

Diplomarbeit

Entwicklung einer Messeinrichtung zur Durchhangsbestimmung an Stahlförderbandanlagen

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplomingenieurs unter der Leitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg Kartnig

und mit der Betreuung und Unterstützung von

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Franz Paulischin

E 307 - Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik
Forschungsbereich Konstruktionslehre und Fördertechnik

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften
von

Adrian Fliri BSc
E0726238
Währinger Gürtel 8/10
1090 Wien

Wien, September 2015

Danksagung

Ich möchte diese Gelegenheit nutzen, um mich bei einigen mir sehr wichtigen Menschen zu bedanken. Ich hätte es wohl ohne sie nicht bis zum Abschluss meines Studiums und zum Verfassen dieser Arbeit geschafft.

Als Erstes natürlich bei meinen Eltern und meiner Familie. Die stets Vertrauen in mich setzten und mich immer unterstützten, mir hat es nie an etwas gefehlt. Auch meiner Tante gilt großer Dank, durch ihre Unterstützung konnte ich mich immer ganz auf mein Studium konzentrieren. Ganz besonders möchte ich mich auf diesem Wege bei meiner Lebensgefährtin und besten Freundin bedanken, für die Geduld und die Unterstützung während meines Studiums sowie für die Zeit, in der ich das Studium auch mal vergessen konnte. Bei meinen Mitbewohnern in der Kinderspitalgasse, die in den vielen Jahren zu einer zweiten Familie geworden sind und den vielen guten Freunden an der Universität, ohne sie wäre meine Studienzeit wohl nicht die wunderbare Erfahrung geworden, die sie für mich immer war.

Für die hervorragende Leitung während des Entstehens dieser Arbeit, möchte ich mich sehr bei Univ.Prof. Georg Kartnig bedanken, die unkomplizierte Art und die Freiheit meine eigenen Vorstellungen auszuprobieren, erleichterten mir die Arbeit sehr. Ein großer Dank gilt abschließend meinem Betreuer Univ.Ass. Franz Paulischin, der mir nicht nur immer mit Rat und Tat zur Seite stand, sondern auch ein guter Freund wurde, sowie allen Mitarbeitern des Instituts 307, die mich so freundlich aufgenommen haben.

Kurzfassung

Im Rahmen einer Dissertation wird am Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik im Auftrag und in Zusammenarbeit mit der Firma Berndorf Band GmbH, das Laufverhalten von Stahlförderbändern erforscht. Im Zuge dessen wird eine Messeinrichtung benötigt mit welcher der Durchhang des Bandes längs, sowie quer zur Förderrichtung bestimmt werden kann. Nach einer kurzen theoretischen Beschreibung des Produktentwicklungsprozesses sowie einer theoretischen Aufarbeitung der verwendeten Messprinzipien, wird der Entwicklungsprozess der Messeinrichtung beschrieben. Außerdem wird auf die Erstellung der Fertigungsunterlagen eingegangen.

Abstract

As part of a dissertation the runnability of steel belts is being researched at the Institute for Engineering Design and Logistics on behalf of and in cooperation with the company Berndorf Band GmbH. In the course a measurement machine is needed by which the slack of the belt along, and across the conveying direction can be determined. After a short theoretical description of the product development process as well as a theoretical reappraisal of the measurement principles used, the development process of the measurement machine is described. It also addresses the creation of production documents and presents the further elaboration of the measuring device.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Zielsetzung	1
2	Stahlbandanlagen	2
2.1	Stahlbandanlagen	2
2.2	Laufeigenschaften	3
2.3	Laufregelung	4
3	Messsysteme zur Durchhangsbestimmung	6
3.1	Ultraschallmessung	6
3.1.1	Das Messprinzip	6
3.1.2	Schallkeulen	6
3.2	Laserabstandsmessung	7
3.2.1	Laufzeitmessung	8
3.2.2	Messung über die Phasenlage	8
3.2.3	Lasertriangulation	9
4	Der Produktentwicklungsprozess der Messeinrichtung	10
5	Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung	12
5.1	Anforderungen des Auftraggebers	13
5.1.1	Dissertation: Untersuchung der Laufeigenschaften nicht stark gespann- ter Stahlbänder	13
5.1.2	Konkrete Anforderungen	16
5.2	Erstellen der Anforderungsliste	18
6	Konzipieren	20
6.1	Prinzipielle Lösung	22

7 Entwerfen	24
7.1 Grundsätzlicher Aufbau und Überlegungen zu den einzelnen Baugruppen . . .	26
7.1.1 Rahmen	26
7.1.2 Fahrwerk	26
7.1.3 Stützfüße und Ausrichtung	27
7.1.4 Höhenverstellung und deren Antrieb	28
7.1.5 Tragarm	29
7.1.6 Sensorschlitten und dessen Antrieb	30
7.1.7 Messsensoren	31
7.1.8 Wegmessung und Endschalter	31
7.1.9 Steuerung	32
7.1.10 Bedienung	33
7.1.11 Datenausgabe	33
7.1.12 Energieversorgung	34
7.2 Morphologischer Kasten	34
7.3 Der erste Entwurf V1	36
7.3.1 Der Opferträger	42
7.3.2 Hubmotor	44
7.4 Der zweite Entwurf V2	44
7.4.1 Rahmen	48
7.4.2 Hubschlitten V2	50
7.5 Der dritte und finale Entwurf V3	52
7.5.1 Rahmen und Fahrwerk	57
7.5.2 Hubschlitten V3	59
7.5.3 Sensorschlitten und Schlittenantrieb	63
8 Ausarbeitung der Fertigungsunterlagen	72
8.1 Zukaufteile und Zulieferer	73
8.2 Fertigungszeichnungen und Fertigungsverfahren	74
8.3 Kostenaufstellung	79
9 Hinweise zur Steuerung der Messeinrichtung	82
10 Zusammenfassung und Ausblick	84

1 Einleitung

Am Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik der TU Wien wird im Auftrag der Firma Berndorf Band GmbH, welche Stahlförderbandanlagen herstellt, im Rahmen einer Dissertation, das Laufverhalten solcher Bänder untersucht. Im speziellen wird auch das Verhalten nicht stark gespannter Bänder erforscht und versucht mathematisch zu beschreiben. Im Zuge dessen kam schnell der Bedarf einer Vermessungsmaschine auf, mit welcher der Durchhang der Bänder erfasst werden kann, und zwar nicht nur in Förderrichtung sondern vor allem auch quer dazu. Von Interesse dabei ist natürlich nicht nur das Verhalten des Obertrums, sondern auch jenes des Untertrums. Man erwartet sich aus den Durchhängen direkte Auswirkungen auf das Laufverhalten zu erkennen und benötigt deshalb eine mobile Messeinrichtung, welche einfach eingesetzt werden kann und sehr genaue Messdaten liefert.

1.1 Aufgabenstellung

Die Firma Berndorf Band GmbH, in deren Auftrag am Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik der TU Wien geforscht wird, erwartet sich eine mobile Vermessungsmaschine, welche einfach und in ihrem eigenen Haus zu fertigen ist, einen angemessenen Kostenrahmen nicht sprengt und den speziellen Anforderungen entspricht. Zu den entscheidenden Anforderungen gehören die Genauigkeitsanforderung an die Vermessungssensoren, die Größe des Messbereichs, die Mobilität und Universalität des Einsatzbereiches, sowie die einfache Bedienbarkeit.

1.2 Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist der Entwurf einer solchen Messeinrichtung, die Konstruktion und Ausarbeitung aller Teile und Baugruppen, sowie die Erstellung aller für die Fertigung relevanten Unterlagen. Außerdem sollen Ansätze für eine mögliche Steuerung und deren Inbetriebnahme durchdacht, sowie dokumentiert werden. Dabei ist auf die speziellen Anforderungen der Aufgabenstellung einzugehen und der Produktentwicklungsprozess soll entsprechend VDI 2221 und 2222 durchgeführt werden.

2 Stahlbandanlagen

2.1 Stahlbandanlagen

Seit ihrer Entstehung Anfang des 20. Jahrhunderts sind Stahlbandanlagen nicht mehr aus der modernen Förder- und Prozesstechnik wegzudenken. Sie werden in den unterschiedlichsten Bereichen eingesetzt. Ihre temperaturunabhängige Leistungsfähigkeit, ihre chemische Inertheit sowie ihre Verschleißfestigkeit sind nur Einige der vielen Vorteile die sie mit einherbringen. Aber vor allem die Möglichkeit einer Verbindung des Transportprozesses mit einem Verfahrensprozess, wie z.B. Backen oder Pressen, macht den großen Vorteil dieser Anlagen aus. Stahlbandanlagen findet man heute in den unterschiedlichsten Anwendungen, von Back- bis hin zu Gefriereinheiten, von modernster Sortiertechnologie bis hin zur Herstellung von Holzspanplatten, aber vor allem auch in der Lebensmittelindustrie kommen die Vorteile dieser Anlagen voll zum tragen.[2]

Bei aller Vielfalt der Anlagenarten bleibt die allgemeine Situation des Stahlbandes in der Anlage immer dieselbe. Das Band wird von zwei Trommeln aufgespannt, wobei eine Trommel, die sog. Ummlenktrummel verschiebbar montiert ist, um das Band zu spannen und wenn nötig den Verlauf des Bandes zu beeinflussen.



Abbildung 2.1: Stahlbandanlage Quelle: www.berndorf-band.at

2.2 Laufeigenschaften

Definition: Unter dem seitlichen Verlauf versteht man die Änderung der Position des Stahlbandes auf der Trommel während des Betriebes.

Grundsätzlich gilt, dass unter idealen Voraussetzungen, wie:

- geometrisch perfektes Band,
- isotropes, in der Ebene eigenspannungsfreies Bandmaterial,
- geometrisch perfekte und exakt zueinander ausgerichtete Trommeln,
- keine Verformung der Trommeln unter Belastung,
- keine Umgebungseinflüsse (Temperatur, Produktionsprozess etc.),

gibt es keinen Grund, warum das Band seine Position verlassen und verlaufen sollte. Aus dieser Erkenntnis resultiert direkt, dass es grundsätzlich zwei Arten des Bandverlaufs gibt:

1. den natürlichen Verlauf aufgrund von Imperfektionen,
2. den gewollten Bandverlauf, um das Band an einer Stelle zu positionieren.

In realen Anwendungen verschwimmen diese beiden Arten ineinander. Um das Ablaufen des Bandes von der Trommel bzw. Kollisionen mit dem Maschinenrahmen zu verhindern, muss dem natürlichen Verlaufen des Bandes entgegengewirkt werden, außerdem ist meistens eine bestimmte Position des Bandes anzustreben, um die Übergabe von geförderten Produkten zu einer nachfolgenden Maschine in einem definierten Toleranzbereich zu halten.[3]

Hier treten große Unterschiede auf, je nachdem ob das Band stark oder nur schwach gespannt ist. Stahlförderbänder werden - je nach Anwendung - mit Kräften vorgespannt, die nahe der Streckgrenze des verwendeten Stahls liegen, wodurch einige der auftretenden Imperfektionen des Bandes etwas ausgeglichen werden. So wird zum Beispiel das in der Realität meist kegelförmige Band durch die Spannung zu einem zylindrischen gedehnt, sodass dies nicht mehr so große Auswirkungen hat.[5]

Untersuchungen an stark gespannten Stahlbandanlagen wurden an der TU Wien bereits durchgeführt. So wurde im Zuge einer Dissertation das laterale Laufverhalten an solchen Bändern mit Hilfe eines eigens entwickelten Prüfstandes erforscht und modelliert. Diese Modellbildung ist relativ gut gelungen und es konnte damit ein Ansatz zur Regelung der stark gespannten Bänder entwickelt werden. [6] Dies aber alles nur unter der Bedingung, dass die

Auswirkungen von etwaigen Unregelmäßigkeiten des Bandes durch eine hohe Bandspannung verringert werden.

Mit sinkender Spannung nehmen die Auswirkungen solcher Imperfektionen auf die Verlaufseigenschaften des Bandes generell zu. Mit zunehmenden Durchhang des Bandes in Förderrichtung tritt auch ein Durchhang des Bandes quer zur Förderrichtung auf, was sich noch zusätzlich negativ auf den Bandlauf auswirkt. Versuche an Anlagen zeigten allerdings auch, dass es Bereiche der Bandspannung gibt, welche besonders kritisch sind, sodass man nicht generell sagen kann, dass mit abnehmender Bandspannung die Verlaufseigenschaften schlechter werden .

2.3 Laufregelung

Generell wird eine Anlage bei Inbetriebnahme so eingestellt, dass ein Geradlauf des Bandes vorherrscht. Dies geschieht durch seitliches Verstellen der Umlenktrommel. Wird diese schief gestellt, verläuft das Band je nachdem in die eine oder andere Richtung. Dieses Einrichten des Bandes kann allerdings sehr aufwendig und vor allem zeitintensiv sein. Erfahrene Arbeiter müssen dabei bei laufendem Band, die Trommel nach Gefühl, meist manuell verstellen. Besonders bei sehr großen Anlagen, und bei Stahlbandanlagen ist dies der Regelfall, kann dies sehr aufwendig werden und auch mehrere Tage in Anspruch nehmen. Dieser Aufwand garantiert allerdings noch nicht, dass eine Anlage längere Zeit einwandfrei läuft. Durch Umwelteinflüsse wie Wärme oder unsymmetrische Belastung im Betrieb, kann es immer wieder zum Verlaufen des Bandes kommen.

Dem wird generell auf zwei unterschiedliche Arten entgegengewirkt, durch eine direkte Bandführung am Rande des Bandes oder durch eine aktive kontinuierliche Positionsbestimmung des Bandes und automatisch verstellbaren Trommeln. Bei einer direkten Bandführung wird das Band durch Führungsblöcke oder Rollen in seiner Bahn gehalten, oder es werden am Band Führungsstreifen angebracht, welche in Führungsrillen laufen. Nachteil dabei ist die starke Belastung des Bandes im Führungsbereich, meist an der Kante. Bei einer kontinuierlichen Positionsüberwachung wird sensorisch die Position des Bandes bestimmt und bei einem etwaigen Verlaufen die Umlenktrommel so verstellt, dass dem entgegen gewirkt wird. Dieses System ist wesentlich schonender für das Band und ist Stand der Technik. Vor allem bei großen Anlagen kann auch nur mehr so die Position des Bandes gewährleistet werden. Nachteil hier ist vor allem die Komplexität der Steuerung, welche nicht zu sensibel sein darf jedoch zuverlässig regeln muss. Bei den großen Spannungen in den Bändern sind die Verstellkräfte der Trommeln

natürlich auch dementsprechend groß. [1]

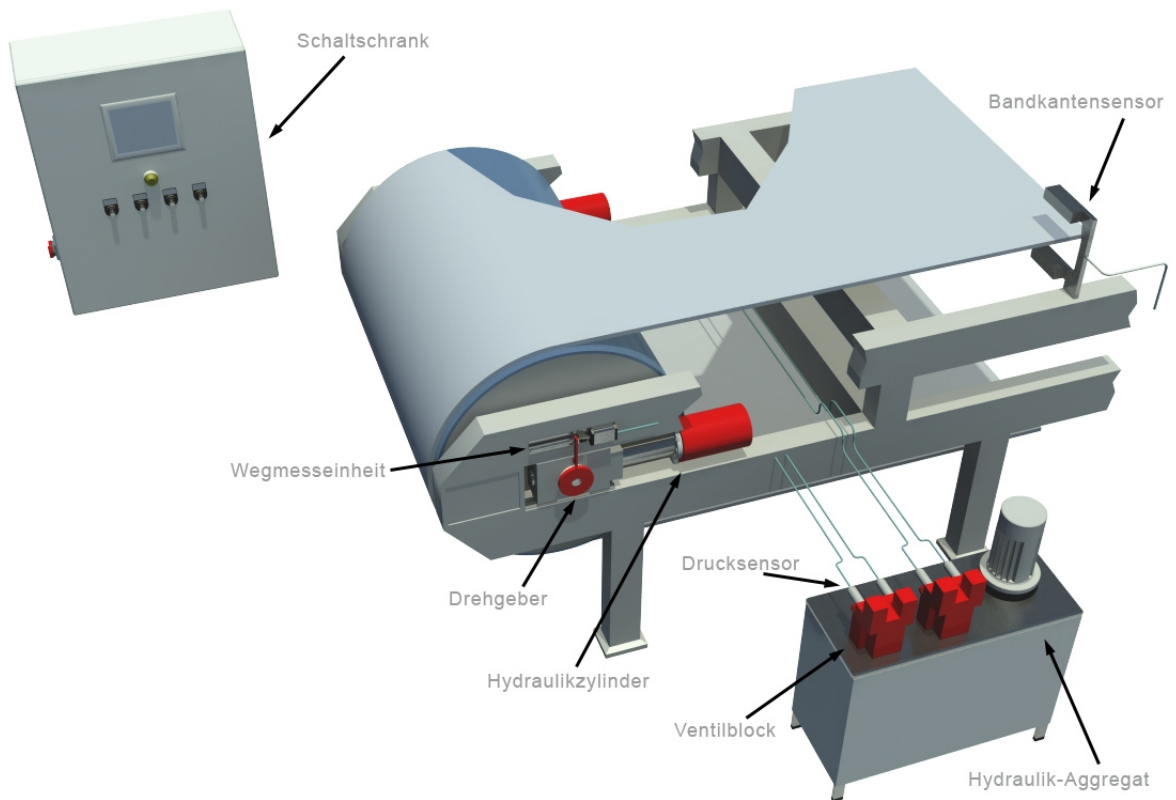


Abbildung 2.2: Automatisierte Verlaufsregelung [www.berndorf-band.at]

In Abbildung 2.2 ist der grundsätzliche Aufbau einer automatisierten Bandregelung aufgezeigt. Mit Hilfe des Bandkantensensors wird ein eventuelles Verlaufen des Bandes festgestellt und anschließend wird unter Berücksichtigung der Laufgeschwindigkeit, welche mittels eines Drehgebers an der Trommel erfasst wird, die Trommel hydraulisch so verstellt, dass dem Verlaufen entgegen gewirkt wird. Mittels einer Wegmesseinheit wird der Verstellweg der Trommel zusätzlich erfasst und kontrolliert. Dieser Prozess geschieht kontinuierlich, sodass die Lage des Bandes immerfort kontrolliert und geregelt wird.

3 Messsysteme zur Durchhangsbestimmung

Im Folgenden sollen einige, für die Vermessung der Bandoberfläche durch die Messeinrichtung, in Frage kommenden Messprinzipien beschrieben werden. Es werden gezielt nur jene Prinzipien beschrieben, welche auch zum Einsatz kommen, oder in späteren Überlegungen noch nachgerüstet werden können.

3.1 Ultraschallmessung

Ultraschallsensoren werden heute in verschiedensten Bereichen der Industrie eingesetzt, zum Beispiel als Füllstandsüberwachung, zur Abstandsmessung oder als Näherungsschalter. Dabei macht man sich die besonderen Eigenschaften des Messprinzips zum Vorteil. Diese sind vor allem sein großes Reichweitespektrum, seine Unabhängigkeit von Oberflächenfarbe und -beschaffenheit (sofern nicht Schallabsorbierend) sowie seine genaue Auflösung.

3.1.1 Das Messprinzip

Im Inneren der Sensoren werden mit Hilfe von Piezolausprechern, meist membrangekoppelte Platten aus piezoelektrischer Keramik, Ultraschallwellen im Frequenzbereich über 16kHz erzeugt. Dies geschieht zyklisch, sodass vom Sensor Wellenimpulse zum Objekt, welches vermessen werden soll, ausgesandt werden. Diese Impulse werden am Objekt reflektiert, das Echo wird im Sensor meist wieder mit Hilfe des Piezolausprechers erkannt und über einen Wandler in ein elektrisches Signal umgewandelt. Mit dem zugrundeliegenden Echo-Laufzeitverfahren, bei denen die Zeit zwischen Senden und Empfangen gemessen wird, kann nun die Entfernung berechnet werden.

$$s = \frac{t * c}{2} \text{ mit } c = 344 \frac{m}{s}$$

3.1.2 Schallkeulen

Die Schallkeulen (Abbildung 3.1) zeigen den effektiven Erfassungsbereich der Ultraschallsensoren. Weiters werden sogenannte Nebenkeulen aufgezeigt, welche den Öffnungswinkel

der Sensoren im Nahbereich vergrößern. Aufgrund von Schallabsorption und -diffusion in der Luft werden die Schallkeulen bei größeren Distanzen kleiner.

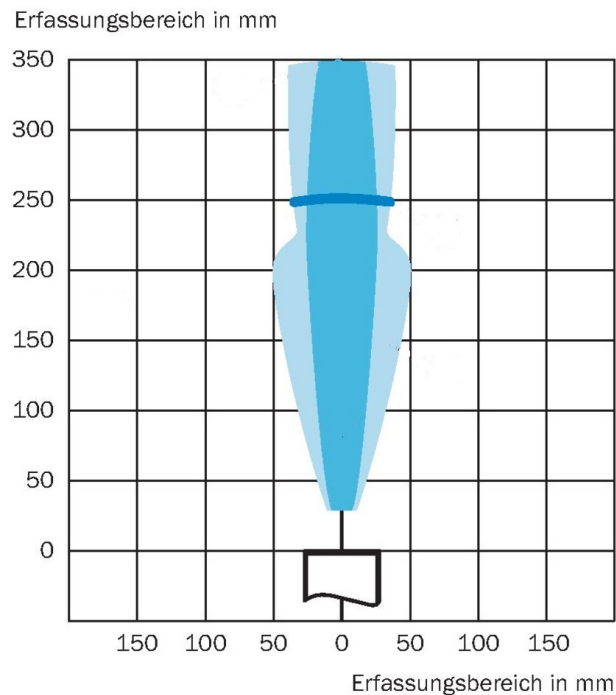


Abbildung 3.1: Typische Schallkeule

Um die Schallkeulen zu ermitteln, werden quadratische Normobjekte aus Stahl verwendet. Die Objekte werden rechtwinklig zur Referenzachse des Sensors und in mehreren Abständen seitlich in den Erfassungsbereich eingefahren. Durch anschließendes Verbinden der dabei gemessenen Schaltpunkte entstehen die typischen Schallkeulen. Die Form der Schallkeule verändert sich bei Verwendung von runden Objekten oder anders abweichender Geometrie.

3.2 Laserabstandsmessung

Ein weiteres sehr zuverlässiges Messprinzip ist die optische Abstandsmessung mittels Laser. Sie ist mittlerweile in der Industrie die am häufigsten eingesetzte Variante der Abstandsmessung und verspricht sehr genaue Ergebnisse. Die großen Vorteile der verschiedenen Methoden sind:

- Abdeckung eines sehr großen Reichweitenspektrums, von einigen Mikrometern bis zu mehreren Kilometern,
- die Genauigkeit, welche je nach Verfahren bis zu 0,01 der Wellenlänge betragen kann, was wenigen Nanometer entspricht

Die verschiedenen Verfahren zur optischen Abstandsmessung sollen im Folgenden näher beschrieben werden.

3.2.1 Laufzeitmessung

Beim Messverfahren der optischen Laufzeitmessung wird ein Lichtimpuls ausgesandt und dabei die Zeit gemessen, die der Lichtstrahl benötigt, um zur Quelle reflektiert zu werden. Mit dieser Laufzeit t , welche der Lichtstrahl von der Quelle zum Objekt und wieder zurück benötigt hat, kann man mit Hilfe der Lichtgeschwindigkeit die Distanz s zwischen Quelle und Objekt ermitteln.

$$s = \frac{c * \Delta t}{2 * n}$$

Der Faktor $1/2$ trägt dem Umstand Rechnung, dass das Licht die Entfernung zum Objekt hin und zurück durchlaufen muss und der Brechungsindex n reduziert abhängig vom umgebenden Medium die Lichtgeschwindigkeit.

Der Vorteil dieses Verfahrens ist die geringe Reaktionszeit und der Messbereich liegt zwischen einem Meter und mehreren 10 Kilometern. Der Nachteil ist die erforderliche Messung sehr kurzer Zeiten (Nano- bis Picosekunden), es ist daher schwierig, eine höhere Auflösung als einige Zentimeter zu erreichen.

3.2.2 Messung über die Phasenlage

Bei der Reflektion eines Laserstrahls tritt eine Phasenverschiebung des Laserstrahls oder dessen Modulation gegenüber dem ausgesandten Strahl auf. Diese Phasenverschiebung ist entfernungsabhängig und kann gemessen werden und so benutzt werden, um die zurückgelegte Distanz des Laserstrahls zu ermitteln. Dabei arbeitet das Messsystem meist wie ein Laserinterferometer wo der reflektierte Strahl mit dem Laser selber überlagert wird. So kann man keine absoluten Weglängen sondern nur die relative Änderung bei Verschiebung des Objektes messen. Die Summe aus ausgesandtem und reflektiertem Strahl wird dabei periodisch moduliert. Durch Addition der Perioden und mittels Multiplikation mit der Lichtwellenlänge erhält man die gesamte zurückgelegte Wegstrecke. So kann man Genauigkeiten von etwa 0,01 der Wellenlänge erreichen, das sind bei sichtbarem Licht wenige Nanometer. Bei größeren Entfernungen arbeitet man mit einer Hochfrequenzmodulation der Laseramplitude und wertet nicht die Laserwellenlänge sondern die Phasenlage dieser aufmodulierten Hochfrequenzsignale aus. Der Vorteil dieser Methoden ist die gegenüber dem Laufzeitverfahren höhere Auflösung. Die Messentfernung ist jedoch, aufgrund des notwendigerweise kontinuierlich bei kleiner Leistung arbeitenden Lasers, geringer.

3.2.3 Lasertriangulation

Bei der Lasertriangulation wird ein Laserstrahl auf das Messobjekt fokussiert und mit einer daneben im Sensor befindlichen Kamera, meist einer ortsauflösenden Photodiode beobachtet. Ändert sich die Entfernung des Messobjektes vom Sensor, ändert sich auch der Winkel, unter dem der Lichtpunkt beobachtet wird und damit die Position seines Abbildes auf dem Fotoempfänger. Aus der Positionsänderung wird mit Hilfe der Winkelfunktionen die Entfernung des Objektes vom Laserprojektor berechnet. Der große Vorteil der Triangulation gegenüber anderen optischen Verfahren ist der Umstand, dass es sich um rein trigonometrische Zusammenhänge handelt und deshalb auch keine Zeitmessung vorgenommen werden muss. Die Messung kann so auch kontinuierlich erfolgen und eignet sich damit gut zur Abstandsmessung an bewegten Objekten. Ein Nachteil ist die Fremdlichtempfindlichkeit und der Einfluss inhomogener reflektierender Oberflächen. Um sie zu senken, muss der Messpunkt möglichst klein und hell sein. Das Verfahren ist auch nur für geringe Entfernungen geeignet, da dessen Empfindlichkeit in der vierten Potenz des Abstands zwischen Sender und Empfänger abfällt.

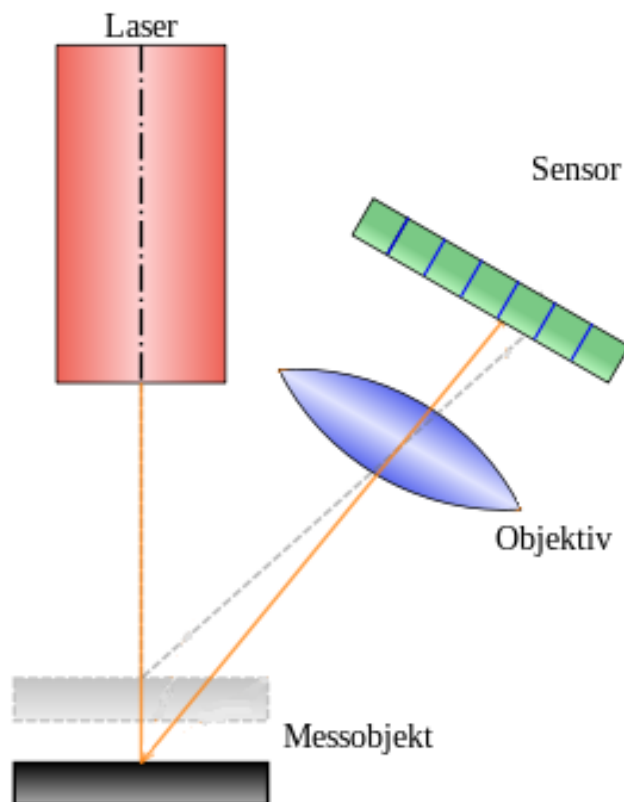


Abbildung 3.2: Lasertriangulationsverfahren

4 Der Produktentwicklungsprozess der Messeinrichtung

Der Produktentwicklungsprozess der Vermessungsmaschine wird, wie im Folgenden zu erkennen ist, nach VDI 2221 und 2222 durchgeführt, weshalb an dieser Stelle kurz darauf eingegangen wird. Die beiden Richtlinien VDI 2221 und 2222 stellen Branchen- und Produktunabhängig eine allgemeine Vorgehensweise bzw. einen Arbeitsablauf bei Entwicklungs- und Produktionsprozessen dar. Bei Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung [4] werden diese VDI Richtlinien konkret auf den Maschinenbau angewendet, was zu folgendem Flussdiagramm in Abbildung 4.1 führt, nach welchem der Entwicklungsprozess hier auch durchgeführt wurde.

Bei Pahl/Beitz [4] wird der Entwicklungs- und Konstruktionsprozess in vier Hauptphasen unterteilt:

- Planen und Klären der Aufgabe
- Konzipieren
- Entwerfen
- Ausarbeiten

Zu den jeweiligen Hauptphasen gibt es noch zahlreiche Zwischenschritte und Unterkategorien, welche in einem iterativen Prozess so lange durchlaufen werden sollen, bis das Ergebnis zufriedenstellend ist. Das jeweilige Ergebnis oder Resultat einer Hauptphase gilt dann als Ausgangspunkt für die nächste Hauptphase.

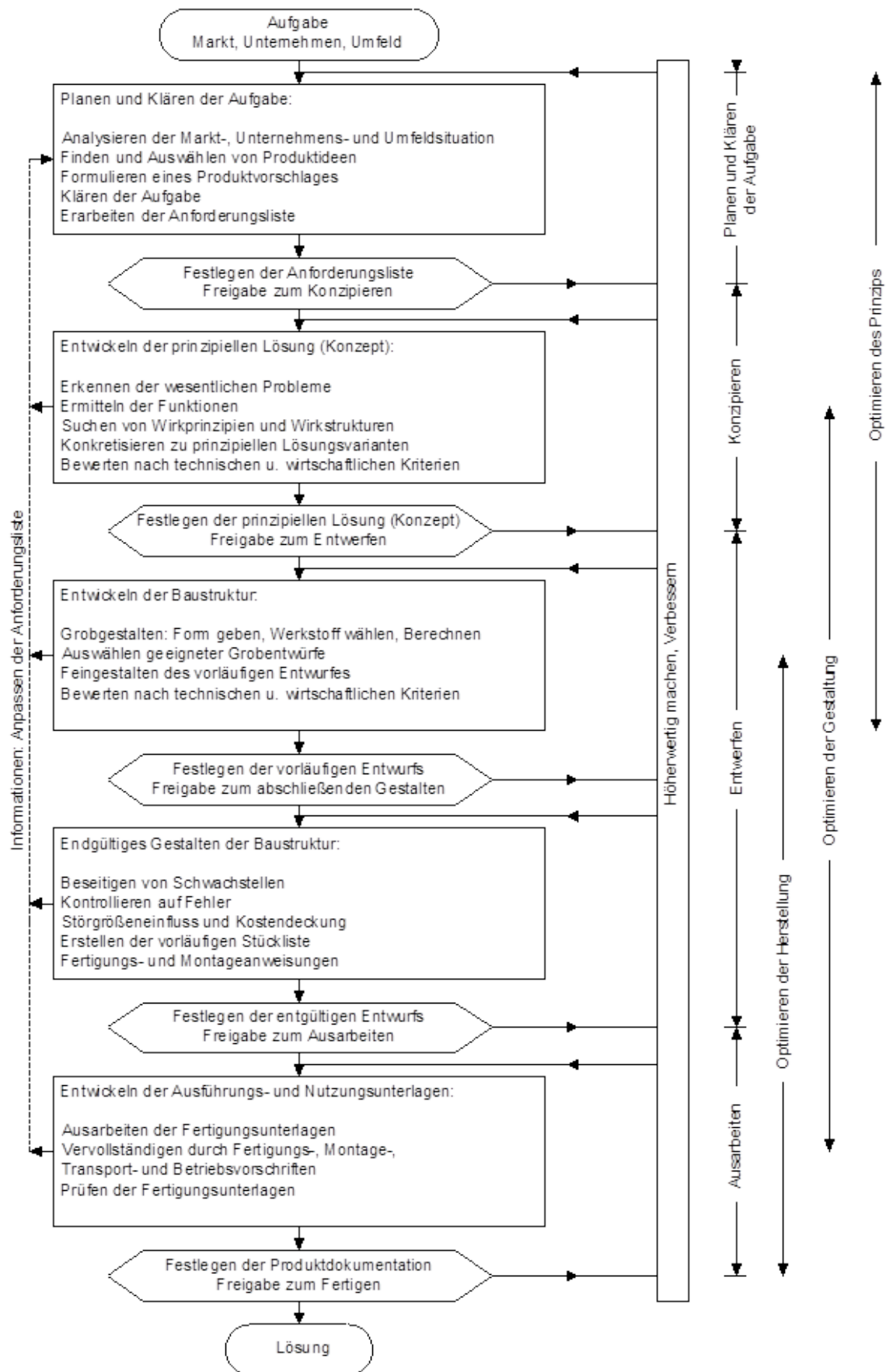


Abbildung 4.1: Entwicklungs- und Konstruktionsprozess [4]

5 Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung

Ausgangspunkt des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses ist die Aufgabenstellung, jene wird vom Vertrieb oder dem Kunden direkt an den Bereich Technik weitergegeben. Dabei muss unabhängig davon, ob die Aufgabe aus einem durch Produktplanung entstandenen Produktvorschlag betriebsintern oder aus einem Kundenauftrag stammt, der vorliegende Auftrag vor Beginn der Produktentwicklung näher geklärt werden. Diese Klärung der Aufgabenstellung dient zur Informationsbeschaffung über die Anforderungen, die an das Produkt im Einzelnen gestellt werden, sowie über die bestehenden Bedingungen und deren Bedeutung. Das Ergebnis ist die Anforderungsliste, welche die grundsätzlichen und wichtigsten Anforderungen auflistet. Die Aussagen und Festlegungen der Anforderungsliste sind auf die Belange der konstruktiven Entwicklung und der weiteren Arbeitsschritte zugeschnitten und abgestimmt. Die Anforderungsliste muss stets auf dem neuesten Stand gehalten werden, da von ihr die Freigabe zum Konzipieren und der nachfolgenden Schritte ausgeht.[4]

Die in Abbildung 5.1 dargestellten Hauptschritte zur Erstellung der Anforderungsliste sollen im Folgenden, angepasst an den speziellen Fall, durchlaufen werden und die Anforderungsliste erstellt werden. Dabei werden vor allem die Schritte in Bezug auf die marktorientierte Erstellung der Anforderungsliste übergangen, da die Messeinrichtung vorerst ein Einzelstück bleiben soll und betriebsintern bereits vorbestimmte Anforderungen erfüllen soll.

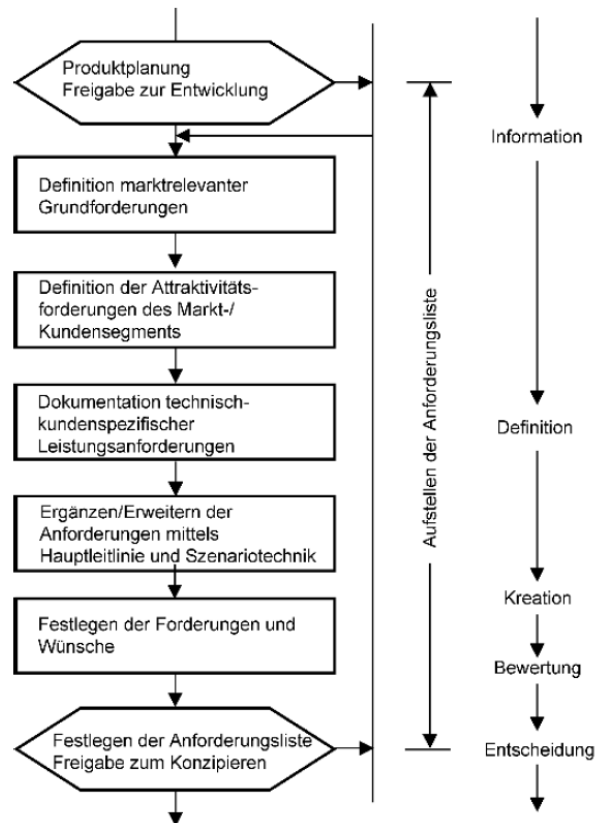


Abbildung 5.1: Hauptarbeitsschritte zum Aufstellen der Anforderungsliste [4]

5.1 Anforderungen des Auftraggebers

Die Grundlage der Planung und Entwicklung bilden die, in mehreren Meetings mit dem Auftraggeber und dem Verantwortlichen am Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik, aufgezeigten Anforderungen an die Messeinrichtung.

Die meisten Anforderungen resultieren direkt aus dem späteren Einsatz, welcher in direktem Zusammenhang mit einer am Institut durchgeführten Dissertation steht.

Um den Einsatzzweck besser verstehen zu können und die Anforderungen an die Messeinrichtung besser nachvollziehen zu können, soll der Kern dieser Dissertation kurz beschrieben werden.

5.1.1 Dissertation: Untersuchung der Laufeigenschaften nicht stark gespannter Stahlbänder

Generell sind die Laufeigenschaften von gespannten Förderbädern sehr gut beschrieben und es bestehen mathematische, meist numerische Modelle, um das Verlaufen solcher Bänder bei Einflussnahme auf Trommelschiefstellung oder andere einwirkende Faktoren zu beschreiben.

Dies gilt auch für Stahlförderbänder, deren Laufeigenschaften sich aufgrund ihres Materials doch von denen herkömmlicher Förderbänder aus Kunststoff unterscheiden. Dies liegt vor allem an der aufgebrachten Bandspannung. Um ein Durchrutschen zu vermeiden und eventuelle, dem Förderprozess überlagerte, Prozesse durchführen zu können, muss die Bandspannung sehr hoch, teilweise bis zu Streckgrenze des verwendeten Stahls, gewählt werden. Außerdem kann trotz sehr hohen Aufwands in der Fertigung nie ein vollkommenes endloses Band, also ein komplett zylindrisches hergestellt werden, was bei den aufgebrachten Spannungen zu größeren Auswirkungen als bei gewöhnlichen Bändern führt.[6]

Die Laufeigenschaften nicht so stark gespannter Stahlbänder unterscheiden sich jedoch wesentlich von jenen stark gespannter Stahlbänder. Dieses Laufverhalten wurde konkret noch nie mathematisch beschrieben und es existieren keine zufriedenstellenden numerischen Ansätze, um diesen Spezialfall zu beschreiben.

Dies führt immer wieder zu Schwierigkeiten im Regelungssystem von Anlagen, deren Bänder nicht so stark gespannt sind, oder bei Anlagen die auch nur zeitweise die Bandspannung verringern müssen.

Hier hakt die Dissertation ein und versucht ein Modell aufzustellen, um dieses Laufverhalten zu beschreiben. Konkret wird dabei auf einem vom Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik entwickelten Prüfstand (Abbildung 5.2) das Laufverhalten eines Stahlförderbandes bei verschiedenen Bandspannungen, Laufgeschwindigkeiten und Trommelschrägstellungen beobachtet und erforscht.

Im Zuge dieser Testläufe ist relativ schnell der Bedarf nach einer Messeinrichtung aufgekommen, mit welcher der Durchhang des Bandes bestimmt werden kann, und zwar nicht nur in Laufrichtung sondern auch quer dazu. Die genaue Dokumentierung des Durchhangs ist für die spätere Auswertung und die Erstellung eines Modells von großer Bedeutung. Vor allem die Bestimmung des Durchhangs quer zur Laufrichtung, welcher vor allem aus der Unvollkommenheit des Bandes resultiert, aber auch aus der Schrägstellung der Trommeln herrühren kann, ist für die Untersuchungen von entscheidender Bedeutung, da er das Auflaufen des Bandes auf die Trommel entscheidend mit beeinflusst und somit direkte Auswirkungen auf die Verlaufseigenschaften hat. Da die Forschungsarbeiten dieser Dissertation zum Zeitpunkt des Verfassens dieser Arbeit noch im vollen Gange sind, kann auf genauere Zusammenhänge und Auswirkungen, oder gar Ergebnisse an dieser Stelle nicht eingegangen werden.



Abbildung 5.2: Prüfstand

5.1.2 Konkrete Anforderungen

Im Folgenden sollen die konkreten Anforderungen, welche im Zuge der ersten Versuche und Testläufe am Prüfstand und in den darauf stattfindenden Meetings erkannt und beschrieben wurden, in nicht geordneter Reihenfolge aufgezeigt werden und die Hintergründe zur jeweiligen Anforderung erläutert werden. Die hier aufgelisteten Anforderungen bilden die Grundlage der später erstellten Anforderungsliste, welche nach der Vorlage von [4] erstellt wurde.

Art der Vermessung

Um die Vermessung von Ober- und Untertrum garantiert an derselben Stelle durchzuführen und Zeit zu sparen, sollen die Sensoren jeweils zwischen den Bändern, quer zur Laufrichtung messen. Dazu sollen sie mit Hilfe eines Schlittens auf einem Träger, welcher zwischen Ober- und Untertrum geschoben wird, verfahren.

Höhenverstellbarkeit der Messeinrichtung

Da mit sehr unterschiedlichen Bandspannungen gearbeitet werden soll, ist mit sehr großen Unterschieden im Durchhang zu rechnen, um dies kompensieren zu können muss die Messeinrichtung unbedingt Höhenverstellbar sein, um garantiert immer zwischen Ober- und Untertrum zu passen. Weiters soll die Messeinrichtung auch bei unterschiedlichsten Anlagen zu Einsatz kommen, was eine Höhenverstellbarkeit voraussetzt. Ein angemessener Bereich wäre hier sicher ein Verstellweg von min 1200 mm beginnend bei einer Höhe von 400 mm oberhalb des Bodens.

Länge des Messbereichs

Stahlbänder mit einer Breite von 2 Metern und darüber hinaus sind keine Seltenheit bei den Anlagen des Auftraggebers, daher sollte die Messeinrichtung auch in der Lage sein, solch große Anlagen zu vermessen. Unter Berücksichtigung der Fertigung wurde hier eine Mindestlänge von 2 Metern für den Messbereich angefordert.

Form des Trägers

Der Träger muss schlank genug sein, um zwischen die Bänder zu passen, außerdem sollte er als Kragträger ausgeführt sein, um flexibel und schnell einsatzbereit zu sein.

Genauigkeit des Trägers

Um eine genaue Messung garantieren zu können, muss der Träger absolut gerade sein und darf sich nicht durchbiegen. Dies muss auch bei Überfahrt des Schlittens mit den Sensoren gewährleistet sein.

Messgenauigkeit der Sensoren

Um brauchbare Ergebnisse zu erlangen, müssen die Sensoren auf ein Zehntel Millimeter genau sein und sehr wiederholgenau arbeiten. Weiters muss die Sensortechnologie mit der spiegelnden und blanken Oberfläche der Bänder zurechtkommen.

Reichweite der Sensoren

Um Unter- und Obertrum gleichzeitig vermessen zu können, muss die Reichweite der Sensoren genügend groß sein, bei größeren Anlagen werden die Trommeldurchmesser und damit der Abstand der Bänder immer größer. Gleichzeitig soll die Messeinrichtung aber auch in der Lage sein, bei kleinen Trommeldurchmessern zu messen.

Mobilität

Die Messeinrichtung soll möglichst mobil sein, und wenn möglich ohne maschinelle Hilfe zum jeweiligen Einsatzort im Betrieb befördert werden können. Die Außenmaße der Messeinrichtung spielen dabei auch eine Rolle um eventuell durch Tore oder unter Maschinenteile hindurch zu passen. Außerdem soll die Messeinrichtung auch außerhalb des Betriebs verwendet werden können und sollte daher auch leicht zu verladen und zu transportieren sein.

Stabilität

Um den Einsatz der Messeinrichtung auch auf unregelmäßigen Bodenoberflächen garantieren zu können, muss ein stabiler Stand gewährleistet sein. Dazu ist es erforderlich, dass die Messeinrichtung flexibel auf den jeweiligen Untergrund angepasst werden kann. Vermutlich wird die Messeinrichtung relativ schwer werden, was bei der Auswahl eines Fahrwerks und der Wahl der Stand- und Unebenheitsausgleichs-Einrichtung berücksichtigt werden muss.

Robustheit

Die Messeinrichtung sollte möglichst robust gebaut sein, um im normalen Arbeitseinsatz nicht anfällig für Beschädigungen und Störungen zu sein. Auf ausdrücklichen Wunsch des Auftraggebers soll darauf besonders Wert gelegt werden. Vor allem im Montageeinsatz von Stahl-

bandanlagen kann verlorene Zeit aufgrund von defekten Messeinrichtungen nur selten wieder eingeholt werden.

Steuerung

Die Steuerung der verwendeten Motoren und Sensoren, sowie die Aufzeichnung der Messergebnisse sollte so einfach wie möglich und damit so wenig fehleranfällig wie möglich gehalten werden. In Meetings wurde hierfür ein einfach zu programmierendes LabView Programm vorgeschlagen. So kann bei etwaigen Erweiterungen, Anpassungen oder Veränderungen der Messeinrichtung auf einen bestehenden Basiscode zurückgegriffen werden und dieser nach Wunsch verändert oder ausgebaut werden.

Bedienung

Die Messeinrichtung sollte einfach und intuitiv über einen Laptop zu bedienen sein, wobei gleichzeitig die Daten der Messung ausgegeben und gespeichert werden. Weiters sollten, wenn möglich direkt an der Messeinrichtung, grundlegende Steuerungsbefehle ohne Laptop per Tasten aktiviert werden können, so zum Beispiel die Höhenverstellung.

Fertigung

Die Fertigung sollte wenn möglich im Betrieb des Auftraggebers oder an der TU Wien durchgeführt werden und nur wenn unbedingt nötig auswärts vergeben werden. In den Meetings vorab wurde geklärt, wie und was im Betrieb und an der TU gefertigt werden kann. Auch die Montage sollte im Betrieb oder an der TU durchgeführt werden.

Kosten

Eine weitere Anforderung an die Messeinrichtung stellt der Kostenrahmen der gesamten Fertigung und der Zukaufteile dar. Da das gesamte Projekt mit einem fixen Budget ausgestattet ist, können nur begrenzte Mittel zur Verfügung gestellt werden. Vor allem bei den Zukaufteilen wie Sensoren und Elektronik sollte deshalb sehr genau überlegt werden, ob die Anschaffung teurerer Teile unbedingt notwendig ist, oder mit kostengünstigeren Alternativen gearbeitet werden kann.

5.2 Erstellen der Anforderungsliste

Die in 5.1.2 genannten Anforderungen lassen sich nun kategorisch zusammenfassen und in die Form einer Auflistung bringen. Dabei lassen sich Forderungen, deren Erfüllung unbedingt not-

wendig ist und Wünsche, die erfüllt werden sollten, deren Erfüllung aber für die grundsätzliche Funktion nicht unbedingt notwendig ist, unterscheiden. Das Ergebnis dieser Auflistung bildet die Anforderungsliste in ihrer erster Version, im Verlauf des Entwicklungsprozesses sollte sie ständig aktualisiert und ergänzt werden.

Version 1		Anforderungsliste	Blatt 1
Änderung	F / W	Anforderung	
	F F F F F	1. Geometrie: <ul style="list-style-type: none"> • Höhe des Messbereichs: min. 0,5 m bis max. 2 m; • Länge des Messbereichs: min 2 m; • stufenlose Höhenstellbarkeit: von 0,4 m bis 1,6 m über dem Boden; • max. Höhe des Messschlittens: 0,3 m; • Geradheit des Trägers: 0,1 mm; 	
	F	2. Kinematik <ul style="list-style-type: none"> • Verfahrensgeschwindigkeiten: bis zu 0,1 m/s; 	
	F F F	3. Kräfte: <ul style="list-style-type: none"> • Keine Resonanzen; • Stabilität der Messeinrichtung am Einsatzort; • Robustheit der Messeinrichtung; 	
	F F F F F F F	4. Gebrauch: <ul style="list-style-type: none"> • Vermessung quer zur Förderrichtung; • Vermessung zwischen Ober- und Unterband; • Ausführung als Kragträger; • Gleichzeitige Vermessung von Ober- und Unterband; • Mobilität der Messeinrichtung ohne maschinelle Hilfe; • einfache und intuitive Bedienung; • Arbeitsplatz direkt an der Messeinrichtung; 	
	F F	5. Sensoren: <ul style="list-style-type: none"> • Messgenauigkeit +/- 0,1 mm; • Messbereich bis zu +/- 400 mm; 	
	F W W W	6. Fertigung und Kosten: <ul style="list-style-type: none"> • Einfache Fertigung; • Fertigung direkt beim Kunden; • Einsatz kostengünstiger Materialien; • Einsatz kostengünstiger Technik bei ausreichender Funktionalität; 	

Abbildung 5.3: Anforderungsliste

6 Konzipieren

Das Konzipieren einer prinzipiellen Lösung ist jener Teil des Konstruierens, der nach Klären der Aufgabenstellung durch Abstrahieren auf die wesentlichen Probleme, Aufstellen von Funktionsstrukturen und durch Suche nach geeigneten Wirkprinzipien und deren Kombination in einer Wirkstruktur die prinzipielle Lösung festlegt. In vielen Fällen wird eine Wirkstruktur aber auch erst beurteilbar, wenn sie konkretere Gestalt annimmt. Diese Konkretisierung umfasst eine bestimmtere Vorstellung über vorzusehende Werkstoffe, meistens eine überschlägige Auslegung (Bemessung) sowie die Rücksichtnahme auf technologische Möglichkeiten. In der Regel erhält man dann erst ein beurteilungsfähiges Lösungsprinzip, das die Zielsetzung und bestehende Bedingungen im Wesentlichen berücksichtigt. Auch hier sind unter Umständen mehrere prinzipielle Lösungsvarianten denkbar. Die Darstellungsform einer prinzipiellen Lösung (Lösungsprinzip) kann sehr unterschiedlich sein. Bei festliegendem Bauelement genügt vielleicht schon die Blockdarstellung einer Funktionsstruktur, ein Schaltplan oder ein Flussdiagramm. In anderen Fällen reicht eine Strichskizze oder es muss zu einer grobmaßstäblichen Zeichnung gegriffen werden. Die Konzeptphase wird in mehrere Arbeitsschritte unterteilt. Diese Schritte sollen durchlaufen werden, damit von vornherein die Erarbeitung der bestmöglich erscheinenden prinzipiellen Lösung sichergestellt ist, denn die nachfolgende Arbeit des Entwerfens und Ausarbeitens kann grundlegende Mängel des Lösungsprinzips nicht oder nur schwer ausgleichen. In diesem Sinne kann auch von der Nachhaltigkeit eines Konzepts gesprochen werden. Eine Konstruktion, die auf einem nachhaltigen Konzept beruht, ist z.B. unempfindlich gegen große Fertigungstoleranzen. Eine dauerhafte und erfolgreiche konstruktive Lösung entsteht durch die Wahl des zweckmäßigsten Prinzips und nicht durch die Überbetonung konstruktiver Feinheiten. Diese Feststellung widerspricht nicht der Tatsache, dass auch bei zweckmäßig erscheinenden Prinzipien oder ihrer Kombinationen auftretende Schwierigkeiten immer noch im Detail stecken können.

Die erarbeiteten Lösungsvarianten müssen beurteilt werden. Erfüllen Varianten, die Forderungen der Anforderungsliste nicht, werden sie gestrichen. Die übrigen werden nach Kriterien in einem festgelegten Verfahren bewertet. In dieser Phase beurteilt man vornehmlich nach technischen Gesichtspunkten, wobei die wirtschaftlichen auch schon grob berücksichtigt wer-

den. Man entscheidet sich aufgrund der Bewertung für das weiterzuerfolgende Konzept. Oft kann es sein, dass mehrere Varianten nahezu gleichwertig erscheinen und eine endgültige Entscheidung erst nach weitergehender Konkretisierung möglich ist. Auch können sich zu einem Lösungsprinzip mehrere Gestaltungsvarianten anbieten. Der Konstruktionsprozess wird auf der konkreteren Ebene des Entwerfens fortgesetzt.[4]

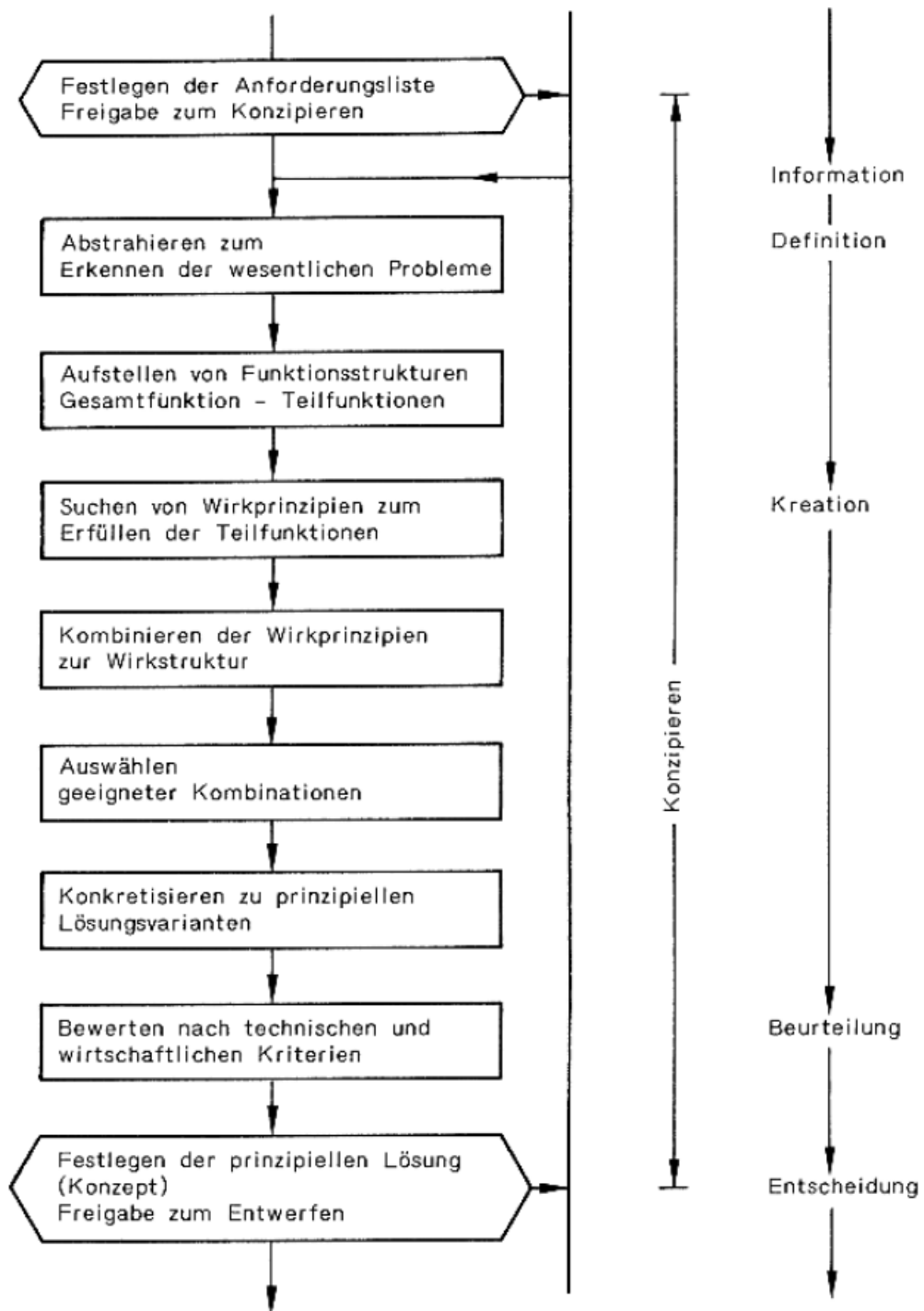


Abbildung 6.1: Arbeitsschritte beim Konzipieren [4]

Konkret wird in der folgenden Phase des Produktentwicklungsprozesses, dem Konzipieren, die grundsätzliche Wirkstruktur der Messeinrichtung erarbeitet. Mit der Anforderungsliste als Grundlage wird mit Hilfe von Techniken wie Brainstorming oder Abstraktion, eine prinzipielle Lösung gesucht. Dabei wird in mehreren Meetings immer wieder neue Lösungsvorschläge aufgezeigt und diskutiert.

Die Anforderungsliste stellt schon ziemlich konkrete Vorgaben für die Form und das prinzipielle Wirkprinzip der Messung auf, wodurch einige Schritte der in Abbildung 6.1 gezeigten Arbeitsschritte beim Konzipieren überflüssig werden.

Weiters werden die prinzipiellen Wirkprinzipien der einzelnen Baugruppen und Problemstellungen der Messeinrichtung aufgezeigt und diskutiert, auf dessen Grundlage später der Morphologische Kasten gebildet werden konnte, um die jeweils beste Lösung zu finden.

Hier gibt es einen fließenden Übergang zur Phase des Entwerfens, wo detaillierter auf die einzelnen Probleme eingegangen wird, weshalb eine genauere Beschreibung auch im folgenden Kapitel erfolgt.

6.1 Prinzipielle Lösung

Als Ergebnis der Phase des Konzipierens wird eine prinzipielle Lösung in Form von Skizzen und Dokumentationen erarbeitet, auf deren Grundlage in der Phase des Entwerfens Detaillösungen erstellt werden konnten. In Abbildung 6.2 ist ein erster, im Zuge des Konzipierens entstandener 3-dimensionaler Entwurf zu sehen. In diesem Entwurf werden erstmals alle prinzipiellen Wirkprinzipien zusammengefasst, ohne im Detail behandelt zu werden, dies geschieht in der folgenden Phase des Entwerfens.

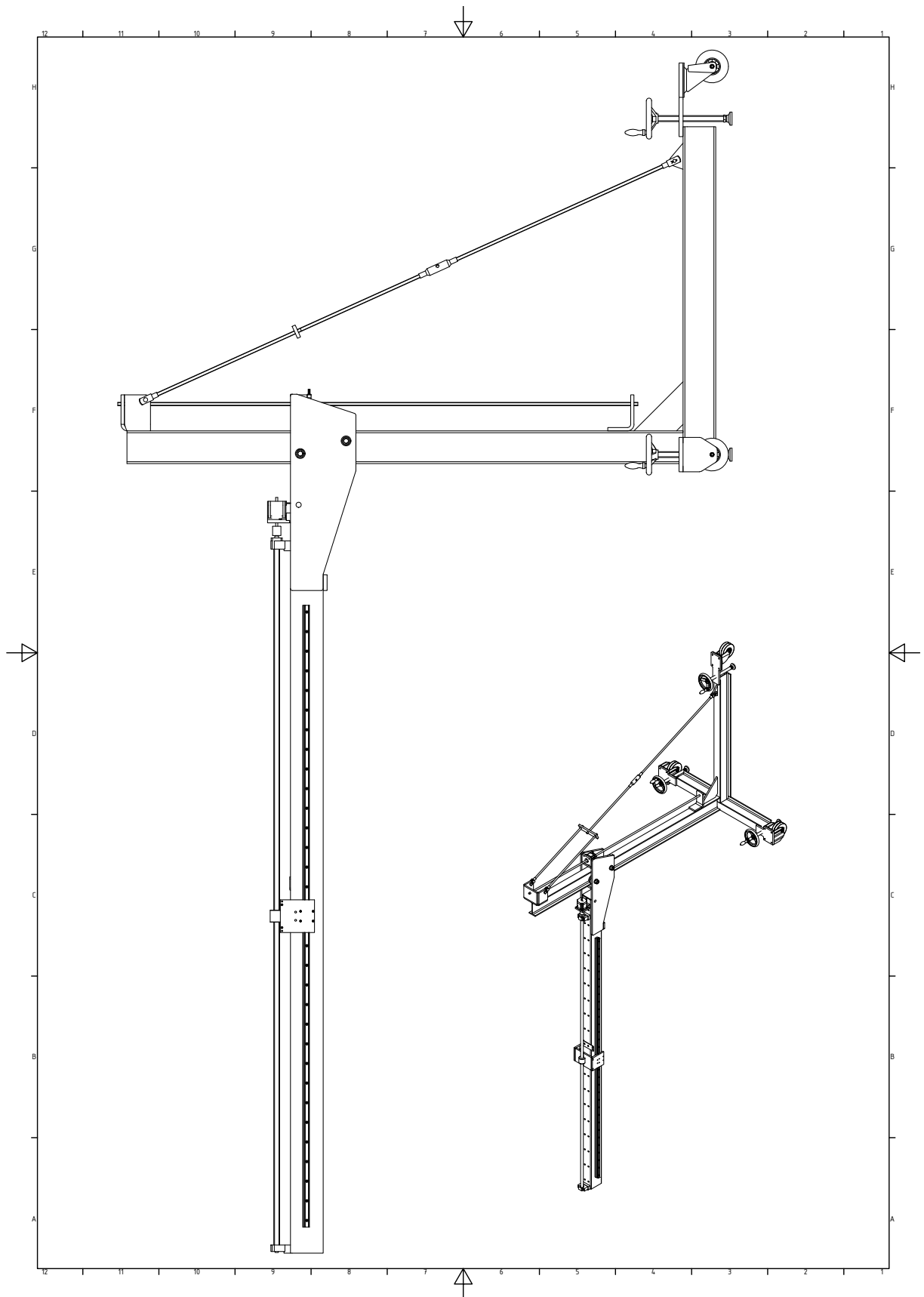


Abbildung 6.2: Erster 3-dimensionaler Entwurf

7 Entwerfen

Das Entwerfen ist der Teil des Konstruierens, der für ein technisches Gebilde von der Wirkstruktur bzw. prinzipiellen Lösung ausgehend die Baustruktur nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten eindeutig und vollständig erarbeitet. Das Entwerfen ist, ausgehend von den qualitativen Vorstellungen, die quantitative gestalterische Festlegung der Lösung. In vielen Fällen wird man mehrere maßstäbliche Entwürfe neben- oder hintereinander im Sinne von vorläufigen Entwürfen anfertigen müssen, um zu einem besseren Informationsstand über Vor- und Nachteile der Varianten zu gelangen. Dazu dient diese Phase, die nach entsprechender Durcharbeitung wiederum mit einer technisch-wirtschaftlichen Bewertung abgeschlossen werden muss. Dabei werden neue Erkenntnisse auf höherer Informationsebene gewonnen. Ein häufiger und typischer Vorgang ist es, dass nach dem Bewerten der einzelnen Varianten eine besonders favorisiert erscheint, aber durch Teillösungen der anderen, in der Gesamtheit nicht so günstig erscheinenden Vorschläge befruchtet und verbessert werden kann. Durch entsprechende Kombination und Übernahme solcher Teillösungen sowie durch Beseitigen von Schwachstellen, die durch die Bewertung auch offenbar werden, kann dann die endgültige Lösung gewonnen werden und die Entscheidung für die abschließende Gestaltung des endgültigen Gesamtentwurfs fallen. Der endgültige Gesamtentwurf stellt dann schon eine Kontrolle der Funktion, der Haltbarkeit, der räumlichen Verträglichkeit usw. dar, wobei sich die Anforderungen bezüglich der Kostendeckung nun spätestens hier als erfüllbar darstellen müssen. Erst dann ist die Freigabe zur Ausarbeitung zulässig.[4]

In Abbildung 7.1 sind die Hauptarbeitsschritte beim Entwerfen zu sehen, welche auch hier in einem kontinuierlichen Prozess durchlaufen wurden.

Im konkreten Fall wird ausgehend von den Ergebnissen der Phase des Konzipierens, in der Phase des Entwerfens nach konkreten Lösungen für die einzelnen Baugruppen gesucht. So werden, auf Basis der Anforderungsliste verschiedene Lösungskonzepte, entsprechen dem Ergebnis der Konzeptphase aufgezeigt und festgehalten. Zusammengefasst wird aus diesen Konzepten ein Morphologischer Kasten erstellt, womit dann in weiterer Folge unter Kombination der einzelnen Lösungsvarianten die ersten Entwürfe der Messeinrichtung erstellt werden können.

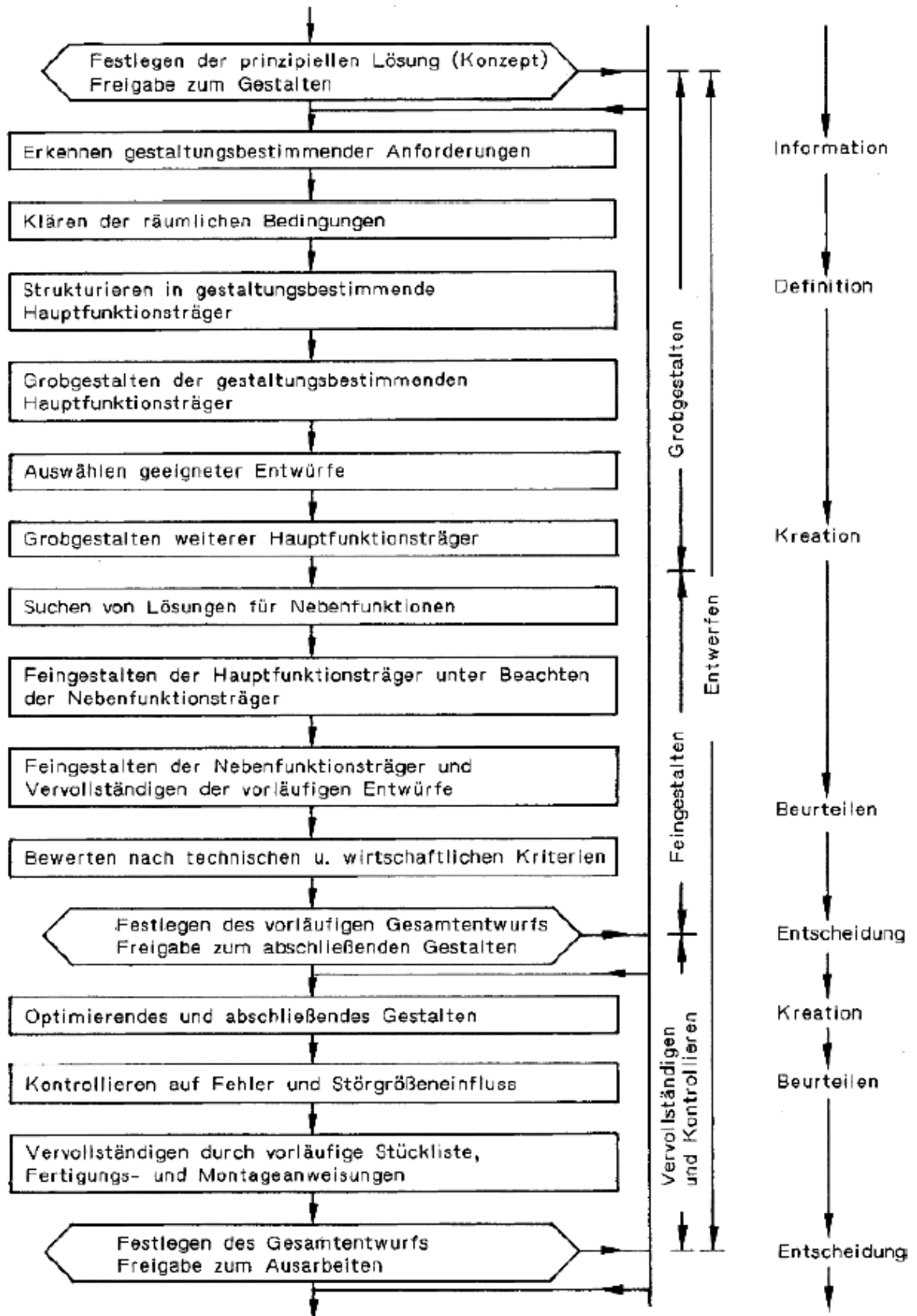


Abbildung 7.1: Hauptarbeitsschritte beim Entwerfen [4]

7.1 Grundsätzlicher Aufbau und Überlegungen zu den einzelnen Baugruppen

7.1.1 Rahmen

Grundvoraussetzung einer genauen Messung ist ein stabiler Basisrahmen der Messeinrichtung. Aufgrund des zu erwartenden hohen Gewichts der gesamten Messeinrichtung, muss er nicht nur stabil sondern auch hoch tragfähig sein. Die Frage nach dem Material sollte als erstes geklärt werden. Sinn machen hier ein geschweißter Rahmen aus Stahlprofilen, ein ebenfalls geschweißter Aluminiumrahmen aus Aluminiumprofilen oder ein geschraubter Rahmen aus Aluminiumprofilen.

Die Vorteile von Stahl sind vor allem seine hohe Tragfähigkeit und Verwindungssteifigkeit, hier aber noch wichtiger der Preis und die relative Einfachheit der Verarbeitung. Vor allem beim Schweißen liegen hier deutliche Vorteile gegenüber dem Aluminium vor. Nachteile sind sein Gewicht und die Notwendigkeit einer Oberflächenbehandlung zur Korrosionsvermeidung. Besonders die nicht notwendige Oberflächenbehandlung machen einen Aluminiumrahmen zu einer Alternative. In einer geschraubten Ausführung würde auch das anspruchsvolle Schweißen entfallen, die Konstruktion würde aber wahrscheinlich komplizierter werden. Eine mögliche Ausführung des Rahmens ist in Abbildung 7.2 zu sehen.

7.1.2 Fahrwerk

Ein solides Fahrwerk, welches die hohe Belastung durch das Gewicht der Messeinrichtung aushält, aber auch stabil genug ist, um beim Verfahren nicht durch den hoch aufragenden Aufbau umzukippen, ist unumgänglich. Die Manövrierfähigkeit ist hier besonders wichtig, um in Situationen mit wenig Platz neben einer Anlage, messen zu können. In Frage kommen Konstruktionen mit drei oder vier Rädern, wobei jeweils eines oder zwei drehbar gelagert sein müssen um manövrieren zu können. Für vier Räder spricht der stabilere Aufbau sowie die dadurch sichere Fahrt. Nachteil und gleichzeitig Vorteil einer Dreirädrigen Konstruktion ist der aufwendigere Aufbau und ein höherer Platzbedarf in engen Situationen. Grundsätzlich ist aber immer zu beachten, dass die Räder dem hohen Gewicht standhalten, sowie groß genug sind, um etwaige Bodenunebenheiten überfahren zu können. Weiters kommen neben handelsüblichen Hart-Kunststoffrädern auch Gummiräder in Frage. Sie würden eventuelle Schläge durch Unebenheiten im Boden dämpfen, sind aber kosten- und wartungsintensiver. Eine mögliche Ausführung des Fahrwerks ist wieder in Abbildung 7.2 zu sehen.



Abbildung 7.2: Rahmen, Fahrwerk und Stützfüße

7.1.3 Stützfüße und Ausrichtung

Genauso wichtig wie ein stabiler Rahmen für eine genaue Messung ist, ist dessen Stand und Ausrichtung an einer Anlage. Es wäre viel zu ungenau, die Messung einfach auf dem Fahrwerk stehend, durchzuführen. Unebenheiten im Boden oder unterschiedlich abgenutzte Räder würden das Ergebnis einer Messung verfälschen. Es ist also notwendig die Messeinrichtung vom Fahrwerk abzuheben und ausrichten zu können. Am einfachsten wäre dies wohl mit Stützfüßen zu realisieren, welche einfach durch händisches Kurbeln verstellt werden können. Solche Stützfüße erhält man auch als Standardteil sehr einfach, das Problem dabei ist aber wahrscheinlich die Feinheit und Genauigkeit der Verstellmöglichkeit. Dies spricht für die Anfertigung eines Spezialteiles, was hier nicht so aufwendig sein sollte. Eine andere Frage ist, ob es Sinn machen würde die Verstellung der Stützfüße motorunterstützt durchzuführen, Vorteil davon wäre eine bequemere und vielleicht auch schnellere Ausrichtung der Maschine, Nachteil sicher Aufwand und Kosten.

Weiters ist abhängig davon, welches Fahrwerk gewählt wird, zu klären, wie und wo die Stützfüße montiert werden. Eine ausreichend genaue Verstellung ist jedenfalls immer zu gewährleisten, was aber bei vier und auch bei drei Rädern und Stützfüßen realisierbar ist. Eine mögliche Ausführung der Stützfüße ist wieder in Abbildung 7.2 zu sehen.

7.1.4 Höhenverstellung und deren Antrieb

Generell sind Stahlbandanlagen sehr verschieden, nicht nur in der Bandbreite, sondern auch in der Höhe der einzelnen Bänder. Auch der Abstand zwischen den Bändern variiert sehr stark, sodass es zwingend notwendig ist eine Höhenverstellung für den Tragarm, auf dem der Schlitten mit den Sensoren läuft, anzubringen. Der gesamte Arm sollte sich stufenlos in einem der Anforderungsliste entsprechenden Bereich höhenverstellen lassen und diese Verstellung sollte auch messbar sein, sodass definiert verstellt werden kann.

Aufgrund des zu erwartend langen Tragarms kommt es hier sicher zu einem hohen Moment, welches von einer Führung aufgenommen werden muss, in der man trotzdem noch leicht verfahren können muss. Dies lässt sich durch Sonderanfertigungen mit Schlitten und kugelgelagerten Laufrollen realisieren oder durch bereits vorgefertigte handelsübliche Linearführungen, bestehend aus speziell geformten Schienen und Schlitten, welche darauf mit Kugellagern verfahren können.

Eine Sonderanfertigung ist natürlich immer passender auf ein Projekt abgestimmt, Linearführungen sind allerdings in sehr vielen verschiedenen Variationen erhältlich und lassen sich bei manchen Herstellern sogar gezielt individualisieren, sodass in den allermeisten Fällen eine günstige und dennoch passende Lösung gefunden werden kann. Auch das hohe Moment ist für solch eine Führung kein Problem. Es lässt sich leicht durch eine der Belastung entsprechenden Anzahl an Schlitten oder deren Größe ausgleichen.

Ein weiterer Punkt ist der Antrieb dieser Höhenverstellung. Wie bereits in der Anforderungsliste erwähnt sollte dieser stufenlos sein und sich gezielt steuern lassen. Er muss auch stark genug sein, um den Hubschlitten samt Kragarm heben und eventuell halten zu können. Der Bedarf nach einer Brems- oder eine Fixiereinrichtung, um während der Messung exakt an einer Stelle zu bleiben, sollte wenn möglich vermieden werden. Für eine solche Verstellung kommen Riemenantriebe in Frage. Sie ermöglichen eine stufenlose Verstellung und können einfach angesteuert und der gefahrene Weg einfach gemessen werden. Bei Stillstand und bei einer Messung müsste der Hubschlitten allerdings fixiert werden. Eine andere Lösung wäre eine Trapezspindel, welche entweder angetrieben wird, um eine am Hubschlitten befestigte Mutter zu verfahren, oder welche fix steht und auf der ein Schrittmotor mit durchlaufender Welle, welcher am Hubschlitten montiert ist verfährt. Mit der zweiten Variante könnte ein Ausbiegen der Spindel bei höherer Frequenz vermieden werden. Schrittmotoren mit den geforderten Eigenschaften hinsichtlich Kraft und Drehzahl sowie Größe sind sehr günstig und zuverlässig. Mit Hilfe eines Encoders am Motor könnte dabei der Verfahrweg sehr einfach ausgegeben werden, um eine genaue Steuerung zu ermöglichen.

7.1.5 Tragarm

Ein wesentliches Bauteil der Messeinrichtung ist der Tragarm, auf dem der Schlitten mit den Messensoren verlaufen soll. Laut Anforderungsliste sollte dieser als Kragarm, also nur an einer Seite gestützt, ausgeführt werden. Dies hat vor allem den großen Vorteil, dass man zwischen Ober- und Unterband fahren kann, ohne nachher auf der anderen Seite Stützen anbringen zu müssen, außerdem kann man bei Bändern, welche breiter sind als der Arm lang, trotzdem messen, indem man von beiden Seiten der Anlage misst. Die Nachteile dabei sind allerdings, dass die gesamte Messeinrichtung stärker ausgeführt werden muss. Zusätzlich muss ein Gegengewicht angebracht werden, damit die Messeinrichtung nicht kippt.

Der Tragarm selber muss auch sehr spezielle Anforderungen erfüllen. Um nicht vor jeder Messung eine Referenzfahrt durchführen zu müssen, muss der Tragarm perfekt gerade und eben sein und das auch bleiben, wenn der Schlitten mit den Sensoren auf ihm verfährt. Prinzipiell neigt ein Kragträger dazu, auf Grund seines Eigengewichts an seinem Ende durchzuhängen. Verfährt dann auch noch ein Schlitten auf ihm, nimmt dieser Durchhang, abhängig von der Position des Schlittens noch zu. Die große Herausforderung ist es nun einen Kragarm zu konstruieren, welcher auf einer Länge von über 2 Metern nicht durchhängt und dies auch nicht mit einem verfahrbaren Schlitten auf ihm tut. Grundsätzlich könnte man etwa einen I- Träger so massiv ausführen, dass er nicht mehr durchhängt und auch die kleine Masse des Schlittens keine Auswirkungen hat. Dies würde aber zu einer extremen Last führen und die ganze Messeinrichtung würde viel zu massiv werden. Auch handelsübliche, schon vorgefertigte Aluminiumschienen würden sich bei der geforderten Länge durchbiegen.

Ein etwas anderes System ist das sogenannte Opferbalken-System. Es ist verhältnismäßig leicht und man kann damit einen perfekt geraden Träger erreichen. Dabei werden zwei Formrohre verwenden, eines etwas kleiner aus Stahl mit einer hohen Steifigkeit und eines etwas größer aus Aluminium mit einer geringeren Steifigkeit. Die beiden Rohre werden ineinander geschoben und am fixierten Ende des Kragträgers miteinander verbunden. Bringt man den Kragträger so an, so werden sich beide Rohre durchbiegen und am losen Ende absinken. Hier greift das eigentliche System eines Opferbalkens. Das äußere weniger steife Aluminiumformrohr wird nun mit Hilfe vieler Schrauben am inneren, steifen Stahlrohr abgestützt. Das Stahlrohr wird somit mit der Last des Aluminiumrohrs beaufschlagt und biegt sich noch etwas mehr durch, das äußere Aluminiumrohr kann aber mit Hilfe der Schrauben so lange verstellt werden bis es absolut gerade ist. Es kann auch so eingestellt werden, dass es ohne Schlitten noch leicht positiv verstellt ist und erst mit der zusätzlichen Last des Schlittens gerade und eben wird. So kann ein relativ leichter gerader und ebener Kragträger realisiert werden, welcher sich auf den

sogenannten inneren „Opferbalken“ abstützt.

7.1.6 Sensorschlitten und deren Antrieb

Laut Anforderungsliste sollen die Sensoren zur Vermessung der Bandoberfläche auf einem Schlitten am Kragarm verfahren. Dies muss natürlich sehr geradlinig und ruckel frei geschehen. Auch wenn hier keine hohen Kräfte auftreten, muss schon aufgrund der zuvor genannten Gründe wieder, wie beim Hubschlitten mit einer Führung und darauf laufenden kleinen Schlitten gearbeitet werden. In Frage kommt wieder eine Sonderanfertigung oder eine Linearführungsschiene. Zu beachten ist hier allerdings noch, dass in solchen handelsüblichen Schlitten immer ein Spiel ist und der Schlitten dadurch etwas kippen kann. Dies kann einfach durch das Verwenden von zwei Schlitten auf einer Seite des Sensorschlittens vermieden werden. Eine Sonderanfertigung würde hier sehr aufwendig werden, da ein absolut gerader Lauf garantiert werden muss. Mit vorgefertigten Linearführungsschienen ist dies garantiert und die dabei verwendeten Schienen tragen zur Steifigkeit des Trägers bei.

Der Antrieb des hier horizontal verlaufenden Schlittens kann wieder sehr unterschiedlich realisiert werden. In Frage kommen hier, wie beim Hubschlitten wieder Trapezspindeln oder Riemenantriebe aber auch ein Antrieb mit Hilfe eines Zahnrades und einer Zahnstange am Träger kann verwendet werden. Was hier keine Rolle spielt, ist die Haltekraft bei einer Position, da bei horizontalem Verfahren keine solche auftritt. Dies in Kombination mit der doch sehr großen Länge von über 2 Metern sind Punkte, die gegen eine Spindel sprechen. Die horizontal liegende Spindel würde bei höheren Geschwindigkeiten zum Ausschlagen tendieren und dadurch einen unruhigen Lauf des Schlittens erzeugen. Auch eine sich nicht drehende Spindel, mit dem Motor am Schlitten ist eher nicht anzustreben, da so noch mehr bewegte Masse am Schlitten wäre. Andere Lösungen wie etwa eine Zahnstange würden ebenfalls sehr viel Masse in das System einbringen. So kommt man zurück auf den Riemenantrieb. Seine Vorzüge wie zum Beispiel sein einfacher Aufbau und seine leichte Steuerung würden hier voll zum Tragen kommen. Auch die Wegmessung könnte so mit Hilfe eines Enkoders am Schrittmotor ausreichend genau erfasst werden. Am geeignetsten für eine solche Aufgabe ist wohl ein breiter Zahnriemen mit einem HTD Profil. Mit der Verwendung eines Riemenantriebes würde auch keine allzu große Masse am Schlitten eingebracht, lediglich eine Klemmplatte für den Riemen. So wird die Durchbiegung des Trägers aufgrund der sich bewegenden Masse auf ein Minimum beschränkt.

7.1.7 Messsensoren

Die Kernaufgabe der Messeinrichtung ist die Vermessung der Oberflächen der Förderbänder in Stahlbandanlagen, weshalb der Auswahl geeigneter Messsensoren besonders viel Aufmerksamkeit zugewandt werden muss. Die in der Anforderungsliste geforderte Genauigkeit und Auflösung der Sensoren liegt im zehntel bis hundertstelmillimeterbereich. Sensoren mit solch einer Auflösung sind etwa Lasersensoren, Ultraschallsensoren, magnetinduktive Sensoren oder kapazitive Sensoren.

Da die Messung berührungslos und auf größere Distanz erfolgen soll, um Ober- und Unterband gleichzeitig messen zu können, wie in der Anforderungsliste gefordert, fallen magnetinduktive Sensoren und Kapazitive Sensoren schon weg. Übrig bleiben Lasersensoren und Ultraschallsensoren. Lasersensoren haben eigentlich mehr Vorteile, sie sind wesentlich genauer, lassen sich auf einen viel kleineren Bereich fokussieren und haben sehr viel größere Messbereiche als Ultraschallsensoren. Ihre Nachteile sind allerdings, dass sich nicht alle Lasersensoren auf spiegelglatten Oberflächen, wie sie Stahlförderbänder aufweisen, einsetzen lassen. Und jene Sensoren welche sich auch unter diesen Umständen einsetzen lassen, sind sehr teuer und würden wahrscheinlich das Budget der Anforderungsliste übersteigen. Ultraschallsensoren sind gegenüber den Lasersensoren nicht so genau und weisen auch kleinere Messbereiche auf, die aber immer noch den Anforderungen entsprechen. Es existieren auch Ultraschallsensoren mit einer genügend feinen Auflösung und Genauigkeit. Der Vorteil gegenüber der Lasersensoren ist die problemlose Verträglichkeit mit der Oberfläche der Stahlförderbänder und vor allem der Preis. Sollte in einem späteren Stadium im Einsatz der Messeinrichtung dennoch der Bedarf nach anderen Sensoren aufkommen, sollte die Umrüstung einfach möglich sein und dies sowohl bei der Montage, als auch bei der Steuerung. Dies muss unbedingt schon in der Konstruktion mit den ersten Sensoren berücksichtigt werden.

7.1.8 Wegmessung und Endschalter

Um die Messergebnisse der Durchgangsmessung richtig zuordnen zu können, ist eine exakte Weg- und Positionsmessung unerlässlich. Zu jeder Zeit muss die Position des Sensorschlittens und die Höhe des Arms bekannt sein und der Verfahrensweg genau bestimmt werden können. Eine genaue Wegmessung lässt sich unterschiedlich realisieren. Der einfachste Weg ist sicher ein Encoder am jeweiligen Antriebsmotor. Durch die Getriebeübersetzung und eventuelles Spiel in der Antriebssystem, sprich Spindel oder Riemen, kann hier aber eine Ungenauigkeit entstehen. Je nach Spiel kann diese aber noch innerhalb des tolerierbaren Bereichs sein.

Eine andere Möglichkeit wäre ein Magnetband am Träger in Kombination mit einem magne-

tinduktiven Sensor am Schlitten. Dabei würden sämtliche Ungenauigkeiten im Antrieb nicht berücksichtigt werden und mit einer ausreichend genau gewählten Feinheit des Messbandes wäre das wohl eine der genauesten Möglichkeiten. Gleichzeitig ist sie aber auch anfällig gegenüber zum Beispiel Verschmutzung oder Beschädigung des Magnetbandes. Der Sensor läuft bei dieser Messmethode so knapp über dem Magnetband, dass eventuelle Verschmutzungen nicht nur zu einem falschen Messergebnis führen würden, sondern auch zu einer Beschädigung des Sensors. Ein weiterer Punkt, der gegen diese Methode spricht, ist der Preis, welcher vor allem für das Magnetband sehr hoch ist.

Weitere Möglichkeiten wären zum Beispiel Seilzugensensoren, wobei der Schlitten ein Seil hinter sich herzieht, welches von einer Spule abgewickelt wird und so den Weg misst. Unter idealen Voraussetzungen ist dies sicher auch eine sehr genaue Methode. Sie ist aber natürlich aufgrund des offen verlaufenden Seils anfällig für Störungen. Weiters kann es bei einer Länge von über 2 Metern, welche hier überspannt werden müsste durch den Durchhang des Seils auch zu Fehlern kommen.

Bei aller Genauigkeit der Wegmesssensoren ist es trotzdem notwendig, einen mechanischen Endschalter am Anfang und am Ende des Trägers zu positionieren. Zu Einem um ein zu weit Fahren des Schlittens auszuschließen, zum Andern aber auch, um vor jeder Messfahrt einen fixen Referenzierungspunkt zu haben. Mechanische Endschalter gibt es in sehr vielen verschiedenen Ausführungen von sehr klein bis sehr stabil und von sehr genau bis zu relativ ungenau. Für die hier benötigten Anforderungen sollte ein relativ stabil gebauter Sensor, welcher nicht zu klein dimensioniert ist, gewählt werden. Die Art des Auslösens des Endschalters reicht von einfachen Kippschaltern mit sehr langem Auslöseweg bis hin zu sehr empfindlichen Druckschaltern. Hier sicher zu bevorzugen ist ein Sensor mit geringen Auslöseweg. Eine alternative zu den mechanischen Endschaltern wären etwa Laserschranken oder magnetische oder induktive Sensoren, die allesamt sicher genauer wären als mechanische Endschalter. Hier ist es allerdings sicher wieder eine Kostenfrage, welche die Auswahl erleichtern wird.

7.1.9 Steuerung

Um die verwendeten Schrittmotoren und die Sensoren für die Durchhangsmessung sowie die Sensoren zur Wegmessung ansteuern zu können und schließlich die aufgenommenen Daten ausgeben zu können, muss ein Steuerungs-Programm geschrieben werden. Dieses Programm sollte einfach über eine Schnittstelle mit der Messeinrichtung zu verbinden sein. Prinzipiell könnte ein gesamtes Programm in einer der typischen Programmiersprachen geschrieben werden. Dies scheint aber hier etwas zu aufwendig zu sein. Ein in LabView geschriebenes Programm sollte hier ausreichend sein und einen einfachen Umgang mit dem Programm ermöglichen.

Generell werden regelungstechnische Anwendungen und Steuerungen wie sie hier benötigt werden sehr oft mit LabView programmiert. Das Ziel ist eine einfache Steuerung der gesamten Messeinrichtung über ein einzelnes Programm auf einem Rechner.

7.1.10 Bedienung

Die Bedienung der Messeinrichtung sollte laut Anforderungsliste hauptsächlich über einen Rechner stattfinden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Bedienung sehr einfach und intuitiv ist. Es ist damit zu rechnen, dass die Messeinrichtung nicht immer von den gleichen Personen bedient wird und somit lange Einlernzeiten nicht tolerierbar sind. Weiters sollte die Bedienung auch unter erschwerten Bedingungen leicht durchführbar sein: im Einsatz direkt bei einem Kunden oder in einer Fertigungs- oder Montagehalle, wo manchmal Platz, Sauberkeit und Ruhe nicht gegeben sind.

Es wäre sicher auch von Vorteil wenn grundlegende Funktionen zum Beispiel für den Auf- oder Abbau der Messeinrichtung, auch ohne Rechner durchgeführt werden könnten. Konkret wären etwa Tasten an der Messeinrichtung zum Verfahren der Höheneinstellung sehr vorteilhaft. So müsste der Rechner nicht gestartet werden, um die Messeinrichtung vorläufig platzieren zu können.

Ein weiterer Aspekt der Bedienung betrifft den Arbeitsplatz an der Messeinrichtung. Da mit einem Rechner gearbeitet wird und einzelne Messungen sicher länger dauern können, sollte ein Arbeitsplatz direkt an der Messeinrichtung vorgesehen werden. So wäre eine Art Tischplatte, auf der der Rechner stehen kann, sehr vorteilhaft. Man könnte so direkt an der Maschinen seinen Arbeitsplatz einrichten und man müsste nicht jedes Mal zu einem anderen Platz laufen oder einen provisorischen Arbeitsplatz an der Anlage einrichten.

7.1.11 Datenausgabe

Wichtig ist es auch, sicher zu stellen, dass die aufgenommenen Daten in einer passenden Art und Weise ausgegeben werden. Die Vermessung findet quer zur Bandförderrichtung statt. Dabei ist die Stelle an der gemessen wird entscheidend. Es muss also immer auch ausgegeben werden, wo die Messung durchgeführt wurde. Die Menge an Daten der Durchgangsmessung ist wohl am einfachsten mit einem EXEL-File zu handhaben. So können auch gleich Graphiken erstellt werden. Bei der Programmierung ist diese Art der Datenausgabe schon zu berücksichtigen, sodass der Vorgang automatisiert ablaufen kann.

7.1.12 Energieversorgung

Auch die Energieversorgung der Messeinrichtung kann auf unterschiedliche Weise ausgeführt werden. Neben einer konventionellen Energieversorgung über ein Netzkabel, könnte man einen Akku einbauen, welcher die Messeinrichtung mit Energie versorgt. Dies hätte sicher Vorteile beim Einsatz der Messeinrichtung bei der Montage von Anlagen. Die Nachteile wie zusätzliches Gewicht, zusätzliche Kosten und geringe Akkulaufzeit welche Messungen beeinträchtigen könnten, überwiegen die Vorteile allerdings bei weitem.

7.2 Morphologischer Kasten

Aus den vorangegangenen Überlegungen zu den einzelnen Baugruppen und deren möglichen Ausführungen, lässt sich nun der sogenannte Morphologische Kasten, Abbildung 7.3, bilden. Dabei werden die einzelnen Lösungskonzepte den einzelnen Baugruppen zugeordnet und tabellarisch aufgelistet.

So lassen sich alle möglichen Kombinationen der einzelnen Lösungskonzepte gedanklich kombinieren und dadurch verschiedene Varianten bilden. Das Ziel dabei ist es, diejenige Kombination zu finden, die am besten zur Erfüllung der Aufgabenstellung geeignet ist.

Baugruppe	Unterbaugruppe	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Rahmen und Fahrwerk	Rahmen	Stahl, geschweißt	Al, Profile, geschraubt	Al, geschweißt	
	Fahrwerk	Dreirad	Vierrad	Vierrad mit Pendelachse	
	Räder	Kunststoffräder	Gummiräder		
	Stützfüße	Standard Kurbelstützfüße	Sonderanfertigung mit Trapezspindeln		
	Antrieb	kein Antrieb des Fahrwerks	Mit Antrieb des Fahrwerks		
Tragarm	Tragarm	Kragarm	Träger auf zwei Stützen		
	Ausführung	Opferträger	Massives Formrohr	I-,T- oder H-Träger	
	Höhenverstellung (HV)	stufenlos	in Stufen		
	HV Antrieb	Trapezspindel	Riemen	Zahnstange	
	HV Wegmessung	Magnetband	Encoder am Schrittmotor	Seilzugsensor	
	HV Endschalter	mechanische Endschalter	Laserschranke	magnetische Endschalter	induktive Endschalter
	HV Schlittenführung	Sonderanfertigung	Linearführungsschienen		
	Aufhängung	einfache Lagerung im Schlitten	Flanschkgelager		
	Verriegelung in Transportstellung	Haken	Formschlüssige Einhakvorrichtung		
Sensorschlitzen	Schlitten	Al, Platten, geschraubt	Al, Profile, geschweißt	Stahl, geschweißt	
	Antrieb	Trapezspindel	Riemen	Zahnstange	
	Wegmessung	Magnetband	Encoder am Schrittmotor	Seilzugsensor	
	Endschalter	mechanische Endschalter	Laserschranke	magnetische Endschalter	induktive Endschalter
	Schlittenführung	Sonderanfertigung	Linearführungsschienen		
	Sensorbefestigung	fix	verstellbar		

Abbildung 7.3: Morphologischer Kasten Teil 1

Baugruppe	Unterbaugruppe	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Extras	Arbeitsplatz	ohne	mit Tisch	mit Klabtisch	
	Abspannung	ohne	mit Spindelabspannung	mit Seilabspannung	
	Kabelführung	lose	Spiralschläuche	Energieketten	
	Kranöse	ohne	mit		
	Rostschutz	ohne	Schutzlackierung	Verzinken	Edelstahl
Sensoren	Durchgangssensoren	Lasers.	Ultraschalls.	Kapazitive S.	Induktive S.
Energieversorgung	Energieversorgung	Netzkabel	Aku		

Abbildung 7.4: Morphologischer Kasten Teil 2

7.3 Der erste Entwurf V1

Nun gilt es die vielen verschiedenen Lösungsvarianten, welche im Morphologischen Kasten aufgezeigt werden, zu kombinieren und eine Gesamtlösung zu finden. Dazu werden jeweils die verwendeten Lösungsvarianten verbunden und nicht realisierbare Lösungskonzepte durchgestrichen. So kann man auch graphisch sehr gut den eingeschlagenen Weg darstellen und eventuelle zusätzliche Lösungsvarianten leicht erkennen.

Die erste gewählte Lösungsvariante wird im Folgenden mit V1 bezeichnet. Sollte diese nicht zufriedenstellend sein und weiterentwickelt werden, werden nachfolgende Varianten mit V2, V3 und so weiter bezeichnet.

In den Folgenden Abbildungen ist der erste Lösungsversuch dargestellt. Dabei wurde die anfangs als ausreichend betrachtete Lösungskombination V1 aus Abbildung 7.5 und Abbildung 7.6 verwendet. Einige der Lösungskonzepte konnten schon hier ausgeschlossen werden und sind daher durchgestrichen, andere wurden zwar in dieser Lösungskombination noch nicht verwendet, wurden aber auch noch nicht vollkommen ausgeschlossen, da sie für andere Lösungsvarianten noch in Frage kommen können.

Baugruppe	Unterbaugruppe	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Rahmen und Fahrwerk	Rahmen	Stahl, geschweißt	Al, Profile, geschraubt	Al, geschweißt	
	Fahrwerk	Dreirad	Vierrad	Vierrad mit Pendelachse	
	Räder	Kunststoffräder	Gummiräder		
	Stützfüße	Standard Kurbelstützfüße	Sonderanfertigung mit Trapezspindeln		
	Antrieb	kein Antrieb des Fahrwerks	Mit Antrieb des Fahrwerks		
Tragarm	Tragarm	Kragarm	Träger auf zwei Stützen		
	Ausführung	Opferträger	Massives Formrohr	I-, T- oder H-Träger	
	Höhenverstellung (HV)	stufenlos	in Stufen		
	HV Antrieb	Trapezspindel	Riemen	Zahnstange	
	HV Wegmessung	Magnetband	Encoder am Schrittmotor	Seilzugsensor	
	HV Endschalter	mechanische Endschalter	Laserschranke	magnetische Endschalter	induktive Endschalter
	HV Schlittenführung	Sonderanfertigung	Linearführungsschienen		
	Aufhängung	einfache Lagerung im Schlitten	Flanschkgelager		
	Verriegelung in Transportstellung	Haken	Formschlüssige Einhakvorrichtung		
Sensorschlitzen	Schlitten	Al, Platten, geschraubt	Al, Profile, geschweißt	Stahl, geschweißt	
	Antrieb	Trapezspindel	Riemen	Zahnstange	
	Wegmessung	Magnetband	Encoder am Schrittmotor	Seilzugsensor	
	Endschalter	mechanische Endschalter	Laserschranke	magnetische Endschalter	induktive Endschalter
	Schlittenführung	Sonderanfertigung	Linearführungsschienen		
	Sensorbefestigung	fix	verstellbar		

Abbildung 7.5: Morphologischer Kasten Teil 1 V1

Baugruppe	Unterbaugruppe	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Extras	Arbeitsplatz	ohne	mit Tisch	mit Klattisch	
	Abspannung	ohne	mit Spindelabspannung	mit Seilabspannung	
	Kabelführung	lose	Spiralschläuche	Energieketten	
	Kranöse	ohne	mit		
	Rostschutz	ohne	Schutzlackierung	Verzinken	Edelstahl
Sensoren	Durchgangssensoren	Lasers.	Ultraschalls.	Kapazitive S.	Induktive S.
Energieversorgung	Energieversorgung	Netzkabel	Aku		

Abbildung 7.6: Morphologischer Kasten Teil 2 V1

In Version 1 der Messeinrichtung wird die in der Phase des Konzipierens erstellte prinzipielle Lösung aufgegriffen und konkretisiert. Aus den zuvor im Morphologischen Kasten aufgezeigten Lösungsvarianten wird die in Abbildung 7.5 und Abbildung 7.6 gezeigte Kombination ausgewählt. Hier soll auf einige Varianten genauer eingegangen werden.

Zunächst einmal wird in Version 1 eine Schweißkonstruktion aus Stahl-I-Trägern gewählt. Neben den Vorteilen wie einfache Bearbeitbarkeit und günstige Materialkosten kommen hier vor allem zwei Vorteile zum Tragen. Zum Einen das im Vergleich zu Aluminium höhere Gewicht, welches hier als Gegengewicht zum Kragträger benötigt wird, zum Anderen die Form des I-Trägers, welche hier bei einer weiteren Besonderheit dieser Version entscheidend ist: und zwar wird die Führung der Höhenverstellung des Kragarms mittels einer Sonderanfertigung rund um den senkrecht stehenden I-Träger realisiert. Dabei verlaufen am Hubschlitten gelagerte Rollen an den Innenflächen des I-Trägers. Geführt durch einen Spurkranz und so angeordnet, dass das Gewicht des Kragarms aufgenommen wird.

Der hier auch schon als Opferträger ausgeführte Kragarm wird mit Hilfe einer einfachen Gleitlagerung im Hubschlitten verankert. Auf ihm läuft der mit Hilfe einer Spindel angetriebene Sensorschlitten. Eine genauere Beschreibung des Opferträgers erfolgt im nächsten Kapitel.

Weitere Einzelheiten sind in den Abbildungen 7.7 und 7.8 sichtbar, eine genauere Beschreibung der einzelnen Baugruppen erfolgt dann in der finalen Version.

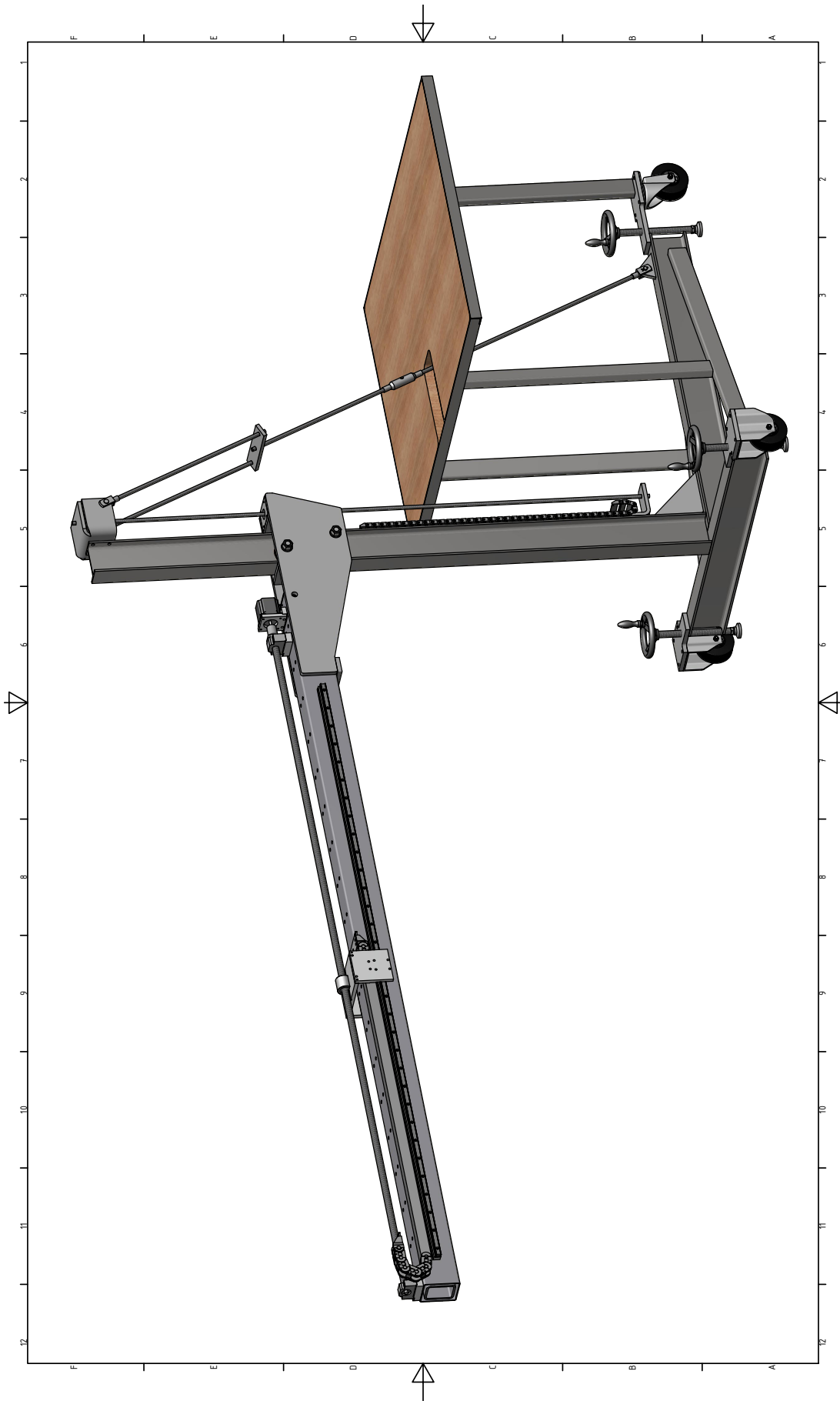


Abbildung 7.7: Messeinrichtung gesamt V1 1

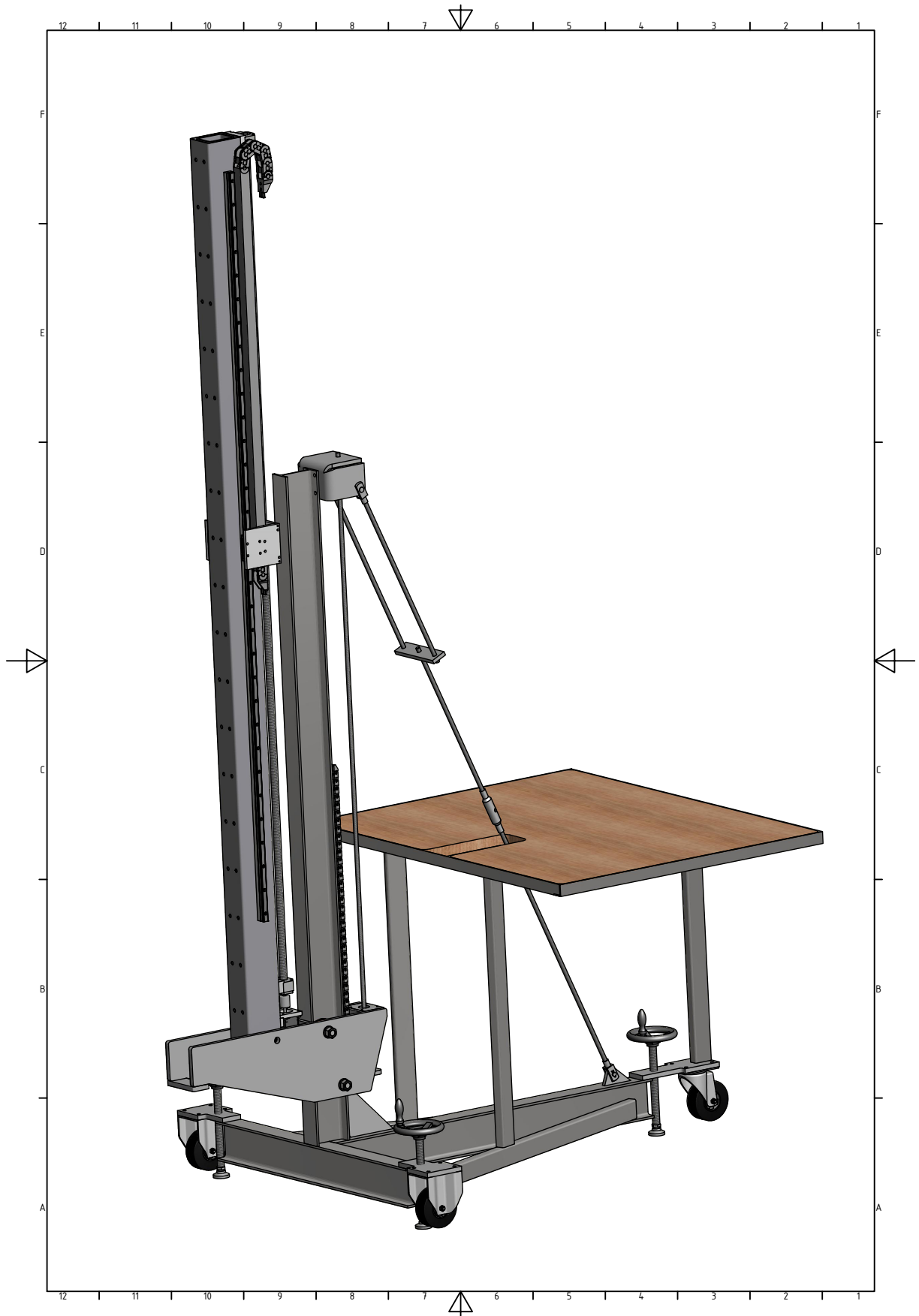


Abbildung 7.8: Messeinrichtung gesamt V1 2

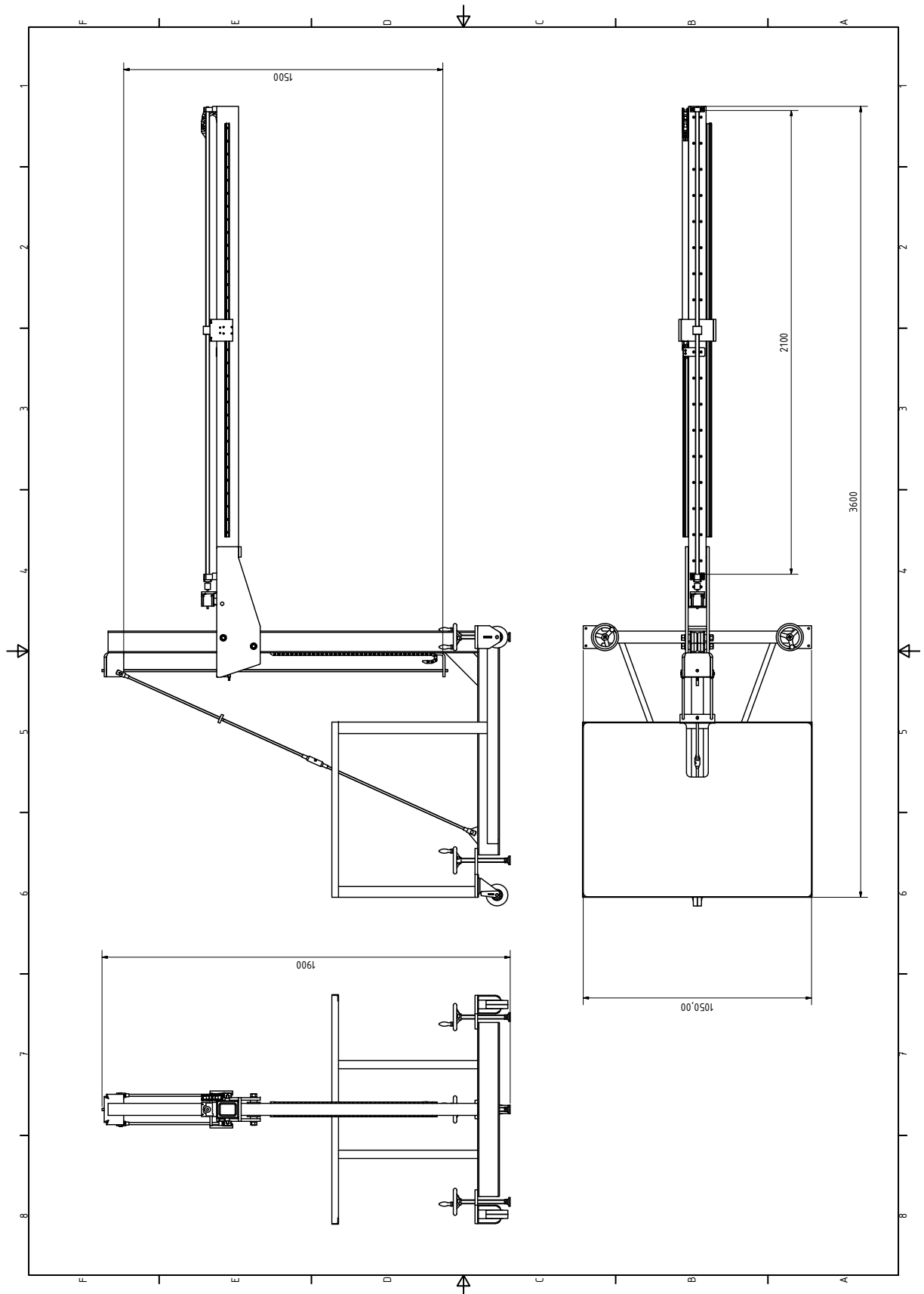


Abbildung 7.9: Messeinrichtung gesamt V1 3

7.3.1 Der Opferträger

Einer der wesentlichen Bauteile ist der Kragträger der Messeinrichtung. Er muss wie schon erwähnt vollkommen eben und gerade sein, um eine genaue Messung garantieren zu können. Auf Grund von positiven Erfahrungen in der Vergangenheit, wird hier auf ausdrücklichen Kundenwunsch das sogenannte Opferträgersystem verwendet, um all dies zu garantieren. Wie in Abbildung 7.10 zu sehen ist, kommen dabei zwei Formrohre zum Einsatz. In diesem speziellen Fall ein sehr steifes Stahlrohr im Inneren und ein Aluminiumrohr außen. Das äußere Rohr an dem die Führungsschiene für den Sensorschlitten montiert ist, trägt ansonsten keine Last und kann sich komplett am inneren Rohr abstützen. Die komplette Last trägt das Innenrohr. Hier ist es auch egal, wenn dieses sich verformt. Die Verformung lässt sich durch die Schrauben, mit denen das äußere Rohr abgestützt ist, wieder ausgleichen. Auch eine eventuell zusätzlich auftretende Verformung des ganzen Trägersystems bei Überfahrt des Sensorschlittens lässt sich durch eine gegenläufige Vorverformung des Außenträgers kompensieren.

Präventiv werden die Schrauben in nicht wiederkehrenden Abständen angeordnet, sodass es bei Überfahrt des Sensorschlittens nicht zu einer Resonanzschwingung kommen kann. Auch sämtliche Aufhängungspunkte werden nur auf das Innenrohr abgestützt. Die Beiden Rohre sind somit nur am Rohranfang zentrierend miteinander verbunden und dann nur noch mit Hilfe der Schrauben. Entscheidend hier ist der Innenabstand der Rohre. Damit genügend Raum zum verstellen des Außenrohrs gegeben ist, muss der Abstand mindestens so groß sein, wie der maximale Durchhang des Innenrohres bei der hmaximalen Last. Hier wirken zwei Prinzipien gegenläufig: je größer das Innenrohr desto steifer ist es und desto weniger biegt es sich, wodurch weniger Platz benötigt wird. Je kleiner es ist desto mehr biegt es sich und desto mehr Platz wird benötigt. Es muss also bei vorgegebenem Außenrohr ein passendes Innenrohr gefunden werden, welches genug Raum für das Einstellen des Außenrohres lässt.

Dazu muss der Durchhang des Innenrohres berechnet werden:

Bei einer auftretenden Streckenlast $q = 0,2 \frac{N}{mm}$ aufgrund des Eigengewichts der Rohre und einer Last von $F = 35N$ auf Grund des Schlittens, in der am weitesten ausgefahrenen Lage $l = 2500mm$, ergibt sich mit $I_y = 1130833,33mm^4$ und $E = 210000 \frac{N}{mm^2}$ für das innere Stahlformrohr, ein maximaler Durchhang f von:

$$f = \frac{ql^4}{8EI_y} + \frac{Fl^3}{3EI_y} = 4,88mm$$

Es sollte also mindestens ein Abstand von 5 mm zwischen den Rohren gegeben sein.

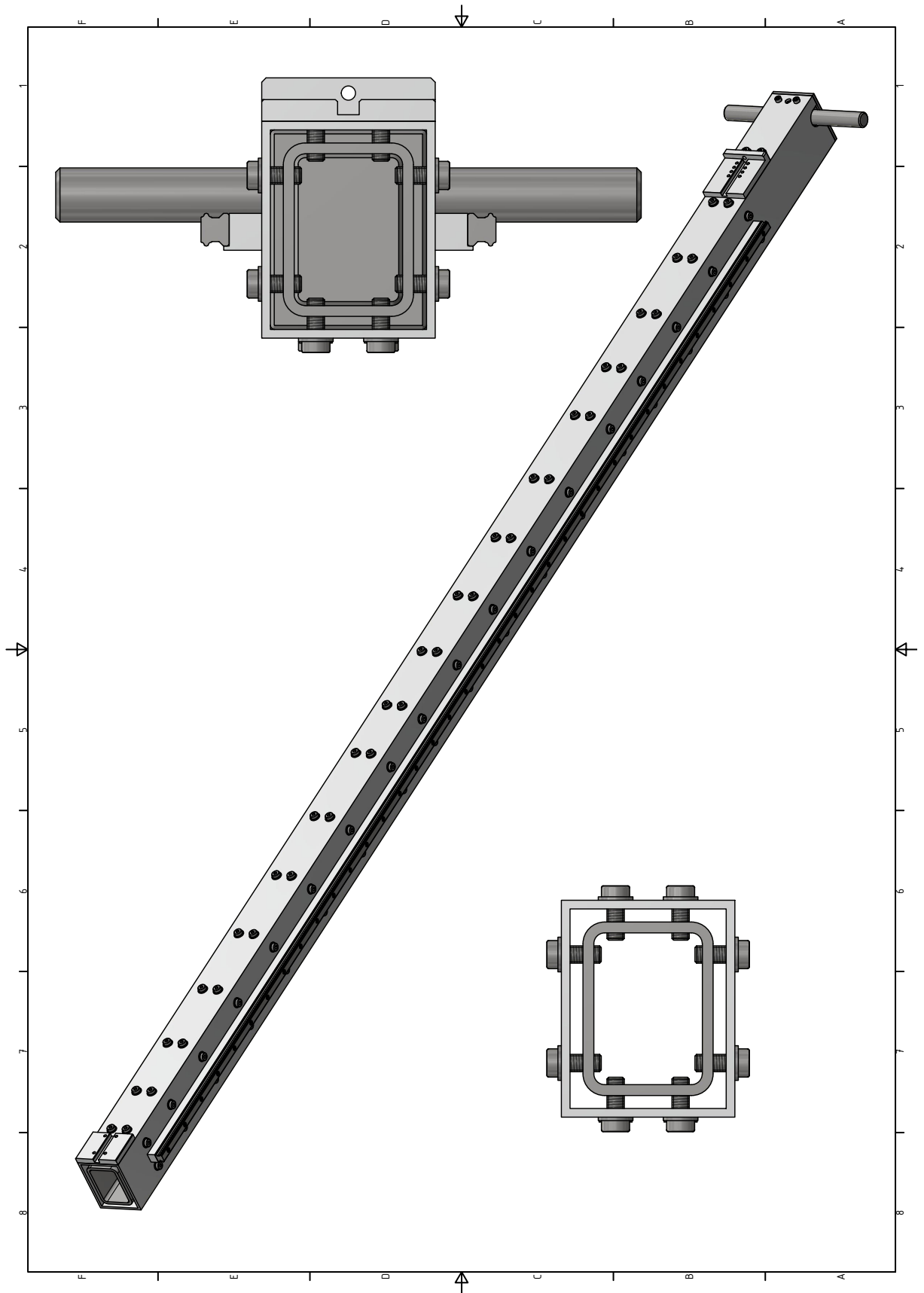


Abbildung 7.10: Opferträger

7.3.2 Hubmotor

Der Antrieb des Hubschlittens für den Kragträger wird mit Hilfe einer feststehenden Spindel und eines Schrittmotors realisiert. Die Wegmessung des Fahrweges wird in der ersten Version der Messeinrichtung mit Hilfe eines Magnetbandes gelöst. Es lässt sich aber auch leicht mit Hilfe eines Encoders am Motor messen.

Für die Auswahl eines geeigneten Motors muss der Kraftbedarf berücksichtigt werden. Das Gewicht des Hubschlittens, des Kragarms inklusive Sensorschlitten und der ganzen Sensorik sowie der Verkabelung beläuft sich aufgerundet in etwa auf 70kg.

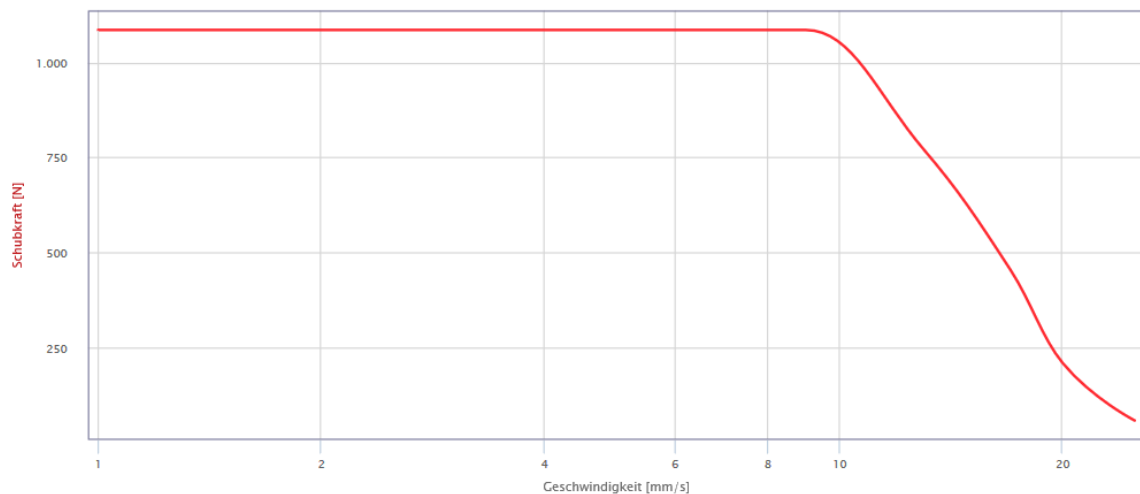


Abbildung 7.11: Hubkraft des gewählten Hubmotors [www.nanotec.com]

Wie in Abbildung 7.11 zu sehen ist, hat der ausgewählte Hubmotor eine Hubkraft von 1000 N bis zu 10 m/s, was für die Anforderungen hier mehr als ausreichend ist.

7.4 Der zweite Entwurf V2

Nach Rücksprache mit dem Kunden und Auftraggeber wurde festgestellt, dass in einigen Punkten und Baugruppen noch Sonderwünsche vorliegen und der erste Entwurf V1 dahingehend noch abgeändert werden sollte. Grundsätzlich erfüllt der erste Entwurf zwar alle Anforderungen und garantiert auch technisch im Einsatz keine Probleme zu machen. Trotzdem wurden einigen Änderungen vorgenommen, welche zum zweiten Entwurf und damit zu V2 führen. Im Folgenden soll noch genauer auf die Baugruppen eingegangen werden, welche verändert wurden und auch auf die Überlegungen, die dahinter stehen.

Baugruppe	Unterbaugruppe	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Rahmen und Fahrwerk	Rahmen	Stahl, geschweißt	Al, Profile, geschraubt	Al, geschweißt	
	Fahrwerk	Dreirad	Vierrad	Vierrad mit Pendelachse	
	Räder	Kunststoffräder	Gummiräder		
	Stützfüße	Standard Kurbelstützfüße	Sonderanfertigung mit Trapezspindeln		
	Antrieb	kein Antrieb des Fahrwerks	Mit Antrieb des Fahrwerks		
Tragarm	Tragarm	Kragarm	Träger auf zwei Stützen		
	Ausführung	Opferträger	Massives Formrohr	I-, T- oder H-Träger	
	Höhenverstellung (HV)	stufenlos	in Stufen		
	HV Antrieb	Trapezspindel	Riemen	Zahnstange	
	HV Wegmessung	Magnetband	Encoder am Schrittmotor	Seilzugsensor	
	HV Endschalter	mechanische Endschalter	Laserschranke	magnetische Endschalter	induktive Endschalter
	HV Schlittenführung	Sonderanfertigung	Linearführungsschienen		
	Aufhängung	einfache Lagerung im Schlitten	Flansch-Kugellager		
	Verriegelung in Transportstellung	Haken	Formschlüssige Einhakvorrichtung		
Sensorschlitzen	Schlitten	Al, Platten, geschraubt	Al, Profile, geschweißt	Stahl, geschweißt	
	Antrieb	Trapezspindel	Riemen	Zahnstange	
	Wegmessung	Magnetband	Encoder am Schrittmotor	Seilzugsensor	
	Endschalter	mechanische Endschalter	Laserschranke	magnetische Endschalter	induktive Endschalter
	Schlittenführung	Sonderanfertigung	Linearführungsschienen		
	Sensorbefestigung	fix	verstellbar		

Abbildung 7.12: Morphologischer Kasten Teil 1 V2

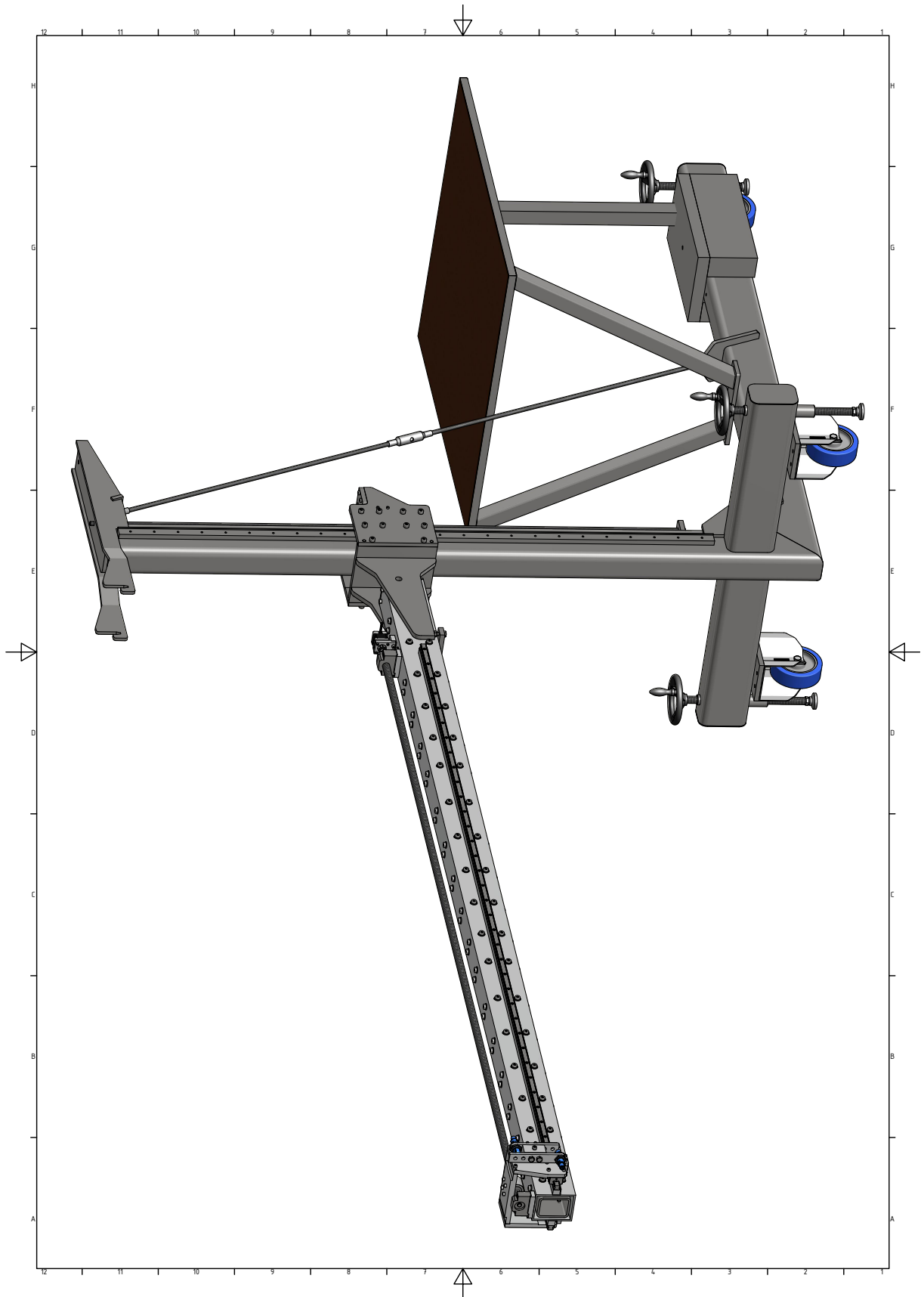


Abbildung 7.13: Messeinrichtung gesamt V2 1

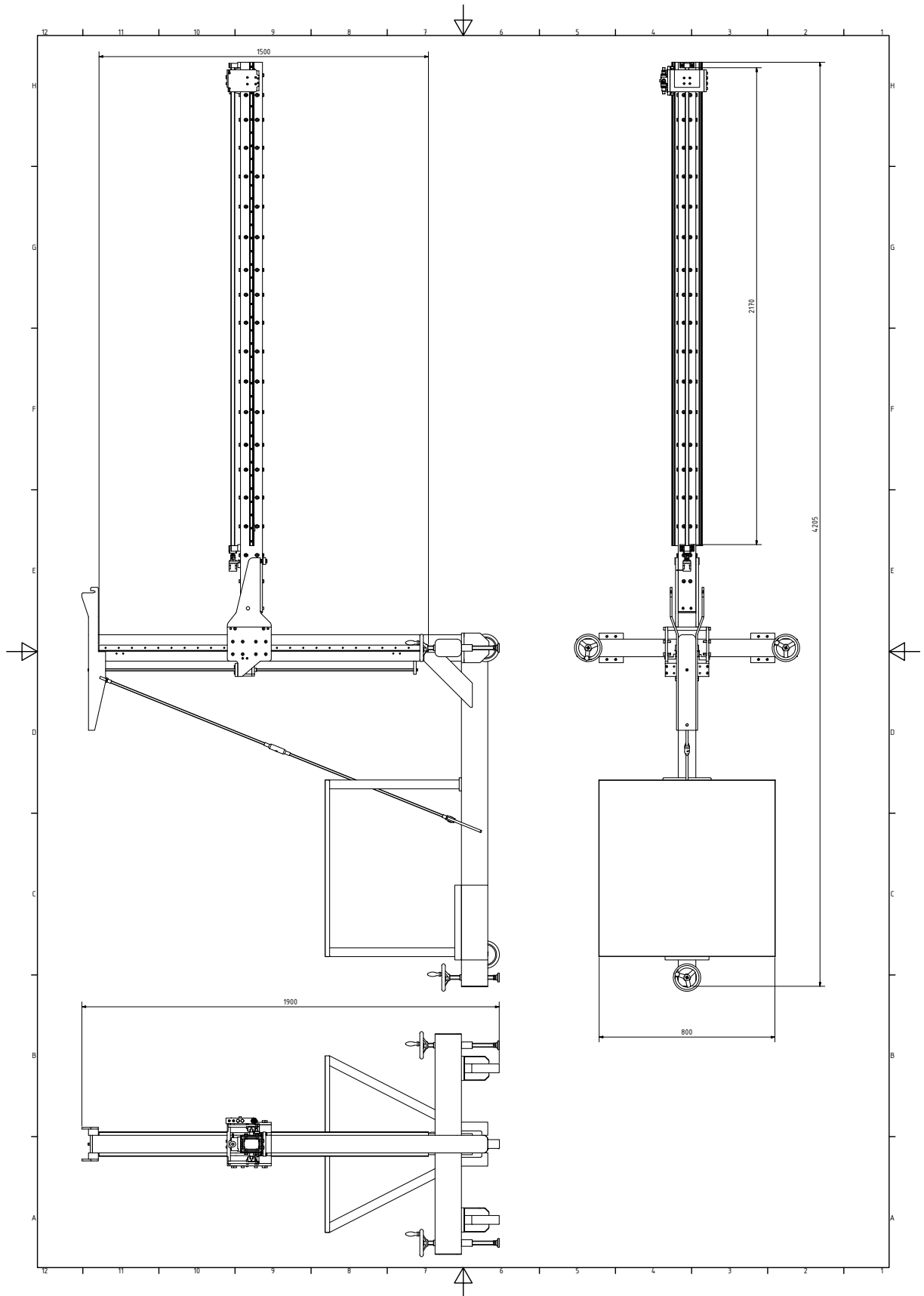


Abbildung 7.14: Messeinrichtung gesamt V2 2

Dieser zweite Entwurf unterscheidet sich doch deutlich vom Ersten, auch wenn das im Morphologischen Kasten 7.12 auf den ersten Blick nicht so aussieht. In den Abbildungen 7.13 und 7.14 sind die Unterschiede deutlich zu sehen.

7.4.1 Rahmen

Der Rahmen (Abbildung 7.15) hat sich im Vergleich zu der vorherigen Version doch sehr stark verändert. Während der grundlegende Aufbau, nämlich eine L-Form mit angeschweißten Querbalken gleichgeblieben ist hat sich die Querschnittsform der Träger geändert. Die Gründe dafür sollen hier erläutert werden.

In der ersten Version wurden I-Träger gewählt und damit der Rahmen zusammengeschweißt. Dies deshalb weil für die Führung des Hubschlittens eine Sonderanfertigung angedacht war, für die es notwendig ist, dass der Hubschlitten an der Innenseite der I-Trägers verlaufen kann. In der zweiten Version werden nun an Stelle der I-Träger Stahlformrohre verwendet. Die 120x80x8 Rohre wurden gewählt, da bei V2 entschieden wurde, auch den Hubschlitten auf einer Führungsschiene laufen zu lassen. Der Hubschlitten wird im Folgenden noch genauer beschrieben.

Durch die Wahl der neuen Rohre ergeben sich auch noch andere Veränderungen. Während bei V1 der Querbalken am unteren Ende des Standträgers geschweißt wurde, kann er hier durch einen Ausschnitt im Standrohr höher angeschweißt werden und somit kann die Lage der vorderen Räder verbessert werden. Auch die Lage und Befestigung der Stützfüße kann in dieser Version entscheiden verbessert, weil stabilisiert werden. Sie laufen nun in eigens gefertigten Gewindehülsen durch die Rohre und nicht mehr nur durch ein Blech. Auch die Tischkonstruktion wird abgeändert, sodass keine Streben an den Seiten des Rahmens mehr nötig sind, um die Tischbeine aufzunehmen. Auch ein Gegengewicht findet seinen Platz, man ist dadurch nicht mehr auf improvisierte Sonderlösungen angewiesen. Eine weitere Verbesserung finden wir auch in der Verriegelung des Kragträgers in der eingeklappten Lage. Durch eine formschlüssige Verbindung am oberen Ende des Rahmens, kann der Kragträger nun sicher transportiert werden.

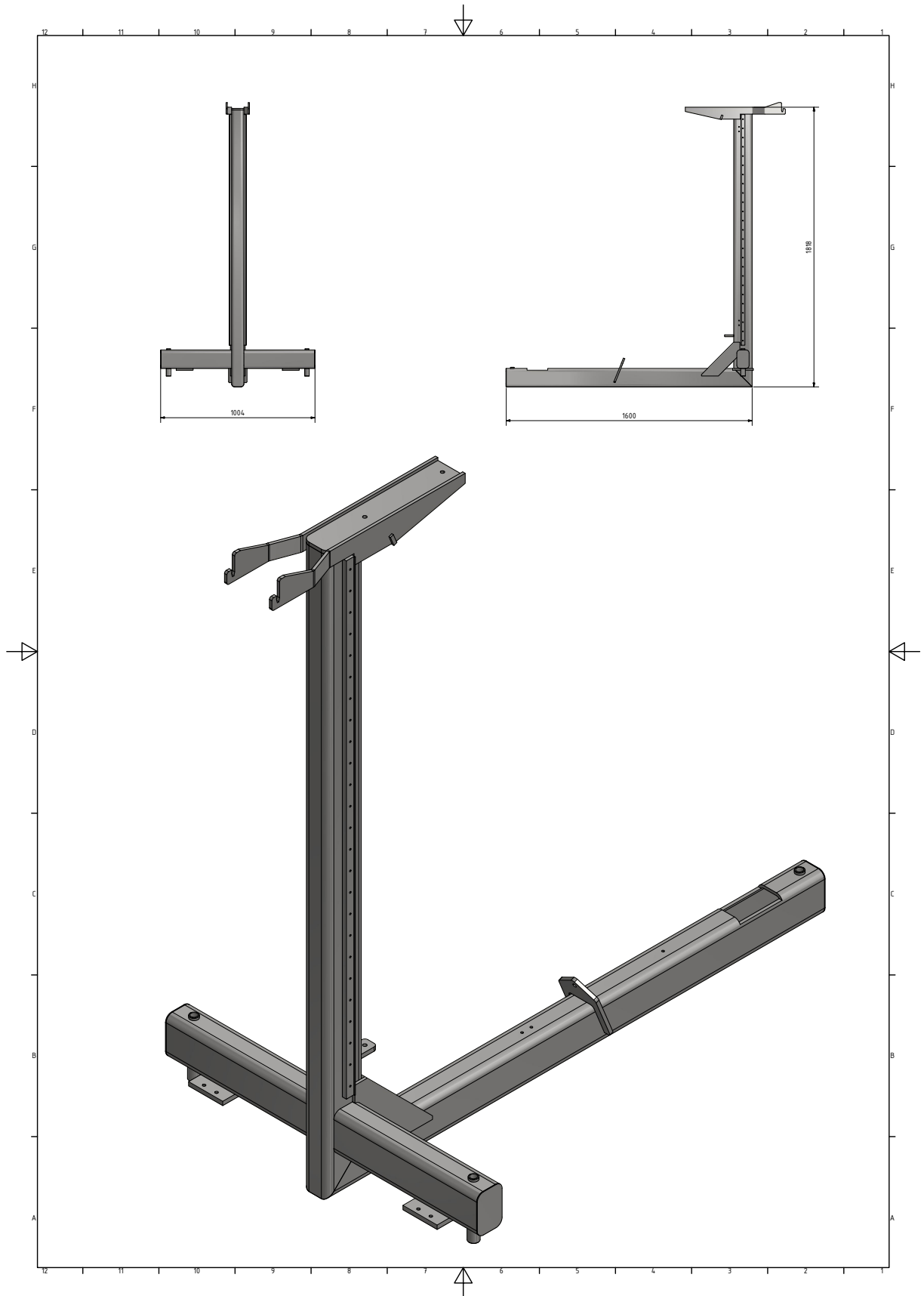


Abbildung 7.15: Rahmen

7.4.2 Hubschlitten V2

Im Vergleich zu V1 hat sich, neben Anderem vor allem auch der Hubschlitten (Abbildung 7.16) verändert. Die Sonderanfertigung der Schlittenführung aus V1 wird auf nachträglichen Wunsch des Kunden geändert. Sie wird durch eine Führung mittels einer Schiene und darauf laufenden Schlitten ersetzt. Dies hat mehrere Gründe: zum Einen will man eine teure Fertigung der Teile vermeiden, zum Anderen glaubt man, durch eine Führungsschiene einfacher einen stabilen und gleichmäßigen Lauf erzielen zu können. Diese Änderung ist durchaus sinnvoll, da sich die Mehrkosten einer Anschaffung der Führungsschiene samt der Schlitten in Grenzen halten und durchaus ein stabilerer Lauf garantiert werden kann. Vor allem beim Transport der Messeinrichtung hätte der Führungsschlitten fixiert werden müssen, da im unbelasteten Fall der Schlitten nicht geführt gewesen wäre.

Das neue Design des Hubschlittens ist sehr funktional. Die Konstruktion aus Stahlblechen, welche verschraubt und teilweise verschweißt werden, gibt dem Schlitten seine hohe Stabilität. Die Lagerung des Kragarms bleibt die Gleiche. Einfache Passungsbohrungen an den Seitenblechen nehmen die Achse auf, mit der der Kragarm geführt wird. Gehalten wird der Arm durch ein mittels Schrauben verstellbares Blech, sodass ein ausgerichteter Arm immer sichergestellt werden kann, auch bei unebenen Bodenverhältnissen.

Neu ist die Aufnahme der Schlitten der Führungsschiene im Innern des Hubschlittens. Sie ist so konstruiert, dass die einzelnen Schlitten in einer Vertiefung montiert werden, was eine schnelle und genaue Montage der Schlitten garantiert.

Auch die Sensoren zur Wegmessung finden am Schlitten Platz und laufen an einem am Standrohr montierten Magnetband entlang. Die Befestigung des Hubmotors bleibt prinzipiell die Gleiche, auch wenn sie nun an einer anderen Stelle zu finden ist. Das Querblech, an dem der Motor montiert ist, sitzt nun tiefer am Schlitten, um eine Ausnutzung des gesamten Hubweges möglich zu machen.

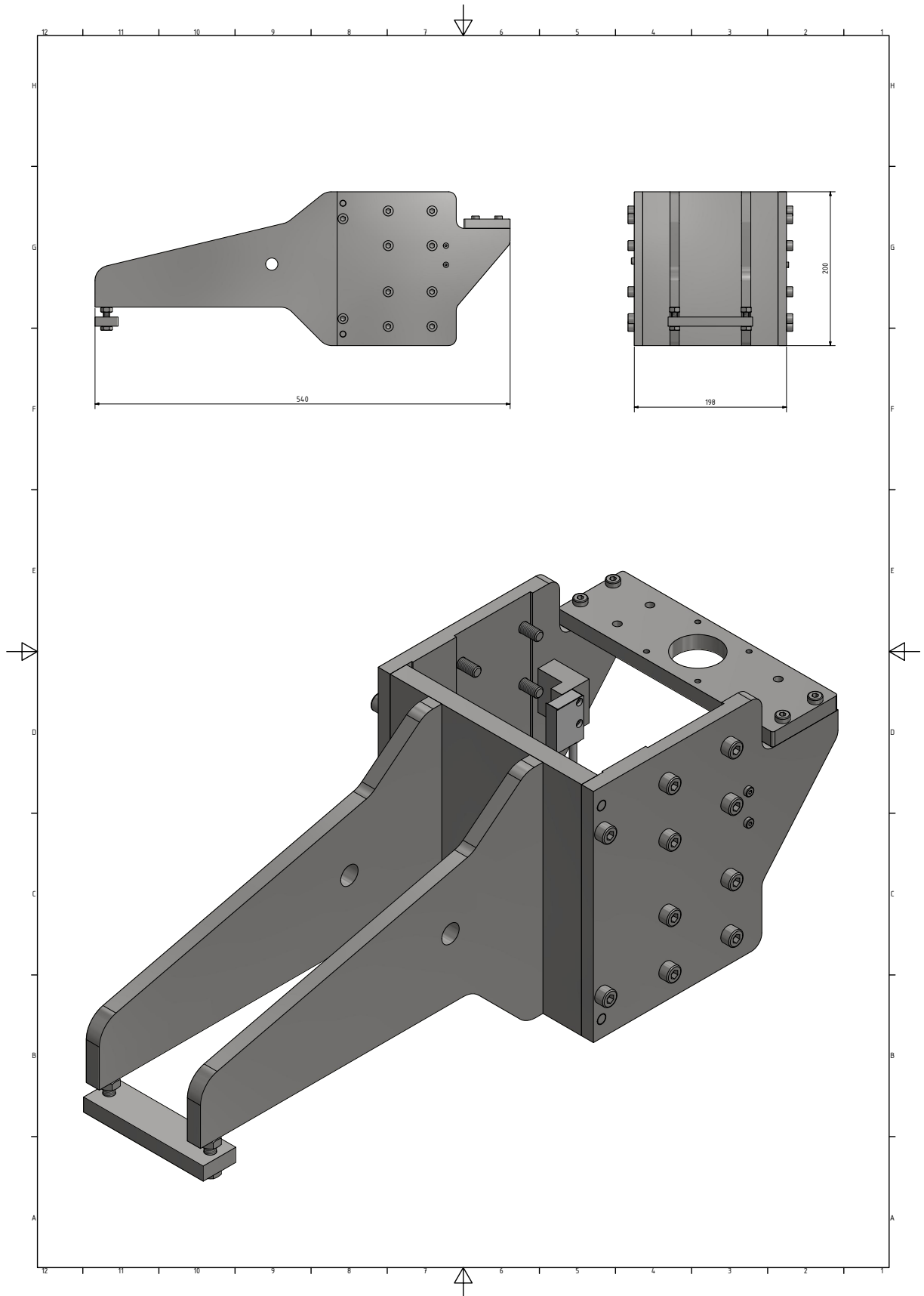


Abbildung 7.16: Hubschlitten

7.5 Der dritte und finale Entwurf V3

Im dritten und finalen Entwurf V3 werden noch letzte Änderungen vorgenommen, um die Messeinrichtung den letzten Wünschen und Änderungsvorschlägen des Kunden anzupassen. Dabei wird vor allem auf erhöhte Stabilität der Messeinrichtung Wert gelegt. So wird zum Beispiel ein neues Fahrwerk konstruiert, um bei Transportfahrten etwaiges Kippen ausschließen zu können. Weiters wird eine Kranöse angebracht, um die Messeinrichtung auch per Kran verladen oder um positionieren zu können.

Die Grundlegenden Änderungen sind wieder im angepassten Morphologischen Kasten 7.17 sichtbar, weiters ist in den Abbildungen 7.19 und 7.20 die Messeinrichtung in ihrer endgültigen Ausführung zu sehen.

Im Folgenden sollen die wichtigsten Baugruppen genauer beschrieben werden und die einzelnen Elemente erklärt werden.

Der finale Entwurf V3 stellt nun auch die Grundlage für das weitere Vorgehen und somit die Basis für die anschließende Ausarbeitung dar.

Baugruppe	Unterbaugruppe	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Extras	Arbeitsplatz	ohne	mit Tisch	mit Klattisch	
	Abspannung	ohne	mit Spindelabspannung	mit Seilabspannung	
	Kabelführung	lose	Spiralschläuche	Energieketten	
	Kranöse	ohne	mit		
	Rostschutz	ohne	Schutzlackierung	Verzinken	Edelstahl
Sensoren	Durchgangssensoren	Lasers.	Ultraschalls.	Kapazitive S.	Induktive S.
Energieversorgung	Energieversorgung	Netzkabel	Akku		

Abbildung 7.17: Morphologischer Kasten Teil 1 V3

Baugruppe	Unterbaugruppe	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Rahmen und Fahrwerk	Rahmen	Stahl, geschweißt	Al, Profile, geschraubt	Al, geschweißt	
	Fahrwerk	Dreirad	Vierrad	Vierrad mit Pendelachse	
	Räder	Kunststoffräder	Gummiräder		
	Stützfüße	Standard Kurbelstützfüße	Sonderanfertigung mit Trapezspindeln		
	Antrieb	kein Antrieb des Fahrwerks	Mit Antrieb des Fahrwerks		
Tragarm	Tragarm	Kragarm	Träger auf zwei Stützen		
	Ausführung	Opferträger	Massives Formrohr	I-,T- oder H-Träger	
	Höhenverstellung (HV)	stufenlos	in Stufen		
	HV Antrieb	Trapezspindel	Riemen	Zahnstange	
	HV Wegmessung	Magnetband	Encoder am Schrittmotor	Seilzugsensor	
	HV Endschalter	mechanische Endschalter	Laserschranke	magnetische Endschalter	induktive Endschalter
	HV Schlittenführung	Sonderanfertigung	Linearführungsschienen		
	Aufhängung	einfache Lagerung im Schlitten	Flansch-Kugellager		
	Verriegelung in Transportstellung	Haken	Formschlüssige Einhakenvorrichtung		
Sensorschlitzen	Schlitten	Al, Platten, geschraubt	Al, Profile, geschweißt	Stahl, geschweißt	
	Antrieb	Trapezspindel	Riemen	Zahnstange	
	Wegmessung	Magnetband	Encoder am Schrittmotor	Seilzugsensor	
	Endschalter	mechanische Endschalter	Laserschranke	magnetische Endschalter	induktive Endschalter
	Schlittenführung	Sonderanfertigung	Linearführungsschienen		
	Sensorbefestigung	fix	verstellbar		

Abbildung 7.18: Morphologischer Kasten Teil 2 V3

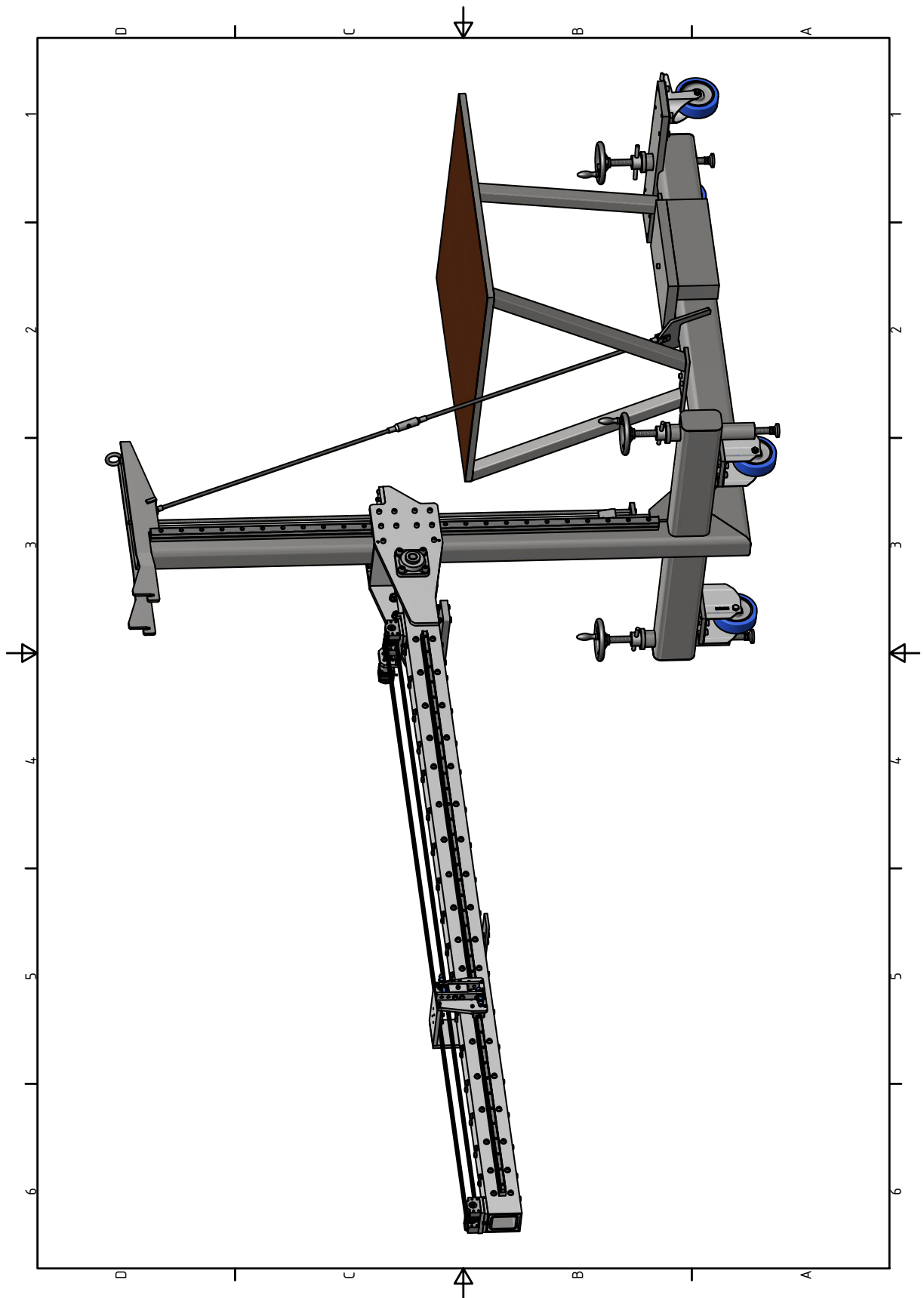


Abbildung 7.19: Messeinrichtung gesamt V3 1

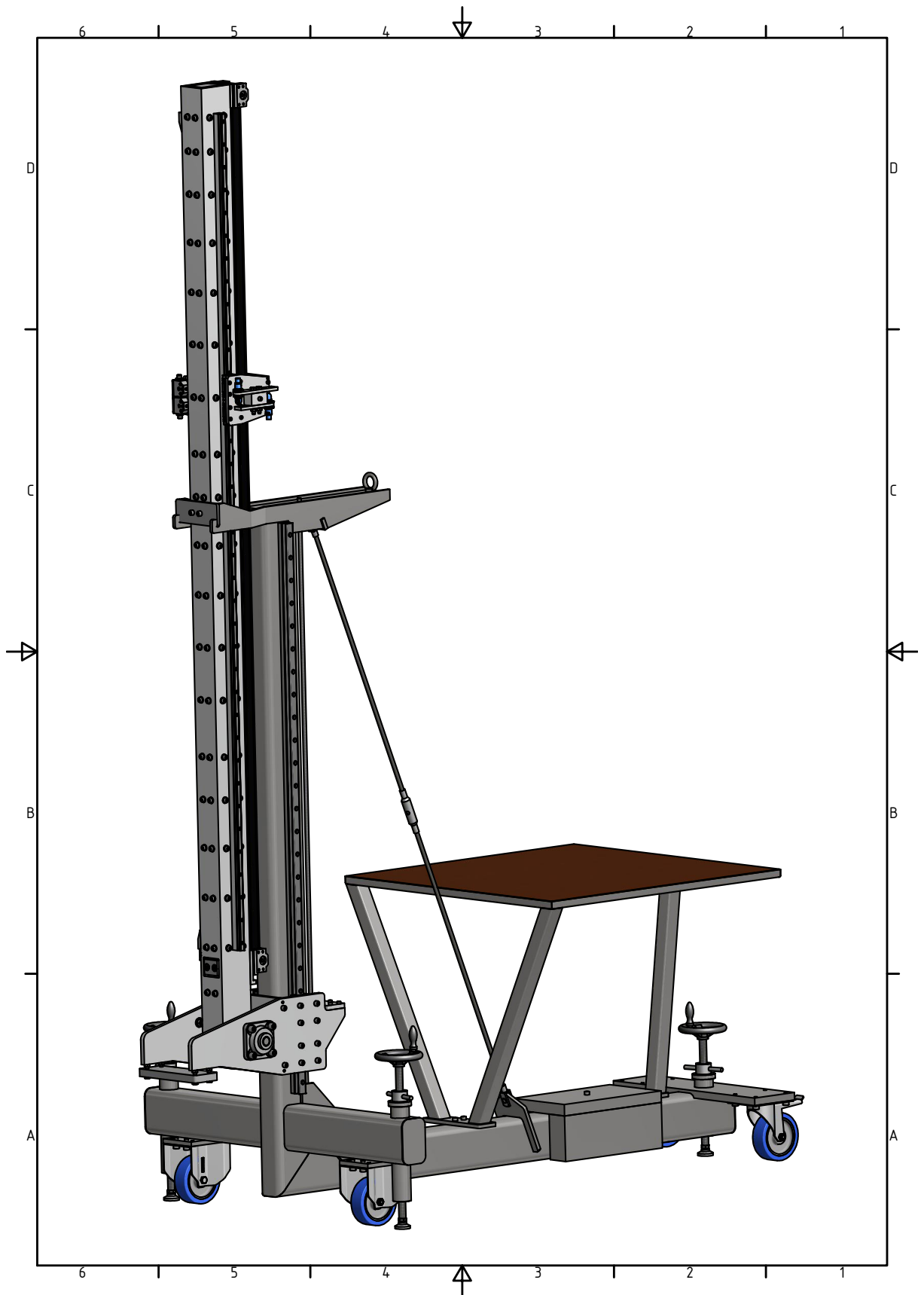


Abbildung 7.20: Messeinrichtung gesamt V3 2

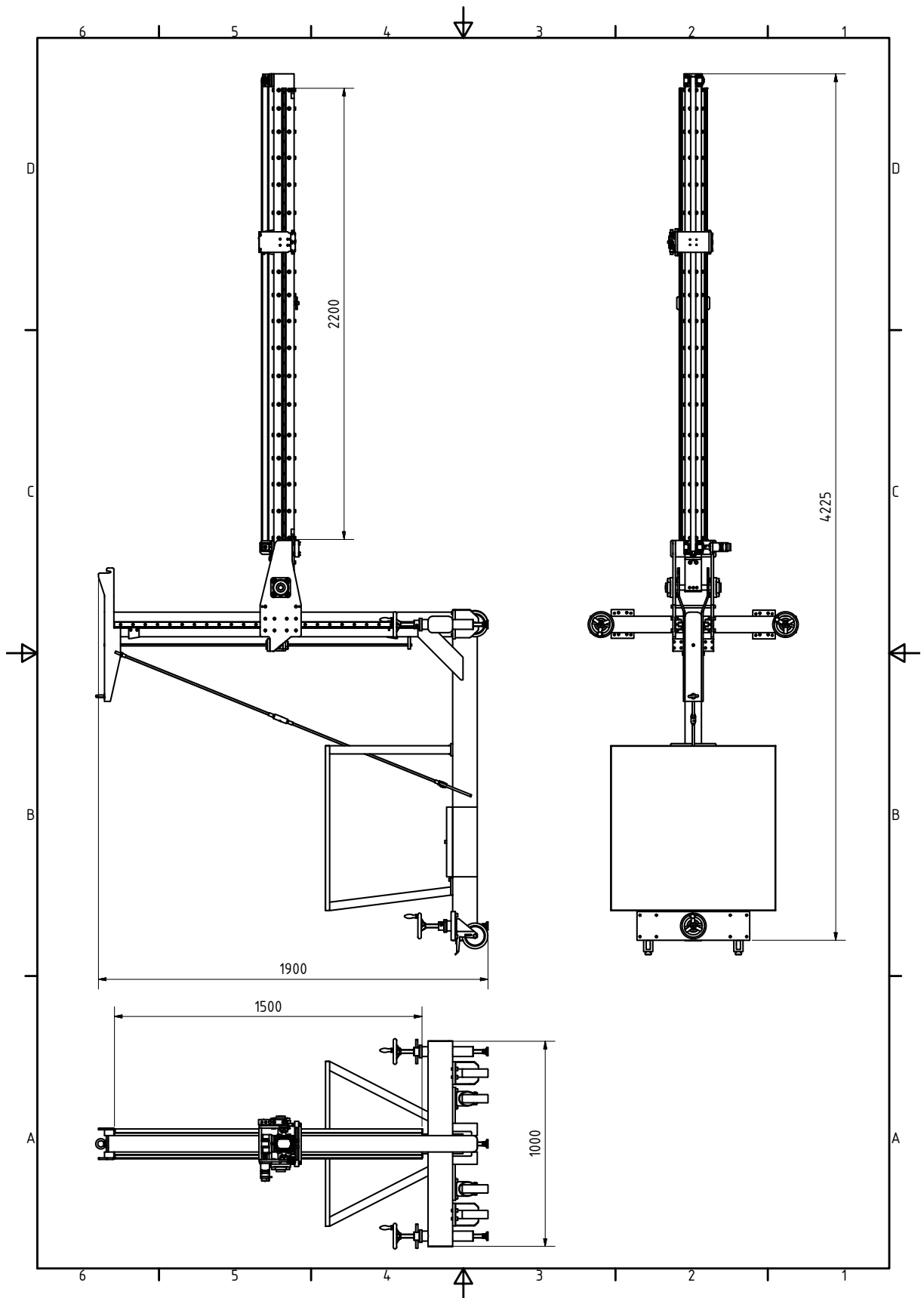


Abbildung 7.21: Messeinrichtung gesamt V3 3

7.5.1 Rahmen und Fahrwerk

Der Rahmen und das Fahrwerk wurden im Vergleich zu V2 weiter entwickelt, vor allem das Fahrwerk wurde neu konstruiert. Die Messeinrichtung fährt nun auf 4, an Stelle von nur 3 Rädern, um die Kipp- Stabilität zu verbessern. Dabei stehen wie schon davor die beiden vorderen Räder fest und die beiden hinteren sind frei drehbar, um die Messeinrichtung lenken zu können.

Stützfüße gibt es allerdings immer noch 3, da im Stand auch so eine ausreichende Stabilität gegeben ist und so auch eine genügend genaue Ausrichtung der Messeinrichtung möglich ist. Die Trapezspindeln der Stützfüße sind wieder in eigens angefertigten Gewindehülsen, welche durch die Formrohre des Rahmens verlaufen, geführt. So sind sie besonders stabil und es kommt zu keinem Wackeln in der Konstruktion auf Grund von Spiel, wie es bei einer Montage mit etwa nur einer kurzen Mutter auftreten würde.

Weiterhin notwendig ist ein Gegengewicht, um das hohe Gewicht des Kragarms auszugleichen. Es ist am Rahmen angebracht und kann leicht abgenommen und wieder montiert werden, um bei Bedarf die Messeinrichtung leichter zu machen. Der Tisch, auf dem während des Einsatzes der Messeinrichtung gearbeitet werden kann und etwa ein zur Steuerung der Messeinrichtung benötigter Laptop abgestellt werden kann, ist auch mit dem Rahmen verschraubt, sodass er bei Bedarf abgenommen werden kann. Unter diesem Tisch ist auch Platz für etwaige Komponenten der Steuerung und Anschlüsse für die Verkabelung und Stromversorgung. Die V-Anordnung der Tischbeine macht auch hier wieder den Einsatz von etwaigen Streben unnötig, zusätzlich bleibt so auch unter dem Tisch mehr Platz und die Gefahr von Erschütterungen durch versehentliches Anstoßen wird so verkleinert.

Eine weitere Änderung zur Vorgängerversion, ist das Hinzufügen einer Kranöse, welche direkt über dem Schwerpunkt positioniert wurde. Mit Hilfe dieser Öse kann die Messeinrichtung auch mit Hilfe eines Montage- oder Hallenkrans an ihren Einsatzort gebracht, oder Verladen werden. Die gebogenen Bleche am oberen Ende des Rahmens bleiben die Selben. Mit ihnen kann der Kragarm in seiner eingeklappten Transportstellung formschlüssig verriegelt werden. Gleichzeitig verstärken sie die Befestigung der Kranöse und dienen als Befestigung für die Abspannung, sodass auch das Standrohr nach Bedarf vorgespannt werden kann.

Die Fertigung und Montage des Rahmens wird in den folgenden Kapiteln noch genauer beschrieben. In der Abbildung 7.22 ist der gesamte Rahmen samt Fahrwerk zu sehen.

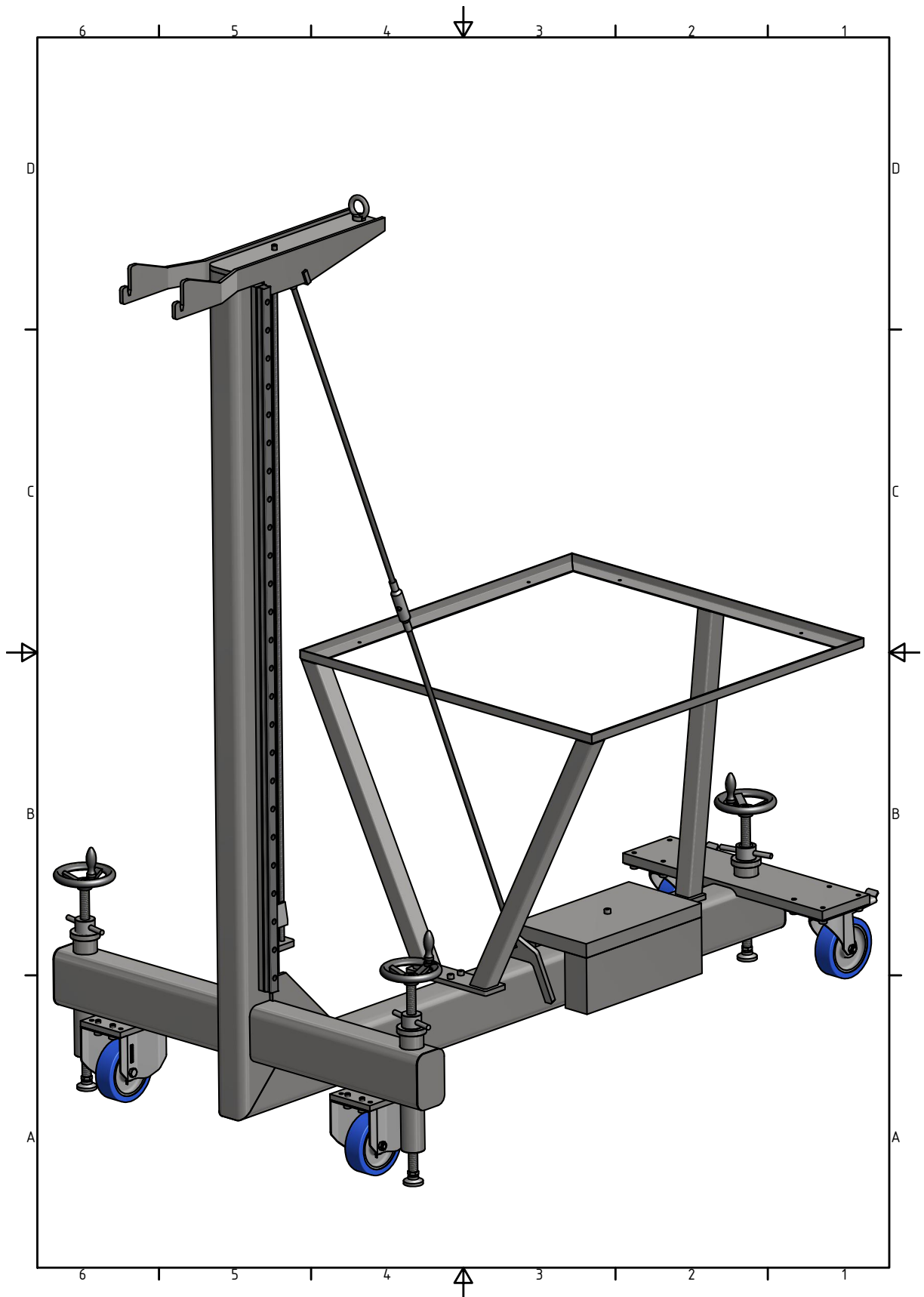


Abbildung 7.22: Rahmen V3

7.5.2 Hubschlitten V3

Auch der Hubschlitten (Abbildung 7.23) wurde in der finalen Version in vielen Punkten überarbeitet. Auch hier wieder um die allgemeine Stabilität zu erhöhen und damit eine Reduktion der Empfindlichkeit gegenüber Störeinflüssen während einer Messung zu verwirklichen. Die wichtigste Änderung hier ist allerdings die Entscheidung, den Hubschlitten aus Aluminium zu fertigen. Da in dieser Version der Schlitten nicht mehr geschweißt werden muss, überwiegen die Vorteile von Aluminium. Es wurde der Hubschlitten deshalb auch allgemein massiver ausgeführt, um wieder die Stabilität zu erhöhen, auch wurde auf eine einfachere Fertigung und Montage geachtet.

Die finale Form des Hubschlittens ist in Abbildung 7.23 dargestellt. Die einzelnen Elemente des Hubschlittens sollen hier nun gesondert beschrieben werden.

① **Seitenwände:** In dieser Version wurden bewusst durchgehende Seitenwände für den Hubschlitten verwendet und dies aus mehreren Gründen: Zum Einen entfällt so bei der Fertigung ein zusätzlicher Arbeitsschritt, der für das Anschweißen der vorderen Seitenwände notwendig gewesen wäre. Zum Anderen erhält der Kragarm durch eine weiter auseinander liegende Lagerung zusätzliche Stabilität. Vor allem aber können die Teile so auch aus Aluminium gefertigt werden. Generell ist so auch die Fertigung der Seitenwände einfacher, sie können bis auf einige Bohrungen in einer Aufspannung gefertigt werden. Auch die Lagerung der Achse für den Kragarm, welche bisher mit einfachen Passungsbohrungen in den Seitenwänden realisiert wurde, ist in dieser Version anders gelöst worden.

② **Flanschlager:** Der Kragarm wurde in der finalen Version nicht mehr einfach in den Seitenwänden des Hubschlittens gelagert, sondern durch eigene Flanschlager an den Seitenwänden. Dies wieder aus mehreren Gründen: zum Einen garantiert diese Lösung natürlich eine bessere Lagerung und einen reibungsfreieren Lauf der Achse. Zum Anderen kann über die Lage der Flanschlager die Achse sehr einfach ausgerichtet werden und bei der Bohrung der Schraubenlöcher für die Flanschlager muss nicht so exakt gearbeitet werden, wie bei den Passungsbohrungen für eine direkte Lagerung.

③ **Halteblech Kragarm:** Wie auch schon in den Versionen davor, wird der Kragarm einerseits durch eine Achse am Ende des Trägers und andererseits durch die Auflage auf ein Blech gehalten, welches am Hubschlitten montiert ist. Anders ist bei dieser Version, dass dieses Blech wesentlich massiver ausgeführt wurde und durch zwei zusätzliche, also insgesamt

4 Schrauben gehalten wird. Es wird auch noch weiterhin aus Stahl gefertigt. Auf Grund der Konstruktion des Kragarms kommt es hier zu sehr hohen Belastungen und wenn auch schon frühere Versionen ausreichend dimensioniert waren, erhöht eine massivere Ausführung hier die Stabilität der gesamten Konstruktion. Die Einstellung des Kragarms, damit er komplett horizontal ist, erfolgt wieder über die Schrauben, mit denen dieses Halteblech am Hubschlitten montiert ist. So kann der Träger sehr fein verstellt werden.

④ **Distanzblech Hubschlitten:** Ein wesentliches Bauteil des Hubschlittens ist das Distanzblech, welches die beiden Seitenwände verbindet. Es sorgt nicht nur für den richtigen Abstand der beiden Seitenwände, sondern richtet die beiden zueinander aus. Dies geschieht mit Passstiften, von denen jeweils zwei die Seitenwände mit dem Distanzblech verbinden. Während die Flanschlager und damit die Achse des Kragträgers unabhängig von den Seitenwänden ausgerichtet werden können, ist eine perfekte Positionierung der Seitenwände für die Schlitten der Führungsschienen entscheidend. Um einen einwandfreien Lauf zu gewährleisten, müssen die Schlitten zueinander und zum Hubschlitten genau ausgerichtet werden. Dies geschieht eben durch die Passungsstifte und durch Passungsflächen in den Seitenwänden, an denen die Schlitten ausgerichtet werden können.

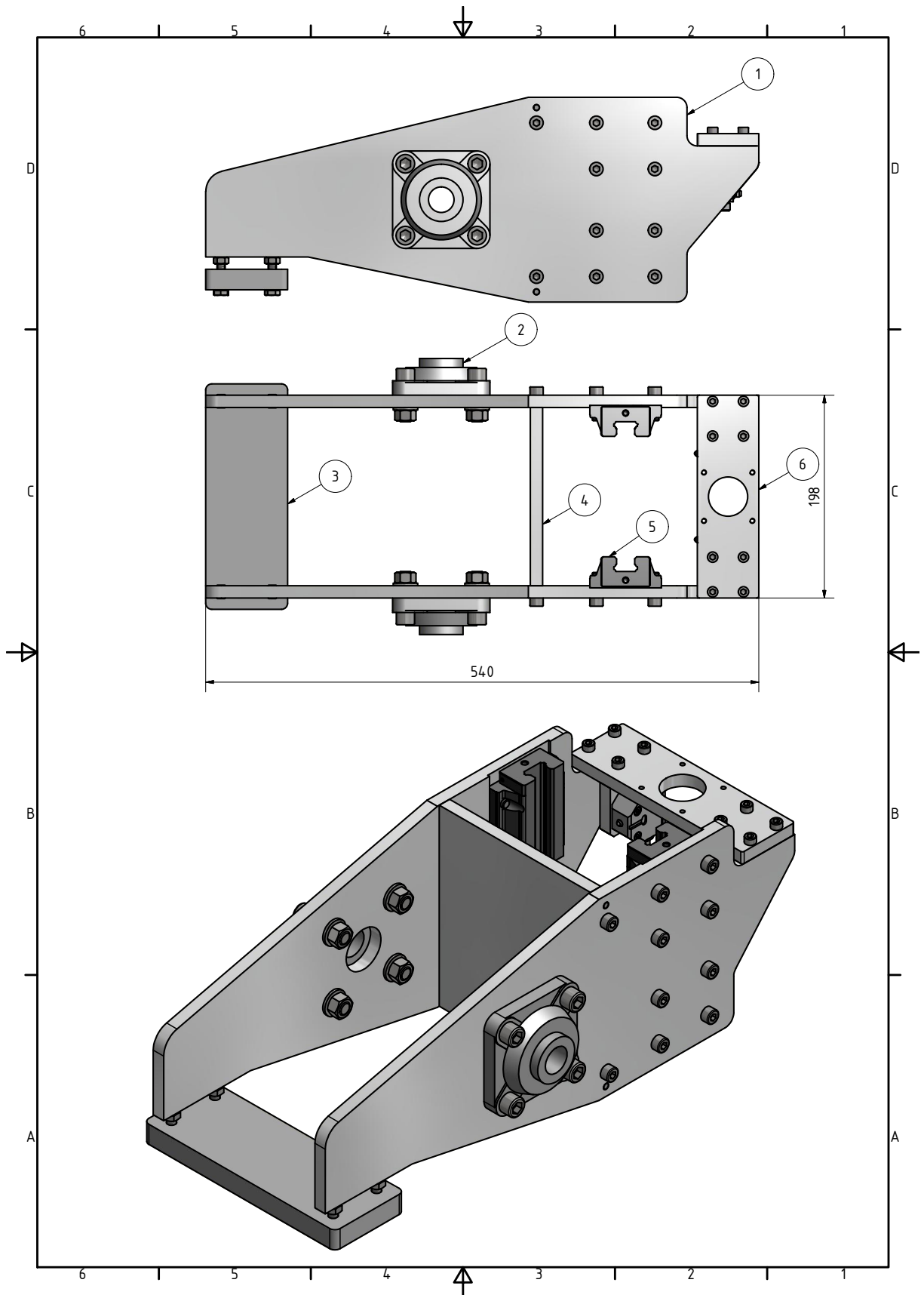


Abbildung 7.23: Hubschlitten V3

⑤ **Schlitten Führungsschiene:** Auch in dieser Version wird der Hubschlitten, wie bereits in der Vorangegangenen durch eine Führungsschiene geführt. Dies geschieht durch jeweils zwei kleine Schlitten pro Seite. Diese Schlitten laufen auf einer Formschiene mit Hilfe von Kettenkugellagern sehr reibungsarm und ermöglichen so einen ruhigen und gleichmäßigen Lauf des Hubschlittens. Das wenige Spiel in den Schlitten ist klein genug, um keine großen Auswirkungen auf die Messungen zu haben, zumal Messungen nur bei stillstehenden Hubschlitten durchgeführt werden, aber auch noch groß genug um ein Verkeilen der Schlitten zueinander zu verhindern. So können problemlos zwei Schlitten pro Seite verwendet werden, um dem auftretenden Moment entgegen zu wirken.

⑥ **Hubmotorhalteblech:** Am hinteren Ende des Hubschlittens ist der Antrieb angebracht. Dabei läuft ein Schrittmotor auf einer stillstehenden Spindel, welche durch ihn hindurch läuft. Der Motor ist dabei fest auf einem Halteblech montiert, welches wiederum am Hubschlitten montiert ist. So erfüllt das Halteblech zwei wesentliche Aufgaben, es sorgt für die Kraftübertragung von Motor zu Hubschlitten und dient gleichzeitig auch als zusätzlicher Abstandhalter zwischen den Seitenwänden des Hubschlittens.

7.5.3 Sensorschlitten und Schlittenantrieb

Sensorschlitten

Das wichtigste Bauteil der Vermessungsmaschine ist der Schlitten, welcher die Sensoren zur Durchhangsbestimmung trägt. Läuft er schief oder ist nicht stabil genug gebaut, so nützt es nichts, wenn der Kragträger perfekt horizontal ist. Der Sensorschlitten trägt allerdings nicht nur die Sensoren, er muss auch eine Plattform zur Ausrichtung der Maschine bieten und auch Endschalter tragen. Alles in Allem muss dem Sensorschlitten also besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden und eine durchdachte Konstruktion ist für einen reibungsfreien Einsatz dringend notwendig.

Es sollen hier nun die wichtigsten Komponenten des Sensorschlittens, zu sehen in Abbildung 7.24, näher beschrieben werden.

① **Seitenwände und Deckel:** Beim Sensorschlitten muss besonders auf das Gewicht geachtet werden, je höher das Gewicht desto größer ist die Durchbiegung des Kragträgers. Diese beim Überfahren des Trägers auftretende Durchbiegung auszugleichen ist auch mit dem Opferträgersystem sehr schwer und es braucht eine lange Einstellphase des Trägers, bis sie komplett ausgeglichen werden kann. So ist es also von großem Vorteil wenn der Schlitten so leicht wie möglich ist. Dies wird hier durch den Einsatz von Aluminium Platten für die Seitenwände und den Deckel garantiert. Die Platten selber müssen sehr genau gefertigt werden und zum Beispiel auch zueinander genau im rechten Winkel stehen. Dies wird hier wieder mit Hilfe von Passungsstiften bewerkstelligt, von denen jeweils zwei zwischen Seitenwänden und Deckel angebracht sind. Dazu kommen noch jeweils zwei Schrauben, um dem Schlitten Stabilität zu verleihen. Auch hier gibt es, ähnlich wie beim Hubschlitten, Passungsflächen, an denen die Schlitten der Führungsschienen ausgerichtet und dadurch einfacher montiert werden können. Eine weitere Besonderheit weist der Deckel auf: seine Oberseite liegt im rechten Winkel zur Sensorbefestigung, so kann man etwa mit einer Laserwasserwage oder anderen Messeinrichtungen den genauen Verlauf des Schlittens zusätzlich vermessen und so eine fehlerfreie Messung garantieren.

② **Schlitten Führungsschiene:** Auch der Sensorschlitten läuft, ähnlich wie der Hubschlitten, auf einer Führungsschiene und dafür werden wieder kleine Schlitten benötigt, welche am Sensorschlitten angebracht, auf der Schiene laufen. Anders als beim Hubschlitten tritt hier allerdings kein so großes Moment auf und im Allgemeinen kommt es nur zu sehr geringen Belastungen. Der sehr leichte Schlitten und die generell sehr langsamen Fahrgeschwindigkeiten

üben auf die sehr gut gelagerten Schlitten nur geringe Belastungen aus. Dies führt dazu, dass auch hier Gewicht gespart werden kann, indem eine sehr kleine und damit auch leichte Schiene gewählt werden kann. Mit der Schiene werden auch die Schlitten kleiner und somit auch leichter. Dies beeinflusst nicht den reibungsfreien und gleichmäßigen Lauf der Schlitten auf der Schiene und garantiert so, dass keine störenden Einflüsse auf das Messergebnis auftreten. Als zusätzliche Sicherheit wurde hier eine Art Fest- und Loslager Anordnung gewählt. So wurde auf einer Seite des Sensorschlittens nur ein Führungsschienen Schlitten angebracht, während auf der anderen Seite zwei Schlitten angebracht wurden, dies soll einem etwaigen Kippen der Schlitten auf der Führungsschiene entgegenwirken.

③ **Riemenantriebsbefestigung:** In der Finalen Version der Messeinrichtung wird der Antrieb des Sensorschlittens mittels Spindeltrieb geändert, in einen Antrieb mittels Zahnriemen. Dies vor allem deshalb, um eventuell auftretende Schwingungen in der Spindel bei höheren Drehzahlen zu vermeiden. Der Zahnriemen, welcher auf die gewünschte Länge zugeschnitten wird, kann mit Hilfe einer Klemme endlos gemacht werden. Diese Klemme, welche das genaue Gegenstück zu den Zähnen des Zahnriemens aufweist, kann gleichzeitig als Befestigung des Riemens am Schlitten verwendet werden. Sie muss allerdings so angebracht werden, dass die Fläche obere Seite des Riemens gegen den Schlitten gepresst wird. Der Schlitten kann also nur oberhalb des Obertrums oder unterhalb des Untertrums befestigt werden, was auch montagetechnisch von Vorteil ist. Hier wurde der Schlitten so konstruiert, dass er am Obertrum des Riemenantriebs befestigt werden kann und die Oberseite des Schlittens frei zugänglich ist.

④ **Sensorenhalterung:** Die Sensorhalterung muss mehrere Aufgaben erfüllen, sie muss zum einen die Sensoren in einer geraden Position halten und zum anderen flexibel verstellbar sein. Die gerade Position wird durch einen Aluminiumblock erreicht, welcher mit Hilfe von Passtiften an der Sensorschlittenseitenwand mit einer Schraube befestigt wird. Dieser Abstandsblock muss mit sehr geringen Toleranzen gefertigt werden und stabilisiert die Sensoren an der Seitenwand. An diesem Block sind nun mit Hilfe von Passschrauben, in mehreren Stufen verstellbare Aluminiumbleche geschraubt, an denen letztendlich die Sensoren befestigt werden. Diese Bleche dürfen auf keinen Fall zu dünn ausgeführt werden, da es sonst zu Schwingungen kommen kann. Die Verstellmöglichkeit ist deshalb so wichtig, weil bei größeren Trommeldurchmessern der Stahlbandanlagen die Reichweite der Sensoren eventuell nicht mehr ausreichen würde, so können die Sensoren einfach unabhängig voneinander verstellt werden und damit näher zu der zu vermessenden Oberfläche gebracht werden.

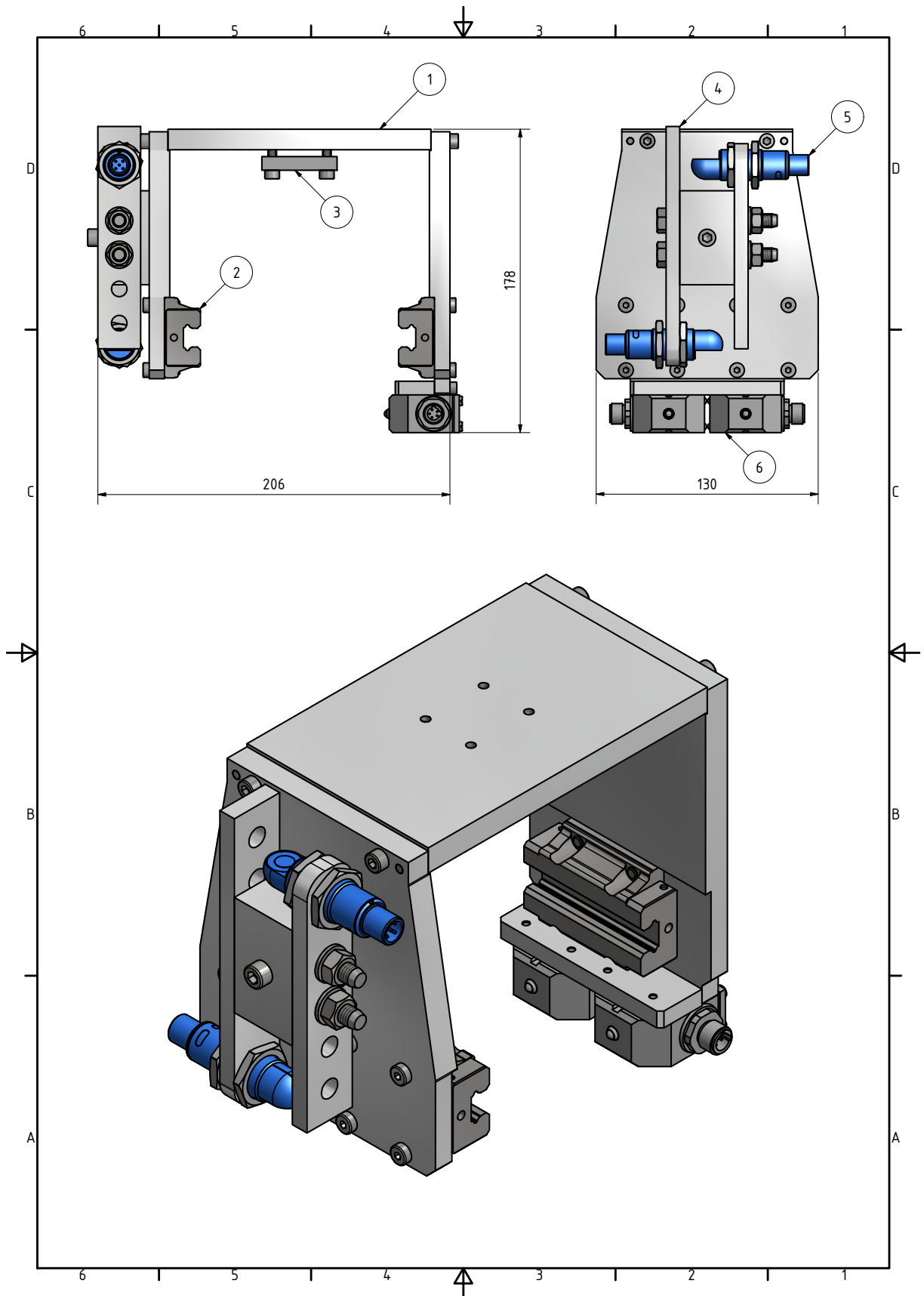


Abbildung 7.24: Sensorschlitten V3

⑤ **Abstandssensoren:** Als Abstandssensoren wurden hier Ultraschallsensoren gewählt, in einer um 90° abgewinkelten Bauform. So können die Sensoren einfach in das verstellbare Halterungsblech geschraubt werden. Der richtige Winkel muss hier aber unbedingt noch mit einer Winkellehre eingestellt werden, um exakte Messergebnisse zu bekommen. Die gewählten Sensoren haben eine Auflösung von 0,07 mm und eine Reichweite von bis zu 350 mm, sie erfüllen damit die Anforderungen und garantieren dank einer sehr genauen Reproduzierbarkeit der Messwerte exakte Ergebnisse. Die kurze Ansprech- und Ausgabezeit verspricht relativ zügige Messungen, genaue Geschwindigkeiten müssen aber erst im Experiment bestimmt werden. Im Anhang befindet sich das Datenblatt des gewählten Sensors.

⑥ **Endschalter:** Zum genauen Referenzieren der Messfahrten und zum automatisierten Verfahren auf eine End- oder Anfangsposition ist es trotz Wegmessung an den Motoren wichtig, Endschalter zu verwenden. Sie geben relativ genau eine Endposition an und können so zu Referenzieren einer Messung verwendet werden. Im speziellen Fall ist es sicher auch sehr Hilfreich, wenn per einfachen Befehl in der Steuerung oder aber durch einen Tastendruck, der Sensorschlitten in seine Ausgangsposition verfährt. Dann kann mit Hilfe der Endschalter ohne Beachtung der Wegmessung diese angefahren werden und die Wegmessung dort genullt werden. Auch in Störungsfällen kann mit den zuverlässigen Sensoren, welche mechanisch ausgelöst werden, etwa eine Kollision des Sensorschlittens an den Endpositionen verhindert werden. Hier werden Drucksensoren verwendet, sie laufen mit einer Rolle auf einer Fläche oder in der Luft und lösen bei Kontakt mit einer Rampe aus, dabei wird ein Druckstößel betätigt. Je nach Qualität des Sensors ist dieser Auslösepunkt sehr genau und auch in der Wiederholung konstant. Im Fall der Messeinrichtung ist die exakte Position nicht so entscheidend, Wird die Wegmessung bei einer Messfahrt des Schlittens am Anfang genullt, so ist der genaue Startpunkt nicht so wichtig, entscheidend hier ist vor allem der Schutz des Schlittens vor Kollisionen. Datenblätter des Sensors befinden sich im Anhang.

Sensorschlittenantrieb

Nachdem in den vorausgegangenen Versionen der Messeinrichtung der Sensorschlitten immer mit einer Trapezspindel angetrieben wurde, kommt in der Dritten Version V3 ein Zahnriemen zum Einsatz. Prinzipiell wäre eine Trapezspindel auch zweckmäßig und ihre hauptsächlichsten Nachteile würden wohl in diesem Einsatz nicht bedeutend stören. Auf Wunsch des Auftraggebers wurde dennoch auf den Antrieb mittels Zahnriemen umkonstruiert. Die Entscheidung für einen Zahnriemen geschah aus zwei Gründen: zum Einen wurde befürchtet, dass bei höheren Drehzahlen die Spindel anfangen könnte zu schwingen und sich diese Schwingungen auf den Träger übertragen und verstärken könnten, was natürlich zu unbrauchbaren Resultaten geführt hätte. Zum Anderen bietet der Antrieb mittels Riemen einen klaren Gewichtsvorteil. Der schon so sehr schwere Kragträger, würde durch eine massive Spindel noch zusätzlich belastet werden und würde noch mehr durchhängen. So wurde ein Zahnriemen gewählt mit dem der Kunde in ähnlichen Einsätzen schon sehr positive Erfahrungen gemacht hatte.

① **Antriebseinheit:** Der Sensorschlitten wird mit Hilfe eines Schrittmotors angetrieben, welcher mit Hilfe eines aufgeflanschten Getriebes auf die passende Drehzahl gebracht wird. Leistungsmäßig sind die Anforderungen hier sehr gering, der Schlitten selbst ist sehr leicht und läuft auf einer sehr reibungsarmen Führungsschiene. Der gewählte Motor weist ein Haltemoment von 0,22 Nm auf und ist somit in Verbindung mit dem Getriebe welches eine Untersetzung von 14 aufweist, auch wenn dieses nur einen Wirkungsgrad von 70 Prozent erzielt, ausreichend dimensioniert. Das Getriebe ist stirnseitig an die Motor-Getriebe-Halterung angeflanscht. Dort kann auch der Wellenstummel, welcher aus dem Getriebe kommt mit Hilfe einer Klemmkupplung mit der weiterführenden Welle verbunden werden. An der gegenüberliegenden Seite wird direkt an den Motor ein Encoder angebracht, mit dem die Motorumdrehungen erfasst werden können. So kann man, wenn man die Getriebeübersetzung und den Durchmesser der Riemenscheibe kennt, die vom Sensorschlitten zurückgelegte Strecke relativ genau berechnen und ausgeben. So kann man sich eine viel teurere zusätzliche Wegmessung mittels eines Magnetbandes und zugehörigen Sensoren sparen, wie es in den anfänglichen Versionen der Messeinrichtung vorgesehen war. Das Argument der genaueren Messung einer direkten Wegmessung kann die zusätzlichen Kosten in diesem Anwendungsfall nicht aufwiegen. Die Datenblätter des Motors, des Getriebes und des Encoders befinden sich im Anhang.

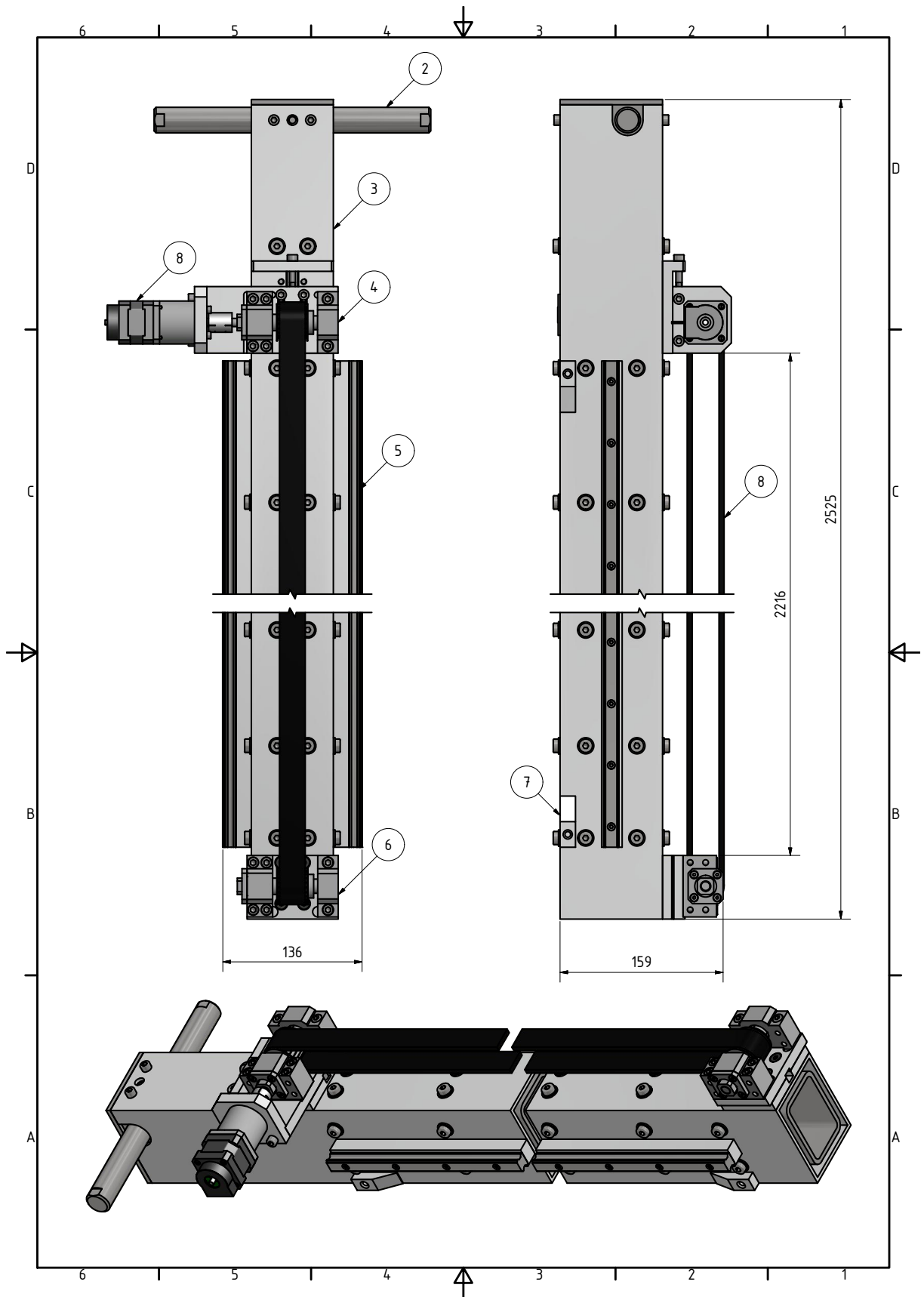


Abbildung 7.25: Sensorschlittenantrieb V3

② **Aufhängung Kragarm:** Der Kragarm, welcher zwischen die zu vermessenden Bänder geschoben wird und den Sensorschlitten trägt, ist an zwei Punkten aufgehängt und gestützt. Einen davon bildet eine durch den Träger verlaufende Welle, welche im Hubschlitten mittels Flanschlagern gelagert ist. Der Andere befindet sich am vorderen Ende des Hubschlittens, wo der Träger an einem querverlaufenden Blech abgestützt wird. Die Aufhängung und die Abstützung sind jeweils mit dem Innenrohr des Opferträgersystems verbunden, sodass auf das außen verlaufende Rohr keinerlei Kräfte ausgeübt werden. Im speziellen sieht das Ganze so aus, dass die stützende Welle durch einen Stahlblock verläuft, welcher an das Innenrohr geschweißt ist und an dem zur Zentrierung am Anfang des Trägers auch das Außenrohr geschraubt ist. Bei dem Abstützpunkt verläuft durch eine Ausfräsung im Außenrohr ein Block, der an das Innenrohr geschraubt ist, sodass der Träger nur am Innerrohr aufliegt und belastet wird. Die Welle, an der der Kragarm aufgehängt ist, erfüllt noch eine andere wichtige Aufgabe: an ihr kann der Kragträger auf gekippt und in die Transportstellung gebracht werden, deshalb auch die Lagerung in Flanschlagern. Die Länge der Welle ist bewusst so lange gewählt; so kann einem Kippen und einem verkeilen der Welle vorgebeugt werden und die gesamte Konstruktion wird stabiler.

③ **Kragarm:** Das Opferträgersystem und damit das entscheidende Merkmal des Kragarms wurde schon in einem vorherigen Kapitel beschrieben. Deshalb soll hier auf andere Merkmale eingegangen werden, welche für den Antrieb des Sensorschlittens entscheidend sind. Neben den Ausfräsungen am Außenrohr für die Schrauben zum Innenrohr und der Ausfräsung für die Abstützung des Innenrohrs und damit des Trägers gibt es noch die Schienen an den Seiten des Trägers, auf denen die Führungsschienen für den Sensorschlitten verlaufen, und die Aluminiumplatten auf dem Träger, auf dem die Antriebseinheit und die Umlenkung des Riemens befestigt sind. Sie sind so geformt, dass zum Einen die Umlenkung des Riemens mit Hilfe einer Nut exakt ausgerichtet montiert werden kann und zum Anderen die gesamte Antriebseinheit des Schlittens, wiederum geführt durch eine Nut, so montiert werden kann, dass dabei gleichzeitig auch der Riemen gespannt werden kann.

④ **Spannschlitten und Stehlager:** Die gesamte Motor- und Getriebehalterung dient gleichzeitig als Basis für die Lagerung der Antriebsscheibe des Riemenantriebs. So wurde diese gesamte Einheit wie ein Schlitten geformt, mit dem schließlich der Riemen auch gespannt werden kann. Dies geschieht ganz einfach, in dem man die Fixierung durch zwei Schrauben etwas löst und dann an der Spannschraube, welche mit der Einheit verbunden ist und sich an der Basisplatte am Außenrohr abstützt, anzieht und anschließend die Fixierung wieder anzieht.

Auf diesem Schlitten sind, wie schon beschrieben Motor und Getriebe montiert. Am Getriebe ist mit Hilfe einer Klemmkupplung eine Welle montiert, welche mit Hilfe von zwei Stehlagern, einem Fest- und einem Loslager, gelagert ist. Zwischen den Lagern auf der Welle liegt die Riemenscheibe, mit der der Riemen letztendlich vom Motor angetrieben wird.

⑤ **Führungsschiene:** An der Seite des Kragträgers werden in dieser Version Aluminium-Schienen aufgeschweißt, auf die die Führungsschiene des Sensorschlittens geschraubt ist. Grund dafür ist hauptsächlich, dass die Führungsschiene verschraubt werden muss und das Außenrohr dafür zu dünn ist. Ein weiterer Grund ist die Tatsache, dass die Führungsschiene auf einer bearbeiteten planen Fläche montiert werden muss. Unabhängig von der Form des Rohres müssen die beiden Schienen mit nur einer sehr kleinen Toleranz parallel sein. Deswegen werden die Schienen angeschweißt und dann das gesamte Rohr eingespannt und bearbeitet. Weiters befindet sich auf der Schiene eine Anschlagfläche zum einfacheren Montieren der Führungsschiene. Gleichzeitig liegt diese auch wieder parallel zu der auf der gegenüberliegenden Seite, sodass die Führungsschienen letztendlich auch parallel liegen und der Schlitten einwandfrei laufen kann.

⑥ **Riemenumlenkscheibe und Stehlager:** Ähnlich wie bei der Riemenantriebseinheit, welche auf einer Art Schlitten montiert ist, um den Riemen spannen zu können, ist auch die Umlenkscheibe auf einer Platte gelagert, welche mit Hilfe einer Nut am Außenrohr des Kragträgers positioniert ist. Wieder kommen zwei Stehlager zum Einsatz, wieder ein Fest- und ein Loslager, um die Welle zu lagern, auf der die Riemenscheibe liegt. Diese Seite des Riemenantriebes ist allerdings fest mit dem Träger verschraubt, hier kann nicht gespannt werden.

⑦ **Endschalterkeile:** Die mechanisch zu betätigenden Endschalter brauchen einen Keil, welcher bei Überfahrt den Auslösestößel einschiebt und damit den Endschalter auslöst. Dies geschieht in dieser Konstruktion mittels an der Seite des Kragträgers angeschraubten Aluminiumkeilen, welche in ihrer Steigung genau den Weg überbrücken, welchen der Endschalter zum Auslösen braucht. Die Keile werden genau so angeordnet, dass der Endschalter genau da auslöst, wo die Endlage des Sensorschlittens erreicht ist. Die Endschalter sind, wie schon früher beschrieben am Sensorschlitten angebracht und zwar so, dass sie genau auf die Keile treffen.

⑧ **Riemen:** Als Riemen kommt ein 25 mm breiter Zahnriemen mit einer HTD Form zum Einsatz. Dabei haben die Zähne des Riemens einen Halbkreisquerschnitt, was zu einem besonders ruhigen und gleichmäßigen Lauf des Riemens führt. Der Neopren- Riemen mit Glasfaserverzugstrang wird in der benötigten Länge abgeschnitten und mit Hilfe der Klemmplatte am Sensorschlitten zu einem Endlosriemen verbunden.

8 Ausarbeitung der Fertigungsunterlagen

Das Ausarbeiten ist der Teil des Konstruierens, der die Baustruktur eines technischen Gebildes durch endgültige Vorschriften für Form, Bemessung und Oberflächenbeschaffenheit aller Einzelteile, Festlegen aller Werkstoffe, Überprüfung der Herstellmöglichkeit sowie der endgültigen Kosten ergänzt und die verbindlichen zeichnerischen und sonstigen Unterlagen für seine stoffliche Verwirklichung schafft. Das Ergebnis des Ausarbeitens ist die herstellungstechnische Festlegung der Lösung. In dieser Phase wird die Gestaltung des Produkts mit der endgültigen Festlegung der Mikrogeometrie durchgeführt. Es werden also die erforderlichen Fertigungsoperationen im Detail bestimmt. Deshalb ist an dieser Stelle große Sorgfalt erforderlich. Die Funktionssicherheit und die Produktkosten werden stark beeinflusst.[4]

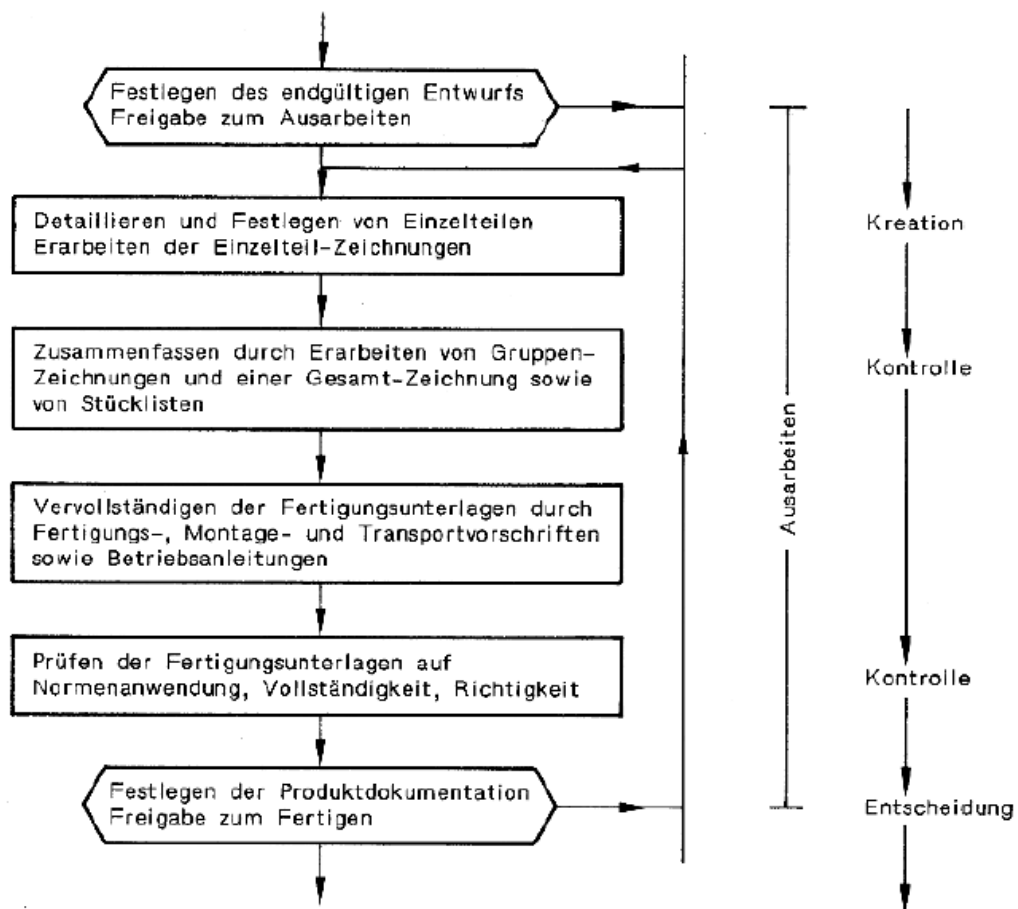


Abbildung 8.1: Arbeitsschritte beim Ausarbeiten [4]

Der nächste Schritt nach dem Entwerfen der Messeinrichtung ist das Ausarbeiten aller Fertigungsrelevanten Unterlagen, unter anderem Stücklisten, Fertigungszeichnungen, Auswahl der Fertigungsverfahren, Kostenaufstellung und so weiter. Das genaue Vorgehen ist in Abbildung 8.1 dargestellt. Dabei sollte man besonders gründlich und gewissenhaft arbeiten, denn Fehler in dieser Phase haben direkte Auswirkungen auf die Fertigung der Messeinrichtung und damit auf das fertige Produkt, sie können also nur mehr mit großen Mehrkosten behoben werden.

Während des Ausarbeitens der Messeinrichtung wurden folgende Arbeiten ausgeführt:

8.1 Zukaufteile und Zulieferer

Eine genaue Zusammenstellung und Auflistung der Zukaufteile ist sehr wichtig für die zügige Durchführung der Fertigung einer Maschine. Nur so kann während des gesamten Ausarbeitens der Überblick über alle benötigten Teile gewahrt bleiben und beim späteren Anfragen nach Angeboten sichergestellt werden, dass nichts vergessen wird.

Im vorliegenden Fall der Entwicklung der Messeinrichtung wurde darauf geachtet, dass alle benötigten Zukaufteile, wie etwa die Führungsschienen der Schlitten oder die Antriebsmotoren, schon während des gesamten Entwicklungsprozesses erfasst und notiert werden. So muss abschließend nur noch zusammengefasst und gruppiert werden. Dabei wird anfangs nach Baugruppen sortiert.

Nun gilt es passende Zulieferer zu finden, welche die benötigten Bauteile anbieten. Dies erfolgt hauptsächlich durch online-Recherche und Durchsicht von Katalogen. Einige der benötigten Komponenten werden in der Ausführung, in der sie benötigt werden, nur von einem einzigen Anbieter angeboten, was die Recherche erleichterte. Ergebnis ist eine Liste mit allen möglichen Anbietern der benötigten Teile. Damit kann damit begonnen werden, Angebote einzuholen. Während einige Anbieter per email kontaktiert werden, werden andere telefonisch kontaktiert und es können auch Sonderwünsche eingebracht werden. So können zu einigen Bauteilen mehrere Angebote von verschiedenen Anbietern eingeholt werden. Es kann nun eine Auswahl der passenden Angebote zusammengestellt werden und damit ist die Versorgung mit den Zukaufteilen abgedeckt. Die finale Bestellung der Teile und die Koordinierung deren Lieferung kann erst bei Fertigungsbeginn der Messeinrichtung erfolgen.

8.2 Fertigungszeichnungen und Fertigungsverfahren

Der nächste Schritt befasst sich damit, passende Fertigungsverfahren für die einzelnen Komponenten der Messeinrichtung zu finden. Dies muss vor Anfertigung der Fertigungszeichnungen passieren, da bei der Erstellung dieser auf die jeweiligen Fertigungsverfahren Rücksicht genommen werden muss. So muss zum Beispiel bedacht werden, wie einzelne Elemente eingespannt werden können, um nötige Abhängigkeiten einzelner Flächen zueinander fertigen zu können. Zusätzlich kommt im speziellen Fall der Messeinrichtung noch dazu, dass einzelne Elemente, wie zum Beispiel das Außenrohr des Tragarms, besondere Anforderungen an die Maschine stellt, mit der es gefertigt werden soll. Sie muss groß genug sein, um das über zwei Meter lange Rohr in einer Aufspannung bearbeiten zu können. Es treten hier bei der Auswahl der Fertigungsverfahren also auch Kriterien auf, die für die Wahl des Fertigers entscheidend sind. Für die Fertigung der Messeinrichtung sind vor allem Zuschnittarbeiten, Fräsarbeiten und Dreharbeiten nötig, und im Zusammenbau dann einige Schweißarbeiten von Stahl als auch Aluminium.

Für die Zuschnitte der benötigten Aluminium- und Stahlbleche kommen Wasserstrahl- oder Laserschneidanlagen in Frage, abhängig von der Dicke der Bleche. Die Oberfläche an den Schnittkanten ist von keiner so großen Bedeutung. Alle Kanten und Flächen, an die besondere Anforderungen gestellt werden, werden nach dem Zuschneiden noch bearbeitet.

Wie schon zuvor erwähnt werden teilweise spezielle Anforderungen an die Bearbeitungsmaschinen gestellt, wenn es um die Fräsarbeiten geht. Das wohl größte zu fräsende Teil ist das Außenrohr des Kragträgers, es muss sowohl oben, an den Flächen der Lagerung des Riemenantriebs bearbeitet werden, als auch an den Seiten, wo die Führungsschiene befestigt werden. Dabei gilt es Abhängigkeiten dieser Flächen zueinander zu erreichen, was nur funktionieren kann, wenn die gesamte Bearbeitung in einer Aufspannung passiert. Ein weiterer Punkt der bedacht werden muss, ist die Fertigungstoleranz der verwendeten Formrohre. So kann es zum Beispiel passieren, dass das gelieferte Rohr über die zwei Meter Länge verbogen oder verdreht ist. Spannt man es dann auf ein ebenes Maschinenbett, wird es zwangsläufig elastisch gerade verformt. Nach der Bearbeitung verformt sich das Rohr wieder in seine entspannte Lage zurück. Teilweise wird dieser Effekt durch das System des Opferträgers entschärft. Es muss allerdings unbedingt bei der Bearbeitung berücksichtigt werden und der Träger möglichst spannungsfrei bearbeitet werden, sodass zwar der Träger verzogen sein kann, die bearbeiteten Flächen aber beispielsweise parallel sind. Dazu kommt noch die sehr große Anzahl an Bohrungen, welche exakt auf das Innenrohr abgestimmt werden muss. Neben diesen komplizierteren Bauteilen gibt es allerdings auch eine Reihe von eher einfachen Teilen, die auf jeder modernen Fräsmaschine

ohne Probleme gefertigt werden können.

Die benötigten Drehteile weisen keine großen Anforderungen an die Fertigung auf, weder in ihrer Länge noch in ihrem Durchmesser. Sie sollte auf einer modernen Drehbank ohne Probleme zu fertigen sein.

Mit dem Wissen über die Fertigungsverfahren der einzelnen Teile, kann nun mit dem Anfertigungen der einzelnen Fertigungszeichnungen begonnen werden.

Beim Anfertigen der Fertigungs- und Werkstattzeichnungen ist besondere Sorgfalt nötig. Vergessene oder falsche Bemaßungen und Beschriftungen verzögern oder behindern die Fertigung oft entscheidend. Klar strukturierte und geordnete Zeichnungen sind für den Fertiger und den Konstrukteur von großem Vorteil. Während in der Fertigung einfacher der Überblick gehalten werden kann, kann in der Konstruktion sicher gegangen werden, dass nicht etwa Teile vergessen werden oder doppelt auftauchen.

Grundsätzlich sollte immer nach Baugruppen aber auch nach Fertigungsverfahren gesondert, gruppiert werden. Wird dies beachtet, so müssen später nicht Zeichnungen von einer Maschine zur anderen geschickt werden, wobei sie oft in der Werkstatt beschädigt werden. Bei verschiedenen Herstellern sollten natürlich nur Zeichnungen der Teile, die jeweils der Hersteller auch fertigen muss, auftreten.

Bei der Erstellung der Fertigungsunterlagen der Messeinrichtung, musste besonders auf die vielen Abhängigkeiten einzelner Flächen zueinander geachtet werden. Während in der Konstruktion solche Abhängigkeiten oft selbsterklärend sind, ist bei einer Zeichnung des Einzelteils in der Fertigung diese Abhängigkeit nicht immer zu sehen und darf deshalb nicht vergessen werden. Als Beispiel und bezeichnend für alle Unterlagen zur Fertigung der Messeinrichtung, ist hier in der Abbildung 8.2 die Fertigungszeichnung zur Herstellung der Frästeile des Sensorschlittens zu sehen. Dabei ist zu sehen, dass die Passflächen, die die einzelnen Schlittenteile verbinden und die Flächen, auf denen die Schlitten der Führungsschiene montiert sind, besonderen Anforderungen unterliegen. Neben einer hohen Anforderung an die Oberflächenrauheit wird eine Ebenheit und Parallelität der Flächen zu einander gefordert. Auch die Bohrungen der Passstifte müssen senkrecht zu den Passungsflächen sein, um beim Zusammenbau einen reibungsfreien Lauf der Führungsschlitten zu gewährleisten.

Nach der Anfertigung der einzelnen Fertigungszeichnungen der Bauteile, müssen für den Zusammenbau der Baugruppen Zusammenbauzeichnungen und Montagezeichnungen erstellt werden. Dazu werden die einzelnen Baugruppen nacheinander angeführt und von den kleineren bis zu den größeren Baugruppen und schließlich die Montage der gesamten Maschinen dargestellt. Ein probates Mittel zur Darstellung von Zusammenbauzeichnungen sind Explosionszeichnungen der Baugruppen, in denen die Baugruppen auseinandergezogen werden. Alle Komponenten werden so dargestellt, dass die Komponenten an der Stelle an der sie verbaut werden müssen, nach außen verschoben werden. Ist im Zusammenbau eine Reihenfolge entscheiden, so muss dies vermerkt werden und eventuell die einzelnen Schritte in der Anleitung separat dargestellt werden. Auch bei besonderen Verfahren, wie etwa beim Aufpressen von Lagern oder beim Einkleben von Schrauben, muss dies vermerkt und auch in der Zeichnung verdeutlicht werden.

Ein weiterer Bestandteil dieser Zusammenbauzeichnungen sind sämtliche Schweißzeichnungen. Dabei werden alle Schweißnähte der Baugruppen gekennzeichnet und mit Anmerkungen zu Schweißnahtform und Dicke versehen. Auch die Schweißmethode wird bestimmt und wenn nötig auch eine Schweißreihenfolge, um ein eventuelles Verziehen des Bauteils beim Schweißen zu verhindern. Auch hier sollte in den Zeichnungen wieder genau die Reihenfolge der einzelnen Teile zur finalen Baugruppe dargestellt werden, sodass nicht Komponenten, die vor Anderen geschweißt werden müssen, vergessen werden. Das gleiche gilt natürlich auch für Lötverbindungen oder Klebeverbindungen.

Im Falle der Messeinrichtung werden die Zeichnungen in der Reihenfolge des zeitlichen Ablaufs der Montage angefertigt. So werden nach den Zeichnungen für Zuschnitt und Bearbeitung der Komponenten die Schweißzeichnungen der Baugruppen erstellt. In ihnen werden wieder in der richtigen Reihenfolge durch Schweißsymbole die Komponenten zu Baugruppen und Schweißkonstruktionen verbunden. Solche Baugruppen werden schließlich wieder miteinander verschweißt und so entstehen die finalen Schweißkonstruktionen, welche in den weiteren Zusammenbauzeichnungen zu den nächsthöheren Baugruppen montiert werden. Für den Zusammenbau der Baugruppen, in denen kein Schweißen nötig ist, wurden die Zeichnungen so angefertigt, dass alle Einzelteile ersichtlich sind und in der Stückliste auch angeführt werden. Dann kann einfach nach Zeichnung montiert werden, wieder beginnend von der Niedrigsten bis zur höchsten Baugruppe.

So entsteht als Abschluss schließlich eine Zeichnung der gesamten Messeinrichtung wie in Abbildung 8.3. Hier können noch wichtige, die Funktion der Maschine bestimmende Maße, angebracht werden, um noch einmal zu kontrollieren ob auch alles richtig montiert wurde.

8.3 Kostenaufstellung

Ein weiterer sehr wichtiger Teil der Ausarbeitung ist die finale Kostenaufstellung für die Fertigung eines Projekts. Hier kommen letztendlich Materialkosten, Fertigungskosten und die Kosten für Zukaufteile zusammen. Die Kostenaufstellung in diesem Zusammenhang versteht sich wirklich nur als Auflistung der Kosten der Fertigung und weitere Kosten wie Entwicklungskosten oder Ähnliches werden hier nicht behandelt. Sie werden von anderen Abteilungen in einem Betrieb aufgestellt und berechnet. Zumal im Zuge der Konstruktion der Messeinrichtung solche Kosten auch gar nicht aufgetreten sind.

Während die Auflistung der Kosten für Zukaufteile relativ einfach ist und sich durch das Zusammenstellen der einzelnen Angebote der Zulieferer machen lässt, ist die Bestimmung der restlichen Kosten nicht immer ganz einfach. Auch hier könnte man die gesamte Fertigung von einer Zulieferfirma machen lassen und würde auch wieder ein Angebot bekommen. Dies ist aber immer teurer als die Fertigung im eigenen Haus. Ist es möglich im eigenen Haus zu fertigen, dann sollte dies auch gemacht werden. Hier ist die Bestimmung der Kosten aber dann nicht ganz so einfach, vor allem wenn Maschinensätze bestimmt werden müssen.

Die Bestimmung der Kosten für das Material ergibt sich durch Anfragen von Angeboten bei Zulieferern. Hier werden oft auch schon Zuschnitte angefertigt, was den weiteren Umgang mit den Teilen extrem vereinfacht. So gilt es letztendlich wirklich nur noch die Kosten für die Fertigung zu bestimmen. Für größere Arbeiten gibt es hier schon Berechnungsprogramme, die Maschinenzeiten, Umrüstzeiten und Schweißzeiten bestimmen können mit denen man dann durch Umrechnen auf die Kosten schließen kann. Bei kleineren Aufgaben, werden die Kosten meist durch die Erfahrung von Konstrukteuren oder Arbeitern der Fertigung abgeschätzt und ungefähr angegeben. Sie können erst nach der Fertigung ganz exakt angegeben werden.

Durch die Auflistung und Aufstellung all dieser Faktoren erlangt man so schließlich die finale Kostenaufstellung der Fertigung der Messeinrichtung, diese Aufstellung kann so nun dem Kunden weiter gegeben werden, von dem dann entschieden wird wann und wo die Fertigung letztendlich durchgeführt wird.

In der Abbildung 8.4 ist eine Auflistung der wichtigsten Zukaufteile dargestellt. Zusätzlich wird die Bestellnummer und der Bestellort samt Preis inklusive Mehrwertsteuer, laut den jeweiligen Angeboten angegeben.

Da einige Schritte der Fertigung an andere Firmen vergeben werden, sind in Abbildung 8.5 die Angebote der Firmen HABA GmbH und Johann Stari GmbH für Aluminium- und Stahlzuschnitte sowie die Fertigung des Stehers für den Rahmen, als auch die Fertigung des gesamten Kragarms.

Motoren und Motorsteuerung				
Anzahl:	Prduktbezeichnung:	Bestellnummer:	Bestellort:	Preis inkl. MwSt:
2	Motorsteuerung	SMCI33-1	Nanotec	348,80 €
2	I/O Stecker	ZCPHOFK-MC0,5-12	Nanotec	15,80 €
2	Stecker für Encoder	ZCPHOFK-MC0,5-5	Nanotec	7,80 €
2	Motorstecker	ZCPHOFK-MC0,5-4	Nanotec	6,80 €
2	Ladekondensator	Z-K4700/50	Nanotec	7,60 €
1	Schaltnetzteil	NTS-48V-2,5A	Nanotec	48,70 €
1	NOE2 - Optischer 3-Kanal-Encoder	NOE2-05-K15 (15 mm)	Nanotec	71,60 €
1	L59 – Linearaktuator mit Trapezspindel	L5918S2008-T10X2	Nanotec	99,50 €
1	ST4209 - Schrittmotor - NEMA 17	ST4209S1404	Nanotec	27,60 €
1	GPLL - Economy-Planetengetriebe	GPLL40-14	Nanotec	45,60 €
1	NOE2 - Optischer 3-Kanal-Encoder	NOE2-05-B14 (5mm)	Nanotec	71,60 €
2	Connection cable	ZK-USB	Nanotec	11,80 €
Gesamtkosten Motoren und Motorsteuerung:				763,20 €

Datenerfassung				
Anzahl:	Prduktbezeichnung:	Bestellnummer:	Bestellort:	Preis inkl. MwSt:
1	NI USB-6210 M-Serie inkl. Driver Software	779675-01	NI	707,75 €
Gesamtkosten Datenerfassung:				707,75 €

Linearführungsschienen				
Anzahl:	Prduktbezeichnung:	Bestellnummer:	Bestellort:	Preis inkl. MwSt:
1	Schiene SHS15 mit 2 Schlitten	SHS15C2SS+2200L	THK	521,78 €
1	Schiene SHS15 mit 1 Schlitten	SHS15C1SS+2200L	THK	449,42 €
2	Schiene SHS25 mit 2 Schlitten	SHS25C2SS+1500L	THK	959,36 €
Gesamtkosten Linearführungsschienen:				1 930,56 €

Sensoren				
Anzahl:	Prduktbezeichnung:	Bestellnummer:	Bestellort:	Preis inkl. MwSt:
2	UM18-211127112	6048395	SICK	473,40 €
Gesamtkosten Datenerfassung:				473,40 €

Weitere Zukaufteile				
Anzahl:	Prduktbezeichnung:	Bestellnummer:	Bestellort:	Preis inkl. MwSt:
1	Ausgleichkupplungen	60272200	Mädler	18,47 €
2	HTD-Zahnriemenrad	17242000	Mädler	5,30 €
1	Klemmplatte Aluminium	17359900	Mädler	3,96 €
1 x ca 5m	Zahnriemen HTD 5M 25mm	17350000	Mädler	79,98 €
2	Stehlagereinheit BK 10	64200112	Mädler	128,59 €
2	Stehlagereinheit BF 10	64200212	Mädler	54,07 €
2	Kugelflanschlager UCF 205	62602500	Mädler	10,82 €
3	Speichen-Handrad 125mm 3 Speichen	67341200	Mädler	59,22 €
3	Ballengriff 20mm Ausführung E	66312000	Mädler	23,54 €
3	Gelenkteller Ausführung A	65521200	Mädler	46,73 €
1	Gewindestange M 10 x 1000mm rs	65001000	Mädler	1,66 €
1	Gewindestange M 10 x 1000mm ls	65031000	Mädler	3,26 €
1	Spannschloßmutter M10	65391000	Mädler	2,42 €
1	Gabelgelenk mit Splintbolzen	63700900	Mädler	2,18 €
1	Gabelgelenk mit Splintbolzen LG	63710900	Mädler	2,28 €
6	Trapezgewindemutter 18 x 4	64301800	Mädler	40,61 €
2	Trapezgewindespindel 18 x 4 x1000 mm	64001800	Mädler	32,54 €
2	Passfeder DIN 6885 10 x 8 x 35 mm	61817400	Mädler	0,43 €
2	Lenkrolle mit Totalfeststeller	CSST 125 PSK	Rollenbau	48,90 €
2	Bockrolle	CSSF 125 PSK	Rollenbau	35,60 €
Gesamtkosten Zukaufteile:				600,58 €

Abbildung 8.4: Kostenaufstellung Teil 1

Aluminium- Stahlzuschnitt; Fertigung Steher und Tragarm				
Anzahl:	Pruduktbezeichnung:	Bestellnummer:	Bestellort:	Preis inkl. MwSt:
1	Planstahl Zuschnitt	VO13241-1	Haba GmbH	264,80 €
1	Aluminium Zuschnitt	VO13232-1	Haba GmbH	321,00 €
1	Fertigung Steher und Tragarm		Johann Stari GmbH	4 404,00 €
Gesamtkosten Aluminium- Stahlzuschnitt; Fertigung Steher und Tragarm:				4 989,80 €
Gesamtkosten Zukaufteile, Zuschnitt und Fertigung:				9 465,29 €

Abbildung 8.5: Kostenaufstellung Teil 2

Kleinteile wie zum Beispiel Schrauben usw. werden in dieser Auflistung noch nicht berücksichtigt. Insgesamt sollten die gesamten Kosten für Material, Zukaufteile und Fertigung in anderen Firmen allerdings unter 10 000,00 Euro bleiben.

9 Hinweise zur Steuerung der Messeinrichtung

Grundsätzlich ist das programmieren und erstellen der Steuerung nicht mehr Teil der Diplomarbeit, trotzdem sollen hier einige Hinweise und Gedanken über die Steuerung der Messeinrichtung angeführt werden. Hier gibt es viele verschiedene Ansätze, die von einer vollkommenen Automatisierung bis hin zum manuellen Bedienen aller Befehle durch Drucktasten reicht. Hier gibt es allerdings schon einige Vorgaben in der Anforderungsliste und auch Wünsche des Kunden. Generell sollte die Messeinrichtung über einen Computer bedient werden, um so auch gleich die ausgegebenen Messergebnisse sehen und sichern zu können. Es sollten allerdings auch Tasten an der Maschine sein, mit denen auch ohne Computer einfache Befehle ausgeführt werden können. Solche einfachen und grundlegenden Befehle wären zum Beispiel das Verfahren des Hubschlittens oder das Verfahren des Sensorschlittens. Beides wird benötigt um die Messeinrichtung zum Beispiel in die Transportstellung einzuklappen.

Es gilt also die Steuerung so zu programmieren, dass diese beiden Ansätze möglich sind. Anbieten würde sich hier eine Steuerung aller Funktionen durch das Programm Labview, ein in der Messtechnik sehr verbreiteter Ansatz. Besonders zum Ansteuern der Schrittmotoren und der Sensoren wäre dieses Programm sehr gut geeignet. Auch die Ausgabe der Messergebnisse der Sensoren könnte damit sehr gut gehandhabt werden.

Prinzipiell ist Labview ein graphisches Programmierprogramm, so können alle in Programmiersprachen üblichen Elemente, wie zum Beispiel Schleifen, graphisch dargestellt und so programmiert werden. Dies ergibt einen sehr übersichtlichen Programmcode, welcher auch bei Änderungen sehr flexibel ist.

Es kann und sollte im vorliegenden Fall auch eine Benutzeroberfläche zur Bedienung geschaffen werden. Auf ihr sollten alle Steuergrößen ausgegeben und eingestellt werden können. So sollten zum Beispiel zum Verfahren eines der Schlitten verschiedene Möglichkeiten gegeben sein. Neben dem Anfahren einer bestimmten Position, sollte auch das Verfahren in verschiedenen Geschwindigkeitsstufen möglich sein. Die von den Sensoren ausgegebenen Messergebnisse sollten in eine externe Datei ausgegeben werden, um einfach weiter verarbeitet werden zu können, zum Beispiel in eine Excel-Datei. Hier müssen neben den Messergebnissen auch die Koordinaten, bei denen die jeweiligen Ergebnisse gemessen wurden, festgehalten werden. Man

sollte also eine Tabelle erhalten mit generellen Informationen zur Messung und schließlich der Längskoordinate am Tragarm und dem Messergebnis.

Die manuell bedienbaren Tasten sollten direkt an der Messeinrichtung angebracht werden, hier würde sich ein kleines Bedienpanel am Tisch oder am Rahmen anbieten, auf dem die Tasten nebeneinander angebracht sind. Wichtige Befehle, die man auch ohne Computer ausführen können sollten, sind das Verfahren des Hubschlittens und des Sensorschlittens. So könnte man nach dem Ausklappen des Tragarms, gleich die Höhe des Tragarms einstellen und den Sensorschlitten in seine Ausgangsposition bringen. Nach der Messung könnte der Arm wieder in die Position gebracht werden, in der er Zusammengeklappt und schließlich verriegelt werden kann. Hier sollten einfache Druckknöpfe angebracht werden, mit denen die Schlitten in die jeweilige Position verfahren werden können. Dazu wäre ein Regler, zu Beispiel ein Drehknopf, zum Regeln der Geschwindigkeit sehr hilfreich. So könnte beim groben Verfahren sehr schnell gefahren werden und beim genauen Einstellen auch manuell sehr präzise vorgegangen werden.

10 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde eine Messeinrichtung entwickelt und konstruiert, sowie ihre Fertigung vorbereitet. Mit Hilfe dieser Messeinrichtung ist es dem Benutzer möglich, den Durchhang eines Stahlförderbandes direkt an einer Anlage längs und quer zur Förderrichtung zu vermessen. Dabei wurde der Produktentwicklungsprozess aus [4], eine Anpassung des in VDI 2221 und 2222 beschriebenen Produktentwicklungsprozesses an den Maschinenbau, durchlaufen. Die Ergebnisse dieses Prozesses sind die Dokumentation des Entwicklungsprozesses, die vollständigen Fertigungszeichnungen und Stücklisten, die Ausarbeitung der Fertigungsverfahren der Einzelteile sowie die Aufstellung aller Zukaufteile und deren Kostenanfrage. In weiterer Folge kann mit Hilfe der ausgearbeiteten Fertigungsunterlagen die Messeinrichtung gefertigt werden. Da zum Zeitpunkt der Fertigstellung dieser Arbeit die Finanzierung und Abwicklung der Fertigung noch nicht vollständig vom Kunden geklärt ist, können zum weiteren Verlauf keine Angaben gemacht werden.

Prinzipiell lässt sich jedoch sagen, dass der Kunde mit der fertigen Messeinrichtung eine Maschine erhält, welche allen Anforderungen der Anforderungsliste entspricht und relativ kostengünstig produziert werden kann. Außerdem wurde die Messeinrichtung so konstruiert, dass sie auf neue Anforderungen flexibel und relativ leicht umgerüstet werden kann. So ist eine Umrüstung auf Laserabstandssensoren relativ leicht durchführbar, sollte dies nötig sein oder gewünscht werden. Auch kann der Sensorschlitten leicht noch mit anderen Sensoren ausgestattet werden, um noch andere Parameter zu vermessen. Die Fertigung der Messeinrichtung wird auch schon so vorbereitet, dass es nur noch das OK zum Start benötigt und auch die Zukaufteile wurden bereits angefragt und müssen nur noch final bestellt werden, sodass bereits einige Wochen nach Start der Produktion der Einzelteile mit der Montage begonnen werden kann. Die Inbetriebnahme der Messeinrichtung wird aller Voraussicht nach am Institut für Konstruktionswissenschaften und technische Logistik der TU Wien durchgeführt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] Dipl. Ing. Thomas Gabmayer. *Untersuchung der Effektivität verschiedener Steuereinrichtungen zur Beeinflussung des seitlichen Laufverhaltens von Edelstahlprozessbändern*. Technische Universität Wien, 2011.
- [2] Heinz D. Helber. *The Steel Belt Book, A complete guid to the technology and use in conveying and sorting applications*. Sandvik Process Systems GmbH, 1993.
- [3] Maximilian Koller. *Diplomarbeit: Simulation des Seitlichen Verlaufens von endlosen Stahlbändern*. 2009.
- [4] Gerhard Pahl, Wolfgang Beitz, Hans-Joachim Schulz, and U Jarecki. *Pahl/Beitz Konstruktionslehre: Grundlagen erfolgreicher Produktentwicklung. Methoden und Anwendung*. Springer-Verlag, 2013.
- [5] Dipl.-Ing. Peter Ritzinger. *Seitliches Bandverlaufen von langsam laufenden Metallbändern auf zylindrischen Trommeln*. 1997.
- [6] Klemens Gregor Schulmeister. *Modellierung und Regelung des lateralen Laufverhaltens von Stahlprozessbändern*. 2009.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Stahlbandanlage Quelle: www.berndorf-band.at	2
2.2	Automatisierte Verlaufsregelung [www.berndorf-band.at]	5
3.1	Typische Schallkeule	7
3.2	Lasertriangulationsverfahren	9
4.1	Entwicklungs- und Konstruktionsprozess [4]	11
5.1	Hauptarbeitsschritte zum Aufstellen der Anforderungsliste [4]	13
5.2	Prüfstand	15
5.3	Anforderungsliste	19
6.1	Arbeitsschritte beim Konzipieren [4]	21
6.2	Erster 3-dimensionaler Entwurf	23
7.1	Hauptarbeitsschritte beim Entwerfen [4]	25
7.2	Rahmen, Fahrwerk und Stützfüße	27
7.3	Morphologischer Kasten Teil 1	35
7.4	Morphologischer Kasten Teil 2	36
7.5	Morphologischer Kasten Teil 1 V1	37
7.6	Morphologischer Kasten Teil 2 V1	38
7.7	Messeinrichtung gesamt V1 1	39
7.8	Messeinrichtung gesamt V1 2	40
7.9	Messeinrichtung gesamt V1 3	41
7.10	Opferträger	43
7.11	Hubkraft des gewählten Hubmotors [www.nanotec.com]	44
7.12	Morphologischer Kasten Teil 1 V2	45
7.13	Messeinrichtung gesamt V2 1	46
7.14	Messeinrichtung gesamt V2 2	47
7.15	Rahmen	49
7.16	Hubschlitten	51
7.17	Morphologischer Kasten Teil 1 V3	52
7.18	Morphologischer Kasten Teil 2 V3	53
7.19	Messeinrichtung gesamt V3 1	54
7.20	Messeinrichtung gesamt V3 2	55
7.21	Messeinrichtung gesamt V3 3	56
7.22	Rahmen V3	58
7.23	Hubschlitten V3	61
7.24	Sensorschlitten V3	65
7.25	Sensorschlittenantrieb V3	68
8.1	Arbeitsschritte beim Ausarbeiten [4]	72
8.2	Fertigungszeichnung des Sensorschlittens	76
8.3	Gesamte Messeinrichtung	78
8.4	Kostenaufstellung Teil 1	80
8.5	Kostenaufstellung Teil 2	81

Anhang



UM18-211127112

UM18

ULTRASCHALLSENSOREN

SICK
Sensor Intelligence.



Bestellinformationen

Typ	Artikelnr.
UM18-211127112	6048395

Weitere Geräteausführungen und Zubehör → www.sick.de/UM18



Technische Daten im Detail

Performance

Betriebsreichweite, Grenzreichweite	30 mm ... 250 mm, 350 mm
Auflösung	≥ 0,069 mm
Reproduzierbarkeit	± 0,15 % ¹⁾
Genauigkeit	± 1 % ^{1) 2)}
Temperaturkompensation	✓
Ansprechzeit	32 ms ³⁾
Ausgabezeit	8 ms
Ultraschallfrequenz (typisch)	320 kHz
Erfassungsbereich (typisch)	Siehe Diagramme
Zusatzfunktion	Einlernbarer Analogausgang, invertierbarer Analogausgang, Temperaturkompensation, Multifunktionseingang: Externer Teach / Synchronisation / Multiplexing, Synchronisation von bis zu 10 Sensoren, Multiplexing: keine gegenseitige Beeinflussung von bis zu 10 Sensoren, Zurücksetzen auf Werkseinstellungen ⁴⁾

¹⁾ Bezogen auf den aktuellen Messwert.

²⁾ Temperaturkompensation abschaltbar, nicht temperaturkompensiert: 0,17 % / K.

³⁾ Die nachgelagerte Glättung des Analogsignals kann die Ansprechzeit applikationsbedingt um bis zu 200 % verlängern.

⁴⁾ Funktionen können je nach Sensorvariante variieren.

Schnittstellen

Analogausgang	1 x 0 V ... 10 V (≥ 100 kΩ)
Auflösung Analogausgang	12 bit
Multifunktionseingang (MF)	1 x MF

Mechanik/Elektrik

Versorgungsspannung U_v	DC 10 V ... 30 V ^{1) 2)}
Leistungsaufnahme	≤ 1,2 W ³⁾
Initialisierungszeit	< 300 ms
Bauform	Zylindrisch

¹⁾ Grenzwerte, verpolsicher. Betrieb in kurzschlussgeschütztem Netz: max. 8 A.

²⁾ 15 V ... 30 V bei Nutzung des analogen Spannungsausgangs.

³⁾ Ohne Last.

Gehäusematerial	Messing vernickelt Ultraschallwandler: Polyurethanschaum, Epoxidharz mit Glasanteilen
Anschlussart	Stecker, M12, 5-polig
Anzeige	2 x LED
Gewicht	30 g
Sendeaustritt	Gewinkelt

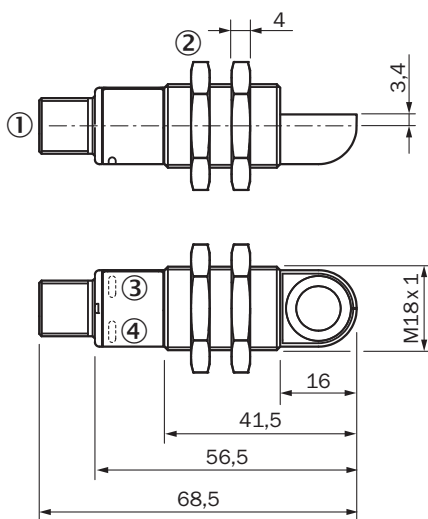
- 1) Grenzwerte, verpolsicher. Betrieb in kurzschlussgeschütztem Netz: max. 8 A.
 2) 15 V ... 30 V bei Nutzung des analogen Spannungsausgangs.
 3) Ohne Last.

Umgebungsdaten

Schutzart	IP 67
Schutzklasse	III
Umgebungstemperatur	Betrieb: -25 °C ... +70 °C Lager: -40 °C ... +85 °C

Maßzeichnung (Maße in mm)

UM18-2xxxxxx2



- ① Anschluss
 ② Befestigungsmuttern, SW 24 mm
 ③ Statusanzeige Betriebsspannung aktiv (grün)
 ④ Statusanzeige des Schalt-/Analogausgangs (orange)

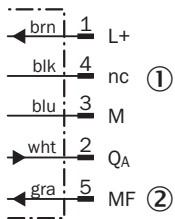
Anschlussart

Stecker M12, 5-polig



Anschlussschema

UM18-21xxx6xxx UM18-21xxx7xxx Stecker M12, 5-polig

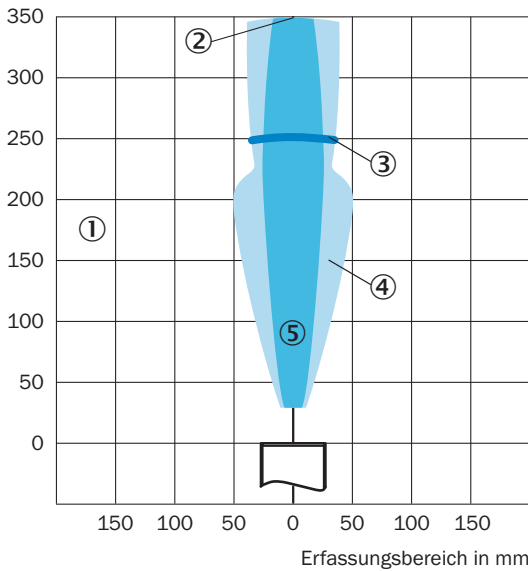


- ① Nicht belegt
- ② Multifunktionseingang/Synchronisations- und Multiplexbetrieb/Kommunikation Connect+

Erfassungsbereich

UM18-211


Erfassungsbereich in mm

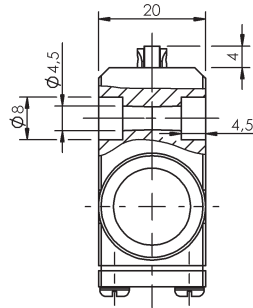
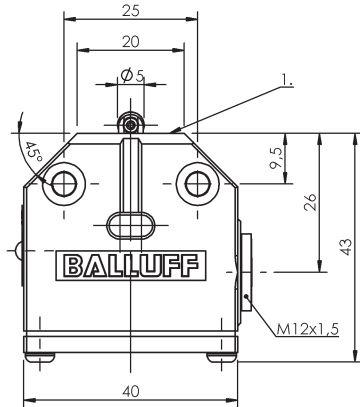


- ① Erfassungsbereich abhängig von Reflexionseigenschaften, Größe und Ausrichtung des Objekts
- ② Grenreichweite
- ③ Betriebsreichweite
- ④ Beispielobjekt: ausgerichtete Platte 500 mm x 500 mm
- ⑤ Beispielobjekt: Rundstab mit einem Durchmesser von 10 mm

Empfohlenes Zubehör

Weitere Geräteausführungen und Zubehör → www.sick.de/UM18

	Kurzbeschreibung	Typ	Artikelnr.
Universal-Klemmsysteme			
	Platte H für Universalklemmhalter, Stahl, verzinkt, inklusive Universalklemmhalter und Befestigungsmaterial	BEF-KHS-H01	2022465



1) Bezugs-kante

- Mech. Positionsschalter
- Sprungkontakt
- Rolle



Allgemeine Merkmale

Zusätzliche Eigenschaften
Zulassungen / Konformität

keine
CE
CCC

Grundnorm
DIN-Schalter
Schutzart nach IEC 60529
Funktionsanzeige

IEC 60947-5-1
nein
IP67
1. Stelle: keine

Elektrische Merkmale

Bemessungsbetriebsspannung Ue
Dauerstrom
Schaltfunktion mechanisch

1. Schaltstelle: 250 V AC
1. Schaltstelle: 5 A
einpoliger Wechsler

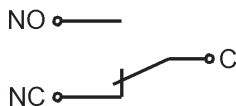
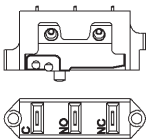
Mechanische Merkmale

Abstand Nocken bis Bezugs-kante
Anfahr-geschwindigkeit
Anfahr-richtung
Anschluss
Anzahl Schaltstellen
Ausführung
Bauart
Bauform

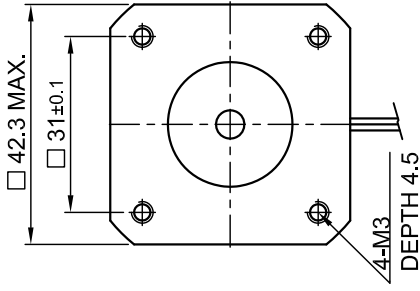
1. Schaltstelle: 2,8 - 0,5 mm
1. Schaltstelle: 60 m/min
längs o. quer z. Anschraubfl.
1. Lötanschluss
1 ST
Sprungkontakt
Mech. Positionsschalter
99 EGT

Breite
Durchführung Flansch
Gehäusebeschichtung
Höhe (H)
Lebensdauer mechanisch
Mechanische Einbaubedingung
Schaltbetätigungs-kraft
Schaltelement
Schalthäufigkeit
Stecker
Stößelabstand 1. Schaltstelle
Stößeldurchmesser
Stößelform
Teilung (T)
Tiefe
Umgebungstemperatur Ta max.
Umgebungstemperatur Ta min.
Wechseleinheit
Werkstoff Gehäuse
Werkstoff Kontakt
Werkstoff Stößel
Wirkprinzip

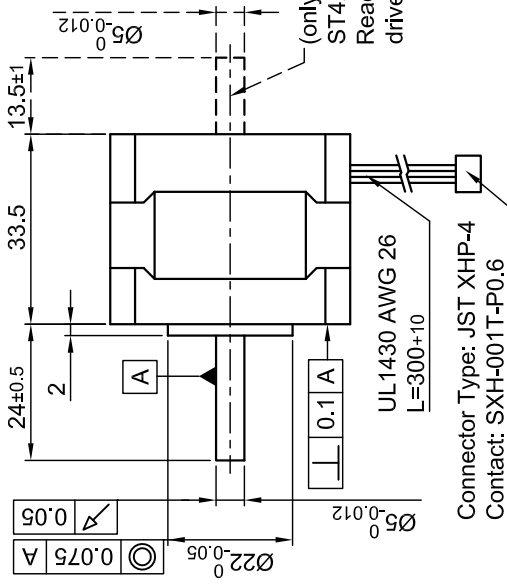
40 mm
keine
Eloxal
20,0 mm
1. Stelle: 10 Mio. Schaltsp.
beliebig
1. Schaltstelle: min. 8 N
1. Stelle: BSE 69.1
1. Schaltstelle: max. 200/min
keiner
10 mm
6,0 mm
1. Schaltstelle: Rolle
keine
43,0 mm
85 °C
-5 °C
nein
Aluminium
1. Stelle: Feinsilber
1. Stelle: nichtrost. Stahl
1. Schaltstelle: mechanisch



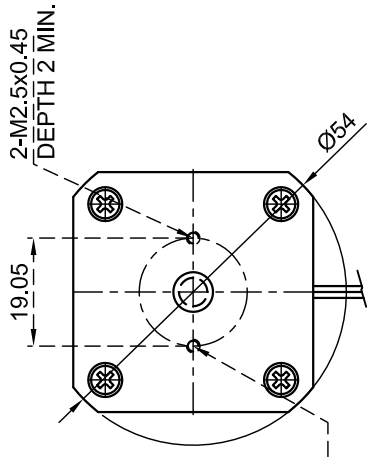
Front view and mounting



Side view



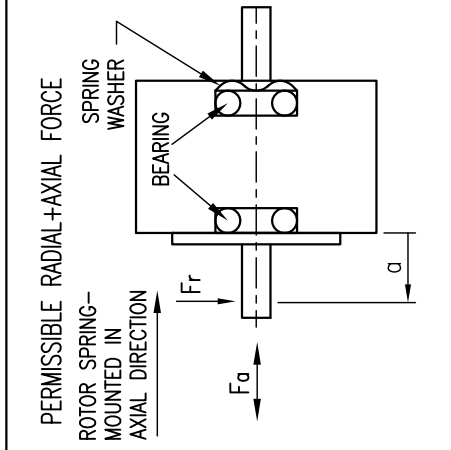
Rear view



(only for type ST4209S1404-B
Ready for encoder + driver mount)

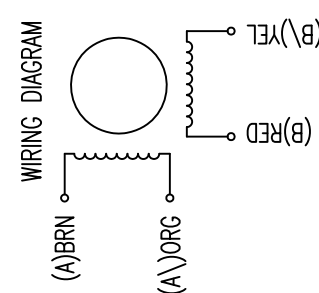
Connector Type: JST XHP-4
Contact: SXH-001T-P0.6

CONNECTION	BIPOLAR
SPECIFICATION	
VOLTAGE (VDC)	2.79
AMPS/PHASE	1.33
RESISTANCE/PHASE (Ohms)@25°C	2.1±15%
INDUCTANCE/PHASE (mH) @1KHz	5.2±20%
HOLDING TORQUE (Nm) [lb-in]	0.22 [1.947]
DETTENT TORQUE (Nm) [lb-in]	6.6x10 ⁻³ [0.0584]
STEP ANGLE (°)+ ACCURACY	0.9±5%
BACK-EMF (V) (300 U/min)	4 Δ
ROTOR INERTIA (kg-m ²) [lb-in ²]	3.5x10 ⁻⁶ [0.012]
WEIGHT (kg) [lb]	0.22 [0.485]
TEMPERATURE RISE: MAX.80°C (MOTOR STANDSTILL; FOR 2 PHASE ENERGIZED)	
AMBIENT TEMPERATURE	-10~ 50°C [14°F ~ 122°F]
INSULATION RESISTANCE 100 Mohm (UNDER NORMAL TEMPERATURE AND HUMIDITY)	
INSULATION CLASS	B 130° [266°F]
DIELECTRIC STRENGTH 500VAC FOR 1 MIN. (BETWEEN THE MOTOR COILS AND THE MOTOR CASE)	
AMBIENT HUMIDITY	MAX. 85% (NO CONDENSATION)



PERMISSIBLE RADIAL+AXIAL FORCE	AXIAL-FORCE Fa (N)	Radial
ROTOR SPRING MOUNTED IN AXIAL DIRECTION	5	15
	10	20
	58	36
	26	20
	0.075	0.025
	10	5.0

TYPE OF CONNECTION (EXTERN)	MOTOR			
	BIPOLAR	CONNECTOR PIN NO.	LEADS	WINDING
A	—	1	BRN	A
A\	—	2	ORG	A\
B	—	3	RED	B
B\	—	4	YEL	B\



FULL STEP 2 PHASE-Ex.,
WHEN FACING MOUNTING END (X)

STEP	A	B	A\	B\	CCW	CW
1	+	+	-	-	←	→
2	-	+	+	-	→	←
3	-	-	+	+	←	→
4	+	-	-	+	→	←

3	VALUE OF BACK-EMF	20.06.11	LB
2	DATA ADAPTED	14.09.09	J.W.
1	DATA CORRECTION	30.04.08	J.W.
REV	DESCRIPTION	DATE	APVD

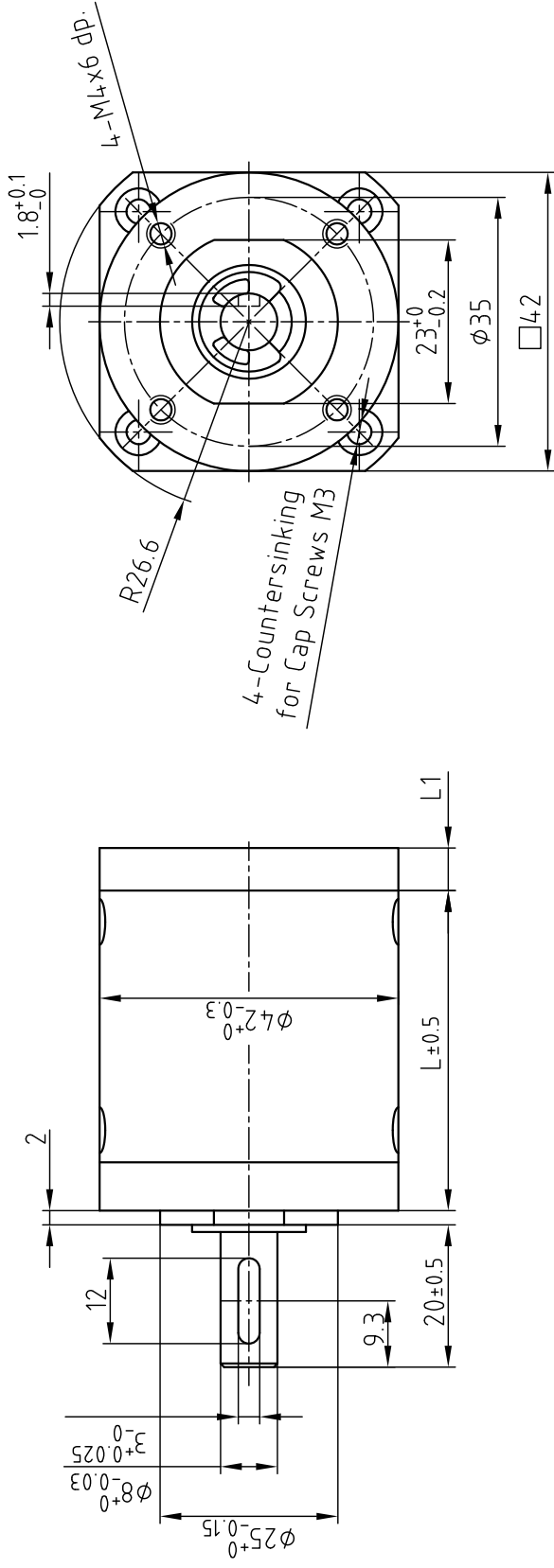
S.H.alpha.	26.02.07
J.W.	28.06.06
SIGNATURE	DATE

STEPPING MOTOR	
DWG.NO	ST4209S1404



ST4209S1404

DIMENSION (UNIT : mm)



FLANGE SPECIFICATIONS

MOTOR		L1 (mm)	
ST41., ST42..		6.0	
DB42			

GEARBOXES SPECIFICATIONS \triangle

RATIO	RATED TORQUE (Nm) max.	MAX. TORQUE (Nm) max.	EFFICIENCY (%)	RADIAL PLAY OF SHAFT (mm)	THRUST PLAY OF SHAFT (mm)	L (mm)	WEIGHT (Kg)	SHAFT AXIAL LOAD (N)	RADIAL LOAD (10mm FROM FLANGE) (N)
1/4	0.5	1.5	80%	\triangle	\triangle	27.5	0.191	30	50 \triangle
1/14	1.0	3.0	70%	\triangle	\triangle	34.2	0.191		
1/24	1.0	3.0	70%	\triangle	\triangle	34.2	0.191		
1/49	1.8	5.4	60%	\triangle	\triangle	40.9	0.231		

								GPLL40+Zwischenflansch	
2	UPDT DIFF. VALUES	24.01.14	J.D.	SCALE FREE		APVD	CHKD		
1	CHANGE LENGTH	17.7.13	A.S.	X ± 0.5	1PL ± 0.2	DRN	J.W.	14.11.2008	DWG.NO
REV	DESCRIPTION	DATE	APVD	2PL ± 0.1	ANGLE $\pm 30'$	SIGNATURE		DATE	GPLL40





TECHNISCHE DATEN

	NOE2-05	NOE2-24
Auflösung	1000, 2000, 4000 Imp./Umdrehung	1000, 2000, 4000 Imp./Umdrehung
Signalform	Rechtecksignal	Rechtecksignal
Ausgangssignale	Phase A, A, B, B, I, I	Phase A, A, B, B, I, I
Betriebsspannung	DC 4.5 V bis 5.5 V	24 VDC
Stromaufnahme	typ. 30 mA	typ. 15 mA
Grenzfrequenz	60 KHz (1000 Imp./U) 120 KHz (2000 Imp./U) 240 KHz (4000 Imp./U)	60 KHz (1000 Imp./U) 120 KHz (2000 Imp./U) 240 KHz (4000 Imp./U)
Grenzgeschwindigkeit	3600 U/min	3600 U/min
Pulsbreite	180 ± 30 °e	180 ± 30 °e
Phasenverschiebung	90 ± 18 °e	90 ± 18 °e
Signalpegel	Low 0 V; High/ +3.5 V (±10%, ohne Last), +3V (±10%, unter Last 20mA)	Low 0 V; High Vcc -0.5 V
Max. Ausgangsstrom pro Kanal	150 mA	200 mA
Betriebstemperatur	-20 ° bis 85 °C	-20 ° bis 85 °C
Lagertemperatur	-40 ° bis 85 °C	-40 ° bis 85 °C
Luftfeuchtigkeit	Max. 90 %, nicht kondensierend	Max. 90 %, nicht kondensierend

AUSFÜHRUNGEN

Typ	Index	Line/Treiber	Spannung	Impulse pro Umdrehung
NOE2-05-B	Ja	Ja	5	1000
NOE2-05-K	Ja	Ja	5	4000
NOE2-24-B	Ja	Ja	24	1000
NOE2-24-K	Ja	Ja	24	4000

BESTELLBEZEICHNUNG

NOE2-05-B
14 = 5 mm
06 = 6.35 mm
10 = 10 mm, Typ Hohlwelle
15 = 15 mm, Typ Hohlwelle

ZUBEHÖR

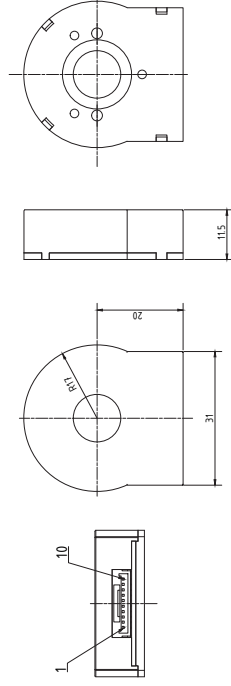
ZK-NOE1-10-500-S Encoderkabel

WARNHINWEIS

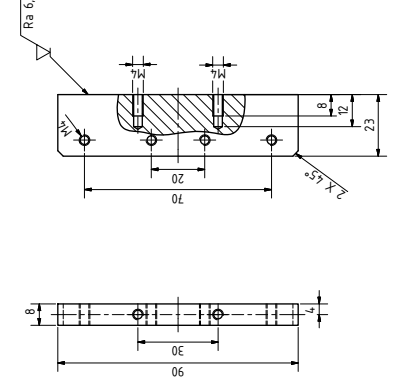
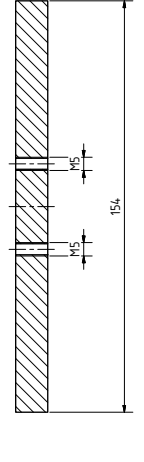
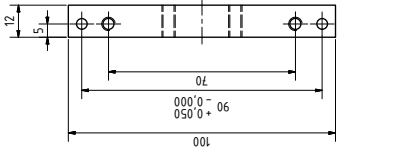
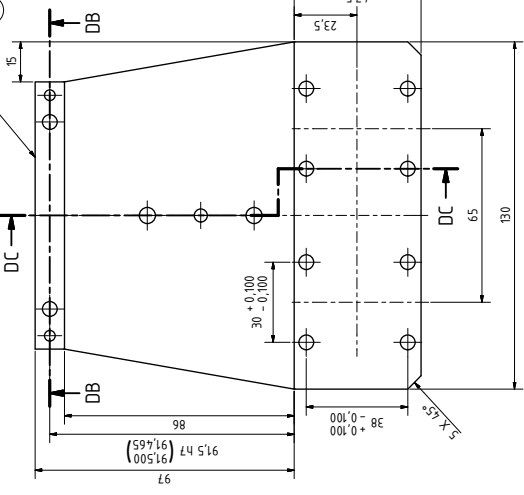
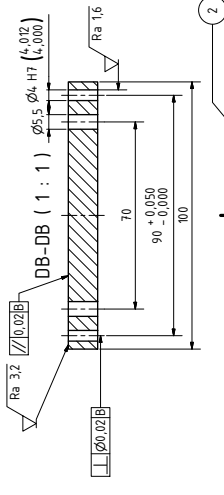
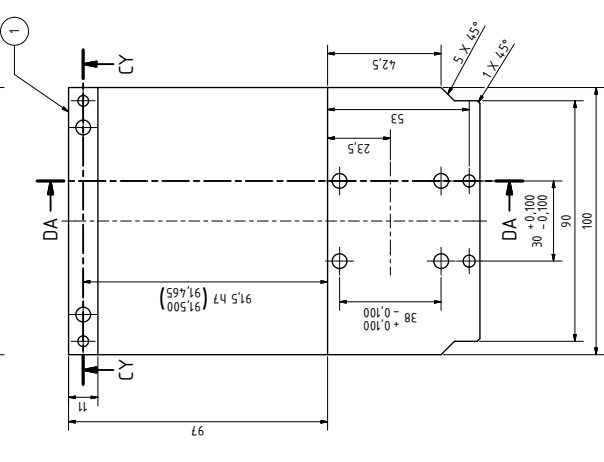
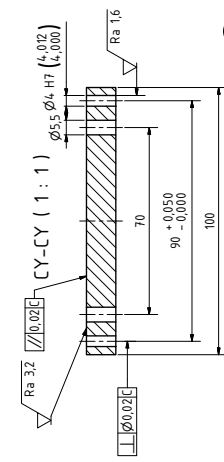
Bitte beachten Sie, dass die Encoder nur in Kombination mit Motoren erhältlich sind und der Aufbau durch Nanotec erfolgen muss.

MASSBILD (IN MM)

NOE2

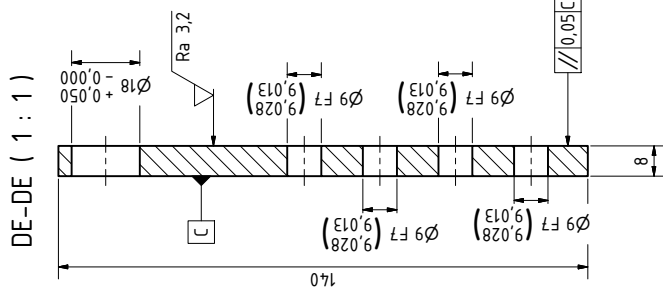
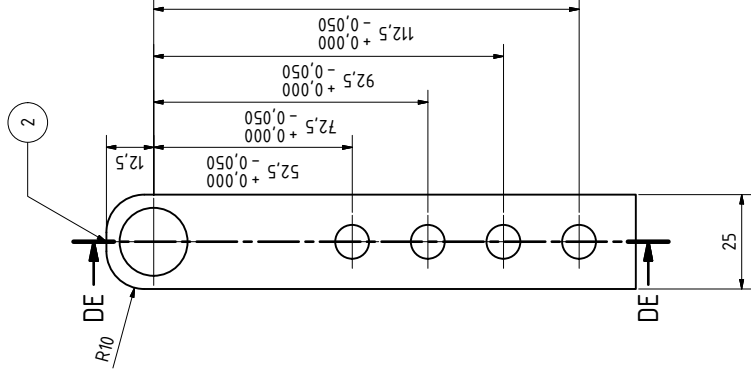
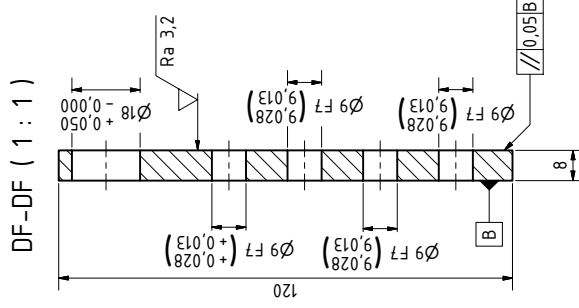
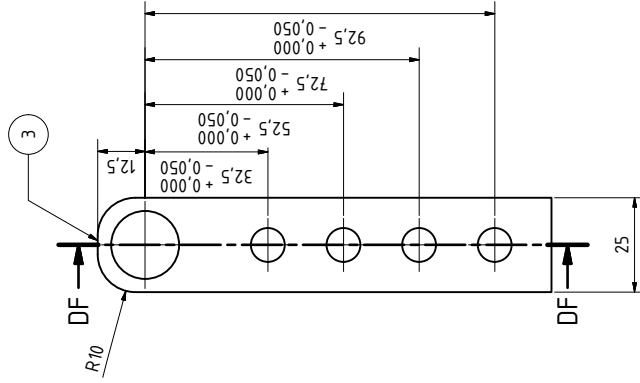
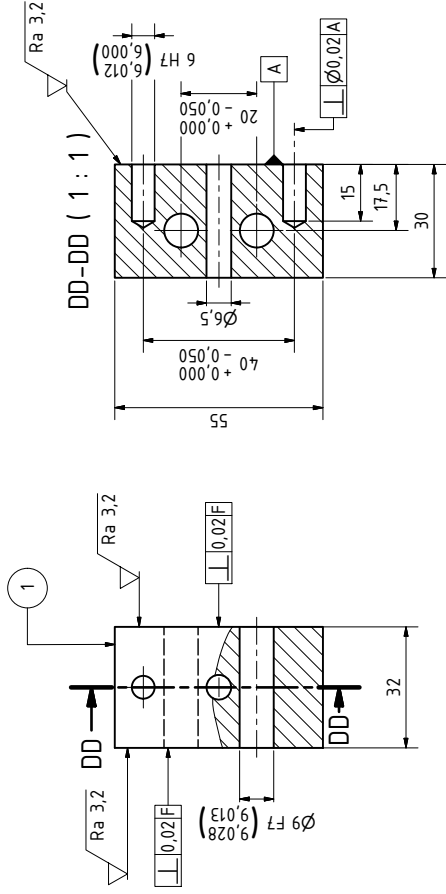


Fertigungszeichnungen der Messeinrichtung



Alle nicht extra gekennzeichneten Bohrungen Ra 3.2
 (Ra 6.3 ; Ra 1.6)

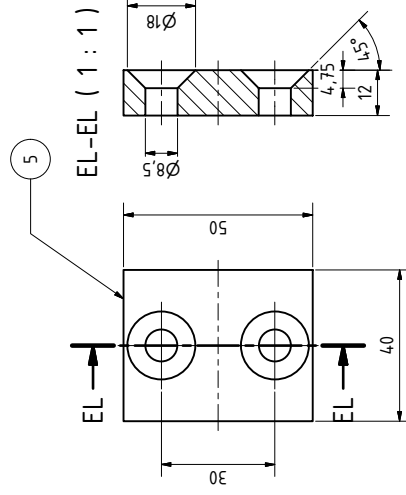
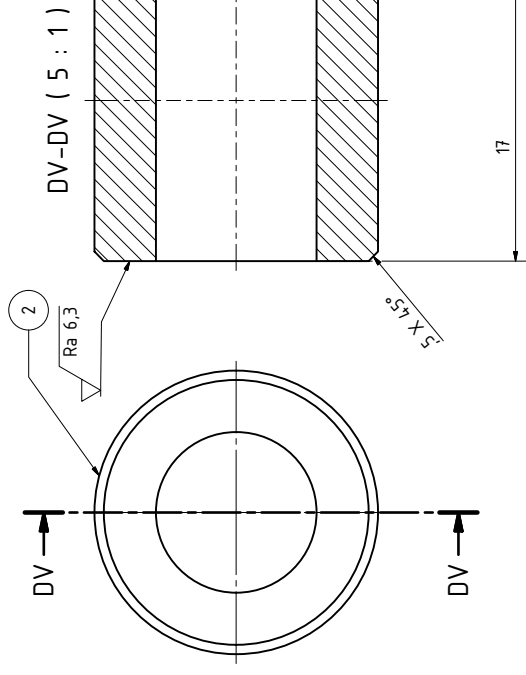
TEILELISTE				
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNÄMME	MATERIAL	BESCHREIBUNG
1	1	Schliffenplatte seitlich THK 1 V4	Aluminium	
2	1	Schliffenplatte seitlich THK 2 V4	Aluminium	
3	1	Schliffenplatte oben V4	Aluminium	
4	1	Schliffen Endschalterhalterung V4	Aluminium	
Maßstab: 1:1				
ISO 2768-mH				
Dateiname: ...				
Dateipfad: ...				
Datei: ...				
Menge: ...				
Zustand: ...				
Gezeichnet: ...				
Geprüft: ...				
Freigegeben: ...				
Schliffen				
Messenrichtung Zeichnungen V4				



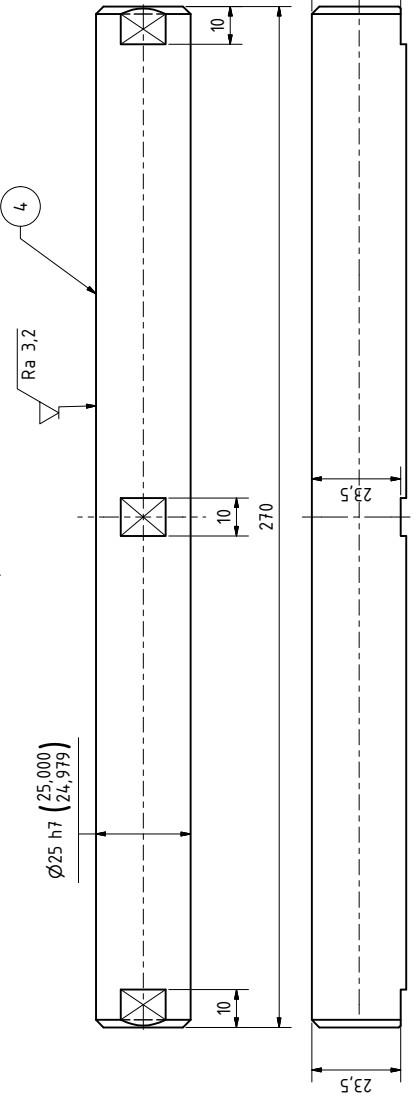
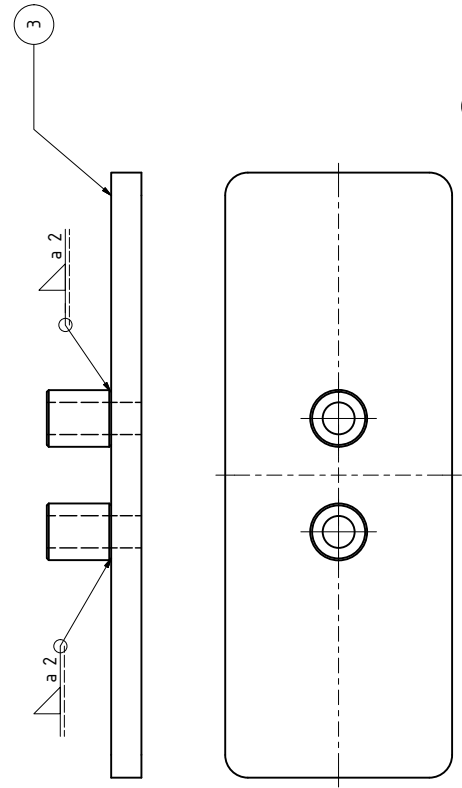
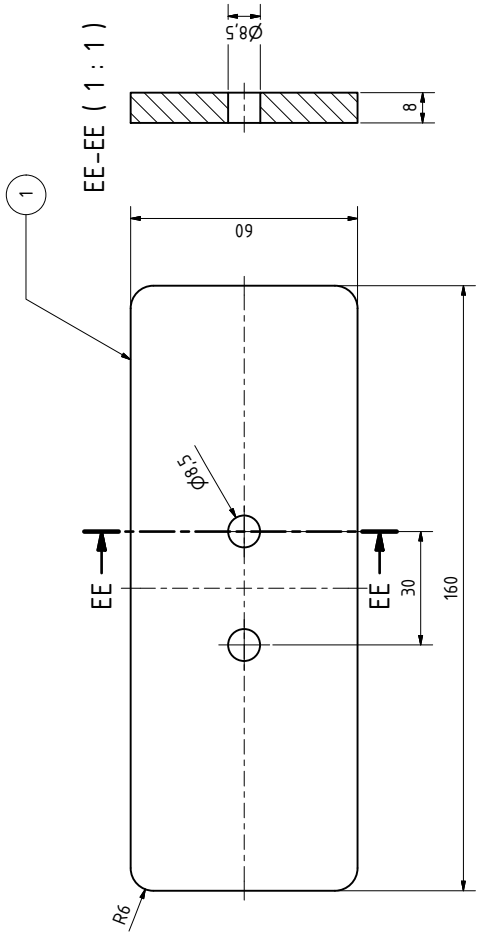
$\sqrt{\text{Ra } 6,3}$; $\sqrt{\text{Ra } 3,2}$

OBJEKT		TEILELISTE		BESCHREIBUNG	
ANZAHL	BAUTEILNUMMER	MATERIAL	MATERIAL	MATERIAL	BESCHREIBUNG
1	Absfahrsensor	Aluminium	Aluminium		
2	Halterung Basisblock	Aluminium	Aluminium		
3	Halterung Lochblech lang	Aluminium	Aluminium		
	Halterung Lochblech kurz	Aluminium	Aluminium		
Allgemeintoleranz: Maßstab: 1:1					
ISO 2768-mH					
Name					
Datum					
Gezeichnet					
Korrigiert					
Norm					
Sensorbefestigung					

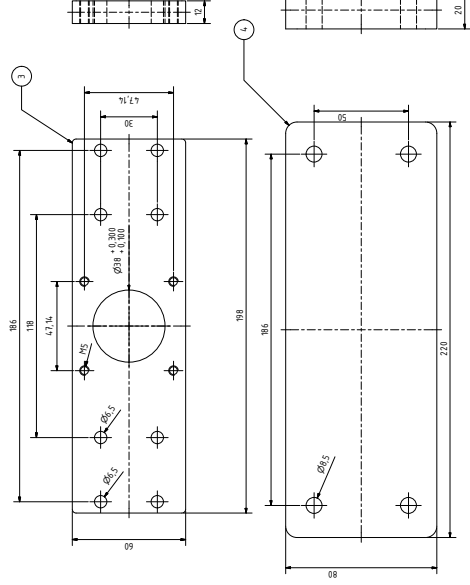
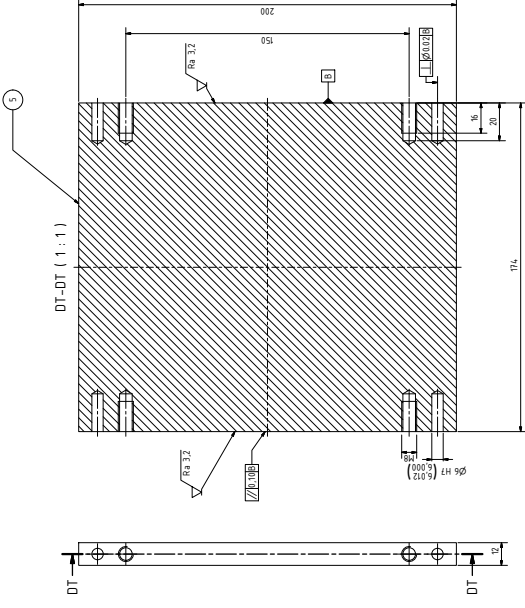
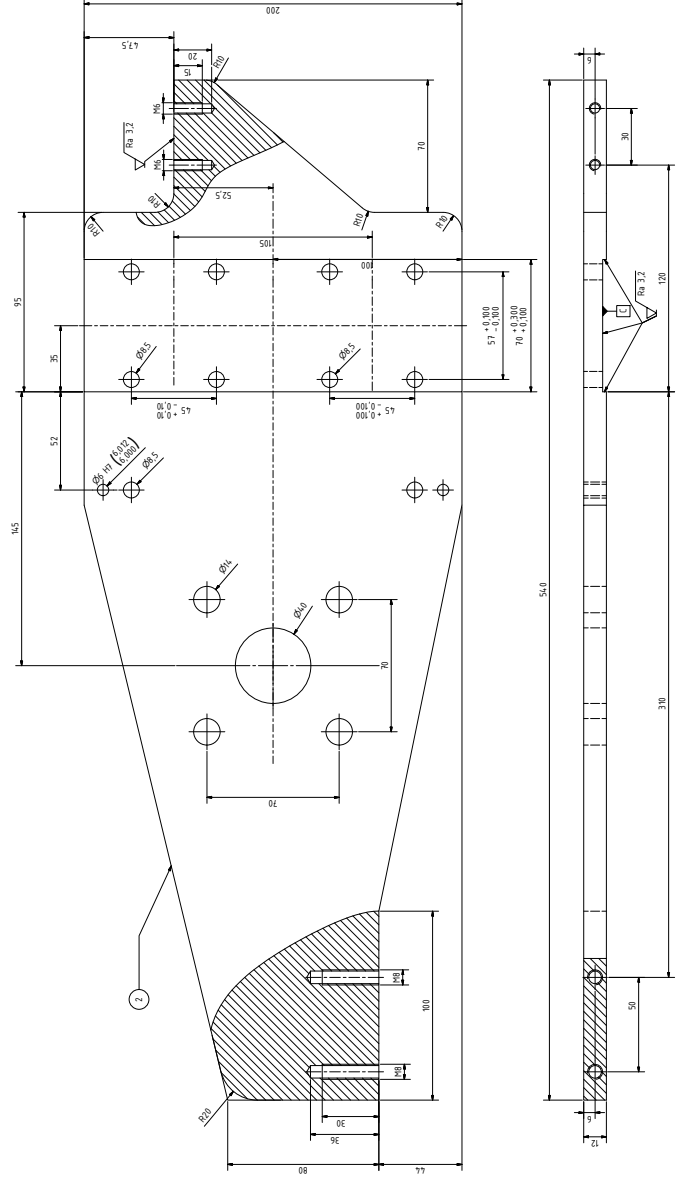
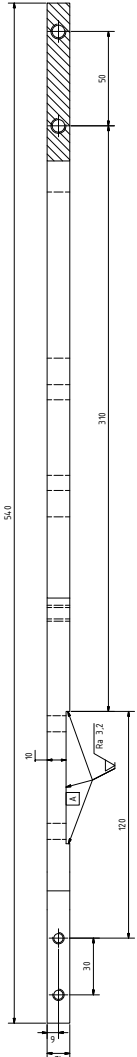
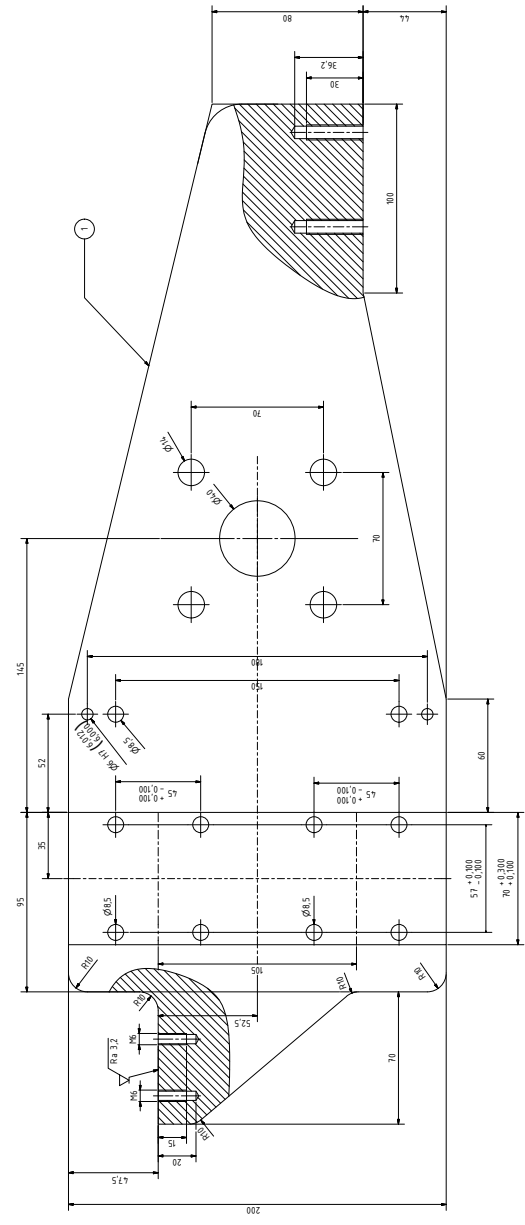
Messeinrichtung Zeichnungen	
Statistik	AZ
Änderungen	
Datum	
Name	



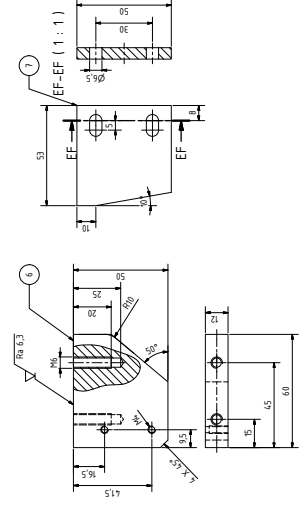
Alle nicht extra gekennzeichneten Bohrungen ∇ Ra 6,3
 ∇ (∇ Ra 6,3 , ∇ Ra 3,2)



TEILELISTE				
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER	MATERIAL	BESCHREIBUNG
1	1	Tragröhr Halblech	S235	
2	2	Tragröhr Halblech Abstandstück	S235	
3	1	Tragröhr Halblech Gruppe		Schweißzeichnung
4	1	Tragröhrbolzen V4	S235	
5	1	Tragröhr Auflageblock	S235	
Allgemeintoleranz Maßstab:				
				1:1
				5:1
Name:				
Datum:				
Gezeichnet (1:1):				
Kontrolliert:				
Notiert:				
Einklapp Halterung und Tragröhr Bolzen				
Messeinrichtung Zeichnungen				



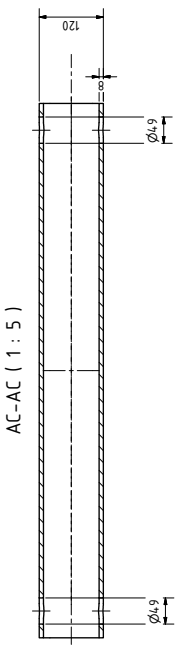
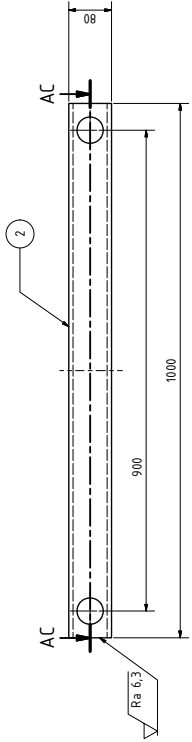
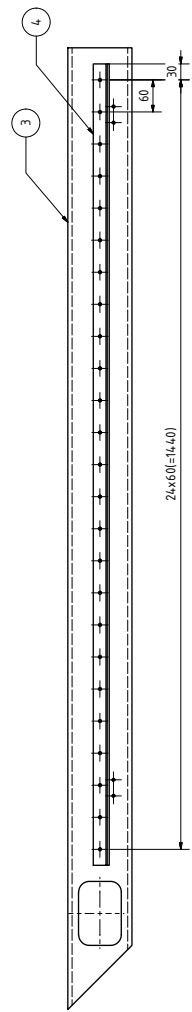
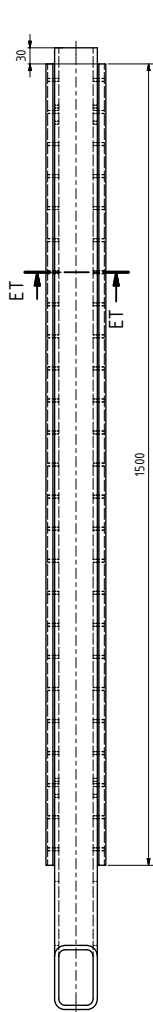
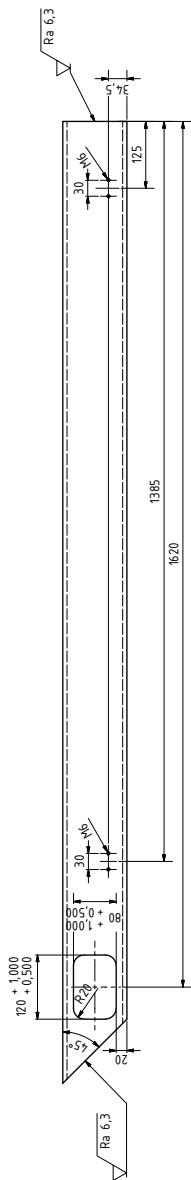
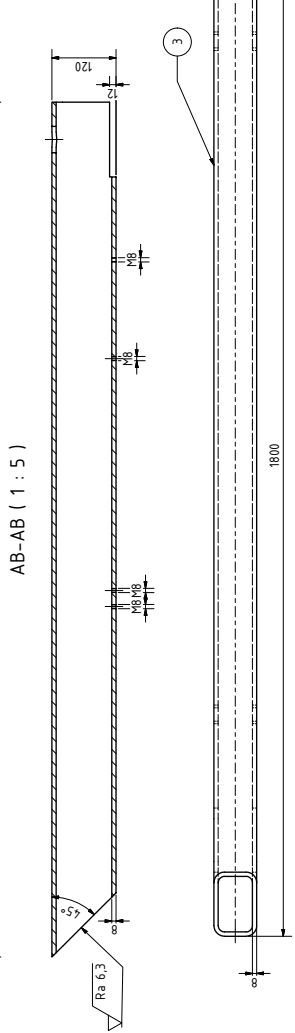
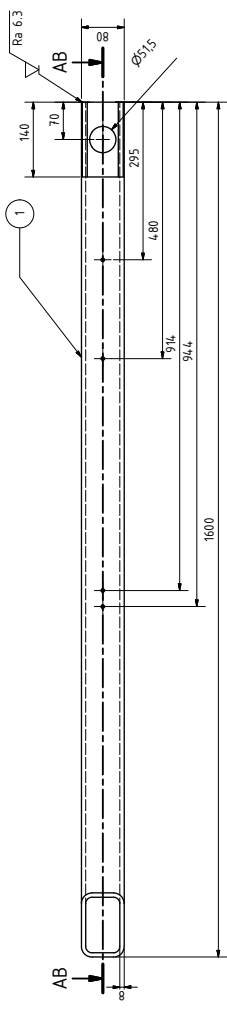
Alle nicht extra gekennzeichneten Bohrungen $\sqrt{Ra 3.2}$
 $\sqrt{Ra 3.2}$; $\sqrt{Ra 3.2}$; $\sqrt{Ra 15}$



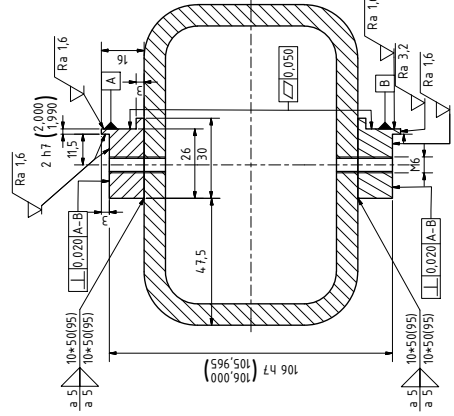
OBJEKT	ANZAHL	BEZEICHNUNG	MATERIAL	BESCHREIBUNG
1	1	BALFENMÜSER	Aluminium	
2	1	Hubschlitten rechts	Aluminium	
3	1	Hubschlitten links	Aluminium	
4	1	Hubschlitten Potte	Aluminium	
5	1	Hubschlitten Trägarm	St25	
6	2	Hubschlitten Rückwand	Aluminium	
7	2	Hubschlitten Halteung	Aluminium	
8	1	Hubschlitten	St25	
9	1	Erdschlitten Kolblech		

PROJEKT	ZEICHNUNG	BLATT	BLATTANZAHL

Normenreferenz
 DIN 716-ah 11
 Messreihe
 Messschlitten
 Messreihe
 Messschlitten



ET-ET (1 : 1)



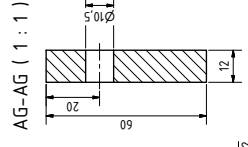
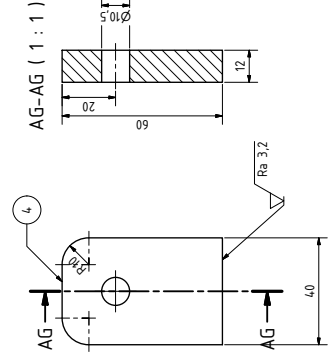
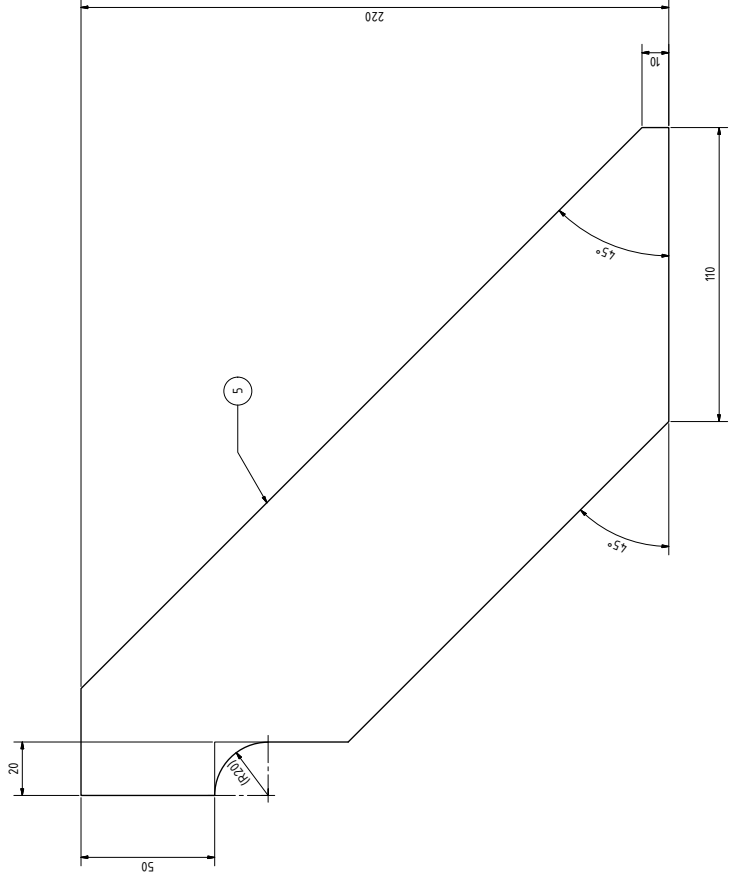
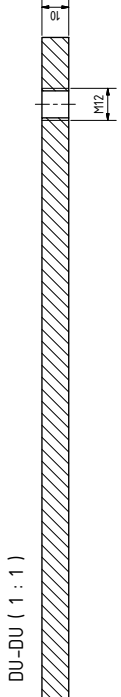
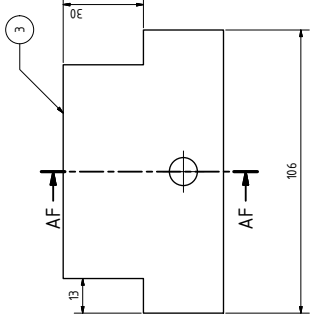
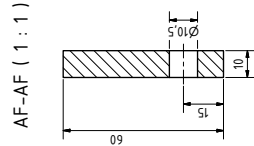
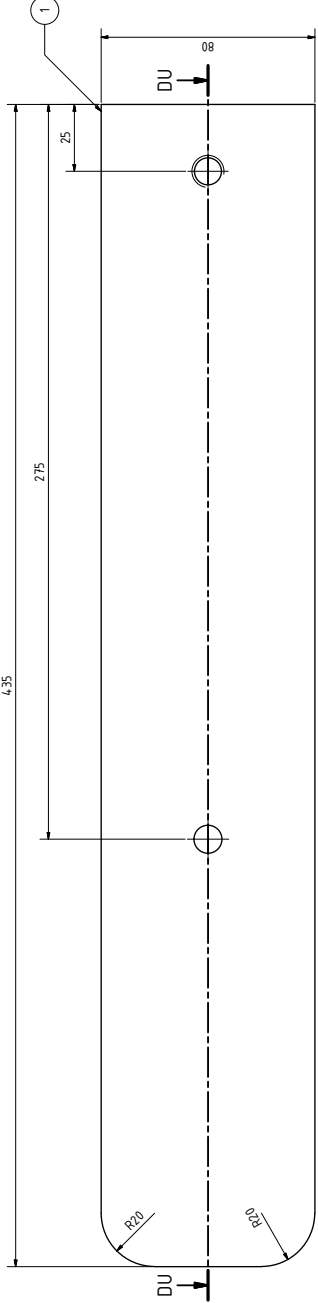
Alle nicht extra gekennzeichneten Bohrungen $\sqrt{Ra 6,3}$
 $\sqrt{Ra 3,2}$, $\sqrt{Ra 1,6}$

OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER	MATERIAL	BESCHREIBUNG
1	1	Stieher Basis Hohlprofil Lang	S235	Kaltgeformte Bausahl-Hohlprofile DIN EN 10219 120x80x8
2	1	Stieher Basis Hohlprofil Kurz	S235	Kaltgeformte Bausahl-Hohlprofile DIN EN 10219 120x80x8
3	1	Stieher Hohlprofil	S235	Kaltgeformte Bausahl-Hohlprofile DIN EN 10219 120x80x8
4	2	Stieher Unterlegschiene für THK	S235	Fl. 30x20 L=1500

Mengenangabe		Maßstab
15	15	(1:1)
ISO 2768-mH		(1:1)
Druck		
Material		
Gezeichnet		
Geprüft		
Freigegeben		
Abgeschlossen		
Druck		
Abgeschlossen		
Druck		
Abgeschlossen		

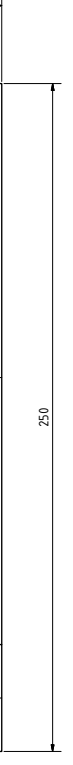
Stieher-Rohre Fertigungs und
Schweißzeichnung

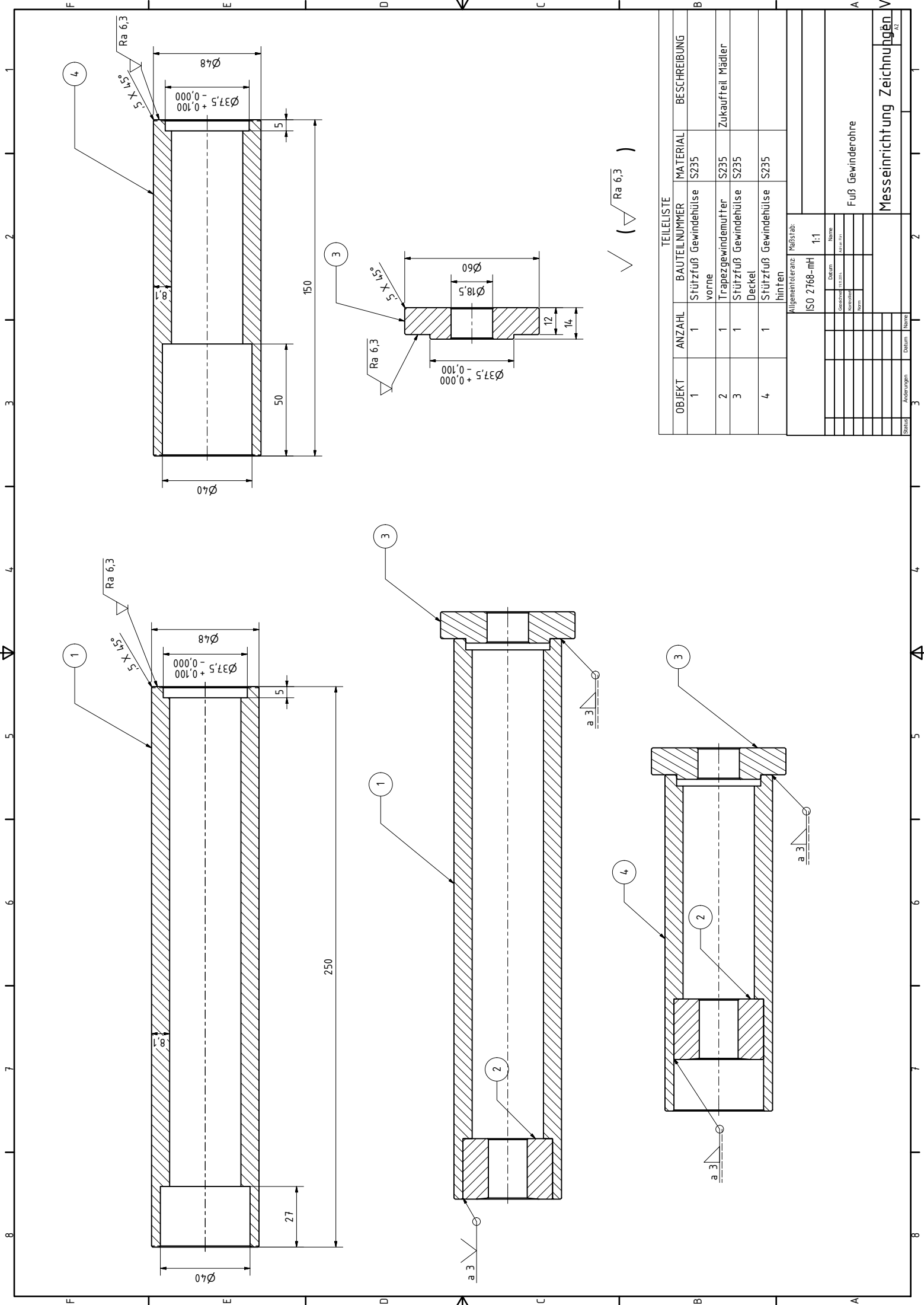
Messeinrichtung Zeichnungen



Alle Bohrungen ∇ Ra 6.3
 ∇ (∇ Ra 3.2)

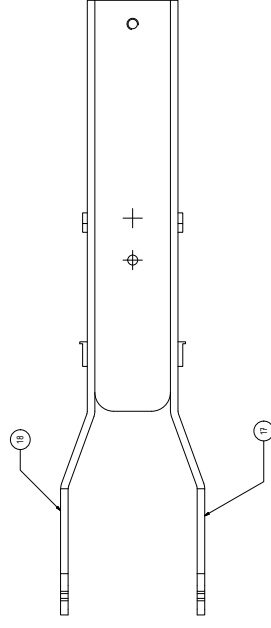
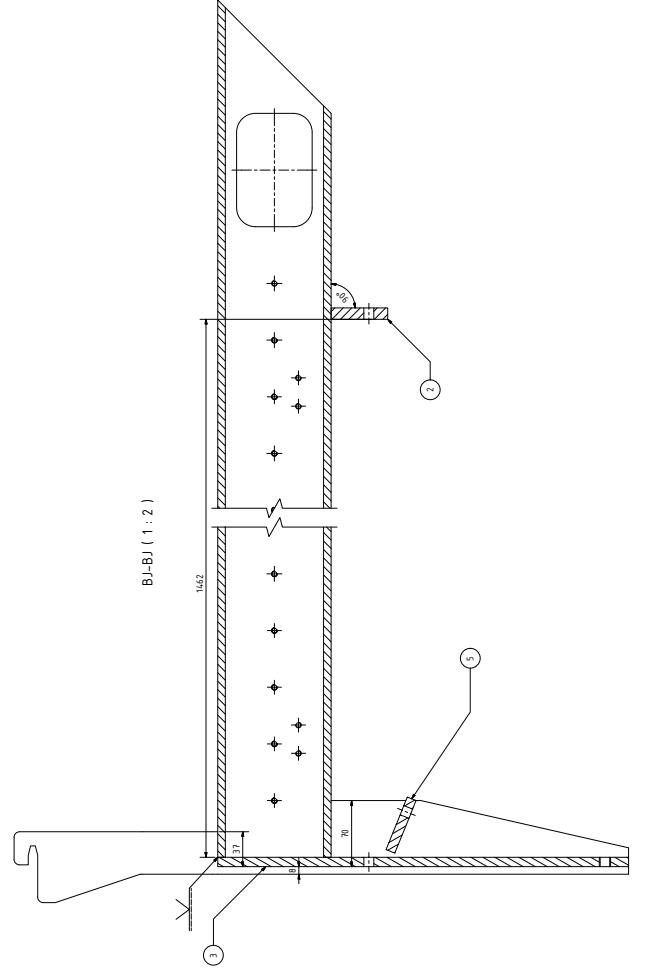
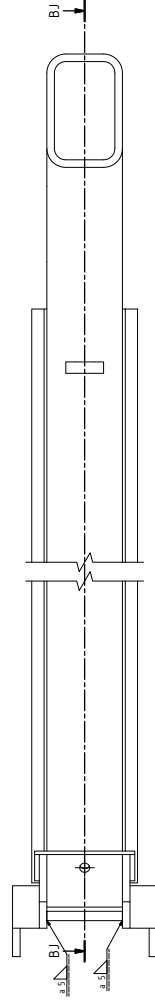
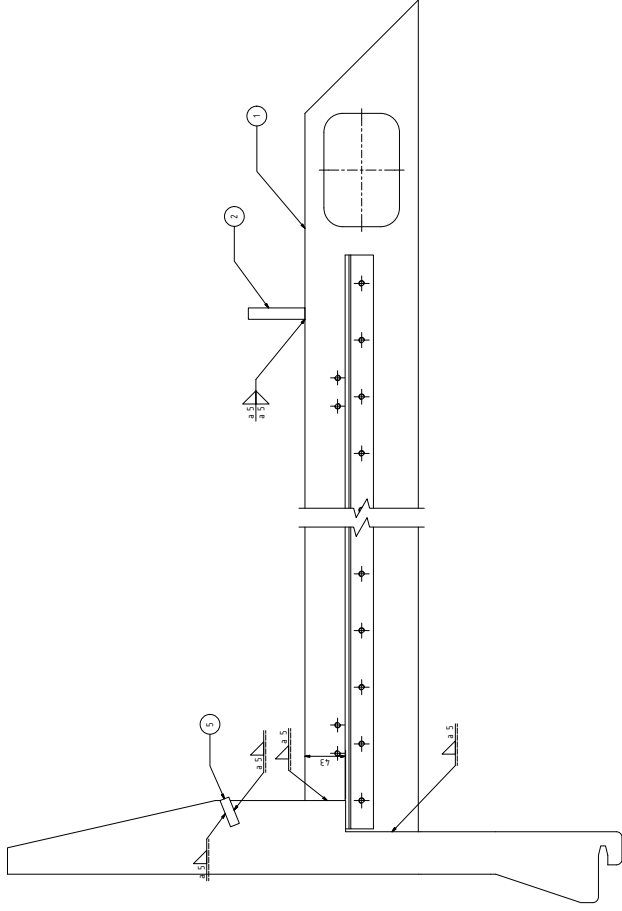
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER	MATERIAL	BESCHREIBUNG
1	1	Hubschindel	SZ35	
2	2	Halbleitblechteil	SZ35	Abspannung Halterung Oben
3	1	Abspannung Halterung	SZ35	
4	1	Hubschindel	SZ35	Oben Querblech
5	2	Strafer Winkelblech	SZ35	
Materialnormen: DIN 9136 ISO 2768-mH 1:1				
Messrichtung Zeichnungen ∇ 4				



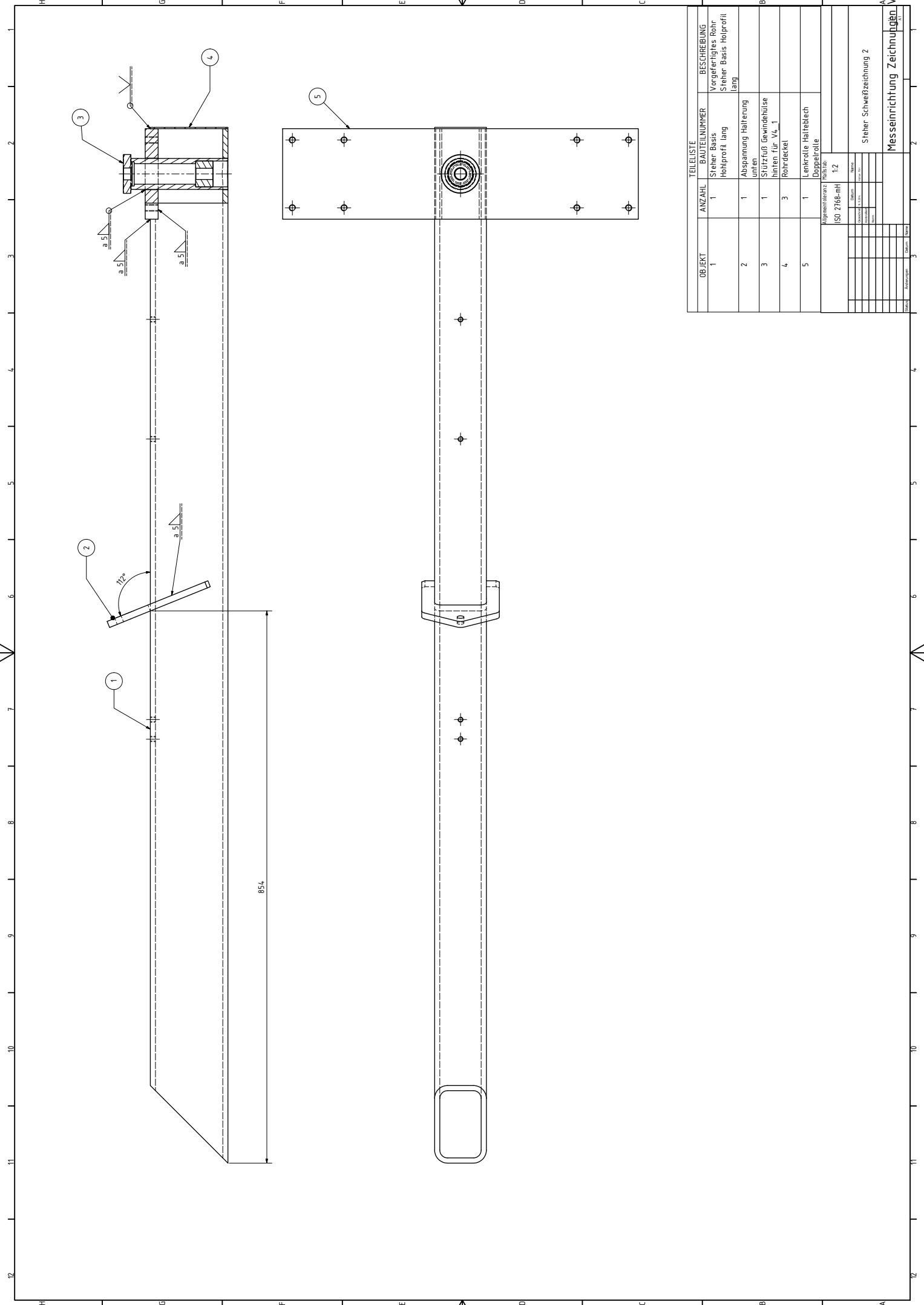


✓ (Ra 6,3)

TEILELISTE				
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER	MATERIAL	BESCHREIBUNG
1	1	Stützfuß Gewindehülse	S235	
2	1	Trapezgewidemutter	S235	Zukaufteil Mädler
3	1	Stützfuß Gewindehülse	S235	
		Deckel		
4	1	Stützfuß Gewindehülse	S235	
		hinten		
Allgemeintoleranz Maßstab:				
ISO 2768-mH				1:1
Datum				Name
Gezeichnet				Gezeichnet
Normiert				Normiert
Vorbereitet				Vorbereitet
Geprüft				Geprüft
Freigegeben				Freigegeben
Fertig				Fertig
Abgeschlossen				Abgeschlossen
Datum				Name
Änderungen				
Status				
Messeinrichtung Zeichnungen				V4

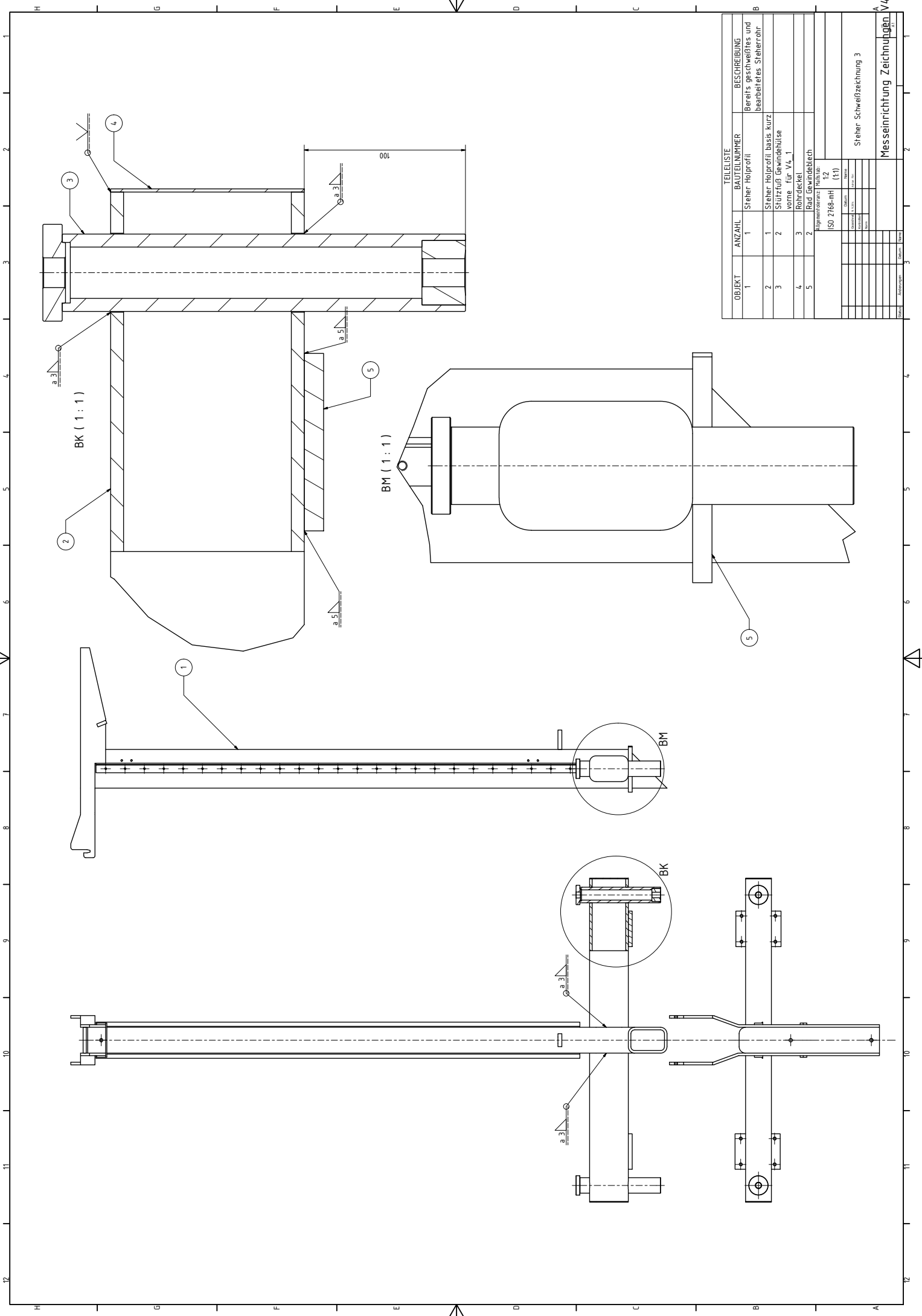


OBJEKT	ANZAHL	TEILBEZUG	BAUTEILNAMEN	BESCHREIBUNG
1	1	Stein-Hopper	Stein-Hopper	Bereits geschweißtes und bearbeitetes Steinrohr
2	1	Abspannung	Abspannung	Abspannung
3	1	Abspannung	Abspannung	Abspannung
5	1	Abspannung	Abspannung	Abspannung
11	1	Abspannung	Abspannung	Abspannung
10	1	Abspannung	Abspannung	Abspannung
3	1	Abspannung	Abspannung	Abspannung
3	2	Abspannung	Abspannung	Abspannung



OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER	BESCHREIBUNG
1	1	Steher Basis Hohlprofil lang	Vorgefertigtes Rohr- Steher Basis Hohlprofil lang
2	1	Abspannung Halterung unten	
3	1	Stützfuß Gewindehülse hinten für V4. 1	
4	3	Rohrdeckel	
5	1	Lenkrolle Halbleuch Doppelrolle	

Abmessungen in mm	
ISO 2768-mH	1:2
Material	
Maßstab	
Zeichnungsart	
Blatt	
Steher Schweißzeichnung 2	
Messeinrichtung Zeichnungen V4	

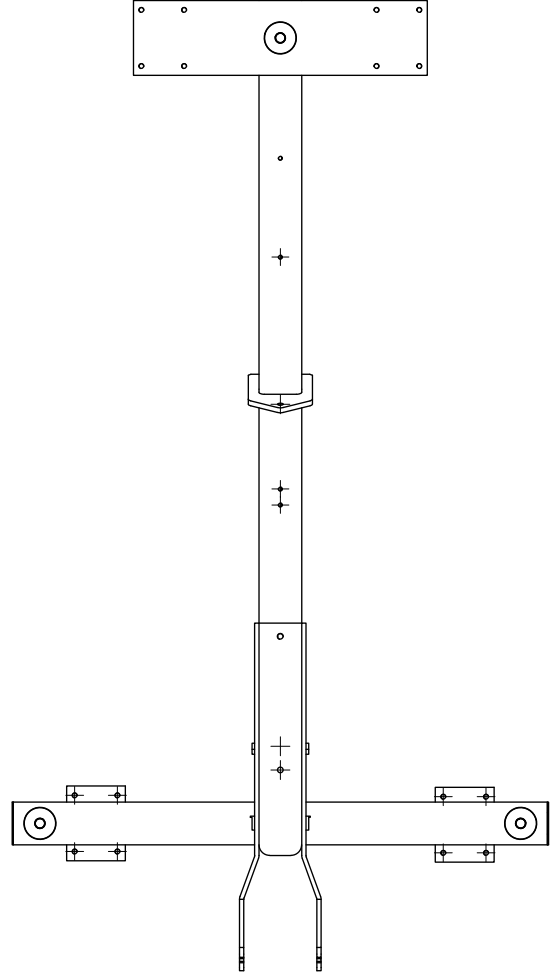
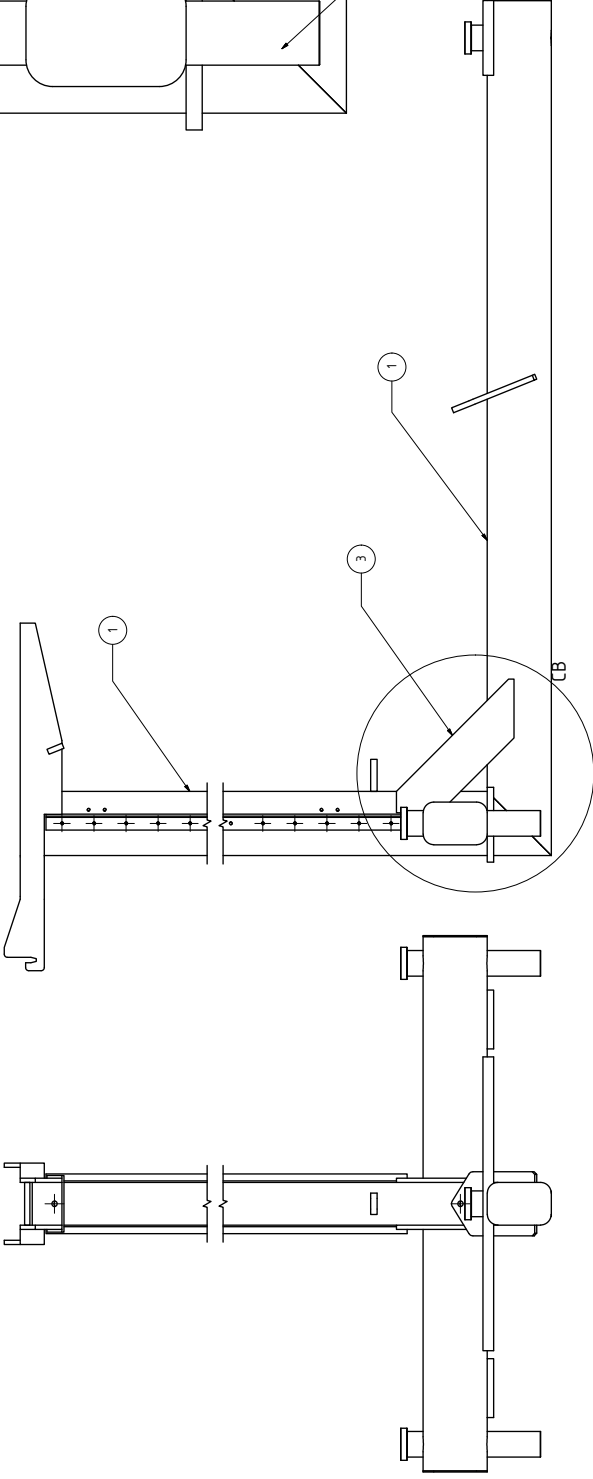
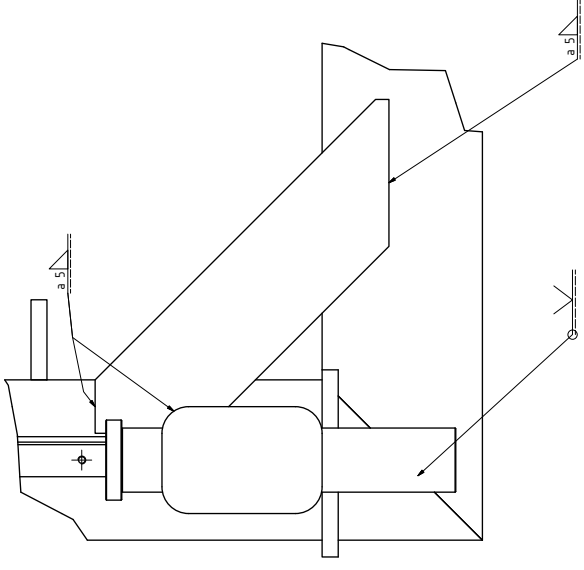


OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER	BESCHREIBUNG
1	1	Steher Holzprofil	Bereits geschweißtes und bearbeitetes Steherrohr
2	1	Steher Holzprofil basis kurz	
3	2	Stützfuß Gewindehülse vorne für V4 1	
4	3	Rohrdeckel	
5	2	Rand Gewindeblech	

Abmessungen / Maße	12
ISO 2768-mH	(f1)
Material	
Hersteller	
Zeichner	
Geprüft	
Freigegeben	
Datum	

Blatt	1	von	1
Arbeitszeichnung	3	von	3
Steher Schweißzeichnung 3			
Messeinrichtung Zeichnungen V4			

CB (1 : 2)



TEILLEISTE		BESCHREIBUNG	
OBJEKT	ANZAHL	Bauteilnummer	Vorgelagertes Rohr
1	1	Stelher Basis Hohlprofil lang	Stelher Basis Hohlprofil lang
1	1	Stelher Hohlprofil	Bereits geschweißtes und bearbeitetes Stelherrohr
3	2	Stelher Winkelblech 2	

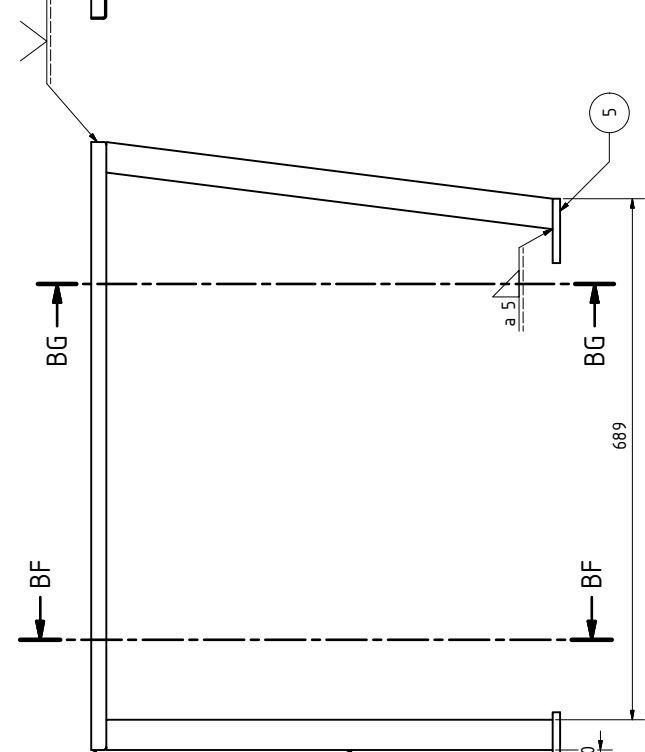
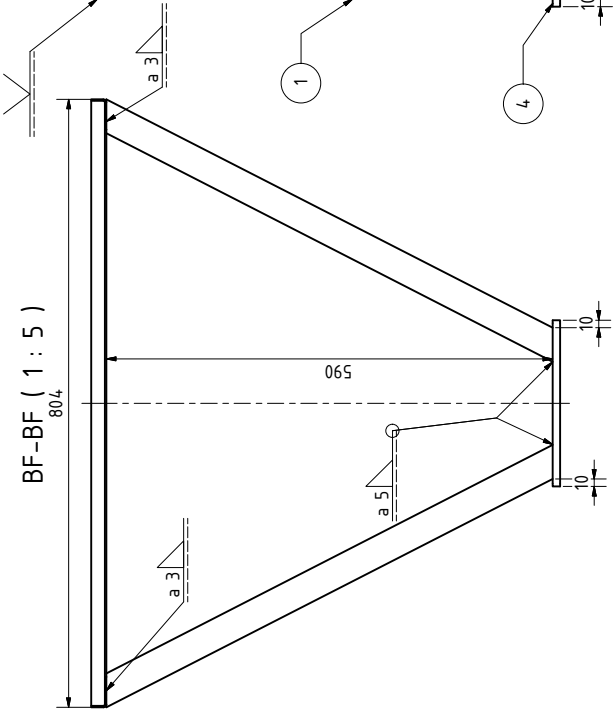
Abmessungen	15
ISO 2768-mH	(12)
Material	
Druck	
Temperatur	
Umweltbedingungen	
Herstellung	
Montage	
Wartung	
Reparatur	
Abbruch	

Objekt	Blatt	Blätter
1	3	2

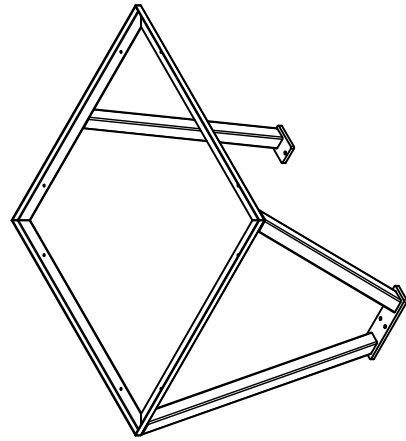
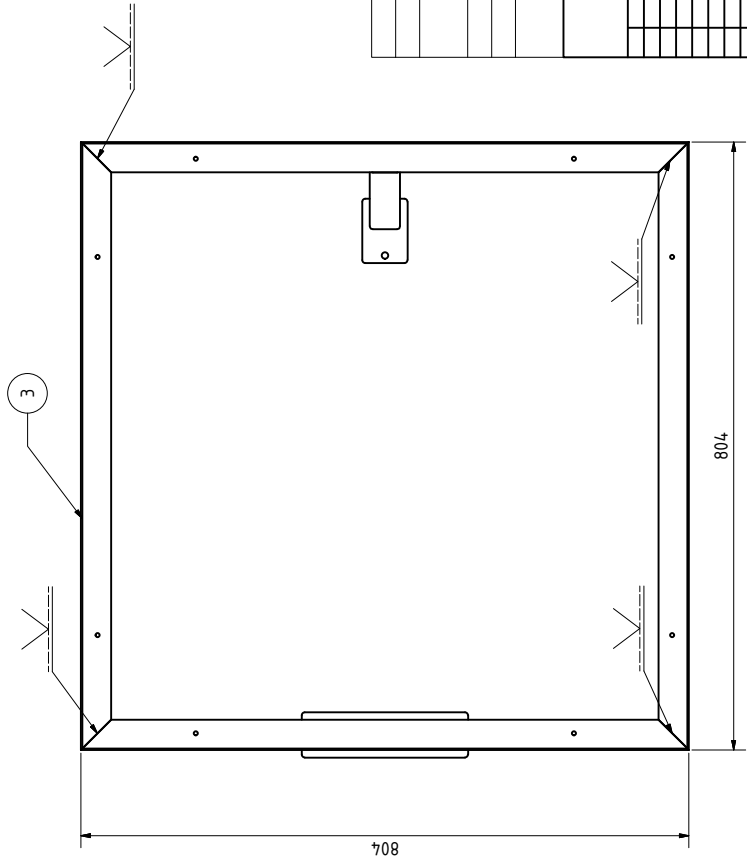
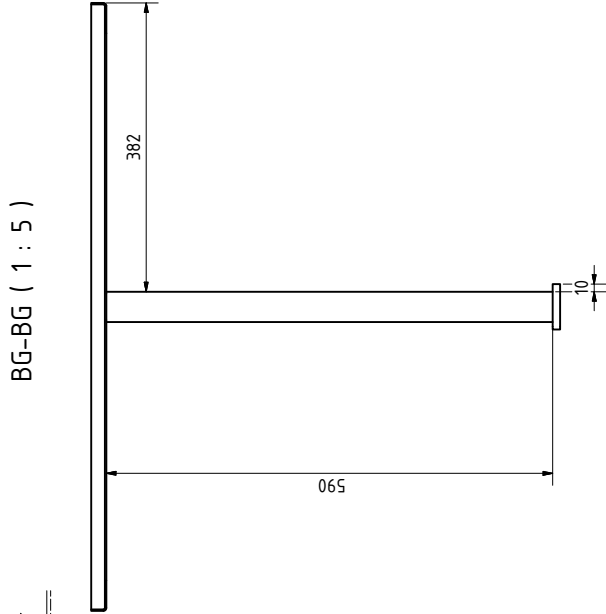
Stelher Schweißzeichnung 4

Messeinrichtung Zeichnungen V4

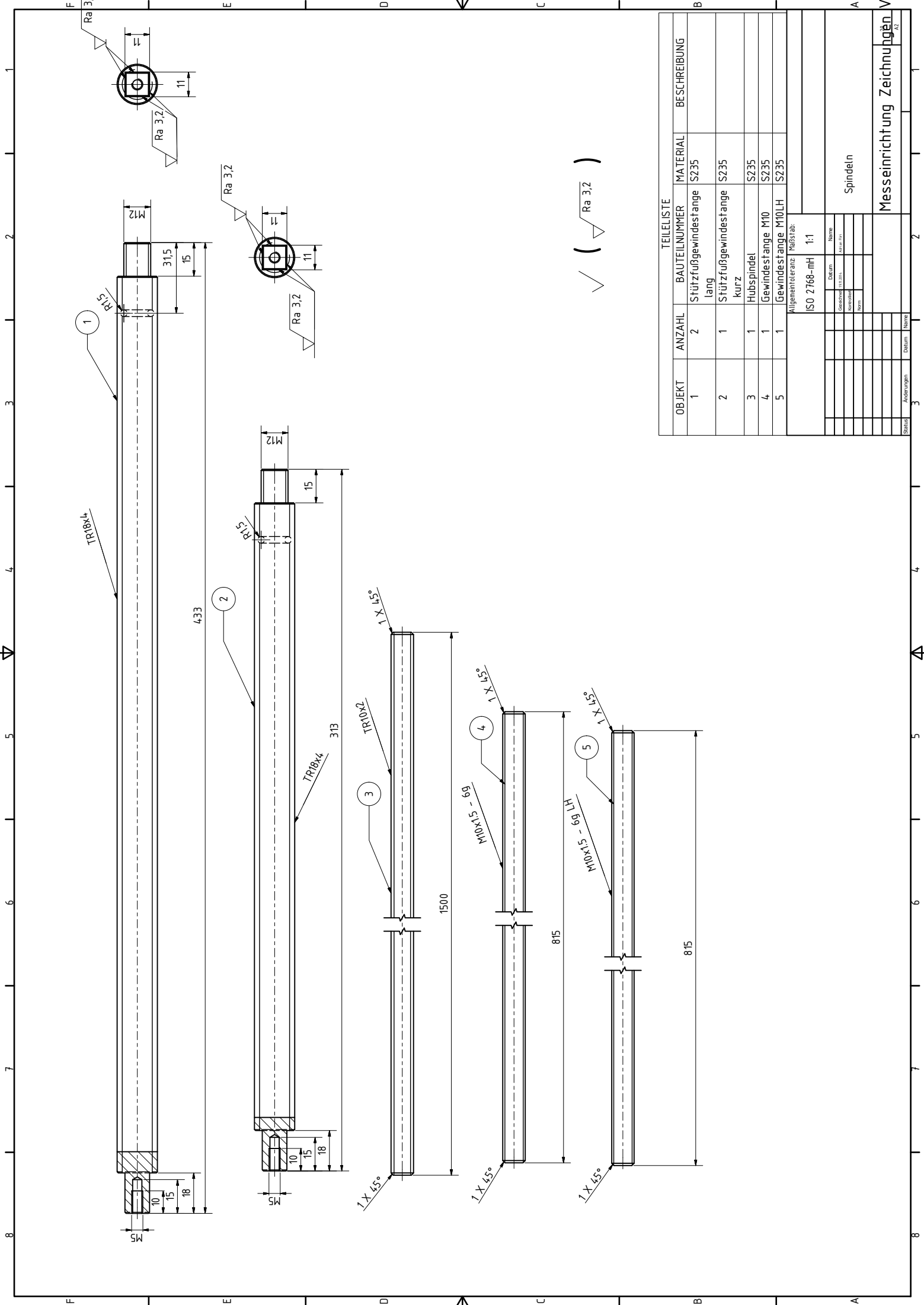
BF-BF (1 : 5)



BG-BG (1 : 5)

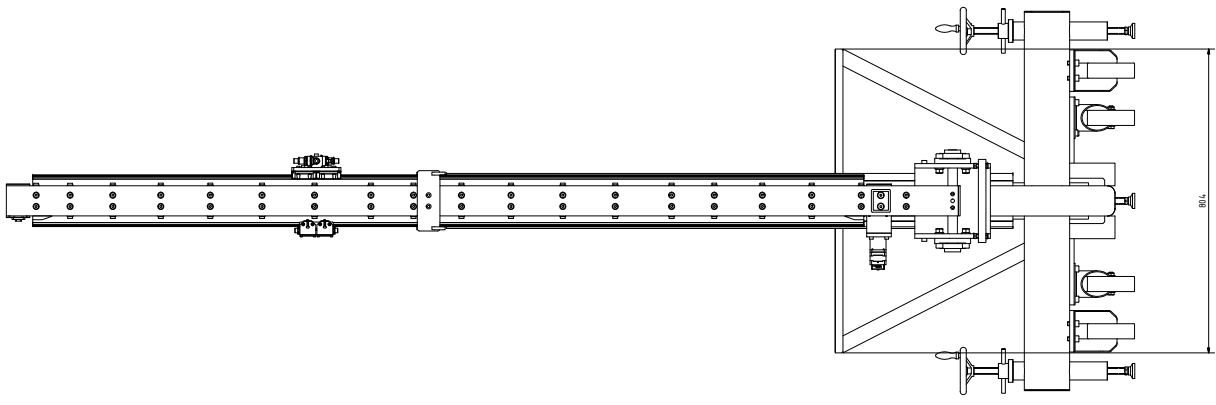
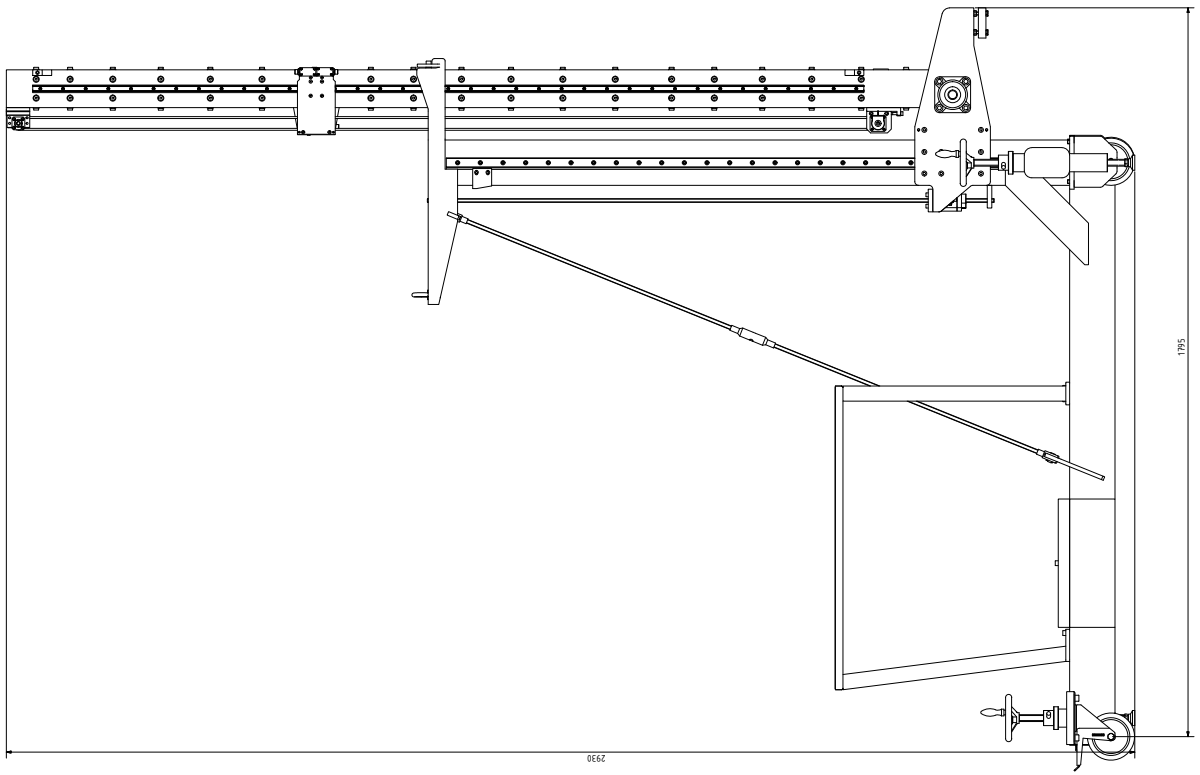


TEILELISTE			
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER	BESCHREIBUNG
1	2	Tischfuß schräg	Kaltgeformte Hohlprofile L- Profil
3	4	Tischprofil	
4	1	Tischrahmen Basisplatte	
5	1	Tischrahmen Basisplatte kurz	
Allgemeintoleranz		Maßstab:	1:5
			ISO 2768-mH (1:10)
Datum		Name	
Änderungen		Änderung Nr.	
Status		Norm	
Datum		Tisch Schweißzeichnung	
Messeinrichtung		Zeichnungen	
AZ		V4	



TEILELISTE																				
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER	MATERIAL	BESCHREIBUNG																
1	2	Stützfußgewindestange lang	S235																	
2	1	Stützfußgewindestange kurz	S235																	
3	1	Hubspindel	S235																	
4	1	Gewindestange M10	S235																	
5	1	Gewindestange M10 LH	S235																	
		Allgemeintoleranz	Maßstab:																	
		ISO 2768-mH	1:1																	
<table border="1"> <tr> <td>Gezeichnet</td> <td>11.11.11</td> <td>Geprüft</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Konstruiert</td> <td></td> <td>Zeichner</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Notiz</td> <td></td> <td>Name</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Datum</td> <td></td> </tr> </table>					Gezeichnet	11.11.11	Geprüft		Konstruiert		Zeichner		Notiz		Name				Datum	
Gezeichnet	11.11.11	Geprüft																		
Konstruiert		Zeichner																		
Notiz		Name																		
		Datum																		
			Spindel																	
				Messeinrichtung Zeichnungen																
Status	Änderungen	Datum	Benennung	AZ																

✓ (✓ Ra 3,2)



Mengennummer		Paket	
SD 2786-001		15	
Messrichtung gesamt eingetragt			
Messeinrichtung Zeichnung 1/4			
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

