2 Maximale Kapazität der vorhandenen Laserbeschriftungsanlage | 5 |
| 3.3 Backorder Kosten | 5 |
| 3.4 Abgrenzung | 5 |
| 3.5 Problematik IST-Zustand | 5 |
| 3.6 Zielsetzung | 6 |
| 3.7 Endergebnisse und Erfolgskriterien | 6 |
| 3.8 Sinn und Zweck | 6 |
| 4. Vorgehensweise | 7 |
| 5. Fachexperte | 8 |
| 6. Freigabe des Pflichtenhefts | 9 |

1. Einleitung

Das Pflichtenheft dient dazu, die Anforderungen des Auftraggebers zu formulieren. Es wird vom Auftragnehmer erstellt und enthält Informationen darüber, wie der Auftragnehmer das Geforderte umsetzen will. Darin wird die Zielsetzung festgehalten. Unterstützung gibt es auch durch einen Dozenten der TEKO-Fachschule, unter anderem auch durch den Auftraggeber. Zum Schluss wird die Arbeit durch den Experten bewertet. Um das HF-Studium erfolgreich abzuschliessen, ist eine Diplomarbeit erforderlich, für die man 6 Wochen Zeit hat. Der Abgabetermin für die Diplomarbeit ist der 15. Mai 2023.

2. Vorstellung Unternehmen

Jabil ist ein US-amerikanisches Unternehmen und wurde 1966 in Detroit gegründet. Damals spezialisierte sich das Unternehmen auf die Herstellung von Leiterplatten. Da es viele Grossaufträge von Grossunternehmen übernehmen konnte, hat es sich inzwischen als Fertigungsdienstleister für elektronische Bauteile etabliert. Das Unternehmen beschäftigt weltweit rund 260.000 Mitarbeiter und ist an mehr als 100 Standorten tätig. In den letzten Jahren hat Jabil elektronische Komponenten an die Automobil-, Transport-, Kommunikations-, Militär-, Luft- und Raumfahrtindustrie usw. geliefert. Dadurch hat das Unternehmen auch Fachwissen in der Auftragsfertigung erworben, was ihm einen Vertrag, die so genannte strategische Zusammenarbeit mit Johnson & Johnson und die Übernahme aller Produktionsstätten von DePuy Synthes in der Schweiz einbrachte. Dies bedeutet, dass Jabil nun medizinische Produkte in der Schweiz herstellt und Johnson & Johnson diese unter demselben Namen verkauft.

In der Schweiz verfügt das Unternehmen über sieben Produktionsstätten an den folgenden Standorten: Bettlach, Grenchen, Le Locle, Mezzovico, Raron, Hägendorf und Balsthal. An diesen Standorten werden Implantate, Biomaterialien und Instrumente entwickelt und produziert. Die medizinischen Produkte von Jabil sind in die folgenden Kategorien unterteilt: Traumatologie, Wirbelsäulenchirurgie, Kranio-Maxillofazial-Chirurgie, Elektrowerkzeuge sowie Biomaterialien.

3. Ausgangslage

In der Abteilung Nails Finish im Jabil Werk in Bettlach ist derzeit nur eine Laserbeschriftungsanlage in Betrieb. Die identische zweite Anlage, die zur Verfügung stand, wurde verschrottet, weil sie häufig zu Ausfallzeiten führte. Grund: schwache Laserleistung, häufige Fehlermeldungen durch veraltete Sensoren und weniger verfügbare Achsen, das heisst es können weniger Teile beschriftet werden, da die Handhabung aufwendiger ist.

Der Grundriss zeigt die Abteilung Nägel im Erdgeschoss des Werks Bettlach. Der rot markierte Bereich ist die Finish-Abteilung, die in zwei Bereiche unterteilt ist: Nassfinish und Trockenfinish (Final Inspection). Im Nassfinish Bereich wird der Laserbeschriftungsprozess durchgeführt. Auf dem Layout sind die beiden Laserbeschriftungsanlagen 1 und 2 markiert.



- 1 = Laserbeschriftungsanlage: Trumpf TruMark Station 5000 (bestehend)
- 2 = Laserbeschriftungsanlage: Trumpf TruMark Station 5000 (verschrottet)

Die Laserbeschriftungsanlage TRUMPF TruMark Station 5000, ist ein serienmässiges Laserbeschriftungssystem des Herstellers TRUMPF, bestehend aus der Anlage TRUMPF TruMark Station 5000, der Software TRUMPF TruTops Mark und dem TruTops Mark - Module Interface (TTM - MI), dies ist eine konfigurierte Software für die Laserbeschriftungsmaschine. Die Anwendung wird zur Ausführung von CNC-Programmen für den Laserätzvorgang verwendet. Die geätzten Informationen beziehen sich ausschliesslich auf die Rückverfolgbarkeit von Produkten (z.B. Chargennummer, Artikel und zusätzliche Informationen). Das System dient zum Beschriften von Nägeln, Schrauben, Klingen und Hülsen mit einem Laserstrahl.

3.1 Nachfrage nach den hergestellten Produkten

Neben den Nägeln werden auch Klingen, Endcaps, Hülsen und Schrauben hergestellt, die zusätzliche Komponenten für ein Nagelsystem darstellen. Diese werden bei dieser Arbeit nicht berücksichtigt. In der Tabelle ist ersichtlich, dass die Nachfrage nach Tibia, Recon und TFNA-Nägeln zunimmt, daher werde ich mich auf die Produktfamilien für Nägel beschränken, da diese das grösste Volumen aufweisen.

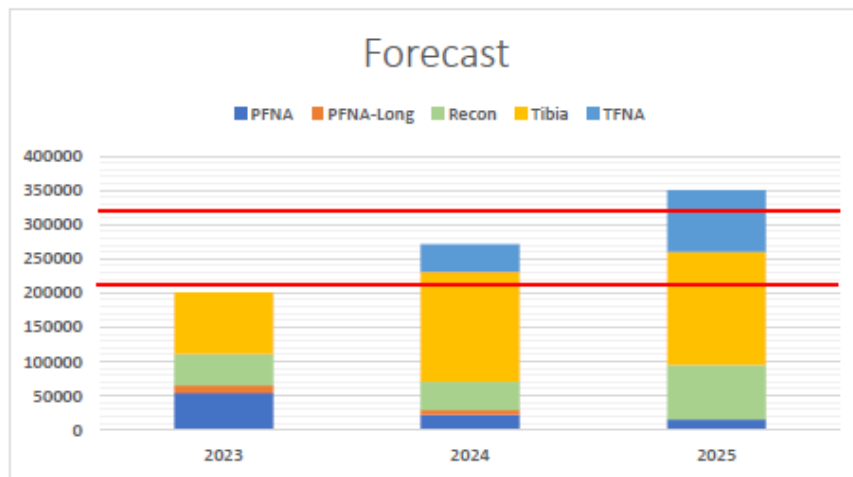
Zu den Nagelfamilien gehören: PFNA-Standard, PFNA-Long, Recon-Nägeln und Tibia-Nägeln. Diese unterscheiden sich in diversen Längen, Durchmesser und Langlöchern. Darüber hinaus wird das Nagelsortiment ab Januar 2024 um die TFNA-Nägeln erweitert. Die Nachfrage nach TFNA-Nägeln wird jährlich steigen und in naher Zukunft die PFNA-Nägeln ersetzen.

Die aufgezeigte Planung für die nächsten Jahre bezieht sich auf die Produktionsanlagen in 2- und 3-Schichtbetrieb.

| Terminplan | 2023 | | | | |
|------------------|--------|-----------|--------|---------|---------|
| Produkt Nägel | PFNA | PFNA-Long | Recon | Tibia | Total |
| Forecast | 53'966 | 11'316 | 45'302 | 90'087 | 200'671 |
| Kapazität (16/5) | 48'000 | 8'000 | 62'000 | 134'666 | 252'666 |
| Kapazität (24/5) | 72'000 | 12'000 | 93'000 | 202'000 | 379'000 |

| Terminplan | 2024 | | | | | |
|------------------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| Produkt Nägel | PFNA | PFNA-Long | Recon | Tibia | TFNA | Total |
| Forecast | 22'562 | 6'673 | 41'575 | 160'230 | 39'840 | 270'880 |
| Kapazität (16/5) | 16'666 | 6'000 | 28'666 | 108'000 | 26'666 | 252'666 |
| Kapazität (24/5) | 25'000 | 9'000 | 43'000 | 162'000 | 40'000 | 379'000 |

| Terminplan | 2025 | | | | | |
|------------------|--------|-----------|--------|---------|---------|---------|
| Produkt Nägel | PFNA | PFNA-Long | Recon | Tibia | TFNA | Total |
| Forecast | 15'000 | 0 | 80'000 | 165'000 | 90'000 | 350'000 |
| Kapazität (16/5) | 13'333 | 0 | 60'000 | 112'666 | 66'666 | 252'666 |
| Kapazität (24/5) | 20'000 | 0 | 90'000 | 169'000 | 100'000 | 379'000 |



Die roten Linien zeigen die maximale Kapazität einer Laserbeschriftungsanlage im 2- und 3-Schichtbetrieb, die ab dem Jahr 2024 nicht mehr im 2-Schicht-Betrieb gedeckt werden kann. Ab dem Jahr 2025 kann der Bedarf selbst im 3-Schicht-Betrieb nicht mehr gedeckt werden, wenn nichts weiter unternommen wird. Die Berechnung der beiden Linien ergeben sich aus dem nachfolgenden Kapitel.

Linie 1 = 212'160 Stück (2-Schichtbetrieb)

Linie 2 = 318'240 Stück (3-Schichtbetrieb)

3.2 Maximale Kapazität der vorhandenen Laserbeschriftungsanlage

Die Tabelle zeigt das Kapazitätvolumen bei maximaler Auslastung der bestehenden Laserbeschriftungsanlage im 2-Schicht-Betrieb. Es ist zu erkennen, dass der Bedarf ab 2024 mit einer Laserbeschriftungsanlage im 2-Schicht-Betrieb nicht mehr gedeckt werden kann, da nur noch 212'160 Stück mit einer Anlage bearbeitet werden können. Ab 2025 wird es sogar im 3-Schicht-Betrieb ein Problem geben, da dann lediglich 318'240 Stück bearbeitet werden können. Die Berechnungen wurden grob ohne Ausfallzeiten usw. berechnet.

| | |
|--|---|
| Berechnung pro Serie | 1 Min. (Taktzeit) x 24 Stk. (Losgrösse) = 24 Min. |
| Berechnung Serien pro Stunde | 60 Min. : 24 Min = 2.5 Serien |
| Berechnung Serien pro Tag in 2-Schichten | 2.5 x 16 h (2-Schicht) = 40 Serien |
| Berechnung Serien im Jahr | 40 x 221 (Arbeitstage im Jahr) = 8'840 Serien |
| Berechnung Stk. pro Jahr (1 Anlage) in 2-Schichten | 8'840 x 24 Stk. (Losgrösse) = <u>212'160 Stk.</u> |
| Berechnung Stk. pro Jahr (1 Anlage) in 3-Schichten | 212'160 Stk : 2 = 106'080 Stk x 3 = <u>318'240 Stk.</u> |

3.3 Backorder Kosten

Im Durchschnitt kostet ein Nagelprodukt 140 CHF. Da ab dem Jahr 2025 der Bedarf nicht mehr gedeckt werden kann, würde dies eine theoretische Backorder Summe von 4'446'400 CHF ergeben.

| | |
|-------------------------------|---|
| Kosten Nagel Produkt | 140.- CHF |
| Anzahl Backorder im Jahr 2025 | 350'000 Stk. (Bedarf 2025) – 318'240 Stk = 31'760 Stk. |
| Kosten Backorder | 31'760 Stk. x 140.- CHF = <u>4'446'400 CHF</u> |

3.4 Abgrenzung

Ein Nail-System besteht aus folgenden Komponenten: Nägel, Klingen, End Caps, Hülsen und Schrauben. Ich beziehe mich nur auf die Nägel-Produkte, weil diese die höhere Nachfrage haben. Wie in der Tabelle ersichtlich ist, werde ich den Fokus auf die Nägel setzen, weil diese das grösste Volumen aufweisen. Die Produktion erfolgt über mehrere Maschinen und Bereiche, gefolgt vom Vor-Finish und abschliessend dem Finish-Bereich. Das Projekt bezieht sich auf eine Prozessoptimierung im Finish-Bereich "Laserbeschriftung". Die Berücksichtigung der nachfolgenden Prozesse ist nicht Gegenstand dieses Projekts.

3.5 Problematik IST-Zustand

Die folgenden Probleme wurden nachgewiesen:

- Die Nachfrage der Nägel Produkten steigt für die nächsten Jahre
- Verschrottet: eine Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000
- Bestehend: eine Laserbeschriftungsanlage Trumpf TruMark Station 5000
- Bestehende Anlage: kann den Bedarf für die nächsten Jahre nicht decken
- Bestehende Anlage: keine X- und Y-Achse nur Z-Achse vorhanden → muss in zwei Aufspannungen aufgeteilt werden
- Zeitaufwendige Erstellung von CNC-Programmen mit den jeweiligen Freigabeprozeduren
- Das gesamte Beschriftungsfeld kann nicht genutzt werden → geringer Laserspektrum
- Beschriftungsfeld: 120x120mm → effektive Ausnutzung: 50x50mm
- Minimum Laserleistung → alte Laseranlage
- Keine Ausweichmöglichkeit bei Ausfällen

3.6 Zielsetzung

Das Ziel dieses Projekts ist, mehr Teile gleichzeitig zu beschriften, um die steigende Nachfrage zu erfüllen und das Risiko von Ausfallzeiten aufgrund von Engpässen in der Produktion zu minimieren. Durch die gleichzeitige Beschriftung mehrerer Teile kann die Produktivität gesteigert werden, was dazu beiträgt, die Durchlaufzeiten zu verkürzen und die Kundenzufriedenheit zu verbessern. Das Ziel ist es, die Effizienz der Produktion zu erhöhen und gleichzeitig die Qualität der beschrifteten Teile aufrechtzuerhalten.

Quantitative Ziele

- Produktivität steigern bis 31.12.2023
- Kapazitätserweiterung um 40%
- Ausfallzeit verhindern bis 31.12.2023

Qualitative Ziele

- Anlagestabilität gewährleisten
- Produktqualität beibehalten
- Arbeitsbelastung der Mitarbeiter reduzieren

3.7 Endergebnisse und Erfolgskriterien

Ausgehend von den oben beschriebenen Zielen werden nun die Endergebnisse, sowie die Erfolgskriterien beschrieben. Damit soll aufgezeigt werden was notwendig ist, um die Ziele zu erreichen.

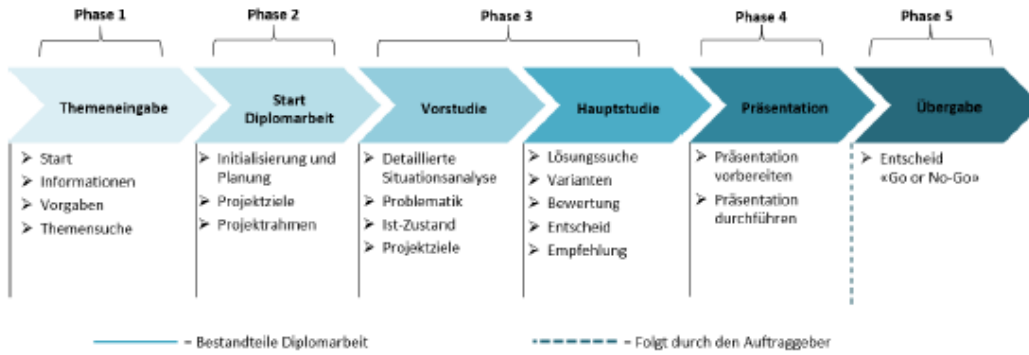
| Endergebnisse | Erfolgskriterien |
|---|---|
| Anzahl beschrifteter Teile: Ein primäres Ziel ist es, die Anzahl der beschrifteten Teile pro Zeiteinheit zu erhöhen, um die steigende Nachfrage zu erfüllen und das Risiko von Engpässen in der Produktion zu minimieren. | Eine Steigerung der Anzahl beschrifteter Teile, um mindestens 40% im Vergleich zur aktuellen Produktionskapazität zu erreichen. |
| Durchlaufzeiten: Eine Steigerung der Produktivität durch die gleichzeitige Beschriftung mehrerer Teile sollte dazu beitragen, die Durchlaufzeiten zu verkürzen. | Die Reduzierung der Durchlaufzeiten soll um mindestens 25% im Vergleich zur aktuellen Produktionszeit sein. |
| Qualität der beschrifteten Teile: Trotz der Steigerung der Produktivität durch die gleichzeitige Beschriftung mehrerer Teile ist es wichtig, dass die Qualität der beschrifteten Teile aufrechterhalten wird. | Mindestens 99.9% der beschrifteten Teile den Qualitätsstandards des Unternehmens entsprechen. |
| Mitarbeiterzufriedenheit: Es ist wichtig, dass die Mitarbeiter mit dem neuen Prozess und den Änderungen zufrieden sind. | Eine Steigerung der Mitarbeiterzufriedenheit um mindestens 15% im Vergleich zur aktuellen Situation erreichen. |

3.8 Sinn und Zweck

Diese Diplomarbeit soll dem Unternehmen eine optimierende Unterstützung erbringen. Dieses Projekt ist darauf ausgerichtet, die Bedarfsmenge zu decken, Ausfallzeiten zu vermeiden, mehr Teile gleichzeitig zu beschriften und die Anlagenstabilität zu gewährleisten.

4. Vorgehensweise

Die Vorgehensweise ist in 5 Phasen gegliedert. Die Schritte sind in den einzelnen Phasen ersichtlich. Im Folgenden werden die verschiedenen Projektphasen erläutert und beschrieben.



| Meilenstein | Endergebnisse | Erfolgskriterien |
|-------------|---------------------------|--|
| 1 | Themeneingabe | Zu Beginn dieser Phase war ich auf der Suche nach einem Thema für meine Abschlussarbeit. Gemeinsam mit meinem Vorgesetzten habe ich mir einige Themen herausgesucht. Da das Projekt des Laser-Beschriftungssystems schon seit einiger Zeit ein Thema war, beschloss ich, dieses Projekt in Angriff zu nehmen. |
| 2 | Start Diplomarbeit | Um das Projekt erfolgreich durchführen zu können, wurde in dieser Phase die Beteiligung weiterer Projektmitglieder vereinbart. Nachdem die Ist-Situation und die Probleme besprochen wurden, werden gemeinsam im Team die Rahmenbedingungen festgelegt. Ebenfalls wird in der Phase "Initialisierung und Planung" das Unternehmen beschrieben. |
| 3 | Vorstudie und Hauptstudie | In dieser Phase werden die aktuelle Situation und die Probleme im Detail analysiert und erläutert. Gleichzeitig werden mit verschiedenen Methoden optimale Lösungen gesucht und bewertet. Nach Abschluss der Bewertung wird dem Unternehmen das beste Ergebnis empfohlen. |
| 4 | Präsentation | In der dritten Phase wird die Präsentation vorbereitet und die Ergebnisse werden vorgestellt. |
| 5 | Übergabe | Am Ende wird dem Management eine Empfehlung vorgelegt, die aufzeigt, welche der Lösungen umgesetzt werden kann. |

5. Fachexperte

Die Rolle des Fachexperten wird von Leandro Blandini übernommen er ist auch der Auftraggeber des Projekts. Er wird bei der Festlegung der technischen Anforderungen mitwirken und das Pflichtenheft genehmigen. Als Leiter der Fertigungs- und Prozesstechnik im Werk Jabil Bettlach verfügt er über das nötige Know-how und die Erfahrung, um sicherzustellen, dass die Anforderungen und Vorgaben eingehalten werden.

Darüber hinaus spielt er eine entscheidende Rolle bei der Bewertung der Arbeit auf der Grundlage der TEKO-Spezifikationen. Dabei stellt er sicher, dass die Arbeit den Qualitätsstandards entspricht und dass die Lösung den Bedürfnissen des Unternehmens gerecht wird. Zudem unterstützt er mich, um die Arbeit erfolgreich abzuschliessen und die Erwartungen zu erfüllen.

KONTAKTDATEN

Name: Leandro Blandini
Funktion: Process Engineering Supervisor II, Manufacturing Engineering
Adresse: Jabil Switzerland Manufacturing GmbH
 Muracherstrasse 3, Bettlach 2544
Mail: leandro_blandini@jabil.com
Tel.: +41 79 701 52 85



Pflichtenheft | Diplomarbeit

TEKO

6. Freigabe des Pflichtenhefts

Hiermit wird das vorliegende Pflichtenheft für das Projekt den beteiligten Personen zur Weiterführung freigegeben.

Fachexperte

Ort, Datum

Bettlach, 24.03.2023

Leandro Blandini

L. Blandini

Projektleiterin

Ort, Datum

Bettlach, 24.03.2023

Kasandra Blatancic

Blatancic

16.6 Angebot Trumpf Laserkopf

TRUMPF Schweiz AG
 Neuhofstrasse 12
 CH-6340 Baar



TRUMPF Schweiz AG . Neuhofstrasse 12 . CH-6340 Baar

Jabil Switzerland
 Manufacturing GmbH
 Im Bifang 6
 4614 Hägendorf

Versandanschrift
 Jabil Switzerland
 Manufacturing GmbH
 Muracherstrasse 3
 2544 Bettlach

| ANGEBOT | |
|--|--------------------------|
| Angebot: | 22309085 |
| Kundennummer: | 257653 |
| Bitte auf allen Schriftstücken angeben | |
| Seite: | 1 von 3 |
| Datum: | 03.05.2023 |
| Gültig von: 03.05.2023 bis: 04.07.2023 | |
| 7299599 / TruMark 6130 Laserkopf Ihre Anfrage: | |
| vom: | 02.05.2023 |
| Ihre Zeichen: | Kasandra Blatancic |
| Unsere Zeichen: | Zarko Puzovic |
| Telefon: | +41 (58) 2577174 |
| Fax: | 058 2577160 |
| E-Mail: | zarko.puzovic@trumpf.com |

Lieferung erfolgt unter Eigentumsvorbehalt zu unseren Bedingungen.

TruMark 6130 (TMS) / E0852A0586
 7299599

Die Verfügbarkeit der Ersatzteile wird bei Bestelleingang aktuell abgeklärt.
 Stand 03.05.2023: Die Ersatzteile sind innerhalb von 2-3 Tagen ab Bestelleingang lieferbar.
 Zwischenverkauf vorbehalten.

| Pos. | Material-Nr. Bezeichnung | Menge | ME | Preis in CHF | Preiseinheit | Betrag in CHF |
|-------|---|-------|-----|------------------|--------------|------------------|
| 00010 | 1461603 TruMark 6130 Laserkopf (SP) Verfügbar ab: 03.05.2023 Xchange: Für das defekte Ersatzteil erhalten Sie evtl. eine Restgutschrift bis 4 Jahre Bauteilalter. | 1 | ST | 70.350,00 | 1 ST | 70.350,00 |
| 00020 | 1519822 Verbindungskabel TruMark 6000 3m Liefertermin folgt. | 1 | ST | 3.150,00 | 1 ST | 3.150,00 |
| 00030 | 0791226 Q-Switch-Treiber A281 kpl Verfügbar ab: 03.05.2023 | 1 | ST | 3.680,00 | 1 ST | 3.680,00 |
| 00040 | 0970105 Rüstpauschale | 0,5 | STD | 172,00 | 1 STD | 86,00 |

Bankverbindung: CREDIT SUISSE, 6300 Zug
 Clearing Nr.: 4835
 CHF-Konto: 343180-91
 EUR-Konto: 343180-92-5

SWIFT/BIC: CRESCHZZ80A
 IBAN: CH53 0483 5034 3180 9100 0
 IBAN: CH78 0483 5034 3180 9200 5

MWST/VAT-Nr.: CHE-103.864.888 MWST

Abbildung 30: Angebot Laserkopf

TRUMPF Schweiz AG
 Neuhofstrasse 12
 CH-6340 Baar



Jabil Switzerland
 Manufacturing GmbH
 Im Bifang 6
 4614 Hägendorf

| ANGEBOT | |
|----------|-----------------|
| Angebot: | 22309085 |
| Datum: | 03.05.2023 |
| Seite: | 2 von 3 |

| Pos. | Material-Nr. Bezeichnung | Menge | ME | Preis in CHF | Preiseinheit | Betrag in CHF |
|------------------|---|-------------|-----|-----------------|--------------|------------------|
| | Verfügbar ab: | 03.05.2023 | | | | |
| 00050 | 0970107 Arbeitszeit Die Arbeitszeit ist ein Richtwert, der effektive Aufwand gemäss Einsatz-Rapport wird in Rechnung gestellt. Verfügbar ab: | 10,0 | STD | 172,00 | 1 STD | 1.720,00 |
| 00060 | 0970108 Fahrzeit Verfügbar ab: | 2,5 | STD | 157,00 | 1 STD | 392,50 |
| 00070 | 0970109 Fahrkosten Verfügbar ab: | 240 | KM | 1,00 | 1 KM | 240,00 |
| 00080 | 0970110 Uebernachtung Verfügbar ab: | 1 | ST | 200,00 | 1 ST | 200,00 |
| Summe Positionen | | | | | | 79.818,50 |
| Mehrwertsteuer | | | | | | 6.146,02 |
| Endbetrag | | | | | | 85.964,52 |

Lieferung/Leistung erfolgt zu unseren Bedingungen

Zahlungsbedingungen: Innerhalb 30 Tagen netto
 Lieferbedingungen: DAP At Place/Benannter Ort
 Versandart: Special Service

Anmerkung zum Export

Die Ausfuhr / Verbringung / innerschweizerische Lieferung der von TRUMPF zu liefernden
 Produkte
 bei Weiter-/ Direktlieferung in Länder außerhalb der Schweiz kann unter bestimmten
 Bedingungen (Produkt, Bestimmungsland, Endabnehmer, etc.) entsprechend dem

Bankverbindung: CREDIT SUISSE, 6300 Zug
 Clearing Nr.: 4835
 CHF-Konto: 343180-91
 EUR-Konto: 343180-92-5

SWIFT/BIC: CRESCHZ80A
 IBAN: CH53 0483 5034 3180 9100 0
 IBAN: CH78 0483 5034 3180 9200 5

MWST/VAT-Nr.: CHE-103.864.888 MWST

TRUMPF Schweiz AG
Neuhofstrasse 12

CH-6340 Baar

TRUMPF



Jabil Switzerland
Manufacturing GmbH
Im Bifang 6
4614 Hägendorf

| ANGEBOT | |
|----------|------------|
| Angebot: | 22309085 |
| Datum: | 03.05.2023 |
| Seite: | 3 von 3 |

schweizerischen Güterkontrollgesetz, der Güterkontrollverordnung (Dual-Use) oder den US-Reexportbestimmungen (EAR) einer Genehmigungspflicht unterliegen.

Bitte setzen Sie sich im Bedarfsfall mit Ihrem zuständigen Ansprechpartner bei TRUMPF in Verbindung - sofern Sie nicht bereits darauf hingewiesen wurden.

Im Falle der Ausfuhrgenehmigungspflicht nach dem schweizerischen Güterkontrollgesetz, der Güterkontrollverordnung (Dual-Use) oder dem US-Reexportrecht, erfolgt die Lieferung ins Ausland vorbehaltlich der Erteilung der Genehmigung durch die für die Schweiz zuständige Behörde SECO (Staatssekretariat für Wirtschaft, Bern) bzw. durch das Bureau of Industry and Security (BIS) der USA (Beschränkungen nach dem US-Recht; gilt für Reexport von US-Waren).

In Bezug auf Inlandslieferungen an exportierende Unternehmen weisen wir darauf hin, dass diese Unternehmen selbst für das Beantragen der vorgenannten Ausfuhrgenehmigung verantwortlich sind.

Der Versand genehmigungspflichtiger Produkte durch TRUMPF (=Versender) im Auftrag von exportierenden Unternehmen (=Ausführer) kann nur dann erfolgen, wenn der Exporteur TRUMPF eine Kopie der erforderlichen Genehmigung vorlegt.

Der Käufer verpflichtet sich, TRUMPF sämtliche Informationen und Dokumente (z.B. Endverbleibserklärung für eine Ausfuhrgenehmigung etc.) zur Verfügung zu stellen, die im Bedarfsfall von TRUMPF angefordert werden.

Bankverbindung: CREDIT SUISSE, 6300 Zug
Clearing Nr.: 4835
CHF-Konto: 343180-91
EUR-Konto: 343180-92-5

SWIFT/BIC: CRESCHZ80A
IBAN: CH53 0483 5034 3180 9100 0
IBAN: CH78 0483 5034 3180 9200 5

MWST/VAT-Nr.: CHE-103.864.888 MWST

16.7 Angebot Laserbeschriftungsanlage TruMark Station 5000 mit Ersatz

Angebot



Jabil Switzerland Manufacturing GmbH
 Muracherstrasse 3
 2544 Bettlach
 Schweiz

**TruMark Station 5000 mit TruMark
 6030 (Ersatz E0852A0586)**

Angebotsnummer: 00027073/1 vom 03.05.2023
 gültig bis: 04.08.2023



Alle Abbildungen sind Beispiele. Das Produkt kann vom Bild abweichen.

Ihr Ansprechpartner im Außendienst bei TRUMPF

Herr Remo Tanneberger
 Neuhofstrasse 12
 6340 Baar

Telefon
 E-Mail

+41 79 529 48 99
 Remo.Tanneberger@trumpf.com

Schweiz

Ihr Ansprechpartner im Innendienst bei TRUMPF

Anna Di Verde
 Neuhofstrasse 12
 6340 Baar
 Schweiz

E-Mail

MattiaAnna.DiVerde@trumpf.com

Abbildung 31: Angebot Laserbeschriftungsanlage TruMark Station 5000 mit Ersatz

Angebot



Inhaltsverzeichnis

| | |
|-------------------------|---|
| 1. Angebotsumfang | 3 |
| 2. Zubehör | 5 |

Angebot



1. Angebotsumfang

| | | |
|-------------------------------------|---|------|
| Arbeitsstation | | |
| 1010 | TruMark Station 5000 (Klasse 1) | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Ergonomisch gestalteter Sitz-/Steharbeitsplatz (Laserklasse 1) | |
| Erweiterungen Arbeitsstation | | |
| 1020 | X-Y-Achse TruMark Station 5000 | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Auf Maschinengestell montierter X- und Y- Linearschlitten betrieben durch programmgesteuerte Antriebe (Schrittmotoren) | |
| 1030 | Integr. Absaugung TruMark Station 5000 | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Absaugung im Maschinengestell integriert und über PU-Schlauch mit dem Arbeitsraum verbunden | |
| 1040 | Schutzfilter 200 x 100 mm (1064 nm) | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Schutzfilter vor Laserstrahlung mit der Wellenlänge 1064 nm • Material: Glas | |
| Lasengerät | | |
| 1050 | TruMark 6030 (L026) | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Markierlaser TruMark 6030 (L026) mit laseraktivem Medium Yb:YAG und der Wellenlänge 1030 nm • Interne Fokuslagensteuerung • Pilotlaser zur Simulation des Markierinhaltes mittels Laserdiode • Hochpräzise Strahlableitvorrichtung für die Wellenlänge 1030 nm • Versorgungsgerät mit Steuerungseinheit inkl. Stromversorgung, Q-switch-Treiber, Steuerelektronik - ausgeführt als 19" Einschubvariante • Externer akustooptischer Modulator zur Modulierung der Laserpulse • Interne Leistungsregelung des Laserresonators | |
| 1060 | Markiervolumen 125x125x50 mm ³ (1030 nm) | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Fokussierlinse für 1030 nm mit Adapterplatte • Markiervolumen von 125 x 125 x 50 mm³ • Brennweite f = 300 mm | |

Angebot



| | | |
|-------------|--|-------------|
| 1070 | Bedienpaket Standard | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • 21,5" Monitor: Netzkabel 1,8 m und Verbindungskabel 1,8 m (Videokabel und USB-Kabel), Gewicht 4,97 kg • Tastatur (Kabellänge 1,75 m) und Maus zur Bedienung des Markierlasers | |
| 1080 | Steuerrechner Standard 19" | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Steuerrechner als 19" Einschub ausgeführt mit Windows Betriebssystem | |
| 1090 | Lizenz TruTops Mark 2 Basis | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Softwarelizenz zur Nutzung von TruTops Mark 2 in Verbindung mit einem TruMark Markierlaser | |
| 1100 | Navigator | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Softwarebasierter Assistent zur Ermittlung geeigneter Laserparameter für kundenspezifische Anwendungen | |
| 1110 | Bildfeld-Segmentierung | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Software-Option für das Beschriften von großen Werkstückflächen über das Markierfeld hinaus, zum Palettieren von Werkstücken sowie für die Umfangbeschriftung zylindrischer Werkstücke | |
| 1120 | Tippbetrieb der Achsen | 1 ST |



Angebot

2. Zubehör

| | | |
|------|--|------|
| 1130 | Verpackung TruMark Station 5000 | 1 ST |
| 2000 | 2 Jahre Gewährleistung TruMark Station 5000 | 1 ST |
| 3000 | Transport TruMark Station 5000 | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Inbetriebnahme und Einweisung • Inklusive Fahrkosten und Übernachtungskosten bei mehrtägigen Einsätzen • Hinweis: Wird die Inbetriebnahme aufgrund kundenseitig verursachter Wartezeiten verzögert, wird der zusätzliche Aufwand mit unseren üblichen Serviceansätzen verrechnet | |
| 4000 | Aufstellung und Inbetriebnahme TruMark Station 5000 | 1 ST |
| | <ul style="list-style-type: none"> • Inbetriebnahme und Einweisung • Inklusive Fahrkosten und Übernachtungskosten bei mehrtägigen Einsätzen • Hinweis: Wird die Inbetriebnahme aufgrund kundenseitig verursachter Wartezeiten verzögert, wird der zusätzliche Aufwand mit unseren üblichen Serviceansätzen verrechnet | |

Gesamtpreis

94.290,00 CHF

zzgl. gesetzl. MwSt.