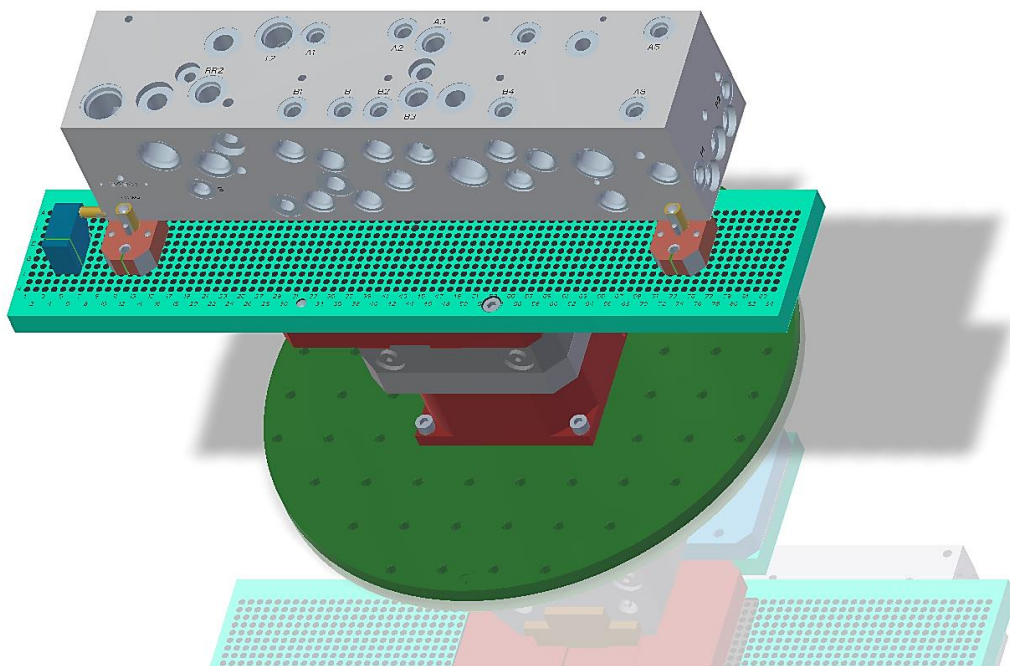


Diplomarbeit

«Entwicklung einer universellen Spannvorrichtung für
das Wasserstrahlentgraten von
kubischen Hydraulikblöcken»

Eingereicht an der
TEKO Schweizerische Fachschule Bern

für den Dipl. Maschinenbautechniker/in HF, Klasse: B-TMA-21-T-a



Vorgelegt von:
Mario Zürcher

Frutigen, 06. November 2024

1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis	1
2	Management Summary	2
2.1	Problemstellung	3
2.2	Aufgabenstellung	4
2.2.1	Ist-Situation	4
2.2.2	Soll-Situation	4
2.3	Anforderungsliste	5
3	Spannvorrichtung	6
3.1	Finale Spannvorrichtung	6
3.1.1	Kraftspanner und Grundplatten	6
3.1.2	Spannplatten	7
3.1.3	Spannbacken	8
3.1.4	Anschlag	8
3.1.5	Universelle Spannvorrichtung «Stecksystem»	9
4	Projektauswertung	10
4.1	Ausblick	10
4.2	Reflexion	10
4.3	Lessons learned	11
4.4	Schlusswort	12
4.5	Dank	12
5	Eigenständigkeitserklärung	13
6	Abbildungsverzeichnis	14
7	Tabellenverzeichnis	14

2 Management Summary

Diese Diplomarbeit befasst sich mit der Konstruktion und Entwicklung einer universellen Spannvorrichtung für das Wasserstrahlentgraten von kubischen Hydraulikblöcken. Bisher wird für jedes Werkstück eine spezifische Spannvorrichtung entwickelt und hergestellt, was zu hohen Entwicklungs- und Herstellungskosten führt. Die hohe Anzahl dieser Vorrichtungen verursacht einen hohen Umrichtaufwand. Dazu kommt, dass die Vorrichtungen viel Lagerkapazität benötigen, dies führt wiederum zu zusätzlichen Kosten.

Ziel dieser Arbeit ist es, ein Lösungskonzept zu entwickeln, das für kubische Hydraulikblöcke verwendet werden kann. Dadurch sollen die hohen Entwicklungs- und Herstellungskosten gesenkt sowie der zeitaufwendige Umrichtaufwand und der benötigte Lagerplatz reduziert werden. Die universelle Spannvorrichtung soll nach ihrer Herstellung unter Vorbehalt von Anpassungen an der Maschine sofort im Betrieb einsatzbereit sein, die Umrüstzeit um 80% verkürzen und die Prozesssicherheit gewährleisten. Zusätzlich soll der Return on Investment (ROI) innerhalb von weniger als fünf Jahren erreicht werden.

Zu Beginn der Arbeit wurde eine umfassende Analyse der bestehenden Spannvorrichtungen, der Vector Jet-Anlagen und der Werkzeugdüsen durchgeführt. Diese Analyse dient als Grundlage für die Entwicklung der universellen Spannvorrichtung.

Die Arbeit gliedert sich in mehrere Phasen, von der Informations- und Analysephase über die Konzept- und Entwicklungsphase bis hin zur Ausarbeitung der finalen universellen Spannvorrichtung.

Dabei wurden aus der Analysephase zwei Mindmaps erstellt, welche die Grundlage des morphologischen Kastens bilden. In der Konzeptentwicklung wurden vier Konzepte erarbeitet und untersucht, wobei das Lösungskonzept «Stecksystem» als Konzeptfavorit herausstach. Zudem wurde es mit den meisten Gesamtpunkten bewertet. Das System basiert auf zwei Spannplatten mit einem Lochraster, das eine flexible Steckpositionierung der Spannbacken ermöglicht, um unterschiedliche Werkstückdimensionen abzudecken.

Das flexible und schnelle Umstecken der Spannvorrichtung ermöglicht eine erhebliche Zeitersparnis, da der Umrüstprozess deutlich vereinfacht wird. Durch die neue Spannvorrichtung kann die Umrüstzeit von knapp 10 Minuten auf unter 2 Minuten reduziert werden, was einer Einsparung von 80% entspricht.

Bezogen auf die Wirtschaftlichkeit zeigt sich, dass durch die Verwendung der universellen Spannvorrichtung «Stecksystem» jährlich etwa 89'000 CHF eingespart werden können. Diese Einsparung kommt dadurch zustande, dass die Umrüstzeit reduziert wird und nicht mehr für jedes Werkstück eine eigene Spannvorrichtung hergestellt werden muss. Die Investitionskosten für das neue Konzept betragen rund 170'000 CHF. Der Return on Investment wird bereits nach weniger als zwei Jahren erreicht, was das ganze Projekt wirtschaftlich sehr attraktiv macht.

Abschliessend lässt sich sagen, dass die universelle Spannvorrichtung «Stecksystem» nicht nur die Umrüstzeit um 80% reduziert, sondern auch langfristig erhebliche Kosten einspart. Sie erhöht die Flexibilität und Effizienz des Wasserstrahlentgratprozesses und trägt zur Optimierung des gesamten Produktionsablaufs bei. Die Investition amortisiert sich in weniger als zwei Jahren und führt danach zu einer deutlichen wirtschaftlichen Entlastung des Unternehmens.

2.1 Problemstellung

In der Hydraulik sind sehr genaue Fertigungstoleranzen, saubere und feine Oberflächen sowie absolut gratfreie Werkstücke besonders wichtig. Um dies sicherzustellen, werden diese Bauteile nach der spanabhebenden Bearbeitung und einer Handentgratung zusätzlich noch wasserstrahlentgratet. Dadurch werden die letzten Grate entfernt und die Bohrungen werden von Rückständen wie Öl und Schmutz befreit und gereinigt.

Für diesen Prozess werden die Anlagen (Vector Jet) der Abteilung Wasserstrahlentgraten von den Mitarbeitern auftragsbezogen eingerichtet.

Um mögliche Fehlbeladungen zu vermeiden, die zu einer Kollision mit den Wasserstrahldüsen in der Anlage führen könnten, entwickelt und konstruiert die Abteilung Industrial Engineering spezielle Spannvorrichtungen. Diese Vorrichtungen stellen sicher, dass die kubischen Hydraulikblöcke nur in der vorgegebenen Lage eingespannt werden können.

Nach dem Einrichten der Anlagen werden diese von den Mitarbeitern kontinuierlich mit den Werkstücken be- und entladen. Abhängig von der Auftragslage werden die Wasserstrahlanlagen in zwei bis drei Schichten betrieben.

Die Herstellung dieser Spannvorrichtungen ist sehr aufwendig und kostenintensiv. Zudem ist der Konstruktionsaufwand für jede Vorrichtung sehr hoch, da jeder Artikel zuerst auf die Eignung und Machbarkeit für das Wasserstrahlentgraten geprüft werden muss.

Pro Werkstückartikel werden vier Vorrichtungsplatten benötigt, die jeweils einen Lagerplatz beanspruchen. Bei einer Variantenvielfalt von mehreren hundert Hydraulikblöcken führt dies zu einem enormen Platzbedarf.

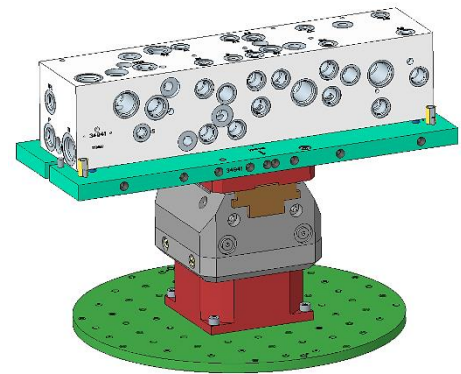


Abb. 1: Spannvorrichtung Vector Jet

2.2 Aufgabenstellung

Die vorliegende Diplomarbeit befasst sich mit der Entwicklung und Konstruktion einer universellen Spannvorrichtung für das Wasserstrahlentgraten. Auf dieser Vorrichtung sollen kubische Hydraulikblöcke mit Wasser entgratet und gewaschen werden.

2.2.1 Ist-Situation

Gemäss Auftrag holt der Bediener die passende Spannvorrichtung, welche aus vier Platten bestehen, aus einem Schubladenstock, in dem sie zwischengelagert wird. Anschliessend montiert der Bediener mittels je vier Schrauben diese Vorrichtungsplatten auf den Schraubspanner. Gemäss Einrichtblatt wird das Werkstück sorgfältig auf die vorgegebene Position der Spannvorrichtung gelegt und schliesslich gespannt. Anschliessend erfolgt der Wasserstrahlprozess in der Anlage. Nachdem das Werkstück mit Wasser entgratet und gewaschen wurde, öffnet sich die Tür und der Artikel kann herausgenommen werden.

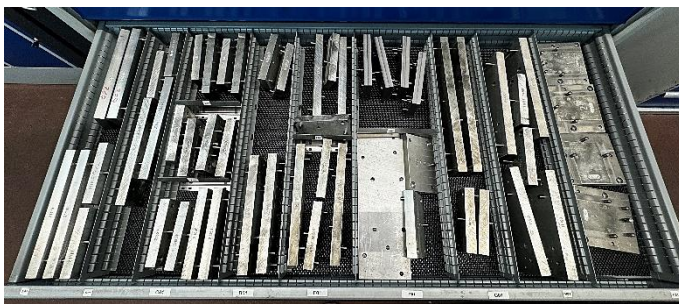


Abb. 2: Lagerplatz Spannvorrichtungsplatten

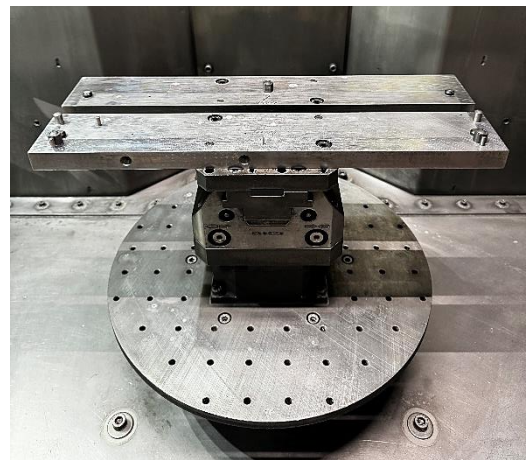


Abb. 3: Spannvorrichtung

2.2.2 Soll-Situation

Das Bereitstellen der Spannvorrichtung sowie der gesamte Umrüstprozess der Anlage verursacht einen hohen Aufwand. Zudem ist es nicht wirtschaftlich, für jeden einzelnen Hydraulikblock eine Spannvorrichtung zu konstruieren und später herstellen zu lassen. Hinzu kommen die Kosten für das Konstruieren, das Material und die Herstellung. Nicht zu vergessen ist, dass jede Vorrichtung seinen eigenen Lagerplatz im Unternehmen beansprucht. Um all diese Aspekte reduzieren zu können, soll im Rahmen dieser Arbeit eine universelle Spannvorrichtung entwickelt und konstruiert werden, damit gegebenenfalls nur noch eine Spannvorrichtung für möglichst viele Werkstücke benötigt wird.

2.3 Anforderungsliste

Am Schluss der Analysephase werden die neu gewonnenen Erfahrungen und Informationen verarbeitet und analysiert. Diese werden genutzt, um eine Anforderungsliste für das Projekt zu erstellen. Sie dient der klaren Definition und Priorisierung der Projektziele und bildet zudem die Grundlage für neue Ideen und Entwicklungen.

ID-Nummer	Beschreibung	F/M/W
1.1	Spannbereich kleinstes Werkstück: 40x40x60 mm (BxHxL)	F
1.2	Spannbereich grösstes Werkstück: 160x160x500 mm (BxHxL)	F
1.3	Werkstückgewicht: maximal 40kg	F
1.4	Materialien müssen Umgebungsbedingungen* standhalten	F
1.5	Die Umrüstzeit soll um 80% verkürzt werden	F
1.6	Prozesssicherheit gewährleisten (z.B. Poka Yoke ect.)	F
1.7	Return on Investment (ROI) < 5 Jahre	F
1.8	Werkstücke müssen beschädigungsfrei gespannt werden	F
1.9	Zugänglichkeit der Werkstücke durch die Werkzeuge (Düsen) der Anlage	F
1.10	Positionierung der Werkstücke mittels einstellbaren Anschlags (o.Ä.) mit einer Wiederholgenauigkeit von mindestens ± 0.2 mm	M
1.11	Bauteilesauberkeit beachten	M
1.12	Werkstücke müssen mit mindestens 5.8 kN gespannt werden	M
1.13	Vorhandenen Kraftspanner verwenden	W
1.14	Konstruktionsrichtlinien einhalten	W
1.15	Einstellbereich der Werkstückpositionierung ablesbar	W
1.16	Wartungsarme Spannvorrichtung	W
1.17	Eine mögliche Automatisierung beachten	W
1.18	Ersatzteile erhältlich und einfach austauschbar	W
1.19	Einfache Montage vor Ort	W

Tabelle 1: Anforderungsliste

F: Festforderungen / M: Mindestforderungen / W: Wünsche / *: Gegebenheiten

3 Spannvorrichtung

3.1 Finale Spannvorrichtung

In diesem Abschnitt wird das finale Ergebnis der Spannvorrichtung «Stecksystem» beschrieben und vorgestellt.

3.1.1 Kraftspanner und Grundplatten

Als Grundlage kann der bestehende SCHUNK-Kraftspanner übernommen und verwendet werden. Dieser bildet die Basis der Vorrichtung. Zwei Grundplatten bilden das Zwischenstück der Vorrichtung, darunter ist der Spanner und darüber wird die universelle Spannvorrichtung «Stecksystem» befestigt. Diese Grundplatten haben Nuten eingefräst, damit die Positionierung auf dem Spanner optimal gewährleistet werden kann. Als Befestigung dienen je 6 Zylinderschrauben. Um die Spannplatten der Vorrichtung zu positionieren, werden pro Grundplatte zwei spezielle, aufgehobene Bohrbüchsen 400-V-016439 eingepresst.

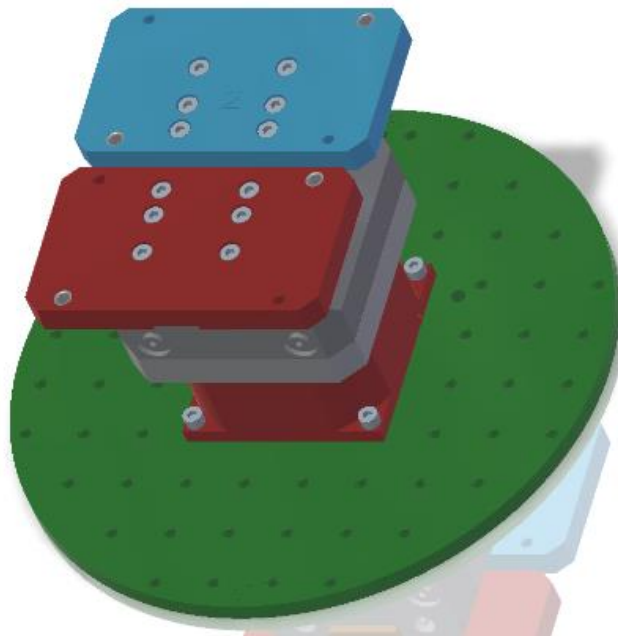


Abb. 4: 3D-Modell Kraftspanner und Grundplatten

3.1.2 Spannplatten

Die zwei Spannplatten werden mithilfe von eingepressten Zylinderstiften auf den Grundplatten positioniert und jeweils mit zwei Zylinderschrauben befestigt.

Die Spannplatten bestehen aus dem Material 2316-S (1.2085 - X33CrS16) und verfügen über zahlreiche Bohrungen, die ein Lochraster bilden. Die Positionierung der Spannbacken erfolgt auf diesem Raster durch einfaches Stecken.

Um eine prozesssichere Positionierung der Spannbacken und des Anschlags zu gewährleisten, wurden auf der Spannplatte neben dem Lochraster Buchstaben und Zahlen graviert. Dies ermöglicht eine präzise Orientierung, ähnlich dem Prinzip des Spiels «Schiffe versenken». Dadurch wird sichergestellt, dass das Werkstück richtig angeschlagen und gespannt wird.

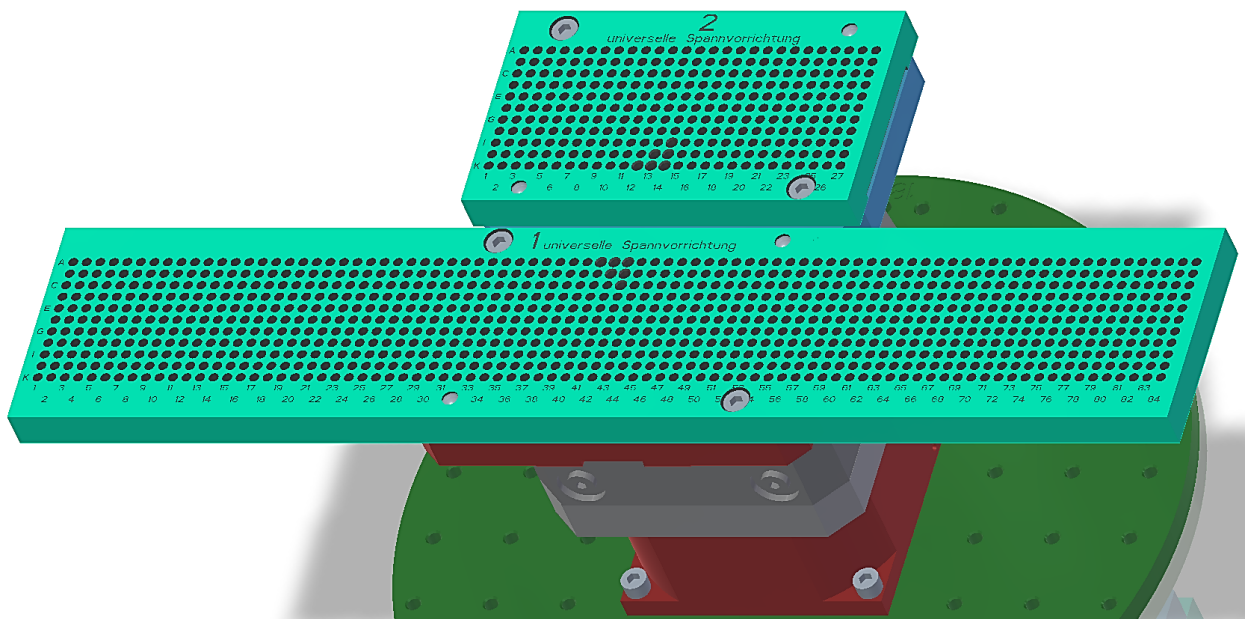


Abb. 5: 3D-Modell Spannplatten

3.1.3 Spannbacken

Die Spannbacken der Vorrichtung werden, wie auch die Spannplatten, aus 2316-S (1.2085 - X33CrS16) hergestellt. Zwei eingepresste Zylinderstifte sorgen für eine präzise Positionierung auf den Spannplatten. Um eine stabile und werkstückschonende Spannung zu gewährleisten, wird eine speziell entwickelte Spannbüchse verwendet, die eine Eigenkonstruktion der Firma ist und sich schon seit mehreren Jahren bewährt hat. Der Zylinderstift hinter der Spannbüchse ermöglicht den Winkelausgleich der Werkstücke und verhindert, dass sich die Spannbüchse dreht.

Die axiale Sicherung der Spannbacken geschieht mittels Spanndorn, ein Normteil, welches eingekauft wird. Um eine falsche Positionierung der Spannbacken vorzubeugen, wird eine Kerbe (grün im 3D-Bild) als Orientierungshilfe eingefräst. Diese Kerbe erleichtert die exakte Positionierung der Spannbacken auf dem Lochraster.

Bei der langen Spannbacke wurde zusätzlich ein Absatz abgefräst, um die Auflagefläche des Werkstücks zu verkleinern und somit das Risiko des «Festklebens» zu minimieren.

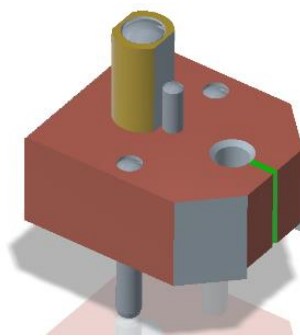


Abb. 6: 3D-Modell Spannbacke kurz

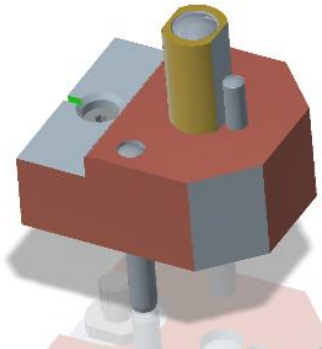


Abb. 7: 3D-Modell Spannbacke lang

3.1.4 Anschlag

Der seitliche Anschlag besteht aus einem Block und einem Drehteil. Die Positionierung des Anschlags geschieht mit zwei Zylinderstiften, die, wie bei den Spannbacken, in das Lochraster gesteckt werden. Zudem wurde, wie auch bei den Spannbacken, eine Kerbe eingefräst, um dem Bediener die genaue Steckposition zu erleichtern. Der Anschlag, welcher das Werkstück berührt, ist aus rostfreiem Stahl.

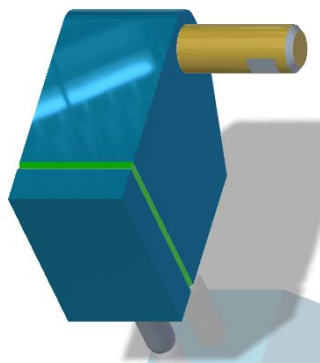


Abb. 8: 3D-Modell Anschlag

3.1.5 Universelle Spannvorrichtung «Stecksystem»

Die Spannvorrichtung besteht aus zwei Spannplatten, drei Spannbacken und einem Anschlag. Die Spannbacken lassen sich flexibel auf dem Lochraster der Spannplatten positionieren, wodurch die Vorrichtung universell für unterschiedliche dimensionierte kubische Werkstücke verwendet werden kann. Diese einfache Bauweise ermöglicht eine schnelle Positionierungsanpassung, wodurch die Umrichtzeit deutlich reduziert werden kann.

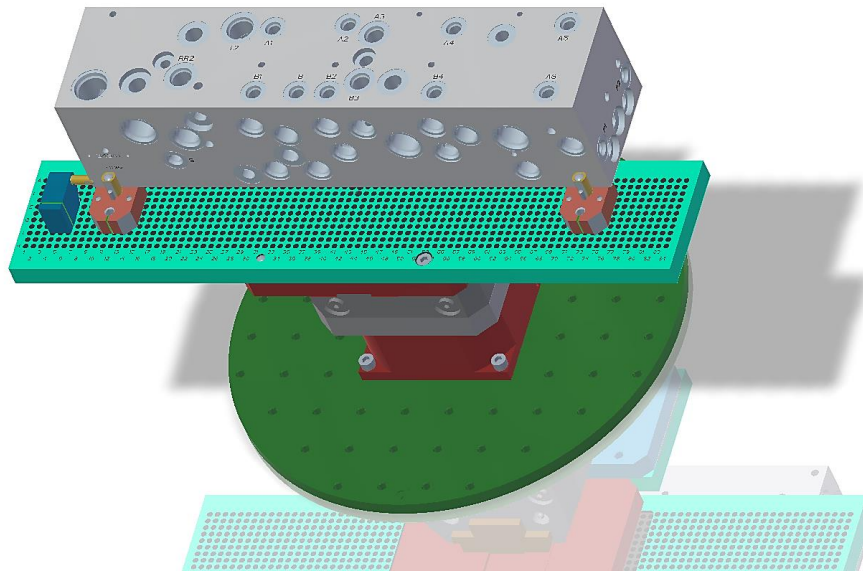


Abb. 9: Universelle Spannvorrichtung vorne

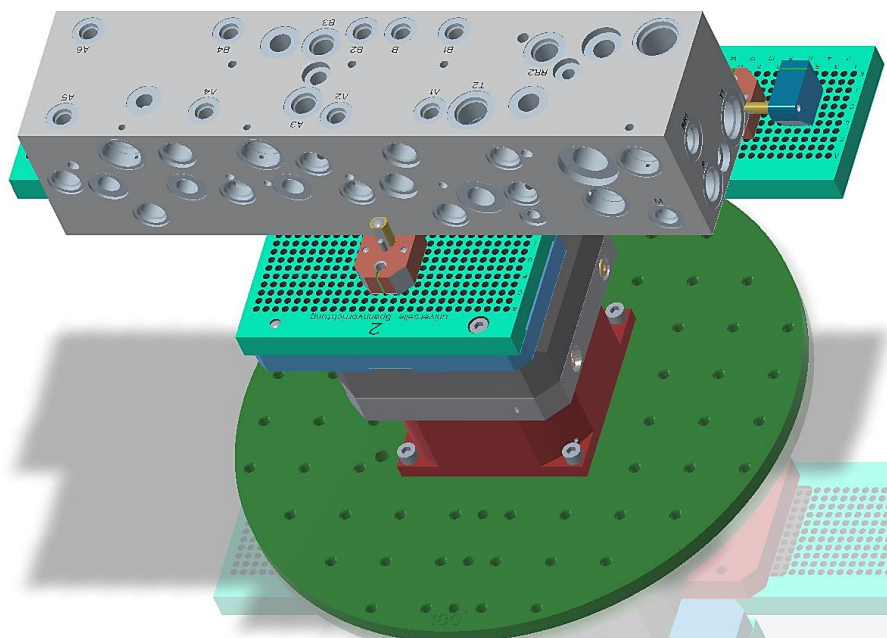


Abb. 10: Universelle Spannvorrichtung hinten

4 Projektauswertung

4.1 Ausblick

Nach Abschluss des Projekts wird als nächster Schritt die Einzelteilzeichnungen erstellt, damit die universelle Spannvorrichtung «Stecksystem» vollständig fertiggestellt und ein Prototyp hergestellt werden kann. Mögliche Lösungsansätze, um die Werkstücke indirekt spülen zu können, müssen noch weiterverfolgt und überprüft werden. Dies ist nicht Teil der aktuellen Diplomarbeit.

Die Abklärungen zur Automatisierung werden weiterverfolgt. Erste Gespräche sowie Anpassungen an Maschinen, Anlagen, Werkzeugdüsen und Hochdruckpumpen haben bereits während der Diplomarbeitszeit mit der Firma Piller Entgrattechnik GmbH begonnen. Bevor das gesamte Konzept umgesetzt wird, müssen die Kosten noch einmal genau berechnet und überprüft werden. Das vorgeschlagene Kamerasystem sollte ebenfalls mit potenziellen anderen Lieferanten und Anbietern verglichen werden. Es könnte sogar eine Lösung in Betracht gezogen werden, die Bilder direkt auf die Spannplatte zu projiziert, um das Positionieren und Einstecken der Spannbacken und des Anschlags noch einfacher und zeiteffizienter zu gestalten.

Der Prototyp wird schnellstmöglich hergestellt und bis Ende 2024 an einer Anlage getestet. Dabei erfolgt der erste Test auch ohne Kamerasystem, um die grundlegende Funktionalität zu überprüfen. Damit kann das System eingesetzt werden, wenn neue Werkstücke dringend wasserstrahlentgratet werden müssen, jedoch noch keine Spannvorrichtung konstruiert und hergestellt worden ist. Anschliessend wird die Lösung schrittweise auf weitere Anlagen ausgeweitet, wobei das Kamerasystem integriert wird.

4.2 Reflexion

Die letzten sechs Wochen waren für mich besonders herausfordernd und zugleich sehr lehrreich. Zum ersten Mal stand ich vor der Aufgabe, ein solches Projekt von Anfang bis zum Schluss vollständig allein zu erarbeiten und durchzuführen. Die letzten Arbeiten, wie Projekt- und Semesterarbeiten, wurden immer in Zweierteams durchgeführt. Denn gemeinsam mit meinem Teampartner konnten wir die Aufgaben effizient aufteilen und uns gegenseitig unterstützen. Dies bot den Vorteil, dass Entscheidungen und Fragen kritisch hinterfragt werden konnten. Diesmal lag die gesamte Verantwortung bei mir, was mich anfangs vor grosse Herausforderungen stellte.

Zu Beginn fiel es mir schwer, mich zurechtzufinden. Es belastete mich stark, da ich nicht wusste, wie das Projekt aussehen sollte. Nachdem ich aber einmal begonnen und mir einen klaren Zeitplan erstellt habe, fand ich in das Projekt hinein. Rückblickend war dieser Teil der Arbeit herausfordernd, aber ich konnte ihn gut meistern.

In der Konzeptphase hatte ich einen kleinen Durchhänger. Ich drehte mich immer wieder im Kreis, da für mich die Konzepte nicht gut genug waren. Der Austausch mit einem guten Schulkollegen half mir, mit der Situation klarzukommen. Er gab mir wertvolle Ratschläge und meinte, ich solle mich nicht verlieren und einfach vorwärts machen. Dieser «Tritt in den Hintern» war genau das, was ich brauchte. In dieser Woche machte ich deutliche Fortschritte und kam massiv voran.

Die Abteilung «Wasserstrahlentgraten» war mir durch frühere Arbeiten, wie das Konstruieren und Zeichnen von Spannvorrichtungen, bereits bekannt. Im Rahmen der Diplomarbeit lernte ich noch vieles mehr über die internen Prozesse dieser Abteilung. Ich war überrascht, wie komplex die internen Abläufe sind und dass für das Funktionieren der Abteilung auf keinen Mitarbeiter verzichtet werden kann. Während meiner Arbeit konnte ich das Team des Wasserstrahlens besser

kennenlernen. Bei Fragen, Abklärungen oder Tests standen mir die Kollegen und der Teamleiter der Abteilung «Wasserstrahlentgratens» stets zu Seite und unterstützten mich, wo sie konnten. Dies schätzte ich sehr und bin dankbar für die Zeit, die sie sich genommen haben.

Trotz der oft stressigen Phasen hat mir die Arbeit an meiner Diplomarbeit grosse Freude bereitet. Sie bot mir die Möglichkeit, viele neue Erfahrungen zu machen und das Wissen, das ich in den letzten drei Jahren meiner Weiterbildung an der Schule TEKÖ erworben habe, anzuwenden. Nun geht dieser Teil zu Ende, ich blicke stolz auf drei erfolgreiche und spannende Jahre zurück. Diese haben mich sowohl fachlich als auch persönlich stark gefordert und weitergebracht. Heute weiss ich, dass ich meine Weiterbildung mit dieser Diplomarbeit abschliessen kann und für die kommenden Herausforderungen bereit bin.

4.3 Lessons learned

Zu Beginn meiner Diplomarbeit hatte ich Startschwierigkeiten. Als ich jedoch einen klaren Zeitplan erstellt hatte und mit der Analyse- und Informationsphase startete, kam ich gut in das Projekt hinein. Das Sprichwort «Aller Anfang ist schwer» traf völlig auf mich zu.

Ein wichtiger Punkt, den ich gelernt habe, ist, dass ich mich nicht in Details verlieren sollte. Beispielsweise versuchte ich anfangs den morphologischen Kasten perfekt zu gestalten und auszuarbeiten. Doch im Verlauf der Arbeit wurde mir bewusst, dass manchmal weniger mehr ist. Es ist wichtig, sich auf das Wesentliche zu konzentrieren und einmal mit dem zufrieden zu sein, was man erreicht hat.

Die Diplomarbeit ist eine Einzelarbeit, jedoch habe ich erkannt, dass es wichtig ist, ein starkes und kompetentes Team um sich zu haben. Die Fachpersonen stellten immer kritische Fragen und standen mir stets zur Seite und unterstützen mich. Durch regelmässige Besprechungen konnte ich auf ihr Wissen und ihre Erfahrungen zurückgreifen, was mir geholfen hat, bei der Arbeit gut voranzukommen. Ein weiterer Lernpunkt war, dass Rückschritte und Fehler genauso wichtig sind wie Fortschritte. Dies zeigte sich gut beim Lochraster der Spannplatte. Zuerst wurde ein ungefähres Mass für den Bohrungsdurchmesser und Abstand festgelegt, doch in einer Besprechung mit dem Projektteam stellte sich schnell heraus, dass ein feineres Raster und kleinere Steckbohrungen notwendig sind, um die Werkstückbreiten abzudecken.

Ich habe viel über Geduld, Ausdauer und Durchhaltevermögen gelernt. Die gesamte Diplomarbeit war ein stetiger Lernprozess, in dem ich kontinuierlich Fortschritte machte und an meinen Herausforderungen wuchs.

Für zukünftige Projekte nehme ich viele Erfahrungen mit. Ein regelmässiger Austausch und eine gute Kommunikation sind das A und O für eine gelungene Projektarbeit. Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass einmal getroffene Entscheidungen konsequent weiterverfolgt werden sollten. Denn es ist nicht hilfreich, ständig mit den Gedanken bei den alten Konzepten zu sein. Schliesslich wurde aus einem guten Grund diese Wahl getroffen und es ist wichtig sich nun auf diese zu fokussieren.

4.4 Schlusswort

In dieser Diplomarbeit wurde eine universelle Spannvorrichtung entwickelt und konstruiert, die den Wasserstrahlprozess optimieren wird. Durch diese Vorrichtung wird die Umrichtzeit reduziert und es können Kosten eingespart werden, da nicht für jeden neuen Hydraulikblock eine separate Spannvorrichtung konstruiert und hergestellt werden muss.

Der Arbeitsprozess stellte sowohl fachlich als auch persönlich eine Herausforderung dar, insbesondere in den Bereichen Planung und Konzeptentwicklung.

Mit dieser Diplomarbeit können die Prozesse und die Effizienz der Abteilung «Wasserstrahlentgraten» verbessert werden. Das Ergebnis bietet eine solide Grundlage für zukünftige Projekte und Optimierungen.

4.5 Dank

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt und motiviert haben.

Ein grosser Dank gilt der Firma Bucher Hydraulics AG Frutigen, dass sie mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Diplomarbeit in einem vertrauten Umfeld durchzuführen. Dem Team und den Arbeitskollegen, welche in den letzten Wochen mit mir durch Höhen und Tiefen gegangen sind und mir immer tatkräftig zur Seite standen, bedanke ich mich herzlich.

Ein besonderer Dank geht auch an meinem Diplomlehrer, der mich während des gesamten Projektes unterstützt hat. Er gab mir viele wertvolle Tipps, war immer hilfsbereit und hatte stets ein offenes Ohr für meine Fragen und Anliegen.

Ohne die Schule TEKO und die Klasse, welche mich durch die letzten drei Jahre begleitet haben, wäre ich nicht dort, wo ich heute stehe. Es war eine wunderbare Zeit, vielen Dank dafür.

Meiner Familie möchte ich auch danken, die mich immer unterstützt und entlastet haben, wo immer sie konnten.

Nicht zuletzt danke ich zwei sehr guten Kolleginnen für das Korrekturlesen meiner Arbeit.

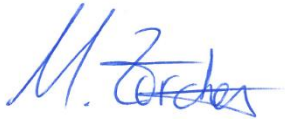
Schliesslich möchte ich mich bei allen bedanken, die mir ihr Vertrauen geschenkt und die Geduld aufgebracht haben, mich auf diesem Weg zu begleiten. Ihr Beitrag war entscheidend für das Gelingen dieser Diplomarbeit.

5 Eigenständigkeitserklärung

Ich bestätige, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst und alle benutzten Quellen gekennzeichnet habe. Diese Arbeit wurde weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits einer Prüfungskommission vorgelegt.

Dieses Dokument darf ohne Erlaubnis des Verfassers nicht weitergegeben werden!

Mario Zürcher



Frutigen, 06. November 2024

6 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Spannvorrichtung Vector Jet	3
Abb. 2: Lagerplatz Spannvorrichtungsplatten.....	4
Abb. 3: Spannvorrichtung	4
Abb. 4: 3D-Modell Kraftspanner und Grundplatten	6
Abb. 5: 3D-Modell Spannplatten	7
Abb. 6: 3D-Modell Spannbacke kurz.....	8
Abb. 7: 3D-Modell Spannbacke lang	8
Abb. 8: 3D-Modell Anschlag	8
Abb. 9: Universelle Spannvorrichtung vorne.....	9
Abb. 10: Universelle Spannvorrichtung hinten.....	9

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anforderungsliste	5
------------------------------------	---