

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Datum

Unterschrift

Danksagung

Ich bedanke mich bei meinem Betreuer Prof. Dr. Rudolf Pichler für seine fachliche und moralische Unterstützung bei dieser Arbeit. Durch seine objektive Kritik konnte ich viel für die Praxis dazulernen. Außerdem gilt mein Dank meinen Studienkollegen, die mich bei der Ausarbeitung unterstützt haben.

Bei Firma framag bedanke ich mich für den Einblick ins Unternehmen und die Unterstützung beim Entwurf des Mineralgussbauteils.

Firma Festo danke ich für informative Telefonate mit ergänzenden Erklärungen zu den pneumatischen Bauteilen.

Kurzfassung

Gegenstand dieser Arbeit ist die Detailkonstruktion für einen modularen, universellen Maschinentisch, der in der Folge als „TechCube“ benannt wird, für die smartfactory@tugraz. Dieser ist die Grundlage für Mobile Arbeitsstationen (MAS), mit denen am Institut für Fertigungstechnik der Technischen Universität Graz das Thema „Agile Fertigung“ veranschaulicht und beforscht wird.

Um den Anforderungen des Maschinentisches, der

- schwingungsarm
- mobil verfahrbar
- universell einsetzbar

sein soll, gerecht zu werden, wurden bewährte und moderne Werkstoffe und Bauteile kombiniert. Es wurde eine kostengünstige Konstruktion aus Stahl, Aluminium und Verbundwerkstoffen ausgeführt, die auch ein zeitgemäßes Erscheinungsbild bietet. Der Mineralgussgrundkörper wirkt als schwingungsdämpfende Basis für die Aufbauten. Trotz seiner großen Masse kann er mithilfe einschiebbarer Luftkissen leicht bewegt werden. Diese werden über je ein Druckregelventil eingestellt und können dann gemeinsam für den Verschiebevorgang betätigt werden. Der TechCube wird von der Decke der Maschinenhalle versorgt, damit der Boden frei von Leitungen und anderen Versorgungssträngen bleiben kann. Maschinenfüße dienen beim Aufstellen der Ausrichtung des Maschinentisches. Die Arbeitsplatte mit T-Nuten bietet flexible Montagemöglichkeiten für die Aufbauten. Als Schutzabdeckung ist ein steckbares Türsystem ausgeführt worden, das Späne zurückhält und auch das Gerüst für notwendige Sicherheitseinrichtung ist. Mit seiner zähen Polycarbonatverglasung ist es auch Schlägen gewachsen. Die Designelemente in Form von beleuchteten LED-Leisten an jeder Seite des TechCube zeigen mit Farbwechseln den Betriebszustand des MAS an.

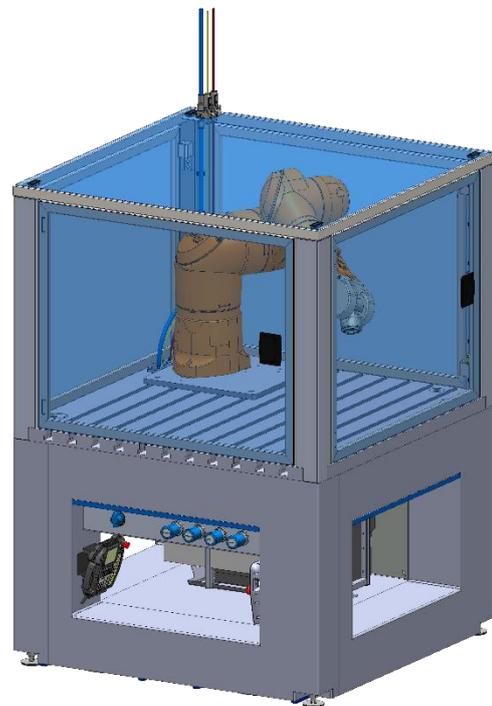


Abbildung 1: Verwendungsbeispiel für den TechCube mit Roboter

Eckdaten:

Abmessungen BxTxH:	1300x1300x1845 mm
Gesamtgewicht:	3800 kg
Versorgungs-Schnittstellen:	Druckluft-Schnellkupplung, 3-Phasen Wechselstrom, RJ45
Mechanische Schnittstellen:	T-Nuten (20 mm)

Abstract

In this thesis the design for a modular and universally applicable machine table, named “TechCube” in the following, for the smartfactory@tugraz is worked out in detail. It is the basis for mobile working stations (MWS), with which the Institute of Production Engineering at the Graz University of Technology will demonstrate and study the topic “Agile Production”.

To meet the demands of the machine table, which has to be

- low vibration
- easily movable
- multi purpose

mature and cutting-edge technology and parts have been combined. A cost-saving design from steel, aluminium and composites with an up-to-date look was carried out. The main casting from steel sheathed special concrete acts as low vibration basis for the superstructure. Despite its weight the TechCube can be easily moved using slide-in aerocasters. These are controlled by individual pressure regulators and can be put in action together for movement. The TechCube is supplied with power from the ceiling of the machine hall, so that the floor remains free from power cords and other supply lines. Mounting feet allow alignment of the machine table. The worktop with T-grooves offers flexible mounting for the superstructures. Plug-in doors form a protective cover, which keeps chips inside and acts as structure for necessary safety equipment. Impact resistant polycarbonate offers even more safety. LED-strips on each side of the TechCube show the state of the MWS.

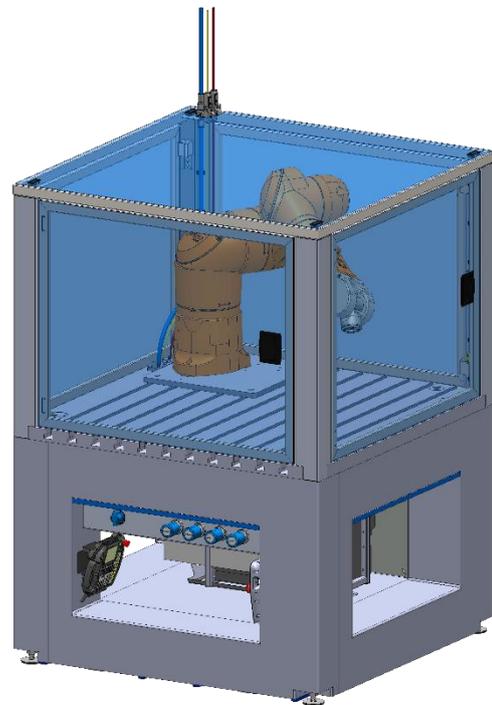


Abbildung 2: example for the usage of the TechCube with articulated robot

Design parameters:

Size WxDxH:	1300x1300x1845 mm
Weight:	3800 kg
Interfaces:	pneumatic quick connector, 3-phase AC, RJ45
Mechanic connection:	T-grooves (20 mm)

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung.....	8
2	Detailaufgaben	10
3	Grundlagen zur Gestaltung und Konzipierung	11
3.1	Industrie 4.0 – Die Smart Factory und das Internet der Dinge und Dienste	11
3.1.1	Industrielle Revolutionen	11
3.1.2	Flexibilität und Wandlungsfähigkeit.....	12
3.1.3	Industrie 4.0 – Die smarte Fabrik und das Internet der Dinge und Dienste.....	13
3.2	Maschinentische und –gestelle	15
3.2.1	Maschinendynamik	17
3.2.2	Ausführung von Gestellen	18
3.2.3	Schnittstelle Maschinentisch.....	20
4	Ausführung des TechCube.....	22
4.1	Geometrie und Design.....	23
4.1.1	Baugröße	23
4.1.2	Arbeitshöhe	24
4.1.3	Unterbau	25
4.1.4	Arbeitsfläche.....	25
4.1.5	Gewicht.....	26
4.2	Bewegen und Aufstellen	27
4.2.1	Möglichkeiten den TechCube zu bewegen.....	29
4.2.2	Luftkissen.....	29
4.2.3	Aufstellung.....	33
4.3	Versorgung	34
4.3.1	Leitungsführung.....	34
4.3.2	Exkurs Automatisierungstechnik	37
4.3.3	Steckverbindungen.....	37
4.4	Sicherheitskonzept	39
4.4.1	Schutzabdeckungen.....	40
5	Ergebnis	42
5.1	Konstruktion	42
5.1.1	Grundkörper – Stahlummantelter Mineralguss	42
5.1.2	Steher	43
5.1.3	Versorgungssteher	44
5.1.4	Bedienkonsole	45

5.1.5	Schutztüren	45
5.1.6	Deckel	46
5.1.7	LED-Leisten	47
5.2	Zukaufteile	48
5.2.1	Zukaufteile Pneumatik	48
5.2.2	Zukaufteile Allgemein	50
6	Zusammenfassung und Ausblick	54
7	Literaturverzeichnis	55
8	Abbildungsverzeichnis	56
9	Tabellenverzeichnis	58
10	Anhang	59

1 Aufgabenstellung

Den heute unruhigen und unberechenbaren Märkten ist nicht mehr mit Flexibilität oder Wandlungsfähigkeit allein zu begegnen. Mass Customization – die Fertigung kundenindividueller Produkte mit Losgröße 1 zum Preis massengefertigter Produkte – erfordert weiterführende, umfassendere Anpassungen. Agilität ist die Antwort auf diese Herausforderungen. (Pichler, 2017) Dieses Konzept bezieht sich auf die gesamte Wertschöpfungskette, auf Organisation und den einzelnen Mitarbeiter, wie auch die Fertigung.

In der smartfactory@tugraz des Instituts für Fertigungstechnik soll „Agilität in der Fertigung“ sichtbar gemacht werden. Anhand eines beispielhaften, rekonfigurierbaren Produktionssystems sollen die technischen Möglichkeiten dafür entwickelt und veranschaulicht werden. Ein modulares Konzept für solche Fertigungslinien sind Mobile Arbeitsstationen (MAS). Das sind Einheiten aus einem mobilen Grundgerüst und den darauf für spezifische Anforderungen definierten Aufbauten. Diese MAS können einzeln betrieben oder nach dem Baukastenprinzip aneinandergereiht und gegeneinander ausgetauscht werden.

Die Aufgabenstellung besteht nun darin, das Konzept und die Konstruktion dieses besagten Grundgerüsts, das universell und modular einsetzbar ist, auszuarbeiten. Dabei vereint der TechCube die extremen Ausprägungen eines schwingungsdämpfenden, schweren Maschinengestells und einer einfachen Veränderung von Position und Nutzung dieses Maschinengestells. Er ist ein wesentliches Element für eine flexible Fertigungslinie, an der zum Thema „Agile Fertigung“ geforscht werden wird (Abbildung 3).

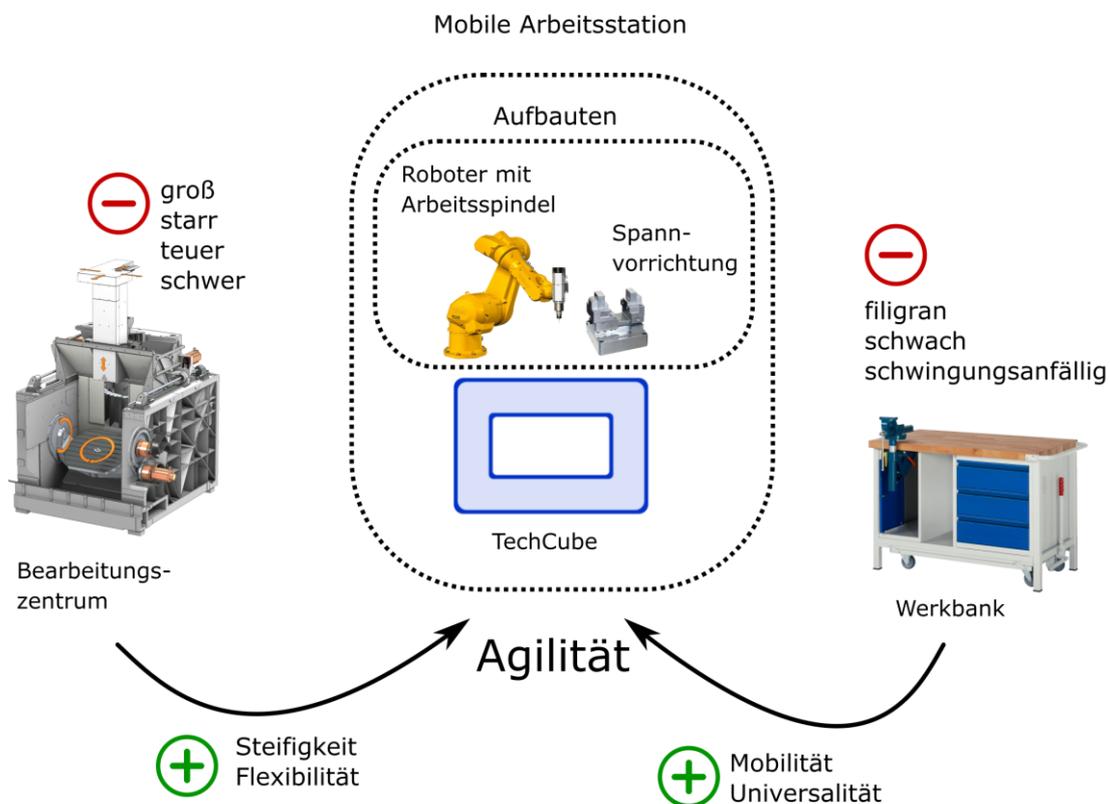


Abbildung 3: Der TechCube als Element der Mobilen Arbeitsstation

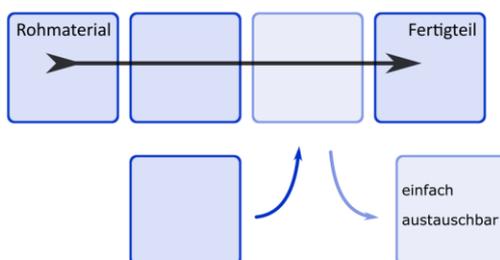
Der Funktionszweck des TechCube ist es, die Aufbauten (z.B. Kleinapparate, Vorrichtungen, Montageeinheiten) flexibel positionierbar zu machen und ihre Versorgung und Vernetzung zu ermöglichen. Jeder Aufbau ist auf seinem eigenen TechCube festmontiert und kann mit diesem zusammen bewegt werden. So ist die freie Anordnung aller für eine Fertigungsaufgabe notwendigen MAS möglich, um Materialfluss und Arbeitsabläufe zu optimieren. Er ist dabei zugleich Maschinenbett und Energieversorgungsknoten, sowie Gehäuse für Steuerung und etwaige periphere Geräte. Abhängig vom Produkt, das zu fertigen ist, sind verschiedenste Aufbauten denkbar. Spanende und additive Fertigung, Transportvorrichtungen und Montagegeräte sowie Etikettierung und Kommissionierung sind nur einige Beispiele. Es ist zunächst keine Einschränkung hinsichtlich dieser Aufbauten vorzusehen. Allerdings wird Nasszerspanung beim ersten TechCube ausgeschlossen, weil absehbar ist, dass zur Führung von Kühl-Schmiermitteln zusätzlicher, hoher Aufwand betrieben werden muss.

Möglichkeiten für Aufbauten, die zumindest berücksichtigt werden sollen:

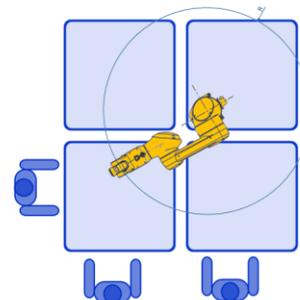
- Roboter mit Werkzeugspindel
- Roboter als Manipulator
- Montagevorrichtungen (Spannaufnahmen, Pressen, oder Ähnliches)
- Einfache Vorrichtungen (Einlegesablonen, Teilemagazine und -ablagen)
- Scanning Station, beispielsweise mit RFID- oder QR-Code Lesegeräten
- Qualitätssicherung (Oberflächenprüfung, Messtechnik)

Eine beispielhafte Auswahl an möglichen Layouts zeigt Abbildung 4:

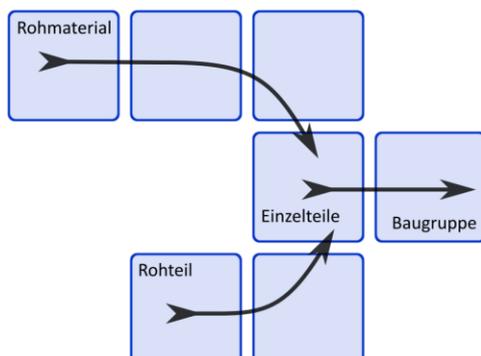
lineare Anordnung



kollaborative Insel



Anordnung mit Knoten



freistehend mit Fahrerlosem Transportsystem

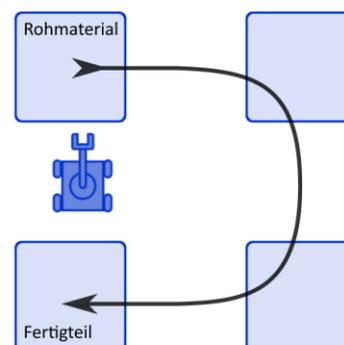


Abbildung 4: Möglichkeiten zur Anordnung von MAS

2 Detailaufgaben

Aus der Aufgabenstellung ergeben sich folgende Detailziele:

Baugröße

Der TechCube soll groß genug sein damit sinnvolles Arbeiten mit Robotern mittlerer Größe (Stäubli TX90L, Universal Robots UR5) möglich ist. Da gegebenenfalls auch Menschen mit Robotern interagieren oder an einem MAS arbeiten, das als Montagearbeitsplatz genutzt wird, muss die Arbeitshöhe entsprechend ausgelegt werden.

Schwingungsarmut

Der TechCube soll steif und schwer sein, damit Schwingungen des MAS verringert werden können.

Mechanische Schnittstellen

Der TechCube soll eine universelle, lösbare Schnittstelle zu den Aufbauten bieten, damit diese von seinen schwingungsdämpfenden Eigenschaften profitieren können, aber nach ihrer Nutzungsdauer auch wieder einfach demontierbar sind.

Mobilität und Aufstellung

Der TechCube soll in der smartfactory@tugraz ohne großen technischen oder zeitlichen Aufwand mitsamt montierten Auf- und Anbauten bewegt werden können. Er soll außerdem nivelliert und ohne zusätzliche Verankerungen ortsfest aufgestellt werden können.

Energie- und Datenversorgung

Der TechCube soll einfach an das Versorgungsnetz der smartfactory@tugraz angeschlossen werden können und die Energie wiederum den Aufbauten zur Verfügung stellen. Er soll einer Steuerungseinheit Platz bieten, die ihn und seine Aufbauten mit dem Netzwerk der Smart Factory verbindet.

Anbauten

Der TechCube soll für Zusatzausstattung wie Lampen, Kameras oder ähnliche Einrichtungen, die nicht direkt dem Arbeitsvorgang dienen und eine erhöhte Position erfordern, eine eigene mechanische Schnittstelle bieten.

Schutzabdeckung

Der TechCube soll eine Schutzabdeckung aufweisen, für Aufbauten die dem Werkstoffabtrag dienen. Sie erfüllt hier den Zweck Späne zurückzuhalten.

Sicherheitstechnik

Der TechCube soll eine Möglichkeit bieten, den Zugriff in gefährliche Arbeitsbereiche zu verhindern, um den Bediener zu schützen.

3 Grundlagen zur Gestaltung und Konzipierung

Dieses Kapitel erklärt die zur Ausführung und Lösungsfindung notwendigen Grundlagen zu Maschinentischen und zur Vernetzung von Maschinen. Die hier definierten Randbedingungen für den TechCube werden im nächsten Abschnitt verwendet, das Konzept, sowie die detaillierte Konstruktion, zu erarbeiten.

3.1 Industrie 4.0 – Die Smart Factory und das Internet der Dinge und Dienste

„Industrie 4.0“ ist das aktuelle Schlagwort zum Thema „Industrielle Produktion“. Unter diesem Titel wurde von der Deutschen Bundesregierung 2011 eine Initiative ins Leben gerufen, um die Vorzüge der Digitalisierung und der disruptiven Technologien in die Welt der Fertigung einziehen zu lassen. Smart Factories sind eines von mehreren Zielbildern in der diesbezüglichen Umsetzung. Die Hintergründe und Ziele werden hier erklärt.

3.1.1 Industrielle Revolutionen

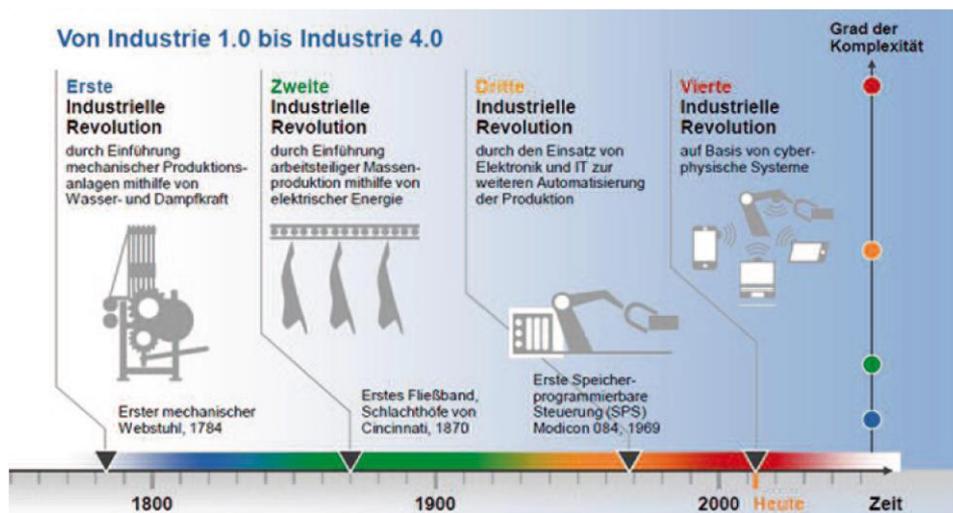


Abbildung 5: Von der ersten zur vierten industriellen Revolution ((Obermaier, 2016), Seite 4)

Abbildung 5 zeigt den geschichtlichen Entwicklungsverlauf der industriellen Massenproduktion. Die erste industrielle Revolution wurde durch die Erfindung der Dampfmaschine und des mechanischen Webstuhls eingeläutet. Diese Errungenschaften ermöglichten die zunehmende Mechanisierung der Produktion im späten 18. Jahrhundert. Etwa hundert Jahre später ermöglichte die Erfindung des Fließbandes arbeitsteilige Massenproduktion. Es wurde nicht mehr das ganze Produkt von einem Mitarbeiter hergestellt, sondern ein Mitarbeiter erledigte nun an jedem Stück die gleiche Teilaufgabe. Dies wird als zweite industrielle Revolution angesehen. Durch den Einsatz von Elektronik und Computern startete mit den 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts die dritte industrielle Revolution. Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) ermöglichten die fortschreitende Automatisierung in der Produktion. Der Mensch wurde oft ersetzt und Maschinen führten die Teilaufgaben selbständig, schneller und mit konstanterer Qualität aus.

3.1.2 Flexibilität und Wandlungsfähigkeit

„Flexibilität – ist die Fähigkeit einer Fabrik und ihrer Ressourcen, den notwendigen funktionalen, dimensional und strukturellen Anforderungen in den Betrachtungsebenen Prozess, Ressourcen, Produktions-, Gebäude- und Fabrikssystem zu entsprechen. Dabei kann z.B. in funktionale (technologische), kapazitive (Ressourcen), strukturelle und logistische Flexibilität unterschieden werden.“ (Schenk, et al., 2014), Seite 40

Nachdem Automatisierung die Massenfertigung wirtschaftlicher gemacht hatte, stieg die Variantenvielfalt und die Produktion musste flexibler werden. Computer Integrated Manufacturing (Abbildung 6) versuchte alle inzwischen entstandenen EDV-Systeme zu vernetzen, um das zu erreichen.

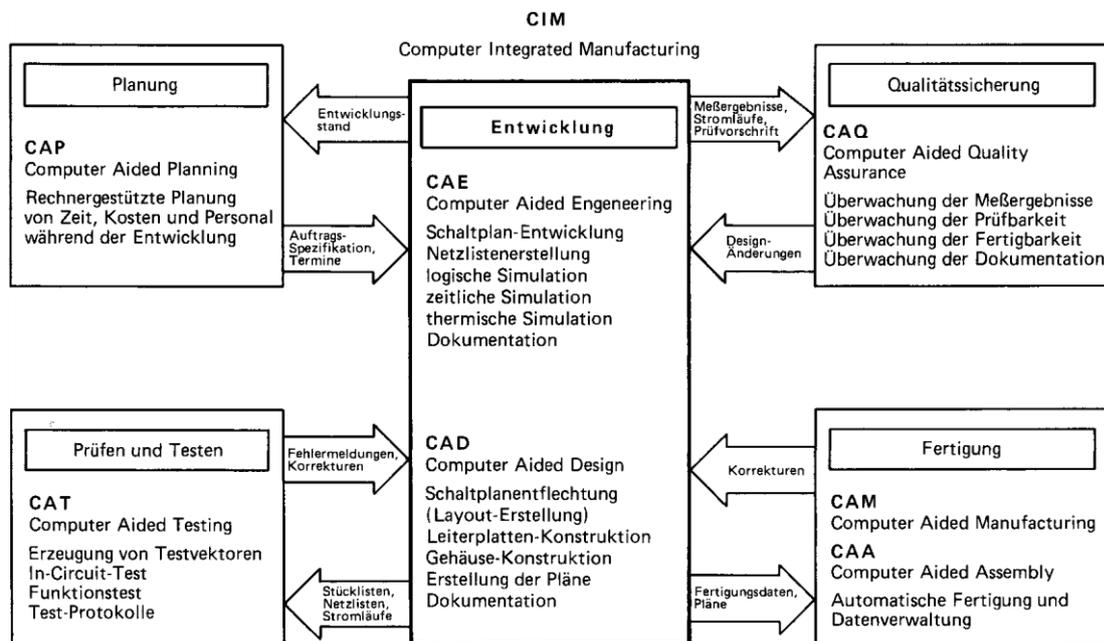


Abbildung 6: Computer Integrated Manufacturing - CIM ((Hering, et al., 2014), Seite 619)

Ende der 80er, Anfang der 90er Jahre wurde aber erkannt, dass das System nicht funktioniert. Das Toyota Produktionssystem, das auf die Integration des Menschen und Vermeidung jeglicher Verschwendung setzte, war viel flexibler. Der Westen griff die Grundsätze des Systems auf und setzte nun auf „Lean Production“, wie die Organisationsstruktur des TPS bezeichnet wurde.

Inzwischen ist eine weitere Stufe der Anpassungsfähigkeit hinzugekommen – Die Wandlungsfähigkeit.

„Wandlungsfähigkeit – ist die Anpassungs- und Entwicklungsfähigkeit über die Phasen der Fabriklebenszyklen sowie aller Elemente der Fabrik an veränderte Anforderungen aus sozialen, ökonomischen und ökologischen Entwicklungen der Gesellschaft.“ (Schenk, et al., 2014), Seite 39

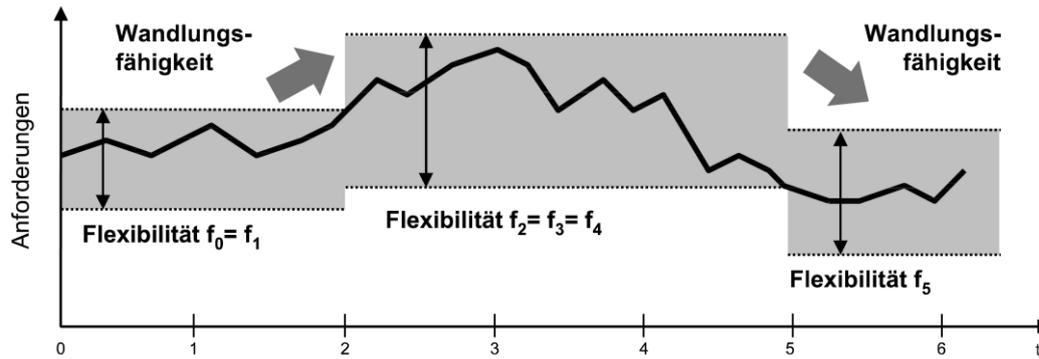


Abbildung 7: Abgrenzung Flexibilität und Wandlungsfähigkeit ((Nyhuis, et al., 2008), Seite 25)

Abbildung 7 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen Flexibilität und Wandlungsfähigkeit. Flexibilität gibt einen wirtschaftlich sinnvollen Korridor vor, in dem kurzfristig (Zeitabschnitte f_0 - f_1 , f_2 - f_4 und f_5) reagiert werden kann. Wandlungsfähigkeit ermöglicht das Verändern und Verschieben dieses Korridors um auf neue Umweltbedingungen zu reagieren. Es ist theoretisch möglich aber unwirtschaftlich, von vornherein die ganze Bandbreite mit Flexibilität allein abzudecken.

3.1.3 Industrie 4.0 – Die smarte Fabrik und das Internet der Dinge und Dienste

„Nach Mechanisierung, Elektrifizierung und Informatisierung der Industrie läutet der Einzug des Internets der Dinge und Dienste in die Fabrik eine 4. Industrielle Revolution ein.“ So beschreibt der „Arbeitskreis Industrie 4.0“ die Industrie 4.0. (Kagermann, et al., 2013)

Dass Vernetzung genutzt wird um die Industrie voranzubringen erinnert stark an das gescheiterte CIM der 70er. Roth ((Roth, 2016), Seite 5f) sieht hier auch „nichts grundsätzlich Neues“, sondern konsequente Umsetzung und Weiterentwicklung unter anderem von CIM und Lean Management. Industrie 4.0 setzt, anders als CIM, auf *dezentrale* Intelligenz und Steuerung. Das zweite wichtige Unterscheidungsmerkmal ist die nun angestrebte Integration der *gesamten Wertschöpfungskette* über den ganzen Produktlebenszyklus zum Zweck einer kundenorientierten industriellen Produktion. ((Obermaier, 2016), Seite 17).

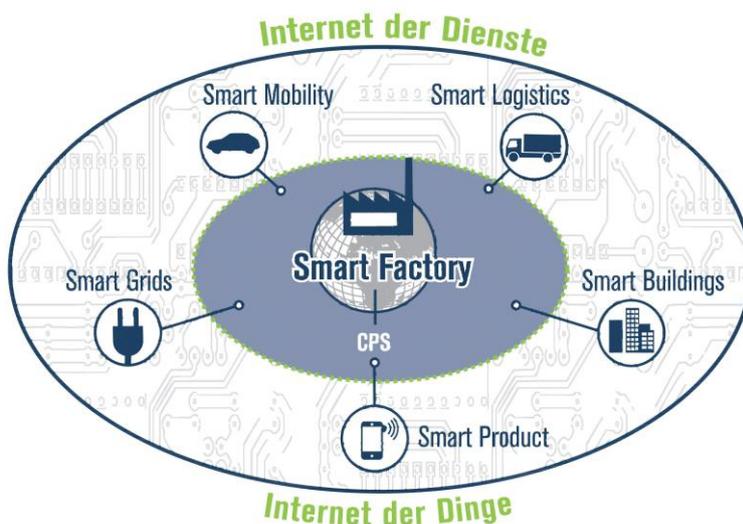


Abbildung 8: Schnittstellen der Smart Factory ((Kagermann, et al., 2013), Seite 23)

Laut „Umsetzungsempfehlung für die Industrie 4.0“ (Kagermann, et al., 2013) bilden Cyberphysical Systems (CPS) die Grundlage für die intelligente Fabrik der Zukunft – die Smart Factory (SF). Dabei sind aber nicht nur Maschinen und Anlagen der Fabrik selbst, sondern auch Produkte, Gebäude und Logistik als CPS ausgeführt und miteinander vernetzt. Die Schnittstellen der Fabrik mit anderen Teilen des Netzwerks zeigt Abbildung 8. Die Smart Factory steht mitten in der horizontalen Vernetzung der Wertschöpfungskette.

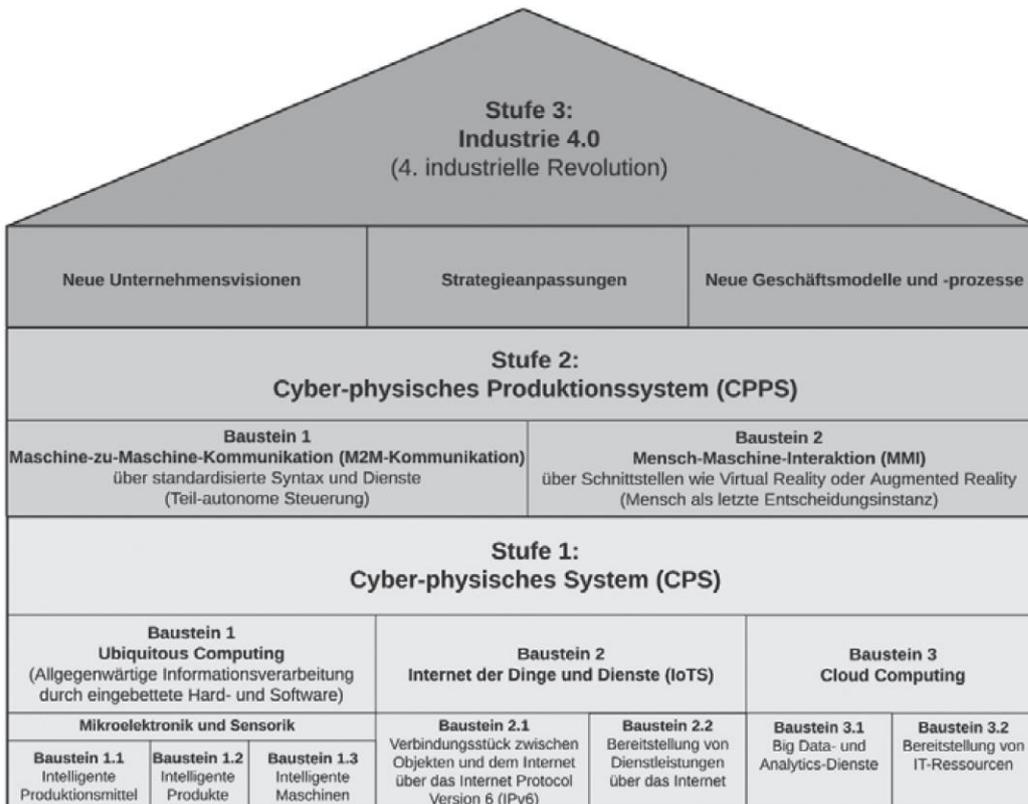


Abbildung 9: Komponenten von Industrie 4.0 (Roth, 2016), Seite 22)

Welche Elemente für CPS notwendig sind veranschaulicht Stufe 1 in Abbildung 9:

Embedded Systems (integrierte Mikrocontroller) in Produkten und Maschinen ermöglichen Ubiquitous Computing (Allgegenwärtige Datenverarbeitung). So ist intelligente Elektronik dort möglich, wo dies vor zwanzig Jahren noch nicht denkbar war. Intelligente Produktionsmittel wie Transportbehälter mit RFID-Chips (Radio Frequency Identification) oder Zwischenprodukte mit QR-Codes (Quick Response) machen produktbezogene Daten an Ort und Stelle abrufbar.

Das Internet der Dinge (IoT – Internet of Things) bezieht sich auf vernetzte Geräte, während beim Internet der Dinge und Dienste (IoTS - Internet of Things and Services) auch Dienstleistungen über das Internet eingeschlossen werden. Ein Auto, das Betriebsdaten an den Hersteller schickt, ist hier ein „Ding“, während das Mieten eines Autos über Onlineportale einen „Dienst“ darstellt.

Der TechCube mit seinen Aufbauten bildet eine MAS, die Element eines CPS ist. Mit einem TechCube aufgebaute MAS sollen durch sehr hohe Vernetzungsfähigkeit und sehr hohe Veränderungsfähigkeit Agilität ermöglichen (Abbildung 10).

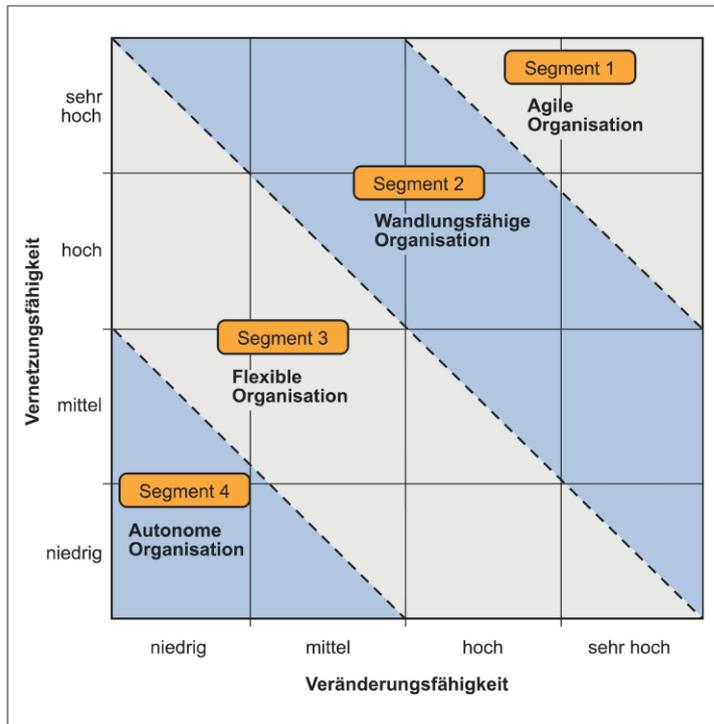


Abbildung 10: Charakterisierung von Produktionsunternehmen aus Sicht der Veränderungsfähigkeit und Vernetzungsfähigkeit ((Wiendahl, et al., 2014) Seite 140)

3.2 Maschinentische und –gestelle

Der TechCube ist einerseits als tischähnlicher Arbeitsplatz verwendbar und soll Aufbauten tragen, die von seiner Mobilität und „Intelligenz“ profitieren. Er kann beispielsweise als Kommissionierplatz verwendet werden - RFID-Antennen sowie Scanner für Bar- und QR-Code sind denkbar. Wenn es der Fertigungsablauf erfordert, können hier auch Menschen verschiedene Arbeitsschritte durchführen.

Andererseits ist er nicht bloß Maschinentisch, sondern bildet auch einen größeren Teil des Gestells. Laut Grote (Grote & Feldhusen, 2014), Seite T22 werden Gestelle folgendermaßen definiert:

„Gestelle und Gestellbauteile sind die tragenden und stützenden Grundkörper von Werkzeugmaschinen... Gestelle bestehen aus Betten, Ständern, Tischen, Konsolen und Querbalken“

Abbildung 11 zeigt exemplarisch Bauformen von Gestellen am Beispiel von Fräsmaschinen mit vertikaler Spindel. Es ist ersichtlich, dass der Tisch als Werkstückträger oft bewegt wird, aber auch Varianten existieren, bei denen er stehen bleiben kann. Dann muss die Spindel alle Bewegungen (hier in maximal drei Bewegungsachsen) ausführen können.

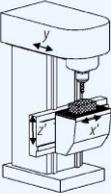
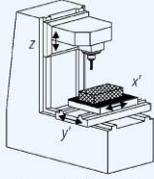
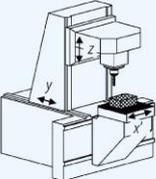
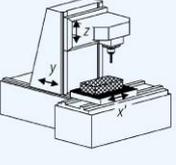
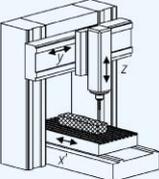
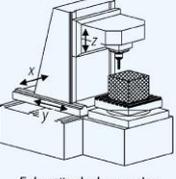
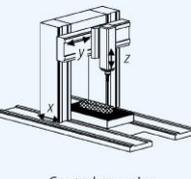
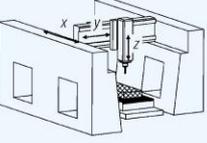
		Fräsmaschinen-Bauformen mit vertikaler Spindel			
		Konsolbauweise	Bettbauweise	Portalbauweise	
Anzahl der Achsen im Werkzeugträger	eins	 Konsolständerbauweise	 Kreuztischbauweise		
	zwei	 Konsolbettbauweise	 Kreuzbettbauweise	 Tischbauweise	
	drei		 Fahrständerbauweise	 Gantrybauweise	 obenliegende Gantrybauweise

Abbildung 11: Bauformen von Gestellen ((Grote & Feldhusen, 2014), Seite T23)

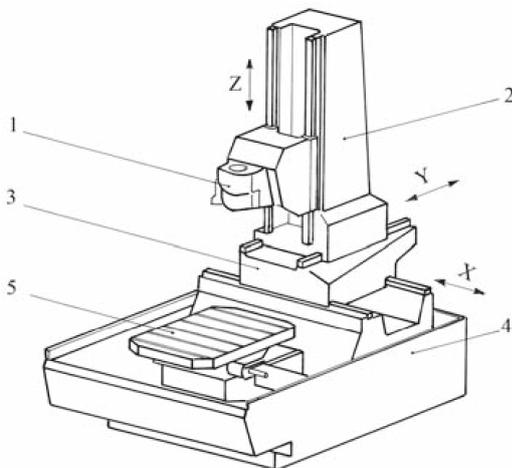


Abbildung 12: Beispiel für ein Bearbeitungszentrum ((Perovic, 2009), Seite 71)

Am Winkelgestell in Abbildung 12 werden die einzelnen Bauteile benannt: Spindelstock (1), Fahrständer (2), Kreuzschlitten (3), Maschinenbett (4) und Starttisch (5). Das Werkstück wird direkt oder in einer auf das Werkstück abgestimmten Vorrichtung auf dem Maschinentisch aufgespannt und bearbeitet. Also ähnlich einer Werkbank, auf der das Bauteil auch befestigt wird um (von Hand) bearbeitet zu werden.

Im Sinne einer Werkzeugmaschine muss der TechCube also Bett und Tisch der Maschine bilden, die durch eine bewegliche Arbeitsspindel vervollständigt wird. Diese Eigenschaft stellt die größeren Anforderungen an die statische und dynamische Auslegung.

3.2.1 Maschinendynamik

Eine Werkzeugmaschine - als ein komplexes, schwingungsfähiges System - weist verschiedene Eigenfrequenzen auf. Wenn das System mit einer dieser Frequenzen angeregt wird, kommt es zu Resonanz, die im Extremfall zu Schaden oder komplettem Versagen der Maschine führt. Auch wenn kein solcher Extremfall eintritt, mindern sie trotzdem die Präzision. Neugebauer ((Neugebauer, 2012) Seite 430) fasst die Auswirkungen folgendermaßen zusammen:

„Die Gestellbauteile können durch dynamische Einflüsse, wie Wechselkräfte oder einzelne Stöße, in Schwingung versetzt werden. Diese wirken sich negativ auf die Welligkeit und Rauheit der Werkstückoberfläche aus, verringern die Standzeit der Werkzeuge sowie die Leistungsfähigkeit der Werkzeugmaschine.“

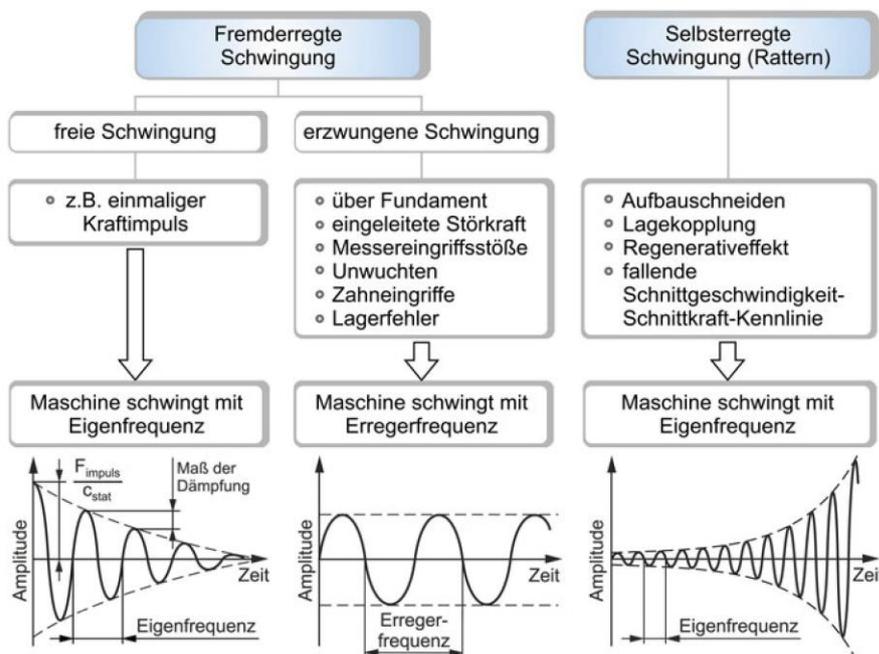


Abbildung 13: Schwingungen an Werkzeugmaschinen ((Neugebauer, 2012), Seite 432)

Schwingungen an Maschinen haben verschiedene Ursachen. Abbildung 13 zeigt eine Übersicht mit Beispielen der Störgrößen speziell an Werkzeugmaschinen. Es werden drei Arten von Schwingungen unterschieden:

- Freie Schwingung**
Fremderregte (von außerhalb des betrachteten Systems) Schwingung, die durch die Eigenschaften des Systems (Steifigkeit, Masse, Dämpfung) bestimmt ist. Durch Anregung (beispielsweise einen Schlag mit dem Hammer) wird das System aus der Ruheposition ausgelenkt und schwingt mit seiner Eigenfrequenz, bis es durch Dämpfung wieder zur Ruhe kommt.
- Erzwungene Schwingung**
Fremderregte Schwingung mit periodischer Anregung. Das System schwingt mit der Erregerfrequenz mit. Liegt diese in der Nähe der Eigenfrequenz, tritt Resonanz auf.
- Selbsterregte Schwingung**
Wird von innerhalb des Systems angeregt.

3.2.2 Ausführung von Gestellen

Gestelle werden auf viele verschiedene Arten hergestellt (vgl. (Neugebauer, 2012) ,Seite 224f):

- Schweißkonstruktionen aus Baustahl oder Leichtmetall
- Geschraubte Konstruktionen aus Stahl, Stahlguss, Leichtmetall, Gestein und nichtmetallischen Gusswerkstoffen
- Leichtbau mit geschäumten Metallen
- Gusskonstruktionen aus Grauguss, legiertes oder modifiziertes Gusseisen oder Leichtmetallen
- Gussbauteile aus Kunststoff - Faserverbund
- Guss-Verbundbauteile mit Mineralguss (es werden zement- und polymergebundene Gusswerkstoffe verwendet)

Abbildung 14 zeigt eine Gegenüberstellung dieser gängigen Gestellwerkstoffe. Mineralguss fällt hier durch seine verhältnismäßig hohe Eigendämpfung bei geringer Masse auf.

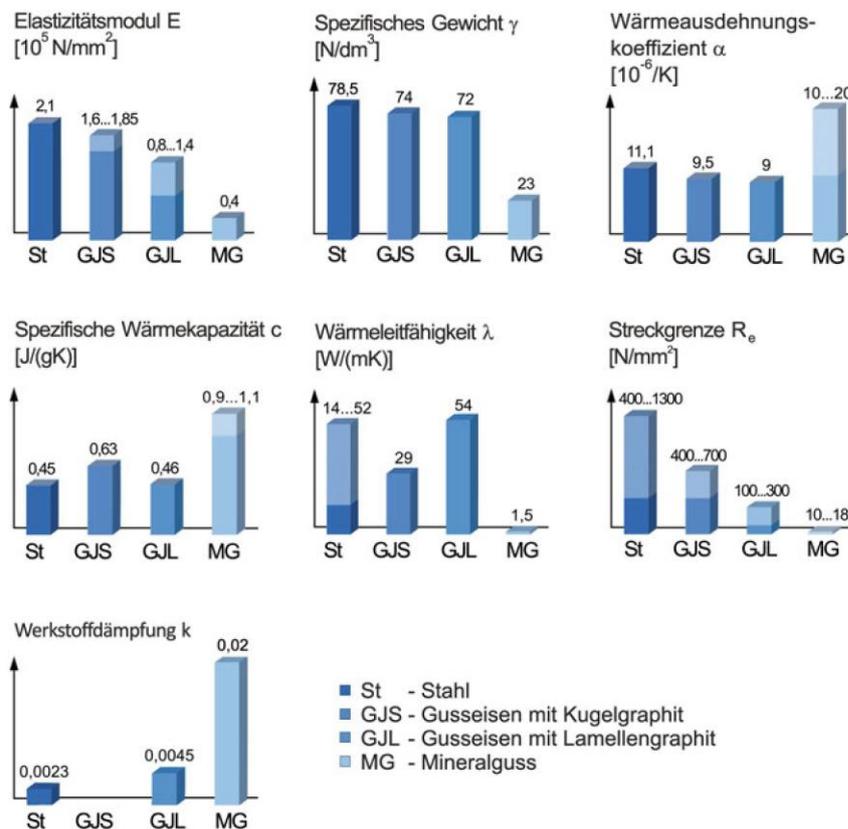


Abbildung 14: Materialeigenschaften verschiedener Gestellwerkstoffe ((Neugebauer, 2012), Seite 441)

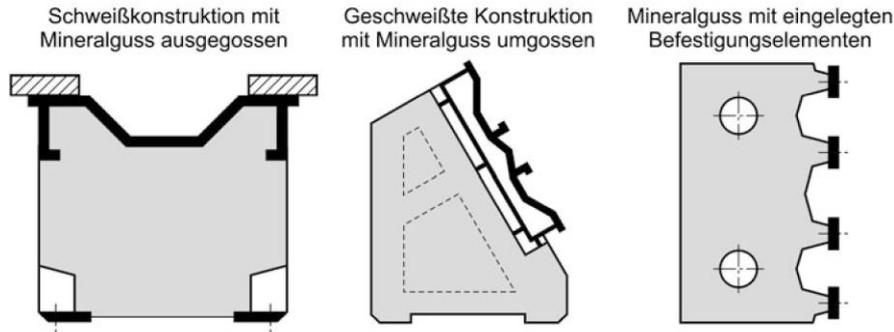


Abbildung 15: Gussgestelle als Verbund ((Neugebauer, 2012), Seite 424)

Bei den Gestellen aus Mineralguss werden drei Varianten unterschieden (Abbildung 15):

- a) Schweißkonstruktion oder Gussbauteil (Abbildung 16) wird ausgegossen
- b) Ein (geschweißtes) Gerippe mit Aufnahmen für Führungen und Anbauteile wird umgossen
- c) Beton- oder Mineralgussteil, mit einzelnen eingegossenen Befestigungselementen



Abbildung 16: Mit Polymerbeton ausgegossenes Stahlgussbauteil ((Neugebauer, 2012), Seite 424)

Variante a) hat den Vorteil, dass die Gussform, beziehungsweise Schalung, zum Bauteil gehört und nicht wieder entfernt werden muss. Dafür ist die Form im Sinne der Gussteilfertigung verloren. Hier ist sie aber ein wichtiges Element, das zusätzliche Steifigkeit verleiht und poröses Gussmaterial vor Umwelteinflüssen schützt.

Der TechCube soll als ausgegossene Schweißkonstruktion ausgeführt werden. Sie bietet neben guter Dämpfung durch Mineralguss auch mehr Designfreiheit. Als Partner wurde dafür die framag Industrieanlagenbau GmbH gefunden, ein Unternehmen das mit eigenen Vergussmassen schon sehr viel Erfahrung auf dem Gebiet hat (Abbildung 17). Durch die gute Dämpfung von Mineralguss gegenüber reinen Stahlkonstruktionen klingen Schwingungen sehr viel schneller ab. Während bei der Mineralgussvariante (rechte Grafik) nach 0,25 s keine Schwingungen mehr erkennbar sind, zeigt die Stahlvariante (linke Grafik) nach 0,5 s immer noch deutliche Ausschläge.

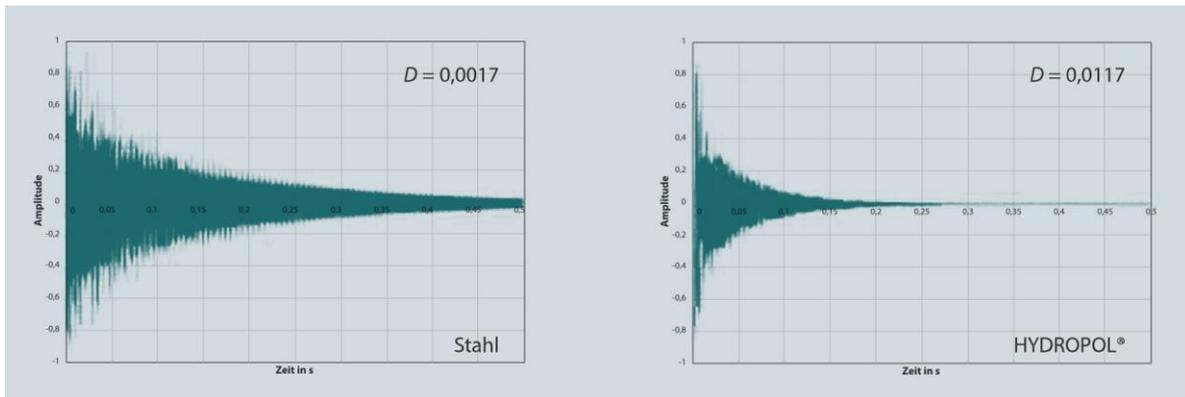


Abbildung 17: Schwingungsverhalten von Stahl (links) verglichen mit Mineralguss von Framag (rechts) (Quelle: framag-Prospekt Fasermaschinen)

3.2.3 Schnittstelle Maschinentisch

Auf der Arbeitsplatte des TechCube sollen verschiedene Geräte montiert oder aufgespannt und auch einfach wieder demontiert werden können. Aufbauten wie Vorrichtungen und Werkstücke erfordern aber eine Befestigungsmöglichkeit, die auch Bearbeitungskräfte aufnehmen kann.

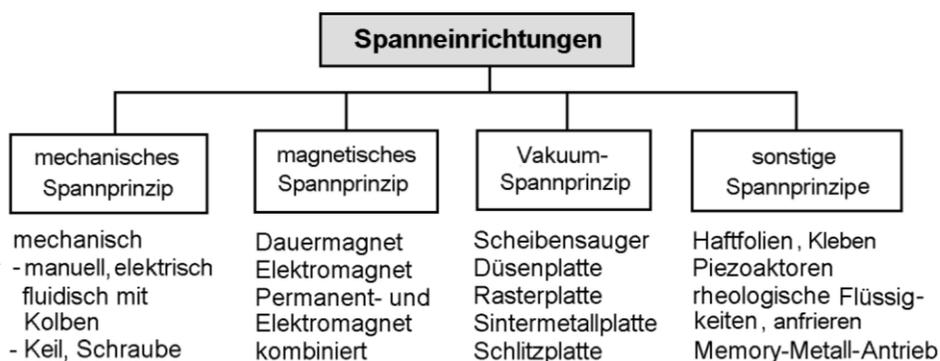


Abbildung 18: Möglichkeit zur Einteilung nach Spannprinzip ((Krahn, 2012), Seite 50)

Eine Übersicht über die Spanneinrichtungen, geordnet nach Spannprinzip, zeigt Abbildung 18.

Mechanische Spannprinzipien werden in Schraubstöcken und Backenfuttern sowie Spannanzgen verwendet. Das Prinzip ist fast universell einsetzbar, hat aber seine Grenzen bei weichen und elastischen Werkstoffen.

Magnetismus nutzen beispielsweise Spannplatten, wie sie an Flachsleifmaschinen Einsatz finden. Nachteilig ist, dass nur ferromagnetische Werkstoffe gespannt werden können, ausreichend große Kontaktfläche notwendig ist und abgetragene Späne auf der Platte haften. Elektromagnete brauchen zudem permanent Energie und erzeugen Wärme. Vakuumprinzipien erfordern, von der Spannkraft abhängige, große Wirkflächen. Ist die Spannfläche nicht dicht, verbrauchen auch diese Prinzipien ständig Energie.

Die angeführten sonstigen Spannprinzipien sind eher Speziallösungen und bieten keine besonderen Vorteile hinsichtlich einer Befestigung von Vorrichtungen und Werkstücken auf der Arbeitsfläche des TechCube.

Mechanische Prinzipien erscheinen sehr flexibel was die Werkstoffauswahl betrifft. Außerdem verbrauchen sie, wenn überhaupt, nur einmal pro Spannyklus Energie. Für Arbeitsplatten mit geschraubten Verbindungen sind ganze Vorrichtungsbaukästen verfügbar. Ob das Werkstück dann mit Spannpratzen auf die Arbeitsfläche geklemmt wird, oder doch ein Schraubstock verwendet wird (der wiederum festgeschraubt werden muss), macht hier keinen Unterschied.

(Krahn, 2012) listet speziell zum Verbinden von Vorrichtung und Maschine drei Möglichkeiten auf:

- a) Vorrichtungsfüße (ebene Aufnahme, Schiebefähigkeit)
- b) Nutensteine, Anlegeleisten etc. und Befestigungsschrauben
- c) Aufnahmekegel, zylindrische Aufnahmebolzen

In die erste Kategorie fallen hier auf jeden Fall verschiedene elektrische und elektronische Geräte, die am TechCube Verwendung finden können. Sie werden oft einfach abgestellt und eine Möglichkeit zum Verschrauben ist üblicherweise nicht vorgesehen. Die Arbeitsfläche des TechCube muss also dafür geeignet und somit zumindest eben sein. Nutensteine ermöglichen ähnlich wie Lochraster mit Gewinden steife Verbindung mit Aufbauten. Dies ist wichtig, damit die schwingungsdämpfenden Eigenschaften des TechCube genutzt werden können. Aufnahmekegel und auch zylindrische Aufnahmebolzen sind für positionsgenaueres Aufspannen geeignet und finden beispielsweise an Nullpunkt-Spannsystemen Verwendung, wodurch die Rüstzeit stark verkürzt werden kann. Für Vorrichtungen, die sehr viel seltener demontiert und wieder montiert werden, wird sich der Aufwand aber nicht lohnen.

4 Ausführung des TechCube

Dieses Kapitel der Arbeit befasst sich mit der konkreten Ausführung des TechCube. Als Grundlage für die folgenden Überlegungen werden einige Möglichkeiten für Aufbauten genauer spezifiziert:

Tabelle 1: Maschinendaten

Aufbau	Abmessungen/Gewichte	Anschlussdaten
Stäubli-Roboter TX90L (Steuerung: CS8C) 	Roboter: Reichweite: 1200 mm Gewicht: 114 kg Steuerung: Größe BxHxT: 445x331x455 mm Gewicht: 40 kg	Stromanschluss: 2kW, 400V, 6A Netzwerk: RS232/422 Ethernet ModBus/TCP-Server Feldbus (u.A.): DeviceNet CANopen ProfiNet Ethernet/IP
Universal Robots UR5 	Roboter: Reichweite: 850 mm Gewicht: 18.4 kg Steuerung: Größe BxHxT: 475x423x268 mm Gewicht: 15 kg	Stromanschluss: 325W, 230V Netzwerk: TCP/IP 100Mbit ModBus/TCP-Server Feldbus (u.A.): ProfiNet EthernetIP
Spreitzer Kompaktspanner PS 	Grundfläche: 200x80 mm	Druckluft max. 10bar
Faro Quantum 	Reichweite: 1500 mm und mehr Gewicht: unbekannt	Stromanschluss: 47 bis 63 Hz 110 bis 230V

4.1 Geometrie und Design

Die Baugröße richtet sich einerseits nach den oben exemplarisch aufgelisteten Aufbauten. Der TechCube muss einerseits groß genug sein, sie aufzunehmen, aber er darf auch nicht zu groß sein, damit der begrenzte Platz in der Smart Factory sinnvoll genutzt werden kann. Es sollen alle Seiten, von der Zugänglichkeit her, gleichberechtigt sein, weshalb die Grundform quadratisch gewählt wird. Die Gestalt wird einfach gehalten, und mit dem Einsatz von Standardkomponenten Over-Engineering vermieden.

Vorgaben zum Design sind:

- Geradlinig, monolithisch
- Ununterbrochene Außenflächen, soweit technisch und wirtschaftlich möglich
- Keine Absätze an Bauteilübergängen
- Integration eines beleuchteten Design-Elements

4.1.1 Baugröße

Da die beiden Roboter einen geringen Stellflächenverbrauch haben, ergeben sich dadurch noch keine großen Abmessungen. Beispielsweise soll neben einem Roboter aber noch eine Spannvorrichtung – im einfachsten Fall ein Maschinenschraubstock - Platz finden. Es können auch mehrere Vorrichtungen im Arbeitsbereich positioniert werden, was zur Frage führt, ob der TechCube so groß wie der Arbeitsbereich sein soll. Damit dieser ausgenutzt werden kann, muss der TechCube für den Stäubli-Roboter TX90L 2400x2400 mm groß sein (siehe Abbildung 19). Dabei sind die Ecken aber nicht nutzbar. Damit der gesamte Tisch von einem mittig positionierten Roboter erreicht werden kann, muss die Diagonale des Quadrats 2400 mm betragen. Das führt zu Abmessungen von 1700x1700 mm. Beim UR5 von Universal Robots zu 1200x1200 mm. Wird der Roboter an einer Ecke platziert, halbieren sich die Werte fast (die jeweils halbe Stellfläche ist noch zu berücksichtigen). Um noch nicht bekannte Maschinen zu berücksichtigen, werden die Maße der Europalette (1200x800 mm) verwendet. Sie ist wichtig für die internationale Logistik und markiert eine „natürliche“ Grenze, die im Zweifelsfall zugunsten geringerer Transportkosten eingehalten wird. Von der quadratischen Arbeitsfläche mit 1200x1200 mm bleibt ein Drittel frei für andere Anwendungen, wie zum Beispiel einen Rohstoffpuffer.

Damit glatte Außenflächen realisiert werden können, muss noch etwas Bauraum für eine Einhausung hinzugerechnet werden. 50 mm scheinen hier sinnvoll. So fällt die Entscheidung für die Grundfläche auf 1300x1300 mm.

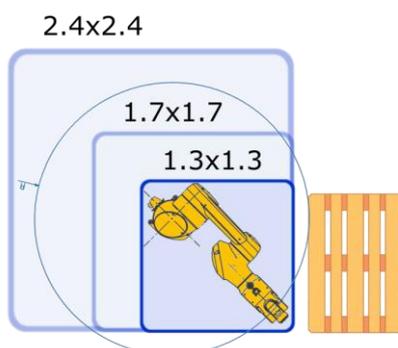


Abbildung 19: Vergleich von Tischgrößen und Aufbauten

4.1.2 Arbeitshöhe

Welche Arbeitshöhe der Tisch haben muss, ist vom Einsatzfall abhängig. Roboter erfordern keine spezielle Arbeitshöhe, aber wenn Menschen am TechCube arbeiten ist dem Rechnung zu tragen. Ergonomische Arbeitshöhen sind vorrangig davon abhängig, ob sitzend oder stehend gearbeitet wird. Abbildung 20 zeigt entsprechende Vorgaben. Der TechCube soll keine Beine haben, wie ein gewöhnlicher Tisch, sondern als Quader ausgeführt sein. Allerdings ergibt sich dadurch in Bodennähe eine durchgehende Front, was grundsätzlich keine ergonomische Sitzposition erlaubt. Es ist aber auch nicht Sinn und Zweck, eine Fertigungslinie mit Handarbeitsplatz zu schaffen, an dem jemand den ganzen Tag arbeitet. Es sind eher einzelne Arbeitsgänge im Stehen vorstellbar, wie das Vermessen eines Werkstückes am Faro-Arm. In der Forschungsstätte wird wenig Serienproduktion betrieben werden.

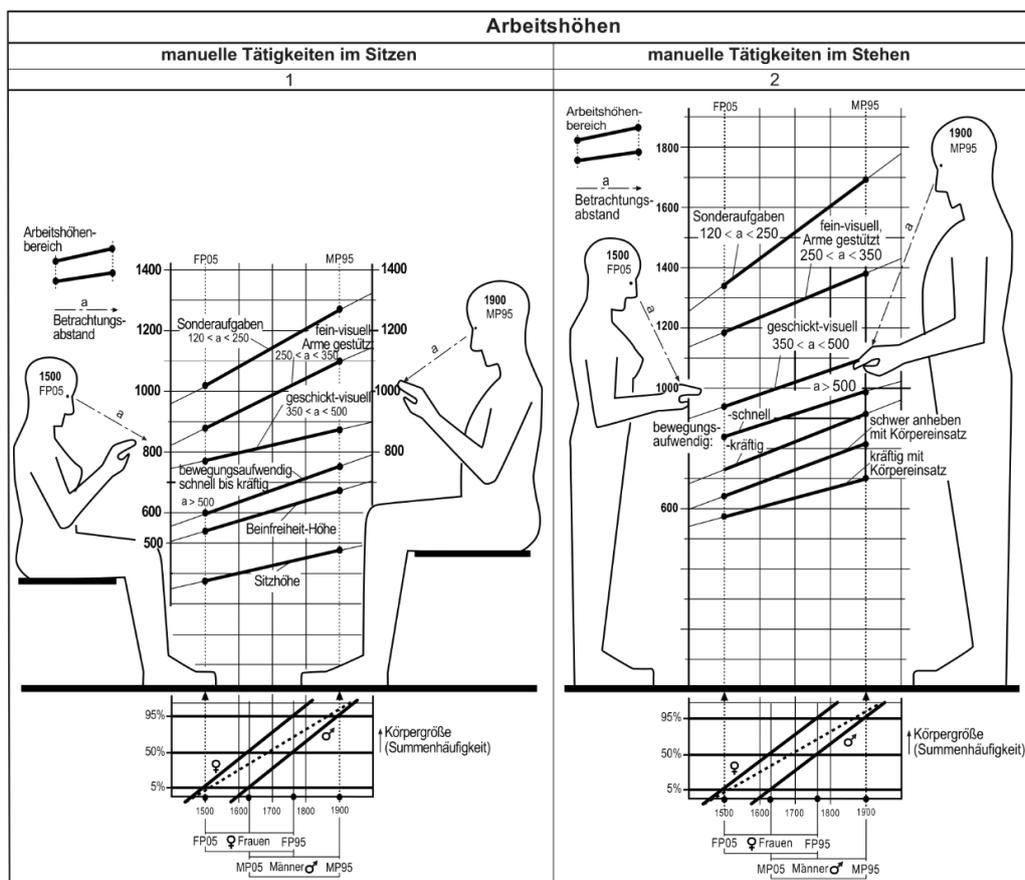


Abbildung 20: Arbeitshöhen für unterschiedliche Tätigkeiten ((Neudörfer, 2014), Seite 550)

Die Entscheidung für die Arbeitshöhe fällt auf 900 mm, was Ergonomie bei bewegungsaufwendigen Arbeiten ermöglicht – für Frauen eher bei schnellen, für Männer eher bei kräftigen Arbeiten (siehe Abbildung 20).

4.1.3 Unterbau

Der TechCube muss Platz für Steuerungskomponenten bieten. Der Platz auf der Arbeitsfläche soll dabei für die Aufbauten frei bleiben. Das bedeutet, dass noch Raum im Unterbau vorgesehen werden muss. Dieser Stauraum für Steuerungstechnik und Versorgung in der quaderförmigen Grundform ist so gewählt und positioniert, dass die verbleibenden Säulen an den Ecken und die verbleibenden Platten ober- und unterhalb etwa die gleiche Dicke haben. Ausgehend von der notwendigen Höhe von 450 mm für Robotersteuerungen bleiben als Plattendicken 200 und 250mm. Der Steherquerschnitt wird 250 mm im Quadrat gewählt und es verbleibt entsprechend die lichte Weite von 800 mm (siehe Abbildung 21).

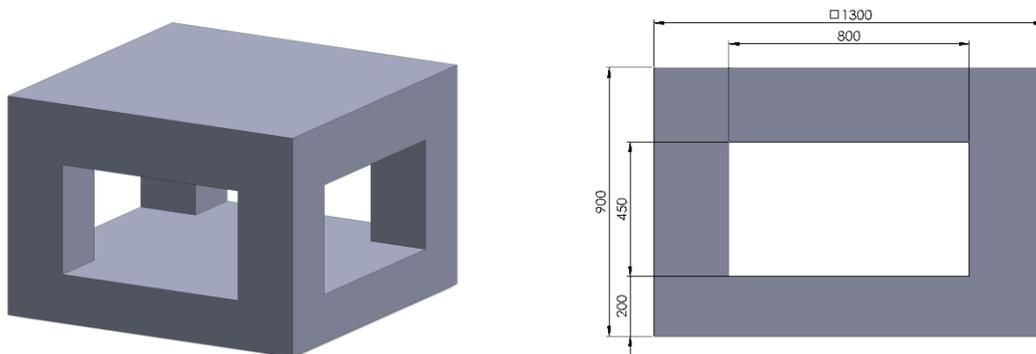


Abbildung 21: TechCube Grundform

Gewählte Dimensionen:

- Gewählte Größe (LxB): 1300x1300 mm
- Arbeitshöhe: 900 mm
- Öffnungen: (BxH): 800x450 mm

4.1.4 Arbeitsfläche

Wie in „3.2.3 Schnittstelle Maschinentisch“ ausgeführt, muss die Arbeitsfläche einerseits eben sein, damit Geräte abgestellt werden können und andererseits eine mechanische Verbindung bieten die die steife Verbindung mit Aufbauten ermöglicht. Sie muss universell verwendbar, kostengünstig und unempfindlich gegen Späne sein. Es bieten sich T-Nuten und Lochraster an. Aufgrund der größeren Flexibilität und geringeren Empfindlichkeit wird der TechCube mit T-Nuten ausgeführt.

Bei Projektbesprechungen mit der Firma framag aus Oberösterreich wurde gerade dafür ein spezielles Verfahren vorgestellt. Dabei wird eine verhältnismäßig dünne Platte mit C-Profilen versehen um Material- und Bearbeitungskosten zu sparen. Abbildung 22 a) zeigt ein solches Bauteil im Rohzustand. Es ist fertig verschweißt und steht für den Gießvorgang auf dem Kopf. Nach dem Vergießen werden Nuten gefräst und die C-Profile bilden den Nutgrund. Abbildung 22 b) zeigt ein entsprechend fertig gefrästes und lackiertes Bauteil. Der Zerspanungsaufwand lässt sich drastisch reduzieren, weil die gesamte Bearbeitung des voluminösen Nutgrundes mit Spezialwerkzeug entfällt. Bei nichtrostenden, austenitischen Stählen ist die Ersparnis noch größer, als bei einfachem Baustahl.

Einziges Makel sind die überstehenden C-Profile, was beim TechCube nicht gewünscht ist. Leider lässt sich mit dieser Variante keine vollständig ebene Außenfläche erzeugen, weshalb aus dem vollen Material einer dicken Arbeitsplatte gefräst wird.

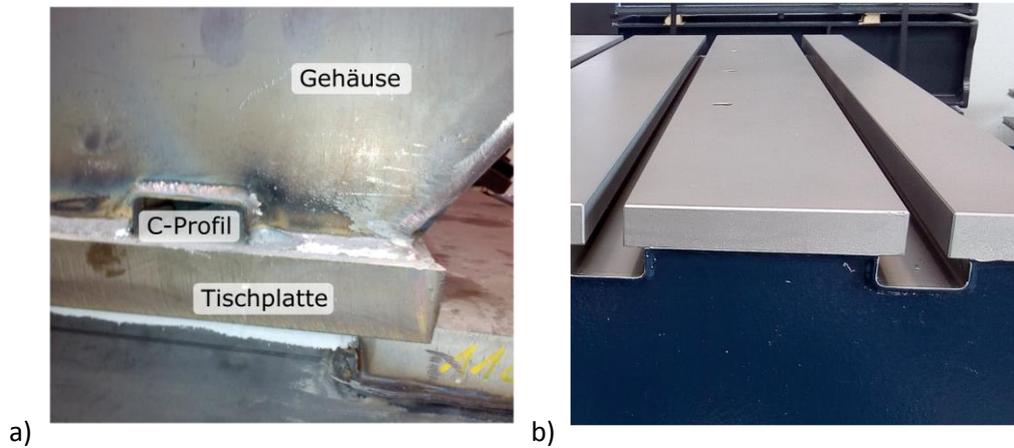


Abbildung 22: Kostengünstige Herstellung von T-Nuten – a) Rohteil, b) Fertig gefräst und lackiert

Am TechCube soll die ganze Tischfläche für Aufbauten verwendbar sein, weshalb sie komplett mit T-Nuten versehen wird. Mit der gewählten Teilung von 100 mm finden elf Nuten Platz (Abbildung 23). Sie werden für DIN508 Nutensteine mit M20 Gewinde 22 mm breit ausgeführt.

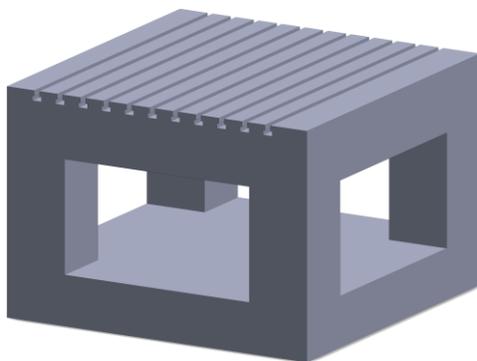


Abbildung 23: TechCube mit T-Nuten

4.1.5 Gewicht

Mit den inzwischen festgelegten Dimensionen wird das Gewicht berechnet. framag baut die Blechkonstruktionen für Maschinengestelle aus 4mm Stahlblech auf. Die Arbeitsplatte muss für die gewählten T-Nuten etwa 50mm dick sein. Zusätzlich werden im inneren Verstrebungen angebracht, die hier mit 20% der Blechmasse berücksichtigt werden. Die genaue Ausführung der Verstrebungen bleibt Betriebsgeheimnis von framag. Als Vergussmasse stehen verschiedene Typen von Spezialbeton zur Verfügung (Tabelle 2).

Tabelle 2: Gusswerkstoffe von framag

	Dichte	E-Modul
Hydropol	bis zu 2.500 kg/m ³	bis zu 60.000 N/mm ²
Hydropol light	bis zu 1.200 kg/m ³	bis zu 12.000 N/mm ²
Hydropol super light	650 kg/m ³	ca. 5000 N/mm ²
Hydropol xx light	220 kg/m ³	ca. 100 N/mm ²

Abbildung 24 zeigt das Gewicht von TechCubes unterschiedlicher Grundfläche mit Hydropol ausgegossen und Abbildung 25 mit Hydropol xxl.

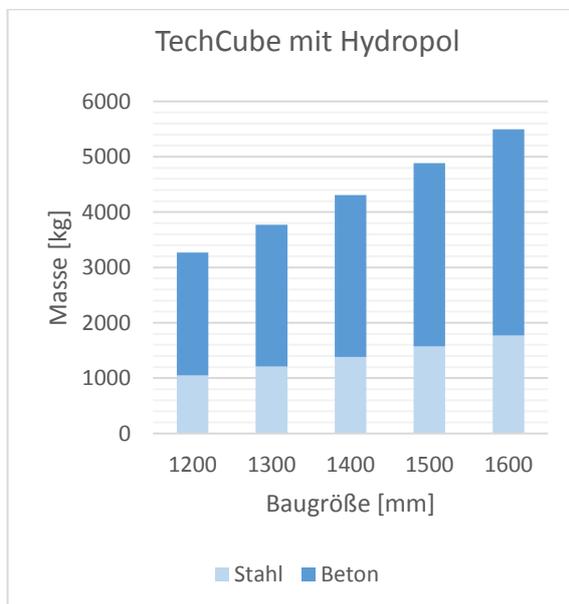


Abbildung 24: TechCube mit (Standard-)Hydropol vergossen

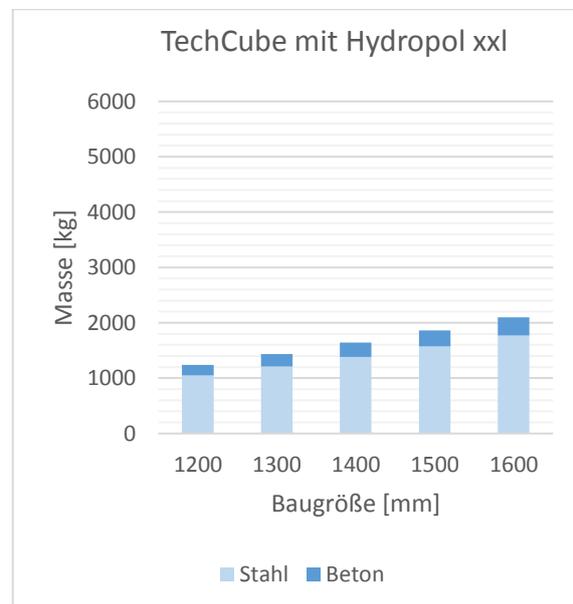


Abbildung 25: TechCube mit Hydropol xxl vergossen

Es ist für gute schwingungsisolierende Wirkung des TechCube ein schweres Maschinenbett gewünscht, weshalb die Auswahl auf normales Hydropol fällt. Bei Abmessungen von 1300x1300 mm ergibt sich ein Gewicht von ca. 3800 kg (Abbildung 24).

4.2 Bewegen und Aufstellen

Der TechCube soll in der smartfactory@tugraz bewegt werden können. Um agile Fertigung zu realisieren, muss er einfaches Verschieben und Anordnen der MAS ermöglichen.

Tabelle 3: Bewegungsvarianten

	Mobilität	Wendigkeit	Wartungsintensität	Kommentar
Hallenkran 	+	+	-	Nicht vorhanden
Schienen 	-	-	~	unpraktikabel
Hubwagen/Stapler 	~	-	~	
Rollen 	~	~	+	
Luftkissen 	+	+	~	
Omniwheels 	~	+	+	

4.2.1 Möglichkeiten den TechCube zu bewegen

Es haben sich in der Industrie, je nach Anwendungsfall, verschiedene Technologien zum Bewegen großer Lasten etabliert. Welche für den TechCube geeignet ist, veranschaulicht Tabelle 3. Die Varianten sind nach den folgenden Gesichtspunkten bewertet worden:

- Mobilität: Erreichbarkeit jedes Punktes im Raum
- Wendigkeit: Manövrierbarkeit auf engstem Raum
- Wartungsintensität: Aufwand für die Instandhaltung

Ein Hallenkran ist in der smartfactory@tugraz nicht vorhanden und auch nicht praktikabel, da die Versorgungsanschlüsse von der Decke hängen. Schienen schränken die Mobilität sehr stark ein. Ein Hubwagen ist flexibler, aber das genaue Positionieren und Ausrichten ist damit sehr umständlich. Bock- und Lenkrollen verkörpern das gleiche Prinzip und passen zudem nicht ins Design. Omniwheels wären besser ins Design integrierbar und machen den TechCube auch sehr wendig. Leider haben Modelle mit hoher Tragfähigkeit Prinzip bedingt sehr große Durchmesser – Beispielsweise 457 mm bei 2000 kg. Es bleiben die Luftkissen als sehr praktische Lösung. Sie können große Lasten tragen und ermöglichen maximale Manövrierbarkeit bei kleinsten Verschiebekräften. Dabei heben sie die Last auch automatisch an, sodass ohne Vorbereitung verschoben werden kann und am Zielort lediglich die Nivellierung nachjustiert werden muss.

4.2.2 Luftkissen

Luftkissen sind für Nutzlasten von etwa 250 kg bis 100.000 kg pro Element erhältlich, wobei Systeme mit vier oder sechs Einheiten üblich sind. Ein einzelnes Luftkissen alleine kann nicht verwendet werden, da es unter der Last versuchen würde „wegzukippen“. Bei der Auswahl muss zusätzlich der Untergrund in Betracht gezogen werden, auf dem die Last bewegt werden soll. Für raue Oberflächen, wie Beton und Asphalt, sind speziell verschleißfeste Ausführungen erhältlich. Für den versiegelten Industrieboden der neuen smartfactory@tugraz ist die Standardausführung aber ausreichend.

In Abbildung 26 ist das Funktionsprinzip der Luftkissen dargestellt. Der Gummibalg dehnt sich durch zugeführte Druckluft aus und dichtet zum Boden ab, hebt die Last an und gleitet schließlich auf einem Film ausströmender Luft. Das System kann als Balgzylinder angesehen werden, der eine oder mehrere Öffnungen besitzt. Diese sind so dimensioniert, dass beim zum Heben der Last notwendigen Druck, gerade die richtige Menge Luft ausströmt, um einen Gleitfilm zu bilden.

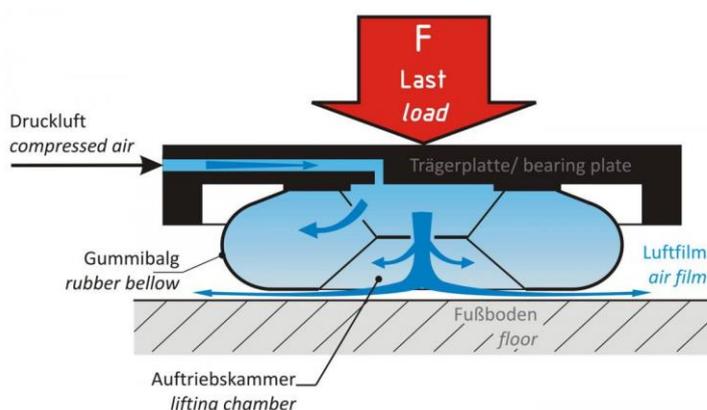


Abbildung 26: Funktionsprinzip eines Luftkissens

Nach kurzer Internetrecherche war die Gesa Transporttechnik GmbH als österreichischer Spezialist auf dem Gebiet gefunden. Herr Gerhard Sandhofer, der Gründer und Namensgeber von Gesa, erklärte bei einem Besuch am Institut für Fertigungstechnik die Luftkissen-Technologie und kümmerte sich um den Termin für eine „Probefahrt“. Es wurde anhand einer ca. 1800 kg schweren Fräsmaschine demonstriert (Abbildung 27), wie sich Luftkissen „anfühlen“ und wie sie sich bei schlecht eingestellten Drücken verhalten.



Abbildung 27: Luftkissentransport einer Fräsmaschine

In der obigen Abbildung sind sogenannte Luftkissenmodule zu erkennen. Sie bestehen aus dem, auf einer Trägerplatte aufvulkanisierten, Gummibalg (wird als Luftkissenelement bezeichnet) und einem Aluminium-Profil, wie in Abbildung 28 dargestellt. Letzteres gibt dem Modul Steifigkeit und dient auch als ausgleichender Druckluftspeicher.

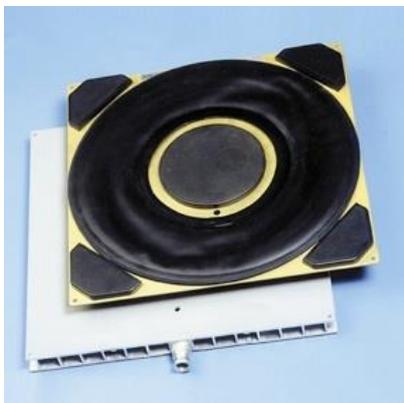


Abbildung 28: Luftkissenelement und Aluminiumprofil

Durch eine vollflächige, ausreichend steife Stützfläche an der Unterseite des TechCube, ist es möglich die Luftkissenelemente ohne das Aluminiumprofil zu verwenden. Der Luftanschluss am Element ist als Bohrung in der Trägerplatte ausgeführt und mit einer Flachdichtung versehen. Die Luftzufuhr muss über eine deckungsgleiche Öffnung an der Unterseite des TechCube erfolgen. Beim Mineralgussgestell können die entsprechenden Leitungen integriert und ebene Stützflächen realisiert werden. Um die Dichtflächen in Kontakt zu bringen, sind Führungen für die Luftkissenelemente notwendig. Dazu wurden gemeinsam mit Gesa Polyamideleisten mit geeignetem Querschnitt ausgearbeitet (Abbildung 29). Diese dienen bei entlüfteten Kissen auch als Füße, auf denen der TechCube abgestellt werden kann.

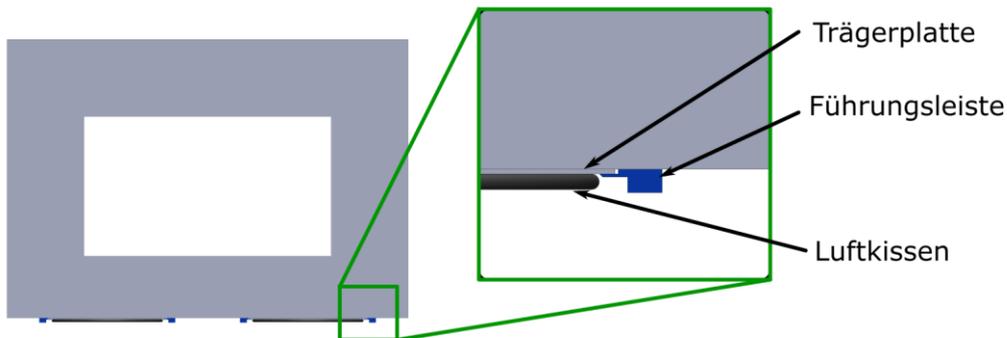


Abbildung 29: Luftkissen und Führungsleisten

Für den TechCube ist eine Anordnung von vier Luftkissen sinnvoll. Zusammen mit Gesa wurden die Luftkissenelemente der Baureihe „LG 380-1 D“ ausgewählt.

Technische Daten Gesa LG 380 (1 Element):

Abmessungen:	380x380x10 mm (LxBxH)
Druckluftverbrauch:	550 l/min
Nutzlast:	1750 kg
Betriebsdruck:	1 bar

Für den Betrieb von vier Elementen ist dementsprechend ein Volumenstrom von bis zu 2200 l/min bei 1 bar notwendig. Der Pneumatik-Schaltplan ist in Abbildung 30 dargestellt. Der TechCube wird über eine Schnellkupplung an das Versorgungsnetz angeschlossen. Im TechCube ist eine Abzweigung für die Druckluftaufbereitung der Aufbauten vorgesehen. Die Leitung zur Versorgung der Luftkissen führt über ein Einschaltventil und verzweigt sich danach auf vier parallel geschaltete Regelventile, über die die Drücke der einzelnen Elemente eingestellt werden können. So ist es möglich, dass alle Luftkissen am TechCube eingestellt werden und dann nur noch bei Bedarf gemeinsam ein- und ausgeschaltet werden.

In Zusammenarbeit mit der Firma Festo wurden folgende Pneumatikkomponenten ausgewählt:

Einschaltventil: HE-1/2-D-Maxi (vgl. Abbildung 32)

Drehbetätigtes 3/2-Wege-Ventil
 Nenndurchsatz: 5600 l/min bei 6 bar Eingangsdruck und 1 bar Druckabfall

Druckregelventil: MS6-LRB-1/2-D5-A4-DM2 (vgl. Abbildung 31)

Blockbares Ventil

Im Knopf integriertes Manometer

Durchsatz bis 7300 l/min bei 10 bar Eingangsdruck und 3 bar Ausgangsdruck

Dass das Druckregelventil hier überdimensioniert erscheint, liegt daran, dass die nächst kleinere Bauform mit unter 1000 l/min bei 1 bar Ausgangsdruck zu wenig Sicherheit bietet.

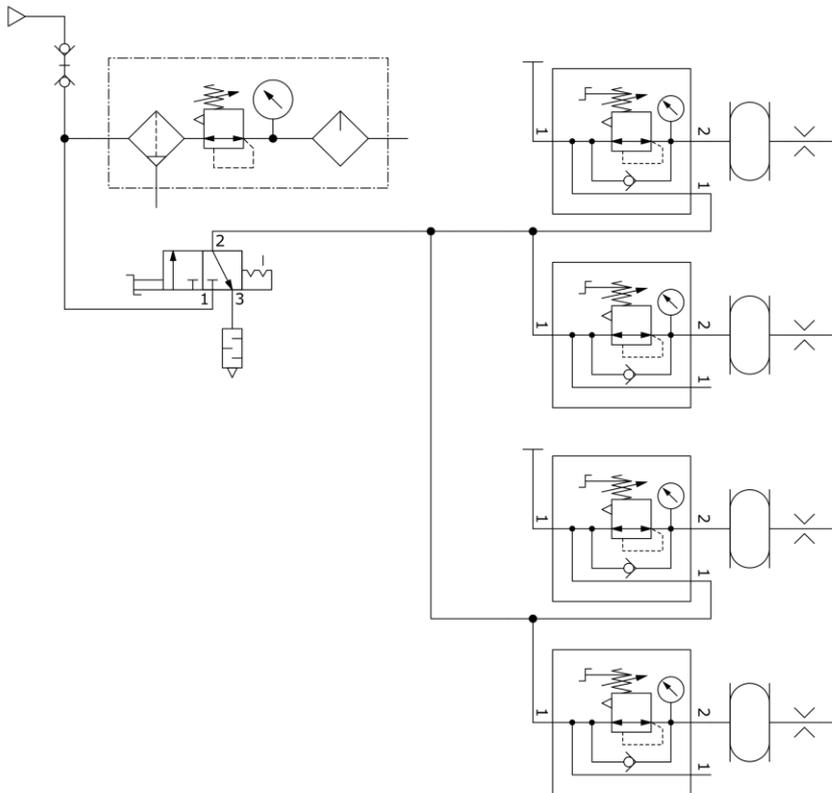


Abbildung 30: Pneumatikschema für vier Auflagerpunkte des TechCube



Abbildung 31: Festo Druckregelventile der Baureihe MS



Abbildung 32: Festo Einschaltventil der Baureihe HE

Die Leitungsführung im TechCube ist in Abbildung 33 dargestellt. Die Zuleitung kommt von oben und wird durch die Arbeitsplatte geführt. Mittels Steckverschraubung wird sie an das im Beton vergossene

Leitungsnetz angeschlossen. Die Bedienkonsole wird allerdings nicht eingegossen, sondern ebenfalls über Steckverschraubungen in das Netz integriert.

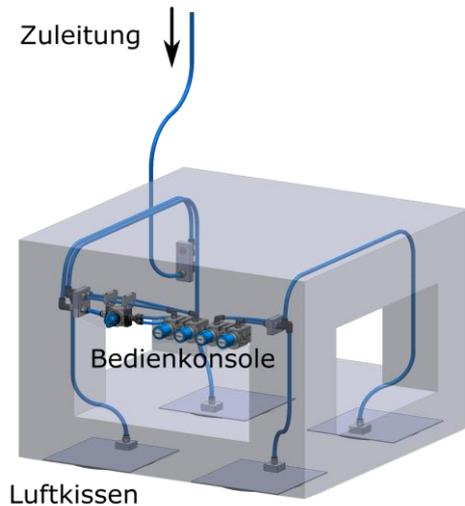


Abbildung 33: Pneumatik im TechCube

4.2.3 Aufstellung

Beim Aufstellen müssen Bodenunebenheiten ausgeglichen und das MAS eingerichtet werden. Hier gibt es mannigfaltige Lösungen. Maschinenfüße (Abbildung 34) und Keilschuhe (Abbildung 35) sind etablierte Bauteile für Maschinen und Anlagen. Aktuatoren in allen Bauformen haben den Vorteil der Automatisierbarkeit. Das wird in einer späteren Entwicklungsstufe eventuell noch aufgegriffen.



Abbildung 34: Konventioneller Maschinen-Stellfuß



Abbildung 35: Keilschuh

Für den TechCube sind konventionelle Maschinefüße sehr gut geeignet. Sie haben dämpfende Eigenschaften und müssen beim Verschieben nicht eigens mitgenommen werden, weil sie festmontiert sind. Keilschuhe sind nicht so einfach in das Design des TechCube zu integrieren, weil zum Verschrauben die Oberseite zugänglich sein müsste (Abbildung 36).

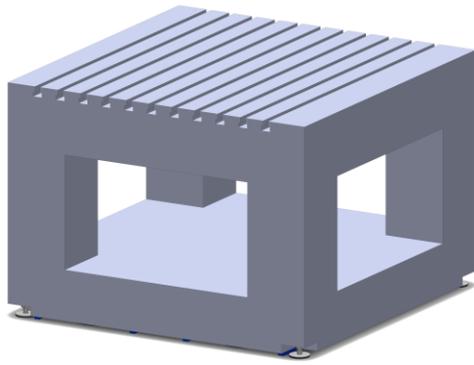


Abbildung 36: TechCube mit Stellfüßen

4.3 Versorgung

4.3.1 Leitungsführung

Damit Kabel und Schläuche ordentlich verlegt werden können, sind Halterungen und Durchführungen vorzusehen. Alle Versorgungsleitungen, die von der Hallendecke kommen, müssen zu den Steuerungseinheiten im Unterbau geführt werden. Abhängig von den Aufbauten werden Strom-, Druckluft- oder Datenleitungen von hier nach oben gelegt. Zusätzlich sind für Anbauten an den Ecken Kabeldurchführungen notwendig. Um die Flexibilität nicht einzuschränken und um keiner Ecke einen Vorzug zu geben, soll an jeder eine Durchführung sein. Abbildung 37 veranschaulicht die unterschiedlichen Pfade der Leitungsführung.

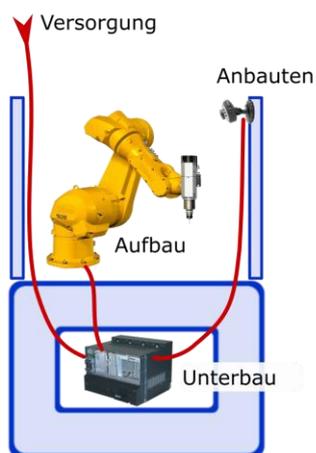


Abbildung 37: Schematischer Leitungsverlauf

Es sollen keine Leitungen außen Am TechCube entlanggeführt werden und die Außenflächen sollen nicht für Kabelkanäle unterbrochen werden. Deshalb sind für alle Kabel und Schläuche Durchführungen durch die Arbeitsfläche vorgesehen. Diese müssen groß genug sein, damit alle

erforderlichen Leitungen Platz haben und – was noch wichtiger ist – dass alle Stecker von vorkonfektionierten Kabeln durchgesteckt werden können. Damit Späne nicht nach unten fallen können, sind abgedeckte oder sogar abgedichtete Durchführungen vorgesehen. Tabelle 4 zeigt eine Auswahl von Durchführungsbauteilen.

Würgenippel sind nicht für fertig konfektionierte Kabel verwendbar. Auch aus ästhetischen Gründen kommt die Verwendung am TechCube nicht in Frage. Es wurden übliche Schreibtischdurchführungen gewählt, um an den Ecken Sensorkabel, USB-Kabel, Netzkabel und ähnliche mit verhältnismäßig kleinen Steckern zu verlegen. Entgegen der Bestrebung, alle Seiten und Ecken gleichberechtigt zu halten, muss eine Ecke für Versorgungsleitungen und große Industriestecker bevorzugt werden. Hier wird eine mehrteilige Durchführung mit Quetschtüllen verwendet um den großen Versorgungsleitungen eine Zugentlastung zu bieten.

Tabelle 4: Beispielhafte Auswahl von Durchführungen

	Bedienbarkeit	Stecker	Dichtheit
Würgenippel 	⊖	⊖	⊕
Schreibtischdurchführung 	⊕	⊕	⊖
Werkzeuglose Durchführung mit geschlitzten Kabeltüllen 	⊘	⊕	⊕

An dieser Stelle sind alle notwendigen Informationen vorhanden, die framat für die Bearbeitung benötigt. Das sogenannte Hydropolteil - der Grundkörper des TechCube mit vergossenen Luftleitungen und Durchbrüchen - wird als Entwurf ausmodelliert (Abbildung 38). Die Hülle ist fast vollständig aus 4 mm dickem Stahlblech. Einzelne Teile sind verstärkt ausgeführt und die Arbeitsplatte ist so dick, dass die T-Nuten vollständig gefräst werden können. Obwohl die oben beschriebene Variante kostengünstiger ist, wird die hier dargestellte aus Designgründen bevorzugt. In die Hülle werden Gewindeeinsätze integriert, um Anbauteile zu befestigen. Am fertigen Teil können zusätzliche Befestigungsmöglichkeiten mittels Dübel realisiert werden. Wie bereits weiter oben beschrieben und

in Abbildung 33 dargestellt werden die Luftleitungen teilweise im Grundkörper verlegt und mit vergossen. Gut erkennbar ist die Ausnehmung im Bodenblech, die für das Befüllen des auf dem Kopf stehenden Bauteils notwendig ist. Zum Anheben des fertigen Bauteils sind Aufnahmestellen für Anschlagmittel vorgesehen. Dazu sind Zuganker notwendig, die über die ganze Bauteilhöhe verlaufen. An den Enden besitzen sie Gewinde, beispielsweise für Ringschrauben (Abbildung 39 und Abbildung 40).

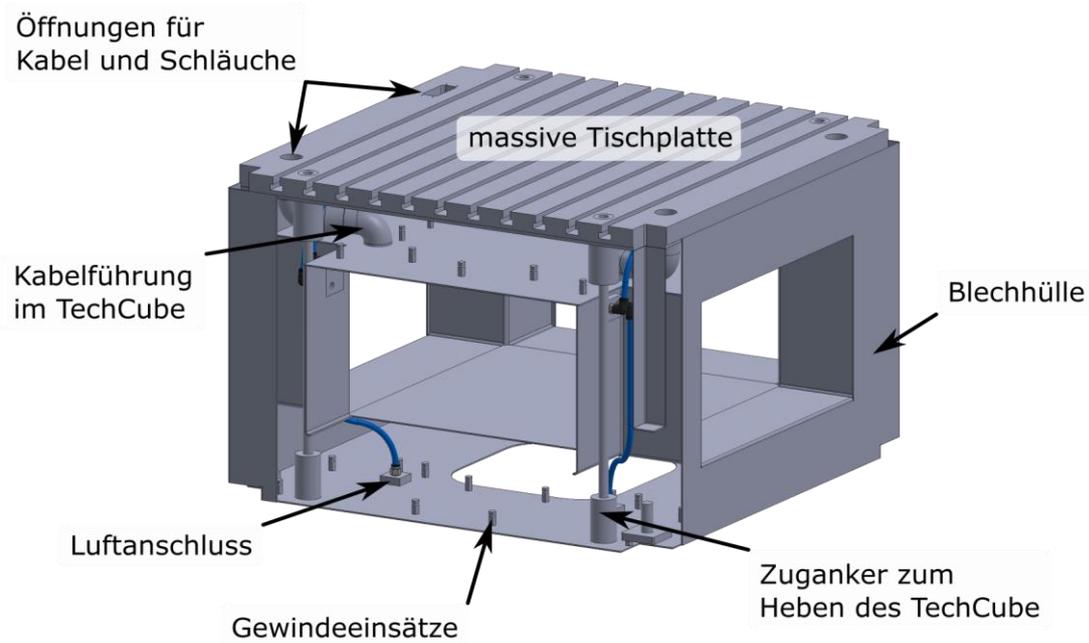


Abbildung 38: Aufbau der Hülle für das Hydropolteil (Blechteil vorne ausgeblendet)

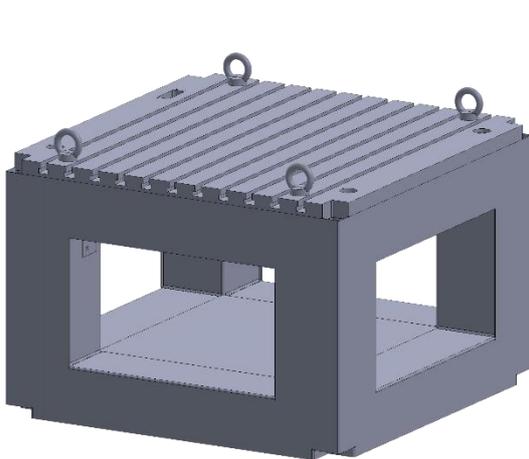


Abbildung 39: Hydropolteil mit Ringschrauben

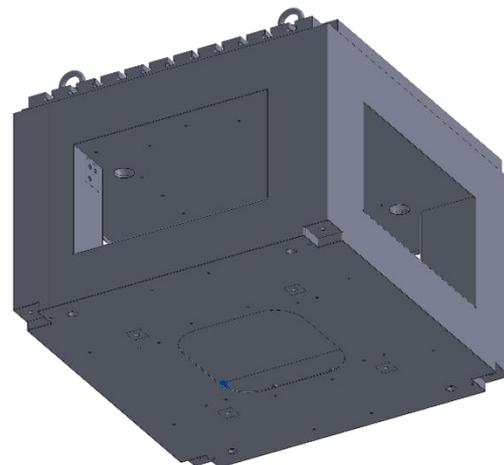


Abbildung 40: Hydropolteil von unten

4.3.2 Exkurs Automatisierungstechnik

Um die richtige Datenverbindung vorzusehen, ist es notwendig sich Gedanken über die Steuerungstechnik und Vernetzung möglicher TechCube Aufbauten zu machen. Die Industrielle Automatisierung ist in Ebenen strukturiert, wie in Abbildung 41 dargestellt. Diese werden von verschiedenen Netzwerken miteinander verbunden. Auf der rechten Seite der Abbildung sind Beispiele für konkrete Technologien aufgeführt. So ist das AS-Interface ein etablierter Standard zur Verbindung der Aktoren und Sensoren der Feldebene mit der darüber liegenden Feldebene. Die Ebenen werden allerdings nicht immer strikt eingehalten. Intelligente Sensoren können auch per WLAN mit der Unternehmensleitebene verbunden sein und alle dazwischenliegenden integriert haben.

Direkt am TechCube müssen Sensoren und Aktoren über einen Bus mit einer Steuereinheit verbunden werden. Das ist im einfachsten Fall eine SPS mit geeignetem IO-Modul und einer seriellen Schnittstelle zur Kommunikation mit einer zentralen Steuerung. Um TechCubes basierte MAS aber zukunftstauglich zu gestalten, ist eher an einen Industrie-PC zu denken, der bei Bedarf über WLAN mit anderen Computern kommunizieren kann. Diese Technologie muss in einer Fertigungshalle, in der zwischen zwei Kommunikationspartnern sehr wahrscheinlich Metall einen Teil des Signals abschirmt, aber erst erprobt werden. Störungen der kabellosen Verbindung sind durchaus möglich. Deshalb ist auch ein Netzwerkanschluss RJ45 vorgesehen, der alternativ verwendet werden kann.

Die Frage, wie mit einer Robotersteuerung wie die CS8C von Stäubli umgegangen wird, kann hier nicht geklärt werden. Sie ist mit allerlei Kommunikationsverbindungen und –protokollen ausgestattet und kann zusätzliche Sensordaten (etwa von einer Spannvorrichtung) verarbeiten. Ob sie sich aber nahtlos in die Infrastruktur der smartfactory@tugraz fügt oder zusätzlich noch ein Rechner zwischengeschaltet werden muss, kann nicht beurteilt werden.

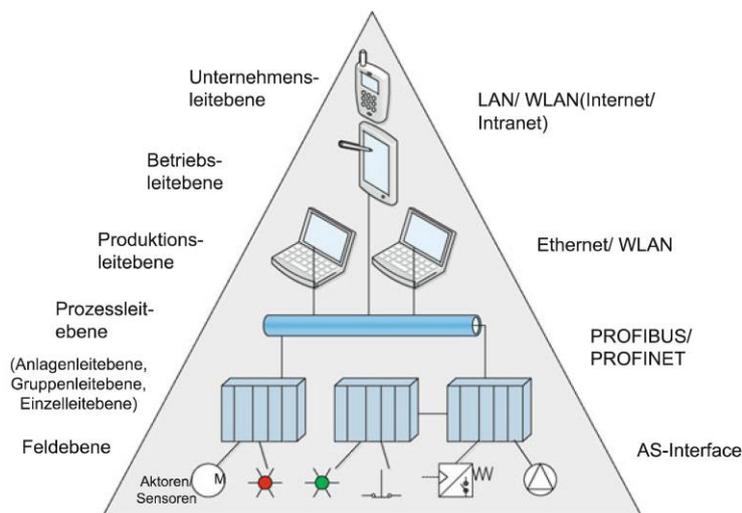


Abbildung 41: Automatisierungspyramide (Heinrich, et al., 2015), Seite 4)

4.3.3 Steckverbindungen

Für den Anschluss der Versorgungs- und Datenleitungen sind einheitliche Steckanschlüsse notwendig, damit die TechCubes frei positioniert und überall in der Halle angeschlossen werden

können. Es bieten sich kombinierte Stecker an, wie sie von verschiedenen Herstellern angeboten werden (Abbildung 42). Mit solchen modular konfigurierbaren Anschlüssen können Strom, Luft und Daten gleichzeitig verbunden werden.



Abbildung 42: Modulare Steckverbinder von Harting (links) bzw. Stäubli (rechts)

Dimensionierung:

- Strom: mindestens 230 V, 2 Phasen, 3 KW
- Druckluft: mindestens 2200 l/min
- Datenleitung: RJ45

Bauteile für die Modulsysteme von Stäubli und Harting sind in den nachfolgenden Tabellen (Tabelle 5 und Tabelle 6) aufgeführt. Beide bieten Kontakteinsätze für Strom, Luft und Daten an. Der größte Nenndurchmesser von Druckluftverbindern ist mit 6 mm (bei beiden) sehr klein, verglichen mit Leitungsquerschnitten von ¾ Zoll, die Gesa empfiehlt. Nennvolumenströme sind in den Datenblättern nicht angegeben.

Tabelle 5: Modulkomponenten von Stäubli (Auswahl)

40 A, 1000 V	
RJ45, 8 Pole	
Bis 6 mm Nennweite, einseitig absperrend	

Tabelle 6: Modulkomponenten von Harting (Auswahl)

40 A, 690 V, 3 Pole	
RJ45	
6 mm Nennweite, mit Absperrung	

Zum Vergleich werden Festo Schnellkupplungen betrachtet. Die Baureihe KD5 (Buchse) bzw. KS5 (Stecker) ist die Größte im Portfolio. Bei Leitungen mit 13 mm Durchmesser gibt der Hersteller einen maximal möglichen Volumenstrom von 2043 l/min an. Es ist also anzunehmen, dass mehr als vier Druckluftleitungen in ein Modulsystem integriert werden müssen, um die für die Luftkissen notwendigen 2200 l/min zur Verfügung zu stellen. Deswegen scheiden die Modulsysteme von Harting und Stäubli hier aus. Für die Druckluftschnittstelle wurden Bauteile der Serie KKA von SMC gewählt. Die Stecker KKA6P-04F und die Buchse KKA6S-04M ermöglichen einen Luftvolumenstrom von über 4000 l/min bei 6 bar.

4.4 Sicherheitskonzept

Es wurden Maßnahmen ergriffen, um den Bediener in der smartfactory@tugraz keinen unnötigen Gefahren auszusetzen. Die Absicherung der TechCube basierten MAS ist auf folgende Arten möglich:

Schutzabdeckungen: verhindern physisch den Zugriff in den Arbeitsbereich und können Späne zurückhalten. Geeignete Verglasung kann auch vor Laserlicht schützen.

Lichtschranken/Lichtvorhänge: initiieren bei Unterbrechung durch ein elektrisches Signal die Abschaltung von Aufbauten.

Druckmatten: initiieren die Abschaltung bei Druckbelastung durch das Körpergewicht von Personen die sich zu weit annähern.

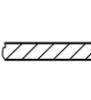
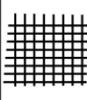
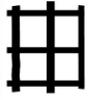
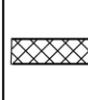
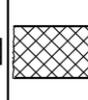
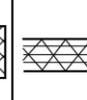
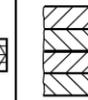
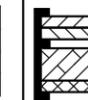
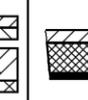
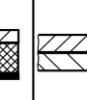
Laserscanner: können mehrere Stufen aktiver Schutzmechanismen auslösen. Beispielsweise das Verlangsamen von Bearbeitungsvorgängen beim Annähern von Personen und die Abschaltung beim Eindringen von Personen in einen Schutzbereich.

Dabei ist zu beachten, dass optische Sicherheitseinrichtungen früh genug ansprechen müssen. Im Gegensatz zu physischen Schutzeinrichtungen, die den Zugriff in den Arbeitsbereich auf engstem Raum verhindern, muss hier Zeit einkalkuliert werden, in der der Bediener der Gefahrenstelle noch näherkommen kann.

4.4.1 Schutzabdeckungen

Wirkungsvolle Schutzmaßnahmen sind geschlossene Gehäuse oder Gitter mit vorgeschriebener Teilung.

Tabelle 7: Eigenschaften ausgewählter Materialien für Schutzabdeckungen ((Neudörfer, 2014), Seite 308)

1	Werkstoff	Bild	Optische Eigenschaften		Stofffestigkeit	Vorteil	Nachteil	Gestaltungshinweise
			Nr.	4				
Metall	2	3	1	undurchsichtig	5	6	7	8
	Blech, Formstück		1	undurchsichtig	Von der Festigkeit und Duktilität sowie der Gestaltung abhängig.	stabil, preisgünstig	hohes Gewicht, Neigung zum Dröhnen, Wärmestau möglich	Kanten an Blechteilen dürfen keine Schmelzstellen bilden.
	Weildrahtgitter		2	bedingt durchsichtig	sehr gering	kein Wärmestau, durchgriffssicher wenn EN ISO 13 857 eingehalten	hat von sich aus keine ausreichende mechanische Stabilität	Formstabilität und mechanische Festigkeit der Schutzeinrichtungen lassen sich mit Metallrahmen verbessern.
Kunststoff	Lochblech		3	Durchsichtig, wenn dunkel gehalten.	gering			Breite Stege und helle Farben beeinträchtigen die Durchsicht (Gardineeffekt).
	Polycarbonat		4	Durchsichtig, aber Spiegelungen und Verzerrungen möglich; optische Eigenschaften können sich verschlechtern durch Vergilben, Erblinden, Zerkratzen.	Sehr hoch, hohe Energieaufnahme und elastische Verformbarkeit, versprödet.	leicht	nur in Sonderausführung kratzfest, versprödet	Festigkeit und Gestaltung der Fensteraufnahmen müssen die extreme Verformbarkeit der PC-Scheibe aufnehmen können.
	Acrylglas		5		Gering, vor allem nach altersbedingter Versprödung.	gut formbar, leicht zu verarbeiten	versprödet, sobald Weichmacher ausdiffundiert	Formstabilität und mechanische Festigkeit der Schutzeinrichtungen lassen sich mit Metallrahmen verbessern.
	Glasfaser-verstärkter Kunststoff		6	undurchsichtig	hoch	selbsttragend, beliebige Formen herstellbar	nicht einfach zu bearbeiten	Durch variable Wanddicken und Orientierung der Glasfenster lassen sich optimale Festigkeiten und Verformbarkeiten erreichen.
	Mehrscheibensicherheitsglas		7		Gering, kinetische Energie kaum in Verformungsenergie umwandelbar	kratzt- und verschleißfest, beständig gegen Öl und Kühl- und Schmierstoffe.	hohes Gewicht, praktisch keine Energieaufnahme	Resistent gegen praktisch alle Medien, z. B. Lösungsmittel.
Verbundwerkstoff	Polycarbonat-Glas-Verbund		8	Durchsichtig, aber Spiegelungen und Verzerrungen möglich	sehr hoch	Sichtfenster mit Glasscheiben auf der Innenseite und PC-Scheiben auf der Außenseite vereinen die Vorteile beider Werkstoffe und kompensieren ihre Nachteile.		Festigkeit und Gestaltung der Fensteraufnahmen müssen die extreme Verformbarkeit der PC-Scheibe aufnehmen können.
	Blech-Strukturschaum-Verbund		9	undurchsichtig	sehr hoch	hohe Energieaufnahme, schallsisolierend	voluminös, nicht einfach zu bearbeiten, Wärmestau möglich	Statt Strukturschaum können auch andere energieverzehrende Werkstoffe (z. B. Dämmplatten aus Gummigranulat) verwendet werden.
	Blech-viskoelastischer Kunststoff-Verbund		10	undurchsichtig, lackierbare, metallische Oberfläche	hoch	hohe Dämpfung von Körperschall, Luftschall, Schwingungen	hohes Gewicht, Wärmestau möglich	Verarbeitbar mit üblichen Umform- und Fügeverfahren. Bestimmte Reihenfolge, z. B. Lochen nach dem Biegen, muss eingehalten werden.

Weil der TechCube für spanende Bearbeitung verwendet werden soll, ist eine geschlossene Schutzabdeckung notwendig. Sie ist in Form von Türen ausgeführt, die mit Sensoren überwacht werden. Zusätzlich wird der Arbeitsraum nach oben von einem Deckel abgeschlossen. Als

Scheibenmaterial kommt Polycarbonat (Tabelle 7) zum Einsatz. Es ist einerseits transparent und ermöglicht das Beobachten der Bearbeitung im MAS und andererseits zäh genug, dass es auch Schläge verkraftet. Die Schutzabdeckung wird 900 mm hoch gebaut, damit sich bei der Gesamthöhe von 1800 mm der Deckel montieren lässt.

- Gesamthöhe inklusive Deckel: 1845 mm

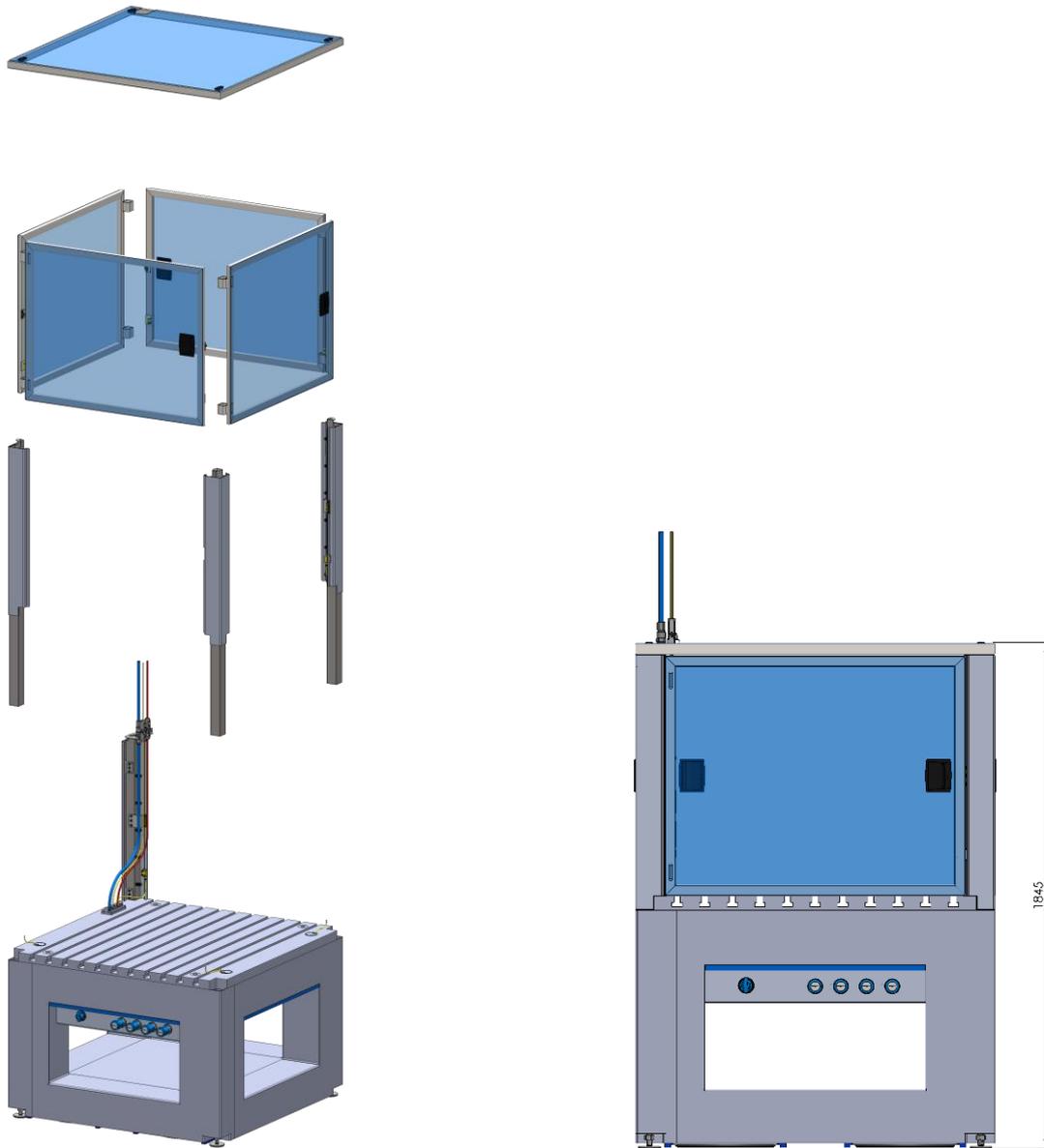


Abbildung 43: TechCube mit Stehern und Schutzabdeckungen

5 Ergebnis

In diesem Abschnitt werden Details der konstruktiven Ausführung erläutert und die eingesetzten Zukaufteile übersichtlich zusammengefasst.

5.1 Konstruktion

Hier werden die Baugruppen kurz erklärt und Entscheidungen zur Werkstoffwahl erläutert. Fertigungszeichnungen und Zusammenstellungszeichnungen finden sich im Anhang.

5.1.1 Grundkörper – Stahlummantelter Mineralguss

Der Grundkörper soll von framag gebaut werden und wird dort nach internen Richtlinien neu auf modelliert. Hier sind die Punkte aufgelistet, auf die Wert gelegt wird:

- Design:
 - Biegeradien an den vertikalen Außenkanten
 - Biegeradius an der unteren, horizontalen Kante des Unterbaus
 - Die restlichen Kanten des Unterbaus als Schattenkante
 - T-Nuten aus Vollmaterial gefräst, statt mit C-Profilen
- Luftkissen:
 - Leitungen für die Luftversorgung integrieren
 - Ebene Stützflächen für die Luftkissenelemente
 - Gewindeeinsätze für Führungs- und Anschlagleisten

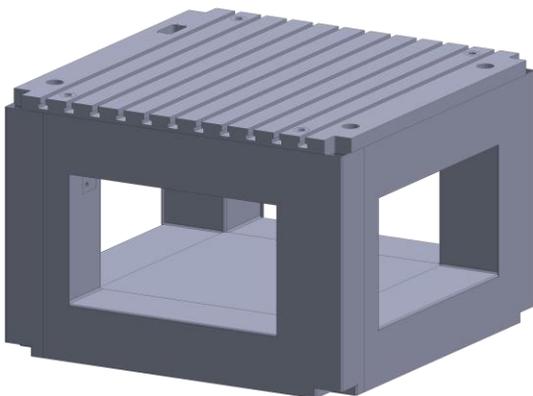


Abbildung 44: TechCube-Grundkörper

Der Grundkörper ist in den in „4.1 Geometrie und Design“ definierten Maßen ausgeführt. An der Unterseite sind Gewinde für die Führungsschienen und Anschlagleisten vorgesehen. An den unteren Ecken sind Freistellungen und M20-Gewinde für Maschinenfüße vorgesehen. Auch Keilschuhe können in diesen Taschen positioniert werden.

Die Unterkante des Unterbaus ist als Biegekante ausgeführt, was einfachere Reinigung ermöglicht und das Handling von Geräten erleichtert, die hier hineingestellt werden. Auf der Unterseite der Arbeitsplatte sind Gewinde für Kabelhaken vorgesehen, damit Leitungen unauffällig verlegt werden können.

Die Anbau-Aufnahmen an den oberen Ecken sind so ausgeführt, dass Hohlprofile mit quadratischem Profil (60 mm) gesteckt werden können. Das ermöglicht kostengünstige, verdrehsichere Steher. In der Nähe der Ecken sind Kabeldurchführungen vorgesehen, damit Leitungen auf kurzen Wegen über die Arbeitsfläche geführt werden können. In einer Ecke ist für die Versorgungsleitungen des TechCube und Leitungen zu den Aufbauten eine große Industrie-Durchführung mit Quetschtüllen eingeplant. Diese dichten die Durchführung ab und bieten gleichzeitig Zugentlastung für Kabel und Schläuche.

5.1.2 Steher

Statt ganzer Türrahmen werden Steher (Abbildung 45) verwendet, die an den Ecken eingesteckt werden. Hier können bei Bedarf die Türen eingehängt werden. Zusätzlich dienen sie als Aufnahme für andere Anbauteile, wie Beleuchtung, Kameras und zusätzliche Sensoren. Der Steher selbst besteht aus einem quadratischen Edelstahlhohlprofil mit angeschweißter Endplatte für den Quetschverschluss des Deckels. Für die Tür sind Aufnahmeblöcke aus Aluminium aufgeschraubt, die nach dem Einstellen mit Schwerverspannstiften gesichert werden. Weil der Steher gleichzeitig als Anschlag für die Türe der nächsten Seite verwendet wird, ist ein Kugelschnäpper mit einstellbarem Haltewinkel angebracht.

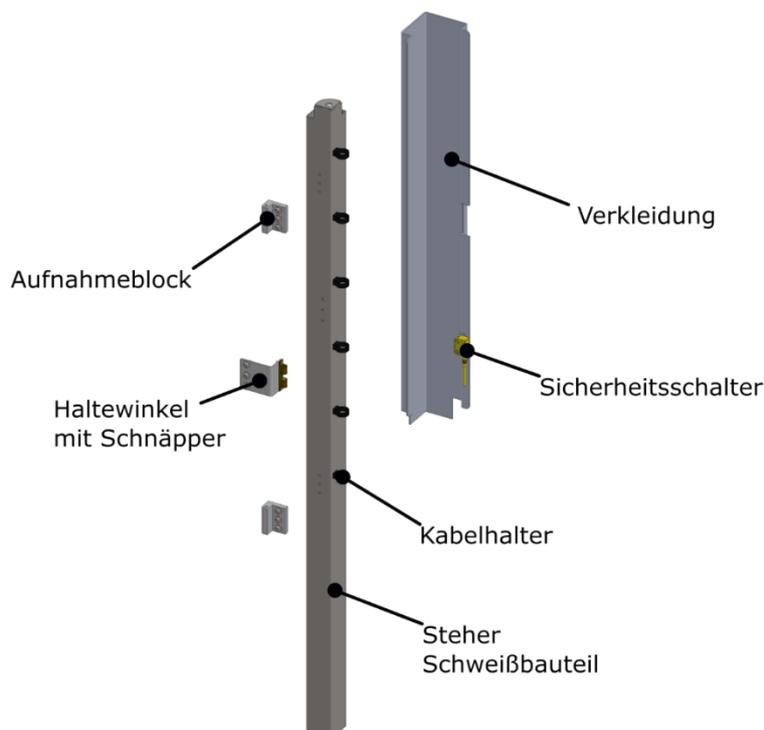


Abbildung 45: Teile des Stehers

Als Verkleidung dient ein Aluminiumblechteil, das auch einen Sicherheitsschalter für die Türüberwachung hält. Durch geeignete Formgebung ist ein Türfalz integriert, der hilft Späne zurückzuhalten. Damit auf der Außenfläche keine Schrauben zu sehen sind, wird die Abdeckung aufgeklebt. Dazu wird doppelseitiges Klebeband der Firma 3M verwendet. Das Produkt VHB 5952 ist sowohl für Edelstahl als auch Aluminium geeignet. Es besteht aus 1 mm dickem Schaustoff und ist damit in der Lage Unebenheiten auszugleichen. So wird eine großflächige Verbindung erzielt. Über die ganze Länge sind steckbare Kabelhalter für Kabel von Anbauten vorgesehen.

Abbildung 46 zeigt einen Steher von oben. Auf seiner rechten Seite ist eine Tür angeschlagen. Hier ist sie halb offen, um das Schwenken um den Türfalz der Verkleidung zu veranschaulichen. Das gewählte Scharnier mit innenliegenden Scharnierbügel ermöglicht diese Konstruktion mit weniger Unterbrechungen der Außenflächen und -kanten.

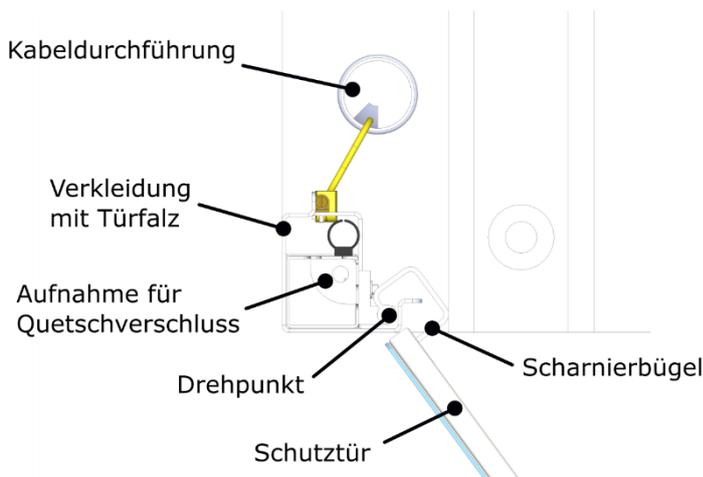


Abbildung 46: Detailansicht Steher von oben

5.1.3 Versorgungssteher

Damit Energie- und Datenleitungen auf dem TechCube nicht in den Arbeitsbereich der Aufbauten hängen, werden sie weit über der Arbeitsfläche an diesem speziellen Steher geführt. Er hat dieselbe Funktionalität wie die übrigen drei Steher, verfügt aber zusätzlich über Steckanschlüsse für die Versorgungsleitungen (Abbildung 47). Dazu ist die Endplatte des Stehers dahingehend angepasst, dass eine Schottverschraubung für die Pneumatikkupplung und die Stecker für Daten und elektrischen Strom angebracht werden können.

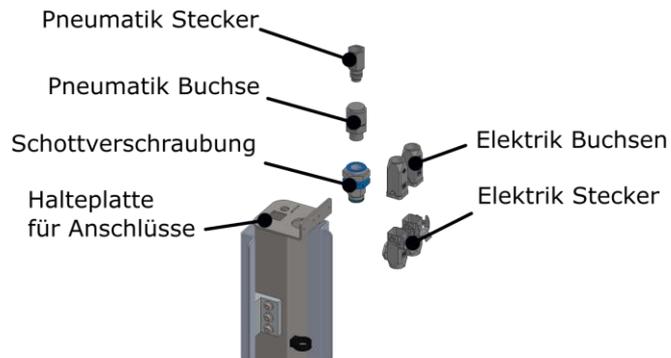


Abbildung 47: Anschlüsse am Versorgungssteher

5.1.4 Bedienkonsole

In der Bedienkonsole (Abbildung 48) sind die zur Steuerung der Luftkissen notwendigen Elemente verbaut. Ein Bauteil aus gekantetem Aluminiumblech und zwei Distanzblöcke reichen aus, um alle Komponenten zu montieren. Das Einschaltventil wird mithilfe der zugehörigen Halterung und den Distanzblöcken in der Konsole verschraubt. Jeweils zwei Druckregelventile werden mit einer Verteilerplatte zu einem Block verbunden. Die beiden Blöcke werden mit den Überwurfmuttern der Druckregelventile im Blech fixiert. Die Konsole hat fünf Anschlüsse: eine Zuleitung zum Einschaltventil und vier Ausgänge zu den Luftkissen. Die entsprechenden Schläuche werden mit den Anschlüssen im TechCube-Grundkörper verbunden. Die Bedienkonsole wird im TechCube verschraubt und kann dabei mittels Langlöchern in der Tiefe eingestellt werden.

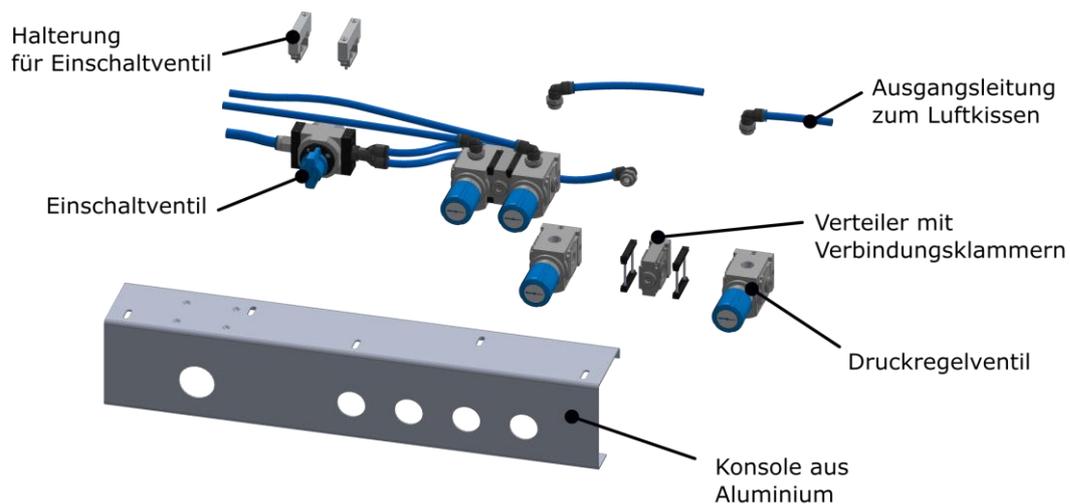


Abbildung 48: Aufbau der Bedienkonsole

5.1.5 Schutztüren

Die Türen (Abbildung 49) sind aus kostengünstigen Baustahlrahmen aufgebaut, in die die Oberteile der Scharniere integriert sind. Als Korrosionsschutz dient eine Pulverbeschichtung. Für das Verschrauben des Riegels vom Kugelschnapper sind Gewinde eingearbeitet. Der Schaltteil des Sicherheitssensors für

die Türüberwachung wird ebenso verschraubt. Die Schutzscheiben aus Polycarbonat erhält beim Laserschneiden präzise Ausnehmungen für die Griffschalen. Diese können eingehängt und mit zwei selbstschneidenden Schrauben gesichert werden. Zur Verbindung von Scheibe und Rahmen dient dasselbe Kleband wie beim Steher und der Verkleidung (siehe 5.1.2). Es ist auch für Kunststoffbeschichtung und Polycarbonat geeignet.

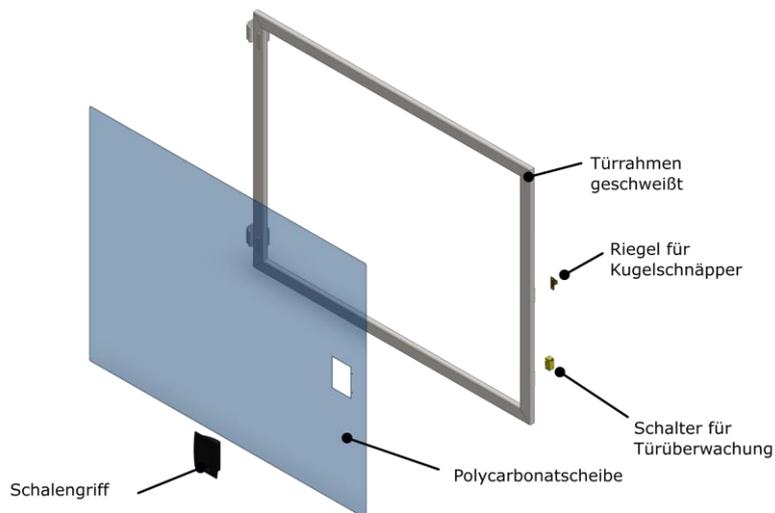


Abbildung 49: Schutztür

5.1.6 Deckel

Der Deckel (Abbildung 50) ist ähnlich wie die Schutztüren aufgebaut. Mit kunststoffbeschichtetem Baustahl-Rahmen und schlagzäher Polycarbonatscheibe. Er wird auf die bereits montierten Steher gelegt, wobei diese mit ihrer Geometrie beim Positionieren helfen. Zur Verbindung mit den Stehern werden Quetschverschlüsse verwendet. Diese Bauteile ermöglichen eine spielfreie, dämpfende Verbindung mit nur einem Handgriff. Ein Schnitt durch den Verschluss ist in Abbildung 51 dargestellt. Durch umlegen des Spannhebels wird ein Elastomerbalg gestaucht, wodurch der Deckel auf die Abschlussplatte des Stehers gepresst wird.

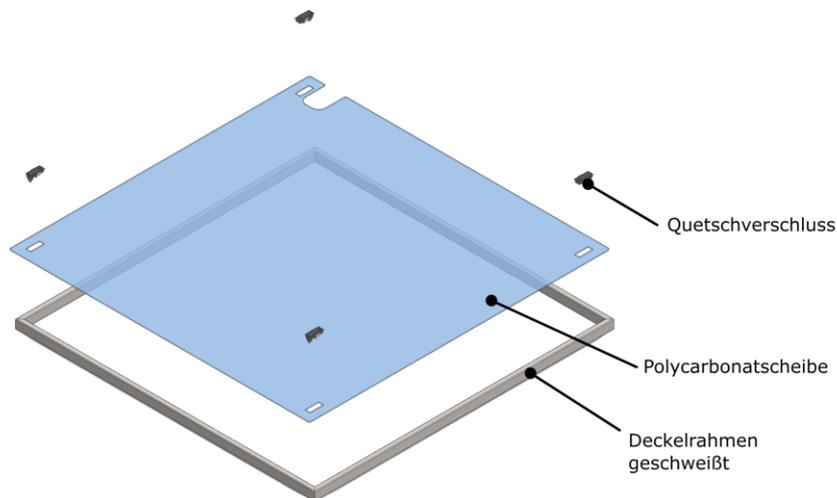


Abbildung 50: Aufbau des Deckels

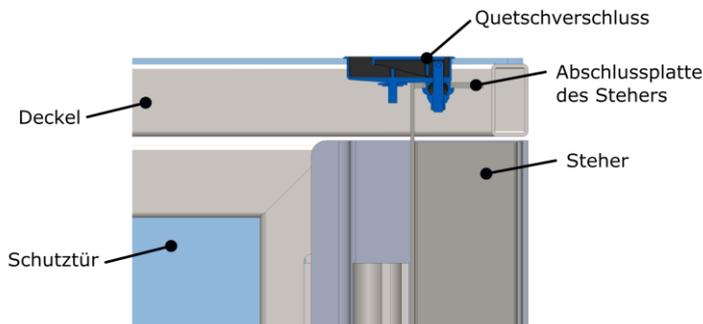


Abbildung 51: Schnittdarstellung des Quetschverschlusses

5.1.7 LED-Leisten

Als LED-Leisten werden handelsübliche, einfach konfektionierbare Systeme aus LED-Streifen in Aluminiumprofil mit Kunststoffabdeckung vorgesehen. Mit Haltewinkeln aus Aluminium kann das Element am TechCube befestigt werden (). Zur besseren thermischen Kontaktierung wird der Winkel mit dem Aluminiumprofil des LED-Streifens verschraubt statt geklebt. Die Löcher werden bei der Montage gebohrt, was durch die geringe Anforderung an Präzision der Einzelteile kostengünstiger ist. Mit starken, in den Winkel eingeklebten Neodym-Magneten werden die LED-Leisten am TechCube gehalten, dessen Hülle aus Baustahl gefertigt und lackiert ist. So ist es möglich die Position der Leisten in der Tiefe zu variieren.

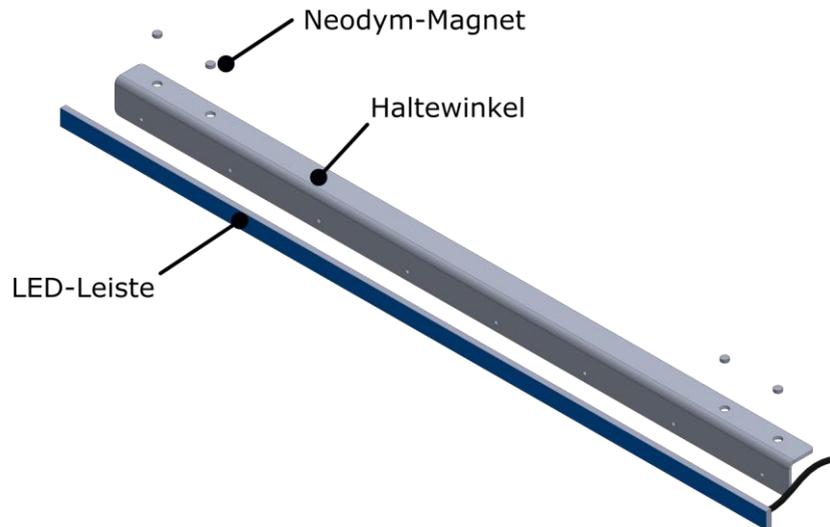


Abbildung 52: LED-Leiste mit Haltewinkel und Magneten

5.2 Zukaufteile

Hier sind die Zukaufteile für einen TechCube tabellarisch aufgelistet. Details zu den Bauteilen finden sich im Anhang.

5.2.1 Zukaufteile Pneumatik

Bei den Pneumatikteilen wurden fast zur Gänze Produkte aus dem Hause Festo verwendet. Verglichen mit Bauteile von Aventics und SMC sind die Komponenten die gefälligsten. Außerdem erwies sich Festo als sehr hilfsbereit, was dem Projektfortschritt zu Gute kam. Einzig bei der Steckkupplung wurde ein anderer Hersteller gewählt, weil Festo kein passendes Produkt im Programm hat.

Tabelle 8: Pneumatik Zukaufteile für einen TechCube

Bezeichnung Eigenschaften	Hersteller Artikel	Menge	
Pneumatikschlauch Ø16mm außen blau	Festo PUN-16x2,5-BL	5000 mm	
Pneumatikschlauch Ø12mm außen blau	Festo PUN-12x2-BL	5000 mm	

Bezeichnung Eigenschaften	Hersteller Artikel	Menge	
Schottverschraubung ½" – 16 mm	Festo QSSF-1/2-16-B	2 Stk	
Steckverschraubung gerade ½" - 16mm	Festo QS-G1/2-16	10 Stk	
Steckverschraubung ½" - 12mm gerade	Festo QS-G1/2-12	10 Stk	
Steckverschraubung ½" - 12mm gekröpft	Festo QSL-G1/2-12	10 Stk	
Y-Steckverschraubung ½" – 2 x 12 mm Y-förmig	Festo QSY-G1/2-12	5 Stk	
Blindstopfen ½"	Festo B-1_2	10 Stk	
Einschaltventil	Festo HE-1/2-D-MAXI	1 Stk	
Befestigungswinkel für HE-1/2	Festo HFOE-D-MAXI	1 Stk	
Druckregelventil	Festo MS6-LRB-1/2-D5-A4-DM2	4 Stk	

Bezeichnung Eigenschaften	Hersteller Artikel	Menge	
Verteilerblock für MS6	Festo MS6-FRM-FRZ	3 Stk	
Modulverbinder für MS6	Festo MS6-MV	10 Stk	
Druckluftaufbereitung	Festo MSB4-C4-F1-J2-M1-WPM	1 Stk	
Schnellkupplung Stecker	SMC KKA6P-04F	1 Stk	
Schnellkupplung Buchse	SMC KKA6S-04M	1 Stk	

5.2.2 Zukaufteile Allgemein

Bei den Zukaufteilen wurden keine Hersteller bevorzugt. Verwendet wurde was für den TechCube Mehrwert bietet und in Österreich verfügbar ist.

Tabella 9: Allgemeine Zukaufteile für einen TechCube

Bezeichnung Eigenschaften	Hersteller/Händler Artikel	Menge	
Luftkissenelement 380x380 mm	GESA LGT-LG 380 1 D	4 Stk	

Bezeichnung Eigenschaften	Hersteller/Händler Artikel	Menge	
Maschinenfuß	Elesa+Ganter GN41-80-M20-100-D3-TK	4 Stk	
Doppelkugelschnäpper	Haberkorn M17180	4 Stk	
Muldengriff grauschwarz oder mit blauem Akzent	Elesa+Ganter GN733-120-O-DSG GN733-120-O-DBL	4 Stk	
Scharnier	Pinet 85-7-1333	8 Stk	
Schreibtischdurchführung Durchmesser 60 mm	Schraubenking P006413	3 Stk	
Kabeldurchführung	ICOTEK KEL U 24 54241	1 Stk	
Kabelbügel	Fischer KB16	12 Stk	
Steckkabelhalter	Emico 1434101	24 Stk	
Quetschverschluss KVT-Fastening	Southco 19-93-10	4 Stk	
Näherungsschalter	Pilz PSENcode 3.1	4 Stk	

Bezeichnung Eigenschaften	Hersteller/Händler Artikel	Menge	
Kugelschnäpper	Haberkorn M17180	4 Stk	
Sockelgehäuse	Harting Han 3A-asgw-QB-M20 19 20 003 1250	2 Stk	
Tüllengehäuse	Harting Han 3A-gg-M20 mit geklebter Dichtung 19 20 003 1443	2 Stk	
Steckeinsatz 5-polig	Harting Han 4A-STI-S 09 20 004 2611	1 Stk	
Steckeinsatz 4-polig	Harting Han 3A-STI 09 20 003 2611	1 Stk	
Buchseinsatz 5-polig	Harting Han 4A-BU-S 09 20 004 2711	1 Stk	
Buchseinsatz 4-polig	Harting Han 3A-BU-S 09 20 003 2711	1 Stk	
Steckeinsatz für RJ 45	Harting Han3A RJ45 GL Cat6A plug insert 8p 09 45 100 1520	1 Stk	
Buchseinsatz für RJ45	RJI RJ45 10G Cat.6, 8p jack IDC AWG24-22 09 45 545 1562	1 Stk	
Adapter für RJ45	Harting Han3A RJ45 WDF HIFF Adapter 09 45 515 0024	1 Stk	
LED-Gehäuse 1000 mm	Dreamline 85680	4 Stk	

Bezeichnung Eigenschaften	Hersteller/Händler Artikel	Menge	
LED-Streifen RGBW 5000 mm	Dreamline 87045	1 Stk	
Netzteil	Dreamline 85093	1 Stk	
Receiver	Dreamline 85186	1 Stk	
Fernbedienung	Dreamline 85185	1 Stk	
Neodym-Magnet	Neuhold Elektronik N2140	2 VE	

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die Aufgabenstellung konnte mit allen Detailzielen erfüllt werden.

Die Baugröße von 1300x1300 mm bietet Platz für das Arbeiten mit Robotern mittlerer Baugröße und Aufbauten in deren Arbeitsbereich. Die Arbeitshöhe von 900 mm erlaubt dem Bediener das Arbeiten im Stehen.

Gute Dämpfung bietet Die Verbundbauweise mit Mineralguss, dessen Gewicht genutzt wird um die Aufbauten von Schwingungen aus der Umgebung zu entkoppeln.

Hohe Steifigkeit wird durch die geschlossene Form erreicht. Die Arbeitsfläche bietet mit T-Nuten eine universell nutzbare, starre Verbindung mit den Aufbauten.

Einfaches verschieben ohne zusätzliche Hilfsmittel ermöglichen die integrierten Luftkissen und am Aufstellort lässt sich der TechCube mithilfe von Maschinenstellfüßen nivellieren.

Für die Versorgung steht eine Druckluft-Schnellkupplung von SMC mit maximalem Durchsatz von 4600 l/min bei 6 bar zur Verfügung. Für die Verbindung zum Stromnetz und die Datenleitung werden Industriesteckverbindungen von Harting verwendet. Mit Steckeinsätzen für 3-Phasen-Wechselstrom mit 230 V für den Strom und mit Einsätzen für eine RJ45-Steckverbindung als Datenschnittstelle.

Der Unterbau bietet Platz für Komponenten mit bis zu 400x800 mm Querschnitt und 1000 mm Tiefe. So können sowohl eine Robotersteuerung als auch zusätzliche Installationen verstaut werden.

Die Steckplätze für Anbauten an allen vier Ecken sind für Formrohre mit einem Querschnitt von 60x60 mm gestaltet. Sie bieten 500 mm Führungslänge.

Eine Schutzabdeckung wurde in Form von sensorüberwachten Türen ausgearbeitet. Diese sind an Stehern angeschlagen, die in die Anbau-Aufnahmen gesteckt werden. Ein Deckel schließt den Arbeitsbereich nach oben ab. Alle Teile sind mit schlagzähem Polycarbonat verglast, damit Späne zurückgehalten werden und trotzdem freie Sicht auf den Arbeitsbereich möglich ist.

7 Literaturverzeichnis

Grote, K.-H. & Feldhusen, J., 2014. *Dubbel. 24.*, aktualisierte Aufl. 2014 Hrsg. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Heinrich, B., Linke, P. & Glöckler, M., 2015. *Grundlagen Automatisierung*. Wiesbaden: Springer;SpringerLink (Online service).

Hering, E., Bressler, K. & Gutekunst, J., 2014. *Elektronik für Ingenieure und Naturwissenschaftler. 6.*, vollst. aktualisierte u. erw. Aufl. Hrsg. Berlin, Heidelberg: Springer.

Kagermann, H., Wahlster, W. & Helbig, J. Hrsg., 2013. *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*. s.l.:acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V..

Krahn, H., 2012. *Betriebsmittel Vorrichtung. 2. Auflage* Hrsg. s.l.:s.n.

Neudörfer, A., 2014. *Konstruieren sicherheitsgerechter Produkte. 6.*, aktualisierte Aufl. Hrsg. Berlin [u. a.]: Springer.

Neugebauer, R., 2012. *Werkzeugmaschinen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg;SpringerLink (Online service).

Nyhuis, P., Reinhart, G. & Abele, E. Hrsg., 2008. *Wandlungsfähige Produktionssysteme*. Garbsen: PZH Produktionstechnisches Zentrum.

Obermaier, R., 2016. *Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe*. Wiesbaden: Springer Gabler.

Perovic, B., 2009. *Spanende Werkzeugmaschinen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg;SpringerLink (Online service).

Pichler, R., 2017. Forschungsraum smartfactory@tugraz. *WINGbusiness*, 2017(03), p. 28–31.

Roth, A., 2016. *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0. 1. Aufl.* Hrsg. Berlin, Heidelberg: Springer.

Schenk, M., Wirth, S. & Müller, E., 2014. *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. 2.*, vollst. überarb. und erw. Aufl. Hrsg. Berlin: Springer Vieweg.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verwendungsbeispiel für den TechCube mit Roboter.....	4
Abbildung 2: example for the usage of the TechCube with articulated robot.....	5
Abbildung 3: Der TechCube als Element der Mobilen Arbeitsstation.....	8
Abbildung 4: Möglichkeiten zur Anordnung von MAS.....	9
Abbildung 5: Von der ersten zur vierten industriellen Revolution ((Obermaier, 2016), Seite 4)	11
Abbildung 6: Computer Integrated Manufacturing - CIM ((Hering, et al., 2014), Seite 619).....	12
Abbildung 7: Abgrenzung Flexibilität und Wandlungsfähigkeit ((Nyhuis, et al., 2008), Seite 25).....	13
Abbildung 8: Schnittstellen der Smart Factory ((Kagermann, et al., 2013), Seite 23).....	13
Abbildung 9: Komponenten von Industrie 4.0 ((Roth, 2016), Seite 22).....	14
Abbildung 10: Charakterisierung von Produktionsunternehmen aus Sicht der Veränderungsfähigkeit und Vernetzungsfähigkeit ((Wiendahl, et al., 2014) Seite 140)	15
Abbildung 11: Bauformen von Gestellen ((Grote & Feldhusen, 2014), Seite T23)	16
Abbildung 12: Beispiel für ein Bearbeitungszentrum ((Perovic, 2009), Seite 71)	16
Abbildung 13: Schwingungen an Werkzeugmaschinen ((Neugebauer, 2012), Seite 432).....	17
Abbildung 14: Materialeigenschaften verschiedener Gestellwerkstoffe ((Neugebauer, 2012), Seite 441).....	18
Abbildung 15: Gussgestelle als Verbund ((Neugebauer, 2012), Seite 424)	19
Abbildung 16: Mit Polymerbeton ausgegossenes Stahlgussbauteil ((Neugebauer, 2012), Seite 424) 19	
Abbildung 17: Schwingungsverhalten von Stahl (links) verglichen mit Mineralguss von Framag (rechts) (Quelle: framag-Prospekt Fasermaschinen).....	20
Abbildung 18: Möglichkeit zur Einteilung nach Spannprinzip ((Krahn, 2012), Seite 50).....	20
Abbildung 19: Vergleich von Tischgrößen und Aufbauten.....	23
Abbildung 20: Arbeitshöhen für unterschiedliche Tätigkeiten ((Neudörfer, 2014), Seite 550).....	24
Abbildung 21: TechCube Grundform	25
Abbildung 22: Kostengünstige Herstellung von T-Nuten – a) Rohteil, b) Fertig gefräst und lackiert ...	26
Abbildung 23: TechCube mit T-Nuten.....	26
Abbildung 24: TechCube mit (Standard-)Hydropol vergossen.....	27
Abbildung 25: TechCube mit Hydropol xxl vergossen.....	27
Abbildung 26: Funktionsprinzip eines Luftkissens	29
Abbildung 27: Luftkissentransport einer Fräsmaschine.....	30
Abbildung 28: Luftkissenelement und Aluminiumprofil	30
Abbildung 29: Luftkissen und Führungsleisten	31
Abbildung 30: Pneumatikschema für vier Auflagerpunkte des TechCube.....	32
Abbildung 31: Festo Druckregelventile der Baureihe MS	32
Abbildung 32: Festo Einschaltventil der Baureihe HE	32
Abbildung 33: Pneumatik im TechCube	33
Abbildung 34: Konventioneller Maschinen-Stellfuß	33
Abbildung 35: Keilschuh	33
Abbildung 36: TechCube mit Stellfüßen.....	34
Abbildung 37: Schematischer Leitungsverlauf	34
Abbildung 38: Aufbau der Hülle für das Hydropolteil (Blechteil vorne ausgeblendet).....	36
Abbildung 39: Hydropolteil mit Ringschrauben	36
Abbildung 40: Hydropolteil von unten	36
Abbildung 41: Automatisierungspyramide ((Heinrich, et al., 2015), Seite 4)	37
Abbildung 42: Modulare Steckverbinder von Harting (links) bzw. Stäubli (rechts)	38
Abbildung 43: TechCube mit Stehern und Schutzabdeckungen	41

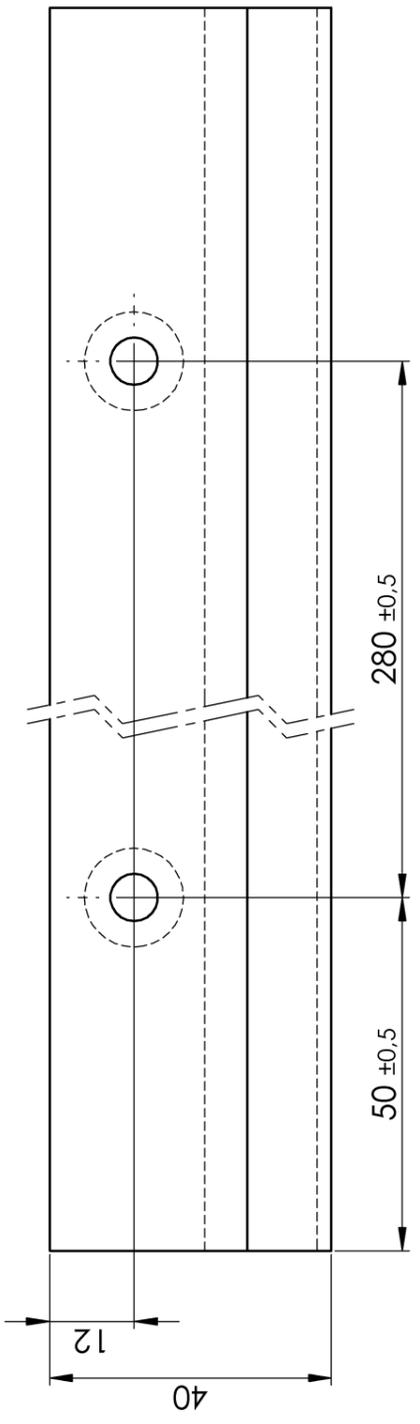
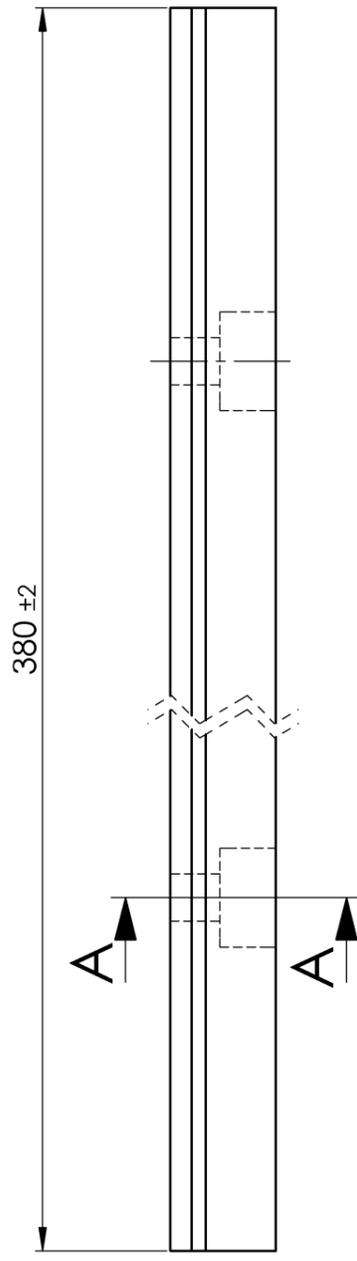
Abbildung 44: TechCube-Grundkörper	42
Abbildung 45: Teile des Stehers	43
Abbildung 46: Detailansicht Steher von oben.....	44
Abbildung 47: Anschlüsse am Versorgungssteher	45
Abbildung 48: Aufbau der Bedienkonsole.....	45
Abbildung 49: Schutztür	46
Abbildung 50: Aufbau des Deckels.....	47
Abbildung 51: Schnittdarstellung des Quetschverschlusses.....	47
Abbildung 52: LED-Leiste mit Haltewinkel und Magneten	48

9 Tabellenverzeichnis

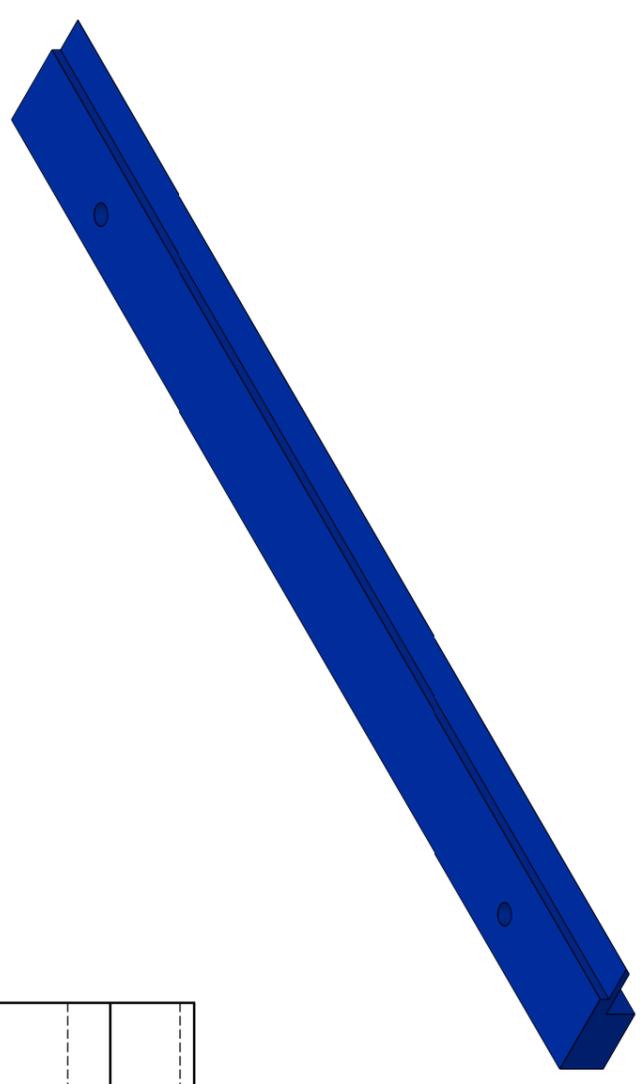
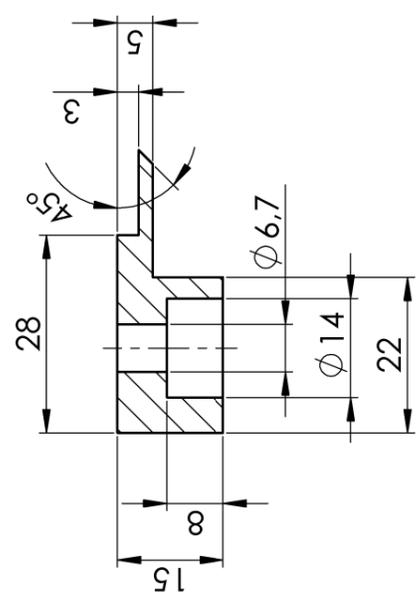
Tabelle 1: Maschinendaten	22
Tabelle 2: Gusswerkstoffe von framag.....	27
Tabelle 3: Bewegungsvarianten	28
Tabelle 4: Beispielhafte Auswahl von Durchführungen	35
Tabelle 5: Modulkomponenten von Stäubli (Auswahl).....	38
Tabelle 6: Modulkomponenten von Harting (Auswahl).....	39
Tabelle 7: Eigenschaften ausgewählter Materialien für Schutzabdeckungen ((Neudörfer, 2014), Seite 308).....	40
Tabelle 8: Pneumatik Zukaufteile für einen TechCube	48
Tabelle 9: Allgemeine Zukaufteile für einen TechCube.....	50

10 Anhang

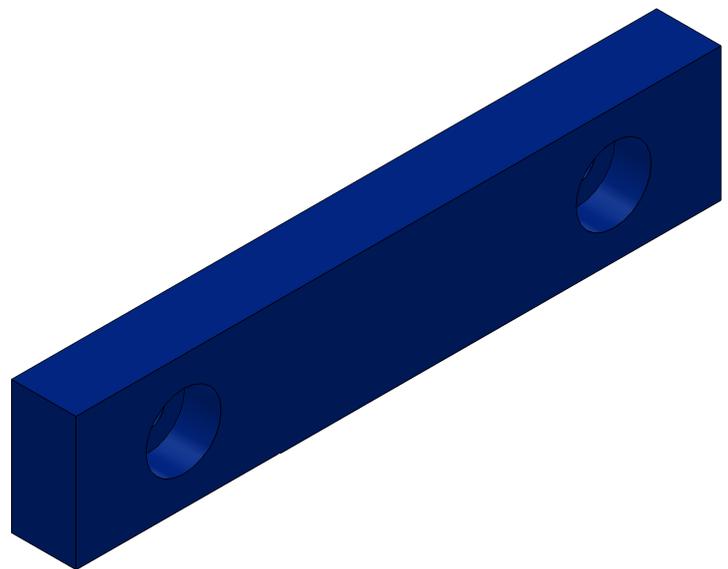
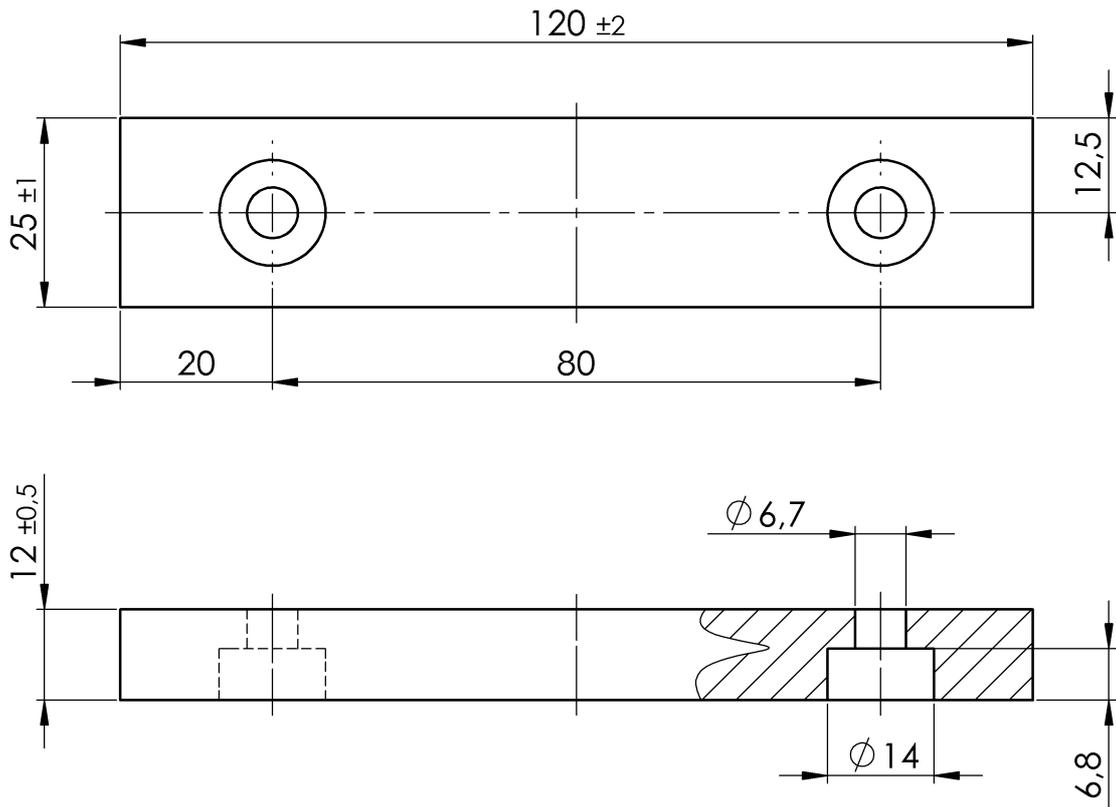
Der Anhang enthält die in Solidworks erstellten Fertigungs- und Zusammenstellungszeichnungen.



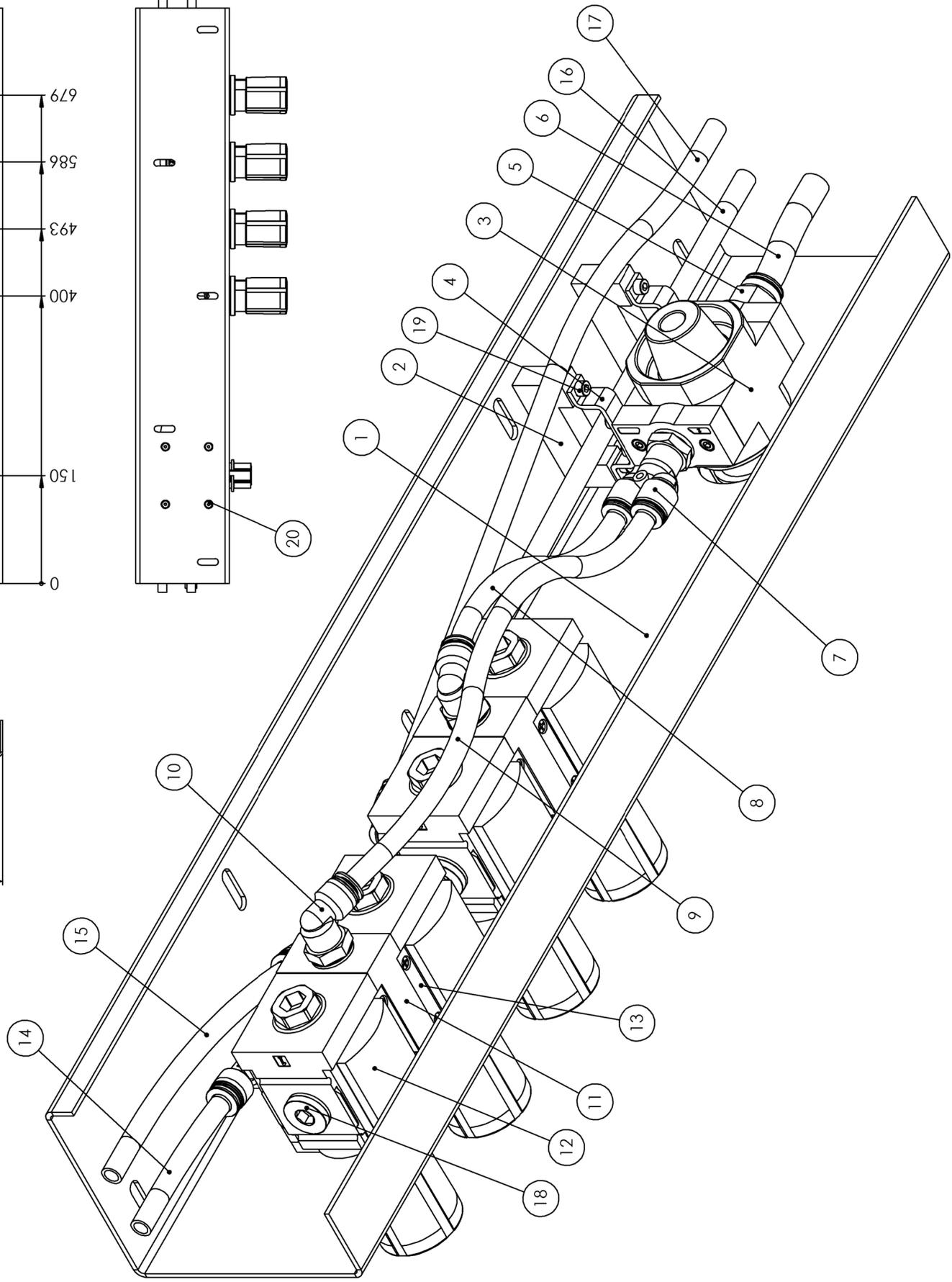
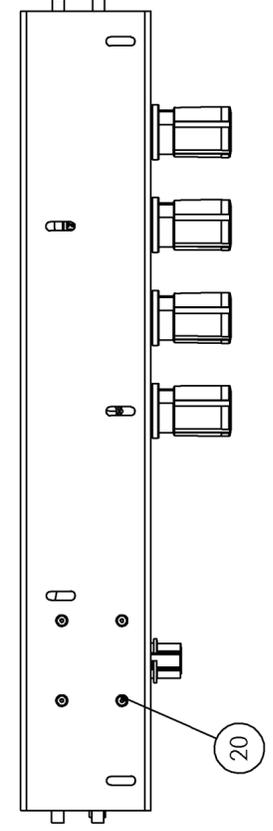
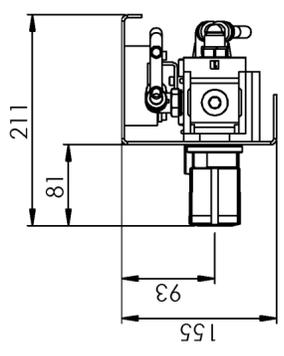
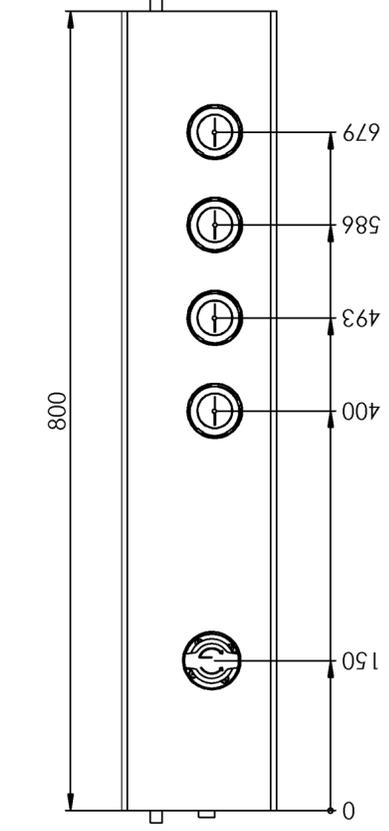
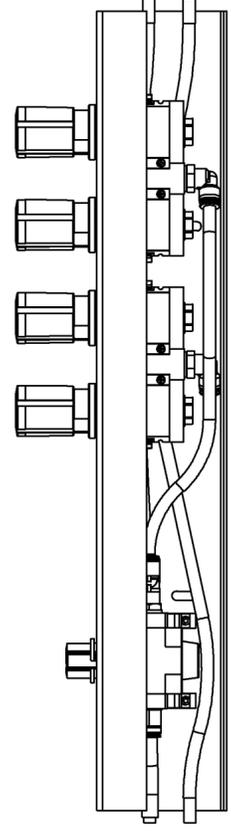
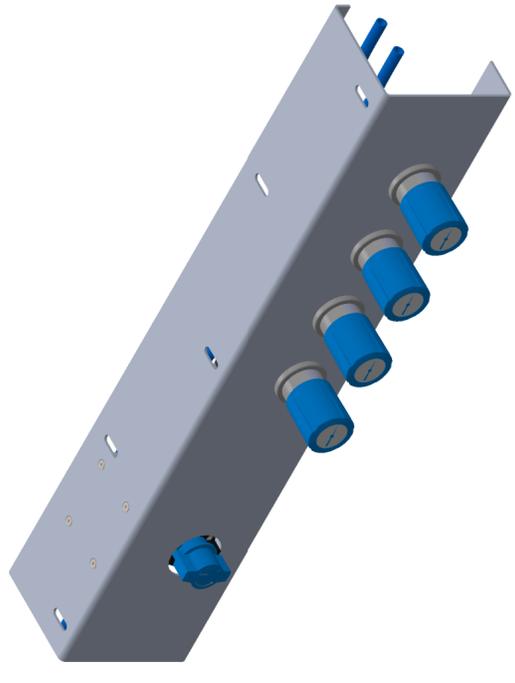
SCHNITT A-A



TOLERANZEN ISO 2768 mk	3,2 (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 +0.5 +0.2 -0.6 -0.3	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSTAB	1:1
				GEWICHT	159,27 g
 Institut für Fertigungstechnik TU Graz	BEHANDLUNG	PA 6	TITEL	Führungseiste	
	GEZEICHNET	Rangger Erich			
	GENEHMIGT		ZEICHNUNGSNR.	TC-001-0002	DATUM
DOKUMENT		Fertigungszeichnung		BLATT	1 VON 1
				FORMAT	A3



IFT Institut für Fertigungstechnik TU Graz	TOLERANZEN ISO 2768 mK	OBERFLÄCHEN 3,2 / (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 $\begin{matrix} +0.5 \\ +0.2 \end{matrix}$ / $\begin{matrix} -0.6 \\ -0.3 \end{matrix}$	WENN NICHT ANDERS ANGEGBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSSTAB 1:1
	BEHANDLUNG	Werkstoff PA 6	GEWICHT 37.56 g		
	GEZEICHNET Rangger Erich	TITEL Anschlagleiste			
	GENEHMIGT	ZEICHNUNGSNR. TC-001-0003	DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1	FORMAT A4
DOKUMENT Fertigungszeichnung					

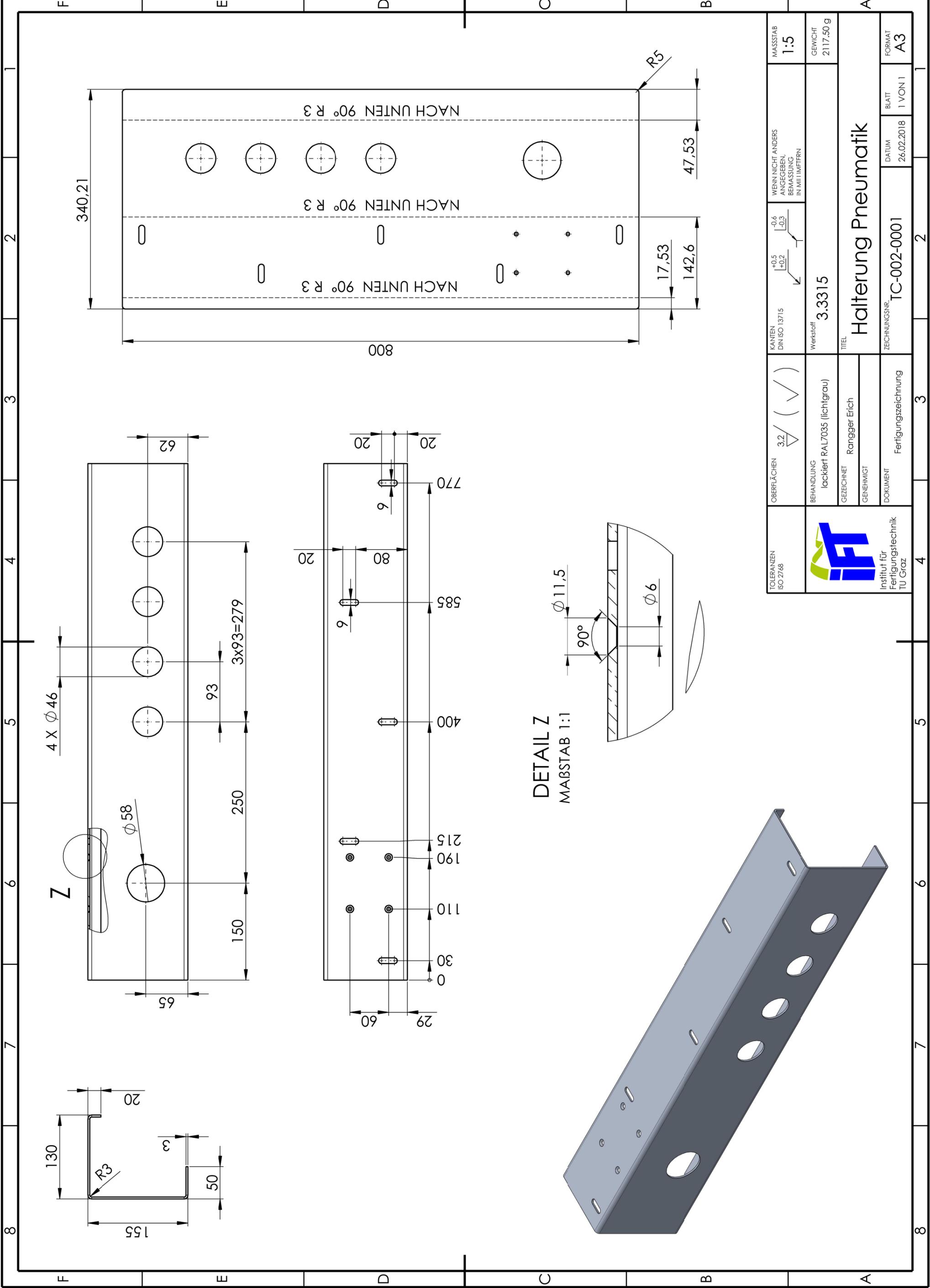


20	ISO 10642 - M5x10			4
19	ISO 4762 M5x12			4
18	Blindstopfen	Festo 3571		6
17	Schlauch_dm12x506	Festo159670	28.55	1
16	Schlauch_dm12x405	Festo159670	22.83	1
15	Schlauch_dm12x227	Festo159670	12.82	1
14	Schlauch_dm12x127	Festo159670	7.19	1
13	Modulverbinder	Festo 532799		4
12	Druckregelventil	MS6-LRB-1/2-D5-A4-DM2		4
11	Verteilerblock	Festo 549337		2
10	L-Verschraubung G1_2 12mm	Festo186125		6
9	Schlauch_dm12x417	Festo159670	23.53	1
8	Schlauch_dm12x228	Festo 159670	12.90	1
7	Y-Verschraubung G1_2 12mm	Festo 186188		1
6	Schlauch_dm16x105	Festo 159672	9.26	1
5	Verschraubung G1_2 16mm	Festo 186105		1
4	Montagewinkel	Festo 159593		1
3	Einschaltventil	Festo 186514		1
2	Distanz	TC-002-0002	3.2306	2
1	Halterung Pneumatik	TC-002-0001	3.3315	2117.501

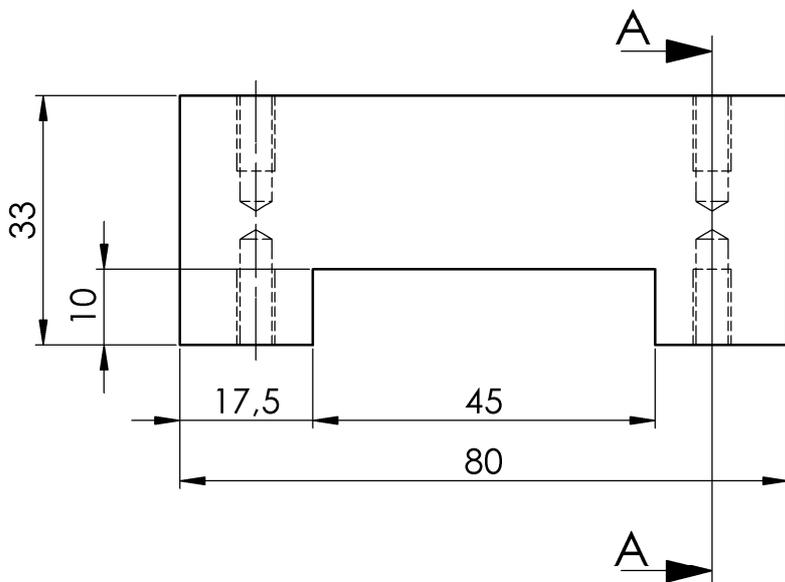
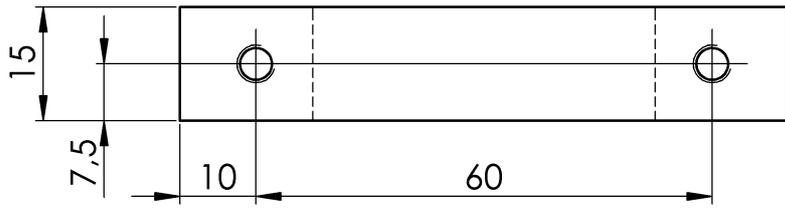
Pos	Benennung	Nummer	Mat.	Masse	Stk
FOLIEBENZITEN ISO 2168		OBERFLÄCHEN		KANTEN	
		BEHANDLUNG		WENN NICHT ANDERS ANGEZEIGT IN MILLIMETERN	
		GEZEICHNET		WERKSTOFF	
		GENÜHMIGT		GEWICHT	
		DOKUMENT		9	
		Zusammenstellungszeichnung			
		Rangger Eich		TITEL	
				Bedienkonsole	
		ZEHCHUNGSNR.		TC-002-0000	
		DATUM		26.02.2018	
		BLATT		1 VON 1	
		FORMAT		A2	



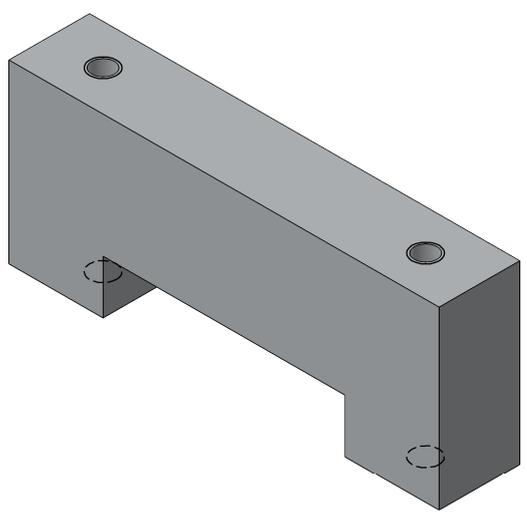
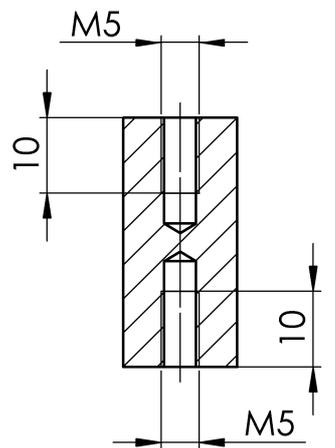
ifa Institut für Fertigungstechnik TU Graz



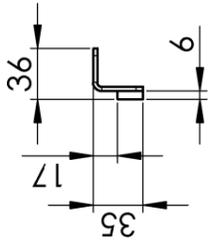
TOLERANZEN ISO 2768	3,2 (✓)	KANTEN DIN ISO 13715	+0.5 +0.2	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSTAB 1:5
 Institut für Fertigungstechnik TU Graz	BEHANDLUNG lackiert RAL7035 (lichtgrau)	Werkstoff 3.3315	-0.6 -0.3	GEWICHT 2117,50 g	TITEL Halterung Pneumatik
	GEZEICHNET Rangger Erich				
DOKUMENT Fertigungszeichnung		ZEICHNUNGSNR. TC-002-0001	DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1	FORMAT A3



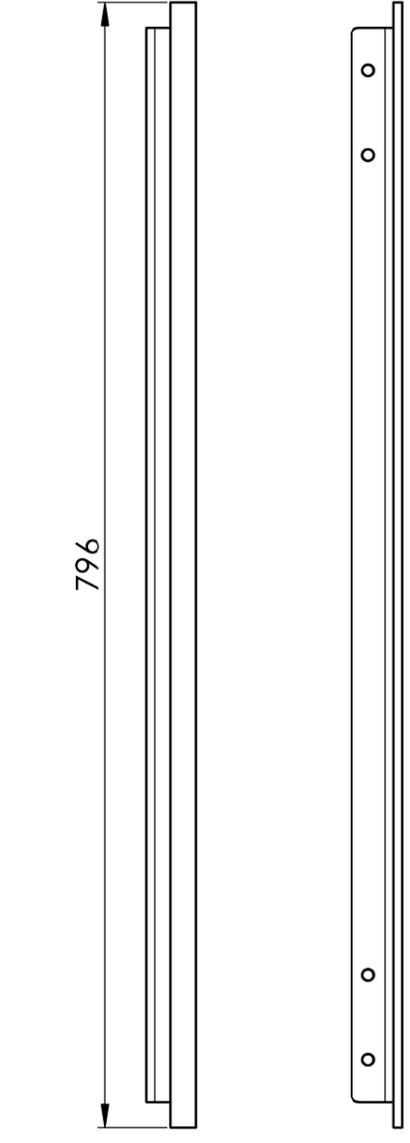
SCHNITT A-A



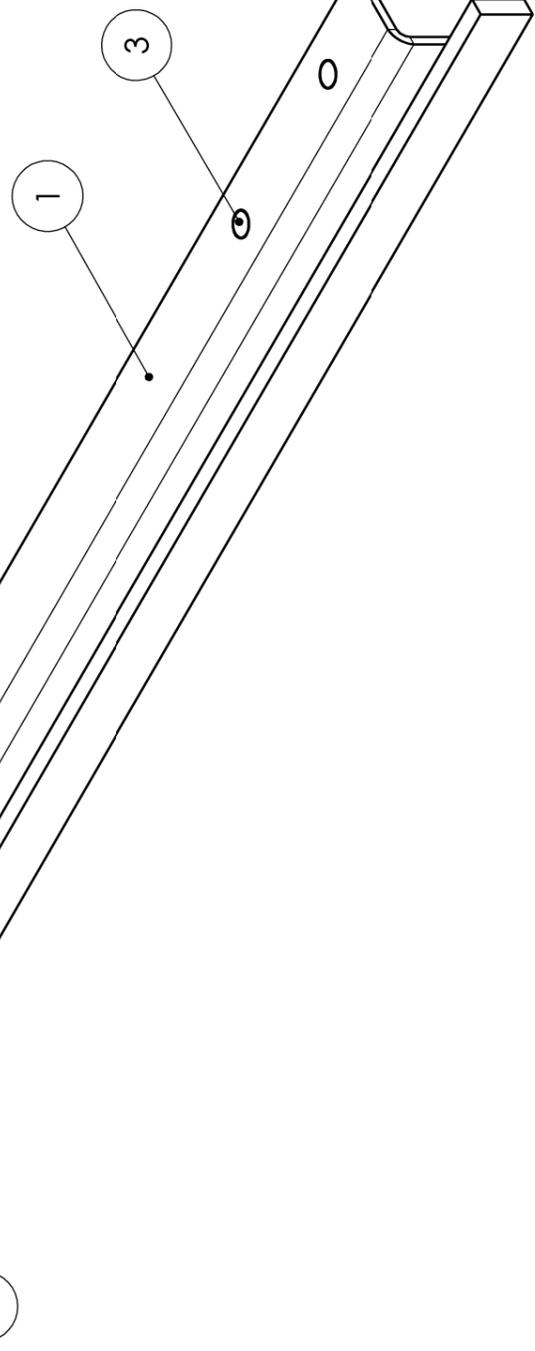
TOLERANZEN ISO 2768	OBERFLÄCHEN 3,2 / (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 +0.5 / +0.2 -0.6 / -0.3	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSSTAB 1:1
 Institut für Fertigungstechnik TU Graz	BEHANDLUNG eloxiert - natur	Werkstoff 3.2306		GEWICHT 86.54 g
	GEZEICHNET Rangger Erich	TITEL Distanz		
	GENEHMIGT	ZEICHNUNGSNR. TC-002-0002		
DOKUMENT Fertigungszeichnung		DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1	FORMAT A4



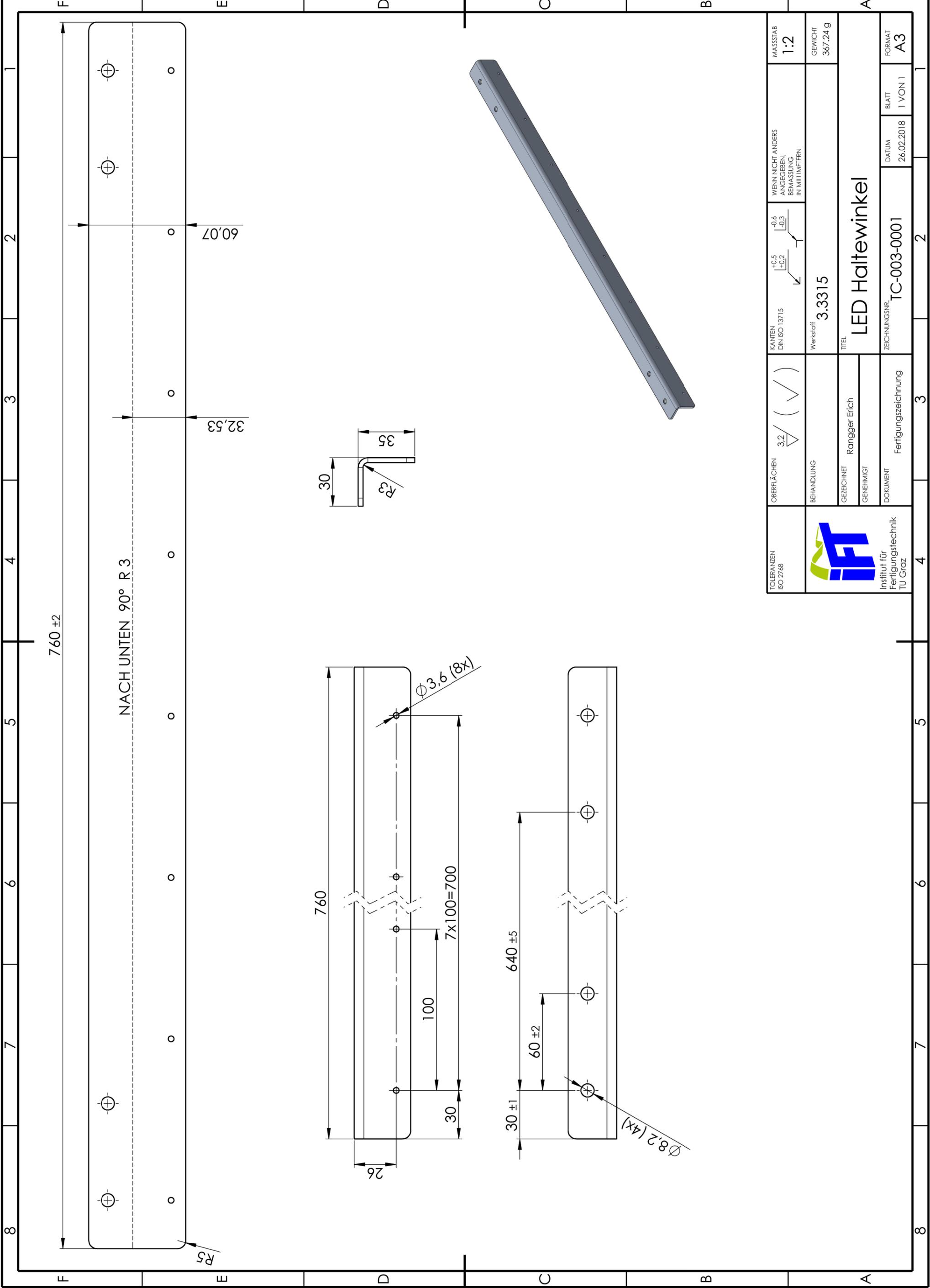
796



Magnete (3) mit UHU Max Repair bündig in Haltewinkel (1) einkleben



3	Neodym-Magnet dm8x3 N2140			4
2	LED-Leiste	dreamline		1
1	LED Haltewinkel	TC-003-0001	3.3315	367.24
Pos	Benennung	Nummer	Material	Masse
				Stk
TOLERANZEN ISO 2768		KANTEN DIN ISO 13715		MASSSTAB 1:5
		WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN		GEWICHT g
BEHANDLUNG		Werstoff		
GEZEICHNET Rangger Erich		TITEL		
GENEHMIGT		LED-Leiste komplett		
DOKUMENT Zusammenstellungszeichnung		ZEICHNUNGSNR. TC-003-0000		FORMAT A3
Institut für Fertigungstechnik TU Graz		DATUM 26.02.2018		BLATT 1 VON 1



TOLERANZEN ISO 2768	 Institut für Fertigungstechnik TU Graz	3,2 (✓)	KANTEN DIN ISO 13715	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSTAB 1:2
		BEHANDLUNG	3.3315	GEZEICHNET Rangger Erich	GEWICHT 367,24 g
DOKUMENT		Fertigungszeichnung	ZEICHNUNGSNR. TC-003-0001	DATUM 26.02.2018	FORMAT A3
DOKUMENT		Fertigungszeichnung	ZEICHNUNGSNR. TC-003-0001	DATUM 26.02.2018	FORMAT A3
DOKUMENT		Fertigungszeichnung	ZEICHNUNGSNR. TC-003-0001	DATUM 26.02.2018	FORMAT A3

LED Haltewinkel

BLATT
1 VON 1

DATUM
26.02.2018

ZEICHNUNGSNR.
TC-003-0001

Fertigungszeichnung

DOKUMENT

GEHEHMIGT

GEZEICHNET
Rangger Erich

BEHANDLUNG

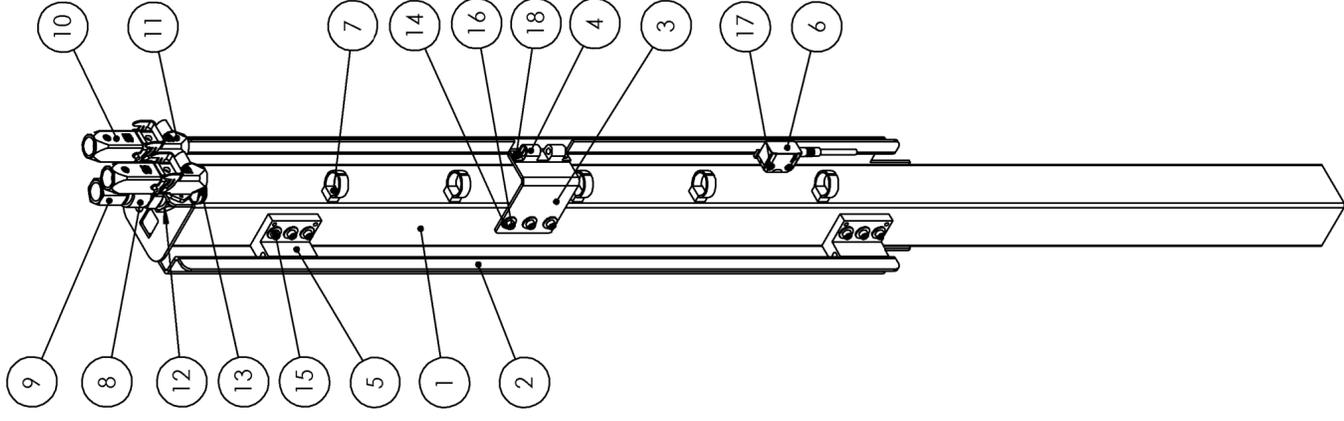
3,2 (✓)

KANTEN
DIN ISO 13715

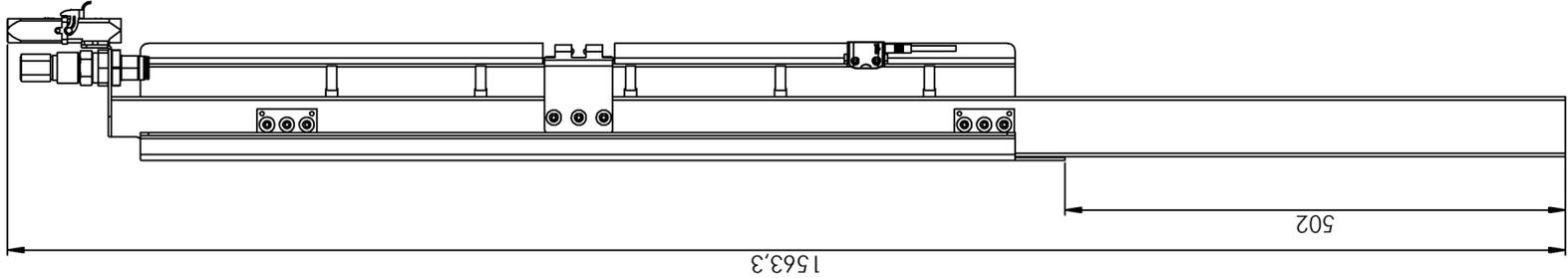
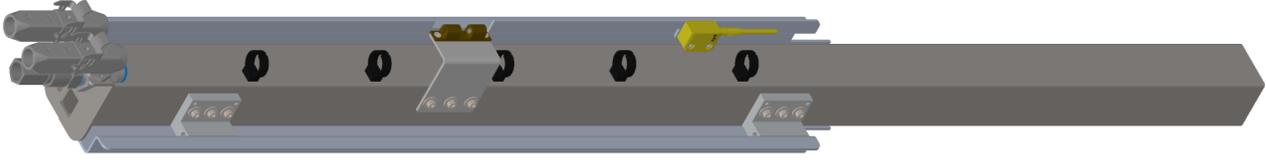
WENN NICHT ANDERS
ANGEGEBEN,
BEMASSUNG
IN MILLIMETERN

MASSTAB
1:2

GEWICHT
367,24 g

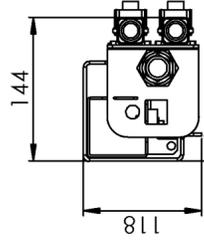


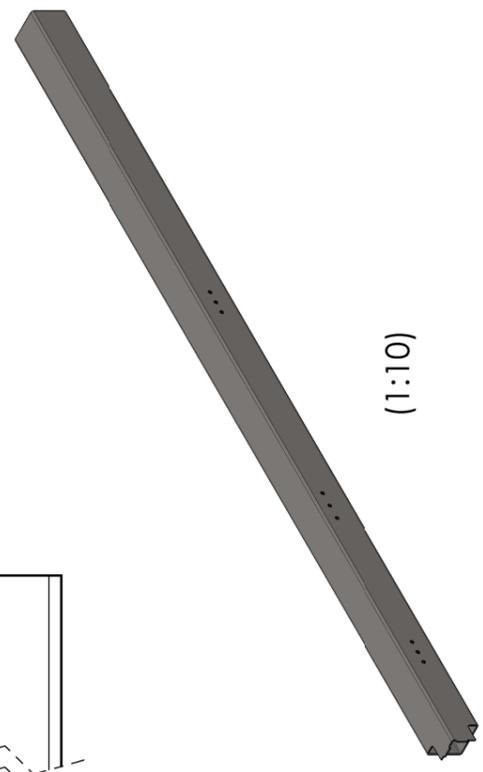
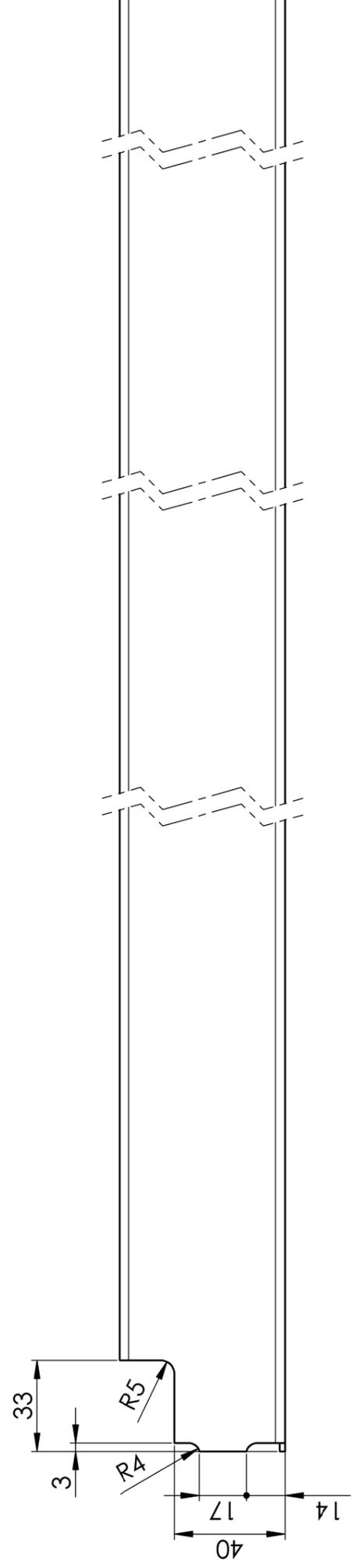
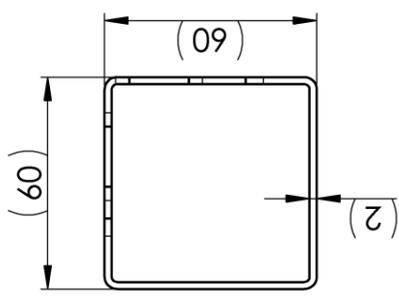
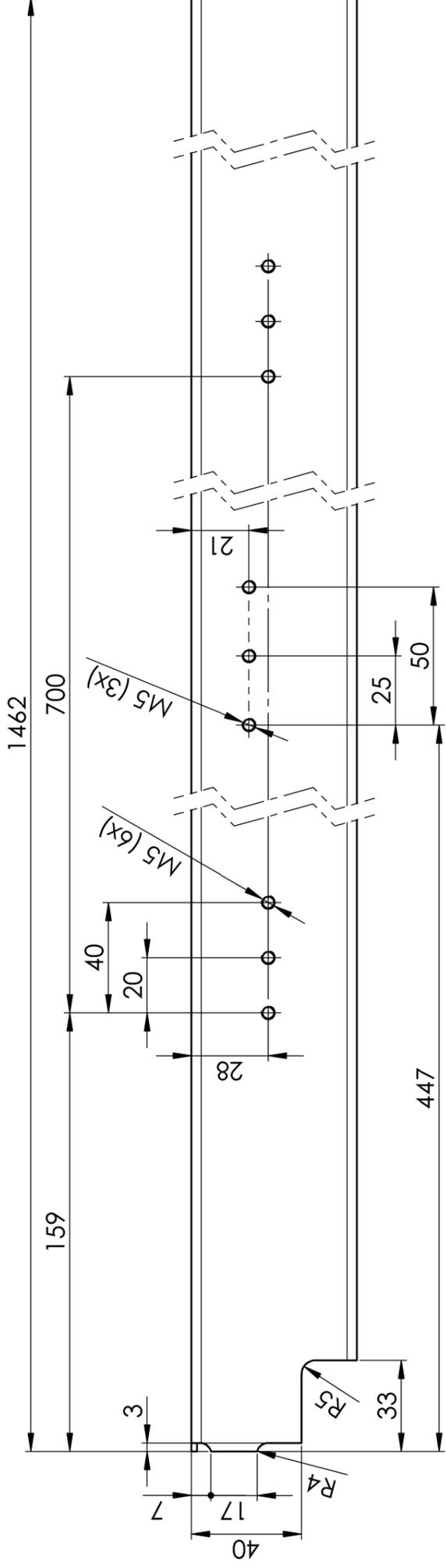
Verkleidung (2) mit
3M VHB Klebeband 5952
auf den Steher (1) kleben!



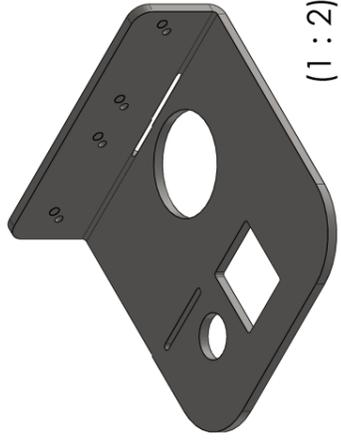
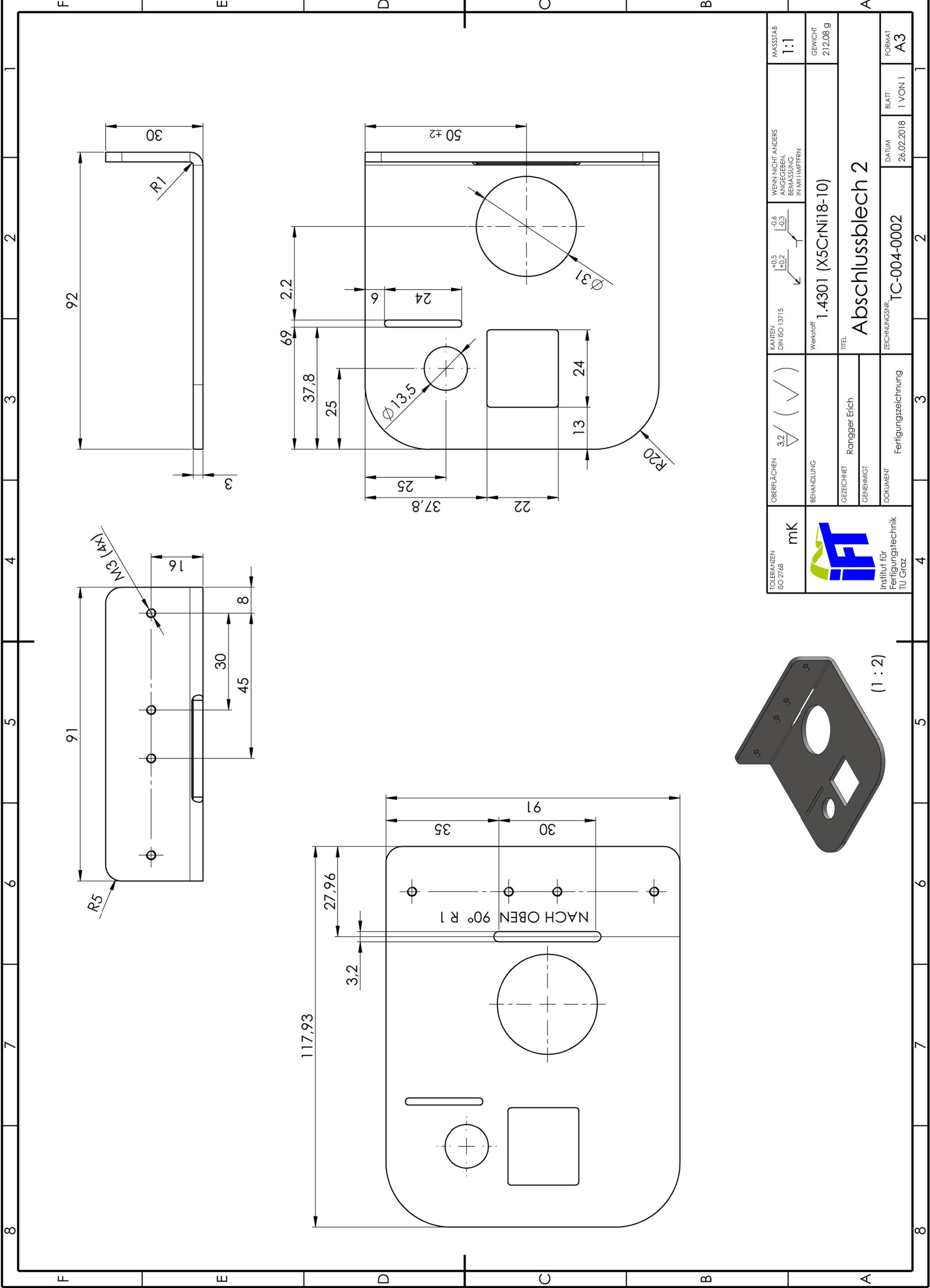
Pos	Benennung	Nummer	Material	Masse	Stk
18	ISO 10642 - M4x8				2
17	ISO 4762 M4x16				2
16	ISO 4762 M5x16				3
15	ISO 4762 M5x20				6
14	DIN 9021 - 5.3				9
13	Verschraubung G1_2 16mm	Festo 186105			1
12	Schott-Verschraubung G1_2	Festo 9973			1
11	Stecker HAN 3A	19 20 003 1250			2
10	Steckbuchse HAN 3A	19 20 003 1443			2
9	Pneumatik Stecker	KKA6P-04F			1
8	Pneumatik Buchse	KKA6S-04M			1
7	Steckkabelhalter	Emico			5
6	Sicherheitsschalter	PSEN cs3.1			1
5	Aufnahmeblock	TC-004-0006	3.2306	107.36	2
4	Doppelkugeischnäpper	M17180			1
3	Haltewinkel Schnäpper	TC-004-0005	1.4301	171.33	1
2	Verkleidungsblech	TC-004-0004	3.3315	1977.51	1
1	Steher 2 geschweißt	TC-004-0003		5389.78	1

Pos	Benennung	Nummer	Material	Masse	Stk
TOLERANZEN ISO 2768		KANTEN DIN ISO 13715		MASSSTAB 1:5	
OBERFLÄCHEN		WENN NICHT ANDERS ANGEZEIGT		GEWICHT	
BEHANDLUNG		IN ANLEITUNGEN		7962,14 g	
GEZEICHNET		Werkstoff		TITEL	
GENÜHMIGT		Rangger Eich		Vorsorgungssteher	
DOKUMENT		ZUSAMMENSTELLUNGSZEICHNUNG		ZEHNUNG NR.	
TU GZGZ		TC-004-0000		DATUM	
		1 VON 1		26.02.2018	
		BLATT		FORMAT	
		1 VON 1		A2	



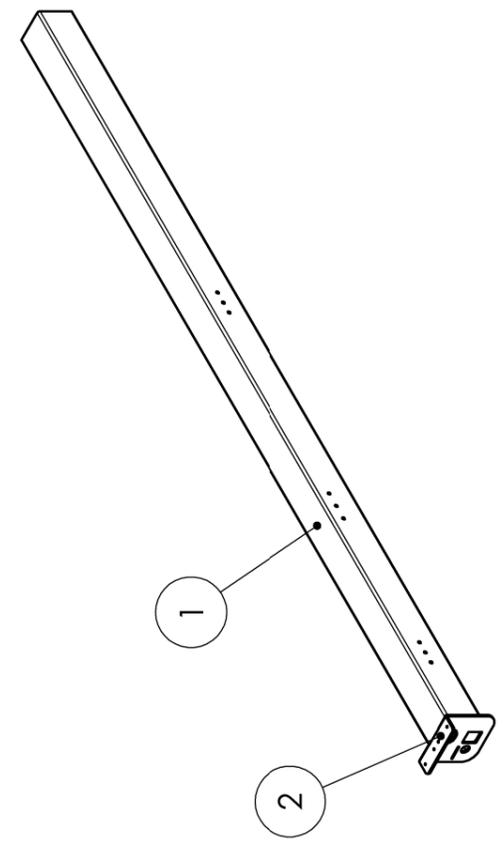
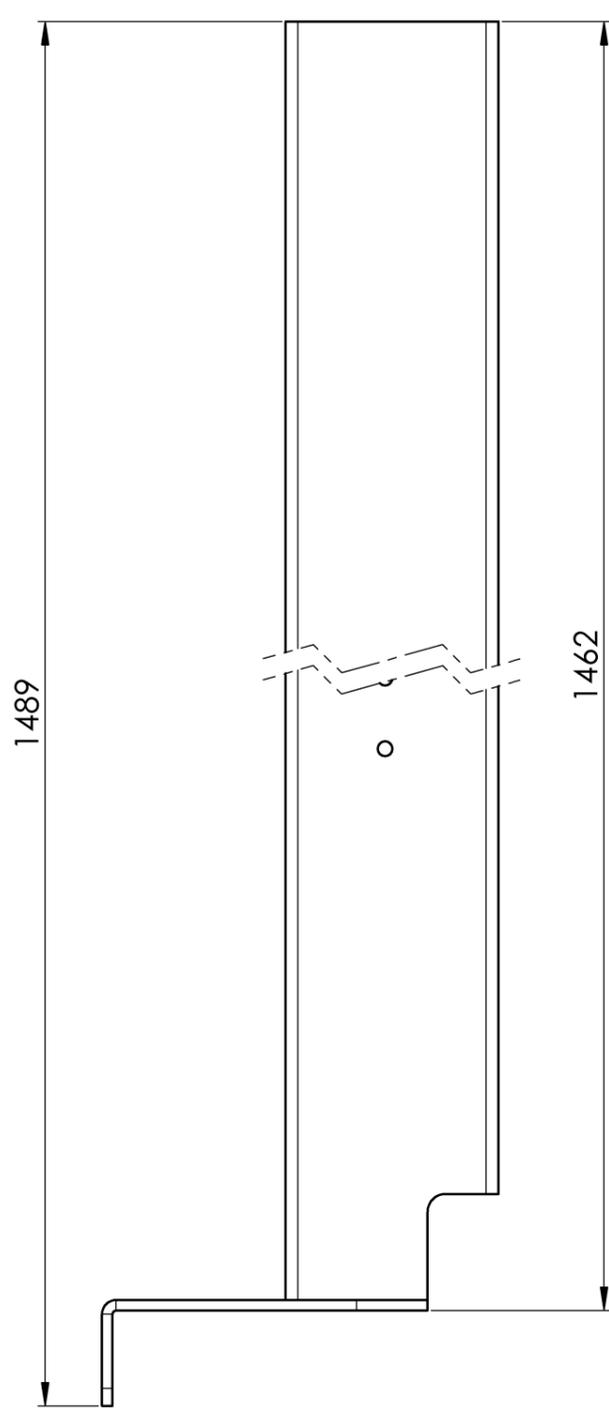
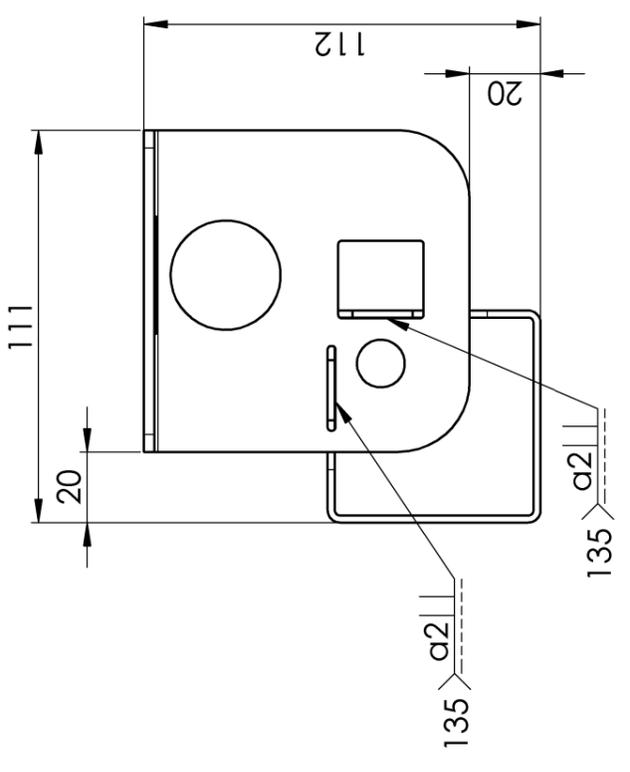


TOLERANZEN ISO 2768 mk	3.2 (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 +0.5 +0.2 -0.6 -0.3	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSTAB	1:2
				GEWICHT	5177.70 g
 Institut für Fertigungstechnik TU Graz	BEHANDLUNG	1.4301 (X5CrNi18-10)		WERKSTOFF	
	GEZEICHNET Ranger Erich	TITEL		Formrohr Steher	
	GENEHMIGT	ZEICHNUNGSNR.		TC-004-0001	DATUM
	DOKUMENT	Fertigungszeichnung		1 VON 1	BLATT
				A3	FORMAT



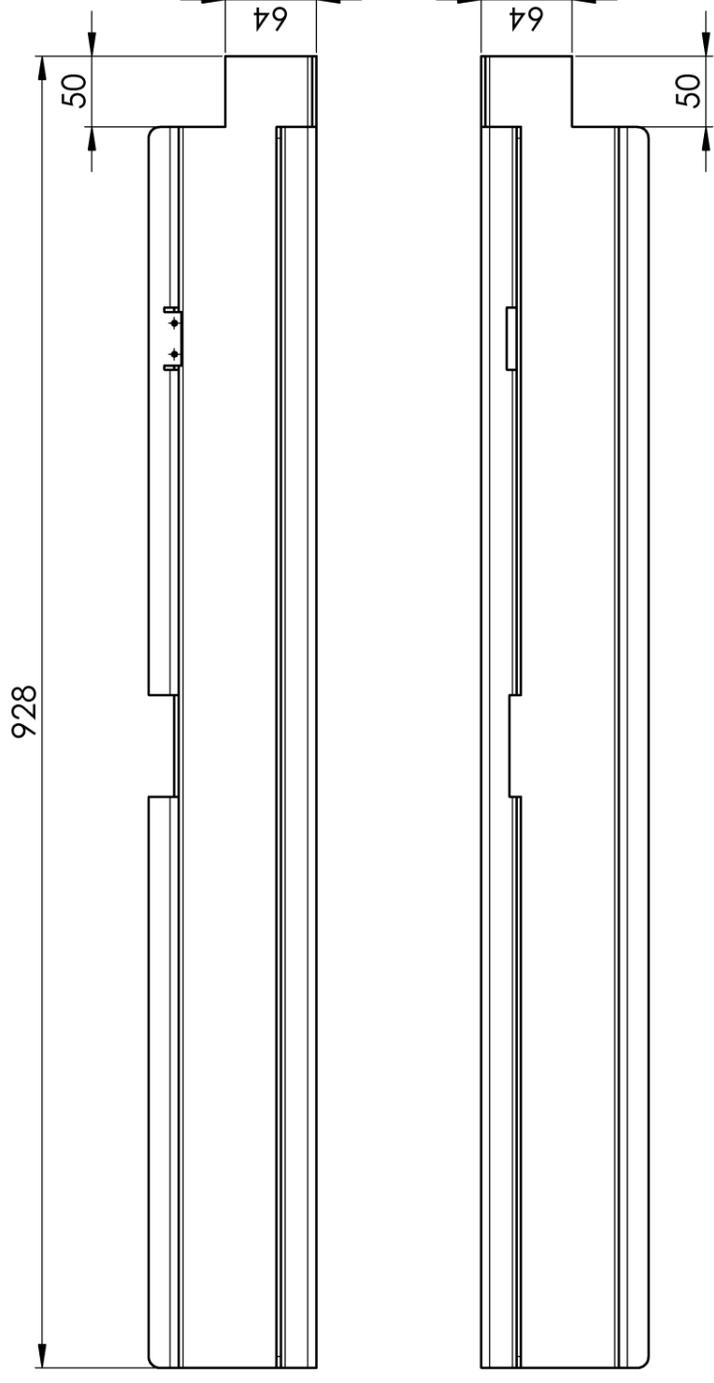
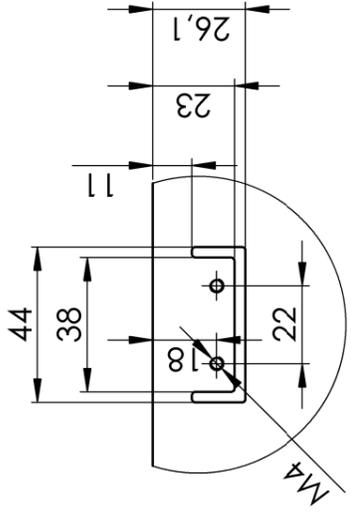
TOLERANZEN ISO 2768	mk	3,2 (✓)	KANTEN DIN ISO 13715	+0,5 +0,2	-0,6 -0,3	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSTAB 1:1
 Institut für Fertigungstechnik TU Graz	BEHANDLUNG		Werkstoff	1.4301 (X5CrNi18-10)			GEWICHT 212,08 g
	GEZEICHNET	Rangger Erich	TITEL	Abschlussblech 2			
	GENEHMIGT		DOKUMENT	Fertigungszeichnung			FORMAT A3
				ZEICHNUNGSNR.	TC-004-0002	DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1

1 2 3 4 5 6 7 8

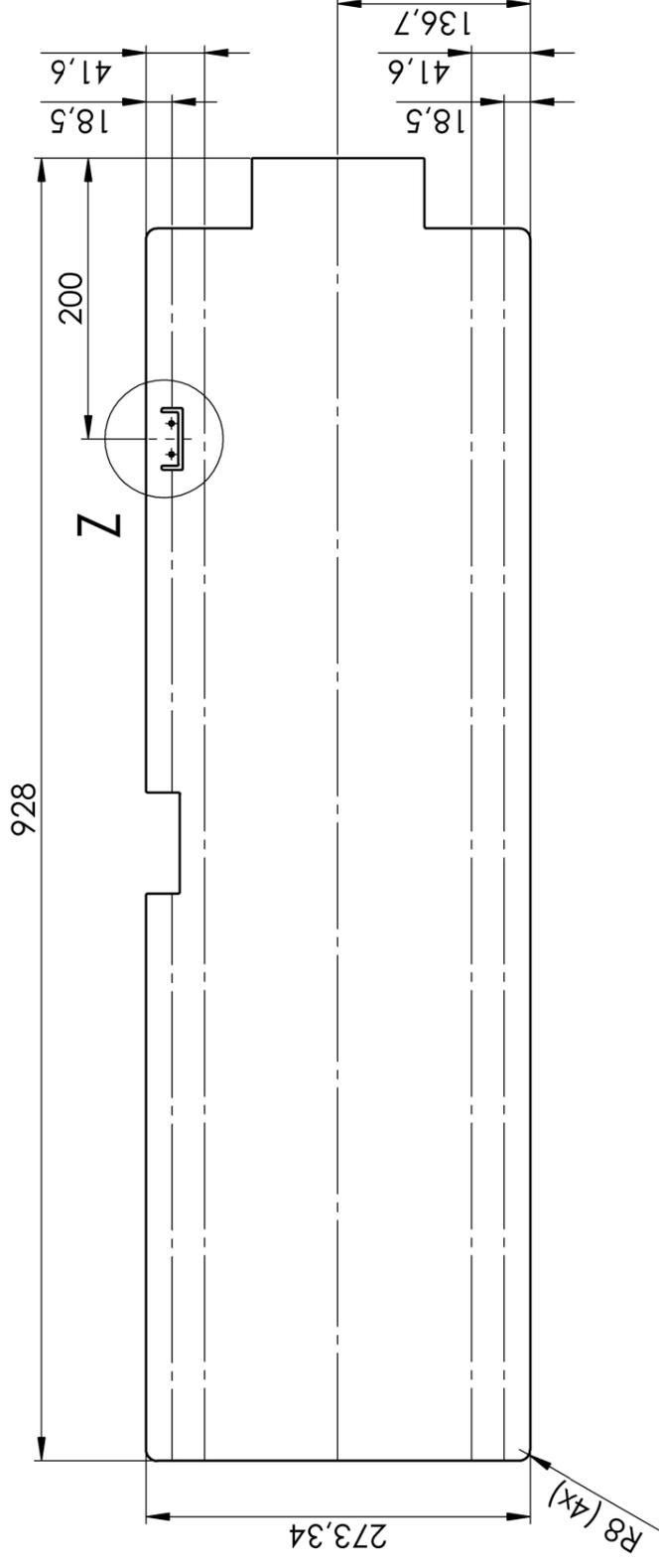


2	Abschlussblech 2	TC-004-0002	1.4301 (X5CrNi18-10)	212.08	1
1	Formrohr Steher	TC-004-0001	1.4301 (X5CrNi18-10)	5177.70	1
Pos	Benennung	Nummer	Material	Masse	Stk
TOLERANZEN ISO 2768		KANTEN DIN ISO 13715		MASSSTAB 1:2	
mk		3,2 (✓)		WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	
 Institut für Fertigungstechnik TU Graz		Werkstoff		GEWICHT 5389,78 g	
BEHANDLUNG glaspergestrahlt		Steher 2 geschweißt			
GEZEICHNET Rangger Erich					
GENEHMIGT					
DOKUMENT Fertigungszeichnung		ZEICHNUNGSNR. TC-004-0003		DATUM 26.02.2018	
		1 VON 1		BLATT	
		A3		FORMAT	

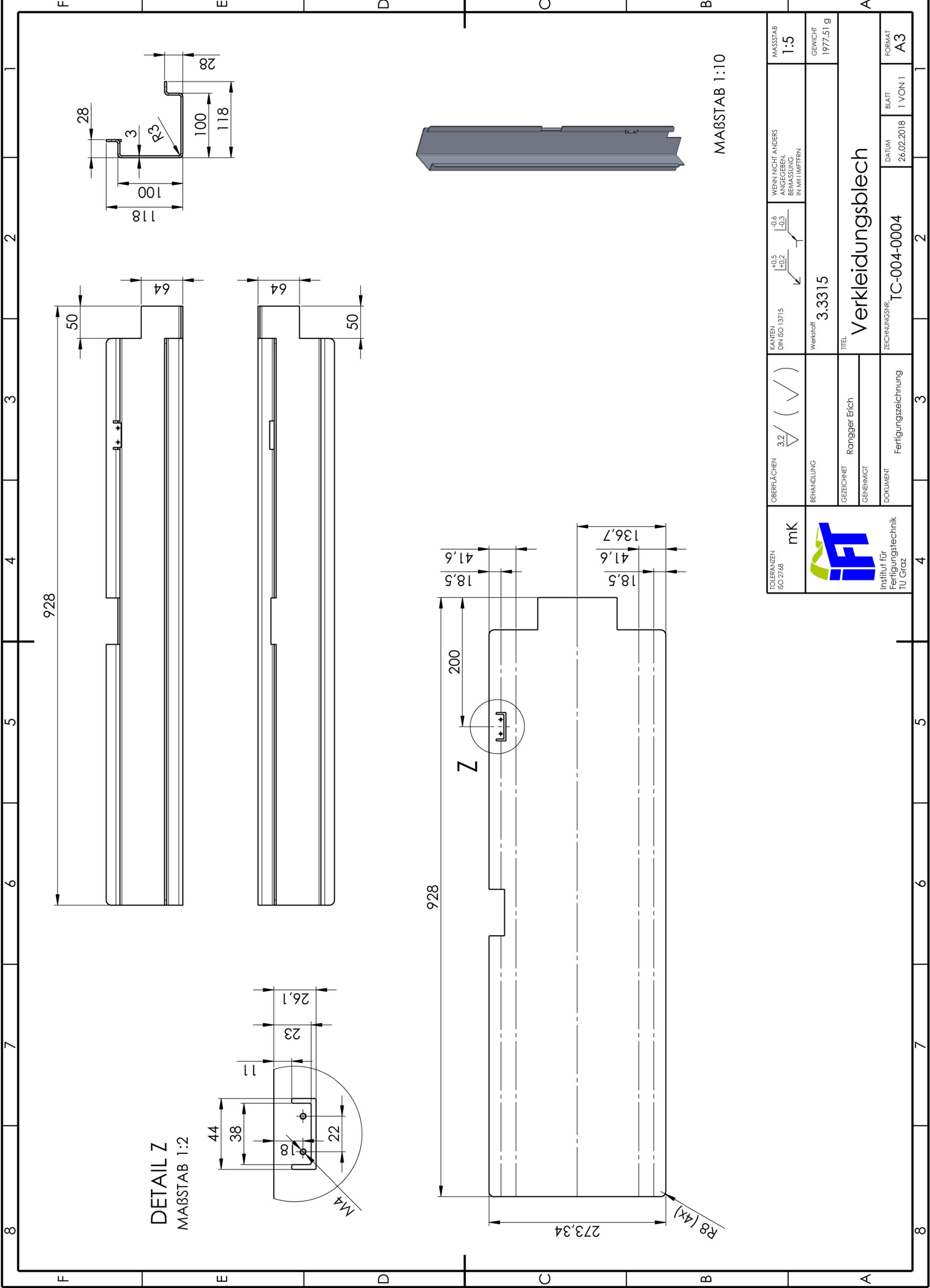
DETAIL Z
MABSTAB 1:2

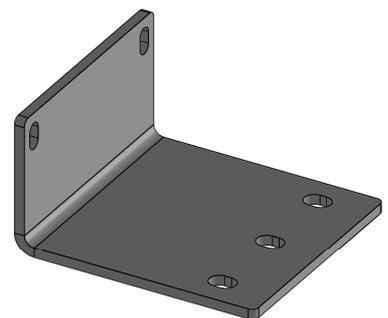
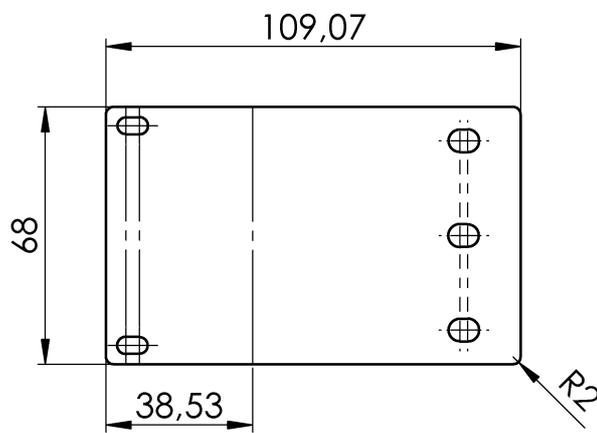
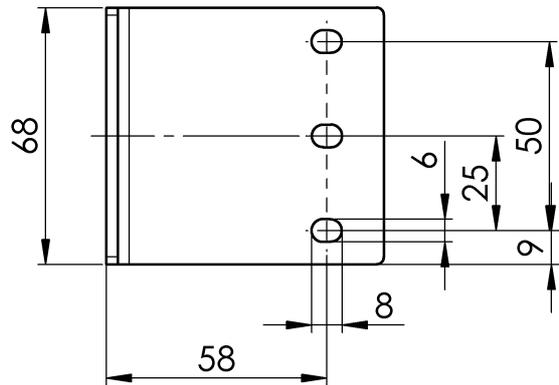
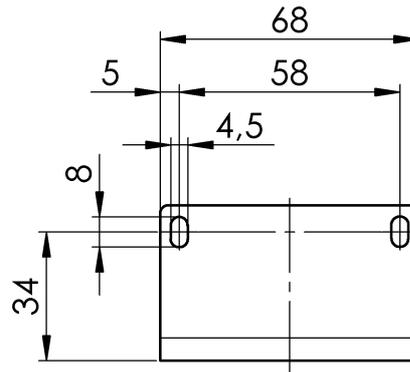
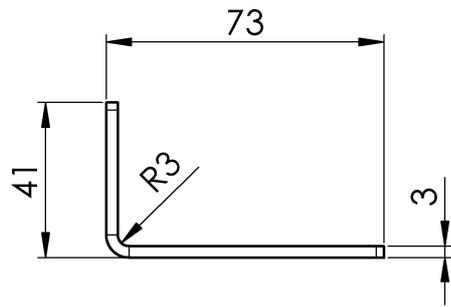


MABSTAB 1:10

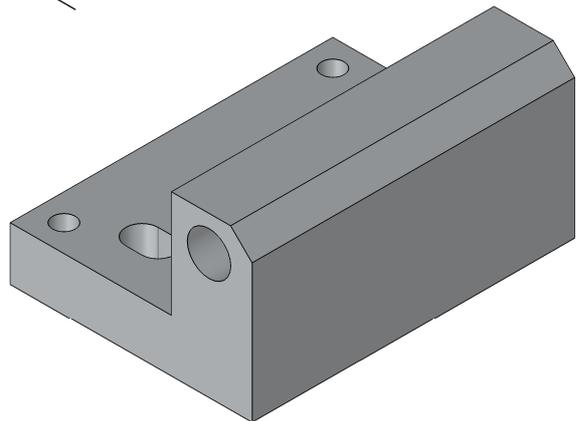
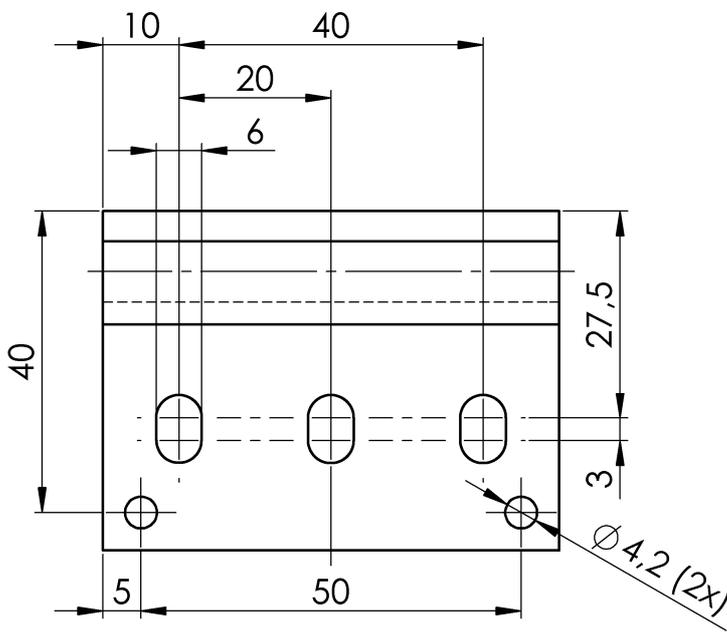
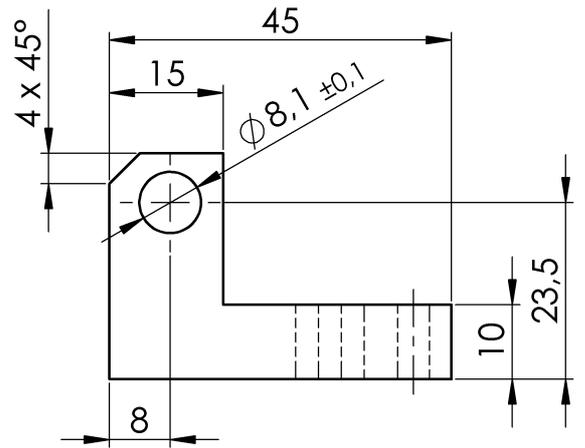
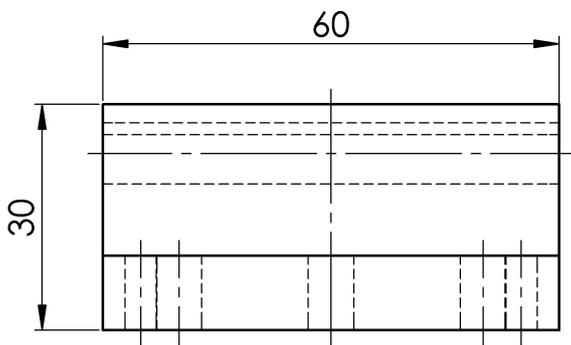


TOLERANZEN ISO 2768 mk	3,2 (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 +0,5 +0,2	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSTAB 1:5
 Institut für Fertigungstechnik TU Graz	BEHANDLUNG	3.3315		GEWICHT 1977,51 g
	GEZEICHNET Rangger Erich	TITEL	Verkleidungsblech	
	GENEHMIGT			
	DOKUMENT	ZEICHNUNGSNR. TC-004-0004	DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1
	Fertigungszeichnung			FORMAT A3

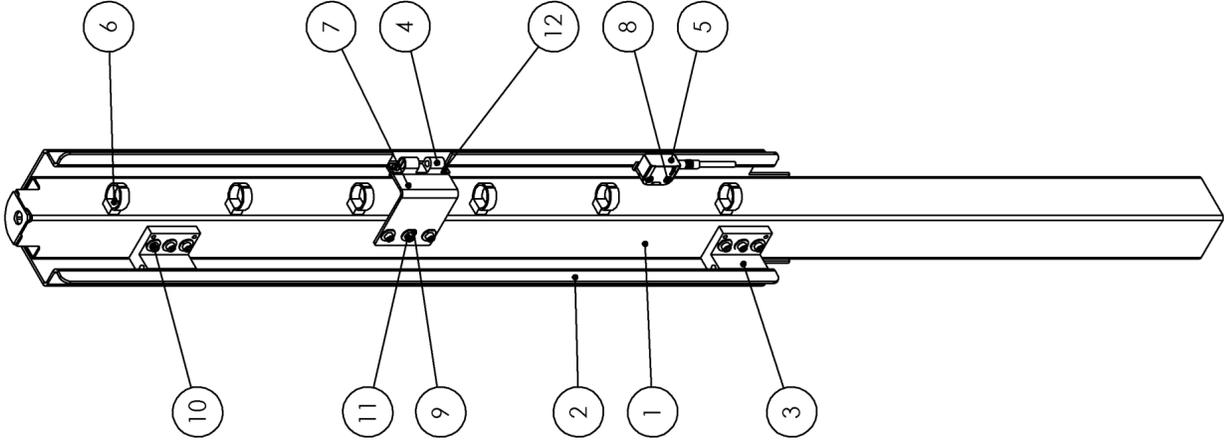




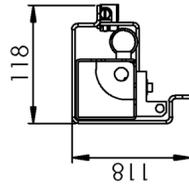
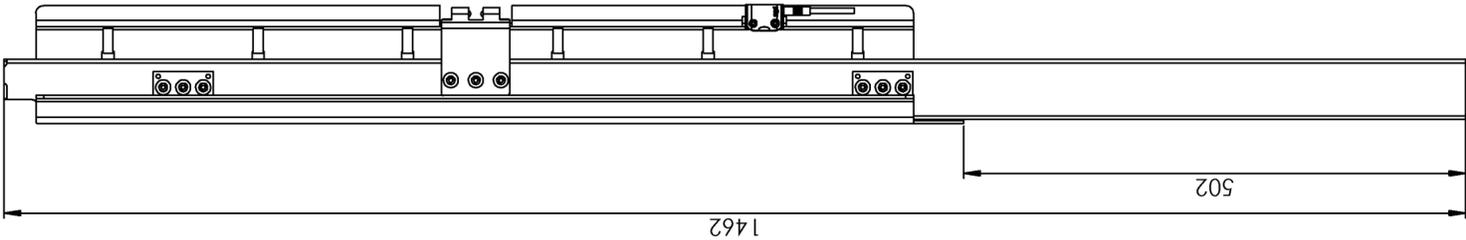
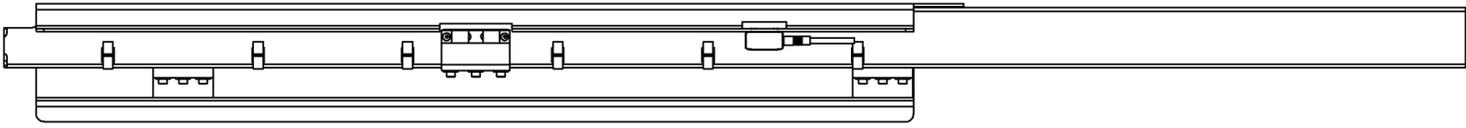
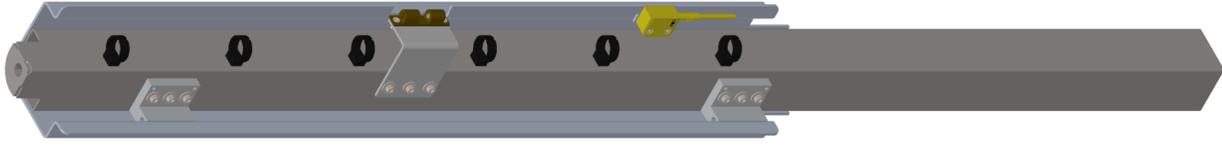
IFT Institut für Fertigungstechnik TU Graz	TOLERANZEN ISO 2768 mK	OBERFLÄCHEN 3,2 / (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 $\begin{matrix} +0,5 \\ +0,2 \end{matrix}$ / $\begin{matrix} -0,6 \\ -0,3 \end{matrix}$	WENN NICHT ANDERS ANGEGBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSSTAB 1:2
	BEHANDLUNG	Werkstoff 1.4301	GEWICHT 171.33 g		
	GEZEICHNET Rangger Erich	TITEL Haltewinkel Schnäpper			
	GENEHMIGT	ZEICHNUNGSNR. TC-004-0005	DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1	FORMAT A4
DOKUMENT Fertigungszeichnung					



IFT Institut für Fertigungstechnik TU Graz	TOLERANZEN ISO 2768 mK	OBERFLÄCHEN 3,2 / (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 $\begin{matrix} +0.5 \\ +0.2 \end{matrix}$ / $\begin{matrix} -0.6 \\ -0.3 \end{matrix}$	WENN NICHT ANDERS ANGEGBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSSTAB 1:1
	BEHANDLUNG eloxiert - natur	Werkstoff 3.2306	GEZEICHNET Rangger Erich		
	GENEHMIGT	TITEL Aufnahmeblock			
	DOKUMENT Fertigungszeichnung	ZEICHNUNGSNR. TC-004-0006	DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1	FORMAT A4



Verkleidung (2) mit
3M VHB Klebeband 5952
auf den Steher (1) kleben!

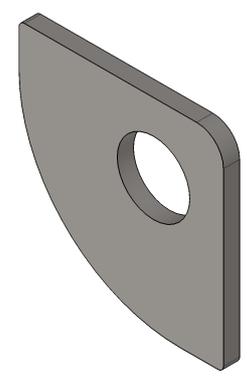
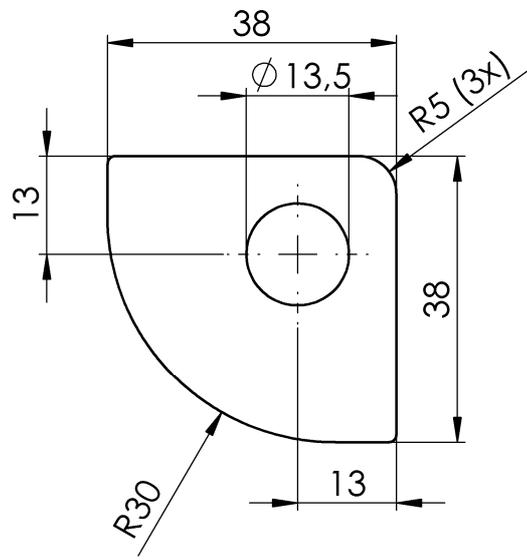
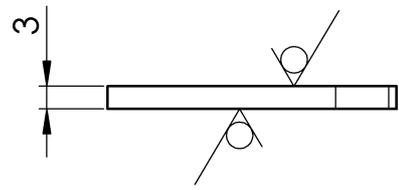


Pos	Benennung	Nummer	Material	Masse	Stk
12	ISO 10642 M4x12				2
11	ISO 4762 M5x16				3
10	ISO 4762 M5x20				6
9	DIN 9021 - 5.3				9
8	ISO 4762 M4x16				2
7	Halbwinkel Schnäpper	TC-004-0005	1.4301	171.33	1
6	Steckkabelhalter	Emico			6
5	Sicherheitsschalter	PSEN cs3.1			1
4	Doppelkugelschnäpper	M17180			1
3	Aufnahmeblock	TC-004-0006	3.2306	107.36	2
2	Verkleidungsblech	TC-004-0004	3.3315	1977.51	1
1	Steher geschweisst	TC-005-0002		5203.82	1

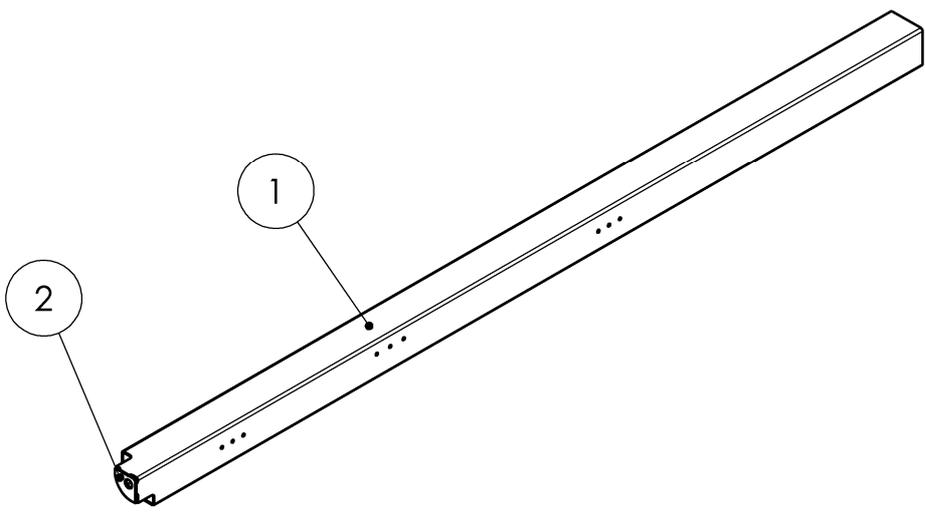
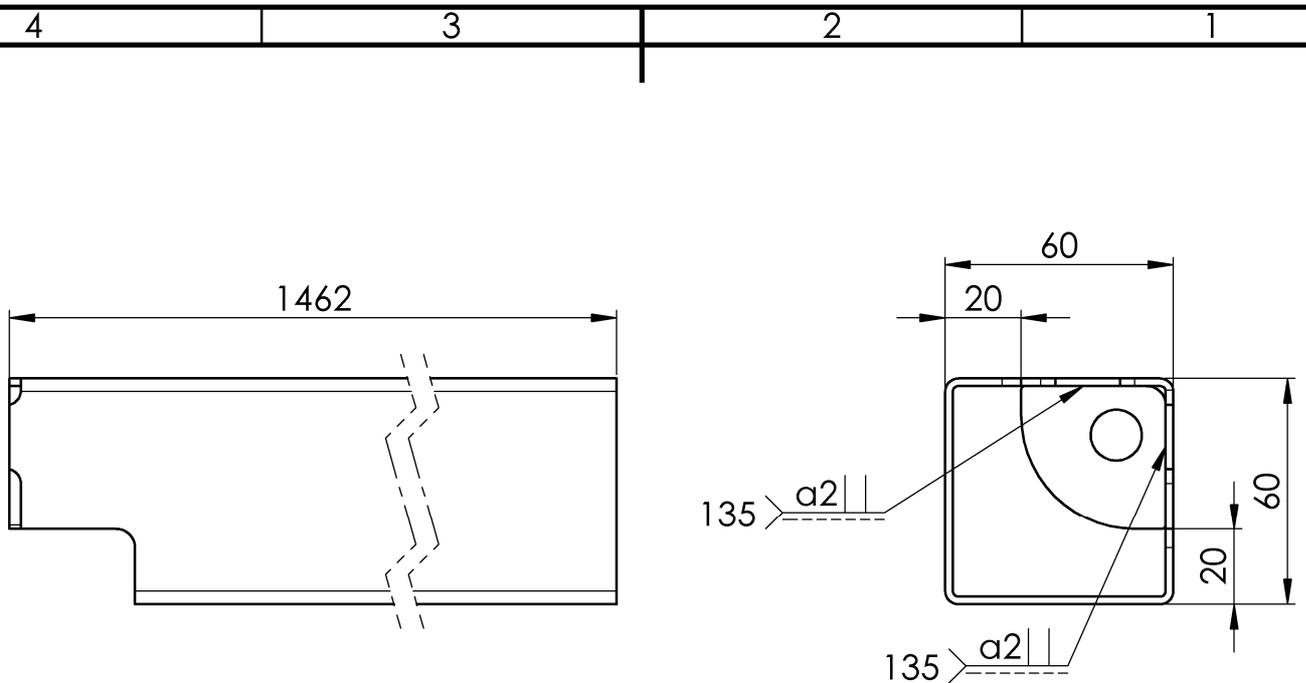
POLYMEREN ISO 2768		OBERFLÄCHEN		KANTEN DIN ISO 12715		MASSSTAB	
				WENN NICHT ANDERES ANGEZEIGT IN MILLIMETERN		1:5	
		BEHANDLUNG		Werkstoff		GEWICHT	
		GEZEICHNET Rangger, Eich				7596.63 g	
		GENEHMIGT		TITEL			
		DOKUMENT		ZEHNUNGSRN:			
		Zusammenstellungszeichnung		TC-005-0000		FORMAT	
				ZEHNUNGSRN:		A2	
				1 VON 1		BLATT	
				26.02.2018		DATUM	
				2		BLATT	

Steher

Institut für
Fertigungstechnik
TU Graz



IFT Institut für Fertigungstechnik TU Graz	TOLERANZEN ISO 2768 mK	OBERFLÄCHEN 3,2 / (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 $\begin{matrix} +0,5 \\ +0,2 \end{matrix}$ / $\begin{matrix} -0,6 \\ -0,3 \end{matrix}$	WENN NICHT ANDERS ANGEGBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSSTAB 1:1	
	BEHANDLUNG		Werkstoff 1.4301 (X5CrNi18-10)		GEWICHT 26.12 g	
	GEZEICHNET Rangger Erich		TITEL Abschlussblech			
	GENEHMIGT		ZEICHNUNGSNR. TC-005-0001		DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1
DOKUMENT Fertigungszeichnung						

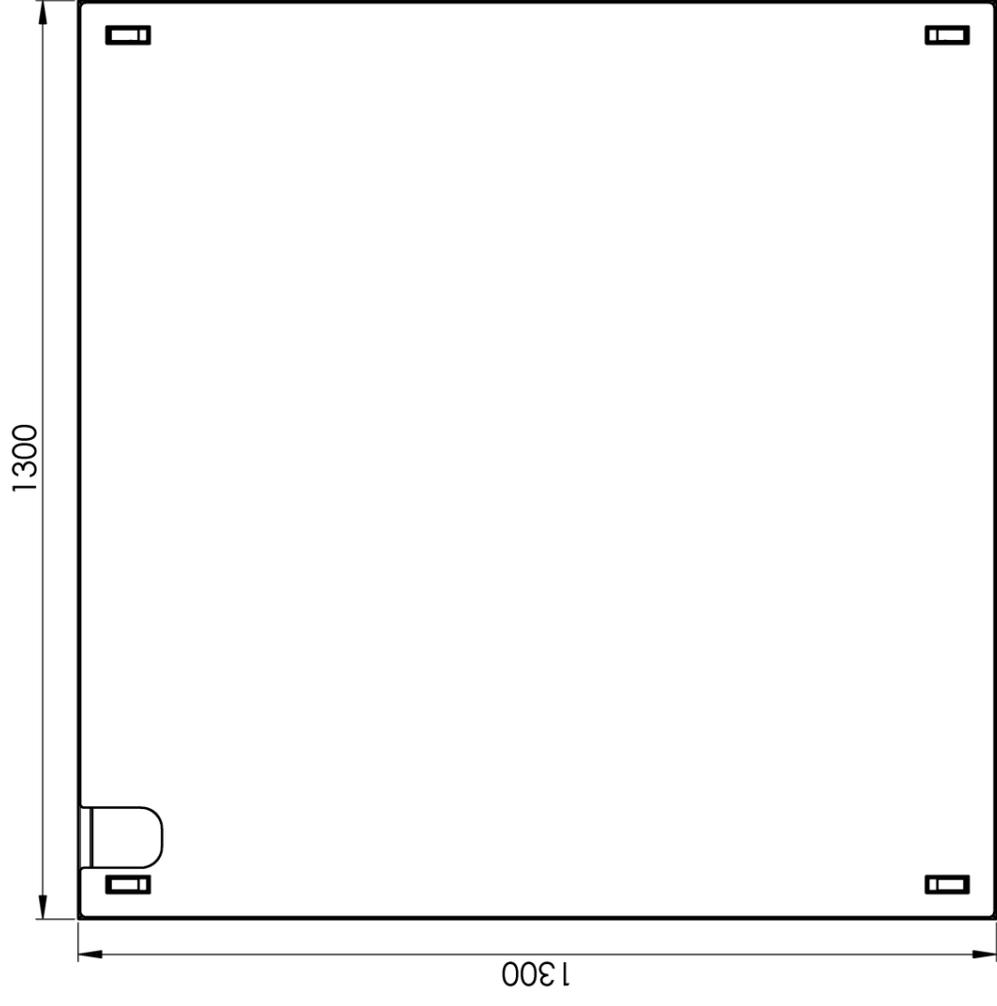
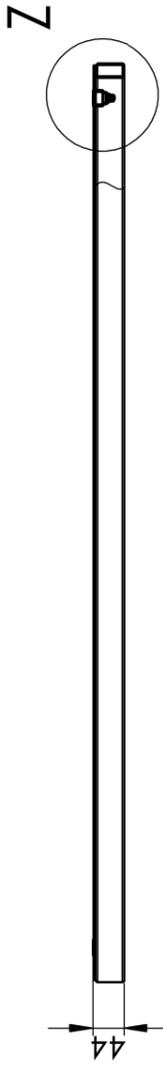


2	Abschlussblech	TC-005-0001	1.4301 (X5CrNi18-10)	26.12	1
1	Formrohr Steher	TC-004-0001	1.4301 (X5CrNi18-10)	5177.70	1
Pos	Benennung	Nummer	Material	Masse	Stk

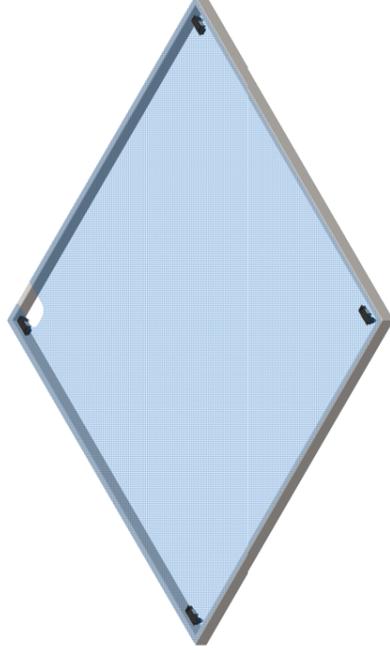
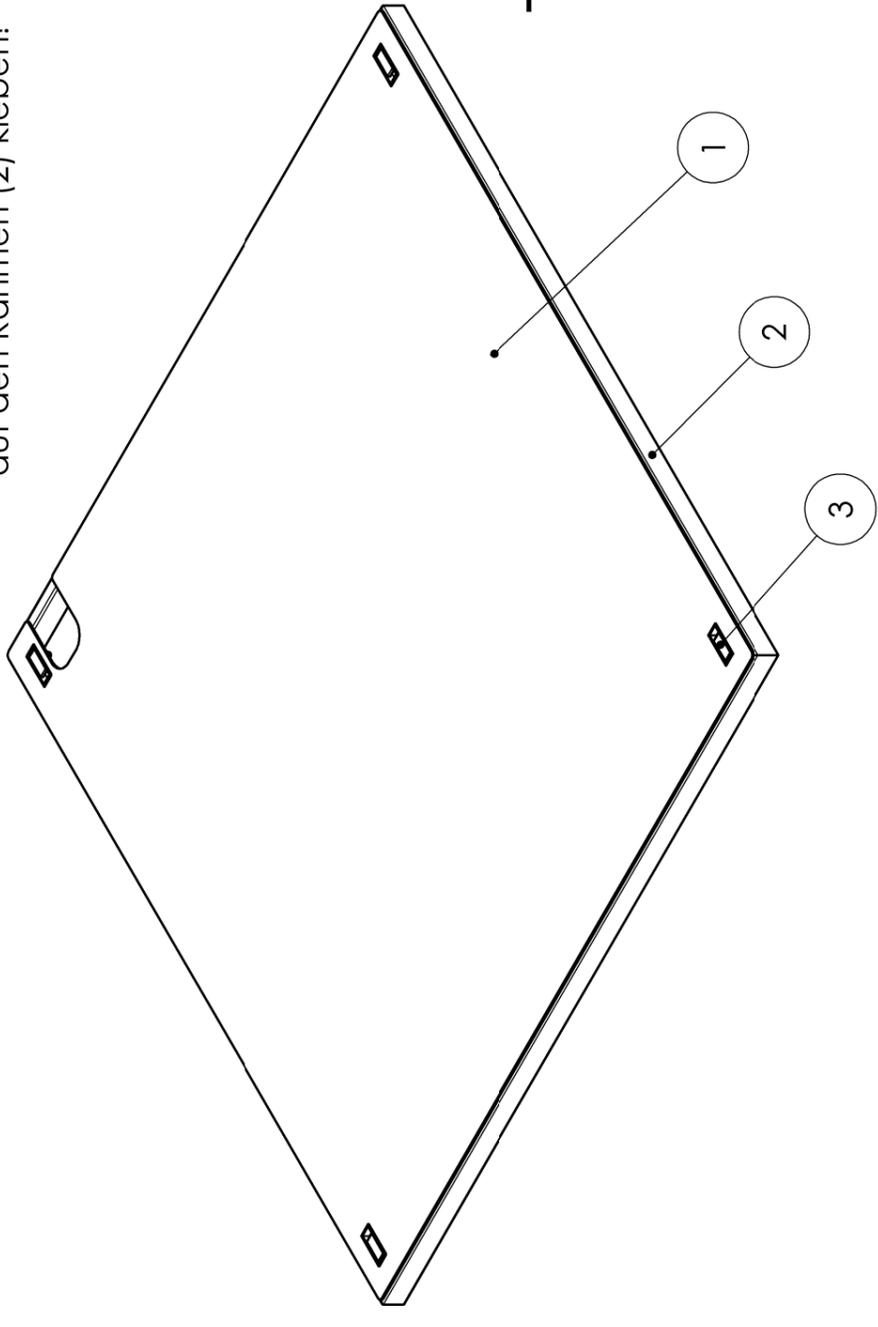
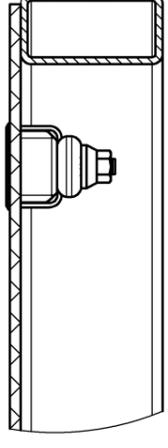
TOLERANZEN ISO 2768 mK	OBERFLÄCHEN 3,2 / (✓) (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 +0.5 / +0.2, -0.6 / -0.3	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSTAB 1:2
------------------------------	------------------------------	---	--	----------------

 Institut für Fertigungstechnik TU Graz	BEHANDLUNG glasperlgestrahlt	Werkstoff			GEWICHT 5203.82 g
	GEZEICHNET Rangger Erich	TITEL Steher geschweisst			
	GENEHMIGT				
	DOKUMENT Fertigungszeichnung	ZEICHNUNGSNR. TC-005-0002	DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1	FORMAT A4

DETAIL Z
MAßSTAB 1:2



Scheibe (1) mit
3M VHB Klebeband 5952
auf den Rahmen (2) kleben!



3	Quetschverschluss	Southco 19-93-10	9.77	4
2	Rahmen Deckel	TC-007-0002	8671.45	1
1	Schutzscheibe Deckel	TC-007-0003	5080.42	1
POS.	BENENNUNG	Nummer	Material	Weight Stk
TOLERANZEN ISO 2768	OBERFLÄCHEN	KANTEN DIN ISO 13715	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSTAB 1:10
 Institut für Fertigungstechnik TU Graz	BEHANDLUNG	Werkstoff	GEWICHT 13790.94 g	
	GEZEICHNET Rangger Erich	TITEL	Deckel	
	GENEHMIGT	ZEICHNUNGSNR.	TC-007-0000	FORMAT A3
DOKUMENT Zusammenstellungszeichnung		DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1	FORMAT A3

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

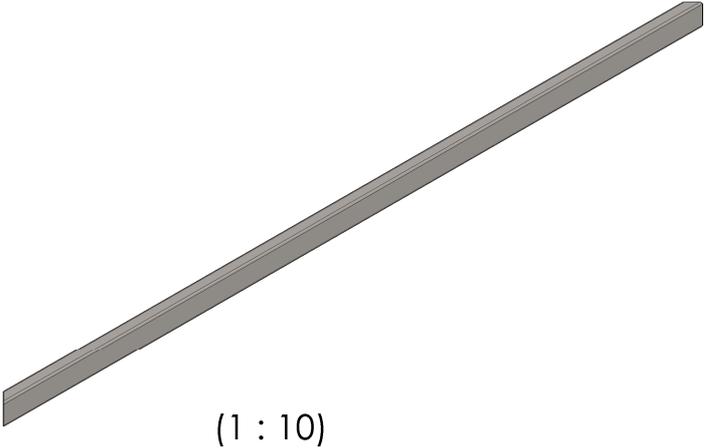
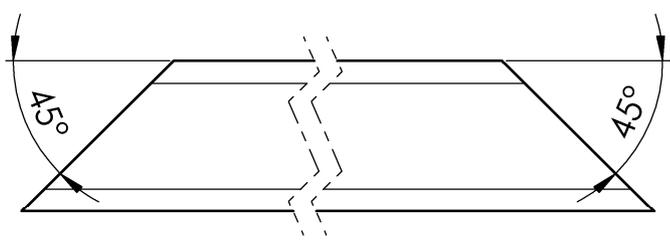
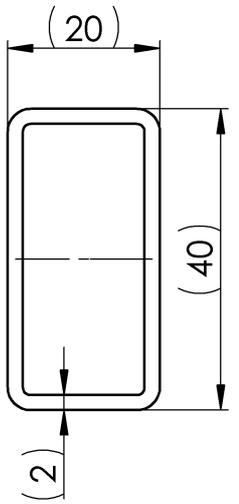
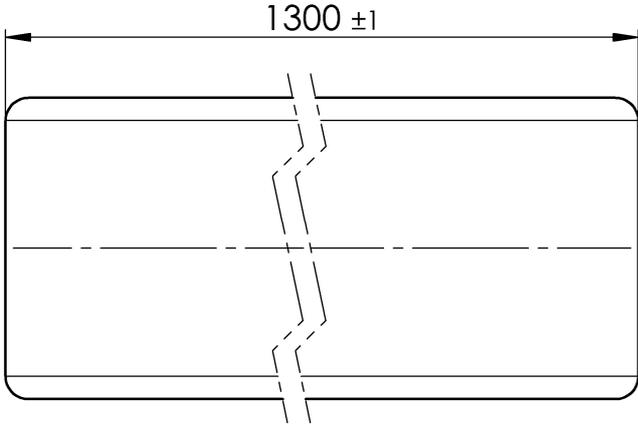
C

B

B

A

A



TOLERANZEN
ISO 2768
mK

OBERFLÄCHEN
3,2 / (✓) (✓)

KANTEN
DIN ISO 13715
+0.5 / +0.2
-0.6 / -0.3

WENN NICHT ANDERS
ANGEGEBEN,
BEMASSUNG
IN MILLIMETERN

MASSSTAB
1:1



BEHANDLUNG

Werkstoff
1.0037 (S235JR)

GEWICHT
2167.86 g

GEZEICHNET
Rangger Erich

TITEL
Formrohr Deckelrahmen

GENEHMIGT

DOKUMENT
Fertigungszeichnung

ZEICHNUNGSNR.
TC-007-0001

DATUM
26.02.2018

BLATT
1 VON 1

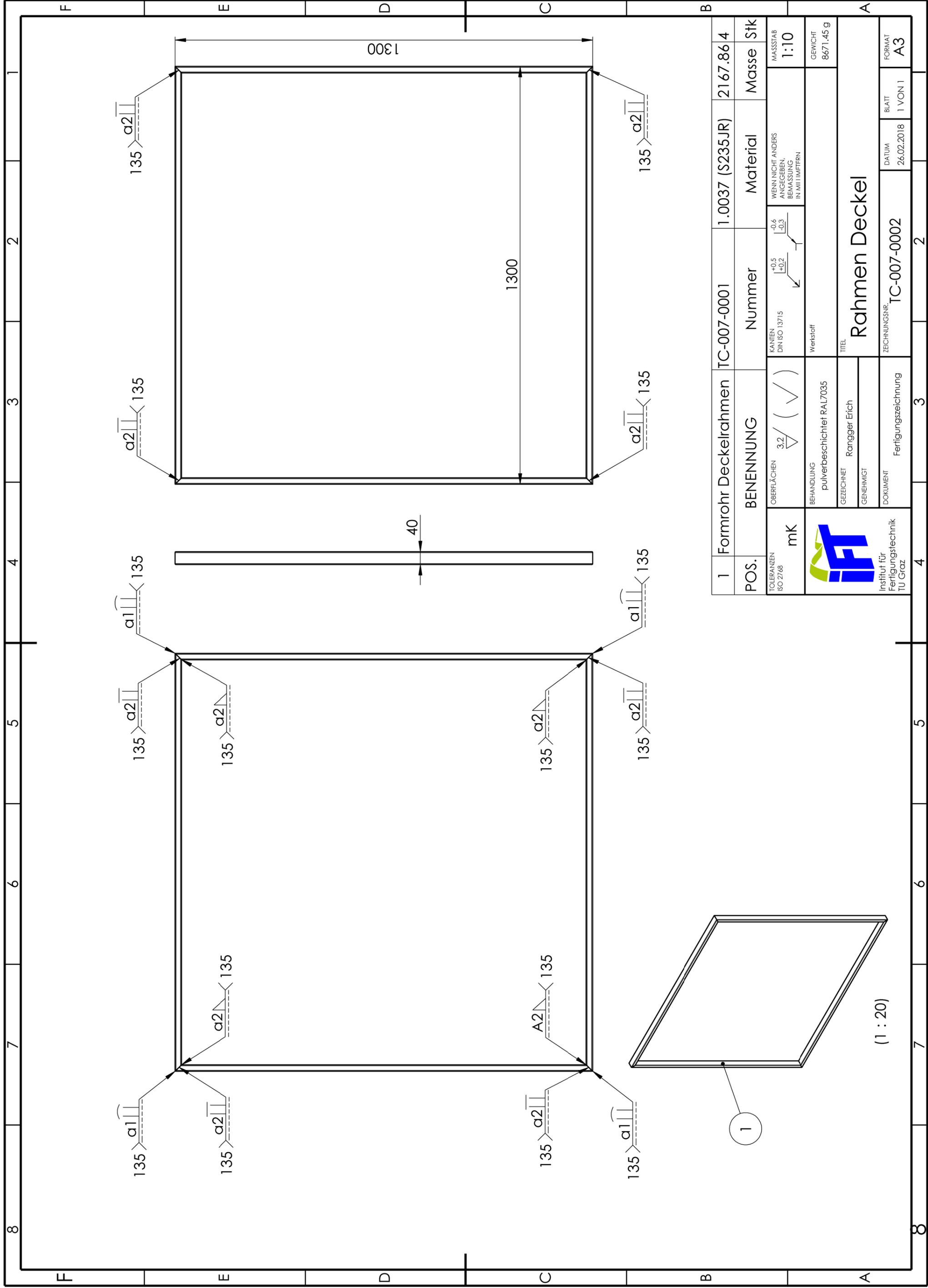
FORMAT
A4

4

3

2

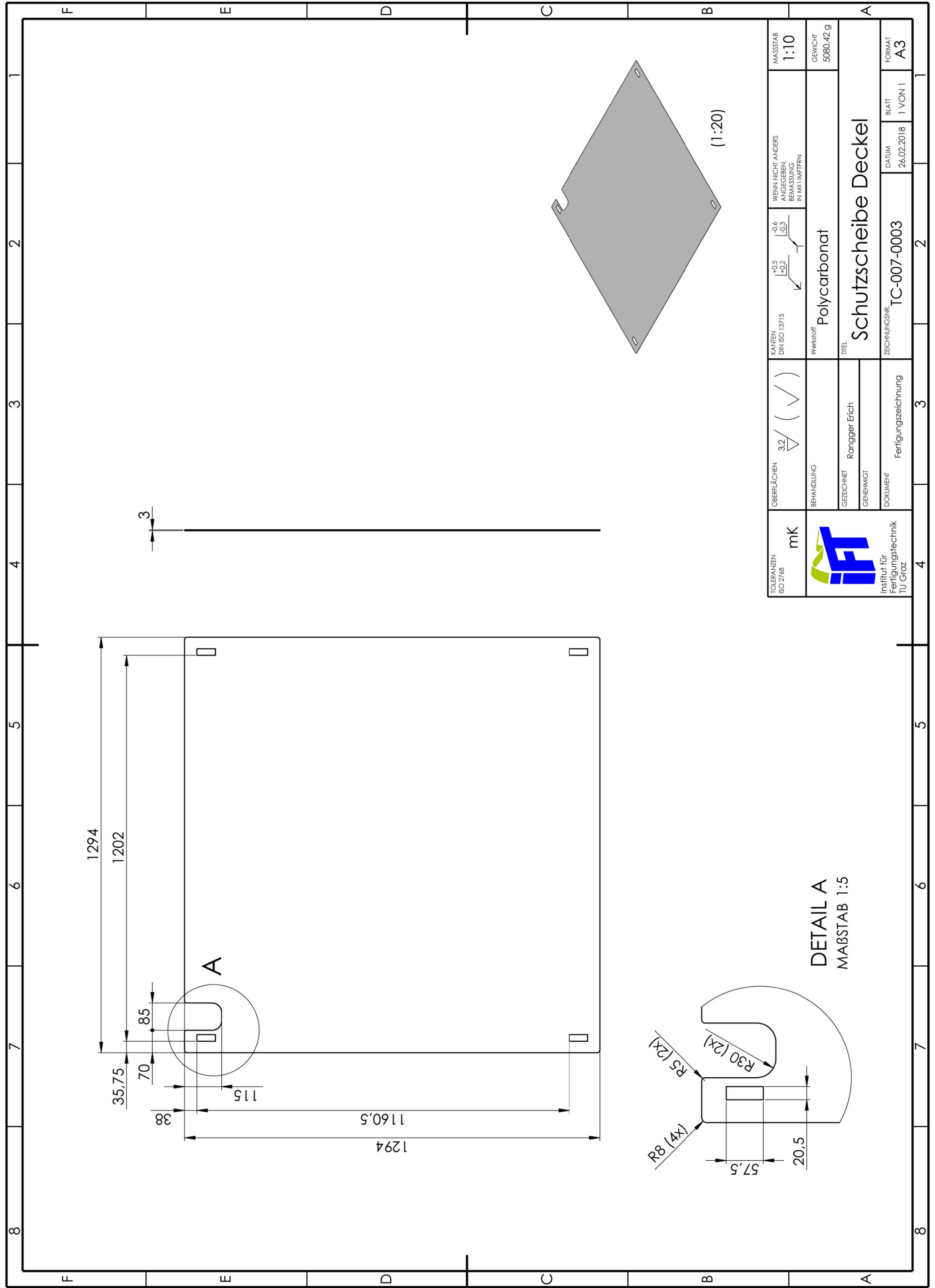
1



1	Formrohr Deckelrahmen	TC-007-0001	1.0037 (S235JR)	2167.864
POS.	BENENNUNG	Nummer	Material	Masse Stk
TOLERANZEN ISO 2768	mk	KANTEN DIN ISO 13715	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSSTAB 1:10
		+0.5 +0.2		GEWICHT 8671.45 g
		-0.6 -0.3		
			Werktstoff	
			TITEL	
			Rahmen Deckel	
			ZEICHNUNGSNR.	FORMAT
			TC-007-0002	1 VON 1
			DATEI	DATEI
			TC-007-0002	TC-007-0002
			Fertigungszeichnung	FORMAT
				A3



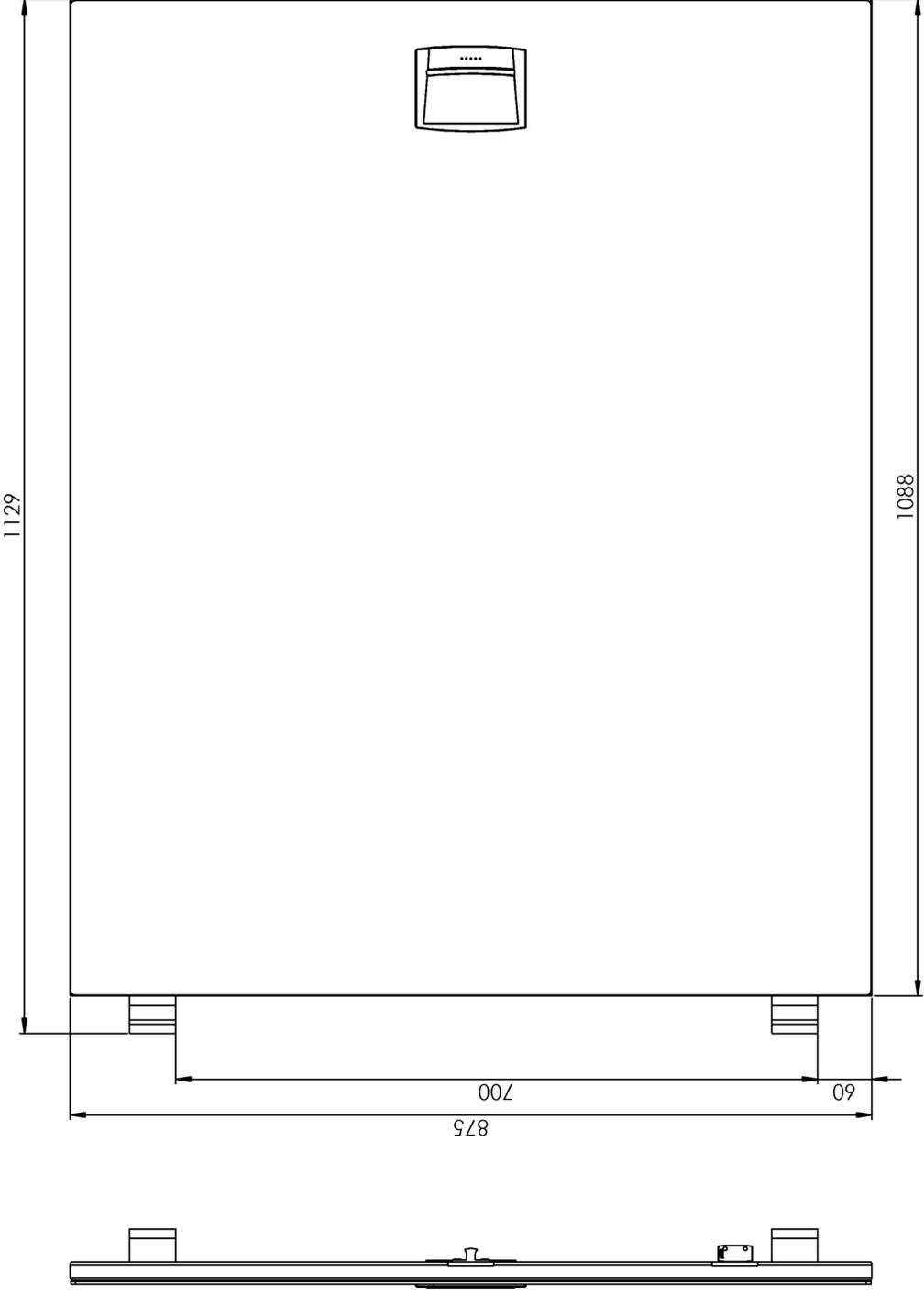
(1 : 20)



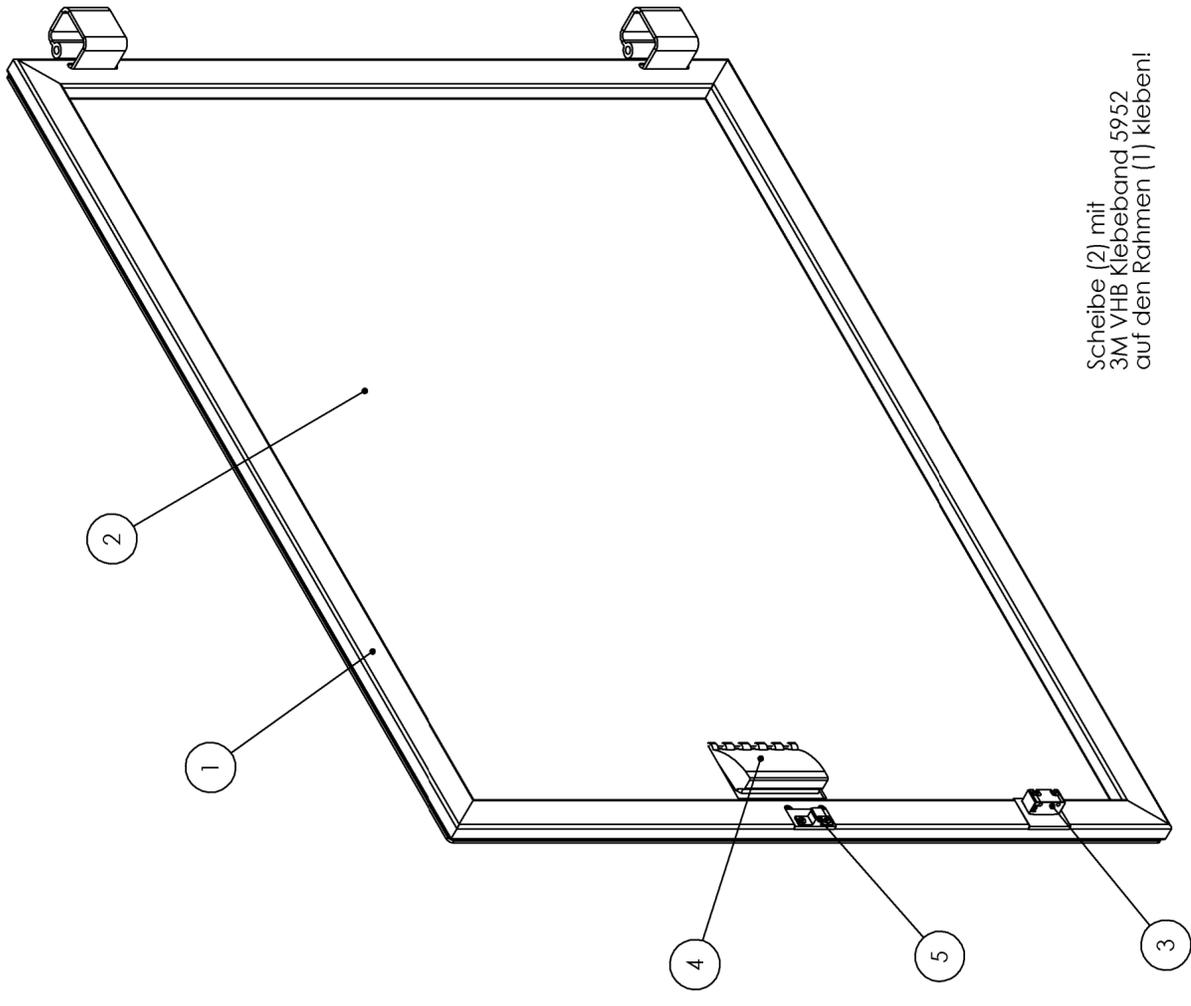
DETAIL A
MAßSTAB 1:5

TOLERANZEN ISO 2768 mk	3,2 (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 +0,5 +0,2	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MAßSTAB 1:10	GEWICHT 5080,42 g
	BEHANDLUNG	Polycarbonat			
	GEZEICHNET Rangger Erich	TITEL Schutzscheibe Deckel			
	GENEHMIGT	ZEICHNUNGSNR. TC-007-0003	DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1	FORMAT A3
	DOKUMENT Fertigungszeichnung				

8 7 6 5 4 3 2 1 F E D C B A



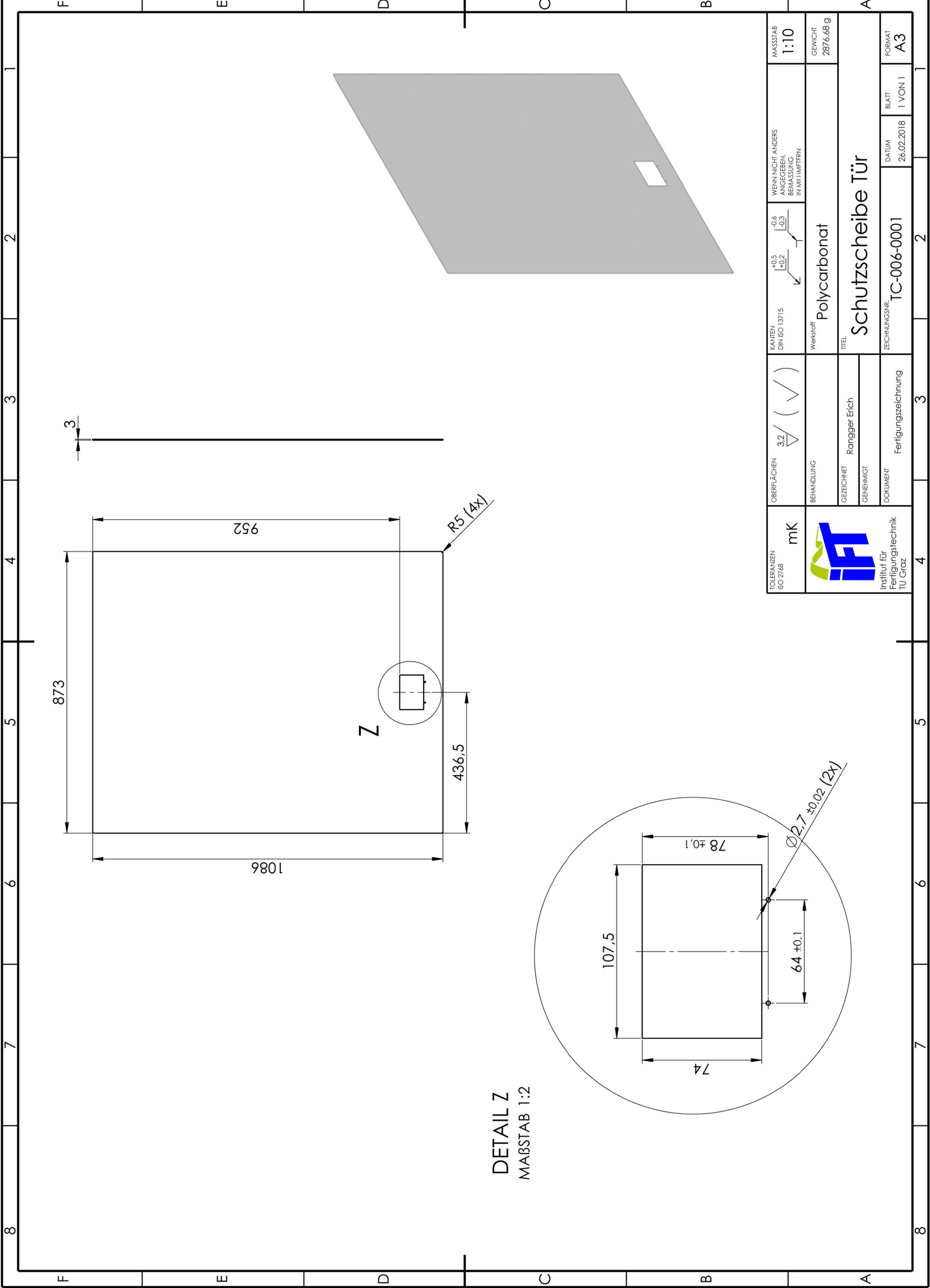
Scheibe (2) mit
3M VHB Klebeband 5952
auf den Rahmen (1) kleben!



7	ISO 10642 - M4x8				2
6	ISO 4762 M4x10				2
5	Riegel für Schnäpper	M17180			1
4	Muldengriff	GN733-120-S-DBL			1
3	Schalter Aktuator	PSEN cs3.1			1
2	Schutzscheibe Tür	TC-006-0001	Polycarbonat	2876.68	1
1	Türrahmen	TC-006-0008		7001.00	1
Pos	Benennung	Nummer	Material	Masse	Stk
FOLBENZITEN ISO 2768		OBERFLÄCHEN	KANTEN DIN ISO 12715	MASSSTAB	
		BEHANDLUNG	WENN NICHT ANDERES ANGEZEIGT	1:5	
		GEZEICHNET	Werkstoff	GEWICHT	
		GENEHMIGT		9953,09 g	
		DOKUMENT	TITEL		
		Zusammenstellungszeichnung	Schutztür		
			ZEICHNUNGSNR.	TC-006-0000	
			BLATT	1 VON 1	
			FORMAT	A2	
			DATUM	26.02.2018	

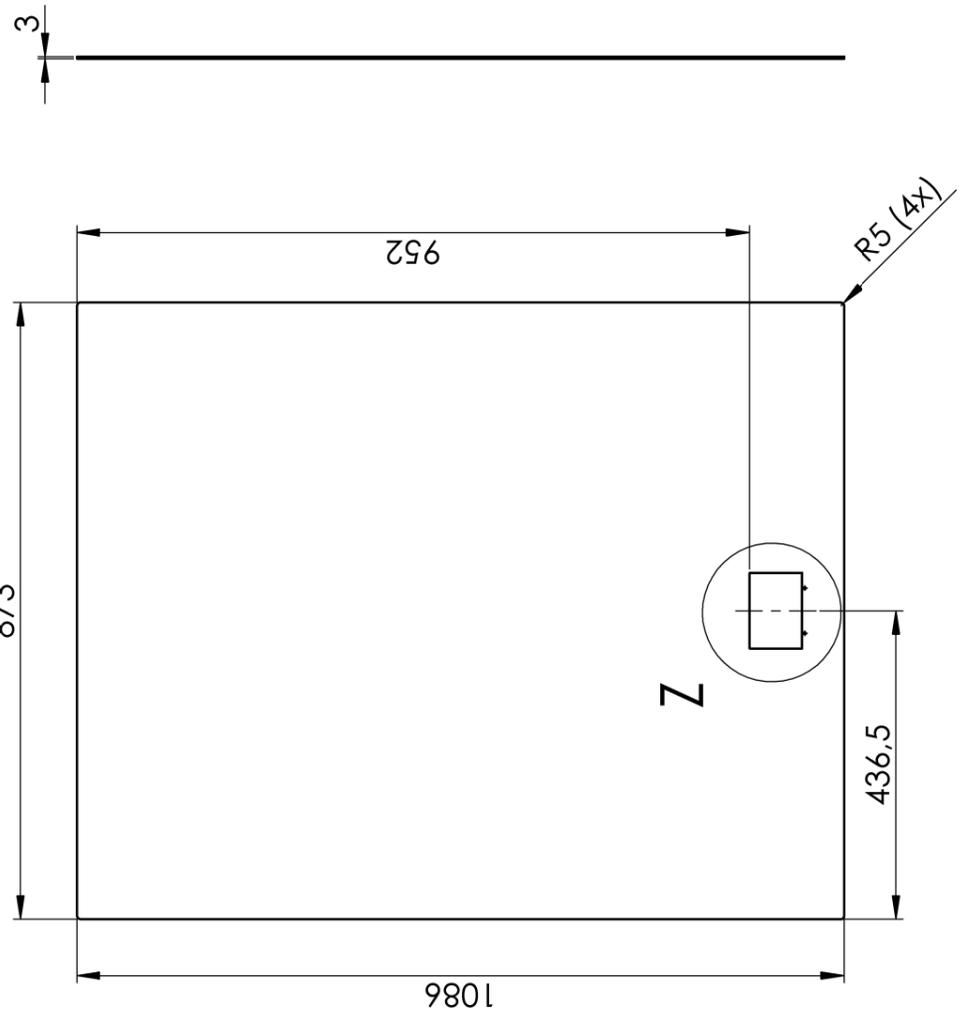
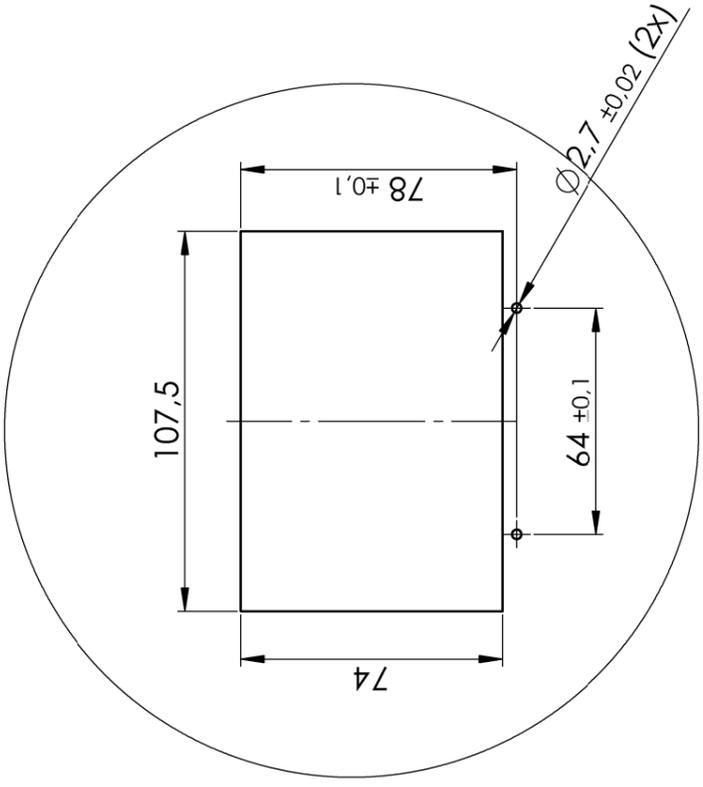


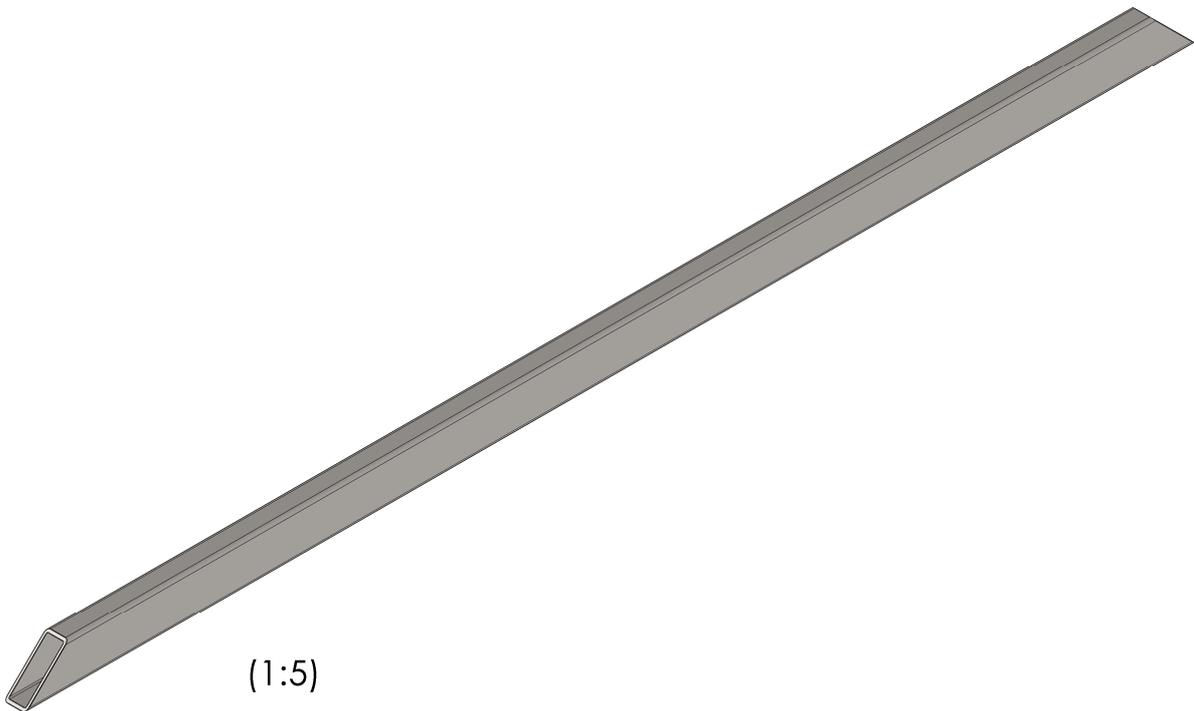
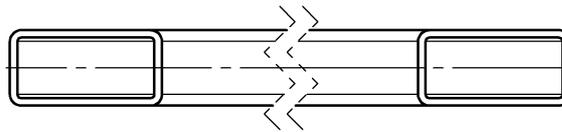
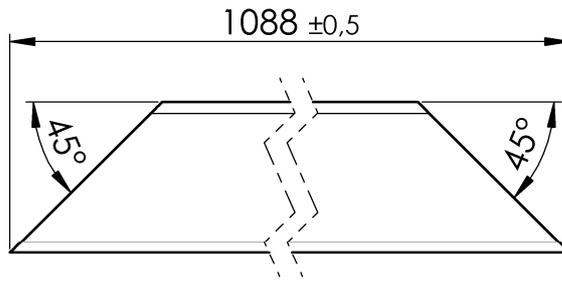
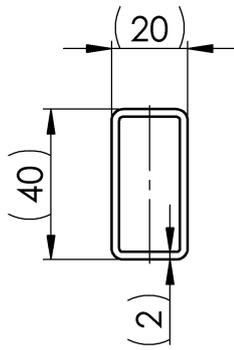
Institut für
Fertigungstechnik
TU GZGZ



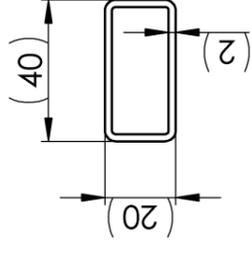
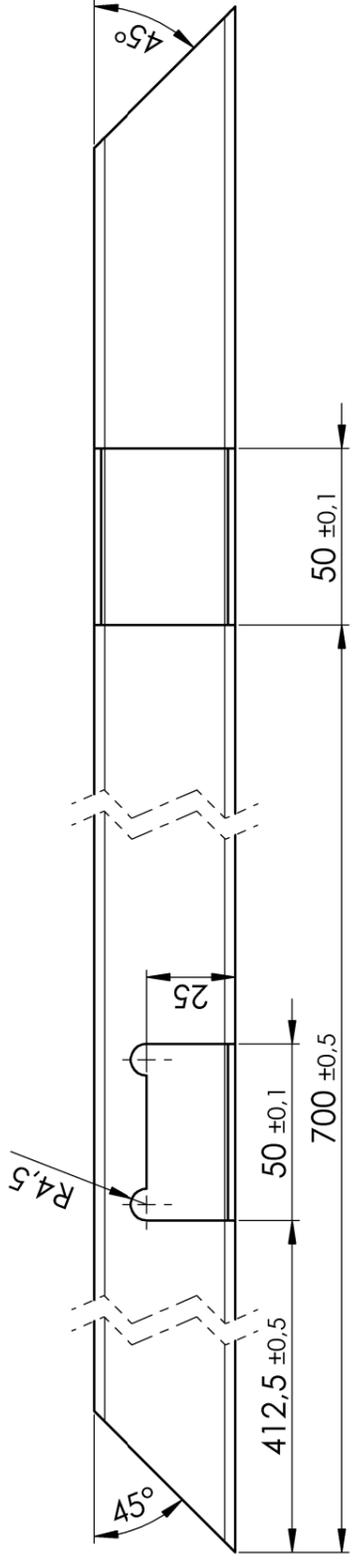
DETAIL Z
MAßSTAB 1:2

TOLERANZEN ISO 2768 mk	3,2 (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 +0.5 +0.2	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSTAB 1:10
 Institut für Fertigungstechnik TU Graz	BEHANDLUNG	Polycarbonat	GEWICHT 2876,68 g	
	GEZEICHNET Rangger Erich	TITEL Schutzscheibe Tür		
	GENEHMIGT			
	DOKUMENT Fertigungszeichnung	ZEICHNUNGSNR. TC-006-0001	DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1
				FORMAT A3

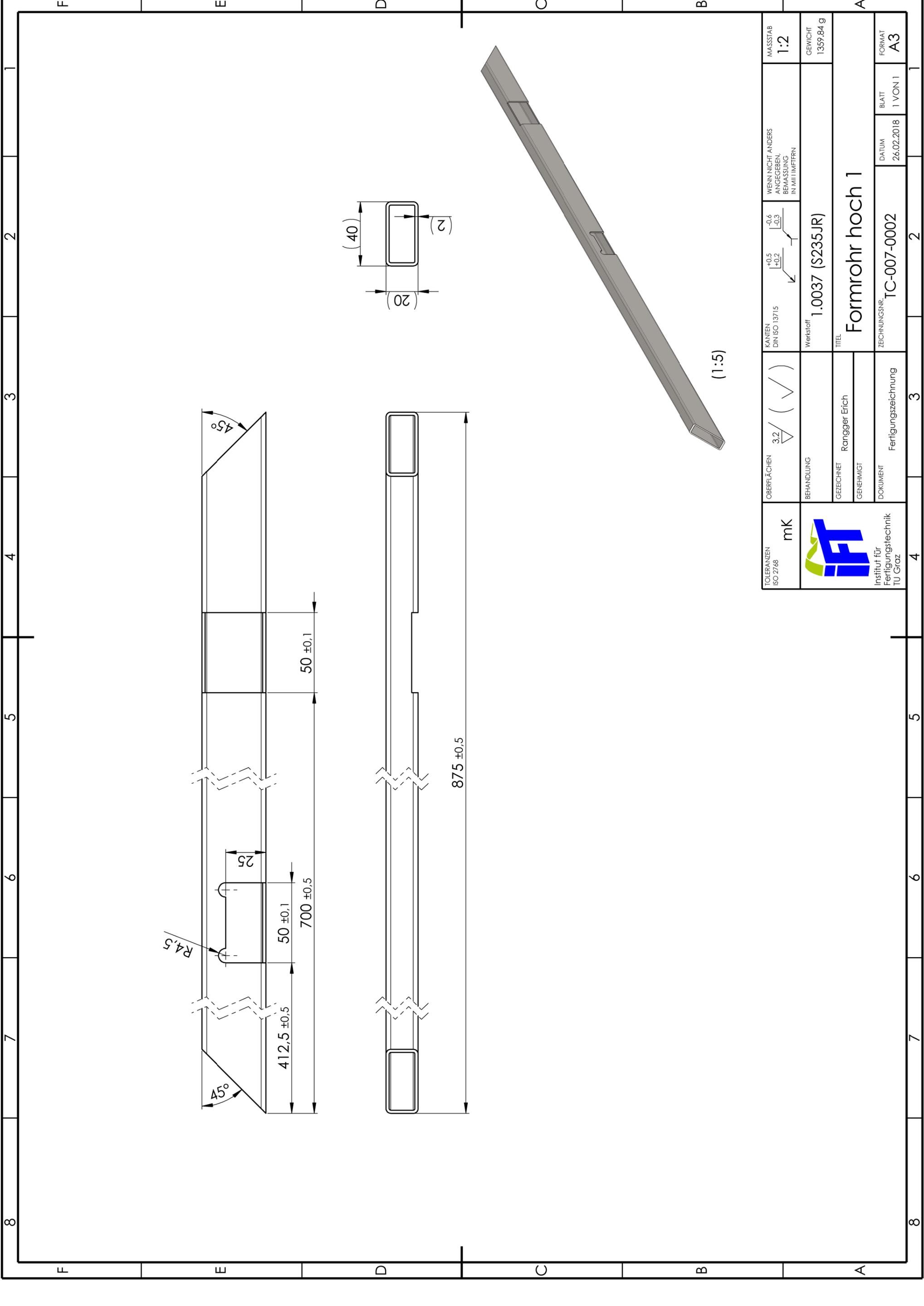


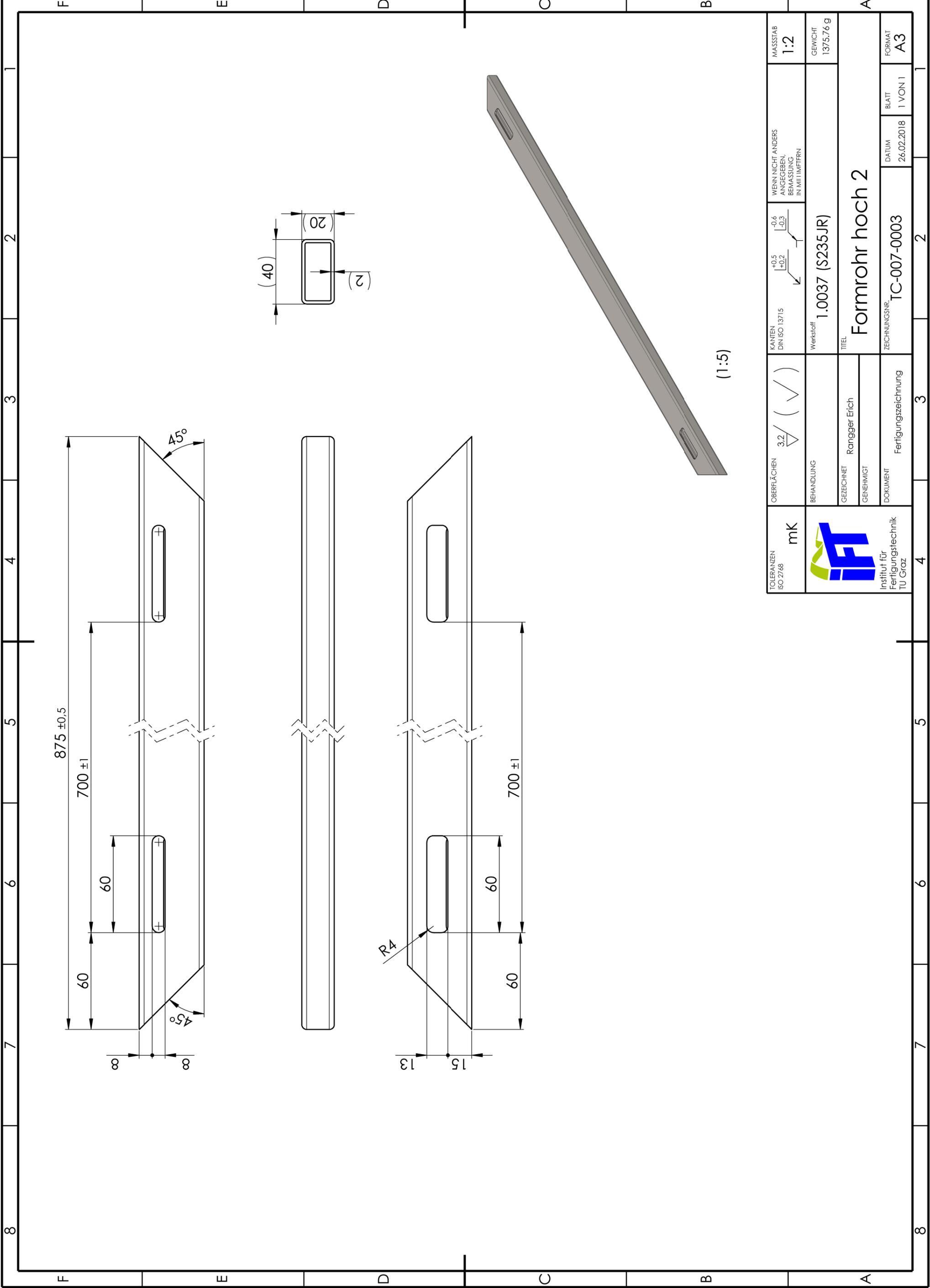


IFT Institut für Fertigungstechnik TU Graz	TOLERANZEN ISO 2768 mK	OBERFLÄCHEN 3,2 / (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 $\begin{matrix} +0.5 \\ +0.2 \end{matrix}$ / $\begin{matrix} -0.6 \\ -0.3 \end{matrix}$	WENN NICHT ANDERS ANGEGBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSSTAB 1:2	
	BEHANDLUNG		Werkstoff 1.0037 (S235JR)		GEWICHT 1774.97 g	
	GEZEICHNET Rangger Erich		TITEL Formrohr längs			
	GENEHMIGT		ZEICHNUNGSNR. TC-007-0001		DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1
DOKUMENT Fertigungszeichnung						



TOLERANZEN ISO 2768 mk	OBERFLÄCHEN 3,2 (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 +0.5 +0.2 -0.6 -0.3	WENN NICHT ANDERS ANGEGBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSSTAB 1:2
				GEWICHT 1359,84 g
	BEHANDLUNG Rangger Erich	Werkstoff 1.0037 (S235JR)	TITEL Formrohr hoch 1	
	GEZEICHNET GENEHMIGT	ZEICHNUNGSNR. TC-007-0002		
	DOKUMENT Fertigungszeichnung	DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1	FORMAT A3





TOLERANZEN ISO 2768 mk	3,2 (✓)	KANTEN DIN ISO 13715	WENN NICHT ANDERS ANGEGEBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSSTAB
				1:2
ifm Institut für Fertigungstechnik TU Graz	BEHANDLUNG	1.0037 (S235JR)	WERKSTOFF	GEWICHT
	Rangger Erich	1.0037 (S235JR)	1.0037 (S235JR)	1375,76 g
Fertigungszeichnung	GEZEICHNET	ZEICHNUNGSNR.	TITEL	FORMAT
	GENEHMIGT			
	DOKUMENT	DATUM	BLATT	FORMAT
		26.02.2018	1 VON 1	A3

(1:5)

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

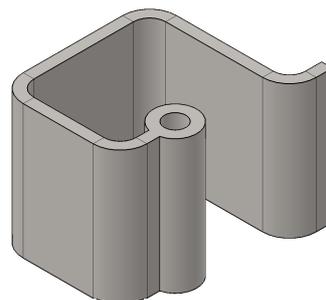
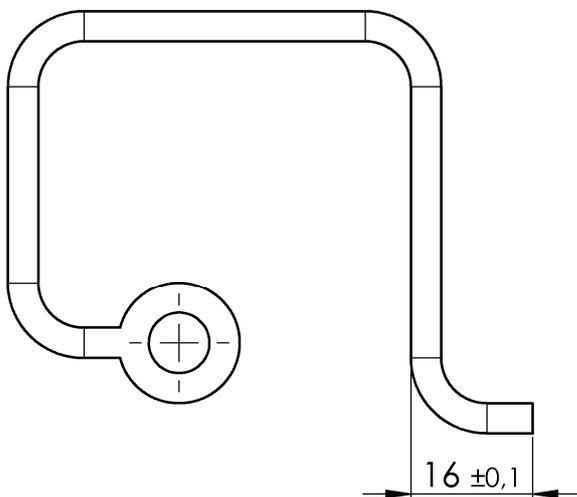
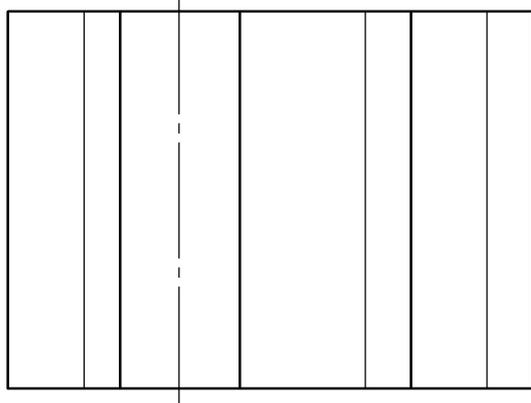
C

B

B

A

A



(1:2)

Nacharbeit an:
Pinet 85-7-1333

TOLERANZEN
ISO 2768

mK

OBERFLÄCHEN

3,2 / (✓)

KANTEN
DIN ISO 13715

+0,5
+0,2

-0,6
-0,3

WENN NICHT ANDERS
ANGEGEBEN,
BEMASSUNG
IN MILLIMETERN

MASSSTAB

1:1



Institut für
Fertigungstechnik
TU Graz

BEHANDLUNG

Werkstoff

1.0037 (S235JR)

GEWICHT

308.18 g

GEZEICHNET

Rangger Erich

TITEL

Scharnieroberteil

GENEHMIGT

DOKUMENT

Fertigungszeichnung

ZEICHNUNGSNR.

TC-007-0004

DATUM

26.02.2018

BLATT

1 VON 1

FORMAT

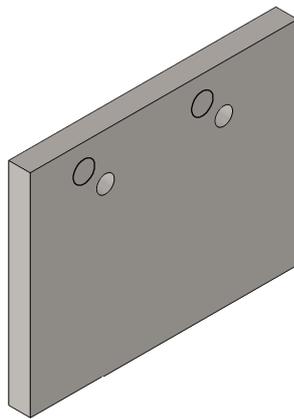
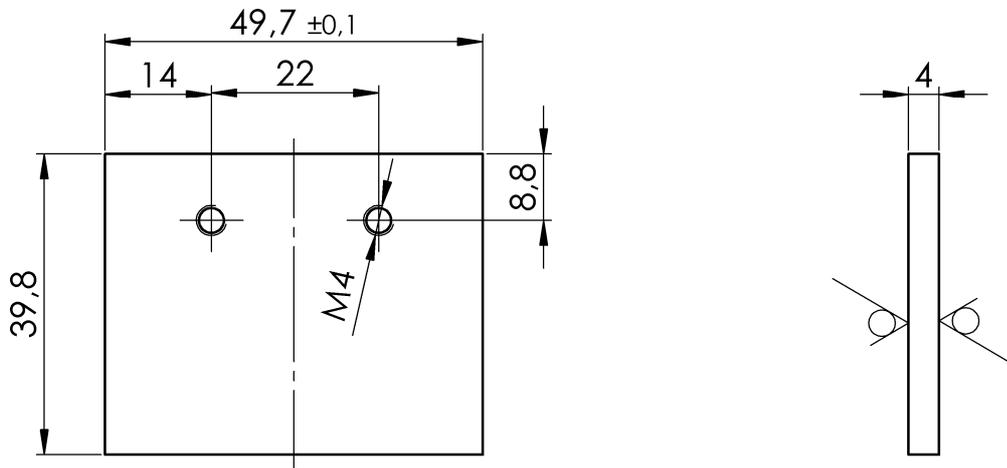
A4

4

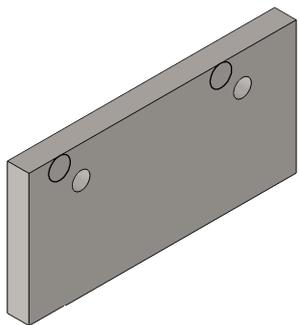
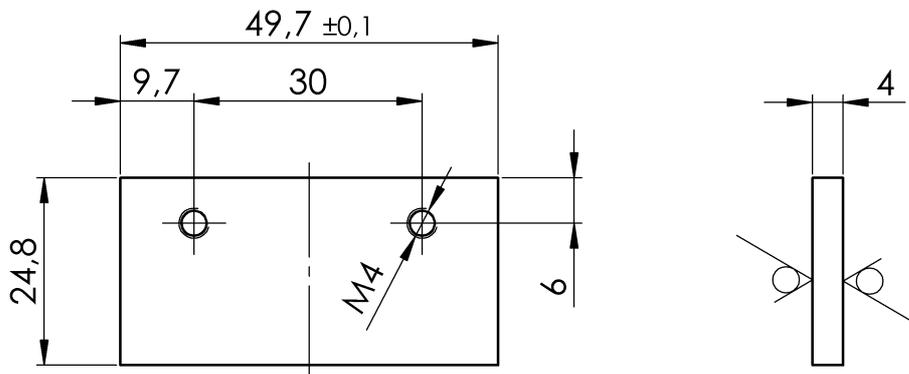
3

2

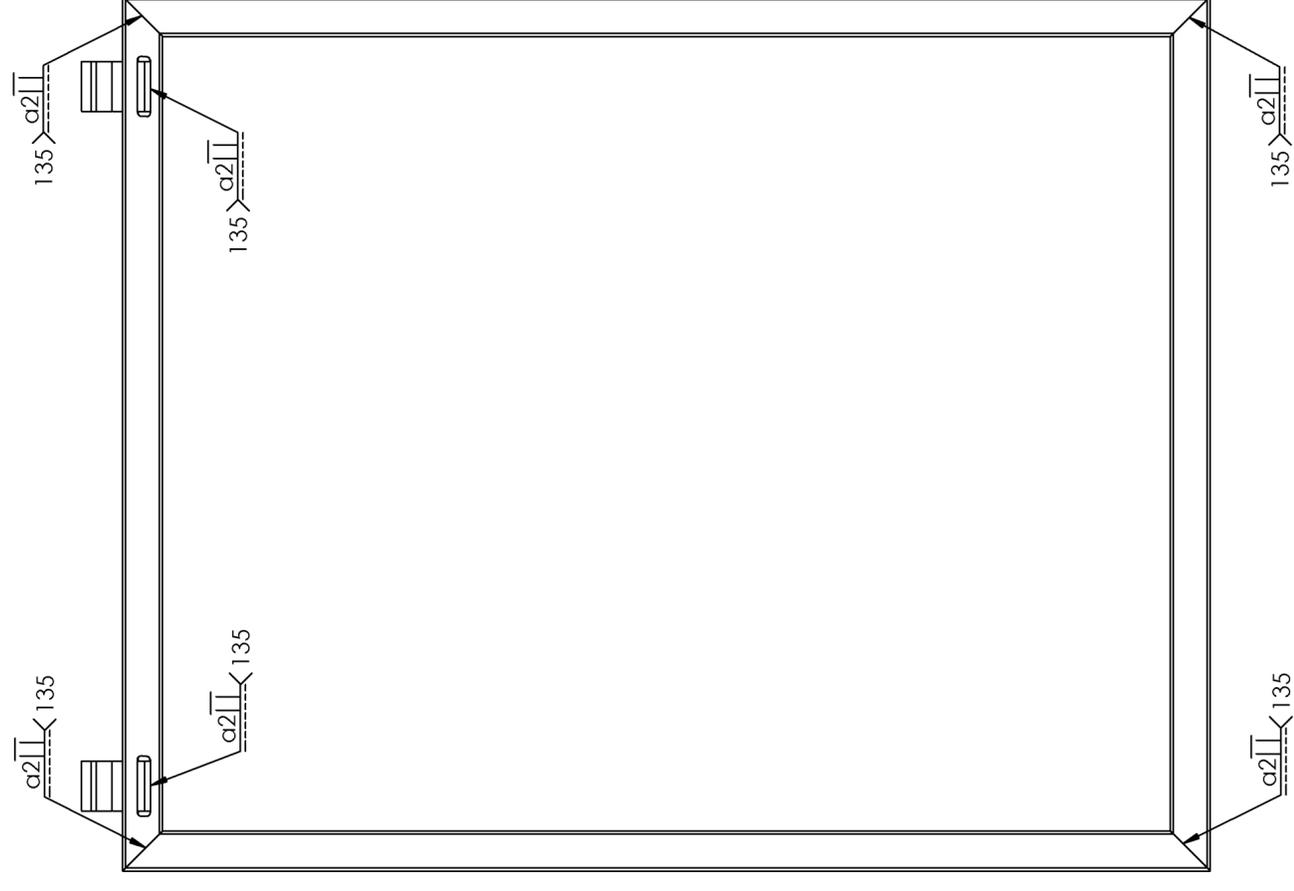
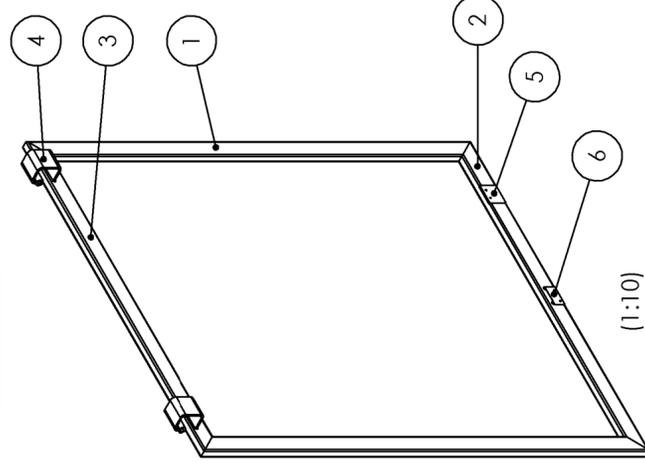
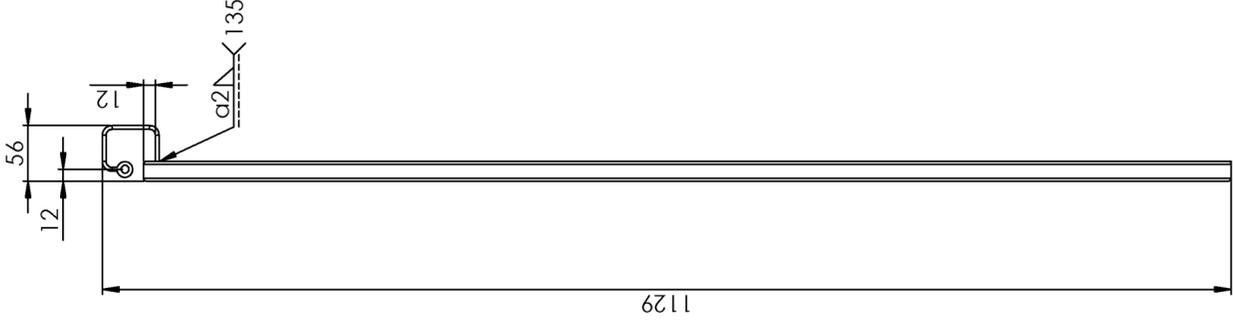
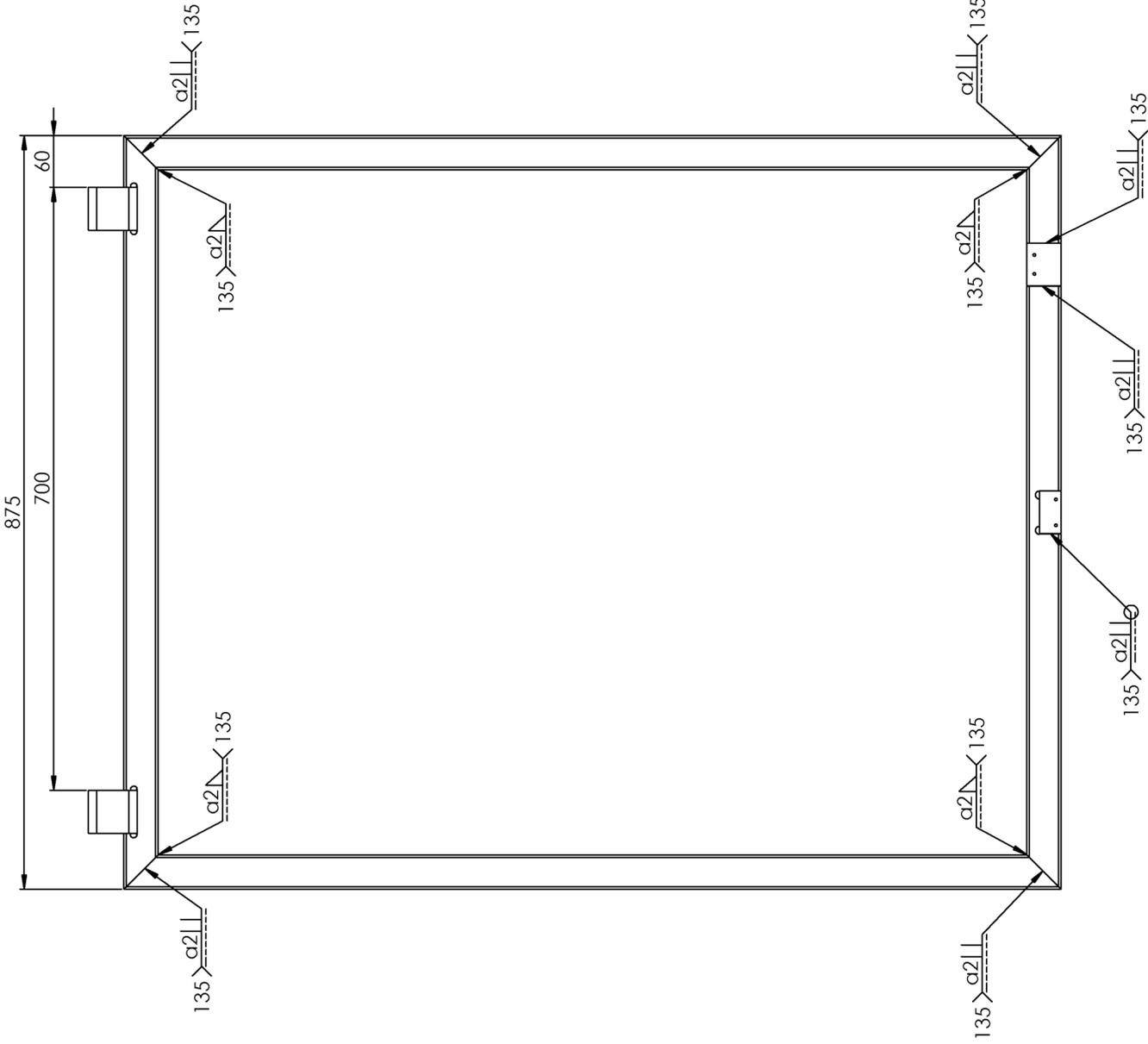
1



IFT Institut für Fertigungstechnik TU Graz	TOLERANZEN ISO 2768 mK	OBERFLÄCHEN 3,2 / (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 $\begin{matrix} +0.5 \\ +0.2 \end{matrix}$ / $\begin{matrix} -0.6 \\ -0.3 \end{matrix}$	WENN NICHT ANDERS ANGEZEIGT, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSSTAB 1:1	
	BEHANDLUNG		Werkstoff 1.0037 (S235JR)		GEWICHT 61.18 g	
	GEZEICHNET RanggerErich		TITEL Halteblech Sensor			
	GENEHMIGT		ZEICHNUNGSNR. TC-007-0005		DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1
DOKUMENT Fertigungszeichnung						



IFT Institut für Fertigungstechnik TU Graz	TOLERANZEN ISO 2768 mK	OBERFLÄCHEN 3,2 / (✓)	KANTEN DIN ISO 13715 $\begin{matrix} +0.5 \\ +0.2 \end{matrix}$ / $\begin{matrix} -0.6 \\ -0.3 \end{matrix}$	WENN NICHT ANDERS ANGEGBEN, BEMASSUNG IN MILLIMETERN	MASSSTAB 1:1	
	BEHANDLUNG		Werkstoff 1.0037 (S235JR)		GEWICHT 37.92 g	
	GEZEICHNET Rangger Erich		TITEL Halteblech Schnäpper			
	GENEHMIGT		ZEICHNUNGSNR. TC-007-0006		DATUM 26.02.2018	BLATT 1 VON 1
DOKUMENT Fertigungszeichnung						



Pos	Benennung	Nummer	Material	Masse	Stk
6	Halbleblech Schnäpper	TC-007-0006	1.0037 (S235JR)	37.92	1
5	Halbleblech Sensor	TC-007-0005	1.0037 (S235JR)	61.18	1
4	Scharnieroberteil	TC-007-0004	1.0037 (S235JR)	308.18	2
3	Formrohr hoch 2	TC-007-0003	1.0037 (S235JR)	1375.76	1
2	Formrohr hoch 1	TC-007-0002	1.0037 (S235JR)	1359.84	1
1	Formrohr längs	TC-007-0001	1.0037 (S235JR)	1774.97	2

POLEBANZEN ISO 2768	mk	3,2 (✓)	KANTEN DIN ISO 12715	0,5 0,2	0,4 0,3	WENN NICHT ANDERES ANGEZEIGT IN MILLIMETERN	MASSSTAB 1:5	GEWICHT 7001,00 g
BEHANDLUNG pulverbeschichtet - RAL7035		GEZEICHNET Rangger Eich		GENEHMIGT		Werkstoff		TITEL
DOKUMENT Fertigungszeichnung		ZEHRENUNG		TC-006-0008		DATUM 26.02.2018		1 VON 1
Institut für Fertigungstechnik TU Graz		Türrahmen		ZEHRENUNG		BLATT		FORMAT
								A2