

Bernburg  
Dessau  
Köthen



**Hochschule Anhalt**  
Anhalt University of Applied Sciences



Fachbereich  
Elektrotechnik, Maschinenbau  
und Wirtschaftsingenieurwesen

## Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades  
Bachelor of Engineering (B. Eng.)

**Stefan Zeitfuchs**

---

Vorname Nachname

Maschinenbau, 2012, 4057002

---

Studiengang, Matrikel, Matrikelnummer

Thema:

**Optimierung des Arbeitsprozesses der  
spanenden Fertigung durch Konstruktion  
eines variablen Niederhalters**

Stefan Zeitfuchs

---

Prof. Dr.-Ing. H. Gruss

---

1. Prüfer/in

---

Vorsitzende/r der Bachelorprüfungskommission

M. Eng. T. Gläser

---

2. Prüfer/in

21.09.2016

---

Abgabe am

---

## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre/n ich/wir, dass die Arbeit selbständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt wurde und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen, einschließlich der angegebenen oder beschriebenen Software, verwendet wurden.

Köthen, 19.09.2016

---

Ort, Datum

---

Unterschrift/en der/des Studierenden

## Sperrvermerk

Sperrvermerk:

ja

nein

wenn ja:

Der Inhalt der Arbeit darf Dritten ohne Genehmigung der/des (Bezeichnung des Unternehmens) nicht zugänglich gemacht werden. Dieser Sperrvermerk gilt für die Dauer von X Jahren.

Köthen, 19.09.2016

---

Ort, Datum

---

Unterschrift/en der/des Studierenden

---

## Angaben zum Unternehmen

Logo des Unternehmens



Name des Unternehmens

Thyrolf & Uhle GmbH

Abteilung

Mechanische Bearbeitung und Formenbau

Name des Betreuers

Dipl. Ing. Jörg Miegel

### Kontaktdaten

Anschrift des Standortes, an dem die Arbeit verfasst wurde

Thyrolf & Uhle GmbH  
Zeppelinstraße 8, 06847 Dessau-Roßlau

E-Mail-Adresse des Betreuers

[j.miegel@thyrolf-uhle.de](mailto:j.miegel@thyrolf-uhle.de)

---

## **Kurzfassung**

Diese Bachelorthesis behandelt die Konstruktion eines variablen Niederhalters zur Optimierung des Arbeitsprozesses der spanenden Fertigung.

Im Vorfeld soll der Stand von Wissenschaft und Technik dargelegt werden, bezugnehmend auf die Spannmethode und Linearführungen als Teil der Variabilität.

Das Hauptaugenmerk liegt auf der methodischen Konstruktion des Spanners. Zu berücksichtigen sind hierbei der derzeitige Ist-Zustand, der Markt und die Patent-Recherche.

In der methodischen Konstruktion soll anhand einer Analyse der benötigten Funktionen ein Teillösungskatalog, in Form eines morphologischen Kastens, ermittelt werden. Aus den gewählten Teillösungen wird eine Komplettlösung gebildet und anschließend bewertet.

Diese Gesamtlösung entsteht mit Catia V5 zu einem 3D-Modell. Das fertige Bauteil wird im Anschluss einer konstruktionskritischen Analyse unterzogen.

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Motivation und Zielsetzung</b>	<b>6</b>
1.1	Einleitung in die Thematik	6
1.2	Zielsetzung der Arbeit	6
<b>2</b>	<b>Stand von Wissenschaft und Technik</b>	<b>7</b>
2.1	Beschreibung des aktuellen Zustandes im Unternehmen	8
2.2	Anwendung und Funktionsweise des Kniehebelgelenkes	11
2.3	Linearführungen	12
2.3.1	Profilschienenführung	13
2.3.2	Wellenführung	15
2.3.3	Laufrollenführung	17
2.3.4	Flachkäfigführung	18
2.3.5	Gleitführung	20
<b>3</b>	<b>Methodische Konstruktion</b>	<b>22</b>
3.1	Analyse des Marktes	22
3.2	Patentrecherche	23
3.3	Lösungsfindung und Bewertung	24
3.3.1	Morphologischer Kasten	24
3.3.2	Lösungsbewertung	25
3.3.3	Anmerkungen zu den gewählten Teilfunktionen	29
3.4	Modellierung	32
3.5	Konstruktionskritische Analyse	41
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>43</b>
	<b>Anhang</b>	<b>i</b>
	<b>Symbol- und Indexverzeichnis</b>	<b>ii</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>iii</b>
	<b>Quellen des Abbildungsverzeichnisses</b>	<b>iv</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>v</b>

# 1 Motivation und Zielsetzung

## 1.1 Einleitung in die Thematik

Die hier vorliegende Arbeit beinhaltet die Konstruktion einer Spannvorrichtung für Fertigungsmaschinen, die verschieden große Bleche aufnehmen soll. Diese Bleche sind Bestandteil eines Windkraftgenerators. Für die verschiedenen Ausführungen von Generatoren variieren die Bleche im Bearbeitungsaufwand und in der Abmessung. So besitzen die Werkstücke eine Größe von (l x b in mm) 1020x913 bis 1037x914, bei einem Gewicht von ca. 59 kg bis 63 kg. Entscheidend für die Notwendigkeit der Variabilität ist die unterschiedliche Position des Langloches (siehe Abbildung 4). Hierfür ergeben sich 5 Blechvarianten die jeweils ca. 30 Stück besitzen. Bei der Vielfalt und Stückzahl ist der Einsatz eines variablen Niederhalters sinnvoll.

Generell versteht man unter Spannsystemen die Fixierung eines Werkstückes oder eines Werkzeuges, welches ein Werkstück bearbeitet. Die Werkzeuge lassen sich grob unterteilen in Spannmittel für die Drehbearbeitung, für die Fräsbearbeitung und für die Automationssysteme.

Die Anforderungen an die verschiedenen Spanntechniken werden immer höher. So werden kurze Prozesszeiten bei gleichbleibender Qualität in der maschinellen Serienproduktion verlangt. Da der Fertigungsprozess nicht bei der Bearbeitung des Werkstückes anfängt und aufhört, sondern beim Einspannen und wieder Ausspannen, ist eine effektive Spanntechnik mittlerweile ein wesentlicher Bestandteil einer Bearbeitungsmaschine. Weiterhin wird ein hohes Maß an Genauigkeit von Spannmitteln gefordert, um die Ausschussrate zu minimieren.

## 1.2 Zielsetzung der Arbeit

Gegenstand dieser Arbeit soll es sein eine variable Spannvorrichtung zu konstruieren, die verschiedengroße Bleche aufnehmen kann. An diesen Blechen werden mehrere Bohrungen durchgeführt.

Da die Aufrüstung derzeit länger dauert und beschwerlicher ist als das eigentliche Fertigungsverfahren, soll eine einfache und schnell handelbare Spannvorrichtung eine Arbeitserleichterung bringen. Gleichzeitig wird eine Optimierung der Arbeitszeit erreicht, was wiederum eine höhere Anzahl an Blechen ermöglicht. Daraus ergibt sich eine Kostenminderung und somit ein höherer Gewinn für das Unternehmen.

Des Weiteren ist eine Patentrecherche durchzuführen und im Anschluss sind mehrere Lösungskonzepte zu entwickeln. Nach der Wahl einer Lösung soll für diese ein 3D-Modell erstellt werden, gefolgt von einer Konstruktionskritischen Analyse. Abschließend ist die Fertigung der Konstruktion zu reflektieren. Ist dafür ein zeitlicher Rahmen gegeben? Hat das fertigende Unternehmen freie Kapazitäten zur Verfügung?

## 2 Stand von Wissenschaft und Technik

Eine Spannvorrichtung oder auch Aufspannplatte genannt, besteht aus einem massiv ausgeführtem Metallblock auf dem Maschinenkomponenten flexibel befestigt werden können. Dazu ist meist eine Vielzahl von Nuten oder Montagebohrungen in der Platte vorhanden. Spezielle Aufspannwinkel und Nutensteine bieten vielseitige Befestigungsmöglichkeiten. Aufspannplatten sind im technischen Umfeld in verschiedenen Bauformen und Größen verfügbar. Einige Varianten sind als Tische ausgeführt, wovon größere Konstruktionen auch direkt im Fundament gelagert sind. Zur mechanischen Entkopplung von der Umgebung werden meist Elastomer-, Stahl- oder Luftfedern unter den Auflageflächen der Platten angeordnet, welche je nach Anwendungsfall mit Dämpfern komponiert werden. Bei Werkzeugmaschinen wird zum Einspannen von Bauteilen eine ähnliche Aufspanntechnik angewandt. Diese Aufspannplatten sind ungedämpft und fest in die Maschine integriert. Sie werden allgemein als Maschinentisch (**Abb.1**) bezeichnet.<sup>1</sup>



Abbildung 1: Maschinentisch [1]

Große Bearbeitungsmaschinen haben hauptsächlich einen integrierten und fest mit der Maschine verankerten Maschinentisch.

---

<sup>1</sup> Wikipedia;

<https://de.wikipedia.org/wiki/Aufspannplatte>, (09.05.16, 12:30 Uhr)

Diese Tische sind meist sehr massiv ausgeführt und mit T- oder trapezförmigen Nuten zur Aufnahme von Nutensteinen mit Befestigungsgewinde ausgerüstet, die zur kraftschlüssigen Befestigung von Werkzeug oder Werkstück mit Hilfe sogenannter Spanneisen dienen. Bei trapezförmigen Nuten im Maschinentisch entsteht in Kombination mit entsprechenden Nutensteinen, Schrauben und dem zu spannenden Gegenstand eine kraftschlüssige Schwalbenschwanzverbindung.<sup>2</sup>

## 2.1 Beschreibung des aktuellen Zustandes im Unternehmen

Die Thyrolf & Uhle GmbH arbeitet als Dienstleister für mechanische Bearbeitung und Formenbau mit einer Vielzahl an Bearbeitungsmaschinen, die diese Kombination aus Werkzeug und Maschinentisch besitzen. Üblicherweise sind diese Maschinen so ausgelegt und konstruiert das möglichst viele verschieden große Werkstücke bearbeitet werden können. Aus diesem Grund haben sich die Konstruktionsmechaniker eine Grundplatte aus Pressspanholz zur Hilfe genommen. Darauf wurden Niederhalter mit Holzschrauben im richtigen Abstand befestigt und mit Anschlagbolzen versehen (**Abb. 2**), um für ihr zu bearbeitendes Werkstück die richtige Spannvorrichtung zu verwenden.



Abbildung 2: aktuelle Spannvorrichtung der Thyrolf u. Uhle GmbH

---

<sup>2</sup> Wikipedia;

<https://de.wikipedia.org/wiki/Maschinentisch>, (09.05.16, 13:30 Uhr)



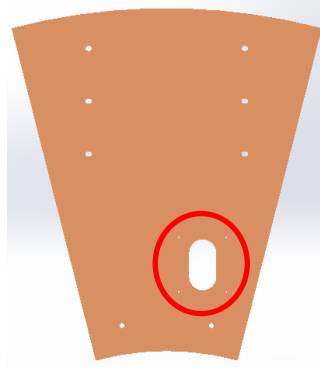
Mit der sogenannten „Spannvorrichtung“ sollen exakte Bohrungen entstehen. Da Holz ein Material ist, welches seine Form und Größe je nach Temperatur oder Luftfeuchte ändert, ist diese Spannvorrichtung keine gute Grundlage für eine qualitativ hochwertige Arbeit. Die Bearbeitung ist eine Serienfertigung mit zwei verschieden großen Blechen.

Aktuell müssen die Niederhalter beim Wechsel zur größeren oder kleineren Blechserie abgeschraubt und an die neue Blechgröße angepasst werden (**Abb. 3**).



Abbildung 3: Umbau der Handspanner

Auch der Zeitaufwand ist zu berücksichtigen. Da die eigentlichen Bearbeitungsschritte nur Bohrungen sind (**siehe Abbildung**), darf die Aufrüstung auf die Bohrmaschine nicht mehr Zeit in Anspruch nehmen als das Bohren selbst.



**Abbildung 4: Zu bearbeitende Fläche**

Mit der Verringerung der Aufrüstzeit ist das Produkt in der Fertigung günstiger.

Ein wichtiger Punkt ist die Arbeitssicherheit. Jederzeit könnte sich bei der Bearbeitung ein Niederhalter von der Holzplatte lösen und das Werkstück aus seiner Position herauspringen. Die Sicherheit des Arbeiters hat höchste Priorität.

## 2.2 Anwendung und Funktionsweise des Kniehebelgelenkes

„Zur Arretierung der verschiedenen Bleche soll ein Vertikalspanner (**Abb. 5**) verwendet werden. Dieser basiert auf dem Prinzip des Kniehebelgelenkes.“



**Abbildung 5: Vertikalspanner mit Kniehebelprinzip [4]**

„Der Kniehebel ist eine technische Anwendung mit einem Hebelmechanismus unter Anwendung des Hebelgesetzes, um Druck- oder Spannvorgänge schnell und kraftvoll ausführen zu können. Durch einen langen Hebel wird bei geringem Hubweg eine große Zug- oder Druckkraft erzeugt. Der Kniehebel ist eine Umsetzung eines einfachen Systems, welches mehrere Effekte gleichzeitig in sich birgt. Er wird überall dort angewendet, wo auf den letzten Millimetern eine hohe Kraftübersetzung erforderlich ist, aber nur eine geringe Betätigungskraft zur Verfügung steht. Das Hebelgesetz besagt: Je mehr Kraftübersetzung, desto kleiner die Wegübersetzung und umgekehrt. Dies gilt natürlich auch für den Kniehebel. Er ändert mit jedem Betätigungsmillimeter sein Übersetzungsverhältnis. Dadurch entsteht im gebeugten Zustand eine hohe Wegübersetzung bei einer geringen Kraftübersetzung. Je mehr der Kniehebel den durchgestreckten Zustand erreicht, desto mehr nimmt bei gleichbleibender Betätigungsgeschwindigkeit die Hubgeschwindigkeit ab und die Presskraft zu. Bei durchgestrecktem Kniehebel geht die Kraft theoretisch gegen unendlich.“

„Folgende Effekte werden in einem Kniehebel vereint:

- Eine mechanisch integrierte Verzögerungsrampe bei gleichbleibender Betätigungsgeschwindigkeit
- Eine sehr hohe Kraftübersetzung bei den letzten Millimetern des Pressstempelwegs (genau an der Stelle, wo eine hohe Kraft benötigt wird)
- Beim Überstrecken des Kniehebels (über den Totpunkt) wird ein automatischer Verriegelungseffekt erreicht. Hierzu ist ein mechanischer Anschlag erforderlich. Selbst wenn die Betätigungskraft abfällt, bleibt die Spannkraft erhalten und kann sich nicht selbstständig lösen.

Der Aufbau des Kniehebels ist mit dem menschlichen Kniegelenk vergleichbar. Dieser besteht aus drei Drehpunkten (ähnlich dem Hüftgelenk, mittig dem Kniegelenk und dem Sprunggelenk) sowie mindestens zwei Schenkeln, wovon ein Schenkel verlängert ist, um die Hebelkräfte ausnutzen zu können. Zur Arretierung wird hierbei das Überschreiten des Totpunktes verwendet.“<sup>3</sup>

## 2.3 Linearführungen

Durch die Bearbeitung von zwei verschiedenen Blechgrößen ist eine gewisse Variabilität der Spannvorrichtung gefordert. Hierzu reicht eine lineare Führung aus, um die Niederhalter so zu verschieben, dass sie die bestmögliche Position zur Fixierung der Bleche hat.

Lineare Führungssysteme bestehen immer aus einem beweglichen Element, dem Wagen, Schlitten oder anderen Elementen und einer Führungsschiene. Führungssysteme können nach ihrer Form der Führung, nach der Richtung der übertragbaren Kräfte in offene und geschlossene Führungen und nach der Art der Reibung in Gleit- und Wälzführung eingeteilt werden.

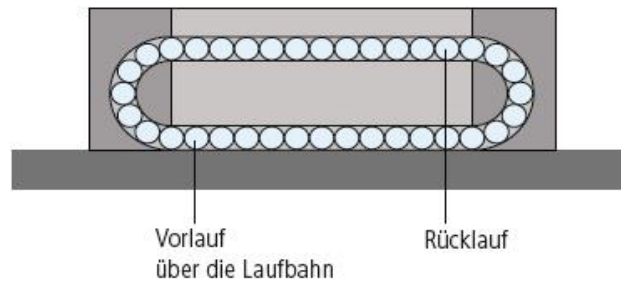
---

<sup>3</sup> Wikipedia

<https://de.wikipedia.org/wiki/Kniehebel>, (13.06.16, 15:30 Uhr)

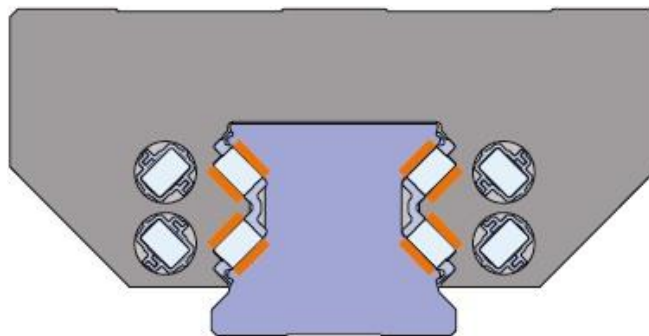
### 2.3.1 Profilschienenführung

„Bei Profilschienenführungen rollen Wälzkörper zwischen Führungsschiene und -wagen auf gehärteten Laufbahnen. In einem Umlauf im Führungswagen werden die Wälzkörper transportiert, umgelenkt und durch den Rücklauf in die Laufbahn zurückgeleitet. Dieser Umlauf ermöglicht eine Endlosschleife mit unbegrenztem Hub.“



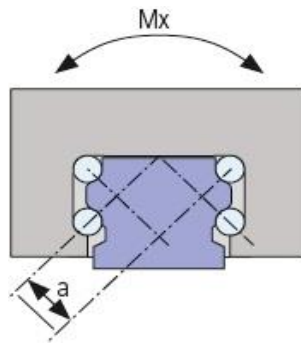
**Abbildung 6: Kugelumlaufeinheit [6]**

„Als Wälzkörper werden Kugeln oder Rollen verwendet. Kugelgelagerte Profilschienenführungen (Kugelumlaufeinheiten) sind für Anwendungen geeignet, die durch höhere Geschwindigkeiten und höhere Beschleunigungen gekennzeichnet sind. Profilschienenführungen mit Rollen (Rollenumlaufeinheiten) werden eingesetzt, wenn Längsführungen hohe Lasten aufnehmen müssen, besondere Steifigkeit gefordert ist und die Notwendigkeit besteht sehr genau zu verfahren.“

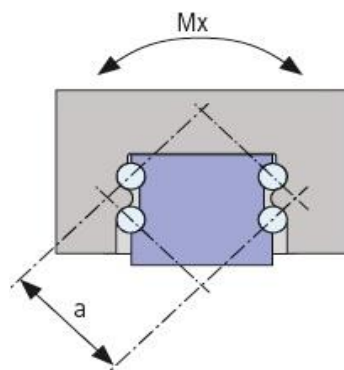


**Abbildung 7: Rollenumlaufeinheit [6]**

„Üblich sind zwei, vier oder sechs Wälzkörperreihen. Mit zunehmender Anzahl von Wälzkörperreihen steigt die Tragfähigkeit und die Steifigkeit der Profilschienenführung, da die Lasten von mehr Wälzkörpern getragen werden. Allerdings nimmt auch die Reibung zu. Je nach Verlauf der Kraft-Wirklinien durch die Berührungspunkte handelt es sich entweder um eine X- oder O-Anordnung der Laufbahnen. Profilschienenführungen in X-Anordnung haben wegen des geringeren Abstandes der Laufbahnen einen kürzeren Hebelarm. Dadurch können Schiefstellungen in Mehrachssystemen besser aufgenommen werden (Selbstausrichtung).“

**Abbildung 8: X-Anordnung [6]**

„Profilschieneführungen in O-Anordnung weisen dagegen eine deutlich höhere Steifigkeit und größere Momentbelastbarkeit in  $M_x$ -Richtung auf und bieten Vorteile bei abhebenden Kräften.“<sup>4</sup>

**Abbildung 9: O-Anordnung [6]**

---

<sup>4</sup> Ludwig Meister

<http://www.ludwigmeister.de/produkte/lineartechnik/fuehrungssysteme/profilschieneuehrungen> (13.06.16, 16:00 Uhr)

### 2.3.2 Wellenführung

„Bei Wellenführungen laufen Linearkugellager auf Präzisionsstahlwellen. Die Kugeln zirkulieren im Lager und sorgen für eine leichtgängige Bewegung. Linearkugellager werden entweder direkt in die Anschlusskonstruktion eingepresst oder in vorgefertigte Gehäuse eingebaut, die mit der Anschlusskonstruktion verschraubt werden. Anders als bei Profilschienenführungen verfügen Wellenführungen nicht über speziell geformte Laufbahnen. Vielmehr rollen die Kugeln auf der glatten Oberfläche der Welle ab. Die Kontaktfläche zwischen Kugel und Laufbahn ist daher wesentlich kleiner als bei Profilschienenführungen, die Flächenpressung entsprechend höher.“

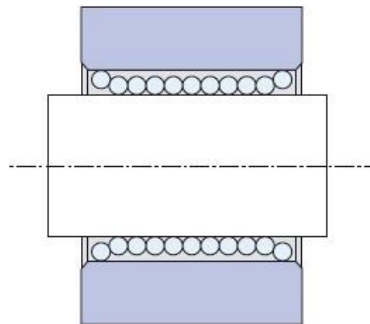


Abbildung 10: Linearkugellager auf Präzisionsstahlwellen [6]

„Bei Linearkugellagern wird die wirksame Tragzahl durch die Lage der Lastrichtung zur Stellung der Kugelreihen bestimmt. Die niedrigsten Tragzahlen ergeben sich bei „**Scheitelstellung**“ der Kugelreihen.“

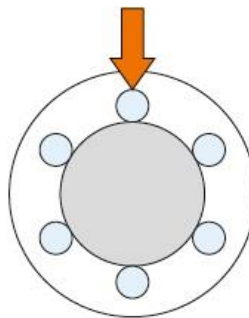
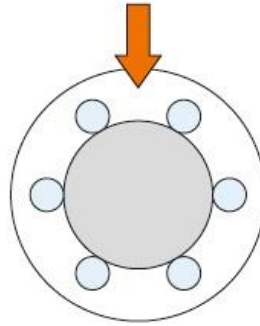


Abbildung 11: Scheitelstellung, Tragzahlen minimal [6]

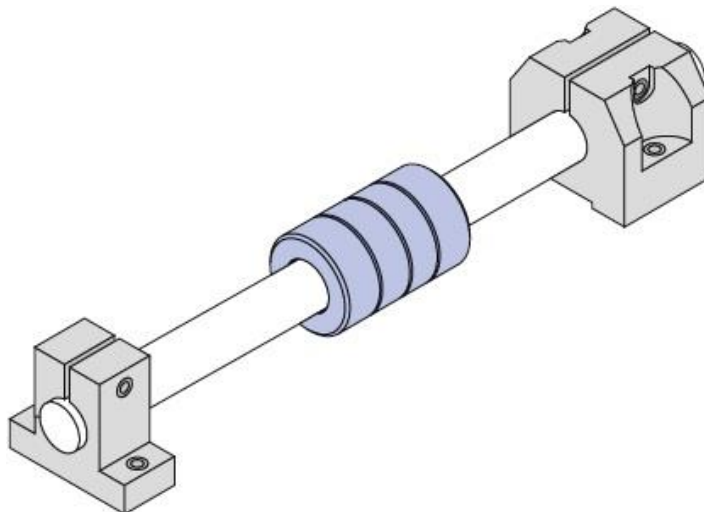
„Höchst mögliche Tragzahlen werden bei einer „**Symmetriestellung**“ der Kugelreihen erzielt.“



**Abbildung 12: Symmetriestellung, Tragzahlen maximal [6]**

„Sind Lager gerichtet eingebaut, kann die maximale Tragzahl zur Anwendung kommen. Ist dies nicht möglich bzw. die Lastrichtung nicht genau bestimmbar, muss die minimale Tragzahl angenommen werden.“

Die Befestigung der Stahlwellen erfolgt entweder an den Enden auf Wellenböcken oder auf einer Wellenunterstützung über die gesamte Wellenlänge. Bei der Befestigung auf Wellenböcken lässt sich ein unebener Untergrund einfach überbrücken.“



**Abbildung 13: Befestigung auf Wellenböcken [6]**

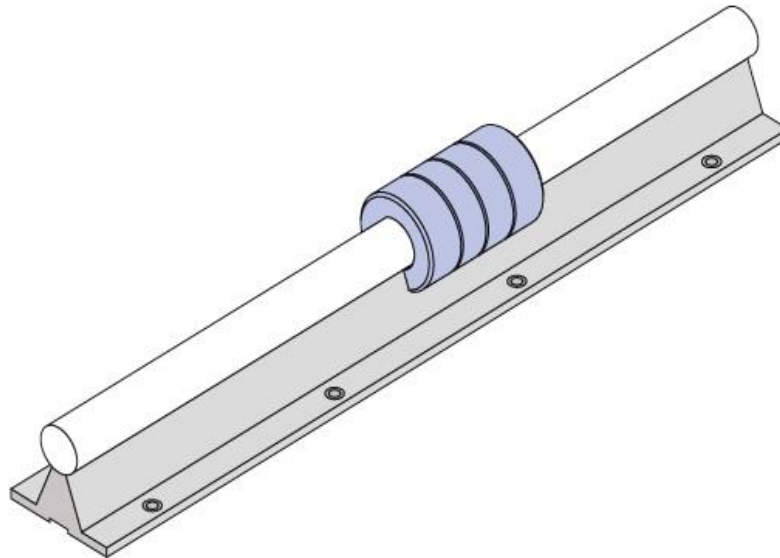
„Bei höheren Belastungen wird die Befestigung meist auf einer Wellenunterstützung (Tragschiene) angebracht. Diese verhindert ein Durchbiegen der Stahlwelle. Hierfür werden offene Lager mit Segmentausschnitt verwendet.“<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Ludwig Meister

<http://www.ludwigmeister.de/produkte/lineartechnik/fuehrungssysteme/wellenfuehrungen>

(14.06.16, 12:00 Uhr)

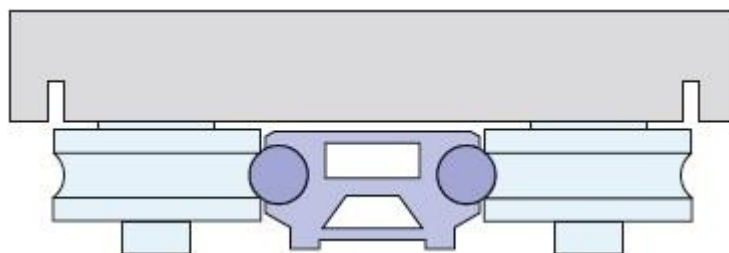




**Abbildung 14: Befestigung auf Wellenunterstützung [6]**

### 2.3.3 Laufrollenführung

„Laufrollenführungen zählen nicht zu den typischen Profilschienenführungen, da keine Wälzkörper zwischen Führungswagen und -schiene umlaufen. Bei Laufrollenführungen übernehmen wälzgelagerte Laufrollen die Funktion der Wälzkörper. Als Laufflächen dienen gehärtete Präzisionsstahlwellen, die in den Grundkörper der Führungsschiene (in der Regel aus eloxiertem Aluminium) eingepresst sind (Verbund-Tragschienen). Laufrollenführungen werden bevorzugt für Aufgaben in der Handhabungs- und Automationstechnik eingesetzt, wenn dort geräuscharmer Lauf, hohe Geschwindigkeit und lange Verschiebewege bei gleichbleibend niedrigem Verschiebewiderstand gefordert sind.“



**Abbildung 15: Wälzkörper mit Führungsschiene und -wagen [6]**

„Um dabei ein weiteres Anforderungsprofil mit Standardbauteilen abzudecken, sind Laufrollenführungen nach dem Baukastensystem konstruiert. Mit den kombinierbaren Systemelementen Laufwagen, Verbund-Tragschienen, Laufrollen und einem exakt passenden Zubehör, lassen sich genau auf die Anwendung abgestimmte Konstruktionen realisieren.“

„Laufwagen werden wie folgt geliefert:

- kostengünstige und gewichtsarme Hohlkammer-Laufwagen
- robuste offene Laufwagen für leistungsstarke Führungen mit einfachem Aufbau
- geschlossene Kompakt-Laufwagen, wenn Führungen in verschmutzter Umgebung arbeiten
- Loslager-Laufwagen für Fest- und Loslager-Anwendungen mit zwei parallellaufenden Schienenführungen
- Drehschemel-Laufwagen für Kurven- oder geschlossene Oval- und Kreisführungen.

Verbund-Tragschienen gibt es als Voll- und Hohlkammer-Tragschiene, mit biegesteifem Trägerprofil, als Halbschiene, als Bogenelement sowie als flache Ausführung. Zusätzlich lieferbar sind Schienen mit Nuten für Zahnstangen oder Zahnriemen. Zur Führung der Laufwagen und zur Aufnahme der Kräfte werden Profil-Laufrollen ohne Füllnut eingesetzt. Diese zweireihigen Schrägkugellager haben einen mit gotischer Laufrille profilierten Außenring, sind beidseitig abgedichtet und auf Gebrauchsdauer befettet. Sie nehmen beidseitig axiale Lasten und durch den verstärkten Außenring, hohe radiale Kräfte auf.“<sup>6</sup>

### **2.3.4 Flachkäfigführung**

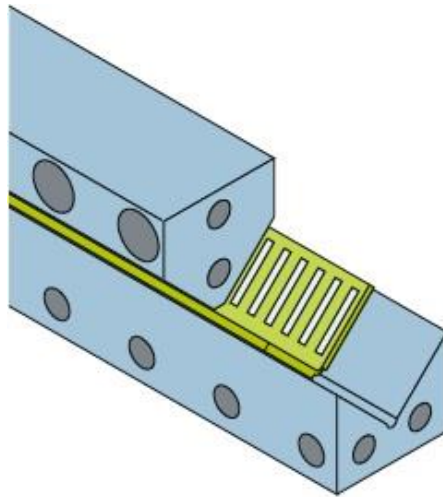
Bei Werkzeugmaschinen bestehen hohe Anforderungen an Genauigkeit, Tragfähigkeit und Steifigkeit. Hierbei ermöglichen Flachkäfigführungen mit Nadel- oder Zylinderrollen-Käfigen eine optimale Lösung. Gegenüber anderen Linearsystemen benötigen sie einen geringen Bauraum. Außerdem werden sie je nach Bauform als Fest- oder Loslagerung eingesetzt und eignen sich für hohe Beschleunigungen. Durch die Relativbewegung des Käfigs gegenüber den beiden Laufbahnen sind sie nur für begrenzte Hübe geeignet. Im Gegensatz zu Linearführungen mit Wälzkörperumlauf befinden sich bei den Käfigführungen die Wälzkörper während des gesamten Bewegungsablaufes zwischen den Laufbahnen. Dies gewährleistet eine außerordentliche Laufruhe und eine hohe Laufgenauigkeit der Werkstücke.<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> Ludwig Meister

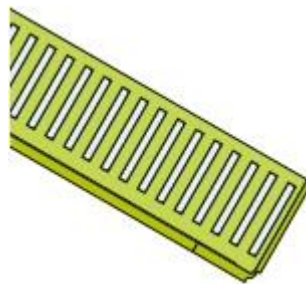
<http://www.ludwigmeister.de/produkte/lineartechnik/fuehrungssysteme/laufrollenfuehrungen>

(14.06.16., 17:30 Uhr)



**Abbildung 16: Flachkäfigführung mit Nadelrollen [6]**

Nadelrollen bieten die größtmögliche Anzahl tragender Wälzkörper und damit eine hohe Belastbarkeit.



**Abbildung 17: Nadelrollen [6]**

Zylinderrollen als Wälzkörper verleihen der Führung größere Elastizität bei geringerer Steifigkeit. Die hohe Tragfähigkeit, welche für diese Führungen kennzeichnend ist, bleibt erhalten.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Ludwig Meister

<http://www.ludwigmeister.de/produkte/lineartechnik/fuehrungssysteme/flachkaefigfuehrungen>  
(15.06.16, 11:00 Uhr)



**Abbildung 18: Zylinderrollen [6]**

### 2.3.5 Gleitführung

Die Gleitführung ist die älteste Form der Linearführungen. Sie wurde noch bis in die 90er Jahre fast ausschließlich in Werkzeugmaschinen verwendet. Dabei dominierte die Schwalbenschwanzführung.



**Abbildung 19: Bsp. einer Schwalbenschwanzführung [19]**

Bei Metall- Metallführungen ist die richtige Werkstoffkombination für die tribologischen Eigenschaften ein entscheidender Faktor. Sie bestimmt maßgebend das Reibungs- und Verschleißverhalten. Besonders bewährt haben sich Grauguss-Stahl oder Messing (Bronze)- Stahl Gleitführungen.

Die gestiegenen Anforderungen zeigen aber, dass sich viele Anwendungsfälle etwa in modernen NC- Maschinen oder in der Automatisierungstechnik mit solchen Gleitführungen nicht mehr befriedigend lösen lassen. Demzufolge werden zunehmend auch speziell dafür entwickelte Kunststoffe als Gleitbahnbelag zusammen mit gehärteten GG- oder Stahlführungen verwendet. Solche Führungen zeigen auch bei Mangelschmierung oder Trockenlauf nicht den unerwünschten stickslip-Effekt und bringen zudem gute Dämpfungseigenschaften bei mechanischen Schwingungen.<sup>8</sup>

**„Vorteile gegenüber wälzgelagerten Linearführungen:**

- Lineargleitlagersysteme sind wartungsfrei
- sie sind für den Trockenlauf ausgelegt. Alle Anwendungen sind damit vor Verschmutzungen durch Fett und Öl geschützt.
- Der Einsatz unter grobem Schmutz und Sand ist möglich. Partikel werden, ähnlich einem Abstreifer, durch die Bewegung selbst aus der Kontaktfläche weggeschoben.
- Die dämpfende Eigenschaft der Gleitwerkstoffe machen diese relativ unempfindlich gegen Stöße, Vibrationen und Erschütterungen.
- Unempfindlichkeit gegen Einflüsse, wie Wasser oder Chemikalien
- Gleitführungen laufen geräuscharm. Die Bewegung ist nur von einem leisen Gleitgeräusch begleitet.
- sie sind meist preisgünstiger als wälzgelagerte Linearführungen.“

**„Nachteile gegenüber wälzgelagerten Linearführungen:**

- Bei Gleitführungen ist ein höherer Anlaufwiderstand nicht zu vermeiden
- sie haben im Allgemeinen einen geringeren Wirkungsgrad als wälzgelagerte Linearführungen
- Die nötigen Kräfte, um lineare Bewegungen zu ermöglichen, sind bei Gleitführungen meist um ein Vielfaches höher als bei wälzgelagerten Führungen
- Um die Gleitreibung so gering wie möglich zu halten, müssen Lineargleitlager mit einem geringen Übermaß verwendet werden. Vorgespannte wälzgelagerte Einheiten weisen daher eine deutlich höhere Steifigkeit auf.“<sup>9</sup>

---

<sup>8</sup> Prof. Dipl.-Ing August Georg Ruß und 11 Mitautoren, Linearlager und Linearführungssysteme: Einsatzmöglichkeiten – Berechnung – Auslegung, 2., völlig neubearbeitete Auflage, expert Verlag

<sup>9</sup> Ludwig Meister

<http://www.ludwigmeister.de/produkte/lineartechnik/fuehrungssysteme/gleitfuehrungen>

(16.06.16, 12:30 Uhr)

## 3 Methodische Konstruktion

### 3.1 Analyse des Marktes

Der Oberbegriff „Spannvorrichtung“ deckt einen breiten Markt ab, der verschiedene Branchen bedient. Besonders in der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt und im klassischen Maschinenbau findet die Spanntechnik ihre Anwendung. Insbesondere beim Fügen von Blechteilen wird oft auf die Spanntechnik zurückgegriffen.

Automatisierte Spannvorrichtungen werden häufig in der Massenproduktion eingesetzt. Im Prototypenbau und bei der Herstellung kleinerer Stückzahlen finden sich manuell zuschließende Handspanner wieder. Die Handspanner mit Kniehebelgelenk sind von besonderem Interesse, da diese von der Thyrolf und Uhle GmbH als Spannmittel vorgegeben sind. Ein breites Angebot von Handspannern jeglicher Art haben die Firmen De-Sta-Co, Tünkers Maschinenbau GmbH und Hogetex in ihrem Portfolio. Mehrere unterschiedliche Ausführungen, mit teils modularem Aufbau, sind für verschiedene Lasten verfügbar.

Aufgrund der Vielfalt der Einsatzgebiete von Spannmitteln, würde eine genauere Betrachtung des Marktes den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Stattdessen ist der Markt durch die Vorgaben der Thyrolf und Uhle GmbH, bei der Auswahl eines Handspanners eingegrenzt. Demzufolge sind die Marktanforderungen:

- Schnelle Verfügbarkeit
- Steifigkeit
- Hohe Positioniergenauigkeit
- Geringes Gewicht
- Kleiner Bauraum
- Niedrige Kosten

Diese Anforderungen werden derzeit von den genannten Firmen erfüllt. Ein Konkurrenzprodukt muss entweder einen ansprechenden Vorteil bieten oder mindestens diese Kriterien in gleichem Maße einhalten.

### 3.2 Patentrecherche

Mithilfe der Patentrecherche soll nachfolgend geklärt werden, ob mit der Konstruktion der variablen Spannvorrichtung eine Patentverletzung entsteht. Hierfür wurde sowohl eine Suche auf Google mit dem Reiter „Google-Patent“ verwendet, als auch eine genaue Online-Recherche des deutschen Patent- und Markenamtes (DPMA) Depatisnet. Auf der Internetseite [www.dpma.de](http://www.dpma.de) wird sowohl das Patent, als auch der derzeitige Zustand des Patents dargestellt. Mit den eingefügten pdf-Dateien lässt sich entweder nachlesen oder mithilfe der Bilder überprüfen ob das Patent der Konstruktion ähnelt oder gar gleicht. Aufgrund der umfangreichen Beschreibungen der Erfinder stellten sich die pdf-Dateien als sehr unübersichtlich heraus, wenn keine klare Abbildung hinzugefügt wurde. Die Google-Suche bot den Vorteil, dass Bilder direkt mit den Suchergebnissen verknüpft waren. Dies ermöglichte einen Vergleich, ob die zukünftige Konstruktion Ähnlichkeiten mit den Ergebnissen vorweisen könnte. Falls dies annähernd zutraf wurde die Internetrecherche vertieft.

Eine tabellarische Übersicht zeigt die verwendeten Suchbegriffe und deren Trefferanzahlen.

**Tabelle 1: Suchbegriffe mit Anzahl der Treffer**

Suchbegriffe	Depatisnet	Google-Patentsuche
Spannvorrichtung	63.464	39.800
variable Spannvorrichtung	1.086	4.250
Handspanner	40	60
variable Handspanner	1	6
Kniehebel-Spannvorrichtung	299	761
variable Kniehebelspannvorrichtung	5	96

Diese Tabelle bestätigt, dass die Google-Patentsuche eine viel größere Anzahl an Treffern aufweist. Trotzdem ist sie dadurch nur quantitativ besser und nicht qualitativ. Google als Suchmaschine hat die Eigenschaft Suchbegriffe zu verknüpfen um ein breiteres Ergebnis zu liefern. Dadurch wurde die Suche nach einer ähnlichen oder gleichen Konstruktion erschwert, sodass nur einige Patente näher betrachtet wurden. Anhand der untersuchten Ergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass die geplante Vorrichtung keine bestehenden Patente verletzt. Auch ist ihre Art des Aufbaus zu einfach um es mittels eines Patenten schützen zu lassen.

Schlussendlich ist die Konstruktion nur eine Zusammenführung von etablierten einzelnen Komponenten die auf die Bedürfnisse der Thyrolf und Uhle GmbH zugeschnitten werden.

### 3.3 Lösungsfindung und Bewertung

#### 3.3.1 Morphologischer Kasten

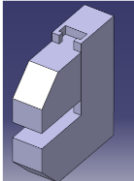
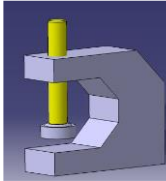

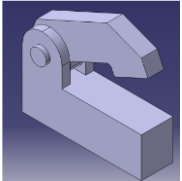
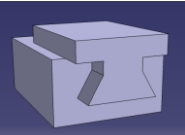
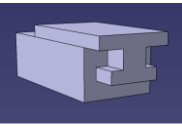

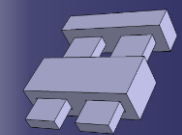
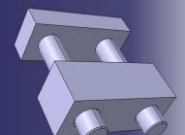



Als morphologischer Kasten wird ein Ordnungsschema verstanden, das jeder Teilfunktion mehrere Lösungen (Wirkprinzipien) zuordnet.

Liegt ein solches Schema vor, bestehen verschiedene Möglichkeiten der Lösungsfindung. Zum Beispiel kann zu jeder Teilfunktion das „beste“ Ergebnis ermittelt werden, um anschließend alle bestbewerteten Teillösungen zu einem Gesamtergebnis zu kombinieren.

Unter Umständen ergibt die Kombination der optimalen Einzellösungen jedoch nicht die bestmögliche Gesamtlösung. Darum sollten zunächst Kompatibilitätsprüfungen durchgeführt werden, um alle denkbaren Kombinationsmöglichkeiten zu identifizieren. Anschließend können dann die so entstandenen Prinzipkombinationen (Wirkstruktur) bewertet werden.

Darüber hinaus sind die Einzellösungen der Wirkstruktur einzuschätzen, um bspw. eine Auswahlentscheidung zwischen zwei ähnlichen Gesamtlösungen zu finden.

**Tabelle 2: Morphologischer Kasten**

Lösungen		Teilfunktionen				
		1	2	3	4	5
1	Spannen	 Linearführung	 Schraubstock	 Kniehebelgelenk	 Scharnier	
		 Schwalbenschwanzführung	 T-Nut	 Langlochführung	 Vierkant	 Rund-Profil
3	Ausrichtung/ Arretierung des Bleches	 Anschlagbolzen zum Schrauben	 Anschlagbolzen zum Stecken	 Anschlagprofil		
4	Material der Unter- konstruktion	Holz	Stahl	Aluminium		



### 3.3.2 Lösungsbewertung

Die Bewertung erfolgt anhand folgender Kriterien.

**Tabelle 3: Bewertungskriterien**

Kriterium	Einflussgrößen	rel. Gewichtung
Fertigung	Anteil von Norm- und Kaufteilen, Komplexität der zu fertigenden Teile	1,2
Kompaktheit	Bauraum, Gewicht, Einfachheit	1,2
Aufbau	Bedienung	1,3
Modularität	Montage, Anpassung an andere Gegebenheiten	1,1
Verstellbarkeit	einfache Verstellung und Positionierung	1,3

**Tabelle 4: Bewertungsskala**

Sehr gut	gut	ausreichend	gerade noch tragbar	unbefriedigend
5	4	3	2	1

Die Bewertung einer Lösung ist der gewichtete Mittelwert der Einzelbeurteilungen, wobei die in VDI 2225 definierte Bewertungsskala Anwendung findet (Tabelle 4).<sup>10</sup>

Nachfolgend wird jede einzelne Teilfunktion eingeschätzt. Die grün gekennzeichneten Felder sind die bestmöglichen Einzelbewertungen, wobei die Kombination der besten Teilfunktionen nicht die beste Gesamtlösung sein muss.

<sup>10</sup> M.Eng. Stephan Voigt

Tabelle 5: Bewertungstabelle für Spannen

Spannen		Bewertung			
Kriterium	rel. Gewichtung	Lös. 1	Lös. 2	Lös. 3	Lös. 4
Fertigung	1,2	4	3	5	2
Kompaktheit	1,2	2	2	4	2
Aufbau	1,3	4	3	3	2
Modularität	1,1	2	2	4	2
Verstellbarkeit	1,3	3	1	3	1
<b>Summe</b>		<b>18,5</b>	13,4	23	10,9

Tabelle 6: Bewertungstabelle für Variabilität

Variabilität		Bewertung				
Kriterium	rel. Gewichtung	Lös. 1	Lös. 2	Lös. 3	Lös. 4	Lös. 5
Fertigung	1,2	4	2	5	2	2
Kompaktheit	1,2	3	3	5	2	2
Aufbau	1,3	5	5	5	4	4
Modularität	1,1	3	3	4	3	3
Verstellbarkeit	1,3	4	4	4	4	4
<b>Summe</b>		23,4	21	<b>28,1</b>	18,5	18,5

Tabelle 7: Bewertungstabelle für Ausrichtung

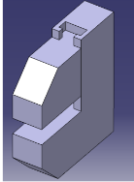
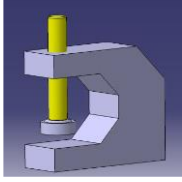

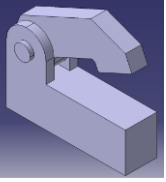
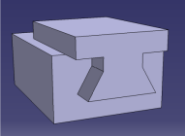
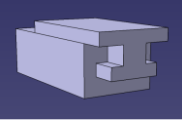

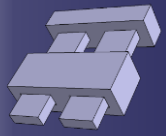
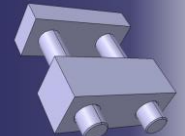






Ausrichtung		Bewertung		
Kriterium	rel. Gewichtung	Lös. 1	Lös. 2	Lös. 3
Fertigung	1,2	4	5	3
Kompaktheit	1,2	5	5	3
Aufbau	1,3	4	5	4
Modularität	1,1	1	1	1
Verstellbarkeit	1,3	3	3	2
<b>Summe</b>		21	23,5	16,1

Tabelle 8: Bewertungstabelle für Material

Material		Bewertung		
Kriterium	rel. Gewichtung	Lös. 1	Lös. 2	Lös. 3
Fertigung	1,2	5	4	4
Kompaktheit	1,2	4	2	3
Aufbau	1,3	4	2	3
Modularität	1,1	4	2	3
Verstellbarkeit	1,3	1	1	1
<b>Summe</b>		21,7	13,3	16,9

Für die bessere Übersichtlichkeit werden nun die gewählten Teilfunktionen grün dargestellt.

**Tabelle 9: Morphologischer Kasten mit gewählten Teilfunktionen**

Lösungen Teilfunktionen		1					2					3					4					5				
		1					2					3					4					5				
1	Spannen																									
		Linearführung					Schraubstock					Kniehebelgelenk					Scharnier									
2	Variabilität																									
		Schwalbenschwanzführung					T-Nut					Langlochführung					Vierkant					Rund-Profil				
3	Ausrichtung/ Arretierung des Bleches																									
		Anschlagbolzen zum Schrauben					Anschlagbolzen zum Stecken					Anschlagprofil														
4	Material der Unter- konstruktion																									
		Holz					Stahl					Aluminium														

### 3.3.3 Anmerkungen zu den gewählten Teilfunktionen

#### **Spannen**

Die Hauptfunktion des Spanners soll das Niederhalten des Bleches sein. Der Spanner, mit Kniehebelfunktion, bietet dafür die beste Bedienbarkeit. Er kann mit einer Hand bewegt und auch geschlossen werden. Dies wird durch das „über-Totpunkt“-Verfahren ermöglicht. Weitere Vorteile sind das Gewicht und die Kompaktheit. Außerdem ist der Kniehebelspanner ein Kaufteil und kann in verschiedensten Ausführungen erworben werden. Diese Vorteile bieten die anderen Spanner nicht, da sie zu voluminös sind, ihre Bedienbarkeit nicht simpel genug ist und extra konstruiert werden müssten.

#### **Variabilität**

Bei der Variabilität fiel die Entscheidung auf die Langlochführung. Dies ist eine einfache Art der Verstellung. Die Fertigung ist weniger komplex als bei anderen linearen Führungen. Hierfür muss lediglich ein Langloch gefertigt werden und keine zwei Formen mit Toleranzen und eventuellen Oberflächenrauheiten. Ein großer Pluspunkt ist die Bauhöhe. Andere Systeme müssen aufgrund ihrer Form viel höher ausgeführt werden. Ein Nachteil ist gegebenenfalls die geringere Flächenpressung. Doch davon ist abzusehen, da keine großen vertikalen Kräfte auf die Führungen wirken.

#### **Ausrichtung/ Arretierung**

Um die zu fertigenden Bleche vor dem Verspannen in die richtige Position zu bekommen, soll hier mit Anschlagpunkten gearbeitet werden. Diese sollen sich in der Aussparung des Bleches befinden, da bei beiden Blechgrößen die Form und Größe gleich ist. Der Platz für Anschlagpunkte ist begrenzt. Hierfür bieten sich Anschlagbolzen an. Für die bessere Handhabung fiel die Entscheidung auf steckbare Anschlagbolzen. Auch das Anschlagprofil, welches sich der Form der Aussparung anpasst (siehe Tabelle 9, Teilfunktion 3, Lösung 3), ist eine weitere gute Möglichkeit. Doch bei der Größe und dem Gewicht der Werkstücke wird das Einfädeln und Ablegen auf der Spannvorrichtung ein Problem. Die Anschlagbolzen sind vielseitiger einsetzbar und das Anschlagprofil nur auf diese eine Form zugeschnitten.

**Material**

Bei dieser Teilfunktion ist erkennbar, dass die einzelne Komponente Holz, einzeln betrachtet, die bessere Wahl im Gegensatz zu Stahl oder Aluminium ist. Sie stellt aber in der Kombination mit den anderen Teilfunktionen keine gute Lösung dar. Holz alleine gesehen ist leichter. Demzufolge auch handlicher und kann einfacher bearbeitet werden, als seine beiden Konkurrenten. Der Gewichtsunterschied wird mit den folgenden Formeln verdeutlicht.

Masse:  $m = V * \rho$

Volumen:  $V = l * b * h$

Größenannahme der Unterkonstruktion:

$$l = 1300\text{mm} = 13\text{dm}$$

$$b = 1100\text{mm} = 11\text{dm}$$

$$h = 30\text{mm} = 0,3\text{dm}$$

$$V = l * b * h$$

$$V = \underline{42,9\text{dm}^3}$$

Dichte: Holz  $\rho = 0,5 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

Aluminium  $\rho = 2,7 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

Stahl  $\rho = 7,9 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

$$m = V * \rho$$

Masse: Holz  $\underline{m = 21,45\text{kg}}$

Aluminium  $\underline{m = 115,83\text{kg}}$

Stahl  $\underline{m = 338,9\text{kg}}$

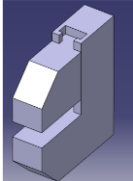
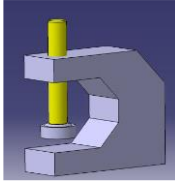

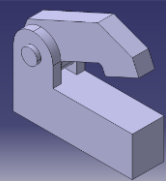
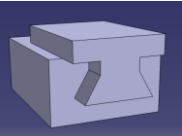
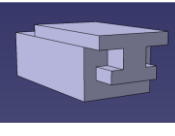

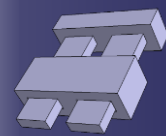
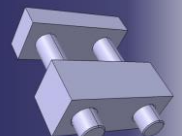



Das Ergebnis zeigt, dass eine Holzkonstruktion für einen Arbeiter händelbar ist. Stahl und Aluminium sind dagegen nicht ohne Hilfsmittel zu bewegen.

Das Material Holz ist auch „lebendig“. Je nach Temperatur oder Luftfeuchtigkeit kann es sich enorm ausdehnen oder zusammenziehen. Für ein Bearbeitungsverfahren, bei dem ein hohes Maß an Genauigkeit bzw. kleine Toleranzen gefordert werden, ist das Material keine gute Wahl. In diesem Fall ist der Werkstoff nur für die Unterkonstruktion und dient als Aufnahmepunkt für die linearen Führungen mit Handspannern. Sollte sich eine Größenänderung einstellen, ist dies zu vernachlässigen, da sich hierbei nur die Lage der Handspanner verändert.

In Kombination mit den anderen Teilfunktionen ist Holz keine gute Lösung. Durch die Verwendung eines Langloches, als Teil der Variabilität, muss die Unterkonstruktion stabil sein, um die Abnutzung beim Verschieben gering zu halten. Diese Eigenschaft erfüllt der Werkstoff Holz nicht. Ein weiterer Nachteil ist Korrosion. Dies betrifft das Holz nicht. Es kann jedoch Nässe für längere Zeit speichern, die wiederum die Handspanner zum Korrodieren bringen kann.

Aufgrund der überwiegend negativen Eigenschaften von Holz fällt die Wahl der Teilfunktion „Material“ auf die Komponente Stahl. Dadurch wird eine homogenere und kompatiblere Gesamtlösung erreicht. Nachfolgend die korrigierte Darstellung der gewählten Teilfunktionen.

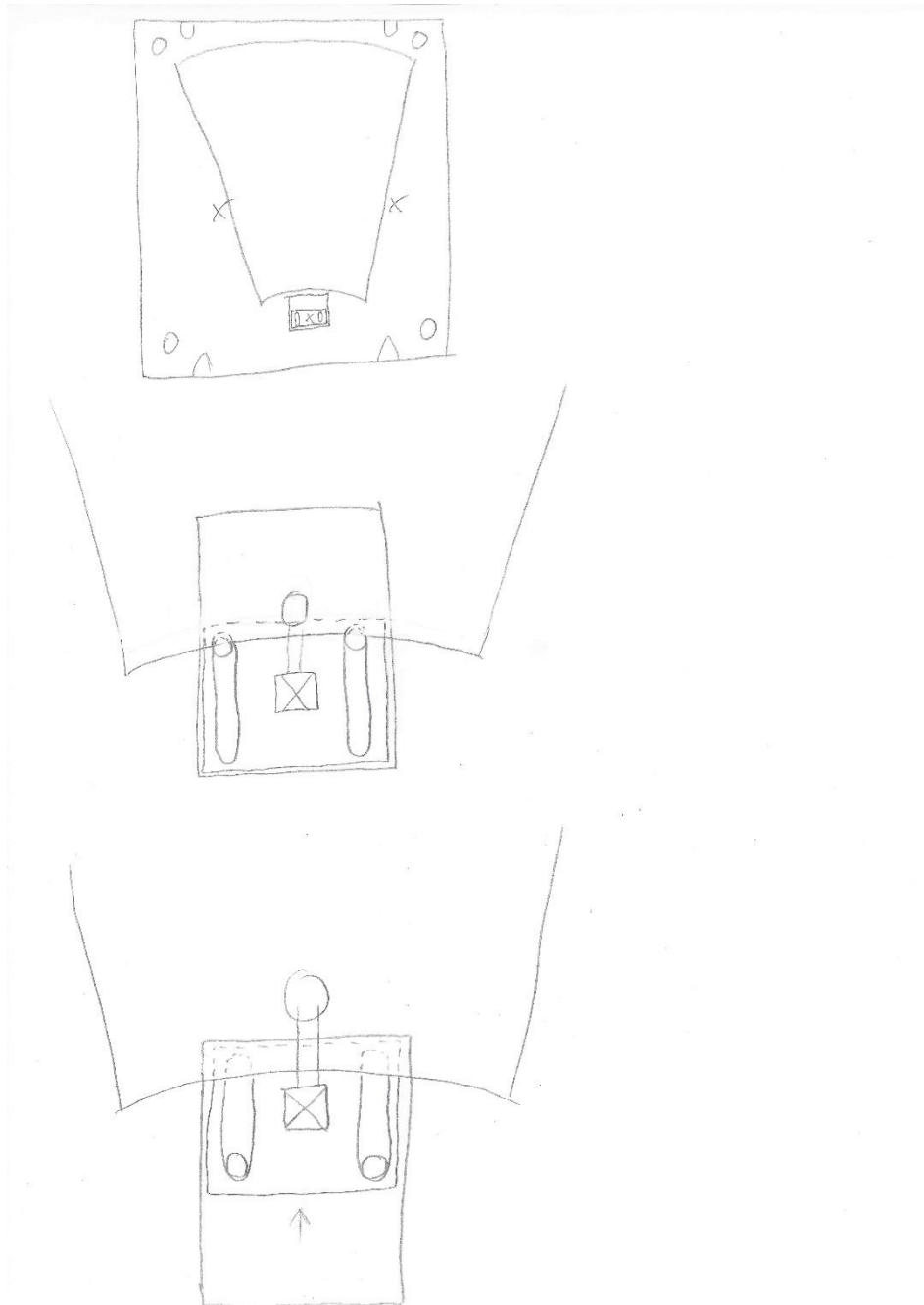
**Tabelle 10: Korrigierte Teilfunktionen**

Lösungen		1	2	3	4	5
Teilfunktionen						
1	Spannen	 Linearführung	 Schraubstock	 Kniehebelgelenk	 Scharnier	
2	Variabilität	 Schwalbenschwanzführung	 T-Nut	 Langlochführung	 Vierkant	 Rund-Profil
3	Ausrichtung/ Arretierung des Bleches	 Anschlagbolzen zum Schrauben	 Anschlagbolzen zum Stecken	 Anschlagprofil		
4	Material der Unter- konstruktion	Holz	Stahl	Aluminium		

### 3.4 Modellierung

Der erste Schritt zu einer Modellierung ist eine grobe Skizze um sich einen Überblick zu verschaffen. Auch können verschiedene Ideen, ohne größeren Aufwand, schnell zu Papier gebracht werden.

Da die Konstruktion der Thyrolf & Uhle GmbH dienen soll, ist die Meinung der Mitarbeiter sehr wichtig. Nachfolgend ist die Skizze zu sehen welche die ersten Ideen widerspiegelt. (Abb. 20).



**Abbildung 20: Vorentwurf per Hand**

Um den Mitarbeitern die ersten Ideen zu präsentieren, war eine grobe Visualisierung der Konstruktion hilfreich.



So konnten Verbesserungsmöglichkeiten und Tipps besprochen werden. Nachdem nun alle Vorschläge und Ideen in einer Skizze festgehalten wurden, folgte die 3D-Modellierung.

Hierzu gibt es mehrere 3D-Zeichnungsprogramme. Die Wahl fiel auf Catia V5 da dieses Programm aus dem Studium bekannt war und die Dateien als stp. Format gespeichert werden können. Somit ist es der Thyrolf & Uhle GmbH möglich, das Modellauch in ihren eigenen Programmen zu bearbeiten.

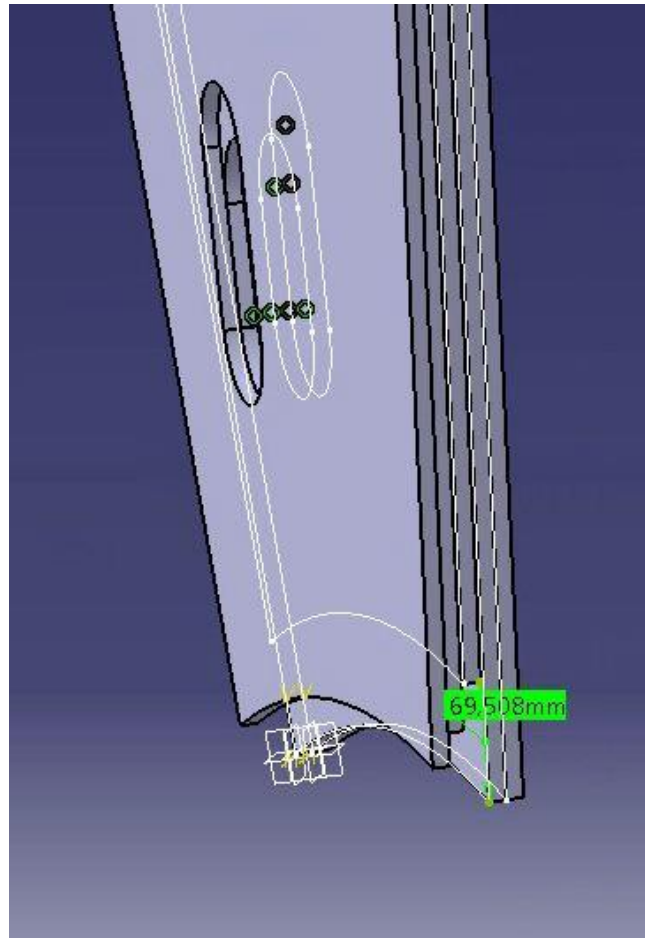
Als erstes erfolgte die Konstruktion der zu bearbeitenden Bleche. Diese besitzen verschiedene Größen. Demnach war es notwendig jedes einzeln zu erstellen. Anschließend wurden die Bleche übereinandergelegt (Abb. 21). Als fester Punkt diente das Langloch, da dort später die Anschlagbolzen zu platzieren sind.



**Abbildung 21: Größenvergleich der Bleche**

In der Abbildung 20 ist gut zu erkennen welchen Abstand die Spanner an beiden Seiten haben müssen.

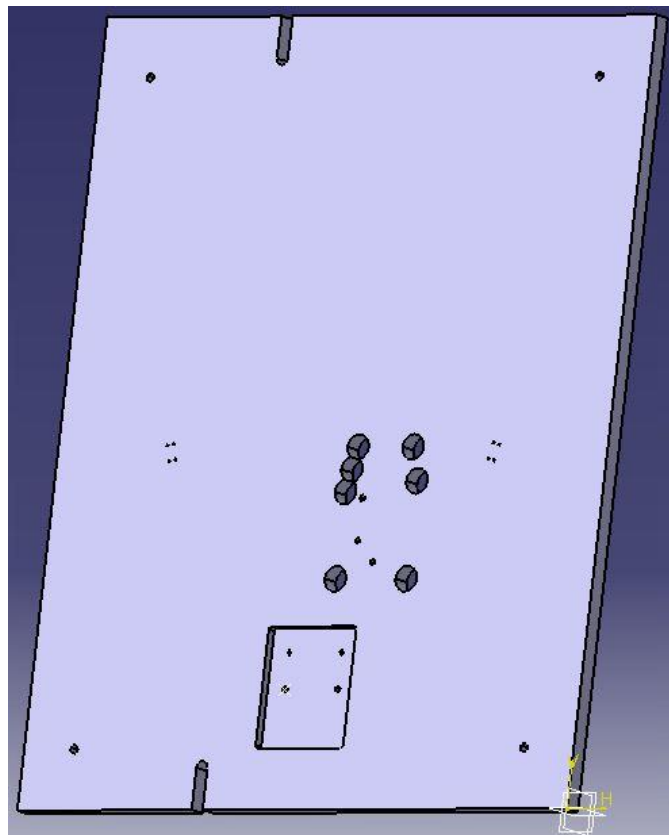
Auch das benötigte Verstellmaß für den variablen Spanner konnte gemessen werden (Abb. 22).



**Abbildung 22: Verstellmaß des variablen Spanners**

Da nun alle Maße vorhanden sind, folgt als nächster Schritt die Modellierung der Spannplatte. Zu beachten ist, dass ein Gleichgewicht zwischen Größe und Funktionalität herrschen muss. Da der variable Körper und die Verbindungsschrauben mit konischem Kopf ein Minimum an Materialstärke benötigen, ist die Tiefe der Spannplatte begrenzt. Um das Gewicht klein zu halten und die Bedienung mit einem Kran zu gewährleisten, ist es notwendig, die Länge und Breite der Spannplatte so gering wie möglich zu dimensionieren.

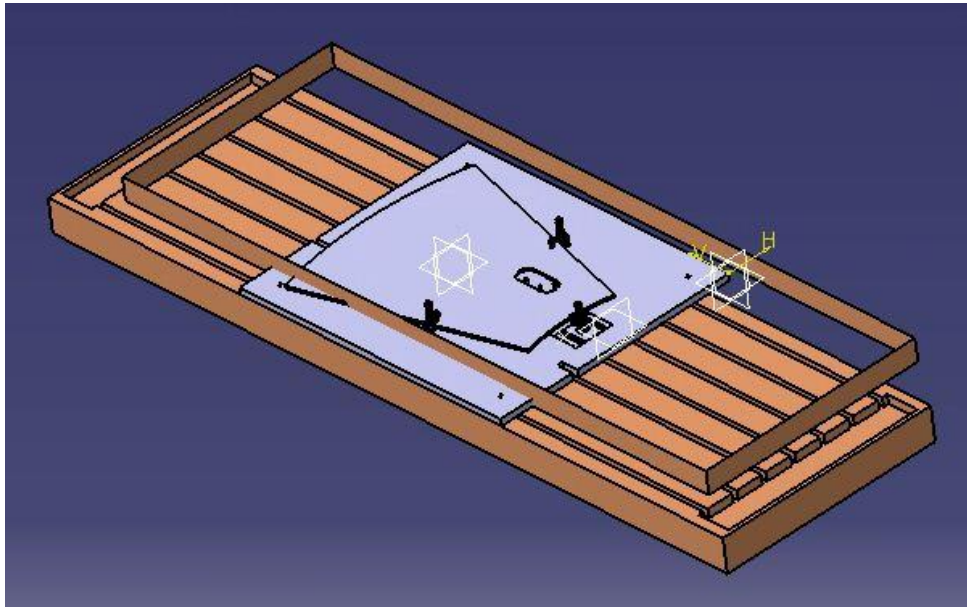
Die folgende Abbildung zeigt die Spannplatte ohne Handspanner, Schrauben, Anschlagbolzen und variablen Körper.



**Abbildung 23: Grundkonstruktion der Spannplatte**

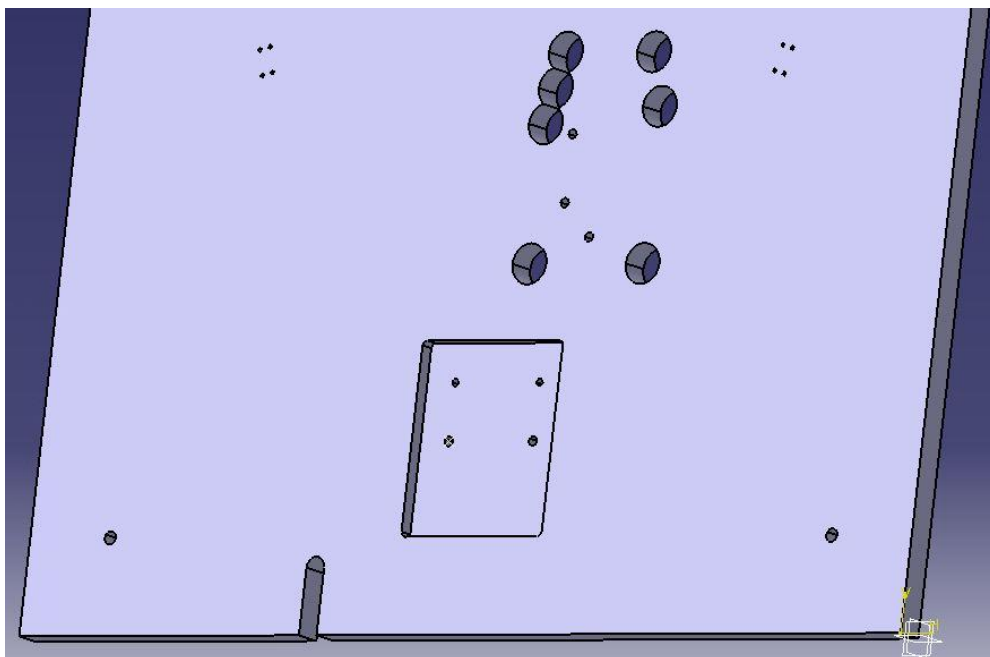
Die Stärke der Unterkonstruktion ist mit 30mm an der Untergrenze des Möglichen. So ist eine Reststärke von 15mm für das Gewinde in der Aussparung und für den variablen Körper übrig.

Des Weiteren sind an der Ober- und Unterseite Langlöcher, zur Fixierung der Platte am Maschinentisch (Abb. 24), vorhanden. Diese Fixierpunkte sind in einem bestimmten Abstand zur Außenkante angebracht, da der Wirkungsbereich der Bohrmaschine begrenzt ist.



**Abbildung 24: Maschinentisch mit eingezeichnetem Wirkungsbereich**

Die nächste Abbildung zeigt die Spannplatte in einer vergrößerten Darstellung.



**Abbildung 25: Vergrößerte Darstellung der Spannplatte**

Alle Bohrungen, außer die für die Anschlagbolzen, sind mit einem Gewinde versehen. Um das zu bearbeitende Blech leichter auf der Spannplatte zu positionieren sind die Anschlagbolzen durch einfaches Stecken variabel.

Die Vorrichtung wird, aufgrund der hohen Masse, mit einem Kran transportiert. Hierfür ist an jeder Ecke eine Bohrung mit Gewinde vorgesehen. Mit dem in Kapitel 3.3.3 genannten Gewicht der Spannplatte von ca. 340kg und der nachfolgenden Abbildung 26 konnte die Gewindegröße M16 der Ringschraube ermittelt werden. Bei einer Tragfähigkeit von 500kg und unter einem Winkel von 45° ist genügend Sicherheit vorhanden.

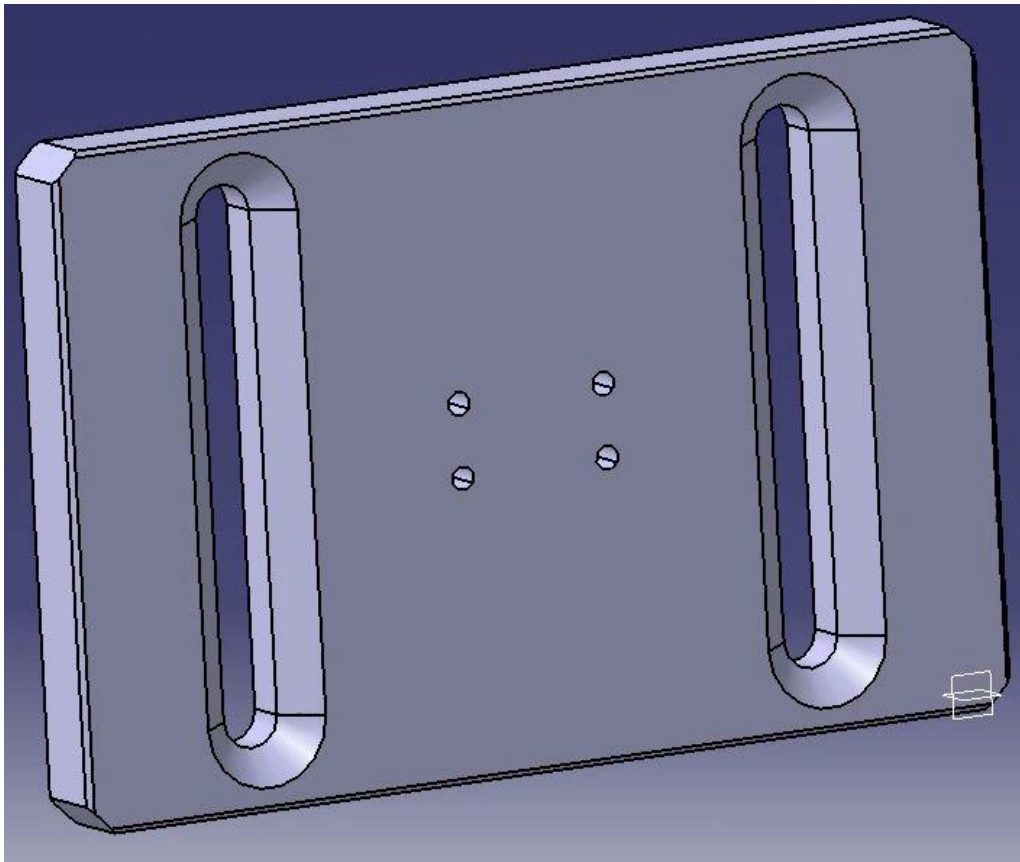
**Benutzerinformationen zum Einsatz von Ringschrauben DIN 580**

Gewinde	Tragfähigkeit je Ringschraube in kg		
	axial (WWL)	≤45°	seitlich
M8	140	100	70
M10	230	170	115
M12	340	240	170
M16	700	500	350
M20	1.200	860	600
M24	1.800	1.290	900
M30	3.200	2.300	1.600
M36	4.600	3.300	2.300
M42	6.300	4.500	3.150
M48	8.600	6.100	4.300
M56	11.500	8.200	5.750
M64	16.000	11.000	8.000
M72 x 6	20.000	14.000	10.000
M80 x 6	28.000	20.000	14.000
M100 x 6	40.000	29.000	20.000

**Abbildung 26: Benutzerinformation zum Einsatz von Ringschrauben [26]**

Die Aussparung für den variablen Körper wird mittels Fräsen hergestellt. Zur besseren Verschiebbarkeit ist es sinnvoll, eine Oberflächenbearbeitung vorzunehmen, um den variablen Körper leichter zu bewegen. Da bei der Bearbeitung der Bleche mit Kühlwasser gearbeitet wird, ist zusätzlich ein Ablaufloch in der Aussparung vorhanden. Somit ist gewährleistet das keine Späne mit Kühlwasser in den Langlöchern liegen bleiben. Im Anschluss sind die Bohrungen mit Gewinde durchzuführen. Diese sind für die Schrauben mit konischem Kopf vorgesehen.

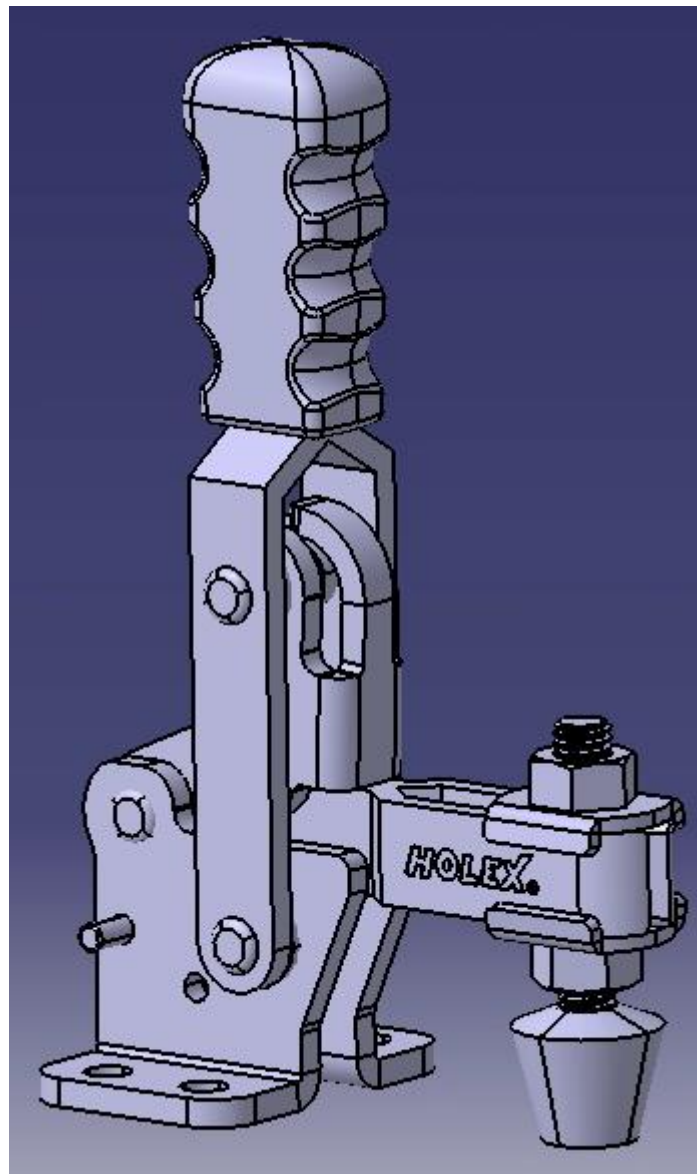
Das passende Gegenstück zur Aussparung (Abb. 27) wird ebenfalls mittels der spanenden Fertigung in die gewünschte Größe gebracht.



**Abbildung 27: variabler Körper**

Hier ist ebenso eine Oberflächenbearbeitung zu empfehlen. Die Langlöcher garantieren einen größeren Verstellbereich als gefordert. Zudem sind sie mit Fasen ausgestattet, damit die passenden Schrauben im Bauteil verschwinden. Somit ist die Oberfläche ebenerdig und es ist möglich das Blech bis zum Vertikalspanner auszurichten. Zu guter Letzt werden die Bohrungen mit anschließendem Gewinde gefertigt.

Die Senkrechtspanner (Abb. 28) sind vorgegebene Kaufteile die nicht extra konstruiert werden müssen.



**Abbildung 28: Senkrechtspanner**

Die Verwendung eines ausgereiften Produktes ist ein großer Vorteil gegenüber einer eigenen Neukonstruktion. Hierbei wird von langjähriger Erfahrung profitiert. Des Weiteren ist ein großes Produktportfolio vorhanden, welches nützlich ist, um auf Veränderungen der Bleche zu reagieren. So besteht die Möglichkeit einen passenden Handspanner aus der Produktpalette auszuwählen.

Abschließend ist in der folgenden Abbildung 29 die gesamte Konstruktion mit zu bearbeitendem Blech dargestellt.

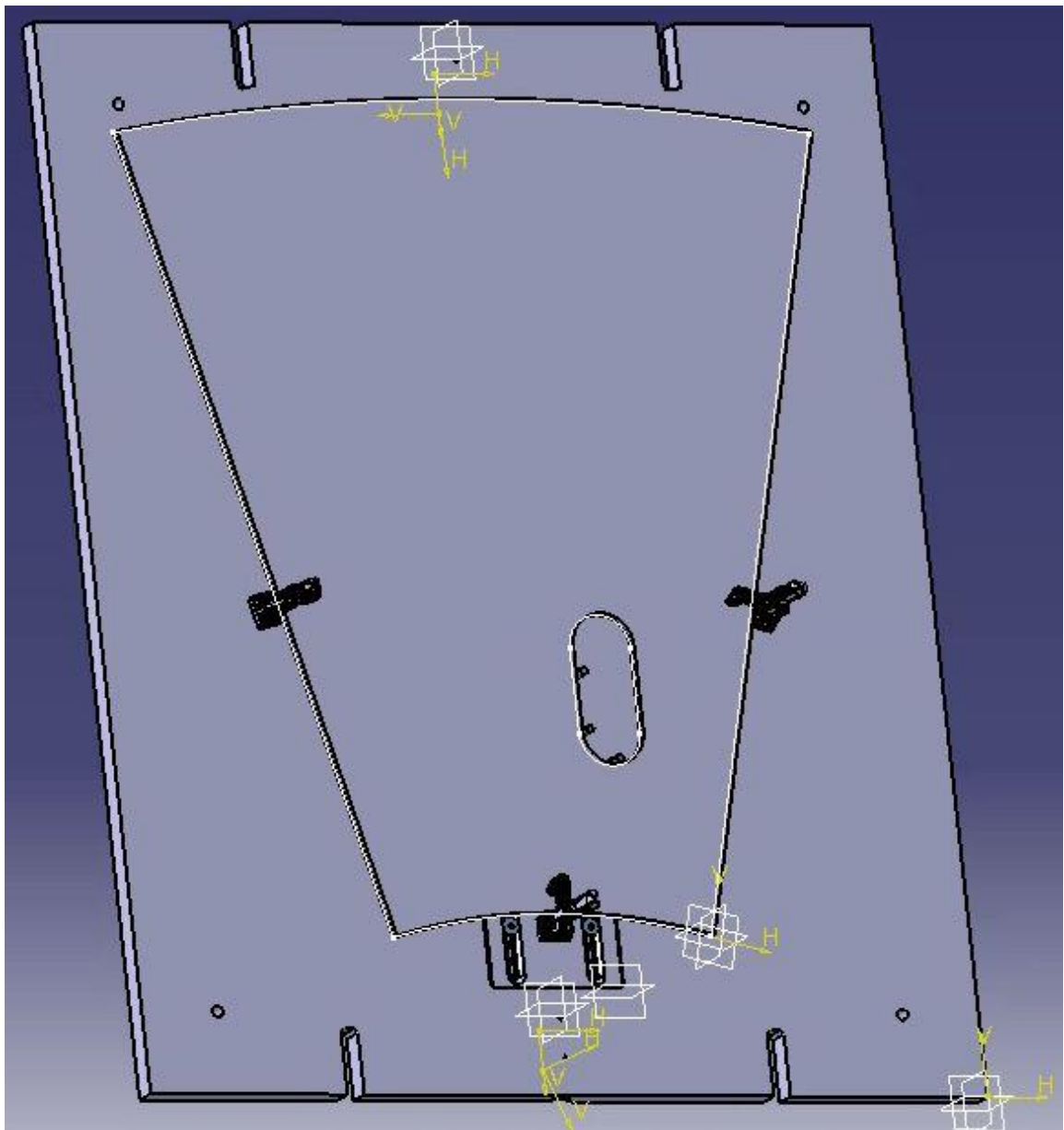


Abbildung 29: Zusammenbaudarstellung



### 3.5 Konstruktionskritische Analyse

#### Fertigung und Montage

Die Fertigung der gesamten Konstruktion benötigt einige Arbeitsschritte und Fertigungsverfahren. Da die Wahl des Materials auf Stahl fiel, sind die Anforderungen an die Bearbeitungsschritte gering. Die Aussparung für den variablen Körper wird gefräst, Löcher gebohrt und wenn nötig ein Gewinde eingebracht. Diese Methoden wurden an die Möglichkeiten der Thyrolf & Uhle GmbH angepasst. Der Anspruch des Unternehmens ist es, diese Spannvorrichtung selbst zu fertigen, um bei Veränderungen der Auftragslage, flexibel zu sein. Aus diesem Grund fiel die Wahl auf das gut zu bearbeitende Material. Um eine unkomplizierte Montage zu ermöglichen, ist die Einfachheit der Konstruktion von hohem Stellenwert. Durch die Verwendung von Norm- und Kaufteilen ist eine hohe Passgenauigkeit gegeben.

#### Toleranzen und Genauigkeit

Außer bei den Bohrungen für die Anschlagbolzen ist die Toleranz sehr großzügig zu betrachten. Da die Vertikalspanner lediglich zum niederhalten des Bleches benötigt werden, sind hierfür keine Toleranzen vorgesehen. Die Kontaktflächen vom variablen Körper und die der Grundplatte müssen extra bearbeitet werden, um eine geringe Gleitreibungszahl  $\mu$  zu erhalten. Dies erleichtert das Verschieben und Positionieren des darauf befestigten Handspanners zum Blech. Die Grundtoleranzgrade für die Bohrungen ist von IT7 bis IT10. Diese sind für Passungen in der Fertigung des allgemeinen Maschinenbaus geeignet. Daher ist hier die Grundtoleranz von 35  $\mu\text{m}$  bis 140  $\mu\text{m}$  akzeptabel.

#### Verbindungselemente

In der Konstruktion wurden nur zwei Verbindungselemente genutzt, die Schraubverbindung und Passverbindung. Beide sind montagefreundlich gestaltet und leicht zugänglich. Zur Verbindung des variablen Körpers mit der Grundplatte sind zwei Senkkopfschrauben mit Innensechskant zur Anwendung gekommen, um eine ebene Fläche zu erhalten. Zur Befestigung der Senkrechtspanner sind ebenfalls Innensechskantschrauben vorgesehen, da der Platz für einen Maulschlüssel begrenzt ist.

### **Kosten**

Durch die selbstständige Herstellung der Spannvorrichtung, von der Thyrolf & Uhle GmbH wird eine sehr kostengünstige Variante geschaffen. Die Fräs- und Bohrarbeiten bilden nur einen kleinen Teil der Arbeit. Diese können im Rahmen einer Lehraufgabe einem Auszubildende übertragen werden. Hinzu kommt die Verwendung von Norm- und Kaufteilen die den Preis nicht höher steigen lassen. Eine weitere Kosteneinsparung ist die gewonnene Zeit beim Umspannvorgang. Bei der vorherigen Spannvorrichtung war es bei einem Wechsel der Blechserie notwendig die 4 Schrauben des unteren Handspanners zu lösen und ihn an der neuen Position wieder zu fixieren. Dieser Aufwand betrug eine Zeit von handgestoppten 82 Sekunden. Mithilfe des variablen Niederhalters dürfte diese Zeit deutlich unterschritten werden und bei ca. 30 Sekunden liegen. Die Differenz von ca. 52 Sekunden schlägt sich auf die Arbeitszeit nieder und verringert somit die Kosten.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

In Kapitel 2.1 wurde der Ist-Zustand entsprechend erläutert und bot erste Anhaltspunkte für die Kriterien der Konstruktion in Kapitel 3.

Als Schluss der Marktanalyse und Patentrecherche in Kapitel 3.1/3.2 konnte herausgearbeitet werden, dass bereits ein Markt für verstellbare Spanner besteht. Die angestrebte Lösung ist in dieser Form nicht aufzufinden.

Unter Verwendung des Morphologischen Kastens konnte die beste Kombination aus allen Teilfunktionen erarbeitet werden. Lediglich beim Material fiel die Wahl zu Gunsten der Kompatibilität. Stahl stellte die beste Lösung in der Gesamtheit dar.

Die angewandte Methode der Modellierung in Catia ist eher kritisch zu betrachten, da bei Veränderungen mit einem größeren Zeitaufwand zu rechnen ist. Eine richtige methodische Konstruktion, z.B. mit Ebenen zur Bemaßung, ist bei Änderungen flexibler und weniger zeitintensiv.

Das Ergebnis erfüllt in vollem Maße die Anforderungen der Thyrolf & Uhle GmbH. Durch die Einfachheit, Variabilität sowie der modularen Bauweise ist ein Einsatz an anderen Fertigungsmaschinen vorstellbar. Auch der Kostenrahmen ist aufgrund der eigenen Herstellung und Montage übersichtlich. Trotz der Diskussionen und Ideensammlung im Vorfeld könnte ein intensiver Test eventuelle Schwachstellen bzw. Verbesserungen hervorbringen.

## Anhang

---

## Symbol- und Indexverzeichnis

Symbol	Einheit	Bezeichnung
m	kg	Masse
V	dm <sup>3</sup>	Volumen
ρ	$\frac{kg}{dm^3}$	Dichte
l, b, h	dm	Länge, Breite, Höhe

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Maschinentisch [1]	7
Abbildung 2: aktuelle Spannvorrichtung der Thyrolf u. Uhle GmbH	8
Abbildung 3: Umbau der Handspanner	9
Abbildung 4: Zu bearbeitende Fläche	10
Abbildung 5: Vertikalspanner mit Kniehebelprinzip [4]	11
Abbildung 6: Kugelumlaufseinheit [6]	13
Abbildung 7: Rollenumlaufseinheit [6]	13
Abbildung 8: X-Anordnung [6]	14
Abbildung 9: O-Anordnung [6]	14
Abbildung 10: Linearkugellager auf Präzisionsstahlwellen [6]	15
Abbildung 11: Scheitelstellung, Tragzahlen minimal [6]	15
Abbildung 12: Symmetriestellung, Tragzahlen maximal [6]	16
Abbildung 13: Befestigung auf Wellenböcken [6]	16
Abbildung 14: Befestigung auf Wellenunterstützung [6]	17
Abbildung 15: Wälzkörper mit Führungsschiene und -wagen [6]	17
Abbildung 16: Flachkäfigführung mit Nadelrollen [6]	19
Abbildung 17: Nadelrollen [6]	19
Abbildung 18: Zylinderrollen [6]	20
Abbildung 19: Bsp. einer Schwalbenschwanzführung [19]	20
Abbildung 20: Vorentwurf per Hand	32
Abbildung 21: Größenvergleich der Bleche	33
Abbildung 22: Verstellmaß des variablen Spanners	34
Abbildung 23: Grundkonstruktion der Spannplatte	35
Abbildung 24: Maschinentisch mit eingezeichnetem Wirkungsbereich	36
Abbildung 25: Vergrößerte Darstellung der Spannplatte	36
Abbildung 26: Benutzerinformation zum Einsatz von Ringschrauben [26]	37
Abbildung 27: variabler Körper	38
Abbildung 28: Senkrechtspanner	39
Abbildung 29: Zusammenbaudarstellung	40

---

## Quellen des Abbildungsverzeichnisses

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Maschinentisch>
- [4] [http://www.leschhorn.de/de/produkte-shop/04\\_Spann-\\_u.\\_Automationstechnik/01\\_DE-STA-CO\\_Spanntechnik/01\\_Manuelle\\_Spanntechnik/01\\_Vertikal-Kniehebelspanner](http://www.leschhorn.de/de/produkte-shop/04_Spann-_u._Automationstechnik/01_DE-STA-CO_Spanntechnik/01_Manuelle_Spanntechnik/01_Vertikal-Kniehebelspanner)
- [6] <http://www.ludwigmeister.de/produkte/lineartechnik/fuehrungssysteme>
- [19] <http://www.norelem.de/de/de/Produkte/Produkt%C3%BCbersicht/Systeme-Komponenten-Maschinenbau-Anlagenbau/Schlittenf%C3%BChrungen-F%C3%BChrungsschienen-Positioniertische-Miniaturgleitf%C3%BChrungen-Positionsanzeiger/Schlittenf%C3%BChrungen/Schwalbenschwanz-Schlittenf%C3%BChrungen.html>
- [26] <https://www.dresselhaus.de/medium/DIN-580-Stand-09-2010.pdf?m=180>

---

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Suchbegriffe mit Anzahl der Treffer	23
Tabelle 2: Morphologischer Kasten	24
Tabelle 3: Bewertungskriterien	25
Tabelle 4: Bewertungsskala	25
Tabelle 5: Bewertungstabelle für Spannen	26
Tabelle 6: Bewertungstabelle für Variabilität	26
Tabelle 7: Bewertungstabelle für Ausrichtung	27
Tabelle 8: Bewertungstabelle für Material	27
Tabelle 9: Morphologischer Kasten mit gewählten Teilfunktionen	28



# LEBENS LAUF STEFAN ZEITFUCHS

---

Adresse: Oranienbaumer Straße 5a  
06842 Dessau-Roßlau

Telefon: 0340/53201266  
Mobil: 0172/6425460  
E-Mail: Stefan.Zeitfuchs@outlook.de

Geburtstag: 15.11.1989  
Geburtsort: Dessau

Familienstand: ledig; 2 Kinder im Alter von 3 Monaten



## Schulbildung

---

1996 – 2000 Grundschule „Friederikenstraße“; Dessau  
2002 – 2002 Sekundarschule „Am Rathaus“; Dessau  
2002 – 2005 Gymnasium Philanthropinum; Dessau  
2005 – 2006 Sekundarschule „Am Rathaus“; Dessau  
Erwerb des erweiterten Realschulabschlusses

2006 – 2010 Berufsbildende Schule Wittenberg  
Schulische Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker

## Berufsausbildung

---

01.09.2006 Ausbildung zum Kraftfahrzeugmechatroniker  
- bei Autohaus Hünsche GmbH  
28.02.2010

## Wehrdienst

---

04.2010 – 12.2010 9-monatiger Grundwehrdienst

## Beruflicher Werdegang

---

01.2011 – 09.2011 Kraftfahrzeugmechatroniker bei  
Autohaus Burkhardt GmbH

## Weitere schulische Ausbildung

---

09.2011 – 07.2012 1-jährige Fachoberschule Technik  
Erwerb der Fachhochschulreife

10.2012 – aktuell Maschinenbaustudium; Fachrichtung Fahrzeugtechnik  
an der Hochschule Anhalt

14.09.2015 – 03.02.2016 Pflichtpraktikum im Rahmen des Studiums bei der BMW Group,  
Standort Leipzig; Zentrale Instandhaltung im Karosseriebau