

Entwicklung, Fertigung und Inbetriebnahme einer CNC-Laser Schneid- und Graviermaschine für die individuelle Einzelteilerfertigung



Projektmitglieder: S. Schnehage, M. Exner, O. Körber

Aufgabenstellung:

Ziel war es, im Rahmen der Fortbildung zum staatlich geprüften Techniker für Elektrotechnik, ein Abschlussprojekt in Kooperation mit einer Firma zu planen und in der Praxis umzusetzen, welches bestehende Arbeitsabläufe verbessert oder sogar im Ganzen ersetzen kann.

Die Firma ATH – Automatisierung- und Anlagentechnik Hameln GmbH hat sich auf das Entwickeln von Lösungen im Bereich des Sondermaschinenbaus insbesondere der Wickel- und Regeltechnik spezialisiert. In Zukunft wäre es für das Unternehmen wünschenswert, vorhandene Produktionsabläufe und Fertigungsverfahren neu zu strukturieren und nach Möglichkeit bestehende firmeninterne Normteile wie z.B. Adapterplatten für Schaltgeräte und Sicherheitsabdeckungen aus Makrolon für spannungsführende Bauteile automatisiert zu fertigen, um auf externe Lieferanten zu verzichten und die Effizienz zu steigern.

Ausgangssituation:

Das Unternehmen ATH – Automatisierungs- und Anlagentechnik Hameln GmbH bestückt ihre Anlagen und Maschinen mit Typenschilder aus bedruckten Kunststoffplatten, welche aktuell von einem Subunternehmen gefertigt werden. Diese müssen kostengünstig zu fertigen und widerstandsfähig gegen Chemikalien, Fette / Öle sein, sowie bei etwaigen Umwelteinflüssen bei internationalen Lieferungen über See.

Ebenso werden während des Produktionsprozesses mehrere firmeninterne Bauteile aufwendig händisch vermessen und gefertigt. Darunter fallen Sicherheitsabdeckungen für spannungsführende Bauteile aus transparenten Makrolon und diverse firmeninterne Normteile, wie Adapterplatten die für unterschiedliche Schaltgeräte als Aufnahme dienen.

In der Abbildung sieht man den aktuellen Zustand anhand eines realitätsnahen Beispiels eines Typenschildes. Das

Typenschild wurde von einem Subunternehmen aus dem Rohmaterial (Kunststoff) in die passenden Maße 70mm x 90mm geschnitten und an ATH – Hameln GmbH geliefert. Anschließend werden die Typenschilder von einem Mitarbeiter bedruckt, danach sind diese bereit zur Montage.



Voraussetzungen der Maschine

Für das Projekt hatte das Projektteam vom Unternehmen Vorgaben erhalten, welche bei der Entwicklung und Produktion der Maschine beachtet werden mussten. Gefordert war ein großer Bearbeitungsraum von mindestens 600mm x 400mm x 100mm (X,Y,Z) mit einer Bearbeitungsgeschwindigkeit von mindestens 100mm/s. Auch hatte sich die Firma ATH – Hameln GmbH ein benutzerfreundliches User - Interface an der Maschine gewünscht. Das HMI sollte die Maschine dynamisch um weitere Funktionen und Features erweitern, sowie die Benutzerfreundlichkeit durch hinterlegte Bedienungsanleitungen und Tooltips verbessern.

Zudem war es seitens des Auftraggebers gewünscht, dass viele verschiedene Materialien auf der Maschine bearbeitet werden können und dass die Möglichkeit besteht, die Werkstücke auf dem höhenverstellbaren Tisch festspannen zu können. Eine Anschlussmöglichkeit für eine Absaugung und einer aktiven Wasserkühlung ist zwingend notwendig gewesen. Für das gesamte Projekt wurde ein Budget von 5000€ zur Verfügung gestellt.

Durchführung

Das Projektteam hat sich zu Beginn mit Hilfe von Brainstorming drei verschiedene Lösungskonzepte erarbeitet, welche dann genaustens analysiert und durch die Anforderungen des Unternehmens selektiert wurden. Mit Absprache der Firma ATH – Hameln GmbH wurde dann eines dieser drei Grobkonzepte ausgewählt und weiterentwickelt.

Das erste Grobkonzept war eine Präge- und Nummeriermaschine. Damit könnten Typenschilder aus Metall geprägt werden, die eine deutlich höhere Beständigkeit und Langlebigkeit aufweisen als die von der Firma ATH aktuellen genutzten Typenschilder. Dieses Konzept wäre eine kostengünstige Lösung, es wurde jedoch schnell wieder verworfen aufgrund der sehr eingeschränkten Nutzungsmöglichkeiten.

Als zweites Lösungskonzept hat sich das Projektteam für eine CNC – Fräse entschieden. Verschiedenste Typenschilder aus Metall können mit einem Gravierstichel genaustens computergesteuert gefertigt werden. Ebenso wäre die Bearbeitung von Ausschnitten möglich. Dieses Konzept wurde ebenfalls aufgrund mangelnder Flexibilität verworfen.

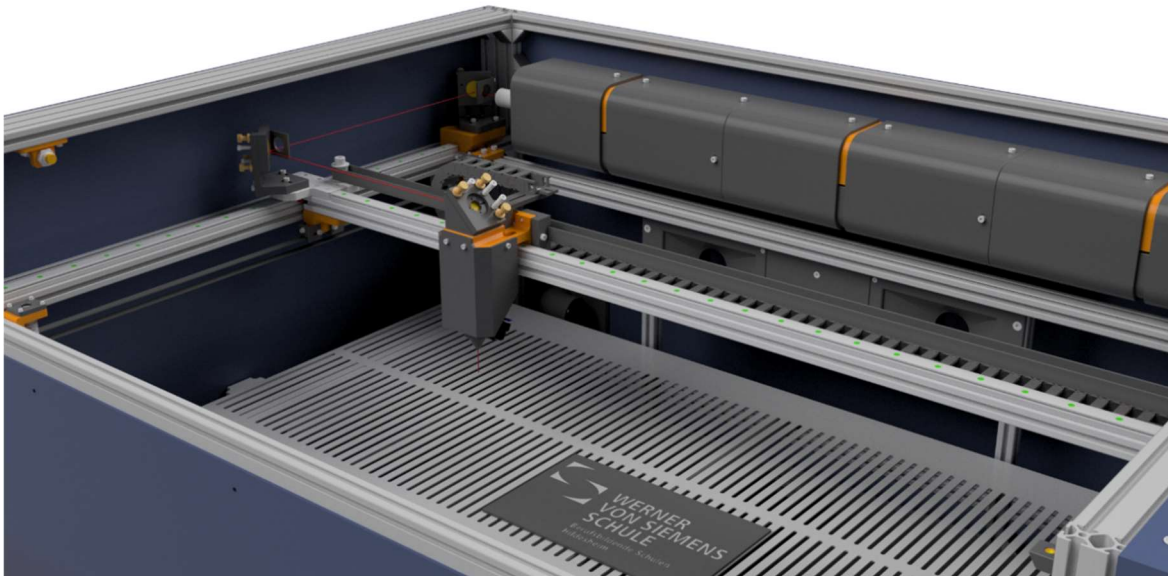
Als letztes und somit drittes Konzept fiel die Entscheidung auf einen CNC-Laser. Im Hinblick auf Flexibilität, Kostenfaktoren und Bedienerfreundlichkeit ist es für das Unternehmen die optimale Lösung. Die Entscheidung wurde zusammen mit der Partnerfirma ATH Hameln GmbH erarbeitet. Durch die Individualität und vor allem die Möglichkeit zu haben mehrere Typenschilder und weitere firmeninterne Bauteile gleichzeitig fertigen zu können, fiel die Entscheidung letztendlich auf eine CNC – Laser Schneid- und Graviermaschine.

Um vorab einige Risiken bei der Entwicklung und Fertigung des CNC – Lasers ausschließen zu können wurde eine Risikoanalyse durchgeführt, bei denen einzelne Faktoren kalkuliert und in Eintretenswahrscheinlichkeit und Auswirkungen tabellarisch eingetragen wurden.

Durch den Einsatz von Nutzwertanalysen konnten Auswahlentscheidungen der Komponenten wie z.B. den Antrieb der Achsen gegenübergestellt und ausgewählt werden.

Konstruktion der Maschine

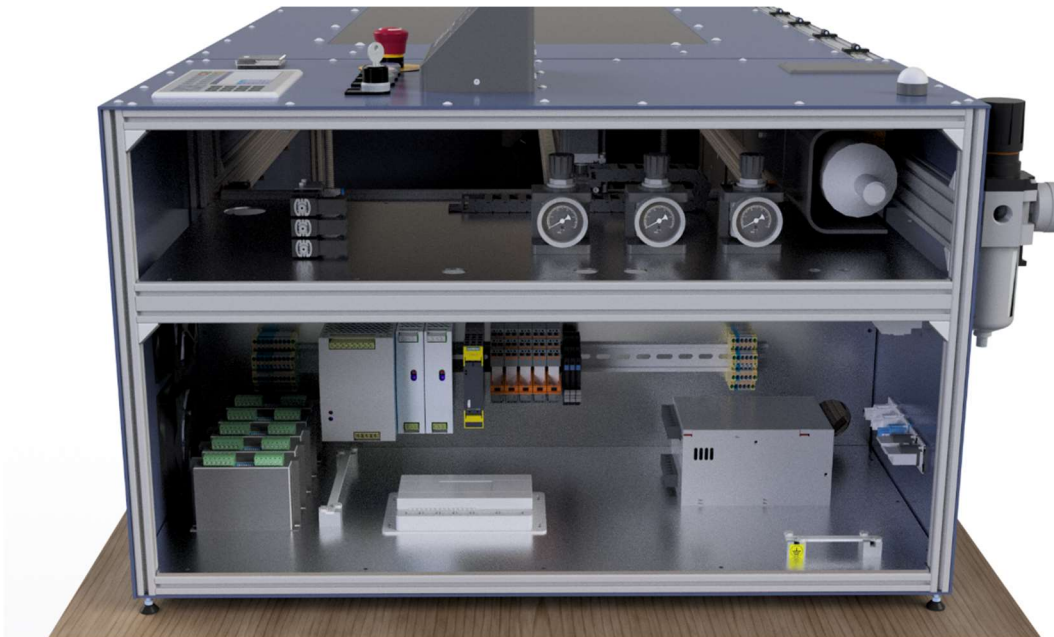
Ein Teilaspekt bei der Aufgabenstellung für dieses Projekt war es, das geforderte Bearbeitungszentrum mit Hilfe einer 3D-fähigen CAD – Software maßstabsgetreu zu konstruieren. Während der Konstruktion wurde sehr viel Wert auf detailtreue gelegt, um ein möglichst realitätsnahes Modell zu erhalten, somit ist jedes Bauteil und jede Schraube aus dem CAD – Modell auch bei dem realen Aufbau an derselben Position wiederzufinden.



Vor Beginn der Konstruktion wurde sich ein Überblick über die benötigten mechanischen und elektrischen Bauteile verschafft. Bei verschiedenen Lösungsmöglichkeiten wurden diese gegenübergestellt und darauf aufbauend die jeweiligen Bauteile ausgewählt. So bald feststand, welche Elemente in der Maschine verbaut werden sollen, wurde bei den diversen Herstellern die entsprechenden CAD – Zeichnungen im Format „STEP“ heruntergeladen, insofern diese verfügbar waren. Dies war allerdings nicht immer der Fall und es mussten vereinzelt Bauteile eigenständig konstruiert werden, um diese maßstabsgetreu in der Zeichnung in Verbindung mit anderen Bauteilen zu verarbeiten. Zusätzlich fand eine Überprüfung der importierten 3D – Modelle statt, um Fehler während der Bemaßung zu minimieren. Nachdem die Daten für den grundlegenden Aufbau importiert und überprüft wurden, konnte mit diesem begonnen werden. Dabei wurde als erstes der aus Aluminium – Profilen bestehende Korpus zusammengefügt, um anschließend darin die Bauteile zu platzieren, welche den meisten Raum beanspruchen werden (Laserröhre) und die Maschinengröße zu planen. Außerdem wurde der Bearbeitungsbereich etwas größer erstellt, um die geforderten Abmessungen auf jeden Fall einhalten zu können. Auf dieser Grundlage aufbauend, konnten nun weitere vorgefertigte Modelle importiert werden wie z.B. die Schrittmotoren der einzelnen Achsen, um nun Stück für Stück die Achsenmechanik zu konstruieren.

Insoweit es möglich war, wurde darauf geachtet möglichst wenige Bauteile von externen Herstellern zu beziehen, und so viele Objekte wie möglich in Eigenleistung mit einem 3D – Drucker herzustellen. Dementsprechend wurden sämtliche Bauteile, welche mit dem 3D – Drucker gefertigt werden mussten, eigenständig entwickelt und konstruiert. Durch Einsatz des 3D – Drucks konnten Lieferzeiten umgangen und die Fertigungskosten verringert werden. Zudem konnte durch die Kostensenkung mehr Budget für eine höherwertige Mechanik und Elektronik aufgewendet werden.

Nach Fertigstellung einzelner Baugruppen wie die Achsenmechaniken der X-, Y- und Z-Achse, wurde sich mit der Lasereinheit und der dazugehörigen Spiegelmechanik beschäftigt. Dabei war unbedingt darauf zu achten ausreichende Verstell- und Ausrichtungsmöglichkeiten für die Spiegel und die Laserröhre vorzusehen, da diese exakt aufeinander abgestimmt sein müssen. Während der Konstruktionsphase wurden auch immer wieder stichpunktartig einzelne Baugruppen ausgedruckt, bei denen eine hohe Passgenauigkeit oder Stabilität erforderlich ist, um diese zu überprüfen und gegebenenfalls nachzubessern. Dies war unter anderem bei dem Zahnriemen – Spannsystem der X- und Y-Achse der Fall. Abschließend wurde das 3D – Modell mit einer Verkleidung aus Aluverbundplatten ausgestattet, von denen die Maße für den Materialzuschnitt direkt entnommen werden konnten. Um die Konstruktion und Planung weiter zu verfeinern, wurden außerdem jegliche Anschlüsse, Elektronik- und Pneumatik-Komponenten, Schrauben und anderes diverses Montagematerial in der Zeichnung implementiert.



Die Maschine wurde dann in den nächsten Schritten vom Projektteam nach den exportieren CAD – Zeichnung gefertigt.

Aufbau des Lasers

Vorerst wurden die benötigten Aluminiumprofile (I – Typ Nut 5) nach Größe beschriftet, nochmals nachgemessen, geordnet und auf eine große Fläche gelegt, um sich einen Überblick zu verschaffen, um diese dann für einen effizienten und saubereren Aufbau zu entnehmen und nach und nach zu verbinden bzw. zu verschrauben. Der Aufbau der Rahmenkonstruktion erfolgte auf einem plangefrästen Schweißtisch, um beim Zusammenschrauben so präzise und rechtwinklig sein zu können. Anschließend wurde der Rahmen mit Hilfe von einem Anschlagwinkel überprüft und ausgerichtet.

Als nächstes wurden die Linearführungen montiert und die Achsenmechanik, der X- und der Y – Achse eingebaut. Um eine Leichtgängigkeit der beiden Achsen zu erreichen, mussten die Linearführungen parallel zueinander ausgerichtet werden. Zur Kontrolle wurde die Parallelität mit einer Messuhr überprüft. Hierbei wurde sehr viel Wert auf Genauigkeit gelegt, damit im späteren Betrieb mechanische Fehler ausgeschlossen werden können.

Im Anschluss wurden auf einer Drehmaschine die Trapezgewindespindeln der Z – Achse auf Länge gedreht. Anschließend wurden nach der technischen Zeichnung, Lagersätze gedreht und Nuten für Sicherungsringe gestochen.

Nachdem das Anfertigen der Spindeln für die Z – Achse erfolgreich abgeschlossen werden konnte, wurde mit dem Einbau der Z – Achse begonnen. Auch hier haben wir dem Justieren und dem Ausrichten große Aufmerksamkeit geschenkt, damit eine Leichtgängigkeit der Z – Achse im späteren Betrieb möglich ist.

Danach konnte mit der Elektronik begonnen werden und die Montageplatte für den Schaltschrank wurde mit den elektrischen Komponenten bestückt und vorverdrahtet. Bei der Verdrahtung der elektrischen Komponenten wurde etwas mehr Zeit eingeplant. Wichtig war dem Projektteam hierbei, dass die Kabel sauber verlegt und Biegeradien an den beweglichen Stellen eingehalten werden konnten, damit Kabelbrüche im späteren Betrieb verhindert oder eingedämmt werden können.

Parallel dazu wurden die Zuschnitte der Verkleidungsbleche mit Hilfe der technischen Zeichnungen gefertigt.

Nach der erfolgreichen Verdrahtung konnte die Maschine das erste Mal in Betrieb genommen werden, bei dem die Verfahrswege der Motoren von den einzelnen Achsen kalibriert werden konnten. Anschließend wurden die Brems- und Beschleunigungsrampen justiert und eingestellt.

Für die Pneumatik des Air – Assists wurden mehrere Druckminderer verbaut und die Schläuche wurden in der Maschine verlegt und an den Magnetventilen und am Laserkopf angeschlossen.

Während der Durchführungsphase wurde mit Hilfe von einem Raspberry Pi 4B und einem 7 Zoll Touchscreen eine graphische Benutzeroberfläche (GUI) programmiert. Die Programmierung und Umsetzung erfolgt mit Hilfe von dem Programm Node – RED. Über das Touchdisplay lassen sich die Temperaturen des Bauraums, des Kühlwassers und die Temperatur im Schaltschrank anzeigen. Der Temperaturverlauf während des Betriebs wird in einem Langzeitgraphen erfasst, sodass man einen genauen Überblick über den Temperaturverlauf hat. Außerdem können die Bauraumbeleuchtung und der Luftdruck für den Air – Assist über das Display in verschiedenen Stufen gesteuert werden. Auch ein abrufen des Handbuchs der Maschine ist über das Touchdisplay möglich. So kann der Bediener bei einer möglichen Justage der Spiegel oder Kalibrierung der Maschine den Anweisungen des Handbuchs folgen und die Maschine schnellstmöglich wieder in Betrieb nehmen. Auch kann das graphische Layout des GUI angepasst werden, sodass die Farbe der Darstellung individuell auf die Firmenwünsche angepasst werden kann. Um das Display möglichst benutzerfreundlich zu gestalten, wurden außerdem Netzwerkeinstellungen implementiert, um so über das Touchdisplay die Möglichkeit zu haben, sich verfügbare WLAN-Netze anzuzeigen zu lassen und sich mit dem gewünschten Netz dann verbinden zu können. Um auch einen Überblick über den Raspberry Pi 4B zu bekommen, wurden die Auslastung des Prozessors, des Arbeitsspeichers und im Allgemeinen die Prozessortemperatur zusätzlich implementiert.



Anschließend wurde das Touchdisplay verbaut, angeschlossen und in Betrieb genommen. Nun konnte der Air – Assist angesteuert, die Magnetventile und die Beleuchtung des Bearbeitungsraums angeschlossen und erfolgreich getestet werden. Die Temperatursensoren des Bauraums, der Elektronik und des Kühlwassers wurden verbaut und im Programm des Raspberry eingepflegt.

Erst jetzt wurde die Laseröhre eingebaut, um Beschädigungen während der Bauphase zu verhindern. Bevor das Projektteam mit der Inbetriebnahme beginnen konnte, wurden alle Sicherheitseinrichtungen umfangreich auf korrekte Funktion überprüft, um ein Abschalten im Fehlerfall zu gewährleisten.

Zusätzlich musste die Absaugung angeschlossen und das Kühlaggregat auf Soll Temperatur eingerichtet werden, um ein Überhitzen des Systems zu vermeiden.

Mit Hilfe einer selbstkonstruierten Vorrichtung mittels eines Laserpointers wurden anschließend die Spiegel auf den Achsen grob vorjustiert. Infolgedessen wurde die Laserröhre verdrahtet und angeschlossen, um erste Testimpulse zu tätigen damit die Spiegel genaustens in ihre Position gebracht werden konnten.

Fazit

Wir Sebastian Schnehage, Moritz Exner und Oliver Körber möchte an dieser Stelle unseren aufrichtigen Dank der Firma **ATH Hameln GmbH** und insbesondere Siegfried Exner und Tobias Kirchner aussprechen, die uns die Möglichkeit gegeben haben die Entwicklung, Fertigung und Inbetriebnahme einer CNC Laser Schneid- und Graviermaschine zu realisieren. Zudem hat uns das Unternehmen und unser Fachlehrer in allen benötigten Bereichen des Projektes unterstützt sowohl finanziell als auch mit fachlichem, und anerkanntem Wissen betreut, welches wir hochzuschätzen wussten. Die Maschine wurde anschließend erfolgreich der Firma ATH – Hameln GmbH übergeben.