

Bachelor Thesis

Conception and design of a Launch and Recovery
System (LARS) for the deployment of the
Bluefin-21 AUV in shallow lakes

Jonas Holt

Matr. Nr: 6022673

8. Dezember 2022

am



1. Prüfer: Prof. Dr. Oliver Zielinski
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Nick Rüssmeier
Betreuer AWI: M.Sc. Jonas Hagemann

Eidesstattliche Erklärung

Erklärung gemäß § 18 (7) Allgemeiner Teil (Teil A) der Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge (BPO) an der Jade Hochschule Wilhelmshaven/Oldenburg/Elsfleth in der Fassung der Bekanntmachung vom 09. Dezember 2018 (VkBl. Nr. 95/2018)

Hiermit erkläre ich eidesstattlich, dass ich diese Bachelorarbeit selbstständig und ohne Hilfe anderer verfasst habe. Sämtliche Stellen der Arbeit, die im Wortlaut oder dem Sinn nach Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde weder in Teilen noch im Gesamten einer anderen Prüfungsbehörde oder einem anderen Fachbereich der Jade Hochschule vorgelegt.

Datum, Ort

Unterschrift

Abstract

The need to explore the depths of the ocean is increasing with the growing demand for raw materials such as oil and gas. Autonomous underwater vehicles have been developed for this purpose. Oil, gas and pipeline companies are placing increasing demands on these vehicles as they provide a cost-effective solution for bathymetric surveys. Testing is required to drive the development forward. In addition to laboratory tests, open water tests must also be carried out. For this purpose, the AWI uses the nearby Stoteler See. The AWI AUV owns a trailer equipped with a launch and recovery system. Due to the continuous development of the AUV, it has become too long and heavy for the trailer. This work deals with the redesign of the launch and recovery system. Creativity techniques are used to generate ideas within the conception phase. The design deals with the elaboration of a retractable conveyor belt that transports the AUV into the lake.

Die Notwendigkeit, die Tiefen des Ozeans zu erforschen, steigt mit der wachsenden Nachfrage von Rohstoffen wie Öl und Gas. Zu diesem Zweck wurden autonome Unterwasserfahrzeuge entwickelt. Öl-, Gas- und Pipelineunternehmen stellen immer höhere Anforderungen an diese Fahrzeuge, da sie eine kostengünstige Lösung für bathymetrische Untersuchungen darstellen. Um die Entwicklung voranzutreiben, sind Tests erforderlich. Zusätzlich zu den Labortests müssen auch Freiwassertests durchgeführt werden. Zu diesem Zweck nutzt das AWI den nahe gelegenen Stoteler See. Zum AUV des AWI gehört ein Anhänger, der mit einem Einsatz- und Bergungssystem ausgestattet ist. Durch die fortlaufende Weiterentwicklung des AUVs ist dieses zu lang und schwer für den Anhänger geworden. Diese Arbeit befasst sich mit der Neugestaltung des Einsatz- und Bergungssystems. Zur Ideenfindung genutzte Kreativitätstechniken finden in der Konzeptionsphase platz. Die Konstruktion befasst sich dahingehend mit der Ausarbeitung eines ausziehbaren Förderbandes, welches das AUV in den See befördert.

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen bedanken, die mich während des Studiums und der Bachelorarbeit begleitet und unterstützt haben.

Allem voran bei Herrn Prof. Dr. Oliver Zielinski, welcher während der gesamten Zeit unterstützend an meiner Seite stand und diese Arbeit begutachtet hat. Ebenso gebührt Herrn Prof. Dr. Nick Rüssmeier mein Dank, welcher nicht nur während der Bachelorarbeit ein offenes Ohr für mich hatte, sondern auch schon im Praxissemester am Alfred-Wegener-Institut meine Betreuung übernahm.

Des Weiteren möchte ich auch Jonas Hagemann als meinen Betreuer und direkten Ansprechpartner einen außerordentlichen Dank aussprechen! Er hat mir während der gesamten Zeit am Alfred-Wegener-Institut viel Vertrauen und Hilfsbereitschaft entgegengebracht. Während der Praxisphase konnte ich durch seine konstruktiven Anregungen neue Impulse fassen und diese mit in die Arbeit einfließen lassen.

Ferner möchte ich mich auch bei der gesamten HGF-MPG Brückengruppe für Tiefsee-Ökologie und Technologie während der Zeit am Institut, aber auch während der Arktisexpedition MSM108 für deren Kollegialität und Vertrauen bedanken. Insbesondere sei hier das AUV-Team zu erwähnen. Sie haben mich in den letzten Semestern meines Studiums begleitet und mir spannende Einblicke in die Meerestechnik geboten. Neben Besuchen diverser Forschungsinstitute und der Teilnahme an zwei Expeditionen halfen sie mir viele theoretische Inhalte praktisch anzuwenden.

Ein besonders großes Dankeschön richte ich an meine Eltern, welche mir nicht nur das Studium finanziell ermöglicht haben, sondern mich auch immer unterstützt und an mich geglaubt haben.

Zu guter Letzt möchte ich auch ein Dank an all jene für das Korrekturlesen meiner Arbeit richten!

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	ii
Tabellenverzeichnis	iii
Abkürzungsverzeichnis	iv
1 Einleitung	1
1.1 Meeresforschung	1
1.2 Alfred-Wegener-Institut	2
1.3 Operationelle und explorative Ozeanografie und der Einsatz von Meerestechnik	2
1.4 Autonomus underwater vehicle	4
1.4.1 Heck-Sektion	5
1.4.2 Batterie-Sektion	5
1.4.3 Payload-Sektion	6
1.4.4 Missionsplanung	6
1.4.5 Tauchgang	7
1.4.6 Datenauswertung	8
1.4.7 Launch and Recovery	8
1.5 Launch and Recovery Systeme (LARS)	9
1.5.1 LARS für große AUVs	9
1.5.2 LARS für kleine AUVs	11
1.5.3 LARS für PAUL3000	12
2 Anforderungsprofil	15
2.1 Aufgabenstellung	15
2.2 Problemanalyse	15
2.2.1 Trailer	15
2.2.2 Stoteler See	16
2.3 Anforderungsliste	17
2.3.1 Trägerplattform	18
2.3.2 Ein- und Aussetzmechanismus	19

3	Konzeption	21
3.1	Auswahl Trägerplattform	21
3.1.1	Bootstrailer	21
3.1.2	Unimog	22
3.1.3	Wechseladefahrzeug	23
3.1.4	Nutzwertanalyse	24
3.2	Auswahl Ein- und Aussetzmechanismus	27
3.2.1	Morphologischer Kasten	27
3.2.2	Nutzwertanalyse	29
3.2.3	Bewertung	29
4	Konstruktion	31
4.1	Werkstoffauswahl	31
4.2	Trailer	31
4.2.1	Hauptuntersuchung (TÜV)	32
4.2.2	Modell 20130b	32
4.3	Ein- und Aussetzmechanismus	34
4.3.1	Auszug	34
4.3.2	Querträger	39
4.3.3	Stützräder	41
4.3.4	Steckverbindung	43
4.3.5	Auflager Auszug	43
4.4	Transportaufnahme	44
4.5	Winsch	45
4.6	Gesamtgewicht	45
4.7	Zusammenfassung des Gesamtkonzepts	46
5	Fazit und Ausblick	48
5.1	Fazit	48
5.2	Ausblick	49
A	Literaturverzeichnis	iv
B	Technische Zeichnungen & Anforderungsliste	vi
C	Datenblätter	xxxi

Abbildungsverzeichnis

1.1	Infrastruktur AWI	2
1.2	Beobachtungs- und Modellierungssysteme	3
1.3	Austauschbare Sektionen des AUV PAUL3000	5
1.4	AUV Kursplot mit Survey Rectangle	7
1.5	LARS Vorrichtungen (1)	10
1.6	LARS Vorrichtungen (2)	11
1.7	LARS Vorrichtungen (3)	12
1.8	Sea Catch mit Hebegurt	12
1.9	Bergemanöver mit PAUL3000	13
1.10	Trailer mit AUV Dummy aus Holz	14
2.1	LARS für Onshore-Freiwassertests	16
2.2	Tiefenkarte Stoteler See von 2018	17
3.1	Bootstrailer	22
3.2	Unimog Kranaufbau mit Hubarbeitskorb und Pritsche	23
3.3	WLF mit Abrollkoffer	24
3.4	Lösungen 1 & 2	28
3.5	Lösungen 3 & 4	29
4.1	Brenderup 201300B	33
4.2	AUV-Transportauflage	34
4.3	Längsprofil item 120x40 mm	36
4.4	Bosch Linearführung	37
4.5	Linearführungen im Auszug	38
4.6	Drehkranzlager mit Distanzring und Adapterplatten	39
4.7	Querträger mit im Winkel einstellbaren Kielrollen	41
4.8	Querträger mit Kielrollenwippe	41
4.9	Schweißkonstruktion	42
4.10	Bestandteile der Steckverbindung	43
4.11	Tragrolle mit Achsbock	44

4.12	Transportaufnahme für Querprofile	45
4.13	Übersicht LARS	47

Tabellenverzeichnis

2.1	Tiefenprofil Stoteler See	17
3.1	Nutzwertanalyse für Trägerplattformen	26
3.2	Morphologischer Kasten	27
3.3	Nutzwertanalyse für Ein- und Aussetzmechanismus	29
4.1	Werkstoffeigenschaften von 1.4571	31

Abkürzungsverzeichnis

ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler
AUV	Autonomus Underwater Vehicle
AWI	Alfred Wegener Institut
CAD	Computer Aided Design
CDOM	Colored Dissolved Organic Matter
COSYNA	Coastal Observing System for Northern and Arctic Seas
DEKRA	Deutscher Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein
DO	Dissolved Oxygen
DVL	Doppler velocity log
GOOS	Global Ocean Observing System
GPS	Global Positioning System
HF	Hochfrequenz
HROV	Hybrid Remote Operated Vehicle
HU	Hauptuntersuchung
INS	Inertial Navigation System

KFZ	Kraftfahrzeug
LARS	Launch and Recovery System
LKW	Lastkraftwagen
MVC	Main Vehicle Computer
PAR	Photosynthetically Active Radiation
PCC	Payload Control Computer
PVC	Polyvinylchlorid
Sonar	Sound Navigation and Ranging
SWIPS	Subsea Winched Profiling System
TÜV	Technischer Überwachungsverein
Unimog	Universal Motor Gerät
USBL	Ultra Short Baseline
USV	Unmanned Surface Vehicle
WLF	Wechselladerfahrzeug
zGM	zulässige Gesamtmasse

1. Einleitung

1.1 Meeresforschung

Die Erde, auch als *Blauer Planet* bekannt, stellt den fundamentalen Grundstein für das Leben von Flora und Fauna. Ozeane und Meere, bilden zusammen mit Flüssen und Seen, den Großteil seiner Oberfläche. Insgesamt sind $362 \times 10^6 \text{ km}^2$ mit Wasser bedeckt.[1] Der *Marianengraben* im Pazifischen Ozean stellt mit seiner Topografie¹ den tiefsten Punkt der Erde dar. In der Tiefe von 11 km herrschen 0.1 GPa, was zufolge hat, dass nur wenige Menschen bisher in diese Tiefen vorgedrungen sind.[2][3] Für Menschen lebensfreundlicher sind die Küstenzonen. 40 % der Weltbevölkerung findet hier ihren Lebensraum. Dies spiegelt auch die in der Küstenzone vorherrschende hohe Biodiversität wider. Neben Verkehrswegen für den Gütertransport dienen Küstenökosysteme auch als Nahrungsquelle und Erholungsraum. Über die Veränderung dieser Zonen entscheiden Wechselwirkungen zwischen biologischen und physikalischen Vorgängen.[4] Aber nicht nur Küstenzonen sind von großem Interesse, vielmehr ist es die Gesamtheit aller Bereiche, für die sich die Forschung interessiert. Die Gewässer stellen eine Basis für interdisziplinäre Forschung, in der neben Biologen, Physikern und Hydrologen auch Ingenieure und viele weitere Disziplinen ihre Heimat finden. Forschungsinstitute weltweit haben es sich zur Aufgabe gemacht, die oftmals dynamischen und komplexen Prozesse zu verstehen und zu nutzen. Gerade aufgrund jüngster Forschung ist bekannt, dass die Ozeane eine wichtige Rolle in Bezug auf den menschengemachten Klimawandel haben. Langfristig enden 80-90 % des von Menschen freigesetzten CO_2 im Ozean. Durch die Reaktion mit Wasser (H_2O) bildet sich Kohlensäure (H_2CO_3), welches den pH-Wert² der Ozeane sinken lässt und diese dadurch versauern.[5]. Einen Gegenspieler für der Erderwärmung stellen einzellige Algen wie die Kiesel- und Grünalgen dar. Sie werfen durch die Besiedelung der oberen Wasserschicht in großen Teppichen das Sonnenlicht zurück ins All und binden, genauso wie die Ozeane, das Treibhausgas CO_2 . [6]

Diese und viele weitere Erkenntnisse sind Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen

¹Beschreibung und Darstellung geografischer Örtlichkeiten

²neg. dekadische Logarithmus der Hydroniumionen Konzentration

zu verdanken, welche Daten erheben und diese in nutzbare Informationen sowie Aussagen wandeln. Entscheidungsträger können diese dann nutzen, um die Erde klimaneutral zu gestalten und Ökosysteme zu schützen.

1.2 Alfred-Wegener-Institut

Das Alfred Wegener Institut (AWI) gehört zur Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren und wurde 1980 gegründet. Benannt nach dem deutschen Polarforscher Alfred Wegener ist es mit den Fachbereichen Geo-, Klima- und Biowissenschaften in der Polar- und Meeresforschung tätig. Bremerhaven bildet den Hauptsitz von insgesamt 5 Standorten in Deutschland. Für die Forschenden werden mehrere Forschungsstationen und Observatorien betrieben. Zu nennen ist hier vor allem die Neumayer-Station (III) in der Antarktis, auf der ganzjährig geforscht wird. Aber auch das Forschungsschiff *Polarstern* ist ein Aushängeschild des Institutes. Mit der *MOSAiC*-Expedition von 2019 bis 2020 sorgte der Eisbrecher international für Aufsehen, indem er sich mit zahlreichen Wissenschaftlern an Bord für ein Jahr im Meereis einfrieren ließ. Weitere Forschungsinfrastruktur vom AWI sind die Forschungsschiffe *Heincke* und die *Uthörn* sowie die Flugzeuge *Polar 5 & 6*. Die neue *Uthörn* lief 2022 in Berne vom Stapel.[7]



(a) Forschungsschiff Polarstern
(Quelle: Mario Hoppmann)



(b) Forschungsstation Neumayer III
(Quelle: AWI)

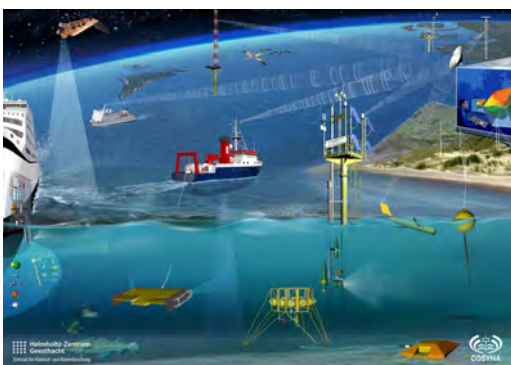
Abbildung 1.1: Infrastruktur AWI

1.3 Operationelle und explorative Ozeanografie und der Einsatz von Meerestechnik

Die Ozeanografie ist ein Teilgebiet der Meeresforschung und beschäftigt sich mit physikalischen Prozessen. Untersucht werden Größen wie Temperatur, Salzgehalt und

Strömung. Diese Daten werden im Rahmen von Langzeitstudien aufgenommen und ausgewertet. Hierfür werden Beobachtungs- und Modellierungssysteme verwendet. Für die Küstengewässer von Nordsee und Arktis betreibt das Helmholtz-Zentrum HEREON zusammen mit weiteren Partnern das Coastal Observing System for Northern and Arctic Seas (COSYNA) um optisch sowie synoptisch den Umweltzustand zu erfassen. Für eine kontinuierliche Datenakquirierung, werden unterschiedliche Sensorplattformen eingesetzt. Klassifiziert wird vor allem zwischen den Betrachtungsweisen Lagrange und Euler. COSYNA setzt neben stationären Plattformen wie der Monopile Dauermessstation bei Spiekeroog, Landern und Moorings auf mobile Plattformen, die sich entweder aktiv oder passiv (driftend) mit dem Wasser bewegen ein. Zu nennen sind hier unter anderem die auf Schiffen installierten Ferry-Boxen und autonom operierende Waveglider sowie Floats. Kernstück von COSYNA bildet ein standardisiertes Sensorkpaket, welches biologische, geochemische, physikalische und Sedimentschlüsselgrößen erfasst. Die erzeugten Daten werden im Fall von COSYNA über ein Datenportal bereitgestellt.[8][9]

Ein anderes Projekt dieser Art stellt das Global Ocean Observing System (GOOS) dar. „GOOS beobachtet den Ozean, um unser Wissen zu erweitern, die Sicherheit der Menschheit und unseres Planeten zu gewährleisten und gleichzeitig einen Beitrag zur Regeneration der Umwelt und zum Wirtschaftswachstum in der Zukunft zu leisten.“[10] Ähnlich zu COSYNA stellt GOOS ein Dashboard zur Verfügung. Darüber können Daten verschiedenster Messplattformen abgerufen werden (Abbildung 1.2b). Am Beispiel eines Floats des Argo-Netzwerkes sind neben allgemeinen Informationen und technischen Details, Eventlogs sowie die aufgezeichneten Daten abrufbar. In bereits prozessierten Diagrammen werden die Daten visuell dargestellt und sind für jeden frei und kostenlos zugänglich (FAIR-Prinzip).



(a) COSYNA
(Quelle: COSYNA/HZG)



(b) GOOS
(Quelle: JCOMMOPS)

Abbildung 1.2: Beobachtungs- und Modellierungssysteme

Damit Daten in einer hohen zeitlichen und räumlichen Auflösung über einen langen Zeitraum aufgezeichnet werden können, bedarf es neben den stets wichtigen

Forschungsexpeditionen, autonom operierende Plattformen. Eine Art stellt die Verankerung dar. Sie ist eine am Meeresgrund beschwerte und durch Auftriebskörper gespannte Leine, an der meeresstechnisches Messequipment in einer konstanten Tiefe befestigt ist. Um am selben Ort, aber in unterschiedlichen Tiefen beispielsweise CTD-Daten³ aufzeichnen zu können, sind profilierende Systeme notwendig. Eines dieser Art ist das zweiteilige Subsea Winched Profiling System (SWIPS), welches autonom mittels Winde einen Auftriebskörper aus 200 m Tiefe bis zur Oberfläche profiliert.[11]

Deutlich massivere Bauwerke stellen Observatorien wie der zuvor erwähnte Monopile dar. Die in der Otzumer Balje errichtete Struktur besteht neben terrestrischen und marinen Komponenten aus einer Unterwasserforschungsinfrastruktur in der Übergangszone zwischen Land und Meer.[12]

Großskalige Untersuchungen werden mittels Fernerkundung durchgeführt. Neben Radaren zur Bestimmung von Wellenhöhen werden Satelliten u. a. zur Erstellung von Eiskarten genutzt. Flugzeuge sind im Vergleich zu Satelliten eine kostengünstigere Variante, welche zielgenau schwere Messsensorik mitführen kann. Im Falle des motorisierten Segelfliegers *D-KWHV* ist unter den beiden Tragflächen jeweils ein Underwingpod angebracht. Einer der Underwingpods beinhalten ein Kamerarray, bestehend aus 3 Kameras, die unterschiedliche Spektren abbilden und zusammengesetzt ein Multispektralbild erzeugen. Werden die erzeugten Bilder mit in-situ Referenzstationen wie dem o.g. Monopile kombiniert, so können komplexe Systeme großflächig überwacht werden.[13]

1.4 Autonomus underwater vehicle

Mit wachsendem Interesse an kosteneffizienten Inspektionsmöglichkeiten für Offshore Pipelines, Seekabeln von Windparks und Datenkabeln wurden Autonomus Underwater Vehicle (AUV) entwickelt. Der Fokus der autonom operierenden Plattform liegt auf bildgebenden Verfahren. Ausgestattet sind sie mit Sound Navigation and Ranging (Sonar) (akustisch) und Kamera(s) (optisch). Die meist torpedoförmigen Fahrzeuge sind in einzelne Abschnitte unterteilt. Am Beispiel des AUV Bluefin-21 vom AWI namens PAUL3000 ist zwischen folgenden Sektionen zu unterscheiden:

- Heck-Sektion
- (Blitz-Sektion)
- Batterie-Sektion

³Conductivity, Temperature, Depth

- Payload-Sektion



Abbildung 1.3: Austauschbare Sektionen des AUV PAUL3000
(Quelle: AUV-Team/AWI)

1.4.1 Heck-Sektion

In der *Heck-Sektion* ist, zusammen mit der Antriebseinheit, die gesamte Navigations- und Kommunikationselektronik verbaut. Hier wird der zuvor programmierte Tauchgang über eine Hochfrequenz (HF) Antenne empfangen und vom Main Vehicle Computer (MVC) verarbeitet. Über ein Ultra Short Baseline (USBL) System, dessen Transponder sich ebenfalls in der Heck-Sektion befindet, kann während des Tauchgangs das AUV innerhalb der Betriebsreichweite (ca. 4 km)⁴ getrackt werden. Da unter Wasser keine Funkverbindung mit dem Global Positioning System (GPS) hergestellt werden kann, ist im AUV ein Kearfott KN-5053 Inertial Navigation System (INS) verbaut. Dies vergleicht vor dem Tauchgang, während des sog. Alignment (dt. Ausrichtung), die aktuelle GPS Position mit der eigenen. Stimmen diese überein, kann der Tauchgang gestartet werden.

1.4.2 Batterie-Sektion

Die *Batterie-Sektion* befindet sich in der Mitte des AUV und umfasst 6 Lithium-Ionen-Batterien mit einer gesamten Energie von 6 x 1.5 kWh. Um in der Tiefsee

⁴Herstellerangabe von iXblue zum Gaps M7 bei Idealbedingungen

operieren zu können, sind die Batterien mit Öl gefüllt. Zusammen mit einem Kompensator wird somit insgesamt eine Druckfestigkeit bis 3000 m erreicht. Damit der MVC Monitoring⁵ betreiben kann, ist jede einzelne Batterie mit der Kommunikationsschnittstelle RS485 ausgestattet.

1.4.3 Payload-Sektion

Die *Payload-Sektion* ist vom Rest des AUV separat zu betrachten. Lediglich die Energieversorgung erhält diese von der *Batterie-Sektion*. In ihr ist, abgesehen von dem CTD-Sensor, sämtliche wissenschaftliche Sensorik verbaut. PAUL3000 besitzt zwei Payloads, welche je nach wissenschaftlicher Fragestellung gegeneinander ausgetauscht werden können. Die *Benthic-Payload* ist mit einem Marine Sonic ARC-Scout 600 & 1200 kHz Side-Scan-Sonar sowie einer CATHX Fotokamera ausgestattet, welche für Benthosmapping genutzt werden. Um in der dunklen Tiefsee Licht zu erzeugen, sind drei Hochleistungsblitze installiert. Einer in der *Benthic-Payload-Sektion* und der zweite in der separaten *Blitz-Sektion*, welche sich zwischen *Heck- und Batterie-Sektion* befindet. Die *Pelagic-Payload* wird für Untersuchungen in der Wassersäule verwendet. Hauptbestandteil bildet neben dem Wasserprobennehmer, ein Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) und mehrere Mikrostruktursonden am Bug. Weitere Sensoren nehmen Messwerte für Dissolved Oxygen (DO), Nitrat, Chlorophyll a, Colored Dissolved Organic Matter (CDOM) und Photosynthetically Active Radiation (PAR) auf.

1.4.4 Missionsplanung

Am Anfang einer Tauchmission steht die Missionsplanung. Im Falle des AUV Bluefin-21 wird diese mit dem sog. *Mission Planner* durchgeführt. Der *Mission Planner* ist eine Software zum Erstellen von Tauchkursen. Festgelegt werden, neben dem Kurs, Sicherheitseinstellungen wie dem Abstand zum Grund (gemessen durch ein Altimeter), recovery points an die das AUV zurückkehren soll oder ganze return plans. Gängige Kurse sind sog. *Survey Rectangles*, bei denen das AUV wie in Abbildung 1.4 zu sehen, parallele Transekte fährt. Ziel dieser Transekte ist es, Sonar oder Kameraausschnitte zu einem gewissen Anteil überlappen zu lassen und diese in der Datenauswertung zu einem großen Bild zusammensetzen.

⁵Abfragen von Batterie-Leistungsdaten

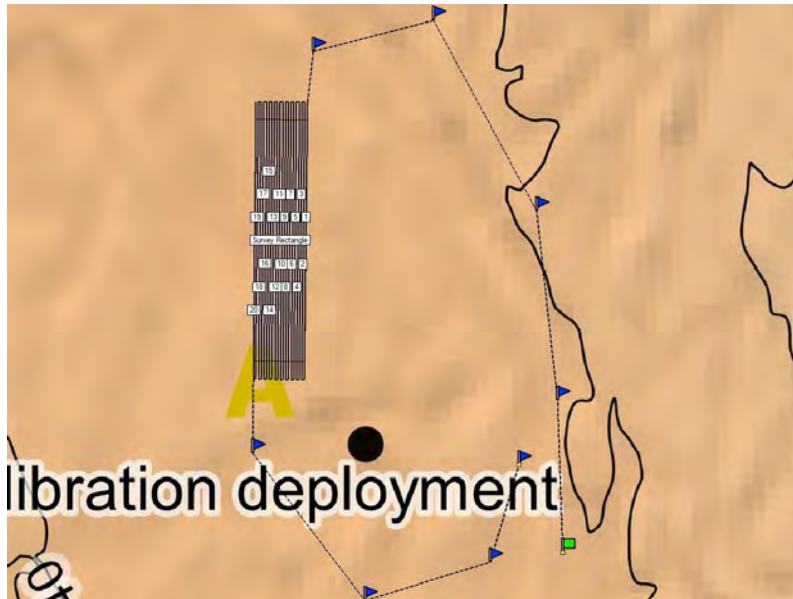


Abbildung 1.4: AUV Kursplot mit Survey Rectangle
(Quelle: AUV-Team/Alfred-Wegener-Institut)

1.4.5 Tauchgang

Ein AUV-Tauchgang besteht aus drei Phasen, denen die Missionsplanung vorausgeht:

1. Abtauchen
2. Track abfahren
3. Auftauchen

Das Abtauchsignal wird über Funkt an das AUV übermittelt. Folgend wird das optimale Heading, um zum Startpunkt zu tauchen, berechnet und der Thruster gestartet. Während sich das Fahrzeug in der Wassersäule bewegt und das Doppler velocity log (DVL) keinen Kontakt zum Meeresgrund hat, besteht das Risiko des verdriften vom geplanten Kurs. Das resultiert bei langen und strömungsreichen Abtauchvorgängen in einem Offset⁶, welchen das AUV nicht korrigiert, da die Fahrzeugelektronik davon ausgeht, sich noch auf dem korrekten Kurs zu befinden.

Nachdem das AUV auf Tiefe und am Startpunkt angekommen ist, beginnt die eigentliche Tauchmission, bei der der vorher definierte Kurs abgefahren wird. Auf dem Kurs werden von den Sensoren die gewünschten Daten aufgenommen und gespeichert. Während des Tauchgangs kann via akustischer Kommunikation der Fahrzeugstatus abgefragt werden. Dazu gehören Informationen zum Ladezustand der Batterien oder

⁶Örtlicher Versatz der in Long. und Lat. stattfinden kann

der aktuellen Geschwindigkeit. Ein am AUV befestigter USBL-Transponder ermöglicht die Positionskontrolle und Ortung unter Wasser. Der Auftauchvorgang kann durch zwei Ereignisse eingeleitet werden. Entweder erreicht das AUV den Zielpunkt und taucht normal auf, oder die Notfallautomatik des AUVs greift ein. Dies ist dann der Fall, wenn das AUV z. B. dem Meeresgrund zu nah kommt oder Wasser in die Druckgehäuse eindringt. Ist dies der Fall, treibt aufgrund des leicht positiven Auftriebs das AUV langsam an die Oberfläche. Dort senden die IRIDIUM Beacons sowie die GPS Antenne die Position, auf welcher sich das AUV befindet, um geborgen zu werden.

1.4.6 Datenauswertung

Eine Auswertung der aufgenommenen Daten stellt den letzten Arbeitsschritt einer AUV-Mission dar. Nach dem Tauchgang werden die erzeugten Rohdaten vom Fahrzeugrechner geladen und auf Datenträgern gesichert. Nach der Expedition werden die Rohdaten prozessiert und zu Informationen gewandelt. Am Beispiel der *Benthic-Payload* werden die erzeugten Bilder genutzt, um Megafauna Gemeinschaften zu untersuchen.

1.4.7 Launch and Recovery

Die Launch and Recovery Vorgänge von meerestechnischen Großgeräten bergen während eines Einsatzes die größten Gefahren. Dabei ist das Gerät nicht mehr gelascht⁷ und befindet sich entweder vor dem Einsatz noch an Bord bzw. am Kranseil oder nach dem Einsatz im bzw. unter Wasser. Bei starkem Wellengang drohen die Geräte gegen die Bordwand zu schlagen und dabei einen großen Sachschaden zu erzeugen. Weitere Probleme, die mit den Ein- und Aussetzvorgängen einhergehen können sind, dass akustische Releaser nicht auslösen oder USBL-Systeme keine Hits vom Transponder erhalten. Dadurch werden Geräte entweder nicht wiedergefunden oder müssen durch aufwendige Manöver geborgen werden.

Um die Launch and Recovery Vorgänge möglichst reibungslos und sicher zu gestalten, gibt es verschiedene Systeme, welche im Kapitel 1.5 näher beschrieben werden. Nachdem sich das Gerät mittels eines Launch and Recovery System (LARS) im Wasser befindet, besteht die erste Aufgabe darin, eine sichere Distanz zwischen Schiff und Großgerät herzustellen. Aus der Distanz wird dann die Mission gestartet.

⁷Mit Spanngurten am Deck befestigt

1.5 Launch and Recovery Systeme (LARS)

Ein Launch and Recovery System (LARS) ist eine mechanische Konstruktion, dessen Zweck es ist, ein AUV sicher ins Wasser zu bringen und ebenso zu bergen. Es wird als Schnittstelle zwischen Schiff und Wasser verstanden. Einige der unterschiedlichen Systeme werden in den folgenden Abschnitten näher betrachtet. Unterschieden wird dabei zwischen Systemen für große und kleine AUVs.

1.5.1 LARS für große AUVs

A-Rahmen

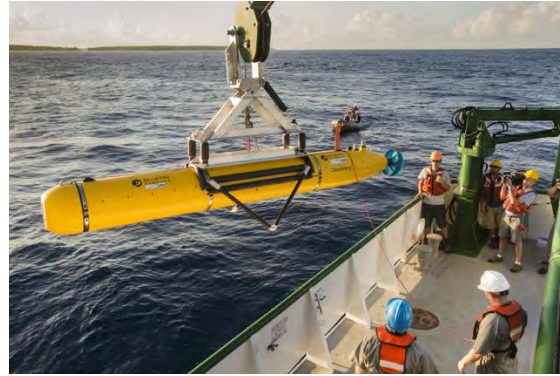
Für das AUV *Abyss* nutzte das GEOMAR in Kiel ein LARS der Firma Hydro-id, LLC. Das LARS ist ein A-Rahmen, welcher hydraulisch betrieben und auf dem Arbeitsdeck fest verschraubt wird. Entwickelt wurde es, um den Einsatz eines Arbeitsbootes obsolet zu machen. Dafür wird der Ansatz verfolgt, das AUV möglichst nahe an der Wasseroberfläche aus dem Wasser zu hieven. Hierfür wird der Nasenauftrieb durch ein akustisches Signal vom Fahrzeug getrennt. Der Auftrieb ist durch eine 25 m lange Leine mit dem AUV verbunden und wird mittels Wurfhaken an Bord geholt. Dort wird die Leine mit der Winsch des LARS verbunden, welches die Nase des AUV in eine Trichterform zieht. Die Hydraulikkolben drücken den ausgeklappten A-Rahmen an Bord. Während des rotatorischen Vorganges legt sich das AUV in die dafür vorgesehene Führungsschiene. Die Besonderheit des LARS ist, dass es auf deutschen Forschungsschiffen nicht nur Achterschiffs betrieben werden kann, sondern das AUV auch auf der Steuer- sowie Backbordseite ein- und ausgesetzt werden kann.[14]

Krankäfig

Systeme wie in Abbildung 1.5 (b) sind für große AUVs vorgesehen, die eine torpedoförmige Geometrie aufweisen. Sie werden am Ausleger des Krans befestigt und über Bord geführt. Ein Käfig umfasst dabei das AUV, welches durch das Kranseil in den Käfig gezogen wird. Längs zum Querschnitt des AUV sind Profile angebracht, die das AUV fixieren. Mit Führungsleinen wird die Orientierung kontrolliert.



(a) AUV Abyss im LARS
(Quelle: Geomar)



(b) AUV in Krankäfig
(Quelle: Laurie Rubin)

Abbildung 1.5: LARS Vorrichtungen (1)

Unterwasser-Rahmen

Für das Hybrid Remote Operated Vehicle (HROV) des Bremer Forschungszentrums wird ein LARS verwendet, welches neben der Ein- und Aussetzfunktion zusätzlich die Möglichkeit der Fahrzeugkommunikation und Ortung bietet.

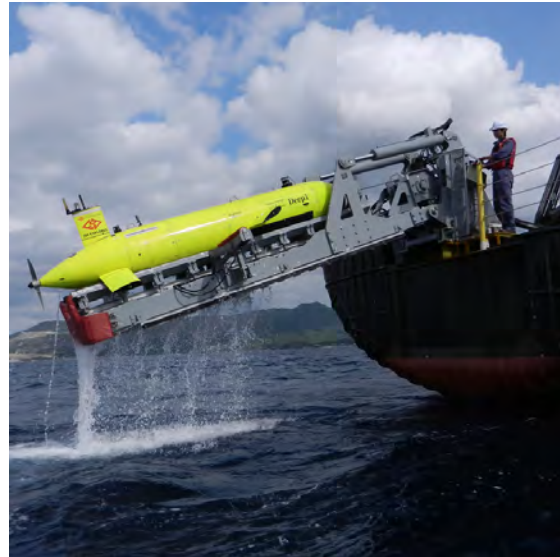
Das Dockingverfahren wird im Gegensatz zu den anderen Verfahren unter Wasser durchgeführt. Am 500 m langen Windendraht befindet sich das LARS in vertikaler Lage. Daran befestigt sind Docking-Klammern, welche der Verbindung zwischen HROV und LARS dienen. Hydraulikstempel drehen diese um 90° und ermöglichen ein horizontales Andocken. Dafür fährt das HROV auf die Docking-Klammern des LARS zu. Bordseitig werden diese ausgelöst und das HROV fixiert. Hydraulikkolben drehen die Docking-Klammern und den Tauchroboter erneut, um anschließend vertikal gehievt zu werden.[15]

Rampe

Eines der gängigsten Prinzipien für ein AUV-Deployment stellt Abbildung 1.6 (b) dar. Es ist eine große und schwere hydraulische Rampenkonstruktion, die auf dem Schiff am Heck befestigt wird. Die Rampe samt AUV wird durch Hydraulikstempel bis ca. 45° angewinkelt und das AUV anschließend über Rollen ins Wasser gelassen. Systeme dieser Art werden in großen 20'-Container transportiert und durch Industrieunternehmen in größeren Stückzahlen vertrieben. Aufgrund der äußeren Dimensionen sind Systeme dieser Art nur auf größeren Schiffen nutzbar.



(a) HROV in Docking-Position
(Quelle: MARUM)



(b) HUGIN Rutsche
(Quelle: ISE)

Abbildung 1.6: LARS Vorrichtungen (2)

1.5.2 LARS für kleine AUVs

Launch and Recovery mithilfe eines USV

Neue Ansätze verfolgen die Strategie, kleine AUVs nicht nur von großen Forschungsschiffen aus einzusetzen, sondern die Launch and Recovery Vorgänge mittels Unmanned Surface Vehicle (USV) automatisiert durchzuführen. Das SEATECH Institut der Universität Florida entwickelte für ein modifiziertes REMUS100 AUV ein LARS, welches auf einem positionshaltenden USV montiert wird. Mittels Trägerstruktur kann das AUV aus dem Wasser gehoben werden. Damit die Bergung automatisiert vollzogen werden kann, wird eine Leine, an der ein USBL Beacon befestigt ist, ins Wasser gelassen. Das AUV nutzt den Beacon zur Ansteuerung, wohingegen das Seil zur Verbindung beider Fahrzeuge dient. Die Leine wird anschließend über eine Winsch aufgerollt, um das AUV aus dem Wasser zu heben.[16]

Beiboot/Ufer

Der Vorteil kleiner AUVs besteht in Bezug auf das Gewicht in der leichten Handhabung. So ist es möglich, wie in Abbildung 1.7 (b) zu sehen, das AUV ohne jegliches LARS vom Ufer aus ins Wasser zu lassen. Für Einsätze ohne Ufer in der Nähe ist lediglich ein Beiboot notwendig. Die Grenzen für den Einsatz werden durch die Wellenhöhe bestimmt. Beiboote können nicht bei zu starkem Seegang nicht mehr zu Wasser gelassen werden. Des Weiteren sind AUVs dieser Größe an der Wasseroberfläche nur noch schwer aufzufinden.



(a) USV mit LARS
(Quelle: SEATECH)



(b) AUV vom Beiboot
(Quelle: australiandefence.com)

Abbildung 1.7: LARS Vorrichtungen (3)

1.5.3 LARS für PAUL3000

Die für PAUL3000 verwendeten Launch and Recovery Systeme werden unterschieden, zwischen dem welches onshore für Freiwassertests im See verwendet wird und denen welche offshore genutzt werden. Die Offshoresysteme unterscheiden sich je nach Manöver in Einsetz- und Bergesystem.

Sea Catch (McMillan Design, Inc.)

Der Sea Catch Quick-Release-Mechanismus wird für das Einsetzmanöver verwendet. Er ist das mechanische Bindeglied zwischen Kran und Hebegurt. Der Hebegurt wird durch den mittleren Aufnahmepunkt des AUV gezogen. Dabei ist ein Auge des Hebegurtes mit einem Schäkkel am Ende des Windendrahts befestigt und das andere Auge befindet sich im Sea Catch. Durch Ziehen einer Auslöseleine wird der Sicherungssplint aus dem Mechanismus gelöst und mittels Hebel die zuvor verschlossene Klammer geöffnet. Aufgrund der noch einseitig bestehenden Befestigung am Windendraht kann der nun freigegebene Hebegurt herausgezogen werden und das AUV frei im Wasser treiben.

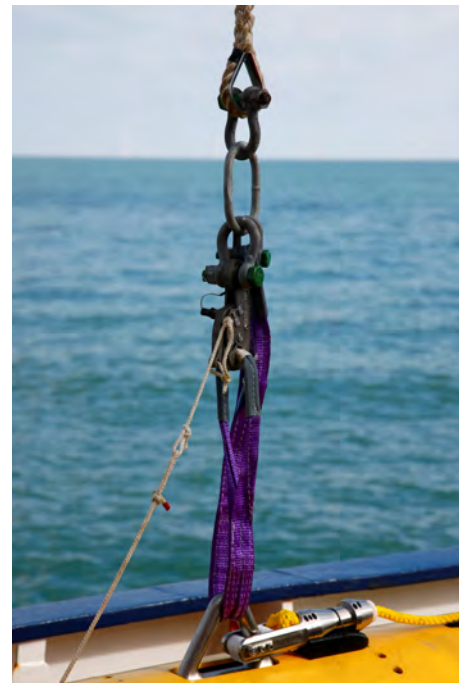


Abbildung 1.8: Sea Catch mit Hebegurt

Mini Latch (Imenco)

Für das Bergen des AUVs wird das *Mini Latch* verwendet. Zusätzlich wird ein Arbeitsboot benötigt, welches die Leinenverbindung zwischen AUV und *Mini Latch* herstellt. Das Forschungsschiff wird in die Nähe des AUVs gebracht und eine Leine Richtung Wasser gelassen. Die Leine wird über eine Umlenkrolle (befestigt am Kranausleger) durch das *Mini Latch* System geführt und vom Arbeitsboot aufgenommen. Parallel gibt ein Stellmotor in der Nase des AUV das aus Auftriebsschaum bestehende Seitenteil frei. Der Sinn darin besteht, dass mit dem Seitenteil eine Leine austreibt, welche ebenfalls vom Arbeitsboot aufgenommen wird. Beide Leinen werden mit einem Schnellverschluss verbunden und wieder zu Wasser gelassen. Sie dienen als Führungsleine für das *Mini Latch*, welches am Windendraht in Richtung des AUV gefiert wird. Am AUV befindet sich das Gegenstück, das zum Koppeln von *Mini Latch* und AUV benötigt wird. Das Gegenstück ist ein aus Titan gefertigtes Drehteil, welches sich zur Fahrzeugachse um 180° schwenken lässt. Nachdem das *Mini Latch* mit dem Gegenstück gekoppelt wurde, besteht eine Verbindung, die bis max. 1.5 t belastet werden kann. Das AUV wird durch Aufrollen des Windendrahtes an Bord und in den Transportwagen gehoben.

Ob die Aussetz- und Bergemanöver durchgeführt werden können, wird durch die Wellenbedingungen bestimmt. Bei Überschreitung des Schwellwerts von 2 m ist ein AUV-Einsatz aus sicherheits- und materialtechnischen Gründen nicht möglich. Entscheidend ist vor allem dabei die Gefahr, mit dem Arbeitsboot zu kentern und durch Rollen des Schiffes das am Kranseil befindliche AUV unkontrolliert auf die Wasseroberfläche schlagen zu lassen. Dazu kommt, dass die Arbeit an Deck bei starkem Wellengang das Gefährdungspotential ungemein erhöht.



(a) Imceco Mini Latch mit durchgeführter Bergeleine



(b) Leinenverbindung zwischen Schiff und AUV



(c) AUV mit Mini Latch am Kran

Abbildung 1.9: Bergemanöver mir PAUL3000

Trailer

Der Trailer wird für Freiwassertests im See und zum Transport des AUV verwendet. 2003 wurde der 1-Achsige Trailer angeschafft und stellt in seiner Grundform einen Bootstrailer dar. Das AUV wird während des Transportes auf der Straße auf Halbschalen aus Holz gelagert. Ein kleiner A-Rahmen, wie er in massiverer Ausführung von Schiffen bekannt ist, dient als Vorrichtung, um das AUV ins Wasser zu heben. Zwei axial gelagerte Ausleger werden, wie in Abbildung 3.1 zu sehen, im Winkel von 90° zueinander ausgerichtet und durch Streben miteinander verbunden. Auf der Deichsel befinden sich zwei Winschen. Eine wird genutzt, um den A-Rahmen kontrolliert zu neigen. Über die andere Winde wird das AUV angehoben. Mehrere Umlenkrollen an den Auslegern dienen der Seilführung. Mit einer Zulassung darf der Trailer bis 100 km h^{-1} genutzt werden. In einer Box, die am Fahrgestell verschraubt ist, werden Kurbeln für die Winschen und Spanngurte mitgeführt.



Abbildung 1.10: Trailer mit AUV Dummy aus Holz
(Quelle: AUV-Team/Alfred-Wegener-Institut)

2. Anforderungsprofil

Die Basis einer ingenieurtechnischen Entwicklung stellt das Anforderungsprofil. Es besteht aus Aufgabenstellung und Anforderungsliste. Auf das Anforderungsprofil kann sich während und nach der Entwicklung berufen werden. Zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer stellt es das Fundament der Zusammenarbeit dar. In der Aufgabenstellung werden die Hauptfunktionen beschrieben sowie Wünsche und Pflichten definiert. Sie wird firmenintern als informeller Auftrag erteilt oder firmenextern mittels Lastenheftes ausgeschrieben. Erstellt wird das Anforderungsprofil, um Fehlentwicklungen zu vermeiden.

2.1 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung erfolgte innerhalb der AUV-Arbeitsgruppe und sieht vor, dass für die Freiwassertests im Stoteler See ein neues LARS ausgearbeitet werden soll. Neben dem Ein- und Aussetzmechanismus stellt der Transport des AUVs eine grundlegende Anforderung an das LARS dar. Er unterscheidet das LARS zu Systemen, die an Bord eines Schiffes verwendet werden, weshalb nicht auf ein am Markt erhältliches System zurückgegriffen werden kann.

Für das LARS sollen unterschiedliche Trägerplattformen eruiert und hinsichtlich der Nutzbarkeit bewertet werden. Nach Auswahl einer Trägerplattform, soll für diese ein Ein- und Aussetzmechanismus entwickelt werden, welcher für die besonderen Gegebenheiten im Stoteler See genutzt werden kann. Gefordert ist neben einem Konzept zum ein- und aussetzen des AUVs ein 3D-Modell im CAD-Programm Autodesk Inventor.

2.2 Problemanalyse

2.2.1 Trailer

Der für Freiwassertestes genutzte Trailer wurde auf die ursprünglichen Abmaße des 2001 angeschafften AUV ausgelegt. Durch wachsende Anforderungen der Wissenschaft wurde das Fahrzeug kontinuierlich weiterentwickelt und modifiziert. So hat

die zusätzliche *Strobe-Section* das Fahrzeug verlängert und zusätzliche Sensorik das Gewicht erhöht. Dazu kommt, dass an der Außenhülle angebrachte Geräte wie das Side-Scan-Sonar der *Benthic-Section* und IRIDIUM-Beacons die äußere Geometrie verändert haben.

Änderungen dieser Art hatten zufolge, dass der A-Rahmen durch die längere Form nicht mehr schwenkbar war und die Nutzlast des Trailers überschritten wurde. Angaben wie die zulässige Nutzlast werden im Fahrzeugschein angegeben. Im Fahrzeugschein des Trailers ist diese mit 500 kg angegeben und wird bereits mit dem Eigengewicht des AUV von 650 kg überschritten.

Neben den Veränderungen am Fahrzeug weist der Trailer seit seiner Konstruktion einen Schwachpunkt auf. Stützen sollen dem entstehende Moment auf der Trailerachse beim Kippvorgang entgegenwirken. Montiert werden diese direkt an der Schwenkachse des A-Rahmens, weshalb sie nur zwischen Trailerachse und Schwenkachse eine Wirkung erzielen. Verschiebt sich der Schwerpunkt des AUV hinter die Schwenkachse des A-Rahmens, entsteht ein großes Moment an der Deichsel. In Abbildung 1.10 ist zu sehen, wie dies mit Spanngurten und Gewichtsplatten gekontert wird.

Während eines Funktionstests in Stotel kam es zu einem Unfall, bei dem während des Einsetzens vom Fahrzeug die zulässige Seilkraft überschritten wurde und die Seile rissen. Durch den Fall kam das AUV mit der Antriebseinheit auf dem Boden auf, wodurch diese stark beschädigt wurde. Seit dem Unfall wird das LARS nicht mehr verwendet. Da Freiwassertest jedoch unerlässlich sind, muss ein neues LARS konstruiert werden.



(a) Freiwassertest mit altem AUV
(Quelle: AUV-Team)



(b) Alter Trailer mit Stützen auf
Schwenkachse

Abbildung 2.1: LARS für Onshore-Friewassertests

2.2.2 Stoteler See

Wenige Autominuten vom AWI ist der Stoteler See gelegen. Für den See liegt dem AWI eine Nutzungsgenehmigung vor, welche dazu berechtigt, die Zuwege nutzen zu

dürfen und mit dem AUV Freiwassertest im See durchzuführen. Der Weg zum See führt neben öffentlichen Straßen über unbefestigte Wege. An einer Lichtung wurde ein Sandstrand angelegt, von dem aus das AUV ins Wasser gelassen werden soll. Besonders herausfordernd für Ein- und Aussetzvorgänge mit PAUL3000 ist das flache Tiefenprofil des Sees. Aus der Abbildung 2.2 geht hervor, dass eine große Distanz überwunden werden muss, bis das AUV mit einem Durchmesser von 53 cm ohne Bodenkontakt schwimmt. Hierfür wurden im Sommer bei niedrigem Wasserstand durch Messungen im 5 m Abstand folgende Tiefen ermittelt:

Entfernung vom Ufer	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m
Tiefe	16 cm	36 cm	71 cm	87 cm	130 cm

Tabelle 2.1: Tiefenprofil Stoteler See

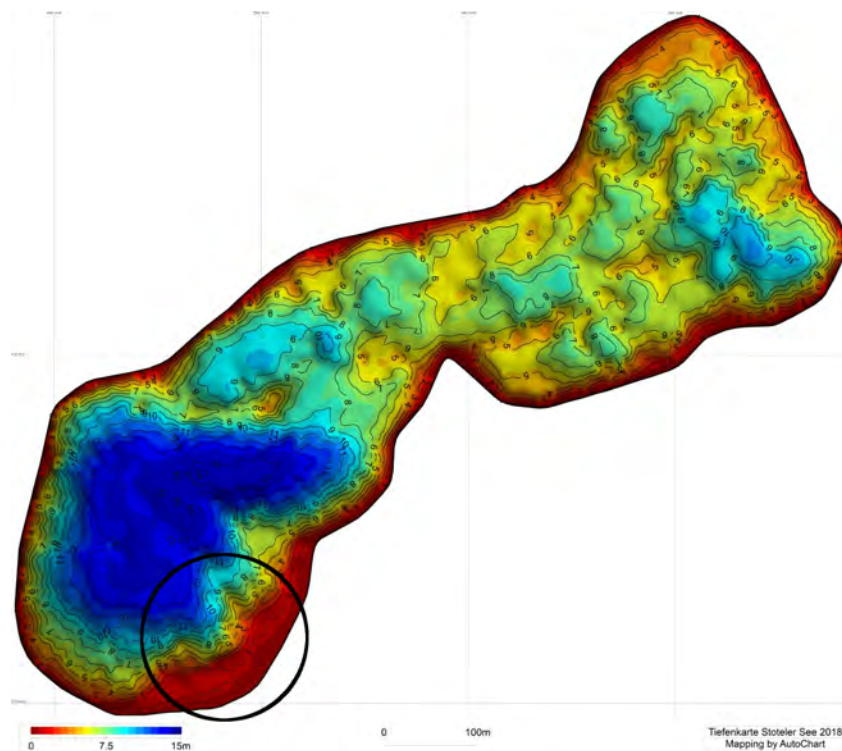


Abbildung 2.2: Tiefenkarte Stoteler See von 2018
(Quelle: Angelsportverein Loxstedt "Stoteler See" e.V.)

2.3 Anforderungsliste

Aus der Problemanalyse geht die Anforderungsliste hervor. In ihr werden die Vorgaben in quantitative sowie teilweise in qualitative Werte gewandelt. Für die quan-

titativen Anforderungen werden 3 Kategorien verwendet. Die Kategorien bilden in aufsteigender Reihenfolge von *Minimal* über *Soll* bis *Ideal* die Priorität der quantitativen Anforderung ab.

Jede Anforderung wird mit einer laufenden Nummer und einem Typ versehen. Zur Auswahl des Typs stehen die Parameter P und W. Die Parameter definieren, ob es sich um eine Pflicht- oder Wunschanforderung handelt. Pflichtanforderungen müssen in jedem Fall erfüllt werden, wohin gegen Wunschanforderungen als fakultativ anzusehen sind.

2.3.1 Trägerplattform

Rechtliche Vorgaben

In Hinsicht auf den Transport des AUVs, muss die finale Trägerplattform für die Nutzung auf öffentlichen Straßen zugelassen sein. Die Genehmigung wird mit der Hauptuntersuchung (HU) erteilt, weshalb die dafür geltenden Richtlinien eingehalten werden müssen. Prüfungen dieser Art werden von amtlich anerkannten Überwachungsorganisationen sowie technischen Prüfstellen durchgeführt.

Geometrie

Die äußeren Abmaße sollen möglichst klein gewählt werden. Grund dafür ist, dass der Zugweg zum Stoteler See vergleichsweise schmal ausfällt und die Trägerplattform bei Nichtnutzung auf einem überdachten Parkplatz abgestellt werden soll. Darüber hinaus darf die Trägerplattform eine Gesamtbreite von 2.55 m nicht überschreiten, um die Gegenfahrbahn nicht zu schneiden.

Ladefläche

Eine wichtige Eigenschaft der Trägerplattform stellt die Ladefläche dar. Auf dieser wird das AUV sowie der Ein- und Aussetzmechanismus transportiert. Sie soll möglichst groß sein, um viele Freiheiten für die Konstruktion des Ein- und Aussetzmechanismus zu haben.

Antrieb

Da der Fuhrpark des AWI über Dienstwagen mit Anhängerkupplung verfügt, ist eine Trägerplattform mit eigenem Antrieb nicht zwingend erforderlich. Besonders deshalb, weil die Freiwassertests nur wenige male im Jahr durchgeführt werden und sich die Instandhaltungsarbeiten durch eigenen Antrieb unnötig erhöhen.

Kinematik

Die Minimalanforderung hinsichtlich der Maximalgeschwindigkeit während des Transportes wurde mit 80 km h^{-1} festgehalten. Idealerweise wird hier der Wert von 100 km h^{-1} erreicht, da der bisherige Trailer bereits eine 100 km h^{-1} Zulassung vom Deutscher Kraftfahrzeug-Überwachungs-Verein (DEKRA) erhalten hat.

Gewicht

Die finale Trägerplattform soll ein möglichst geringes Gewicht besitzen. Die teilweise morastigen Untergründe bergen die Gefahr, stecken zu bleiben. Des Weiteren soll der See möglichst ohne Fahrspuren hinterlassen werden.

2.3.2 Ein- und Aussetzmechanismus

Geometrie

In den Anforderungen zur Geometrie wurde festgehalten, dass eine einfache Konstruktion der einer komplexen vorzuziehen ist. Diese Forderung beruht auf den Gestaltungsrichtlinien im konstruktiven Bereich und ist darin begründet, Verschleiß und Materialkosten durch wenige Bauteile zu senken.[17]

Mit der Verwendung von Schraub- und Klemmverbindungen bei gleichzeitiger Reduzierung permanenter Verbindungen wie Schweißnähten, wird eine möglichst große Modularität gewährleistet. Sie soll bei gleicher torpedoförmiger Bauweise ermöglichen, den Durchmesser durch wenige Änderungen variabel anzupassen.

Kräfte

Abgeleitet aus dem Eigengewicht des AUVs, muss das zukünftige LARS die Gewichtskraft von mindestens 500 kg aushalten. Das ist das Gewicht, welches das AUV besitzt, wenn alle Batterien, Modems und Transducer ausgebaut sind. Wünschenswert wäre, dass diese vor dem Transport nicht ausgebaut werden müssen. Im Idealfall ist das LARS für das Gewicht von 650 kg ausgelegt, welches vorliegt, wenn das AUV voll bestückt ist. Um möglichst autark zu sein, soll auf ein rein mechanisches Wirkprinzip gesetzt werden.

Kinematik

Die Bewegungsart wird im hinreichenden Fall durch eine Hubbewegung realisiert. Eine Rollbewegung minimiert das Risiko insofern, als dass das AUV nicht angehoben werden muss und Seile nicht reißen können. Außerdem besteht bei Wind nicht die

Gefahr des Pendelns. Der Launch und Recovery Vorgang soll hier stets in Längsachse und über das Heck der Trägerplattform erfolgen.

Werkstoffe

Bei der Auswahl der Werkstoffe soll möglichst auf Halbzeug zurückgegriffen werden, um aufwendige Fertigungsschritte zu vermeiden. Hier seien vor allem Konstruktionsprofile mit Längsnuten wünschenswert, da sie den Vorteil eines Baukastensystems bieten.

Einen wichtigen Aspekt stellt die Korrosionsbeständigkeit dar. Da das LARS sich zu jedem Zeitpunkt in einer Küstenatmosphäre befindet und beim Einsatz zusätzlich mit Süßwasser des Sees in Verbindung gerät, ist die Korrosivitätskategorie nach DIN EN ISO 12944-2 mit *C5* zu bewerten.

Um einem vorzeitigen Materialversagen entgegenzuwirken, ist eine Oberflächenbehandlung notwendig. Optimalerweise ist durch die Wahl eines Nichteisenmetalls keine Oberflächenbehandlung zum Korrosionsschutz notwendig. Anderenfalls soll auf Edelstähle wie *V4A*, *V2A* sowie Stähle mit verzinkten Oberflächen zurückgegriffen werden.

Transport

Während des Transportes sind Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, welche das Risiko einer Beschädigung des AUV auf ein Minimum reduzieren. So sind tangentielle Auflagepunkte für jede Sektion zu realisieren, welche ein Bruch an den Verbindungspunkten zwischen den Segmenten verhindern soll. Zusätzlich ist eine Arretierung während der Fahrt notwendig, sodass das AUV bei Beschleunigungsvorgängen nicht von der Ladefläche fällt. Durch die Gegebenheiten am Stoteler See ist eine Einsatzstrecke von mindestens 14 m zu überwinden. Diese Strecke ergibt sich aus den in Abschnitt 2.2.2 beschriebenen Messung und der erforderlichen Tiefe, damit das AUV mit einem Sicherheitsabstand von 20 cm zum Boden schwimmend ins Wasser gelassen werden kann.

3. Konzeption

In der Konzeptionsphase wird, mithilfe von geeigneten Methoden, eine Lösung ermittelt, welche in der Konstruktion ausgearbeitet wird. Durch methodisches Vorgehen wird sichergestellt, dass die Lösung unterschiedlichen Bewertungsfaktoren unterzogen werden, um subjektiven Präferenzen entgegenzuwirken. Eine nüchterne Betrachtungsweise ist eminent, um keine Lösungsoptionen kategorisch auszuschließen.

3.1 Auswahl Trägerplattform

Das LARS ist stets als Gesamtsystem, bestehend aus Trägerplattform und Mechanismus für die Ein- und Aussetzvorgänge, zu betrachten. Der Transport des AUV erfolgt auf öffentlichen Straßen bis hin zum Seeufer. Mittels der intuitiven Kreativitätsmethode Brainstorming wurden folgende 3 Trägerplattformen ermittelt.

3.1.1 Bootstrailer

Der Bootstrailer ist eine auf Achsen gelagerte und nicht motorisierte Trägerplattform, welche an jedes Kraftfahrzeug (KFZ) mit Zugkugel gehangen werden kann. Die Geometrie ist ein rechteckiges Grundgerüst, welches an der Stirnseite eine starre Deichsel¹ vorweist.

¹Zug- und Lenkvorrichtung



Abbildung 3.1: Bootstrailer

Der Vorteil dieser Plattform besteht im geringen Wartungsaufwand, realisiert durch Weglassen eines Antriebsmotors. Ein weiterer Vorteil ergibt sich aus dem Fakt, dass ein Bootstrailer an eine Vielzahl von Zugfahrzeugen mit Anhängerkupplung gehangen werden kann und somit eine große Flexibilität ermöglicht wird.

Bootstrailer können mit unterschiedlicher Achskonfiguration erworben werden. Die Anzahl dieser entscheidet zusammen mit der Dimensionierung des Fahrgestells darüber, welche Lasten mit dem Trailer bewegt werden dürfen. Festgehalten sind diese Werte im Fahrzeugschein. Neben Modellen mit einer Achse sind auch zwei- und dreiachsige Modelle verfügbar. Je mehr Achsen vorhanden sind, desto größere Lasten können bewegt werden. Hier ist jedoch zu beachten, dass nach §6 Abs. 1 FeV ab *750 kg* Gesamtmasse ein Führerschein der Klasse *BE* notwendig ist. Aufgrund der wenigen Profile, aus denen das Fahrgestell besteht, besitzt ein solcher Trailer ein geringes Eigengewicht.

3.1.2 Unimog

Die 1950 von Mercedes-Benz entwickelte Fahrzeugreihe Universal Motor Gerät (Unimog) sind Geräteträger, welche von Kommunen sowie Land- und forstwirtschaftlichen Betrieben genutzt werden. Durch die große Bodenfreiheit und einem Vierradantrieb sind die Fahrzeuge besonders für den Einsatz im unwegsamen Gelände geeignet.



Abbildung 3.2: Unimog Kranaufbau mit Hubarbeitskorb und Pritsche
(Quelle: Eggers Fahrzeugbau)

Wie in Abbildung 3.2 zu sehen, sind die Fahrzeuge üblicherweise mit Sonderausstattung versehen. Für die Verwendung als Trägerplattform eines LARS stellt der optionale Ladekran einen großen Vorzug dar. Mit ihm kann das AUV über eine weite Distanz befördert werden. Dazu kommt, dass das Fahrzeug durch die große Bodenfreiheit auch wenige Meter ins Wasser fahren kann. Mit hydraulisch betriebenen Stützen ausgestattet, kann die Stabilität im Gelände erhöht werden. Der Plattform negativ anzurechnen ist die das große Gewicht, die äußeren Abmaße, die Notwendigkeit eines *C1* Führerscheins und bei Verwendung eines Ladekranes und die deutlich verkürzte Ladefläche. Dazu kommt, dass eine Trägerplattform mit Motor und hydraulischen Subsystemen einen erhöhten Wartungsaufwand und Fehleranfälligkeit aufweist. Gebrauchte Modelle sind zudem erst ab ca. 50.000 € erhältlich.

3.1.3 Wechselladefahrzeug

Das Wechselladefahrzeug (WLF) ist in den meisten Fällen ein Lastkraftwagen (LKW) mit einem Wechselladesystem. Das Wechselladesystem besteht aus einem Hakengerät, einem Auflagerahmen und zwei Rollen am Heck des WLF. Das Hakengerät wird hydraulisch betrieben und besteht aus einem langen Hebelarm sowie einer im 90°-Winkel angeordneten Aufnahmevorrichtung.

Für eine Neukonstruktion des LARS kann das Hakengerät als Auf- und Ablade-

vorrichtung genutzt werden. Die Konstruktion muss dabei den Vorgaben der DIN 30722-1 entsprechen. In ihr sind unter anderem Vorgaben zur Hakenaufnahme und Gesamtmaßen zu finden.

Das WLF kann, wie in Abbildung 3.3 zu sehen, auch in Form eines Kleintransporters realisiert werden. Vorteil dessen ist, dass der Kleintransporter bei Einhaltung der zulässige Gesamtmasse (zGM) von 3500 kg mit dem Führerschein der Klasse B gefahren werden darf.



Abbildung 3.3: WLF mit Abrollkoffer
(Quelle: Jürgen Schmits/Freiwillige Feuerwehr Höxter)

3.1.4 Nutzwertanalyse

Für eine objektive Entscheidung bedarf es einer Methode zur Entscheidungsfindung. Diese erfolgt mit der in VDI-Richtlinie 2225 Blatt 3 beschriebenen Nutzwertanalyse. Bei der genannten Nutzwertanalyse werden die jeweiligen Varianten anhand definierter technischer Merkmale bewertet. Die Bewertungsrichtlinien selbst können eigens festgelegt werden, müssen aber logisch begründet sein. Um technische Merkmale unterschiedlich stark gewichten zu können, wird ein Gewichtungsfaktor verwendet. Die Bewertung des einzelnen technischen Merkmals wird mit dem Gewichtungsfaktor multipliziert. Die Gesamtbeurteilung erfolgt durch Aufsummieren aller Teilbewertungen. Die Bewertungsskala reicht von 0 bis 10, wobei 0 der schlechtesten und 10 der besten Bewertung entspricht.

Gesamtgewicht

Das Gesamtgewicht ist maßgeblich dafür ausschlaggebend, ob mit der Trägerplattform über weichen Boden bis zum Ufer gefahren werden kann, weshalb Plattformen mit einem geringen Gewicht besser bewertet werden. Je höher das Gewicht, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Trägerplattform am Ufer festfährt und tiefe Fahrspuren hinterlässt. Aus diesem Grund erhält diese Bewertungskategorie den größten Gewichtungsfaktor von 7.

Benötigte Fahrerlaubnis

Um die einzelnen Trägerplattformen bewegen zu dürfen, bedarf es einer offiziellen Fahrerlaubnis. Diese wird nach erfolgreicher Teilnahme an einer Prüfung erteilt. Die Fahrerlaubnis stellt also eine einmalige Hürde dar, weshalb das Kriterium nur in geringem Maße mit dem Faktor 4 gewichtet wird.

Wartungsaufwand

Der Wartungsaufwand gibt an, in welchem Ausmaß ggf. Reparaturen an der Trägerplattform durchgeführt werden müssen. Dieser steigt mit wachsender Komplexität des Systems. Subsysteme wie ein Hydraulikkran oder Motoren tragen federführend dazu bei. Finanzielle Risiken, hervorgerufen durch einen erhöhten Reparaturaufwand, lassen sich durch Simplifizierung der gesamten Trägerplattform reduzieren.

Geländegängigkeit

Mit dem Punkt Geländegängigkeit wird bewertet, ob und wie gut die jeweilige Trägerplattform in er Lage ist auf unbefestigten Wegen zu fahren. Da die zu erwartenden Strecken jedoch keine besonders ausgeprägte Geländefähigkeit erfordern, wird dieses Kriterium an wenigstens stark gewichtet.

Verfügbare Ladefläche

Die verfügbare Ladefläche ist neben dem Gesamtgewicht das wichtigste Bewertungskriterium. Auf ihr wird das AUV und LARS befestigt. Ist die sie zu kurz, so ragt das AUV im schlimmsten Fall über die Trägerplattform hinaus. Außerdem erschwert eine zu kleine Ladefläche die Konstruktion eines LARS.

Anschaffungspreis

Weil das LARS lediglich wenige Male im Jahr genutzt wird, muss der Nutzen in Relation zum Anschaffungspreis gesetzt werden. Das gesamte zur Verfügung stehende Budget für das AUV kann somit nicht allein für das LARS eingeplant werden.

Technische Merkmale	Gewichtungsfaktor	Trailer		Unimog		WLF	
		Ohne GF	Mit GF	Ohne GF	Mit GF	Ohne GF	Mit GF
Gesamtgewicht	7	9	63	4	28	3	21
Benötigte Fahrerlaubnis	4	7	28	4	16	4	16
Wartungsaufwand	6	8	48	5	30	5	30
Geländegängigkeit	3	4	12	7	21	5	15
Verfügbare Ladefläche	8	7	56	3	24	9	72
Anschaffungspreis	5	9	45	1	5	2	10
Summe			252		124		164

Tabelle 3.1: Nutzwertanalyse für Trägerplattformen

Bewertung

In nahezu alle Kriterien schneidet der Trailer als Trägerplattform am besten ab. Grund dafür ist vor allem, die im Vergleich zum Unimog und WLF, geringe Komplexität des Gesamtsystems. Maßgeblich tragen die Kategorien Gesamtgewicht und Anschaffungspreis dazu bei, dass der Trailer als Trägerplattform dienen wird. Hier werden mindestens doppelt so viele Punkte erzielt als bei den Konkurrenzplattformen.

Das Gesamtgewicht wird für den Trailer am besten bewertet, da es besonders gering ausfällt. In der Kategorie Fahrerlaubnis wird der Trailer ebenfalls am besten bewertet. Das ist darauf zurückzuführen, dass die Prüfung einfacher und kostengünstiger ist. Ausschlaggebend für die gute Bewertung in der Kategorie Wartungsaufwand ist, dass der Trailer ein weitaus simpleres Design aufweist. Unimog und WLF besitzen einen eigenen Antriebsmotor und je nach Ausstattung auch einen Hydraulikkran. Diese könne bei längerer Standzeit zu unvorhersehbaren Ausfällen führen.

Die Geländegängigkeit des Unimog ist aufgrund seines Allradantriebs und der Differenzialsperre sehr gut bewertet. Das WLF ist genauso wie der Trailer ungeeigneter, da die Fahrwerke auf ausgebaute Verkehrswege ausgelegt sind. Jedoch wirkt sich diese Kategorie, aufgrund des niedrigen Gewichtungsfaktors, nicht stark auf das Gesamtergebnis aus.

Hinsichtlich der verfügbaren Ladefläche schneidet das WLF am besten ab. Er kann Standard Abrollbehälter nach DIN 30722-1 aufnehmen und besitzt von allen das größte Ladevolumen. Gefolgt vom Trailer, welcher aufgrund der Länge besonders gute Möglichkeiten bietet, ein LARS zu montieren. Der Unimog bietet mit Hydraulikkran-

Ausstattung eine deutlich verkürzte Ladefläche.

Der Anschaffungspreis für eine geeignete Trägerplattform ist ausschlaggebend dafür, ob das Gesamtsystem realisiert werden kann. Plattformen, wie es der Unimog und das WLF, sind um ein Vielfaches teurer als ein Trailer.

3.2 Auswahl Ein- und Aussetzmechanismus

Der Ein- und Aussetzmechanismus stellt die zweite Komponente des LARS dar. Mit ihm wird das AUV von der Trägerplattform in den See befördert. Die diskursive Methode des morphologischen Kastens wird im Folgenden verwendet, um unterschiedliche Lösungen zu ermitteln.

3.2.1 Morphologischer Kasten

Im morphologischen Kasten werden für jede Teilfunktion des Systems unterschiedliche Lösungen erfasst und nebeneinander aufgeschrieben. Jede Zeile repräsentiert somit für eine Teilfunktion mehrere Lösungen. Indem eine Lösung einer Teilfunktion sinnvoll mit einer Lösung einer weiteren Teilfunktion kombiniert wird, ergibt sich eine Gesamtlösung. Verbunden durch farbige Linien, können mehrere Gesamtlösungen in einem morphologischen Kasten dargestellt werden.

Teilfunktion	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4
Bewegungsprinzip	Rutschen	Auf Rollen schieben	Auf Wasseroberfläche schieben	
Kraftangriffspunkt am AUV	Kranöse	Tangential		
Überwindung d. Transportstrecke	Hängende Schienenkonstruktion	Aussteleskopieren	Wagen auf Rädern	Einschwimmen
AUV aus dem Wasser befördern	Seilzug mit Winsch			

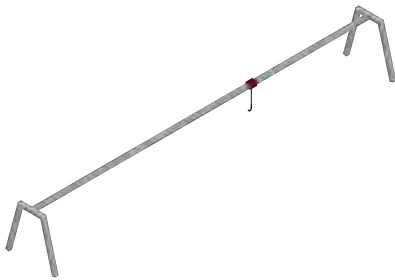
Tabelle 3.2: Morphologischer Kasten

Lösung 1: Seilbahn (●)

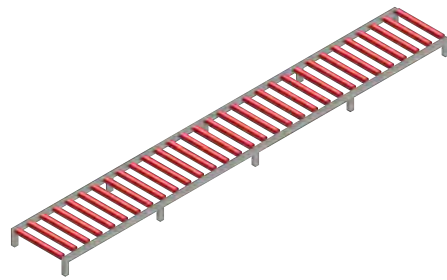
Gesamtlösung 1 beschreibt ein System, bei dem eine mobile Seilbahn das AUV an der Kranöse anhebt und dieses bis zur gewünschten Einsatzposition rutscht. Eine Laufkatze auf einem Schienensystem ermöglicht diesen Bewegungsvorgang. Stelzen, die auf dem Seeboden stehen, realisieren das Lager, an dem das Schienensystem aufgehängt wird. Ein Seilzug ermöglicht das Anheben des AUV.

Lösung 2: Förderband(●)

Ein Förderband, auf dem das AUV geschoben werden kann, stellt Lösungsvariante 2 dar. Auf Querprofilen befindende Rollen werden genutzt, um das AUV zu stützen und in den See zu schieben. Eine Winsch hilft dabei, das AUV aus dem Wasser wieder auf das Förderband zu ziehen. Durch eine geringe Förderbandhöhe kann das AUV parallel zur Wasseroberfläche ins Wasser gelassen werden.



(a) Skizze einer Seilbahn



(b) Skizze eines Förderbandes

Abbildung 3.4: Lösungen 1 & 2

Lösung 3: Wagen (●)

Mittels eines Wagens soll das AUV ins Wasser geschoben werden. Der Wagen ist auf 4 Luftreifen gelagert und befindet sich während des Transportes zum See auf einem Trailer. Am See wird er über Verladeschienen vom Trailer gerollt. Auf ihm befindet sich das AUV, welches tangential am kreisförmigen Querschnitt gestützt wird. Das AUV wird mit dem Wagen so weit in den See geschoben, bis es durch den Eigenauftrieb aufschwimmt. Der Wagen ermöglicht demnach eine beliebig weite Einsatz- und Bergestrecke für das AUV.

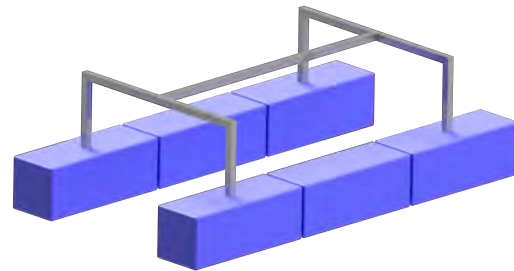
Lösung 4: Ponton (●)

Um das AUV einzuschwimmen und somit eine variable Einsatz- und Bergestrecke zu realisieren, wird ein Ponton genutzt. Der Ponton weist wie ein Katamaran zwei

Schwimmkörper auf. Zwischen den beiden Schwimmkörpern befindet sich eine Trägerkonstruktion, in die das AUV gehangen wird. Ist die Wassertiefe für das AUV ausreichend, so kann dieses über einen Seilzug aus der Trägerkonstruktion ins Wasser gelassen werden.



(a) AUV im Transportwagen
Quelle: Atlas Elektronik



(b) Skizze eines Pontons zum einschwimmen im See

Abbildung 3.5: Lösungen 3 & 4

3.2.2 Nutzwertanalyse

Technische Merkmale	Gewichtungsfaktor	Lösung 1		Lösung 2		Lösung 3		Lösung 4	
		Ohne GF	Mit GF	Ohne GF	Mit GF	Ohne GF	Mit GF	Ohne GF	Mit GF
Transportdistanz im See	2	7	14	7	14	10	20	10	20
Mechanische Belastbarkeit	3	5	15	9	27	7	21	7	21
Handhabung	3	3	9	7	21	5	15	5	15
Ein- & Aussetzzeit	1	8	8	6	6	7	7	5	5
Umsetzbarkeit	3	2	6	8	24	8	24	6	18
Stabilität	3	1	3	8	24	7	21	5	15
Summe			55		116		108		94

Tabelle 3.3: Nutzwertanalyse für Ein- und Aussetzmechanismus

3.2.3 Bewertung

Aus der Nutzwertanalyse geht hervor, dass Lösung 2 des morphologischen Kastens für den Einsatz als LARS am geeignetsten ist. Trotz der begrenzten und nicht variablen Transportdistanz im See kann die geforderte Transportdistanz überwunden

werden. In der Kategorie mechanische Belastbarkeit schneidet das Förderband am besten ab. Begründet ist es dadurch, dass es sich im ausgefahrenen Zustand um ein statisches System handelt, welches bei Bedarf mit beliebig vielen Stützen ausgestattet werden kann. Aufgrund des intuitiven Ausziehmechanismus ist es zudem leicht bedienbar. Lösung 3 und 4 wurden schlechter bewertet, da der Wagen unter der Last des AUV im Sand droht stecken zu bleiben und der Ponton genauso wie das AUV eine gewissen Wassertiefe braucht um zu schwimmen. Die Ein- und Aussetzzeit ist lediglich mit einem Gewichtungsfaktor von 1 versehen, da es zwar einen Vorzug bietet das AUV schnell ins Wasser zu bringen, es aber bedeutend wichtiger ist, die Stabilität und mechanische Belastbarkeit zu gewährleisten. Infolgedessen schlägt die schlechtere Bewertung für das Förderband nicht stark in die Gewichtung. Besonders gut umzusetzen sind die Lösungen 2 und 3.

4. Konstruktion

Die Konstruktion umfasst die detaillierte Ausarbeitung des zuvor festgelegten Konzept. Grundlegend dafür sind Berechnungen und technische Zeichnungen.

4.1 Werkstoffauswahl

Als Werkstoff für alle Bauteile, die gefertigt werden müssen, wird der Edelstahl mit der Werkstoffnummer 1.4571 verwendet. Der Stahl mit den Legierungselemente Chrom, Nickel, Molybdän und Titan zeichnet sich vor allem durch seine Korrosionsbeständigkeit aus und ist im Allgemeinen auch als V4A Stahl bekannt. Die Werkstoffeigenschaften des austenitische Stahls sind wie folgt angegeben:

Härte (HB)	Dehngrenze ($R_{P0,2}$)	Zugfestigkeit (R_m)	E-Modul
≤ 215	$\geq 200 \text{ N mm}^{-2}$	$500 - 700 \text{ N mm}^{-2}$	200 kN mm^{-2}

Tabelle 4.1: Werkstoffeigenschaften von 1.4571

Im Vergleich zu den Stählen 1.4401 und 1.4571 besitzt der hochlegierte Stahl 1.4571 einen höheren Kohlenstoffgehalt und das Legierungselement Titan. Diese Eigenschaften wirken einer Chromverarmung und folglich einer interkristallinen Korrosion entgegen.

4.2 Trailer

Als Basis für das LARS soll, wie in Abschnitt 3.1.4 beschrieben, ein Trailer verwendet werden. Eine Marktrecherche ergab, dass der Hersteller Brenderup Bootstrailer in einer großen Auswahl anbietet und diese in Serienreife verkauft. Für den Hersteller wurde sich entschieden, da es neben zahlreichen offiziellem Zubehör mehrere Händler in der Umgebung gibt. Dies ist deshalb von Vorteil, da bei Defekten am Trailer selbst ein Ansprechpartner in Reichweite gewährleistet ist.

4.2.1 Hauptuntersuchung (TÜV)

Damit der Trailer auf öffentlichen Straßen verwendet werden darf, muss dieser einer HU unterzogen werden. Bei technischen Umbaumaßnahmen zu beachten ist, dass ein Herstellernachweis über Tragfähigkeit des Gestells vorliegen muss. Die geltende Höchstmaße für Ein-Achsanhänger müssen eingehalten werden. Angegeben sind diese mit $L=12$ m, $H=4$ m und $B=2.55$ m. Darüber hinaus muss der Aufbau ausreichend am Fahrgestell befestigt sein und es darf keine scharfen Ecken und Kanten geben. Für die Stützlast auf der Anhängerkupplung ist Lastvormaß¹ von 60 mm bis 80 mm vorgeschrieben. Anhänger ab 750 kg Gesamtgewicht müssen mit einer Bremsvorrichtung ausgestattet sein. Die Zuordnungsberechnung muss ebenso erbracht sein. [18]

4.2.2 Modell 20130b

Als Trägerplattform für das LARS wird das Modell *201300B* genutzt. Die zGM beträgt 1300 kg wovon 320 kg auf das Leergewicht² fallen und somit 980 kg als Nutzlast zur Verfügung stehen. Da das AUV mit 650 kg den Großteil der Nutzlast in Anspruch nimmt, bleiben für den Ein- und Aussetzmechanismus 330 kg. Vorteile dieses Modells liegen in der Gesamtlänge von 6030 mm und der niedrigen Ladehöhe von 430 mm. Die große Gesamtlänge ist für die Ein- und Aussetzstrecke im See hilfreich, da vorgesehen ist mit dem Trailer rückwärts so weit ins Wasser zu fahren, bis die Anhängerkupplung des Zugfahrzeugs mit der Uferkante bündig abschließt. Somit werden bereits 6 m von der zu überbrückenden Strecke überwunden. Die zuvor erwähnte Ladehöhe trägt dazu bei, das AUV in einer geringen Höhe zum Boden vom Trailer zu schieben und dadurch den Schwerpunkt nach unten zu verschieben. Als Bestelloption ist ein Stoßdämpfersatz erhältlich. Er besteht aus zwei Stoßdämpfer, die an der Einzelchase des Trailers angebracht werden und Stöße durch Schlaglöcher auf das AUV reduzieren soll. Eine Lichtleiste, an der die Lichtanlage sowie das Kennzeichen angebracht ist, kann austeleskopiert werden. Genutzt wird dieses Feature, um die Trailerlänge variabel an die transportierte Nutzlast anzupassen. Für die Stützlast auf der Anhängerkupplung besitzt der Trailer eine verstellbare Achse. Sie ermöglicht es neben der Stützlast, das bei der HU geforderte Lastvormaß variabel einzustellen. Die eingebauten Bremsen sind auf die zGM abgestimmt und benötigen, insofern diese nicht überschritten wird, daher keine weitere Zuordnungsberechnung.

¹Abstand zwischen Radachse und Schwerpunkt, auch bekannt unter Lastschwerpunktstand

²Eigengewicht des Trailers



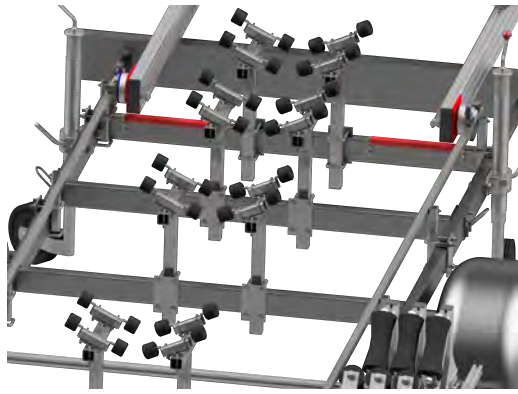
Abbildung 4.1: Brenderup 201300B
(Quelle: Brenderup)

AUV-Transportauflage

Während sich das AUV auf dem Trailer befindet, muss es ausreichend gelagert werden. Verwendet wird dafür eine ähnliche Konstruktion, wie sie bereits auf dem vorhanden Trailer vorzufinden ist. Die vom Trailerhersteller angebotenen Zubehörteile bieten alle Komponenten dafür. Das Kernstück stellen sog. *SUPPER-ROLLEN-Pakete*. Diese Rollenpakete sind auf einem feuerverzinkten Vierkantrohr angebracht und ermöglichen durch eine Bügelschraube und ausreichendem Spiel sich dem AUV tangential anzuschmiegen. Ein weiteres Vierkantrohr ist im Winkel von 90° am anderen fest geschweißt und ermöglicht die Befestigung am Fahrgestell. Da das Fahrgestell durch Bohrungen nicht geschwächt werden soll, werden Bohrungen im Anhängerbau möglichst vermieden. Stattdessen werden weitestgehend Bügelschrauben verwendet, die auf einer Klemmplatte mit Muttern gekontert werden.

Befestigt werden die *SUPPER-ROLLEN-Pakete* an den Querträgern des Fahrgestells vom Trailer. Die einzelnen Sektionen des AUV sollen möglichst alle einzeln abgestützt werden. Da der Trailer lediglich 3 Querträger aufweist, das AUV aber 4 zu stützende Sektionen besitzt, muss ein weiterer Querträger in das Fahrgestell eingebracht werden. Für diesen Anwendungsfall bietet Brenderup im Zubehörkatalog einen schraubbaren Querträger an. Die Stirnseiten sind mit einem U-Profil versehen, welche auf die äußeren Vierkantrohre des Trailers gesteckt werden. Zwei Schraubverbindungen fixieren den Querträger an der vorgesehenen Position.

Für den Transport muss das AUV gesichert werden. Wie beim alten Trailer werden dafür Spanngurte verwendet. Damit diese am Trailer angeschlagen werden können, gibt es sog. Verzugsbeschläge. Diese Beschläge sind ebenfalls als Zubehör für den Trailer erhältlich und werden auf dieselbe Weise wie der Querträger am Trailer angebracht.



(a) SUPPER-ROLLEN-Pakete



(b) Verzurrbeschlag

Abbildung 4.2: AUV-Transportauflage

4.3 Ein- und Aussetzmechanismus

Der Ein- und Aussetzmechanismus wird in Gestalt eines ausziehbaren Förderbands realisiert und ist mit dem Trailer fest verbunden. Zwei Auszüge werden über das Heck des Trailers austeleskopiert und durch Stützräder gestützt. Auf Querträgern verschraubte Kielrollen ermöglichen das AUV zu bewegen. Ein Stecksystem hilft das LARS schnell einzusetzen.

4.3.1 Auszug

Der Auszug ist in drei Segmente gegliedert und in zweifacher Ausführung auf dem Trailer zu finden. Sie stehen sich gegenüber und stellen die Auflagepunkte für die Querträger. Gemessen vom Heck des Trailers besitzen sie im ausgezogenem Zustand eine Länge von ca. 10 m. Ein Profil verbindet beide Auszüge am Ende der beiden innersten Segmente. Es verhindert beim Ausziehen, dass die Auszüge in Form eines V auseinanderlaufen.

Längsprofil

Zur Verbindung der einzelnen Komponenten des Auszuges werden Konstruktionsprofile genutzt. Konstruktionsprofile unterscheiden sich von gewöhnlichen Profilen in der Art der Verwendung. Zugrunde liegt ein Baukastensystem, das auf Nutensteine setzt. Sie werden in die Nuten eingesetzt, welche in mehrfacher Anzahl auf den Außenflächen angebracht sind. Die Nutgröße gruppiert die Profile mit unterschiedlichen Abmessungen und Geometrien. Um eine Auswahl für ein Konstruktionsprofil zu treffen, muss ein Kompromiss zwischen maximal möglicher Belastung, Eigengewicht des Konstruktionsprofils und nutzbarer Länge getroffen werden. Hierfür wird das maximale Widerstandsbiegemoment W_B bestimmt. Beeinflusst wird das W_B durch

die gewünschte Länge von $l = 3.5$ m, der angreifenden Kraft (durch das AUV), der Lagerart und des verwendeten Werkstoffs. Letzterer wird vom Hersteller item mit der Werkstoffkennnummer 3.3206.72 angegeben. Es handelt sich um Al Mg Si 0,5 F 25, mit einer Mindestfließgrenze von $R_{p0,2} = 195 \text{ N mm}^{-2}$.

Für das erforderliche Widerstandsbiegemoment W_B wird im ersten Schritt die maximal zulässige mechanische Biegespannung σ_b mit dem Sicherheitsfaktor $\nu = 1,75$ bestimmt. Der Faktor berücksichtigt, dass das Profil zuzüglich der Belastung durch das AUV um 75 % mehr belastet werden kann, bevor ein Materialversagen eintritt.

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{R_{p0,2}}{\nu} \\ \sigma_b &= \frac{195 \text{ N mm}^{-2}}{1,75} \\ \sigma_b &= 111.43 \text{ N mm}^{-2}\end{aligned}\tag{4.1}$$

Da die Profile an den Enden jeweils gestützt werden sollen, befindet sich das maximale W_B in der Mitte der Profile. Durch die Belastung des AUV mit

$$\begin{aligned}F_{AUV} &= m_{AUV} \cdot g \\ F_{AUV} &= 650 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m s}^{-2} \\ F_{AUV} &= 6.38 \text{ kN}\end{aligned}\tag{4.2}$$

entsteht ein Biegemoment M_B bei $l/2$. Weil das AUV pro Segment des Auszuges von zwei Längsprofilen getragen wird, muss, um das W_B des einzelnen Längsprofils zu erhalten, die Gewichtskraft F_{AUV} durch 2 dividiert werden.

$$\begin{aligned}M_B &= \frac{F_{AUV}}{2} \cdot \frac{l}{2} \\ M_B &= \frac{6.38 \text{ kN}}{2} \cdot \frac{3.5 \text{ m}}{2} \\ M_B &= 5.58 \text{ kN m}\end{aligned}\tag{4.3}$$

Im letzten Schritt wird das Widerstandsbiegemoment W_B ermittelt

$$\begin{aligned}W &= \frac{M_B}{\sigma_b} \\ W &= \frac{5.58 \text{ kN m}}{111.43 \text{ N mm}^{-2}} = \frac{558\,000 \text{ N cm}}{11\,143 \text{ N cm}^{-2}} \\ W &= 50.08 \text{ cm}^3\end{aligned}\tag{4.4}$$

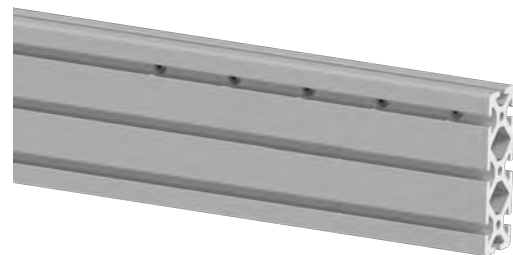
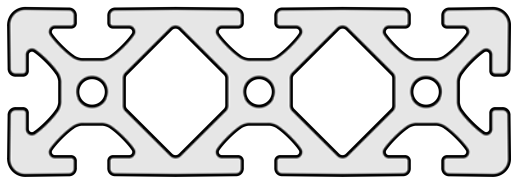
Anhand des W_B wurde sich aus dem Herstellerkatalog der Firma item für das Konstruktionsprofil 0.0.416.29 entschieden. Es ist ein Profil der Baureihe 8 und weist die äußeren Abmaße von 120 mm in der Höhe sowie 40 mm in der Breite auf. Durch das W_B von 53.77 cm^3 um die beanspruchte Biegeachse ist das Konstruktionsprofil für die geplante Belastung geeignet. Das Gewicht pro Meter wird im Datenblatt mit

6.58 kg m⁻¹ angegeben. Mit der gewünschten Länge erhält man pro Längsprofil ein Gewicht von

$$\begin{aligned}
 m_{LP} &= m_{proMeter} \cdot l \\
 m_{LP} &= 6.58 \text{ kg m}^{-1} \cdot 3.5 \text{ m} \\
 m_{LP} &= 23.03 \text{ kg}
 \end{aligned}
 \tag{4.5}$$

Der quaderförmige Querschnitt besitzt Nuten, dessen Mittelachsen jeweils mittig auf den Außenseiten des Profils positioniert wurden. Für die spätere Montage der Linearführungen ist dies eminent, da anderenfalls die Linearführungen pro Segment einen Offset um den Nutenabstand (hier 40 mm) erfahren würden.

Für die in Kapitel 4.3.3 beschriebene Schweißkonstruktion sind an einem Ende des Konstruktionsprofils 5 durchgehende Bohrungen mit einem Durchmesser von 10 mm eingelassen. Die Bohrungen werden für die Schraubverbindung zwischen Schweißkonstruktion und Längsprofil genutzt. Die Stirnseiten des Längsprofils sind mit Abdeckkappen versehen, um scharfe Kanten zu reduzieren.



(a) Konstruktionsprofil item 120x80 im Querschnitt
(Quelle: item)

(b) Längsprofil mit 10 mm Bohrungen für Schweißkonstruktion ohne Abdeckkappe

Abbildung 4.3: Längsprofil item 120x40 mm

Linearführung

Die Funktion des Auszuges beruht auf Linearführungen. Grundsätzlich besteht diese aus zwei Bauteilen: dem Wagen und der Schiene. Der Wagen befindet sich auf der Schiene und wird von dieser (linear) geleitet. Zur Minimierung der Reibkraft (\vec{F}_R) und folglich dem Verschleiß werden unterschiedliche Ansätze der Lagerung vom Wagen verfolgt. Neben gängigen Rollen-, Kugel- oder Gleitführungen sind auch berührungslose Lager, die auf Luftdruck oder Elektromagnetismus beruhen, erhältlich.

Für den Auszug werden Wagen mit Kugelumlaufketten genutzt. Diese Art der Lagerung besitzt eine große Tragfähigkeit und ist somit ideal dafür geeignet, die Gewichtskräfte des AUV aufzunehmen. Für die Auslegung des Kugelwagens muss die

radial wirkende Tragkraft berechnet werden. Da auf den Kugelwagen neben dem Gewicht des AUV auch das Gewicht der Kugelschiene samt Kugelwagen und Gelenk wirkt, müssen für die Auslegung Annahmen getroffen werden.

- Gelenk: 2 kg
- Längsprofil: 23 kg
- Kugelschiene: 15 kg
- Kugelwagen: 1 kg

Daraus resultiert eine radial angreifende Tragkraft von

$$\begin{aligned}
 F_r &= \left(\frac{F_{AUV}}{2}\right) + (m_{Gel} \cdot g) + (m_{LP} \cdot g) + (m_{KS} \cdot g) + (m_{KW} \cdot g) \\
 F_r &= \left(\frac{6.38 \text{ kN}}{2}\right) + (2 \text{ kg} + 23 \text{ kg} + 15 \text{ kg} + 1 \text{ kg}) \cdot 9.81 \text{ m s}^{-2} \\
 F_r &= 3.59 \text{ kN}
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

Anhand der radial wirkenden Kraft am Kugelwagen wurde mithilfe eines Onlinekonfigurator des Herstellers der Kugelwagen mit dem Typenschlüssel KWC-025-FNN-CR-C0-H-SS-0-02-00-45-BX-LS-000-RS-000-01 ermittelt. Der Kugelwagen von der Firma Rexroth wiegt 0.6 kg. Vier Kugelreihen bewirken, dass in alle Lastrichtungen immer ein Kontakt mit der Kugelschiene gewährleistet wird. Gefertigt wird er aus Stahl und ist mit einer korrosionsbeständigen Beschichtung hartverchromt.

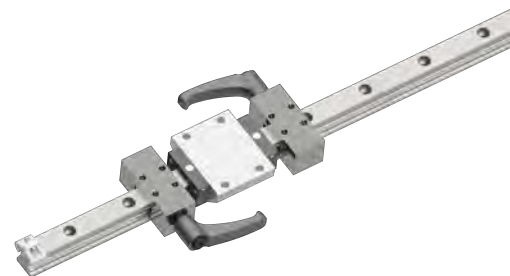


Abbildung 4.4: Bosch Linearführung

Dieselben Werkstoffeigenschaften weist auch die dazugehörige Kugelschiene CR_KSA-025-SNS-H-MA-BS auf. Sie ist 3.5 m lang und ist mit 3.2 kg m^{-1}

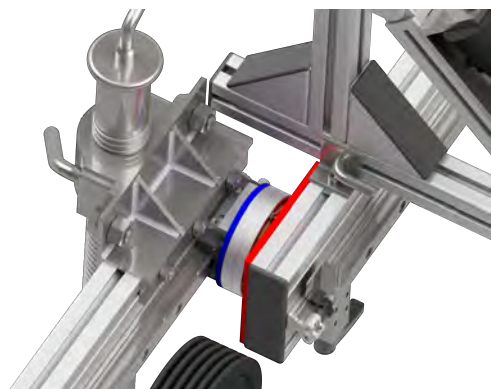
$$\begin{aligned}
 m_{KS} &= 3.2 \text{ kg m}^{-1} \cdot 3.5 \text{ m} \\
 m_{KS} &= 11.2 \text{ kg}
 \end{aligned} \tag{4.7}$$

pro Schiene schwer. Im Abstand von 60 mm befinden sich Bohrungen, um die Kugelschiene mit M6 Zylinderkopfschrauben von oben an das Längsprofil zu schrauben. In die Nut des Längsprofils werden Nutensteine geschoben. Sie weisen im Ursprung eine M6 Bohrung auf, in welche die Zylinderkopfschrauben geschraubt werden. Sie dienen somit als Mutter, welche eine lösbare Verbindung ermöglichen. An den Enden der

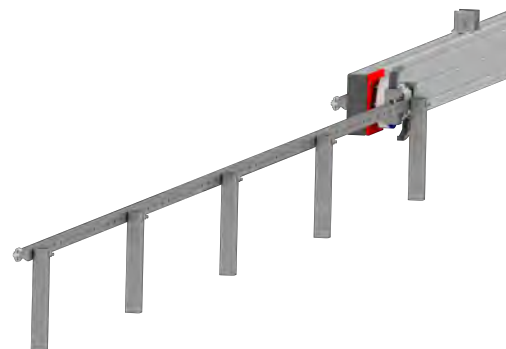
Kugelschiene sind Bandsicherungen angebracht. Die Bandsicherung sind zwei Klammern, welche um die Kugelschiene greifen und verhindern, dass der Kugelwagen von der Schiene rollt. Zusammengehalten werden die Klammer durch eine Schraube, die die Klemmspannung aufbaut.

Auf der Kugelschiene sind neben dem Kugelwagen und den Bandsicherungen zwei Handklemmelemente aufgeschoben. Die Handklemmelemente befinden sich vor sowie hinter dem Kugelwagen und können auf der Kugelschiene beliebig bewegt werden. Durch einen Hebel ist es möglich, das Handklemmelement an der gewünschten Position festzusetzen. Auf der Kugelschiene werden Sie dafür genutzt, den Kugelwagen an den Enden zu fixieren. Nachdem der Auszug ausgezogen wurde, wird das Handklemmelement hinter den Kugelwagen geschoben und dort festgeklemmt. Dadurch wird ein ungewolltes verschieben unterbunden.

Die äußeren Kugelschienen verbinden den Auszug mit dem Trailer. An fünf 30 mm x 30 mm ISO 10799-2 Vierkantrohren ist die Kugelschiene mit ISO 4032 M6 Zylinderkopfschrauben geschraubt. Die feuerverzinkten Vierkantrohre werden wiederum durch M10 Bügelschrauben und Klemmplatten an das Fahrgestell des Trailers geschraubt.



(a) Gelenk am Kugelwagen der Linearführung montiert



(b) Kugelschiene mit Vierkantrohren zu montage am Trailer

Abbildung 4.5: Linearführungen im Auszug

Gelenk

Das Gelenk mit der Baugruppennummer 001.002.002.000 ist das Bindeglied zwischen dem Kugelwagen und dem Längsprofil. Die Aufgabe des Gelenks ist, durch den langen Hebelarm des Längsprofils entstehende Momente am Kugelwagen aufzunehmen und zu verhindern, dass dieser von der Kugelschiene gehoben wird. Ausgewählt wurde es anhand der in Gleichung 4.6 bestimmten Radialkraft.

Eingesetzt wird ein Drehkranz-Gleitlager der Firma igus. Das Gleitlager setzt sich aus drei Komponenten zusammen. Einem inneren und einem äußeren Drehkranz, beide aus Aluminium gefertigt, und dem Gleitelement, dessen Werkstoff vom Her-

steller mit iglidur J angegeben wird. Iglidur J ist ein Kunststoff, der aufgrund seines geringen Reibwert zwischen den Drehkränzen eingesetzt wird. Das Gleitelement ist zudem austauschbar, sollte dies verschlissen sein. Am inneren Drehkranz sind 8 im 45°Winkel angeordnete M6 Bohrungen eingelassen. Der äußere besitzt 16 Durchgangsbohrungen, die im Winkel von 33.2° angeordnet sind. Jede zweite Durchgangsbohrung wird durch Schrauben belegt, die einen Distanzring mit dem Gleitlager verbinden.

In den anderen Durchgangsbohrungen verbinden weitere Schrauben eine Lochscheibe, die auf dem Distanzkranz aufliegt und für die Montage am Kugelwagen genutzt wird. Mit dem Längsprofil wird das Gelenk durch eine rechteckige Adapterplatte verbunden. Auf der Adapterplatte sind einerseits Bohrungen für Schraubverbindungen mit dem inneren Drehkranz vorzufinden sowie 6 Bohrungen für die Montage am Längsprofil. Im Längsprofil sind, genauso wie bei der Linearführung zuvor, Nutensteine in die Nut geschoben, in welche die Schrauben gedreht werden.

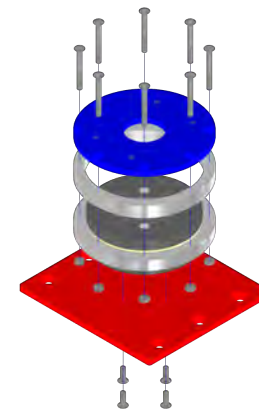


Abbildung 4.6: Drehkranzlager mit Distanzring und Adapterplatten

4.3.2 Querträger

Die Querträger sind ein essentieller Bestandteil des LARS. Sie verbinden nicht nur die beiden Auszüge miteinander, auf ihnen wird auch das AUV in den See geschoben. Für die Auswahl eines geeigneten Profils wird wie bei den Längsprofilen das Widerstandsbiegemoment W_B bestimmt. Vorgesehen sind 5 Querprofile, auf denen das AUV aufliegt, mit einer Länge von 1.08 m. Aus der in Gleichung 4.2 bestimmten Gewichtskraft des AUV und der vorgesehenen Länge ergibt sich in der Mitte des Querträgers folgendes Biegemoment

$$\begin{aligned}
 M_B &= \frac{F_{AUV}}{5} \cdot \frac{l_{QT}}{2} \\
 M_B &= \frac{6.38 \text{ kN}}{5} \cdot \frac{1.08 \text{ m}}{2} \\
 M_B &= 689.04 \text{ N m}
 \end{aligned} \tag{4.8}$$

Welches zusammen mit der in Gleichung 4.1 bestimmten Biegespannung folgendes Widerstandsbiegemoment W_B ergibt

$$\begin{aligned}
 W_B &= \frac{M_B}{\sigma_b} \\
 WB &= \frac{689.04 \text{ N m}}{111.43 \text{ N mm}^{-2}} = \frac{68\,904 \text{ N cm}}{11\,143 \text{ N cm}^{-2}} \\
 WB &= 6.18 \text{ cm}^3
 \end{aligned} \tag{4.9}$$

Anhand des W_B wird das Konstruktionsprofil 0.0.452.66 von item mit den Außenmaßen von 40 mm x 40 mm und einem $W_B = 6.98 \text{ cm}^3$ verwendet. 6 Bohrungen ermöglichen durch die in Abschnitt 4.3.4 beschriebene Steckverbindung ein leichtes und schnelles verbinden zwischen Auszug und Querträger. Mit 2.47 kg m^{-1} wiegt das Grundprofil

$$\begin{aligned}
 m_{QP} &= 2.47 \text{ kg m}^{-1} \cdot 1.08 \text{ m} \\
 m_{QP} &= 2.7 \text{ kg}
 \end{aligned} \tag{4.10}$$

Auf dem Querträger sind weitere Konstruktionsprofile angebracht. Sie bilden zusammen mit Gelenken, Winkeln und Kielrollen eine Winkelkonstruktion, auf der das AUV gerollt werden kann. Diese Winkelkonstruktion ist in zweifacher Ausführung auf dem Querträger zu finden und symmetrisch zur Mittelachse ausgerichtet. Dadurch liegen die Kielrollen tangential am AUV an. Die Distanz und der Winkel zueinander beeinflussen den Durchmesser und somit welches AUV über den Auszug transportiert werden kann. Durch die Befestigung mit Nutensteinen am Querträger und dem Einsatz der Gelenke sind beide Größen einstellbar. Die Kielrolle ist auf einer 16 mm starken Gewindestange axial gelagert und besteht aus Gummi mit einem Stahlkern. Ein U-Profil wird verwendet, um die Kielrolle am Konstruktionsprofil zu befestigen.

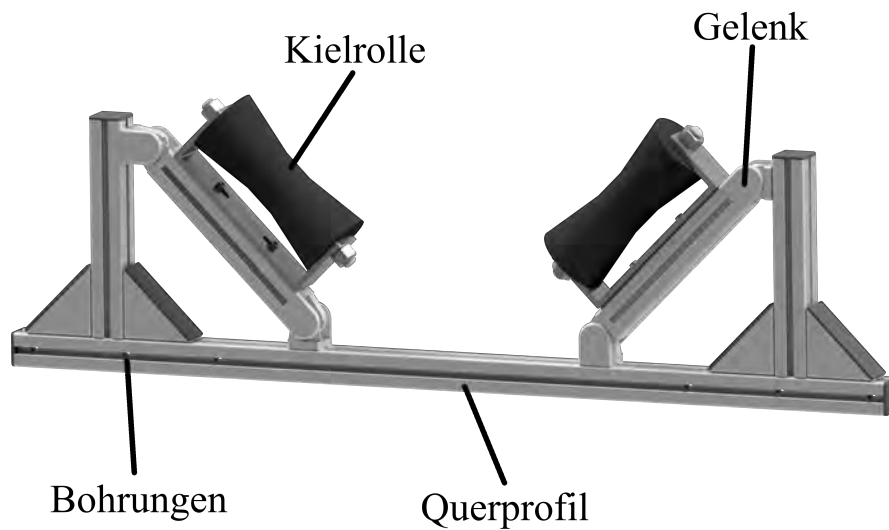
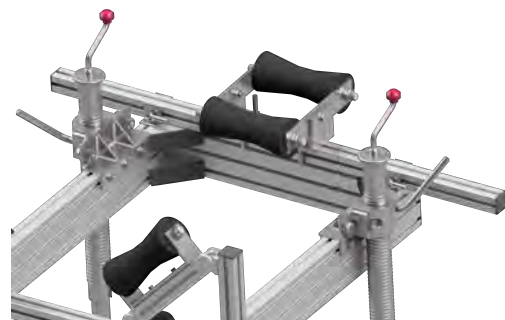


Abbildung 4.7: Querträger mit im Winkel einstellbaren Kielrollen

Der Querträger, welcher am Ende des Auszuges aufgesteckt wird, unterscheidet sich von den restlichen. Er ist nicht mit angewinkelten Kielrollen ausgestattet, sondern besitzt mittig eine Kielrollenwippe. Diese ist axial gelagert und hilft dabei das AUV auf den Auszug zu leiten. Am Querträger wird diese Kielrollenwippe mittels Bügelschrauben befestigt.



(a) Beispiel einer Kielrollenwippe
(Quelle: Unitrailer)



(b) Querträger am Ende des Auszuges
mit einer Kielrollenwippe

Abbildung 4.8: Querträger mit Kielrollenwippe

4.3.3 Stützräder

Zur Abstützung des Auszuges werden Stützräder verwendet. Diese Stützräder finden vorwiegend im Anhängerbau Verwendung und werden in den meisten Fällen dafür

genutzt, die Deichsel des Trailers abzustützen. Viele Modelle sind mit einem Kurbelmechanismus ausgestattet, welcher ermöglicht, das Stützrad in der Länge variabel einstellen zu können.

Für den Auszug wird das Stützrad TK-60 der Firma KNOTT genutzt. Die Stützlast ist mit 350 kg angegeben. Pro Auszugssegment sind jeweils zwei Stützradpaare vorgesehen, sodass jedes Längsprofil an beiden Enden abgestützt wird. Befindet sich der Schwerpunkt des AUV direkt über einem Stützradpaar, sind die Stützräder ebenso in der Lage das Gewicht des AUV von 650 kg in Summe abzustützen. Die Rohre sind feuerverzinkt und somit für den Einsatz im See geeignet. Der integrierte Kurbelmechanismus ermöglicht den Auszug waagrecht auszurichten. Dies kann dann wichtig werden, wenn der Untergrund Unebenheiten aufweist. Ausgekurbelt ist das Stützrad mit mehr als 800 mm lang genug, um vom Längsprofil bis auf den Boden zu reichen.

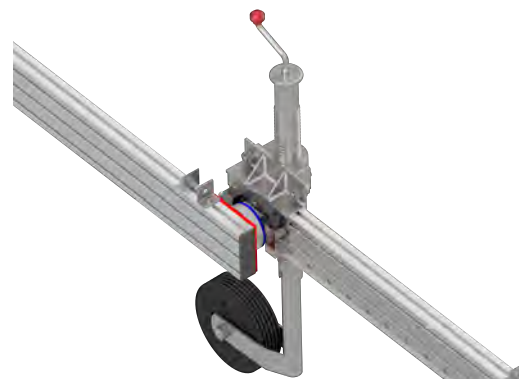
Das Rohr des Stützrades wird in einem Stützradhalter eingespannt. Durch Rillen am Rohr wird die Stützkraft erhöht. Zwei Backen klemmen das Rohr des Stützrades ein. Bohrungen auf der Grundplatte des Stützradhalters ermöglichen die Verschraubung am Fahrgestell oder in diesem Fall an der Schweißkonstruktion.

Schweißkonstruktion

Damit der Stützradhalter am Auszug verschraubt werden kann, ist eine Schweißkonstruktion vorgesehen, welche am Längsträger verschraubt wird. Sie ist deshalb notwendig, da die Stützradhalterung nicht seitlich an das Längsprofil geschraubt werden kann, ohne beim Zusammenschieben mit der Kugelschiene zu kollidieren. Hierfür werden, wie in Abbildung 4.9 zu sehen, drei Metallplatten miteinander durch Kehlnähte verbunden. Die U-Form mit einem inneren Maß von 40 mm wird auf das Längsprofil aufgesteckt und mit drei M10 Sechskantschrauben befestigt. Auf der Außenseite befindet sich dann das Stützrad mit Stützradhalterung.



(a) Schweißkonstruktion aus V4A



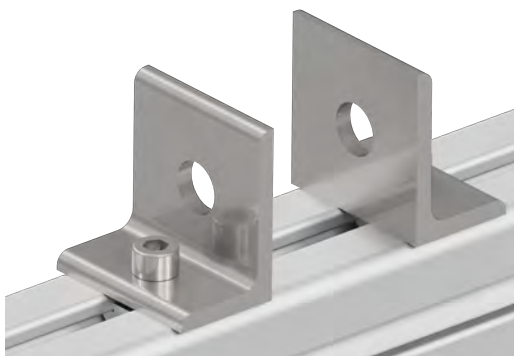
(b) Schweißkonstruktion auf Längsprofil

Abbildung 4.9: Schweißkonstruktion

4.3.4 Steckverbindung

Für den Einsatz des LARS müssen die Querträger auf dem Auszug befestigt werden. Um diese Befestigung schnell durchführen zu können, sind Schraubverbindungen mit Schraube und Mutter ausgeschlossen. Stattdessen wird eine Steckverbindung zwischen Auszug und Querträger genutzt. Umgesetzt wird sie mit einem Steckbolzen, welcher durch sich gegenüberstehenden Winkel und eine Bohrung im zu befestigen Querträger gesteckt wird. Die verwendeten L-Winkel sind ISO 657-2 $40 \times 35 \times 4$ Profile welche auf 40 mm zugeschnitten werden. Der Abstand zwischen den Winkeln ist mit 40 mm so gewählt, dass der Querträger zwischen die Winkel geschoben werden kann. Am Fuß des Winkels ist eine 6 mm Bohrung eingelassen. Sie wird für die Schraubverbindung mit Nutensteinen und M6 Zylinderkopfschrauben auf der Oberseite des Längsprofil verwendet. Auf der im lotrecht zum Längsträger stehenden Seite des L-Winkels ist ebenfalls eine Bohrung eingelassen, durch die der Bolzen gesteckt wird. Die Bohrung weist einen Durchmesser von 12 mm auf, um ausreichend Spiel für den 10 mm großen Steckbolzen zu gewährleisten. Das Spiel ist wichtig, um bei einem leichten Versatz der Querprofile zur Bohrung um L-Winkel den Steckbolzen weiterhin einstecken zu können und unter Belastung keine Scherkräfte zwischen Bohrung im Winkel und Steckbolzen entstehen zu lassen.

Die Länge des Steckbolzen ist so gewählt, dass er mit circa 60 mm durch beide Winkel gesteckt werden kann. Am Ende des Bolzens ist eine kleine Bohrung eingelassen, durch die ein Splint gesteckt wird. Er verhindert das ungewollte Lösen der Steckverbindung.



(a) ISO 657-2 40x35x4 Winkel im Abstand von 40 mm



(b) Steckbolzen mit Splint
(Quelle: STABILO))

Abbildung 4.10: Bestandteile der Steckverbindung

4.3.5 Auflager Auszug

Der Auszug wird im ausgefahrenen Zustand von den in Abschnitt 4.3.3 beschriebenen Stützrädern gelagert. Im eingefahrenen Zustand übernehmen Tragrollen diese

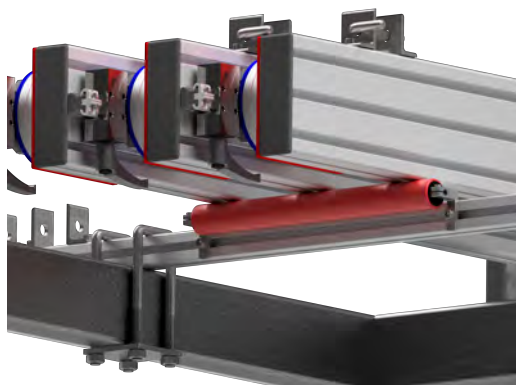
Aufgabe. Durch Achsböcke werden sie am letzten Querprofil des Trailers sowie an der Querträgeraufnahme (Abbildung 4.11) gehalten.

Tragrolle

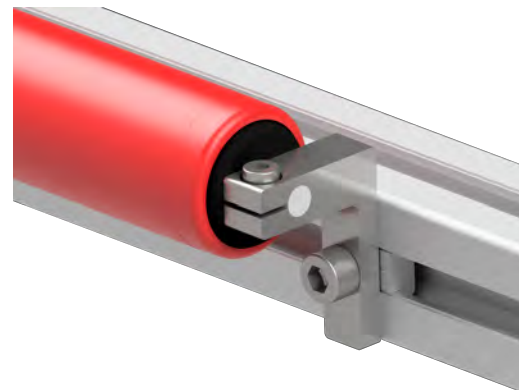
Die Tragrolle ist ein zylindrisch geformte Rolle, die mit Kugellagern auf einer Achse gelagert ist. Die Länge von 300 mm stellt sicher, dass alle Segmente des Auszuges auf der Tragrolle aufliegen. Das Rohrmaterial aus Polyvinylchlorid (PVC) schützt den Auszug vor Kratzspuren und Korrosion.

Achsbock

Die Enden der Achse werden in den Achsbock mit der Bauteilnummer 001.003.001.002 eingesetzt. Quer dazu spannt eine M6 Schraube die Achse ein. Für die Montage des Achsbockes selbst ist eine dritte Bohrung vorhanden.



(a) Auszug von Tragrolle gestützt



(b) Achsbock

Abbildung 4.11: Tragrolle mit Achsbock

4.4 Transportaufnahme

Für den Transport der 10 Querträger sind seitlich vom Fahrgestell sowie in der Deichsel Transportaufnahmen angebracht. Sie sind mit dem selben Stecksystem wie auf dem Auszug ausgestattet. Daddurch ist es möglich, die Querträger schnell aus der Transportaufnahme zu nehmen und auf den Auszug zu stecken. Die Konstruktion wurde mit 30×30 mm Konstruktionsprofilen umgesetzt. Am Fahrgestell befestigt werden die Konstruktionsprofile mit Bügelschrauben und Klemmplatten. Dabei ragt die Konstruktion mit einer Gesamtbreite von 2 m über das Fahrgestell hinaus, überschreiten aber nicht die 2.55 m, welche für die HU vorgeschrieben sind. Parallel zum Fahrgestell sind weitere Konstruktionsprofile befestigt. Sie dienen keinem statischen Zweck, sondern stellen einen Schutz für Fußgänger dar. Die über Gelenke angewinkelten Profile sollen im Fall eines Zusammenstoßes eine Person zur Seite drücken

und somit verhindern, dass diese unter den Rädern des Trailers landen. Das vorderste Profil der seitlichen Aufnahme wird für die Querprofilaufnahme in der Deichsel verwendet. Für die Aufnahme in der Deichsel wird ein einzelnes Konstruktionsprofil verwendet, auf dem auch das Stecksystem mittels L-Winkel vorzufinden ist. Die Aufnahme in der Deichsel ermöglicht es 6 Querträger aufzunehmen, wohingegen die beiden seitlichen Aufnahmen nur für jeweils 3 Querträger vorgesehen sind. Insgesamt ist es demnach möglich, bis zu 12 Querträger auf dem Trailer mitzuführen.

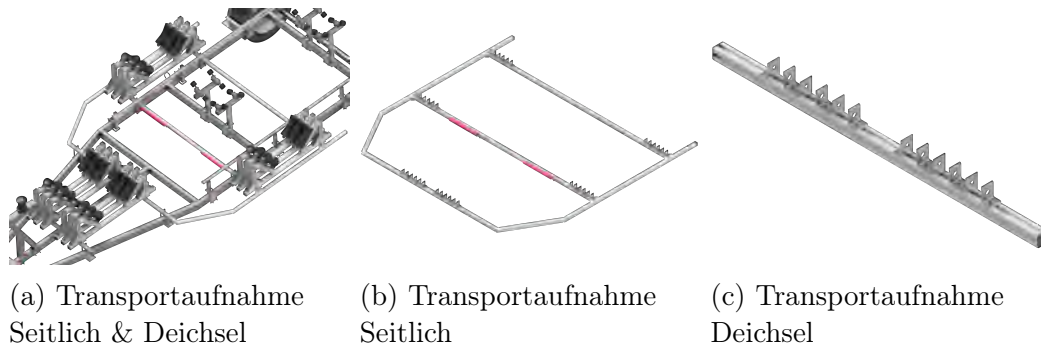


Abbildung 4.12: Transportaufnahme für Querprofile

4.5 Winsch

Um das AUV aus dem Wasser zu bergen, ist eine Winsch auf einem Windenstand in der Deichsel installiert. Verwendet wird sie, um ein mit dem AUV verbundenes Seil aufzuwickeln und somit das AUV auf den Auszug zu ziehen. Im Vergleich zu einer Winde, besteht der Vorteil einer Winsch darin, ein beliebig langes Seil aufspulen zu können. Mit einer Kurbel wird das 2 bis 3 Mal um die Winsch gelegte Seil in Richtung der Deichsel gespult. Zähne, in die die Winsch einrastet, verhindern, dass sich das Seil abwickelt.

4.6 Gesamtgewicht

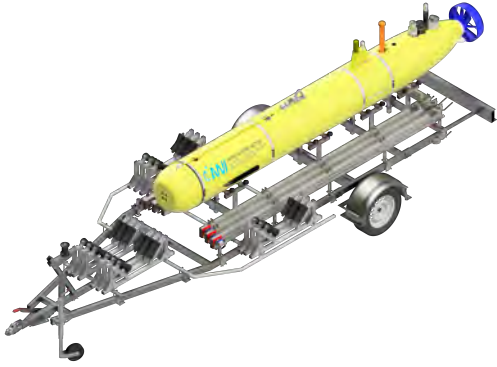
Das Gesamtgewicht wird in folgender Überschlagsrechnung ermittelt, um beurteilen zu können, ob die gegebene Nutzlast des ausgewählten Trailers von 980 kg eingehalten wird. Dafür werden die in den Gleichungen 4.5, 4.7 und 4.9 Gewichte mit deren Anzahl multipliziert. Den größten Anteil der Nutzlast macht dabei das AUV mit 650 kg aus.

$$\begin{aligned}
 m_{ges.} &= (m_{LP} \cdot 6) + (m_{KS} \cdot 6) + (m_{QP} \cdot 10) + m_{AUV} \\
 m_{ges.} &= (23.03 \text{ kg} \cdot 6) + (11.2 \text{ kg} \cdot 6) + (2.7 \text{ kg} \cdot 10) + 650 \text{ kg} \\
 m_{ges.} &= 882.38 \text{ kg}
 \end{aligned} \tag{4.11}$$

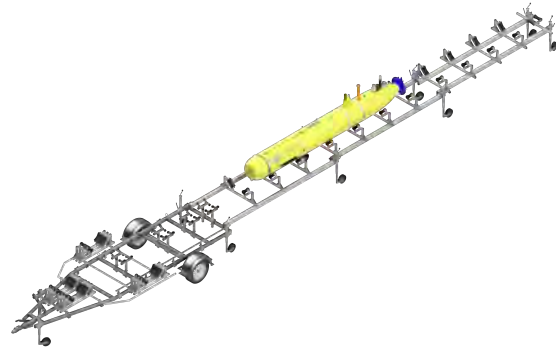
Die Gewichte der Transportaufnahme, der Schweißkonstruktion oder der Gelenke wurden vernachlässigt, da sie in Summe ca. 30 kg ausmachen und die noch zur Verfügung stehenden 100 kg nicht überschreiten.

4.7 Zusammenfassung des Gesamtkonzepts

Das LARS besteht aus einem Ein- und Aussetzmechanismus, welcher auf einer Trägerplattform montiert ist. Die Trägerplattform stellt ein Yachttrailer dar, wohingegen der Mechanismus zum ein- und aussetzen auf dem Prinzip eines Förderbandes beruht. Für den Transport wird das AUV mit einem dem AWI zur Verfügung stehenden Portalkran auf den Trailer gehoben. Dabei liegt das AUV auf den *SUPPER-Rollen* auf, welche jede Sektion einzeln abstützen. Als Transportsicherung werden Spanngurte verwendet, die quer zu Fahrzeugachse gespannt werden und dadurch das AUV auf die *SUPPER-Rollen* presst. Zwei weitere Spanngurte sind durch die mittig angeordnete Kranöse des AUV geführt und in V-Form gespannt. Als Anschlagpunkt dienen Verzurrbeschläge, die in mehrfacher Ausführung am Trailer angebracht sind. Im eingefahrenen Zustand ist der Auszug auf dem Trailer durch die Handklemmelemente gesichert und die Querträger befinden sich in der Transportaufnahme seitlich vom Fahrgestell und in der Deichsel. Für die Nutzung des Ein- und Aussetzmechanismus muss der Trailer rückwärts bis zur Anhängerkupplung in den See gefahren werden. Durch Lösen der Handklemmelemente auf der Kugelschiene kann das innerste Segment des Auszuges über die Tragrollen wenige Zentimeter herausgezogen werden, um die ersten Stützräder am Auszug festzuklemmen. Die Querträger werden nacheinander mithilfe der Steckbolzen auf den Auszug gesteckt. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis alle drei Segmente des Auszuges ausgezogen sind. Durch die variabel einstellbaren Stützräder können Unebenheiten im Boden ausgeglichen werden. Über die Kielrollen ist das AUV in den See schiebbar. Der Bergevorgang sieht die Verwendung der Winsch in der Deichsel sowie einer Bergeleine vor. Mithilfe der Winsch wird das AUV auf den Auszug und folgend auf den Trailer gezogen.



(a) Trailer mit eingefahrenem Auszug



(b) Trailer mit ausgefahrenem Auszug

Abbildung 4.13: Übersicht LARS

5. Fazit und Ausblick

5.1 Fazit

Im Zuge dieser Bachelorarbeit wurde ein LARS entwickelt. Das LARS soll für Freiwassertest mit dem AUV *PAUL300* im Stoteler See verwendet werden. Es stellt den Nachfolger für ein bereits bestehendes System, welches aufgrund der Veränderungen am Fahrzeug nicht weiter genutzt werden kann.

Für den speziellen Einsatz in Stoteler See wurden mehrere Trägerplattformen eruiert. Die Nutzwertanalyse ergab, dass der Trailer die beste Lösung darstellt. Für den Ein- und Aussetzmechanismus wurde ein morphologischer Kasten erstellt, und damit unterschiedliche Lösungen ermittelt. Eine Nutzwertanalyse brachte hervor, dass ein ausziehbares Förderband am geeignetsten ist.

Auf dem Yachttrailer *201300B* sind drei Grundfunktionen vorzufinden: Die AUV-Transportauflage, der Auszug und die Querträgeraufnahme.

Die AUV-Transportaufnahme wurde durch acht *SUPPER-Rollen-Pakete* realisiert, die sich variabel dem Durchmesser des AUV anpassen und jede Sektion einzeln abstützen. Bügelschrauben und Klemmplatten fixieren sie an den Querträgern des Trailers.

Der Auszug ist auf Linearführungen ausziehbar und in drei Segmente gegliedert. Gelenke zwischen den Segmenten verhindern, dass der Kugelwagen aus der Schiene gehebelt wird. Mithilfe von kurbelbaren Stützräder können Unebenheiten im Boden ausgeglichen werden und steckbare Querträger ermöglichen durch Kielrollen das AUV in den See zu schieben.

Damit die Querträger auf dem Trailer mitgeführt werden können, wurden Aufnahmen für diese in der Deichsel sowie neben dem Fahrgestell realisiert. Mit demselben Stecksystem, wie es auf dem Auszug vorzufinden ist, können die Querträger schnell gesichert werden. Ein gewinkeltes Konstruktionsprofil dient dem Fußgängerschutz und erfüllt unter anderem die Anforderung der HU, dass keine schlaffen Kanten vorzufinden sein dürfen.

Bei der Konstruktion wurde mit den Nutensteinen auf vorwiegend schraubbare Verbindungen gesetzt, lediglich für die Stützradhalter wurde auf eine Schweißkonstruktio-

on gesetzt. Die Konstruktionsprofile wurden auf die geforderte Belastung von 650 kg mit einem Sicherheitsfaktor von $\nu = 1,75$ ausgelegt und anhand des Widerstandsmoments ausgewählt. Die verwendeten Werkstoffe sind korrosionsbeständig oder mit einer korrosionsbeständigen Oberflächenbeschichtung versehen.

Wie in Abschnitt 4.11 beschrieben, wird die Nutzlast inklusive AUV eingehalten. Die zu überbrückende Strecke wird in Summe ebenfalls durch die Länge des Trailers (6 m) und des Auszuges (10 m) erreicht.

5.2 Ausblick

Die folgenden Schritte bestehen darin, die theoretisch ausgearbeitet Konstruktion durch einen Prototyp zu validieren. Die Last des AUV ist hierbei durch ein bereits vorhandenen AUV-Dummy simulierbar. Sollte sich hierbei herausstelle, dass einzelne Komponenten wie die Querprofile in nicht ausreichender Anzahl vorhanden sind, wäre es möglich zusätzliche einzusetzen. Nach Bestehen des Prototyps wäre es denkbar, die modularen Konstruktionsprofilen gegen ein final geschweißten Auszug auszutauschen. Dieser würde nicht aus Aluminium besteht und durch die größere Dehngrenze deutlich belastbarer werden. Des Weiteren muss eine Lösung für die Stützräder gefunden werden, welche bisher separat zum Trailer mitgeführt werden müssen. Durch breitere Luftreifen kann das Risiko des einsinken minimiert werden. Auch für die Längsprofile, die während des Transports mit einer Seite nur auf den Tragrollen aufliegen, muss eine Lösung gefunden werden.

Die Nutzung des Trailers auf öffentlichen Straßen erfordert eine HU. Hierfür muss in jedem Fall die Achse des Trailers auf den Schwerpunkt des AUV eingestellt werden und ggf. Anpassungskonstruktionen vorgenommen werden. Darüber hinaus muss, nachdem der Trailer gebaut wurde, ein Nachweis über die Tragfähigkeit des Gestells erbracht werden. Eine Tempo 100 km h⁻¹ Zulassung kann zudem beantragt werden.

A. Literaturverzeichnis

- [1] Sina Löschke, Hrsg. *Lebensgarant Ozean - nachhaltig nutzen, wirksam schützen*. Bd. 7.2021. World ocean review /Deutsche Ausgabe]. Hamburg: maribus gGmbH, 2021. ISBN: 978-3-86648-697-3. URL: <https://worldoceanreview.com/de/.wor-7/>.
- [2] Thomas Loerting und Hanns–Peter Liermann. „Wasser in der Erde und in kosmischen Eiswelten“. In: *Physik in unserer Zeit* 53.3 (2022), S. 116–124. ISSN: 0031-9252. DOI: 10.1002/piuz.202201636.
- [3] Yasemin Saplakoglu. „Explorer Reaches Bottom of the Mariana Trench, Breaks Record for Deepest Dive Ever“. In: *Live Science* (2019-05-13). URL: <https://www.livescience.com/65468-explorer-breaks-record-deepest-ocean-dive.html> (besucht am 19.07.2022).
- [4] Wenyan Zhang und Christiane Eschenbach. *Bedeutung der Biodiversität für Ökosystemfunktionen und Küstenformen*. 2020. DOI: 10.2312/eskp.2020.1.1.6.
- [5] Ulf Riebesell und Lennart Bach. „Ozeanversauerung: Gewinner und Verlierer im Plankton“. In: *Faszination Meeresforschung*. Hrsg. von Gotthilf Hempel, Kai Bischof und Wilhelm Hagen. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017, S. 357–364. ISBN: 978-3-662-49713-5. DOI: 10.1007/978-3-662-49714-2_33.
- [6] Prof. Dr. Thomas Friedl. *Haben Algen Einfluss auf das Klima?* 2022-06-02. URL: <https://www.ds.mpg.de/116147/20> (besucht am 02.06.2022).
- [7] *Profil - AWI*. 14/11/2022. URL: <https://www.awi.de/ueber-uns/organisation/profil.html> (besucht am 01.12.2022).
- [8] *COSYNA*. 2022-07-19. URL: https://www.hereon.de/institutes/carbon_cycles/cosyna/index.php.de (besucht am 19.07.2022).
- [9] Burkard Baschek u. a. „The Coastal Observing System for Northern and Arctic Seas (COSYNA)“. In: *Ocean Science* 13.3 (2017), S. 379–410. DOI: 10.5194/os-13-379-2017.

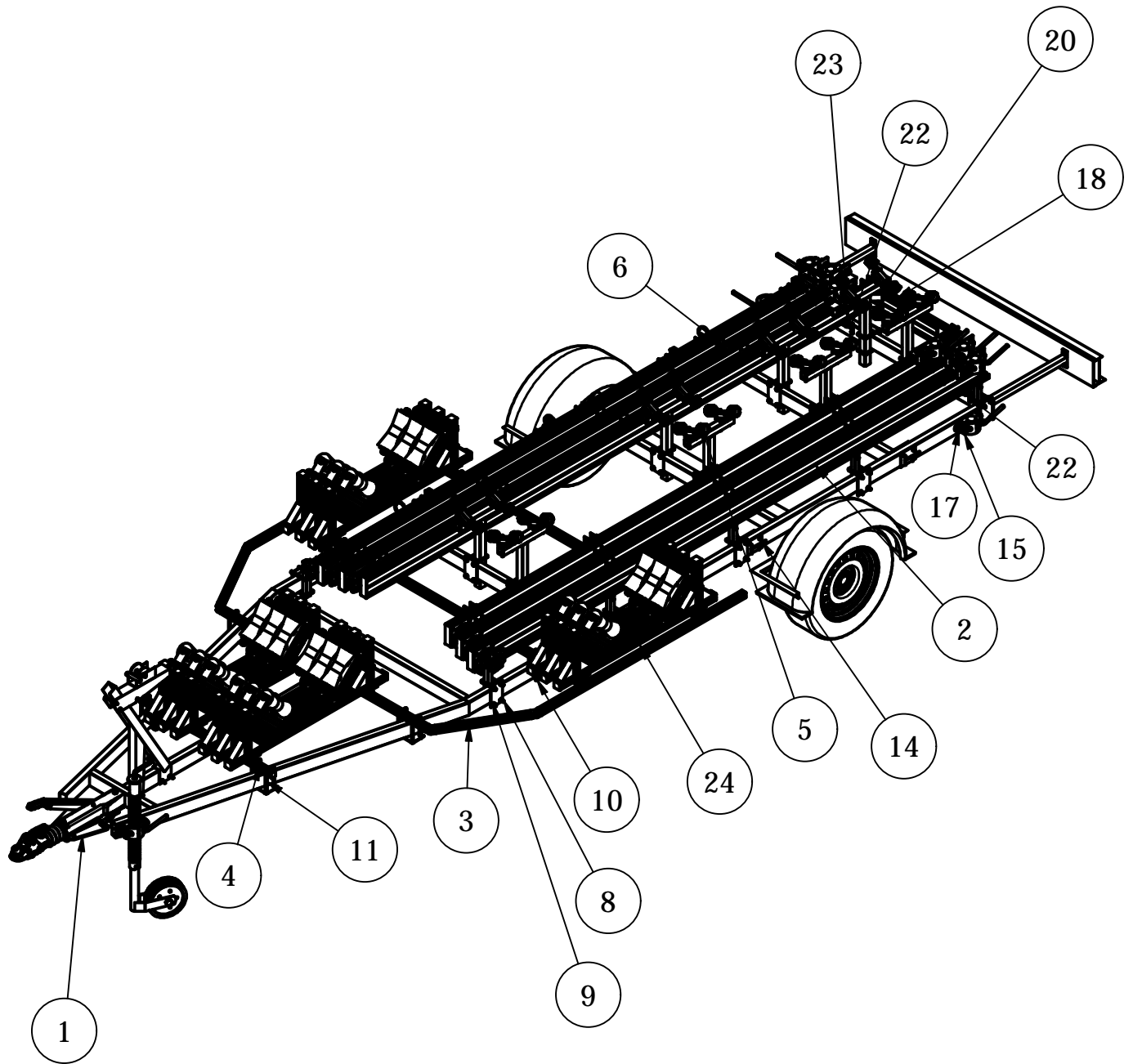
- [10] *Global Ocean Observing System - Why observe the ocean?* 2022-07-25. URL: https://www.goosoocean.org/index.php?option=com_content&view=article&id=274&Itemid=412 (besucht am 25.07.2022).
- [11] Normen Lochthofen u. a. „A Subsea Winched Profiling System (SWIPS) for Long-Term High-Resolution Measurements in Ocean Surface Layers“. In: *Marine Technology Society Journal* 55.2 (2021), S. 165–171. DOI: 10.4031/MTSJ.55.2.3.
- [12] Oliver Zielinski u. a. „The Spiekeroog Coastal Observatory: A Scientific Infrastructure at the Land-Sea Transition Zone (Southern North Sea)“. In: *Frontiers in Marine Science* 8 (2022). DOI: 10.3389/fmars.2021.754905.
- [13] Jens Wellhausen, Nick Rüssmeier und Jan Schulz. „Cost Efficient Airborne Remote Sensing of the Wadden Sea“. In: *Photogrammetrie - Laserscanning - optische 3D-Messtechnik*. Hrsg. von Thomas Luhmann und Christina Schumacher. Berlin und Offenbach: Wichmann, 2017, S. 174–181. ISBN: 978-3-87907-625-3.
- [14] Peter Linke und Klas Lackschewitz. „Autonomous Underwater Vehicle „ABYSS““. In: *Journal of large-scale research facilities JLSRF* 2 (2016). DOI: 10.17815/jlsrf-2-149.
- [15] Gerrit Meinecke. „H-ROV-LARS: Entwicklung eines Aussetz- und Bergesystems mit integrierter, neuartiger Kommunikation und Ortung für das Hybrid-ROV (LARS), Schlussbericht“. In: *Berichte aus dem MARUM und dem Fachbereich Geowissenschaften der Universität Bremen* 322 (2019), S. 1–19. URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:46-00107691-18>.
- [16] Edoardo I. Sarda und Manhar R. Dhanak. „Launch and Recovery of an Autonomous Underwater Vehicle from a Station-Keeping Unmanned Surface Vehicle“. In: *IEEE Journal of Oceanic Engineering* 44.2 (2019), S. 290–299. ISSN: 0364-9059. DOI: 10.1109/JOE.2018.2867988. URL: https://www.researchgate.net/publication/327781976_Launch_and_Recovery_of_an_Autonomous_Underwater_Vehicle_From_a_Station-Keeping_Unmanned_Surface_Vehicle.
- [17] Paul Naefe. *Einführung in das methodische Konstruieren: Für Studium und Praxis*. 1. Aufl. Aus dem Programm Maschinenelemente und Konstruktion. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2009. ISBN: 978-3-8348-0433-4.
- [18] Marius Beilhammer. „TÜV für Anhänger Umbau: Was gilt es zu beachten?“ In: *MotorräderNews* (2017-01-02). URL: <https://www.motorraeder-news.de/tuev-fuer-anhaenger-umbau/> (besucht am 25.11.2022).

B. Technische Zeichnungen & Anforderungsliste

BAUTEILLISTE

OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER
2	2	001.002.000.000
22	4	001.003.001.002
4	1	001.003.002.000
3	10	001.004.000.000
7	22	001.005.000.000
10	4	001.006.000.000
8	36	Bügelschraube M10 42x100 mm
11	16	Bügelschraube M10 42x130 mm
12	8	ISO 4014 - M6 x 55
17	4	ISO 4017 - M16 x 65
13	8	ISO 4032 - M6
9	104	ISO 4032 - M10
16	4	ISO 4032 - M16
21	16	ISO 4762 - M6 x 16
18	1	item Profil 120x40 L=538.5
20	4	item Winkel 80x80 - 90°
19	16	Nutenstein_N8_M6_VA
6	24	Steckbolzen
15	2	Stützradhalter
5	8	SUPPER-ROLLEN-Paket 4X
23	2	Tragrolle
1	1	Trailer
14	6	Verzurrbeschlag

Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022	
Alfred-Wegener-Institut			LARS		
			001.000.000.000	Ausgabe	Blatt 1 / 2



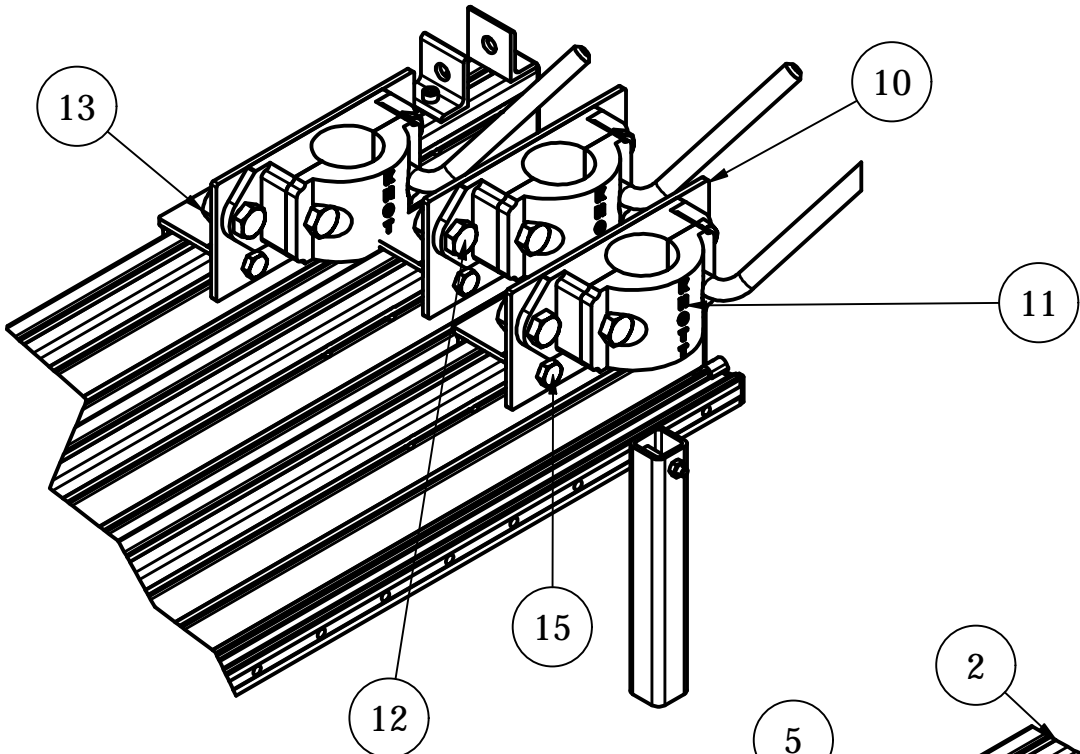
Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022	
Alfred-Wegener-Institut			LARS		
			001.000.000.000	Ausgabe	Blatt 2 / 2

BAUTEILLISTE

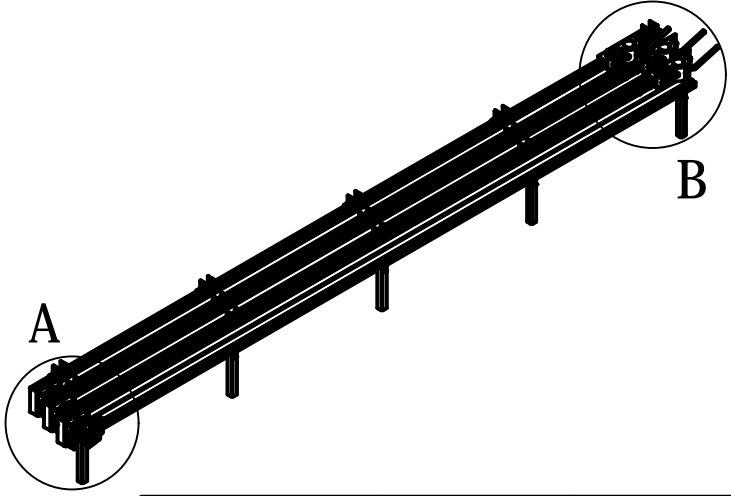
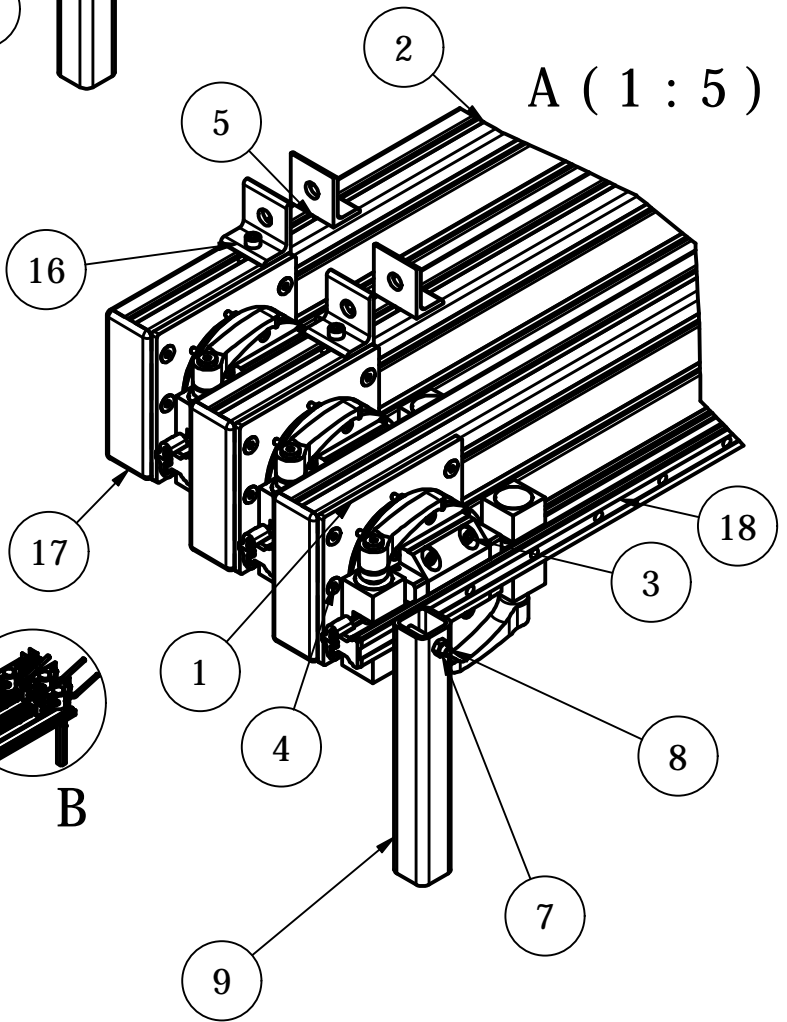
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER
2	3	001.002.001.000
1	3	001.002.002.000
18	3	001.002.003.000
16	22	001.002.005.000
10	3	001.002.006.000
15	9	ISO 4014 - M10 x 60
12	6	ISO 4017 - M14 x 30
7	5	ISO 4032 - M6
14	9	ISO 4032 - M10
13	6	ISO 4032 - M16
3	36	ISO 4762 - M6 x 16
6	116	ISO 4762 - M6 x 25
8	5	ISO 4762 - M6 x 55
4	18	ISO 10642 - M6 x 16
9	5	ISO 10799-2 - 30x30x3 - 200
17	6	item Abdeckkappe 120x40
5	158	Nutenstein_N8_M6_VA
11	3	Stützradhalter

Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022	
Alfred-Wegener-Institut			Auszug		
			001.002.000.000	Ausgabe	Blatt 1 / 2

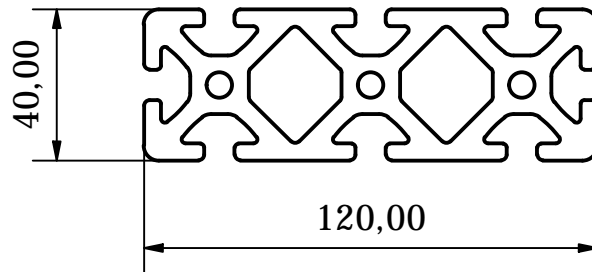
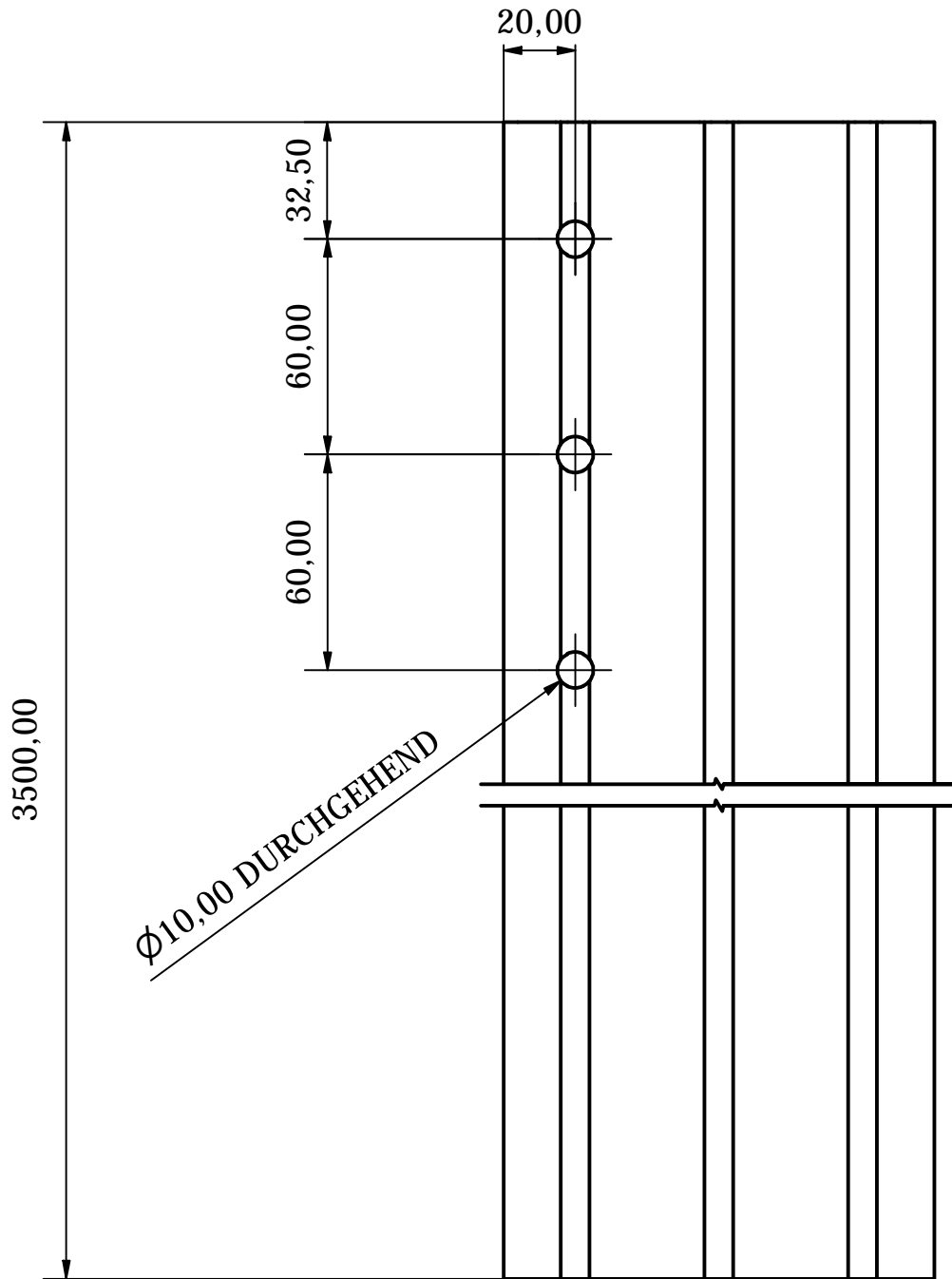
B (1 : 5)



A (1 : 5)

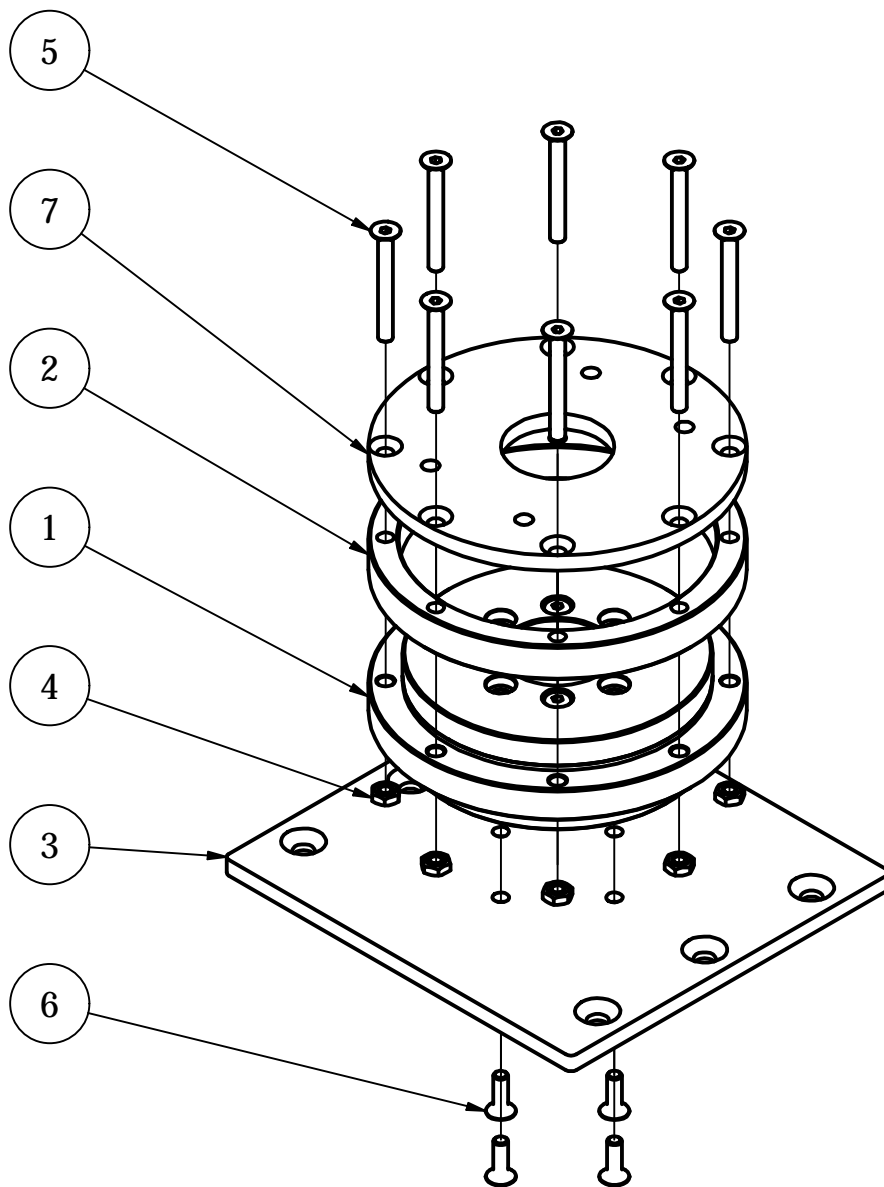


Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			Auszug	
			001.002.000.000	Ausgabe Blatt 2 / 2

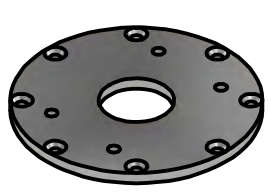
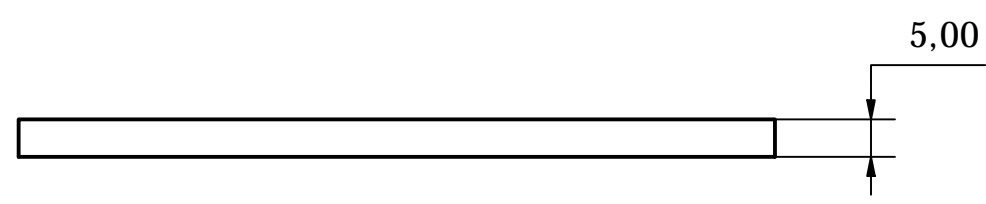
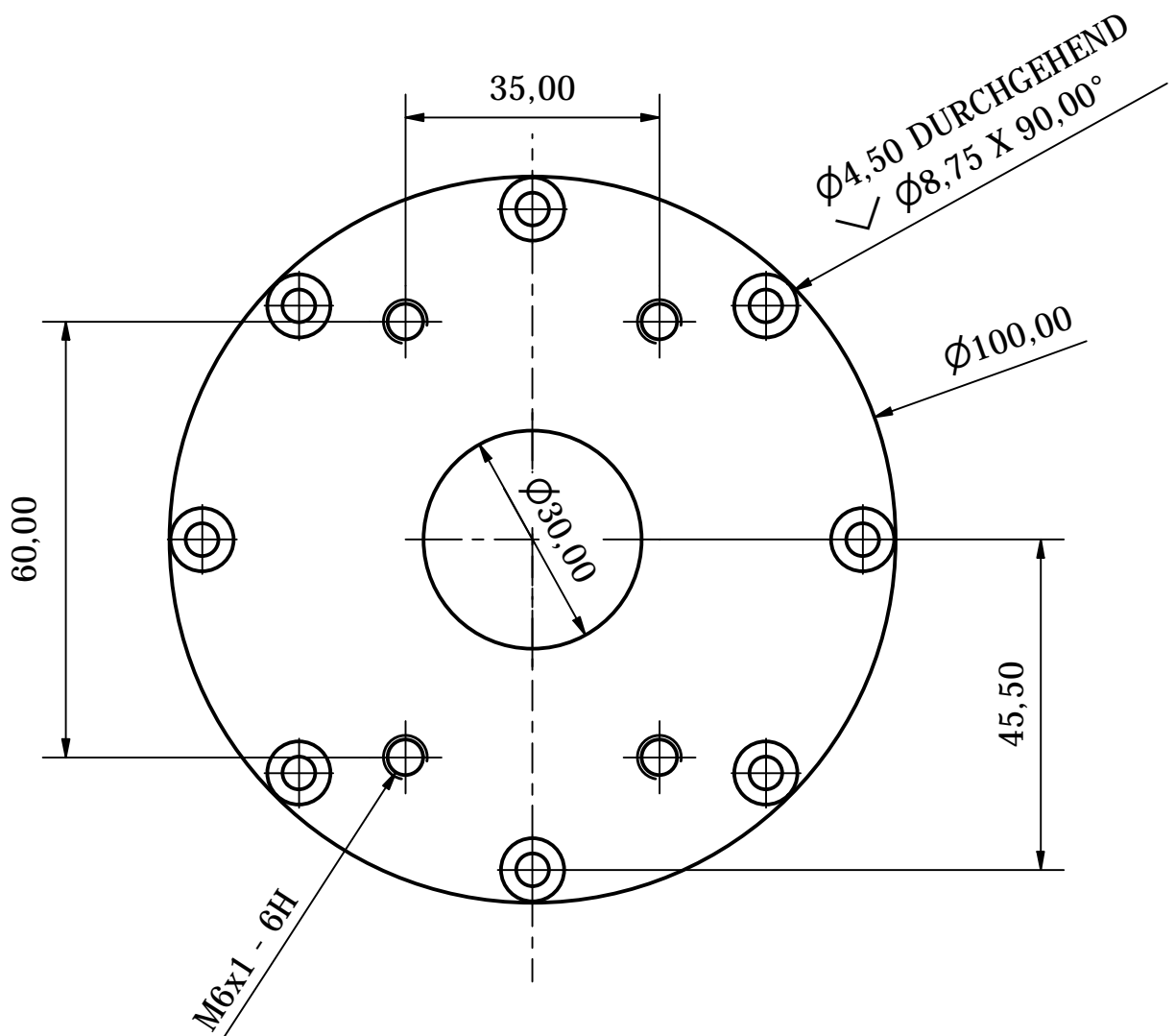


Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 26.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			item Profil 8 120x40	
			001.002.001.000	Ausgabe Blatt 1 / 1

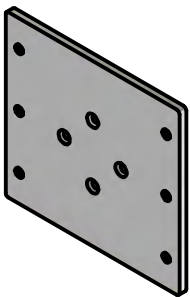
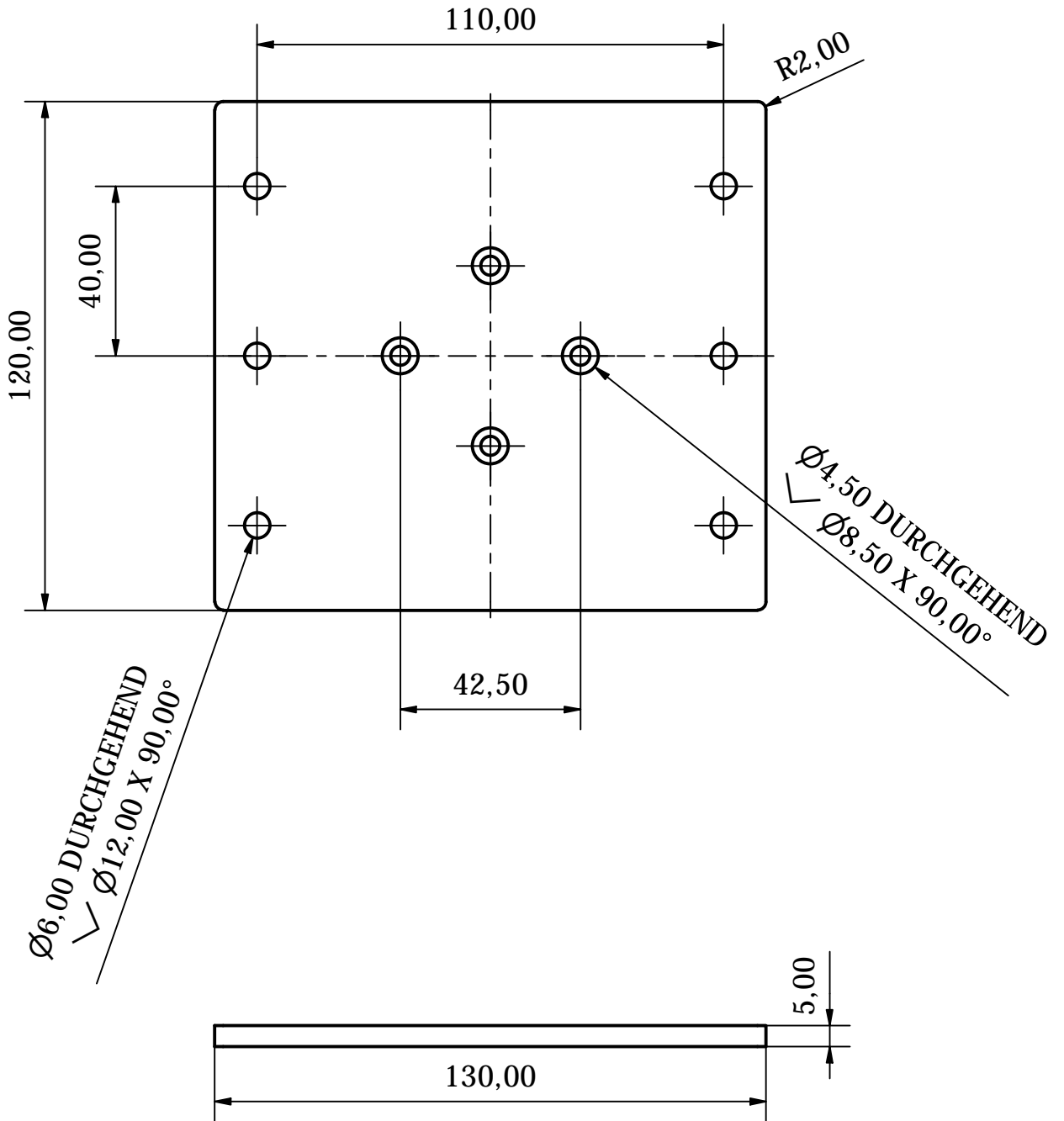
BAUTEILLISTE		
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER
1	1	IGUS PRT-01-30
2	1	IGUS PRT-01-30-DR
7	1	001.002.002.003
3	1	001.002.002.004
4	8	ISO 4032 - M4
6	4	ISO 10642 - M4 x 12
5	8	ISO 10642 - M4 x 35



Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 26.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			Gelenk	
			001.002.002.000	Ausgabe Blatt 1 / 1



Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 26.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			Lochscheibe	
			001.002.002.003	Ausgabe Blatt 1 / 1

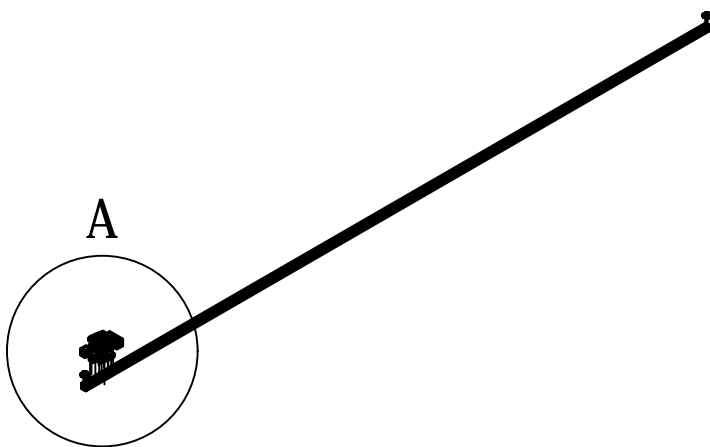
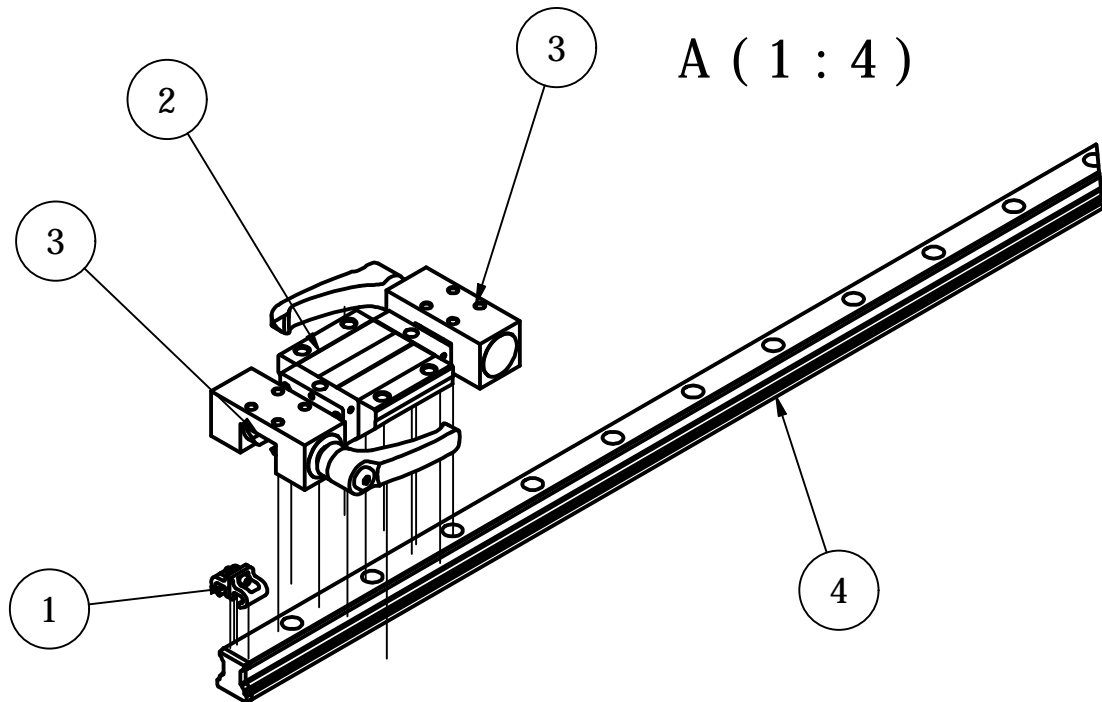


Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 26.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			Flanschplatte	
			001.002.002.004	Ausgabe Blatt 1 / 1

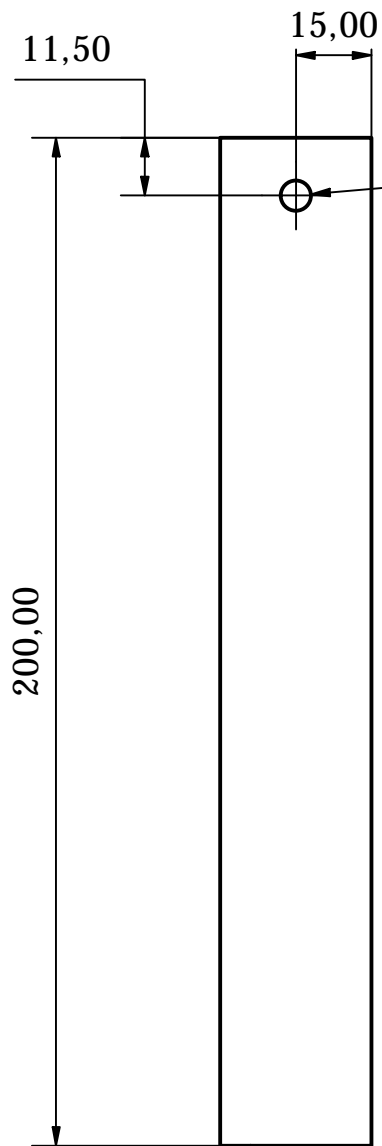
BAUTEILLISTE

OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER
1	2	Bandsicherung
2	1	Kugelwagen_KWC-025-FNN-CR-C0-H-SS-0-02-00-45-BX-LS
3	2	Handklemmelement
4	1	KUGELSCHIENE CR L=3500 mm

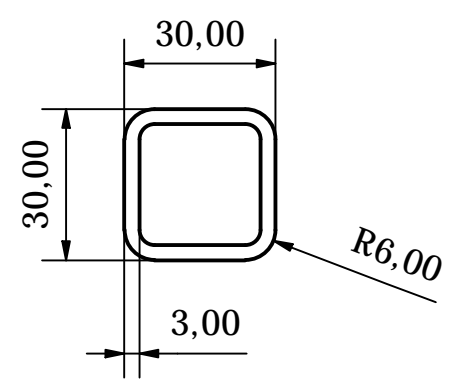
A (1 : 4)



Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			Linearführung	
			001.002.003.000	Ausgabe Blatt 1 / 1

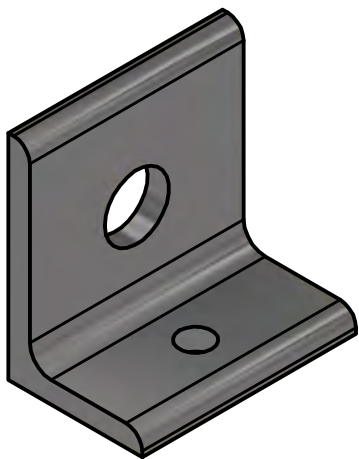
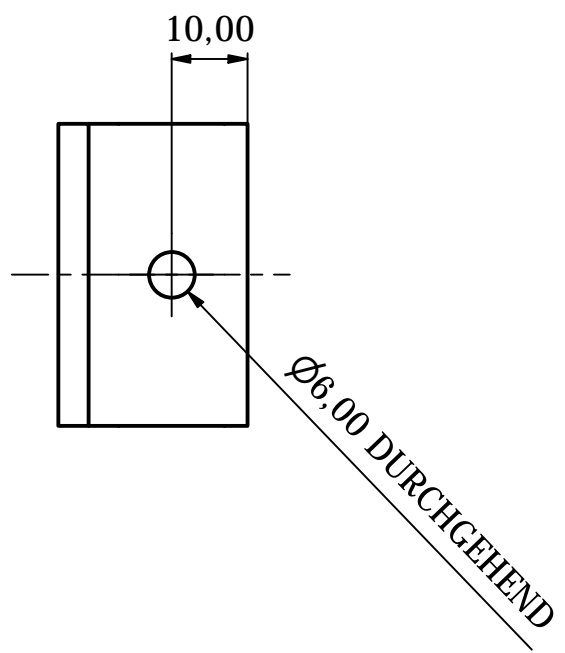
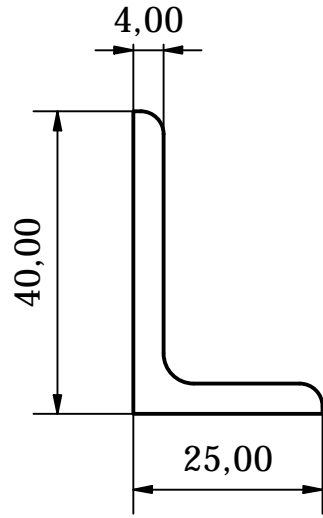
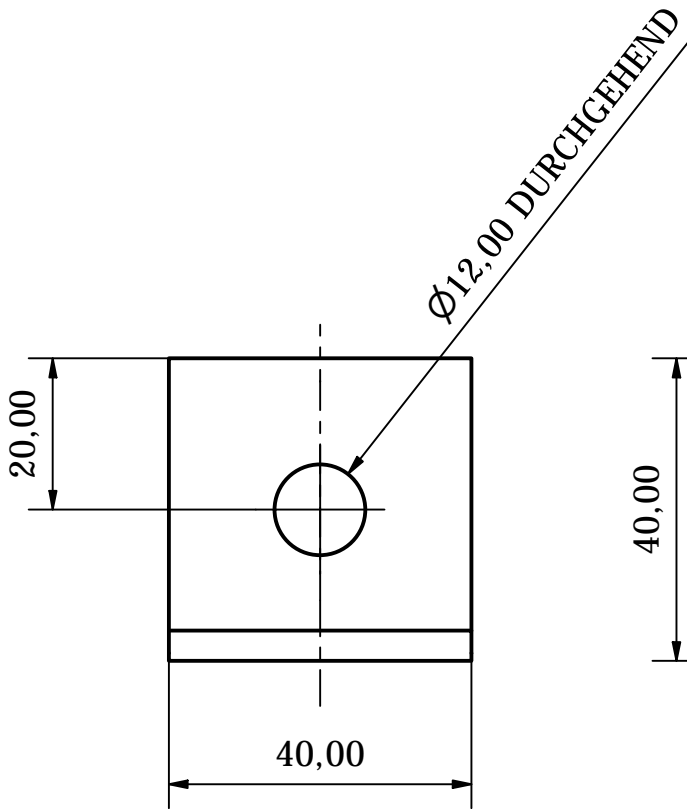


Ø6,00 DURCHGEHEND



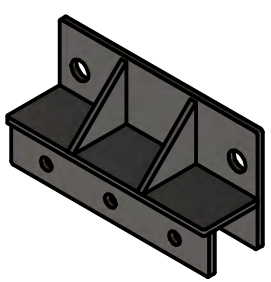
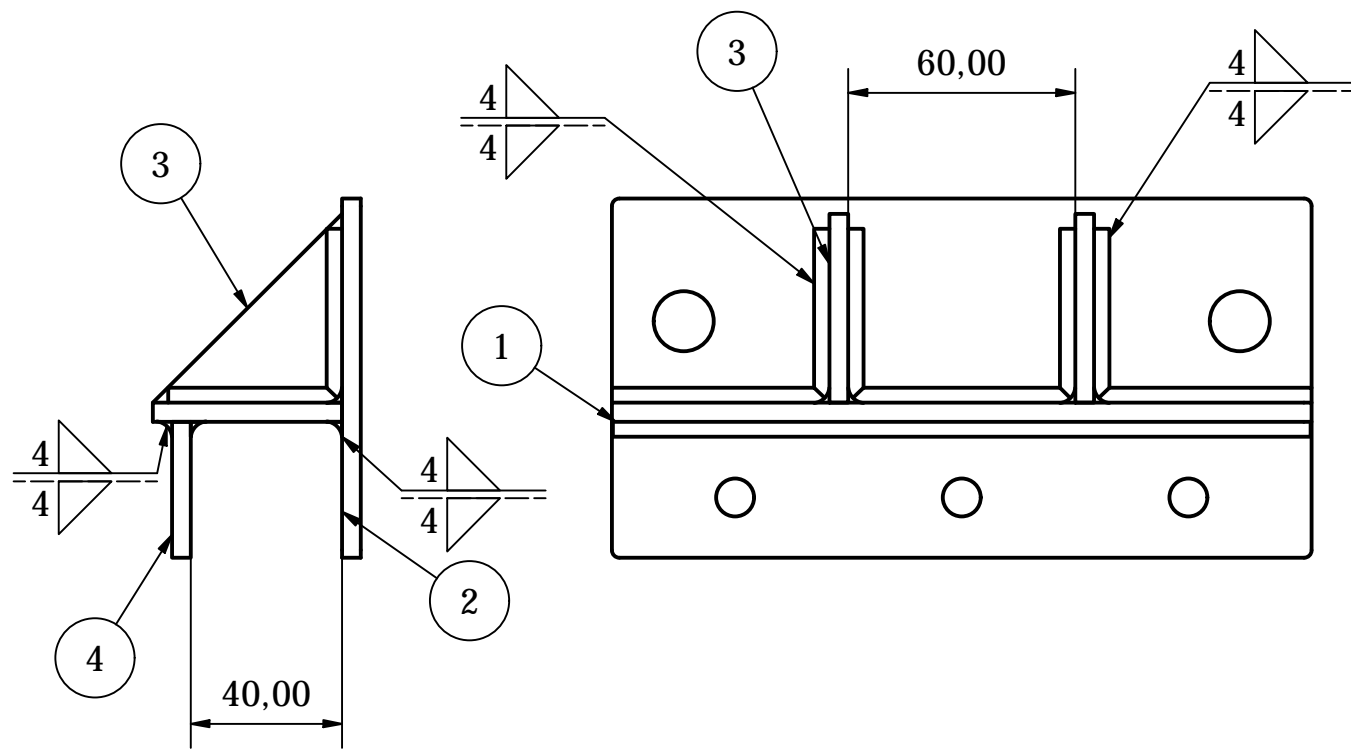
Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			ISO 10799-2 30x30x3 - 200 mm	
			001.002.004.000	Ausgabe Blatt 1 / 1



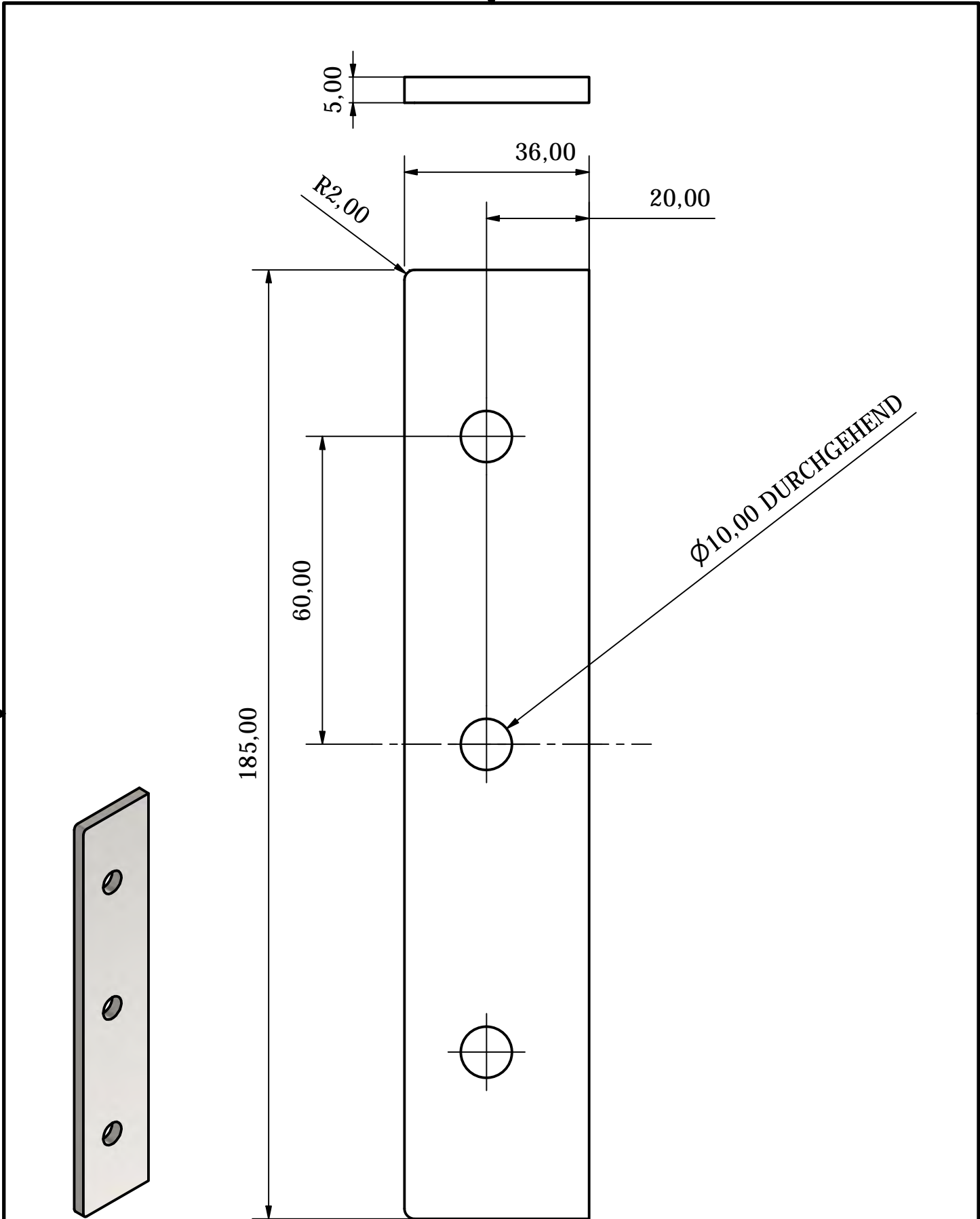


Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			ISO 657-2 - 40x35x4 - 40 mm	
			001.002.005.000	Ausgabe Blatt 1 / 1

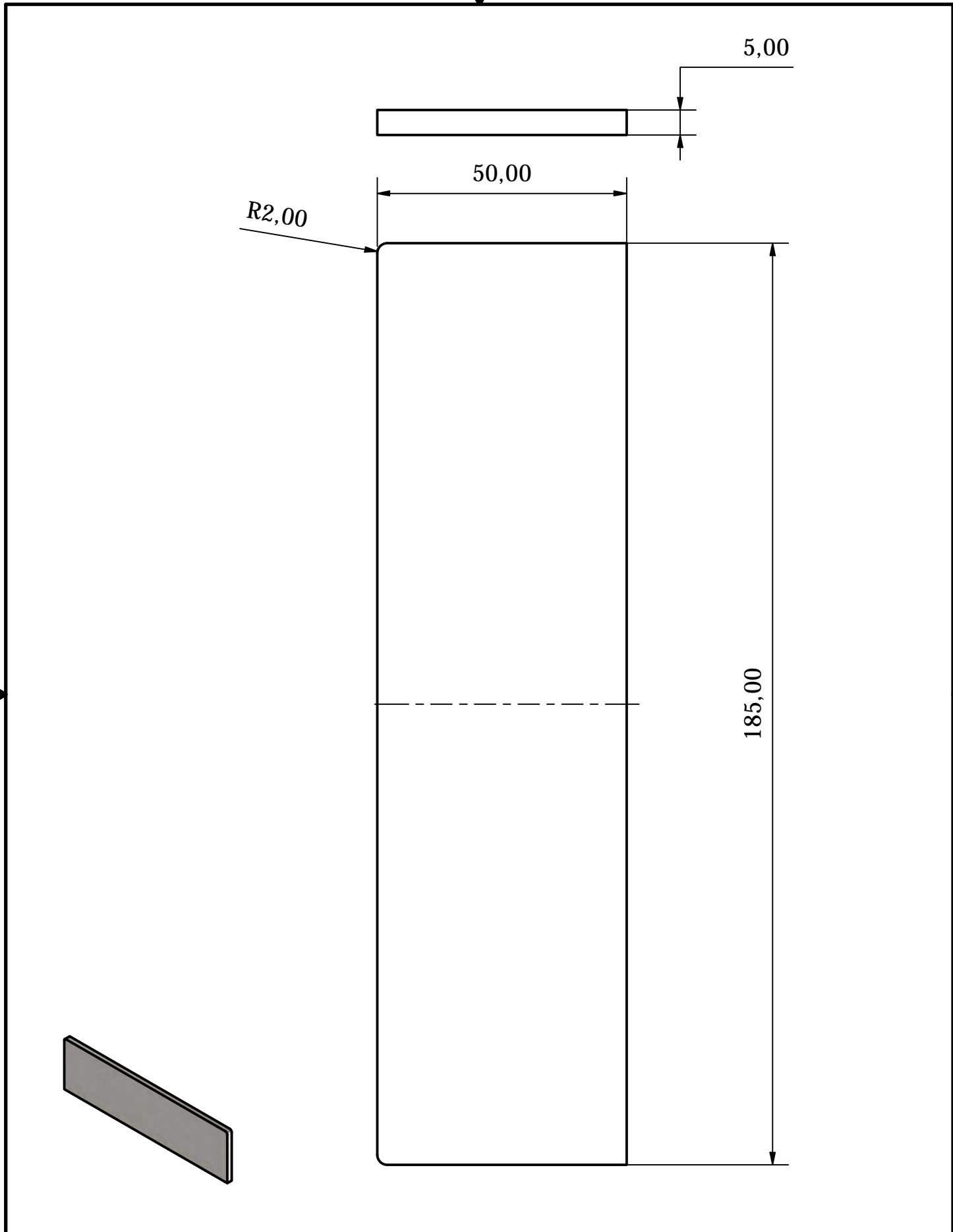
BAUTEILLISTE		
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER
4	1	001.002.006.001
1	1	001.002.006.002
2	1	001.002.006.003
3	2	001.002.006.004



Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			Schweißkonstruktion	
			001.002.006.000	Ausgabe Blatt 1 / 1

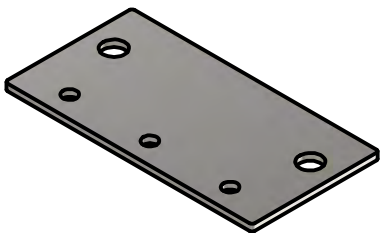
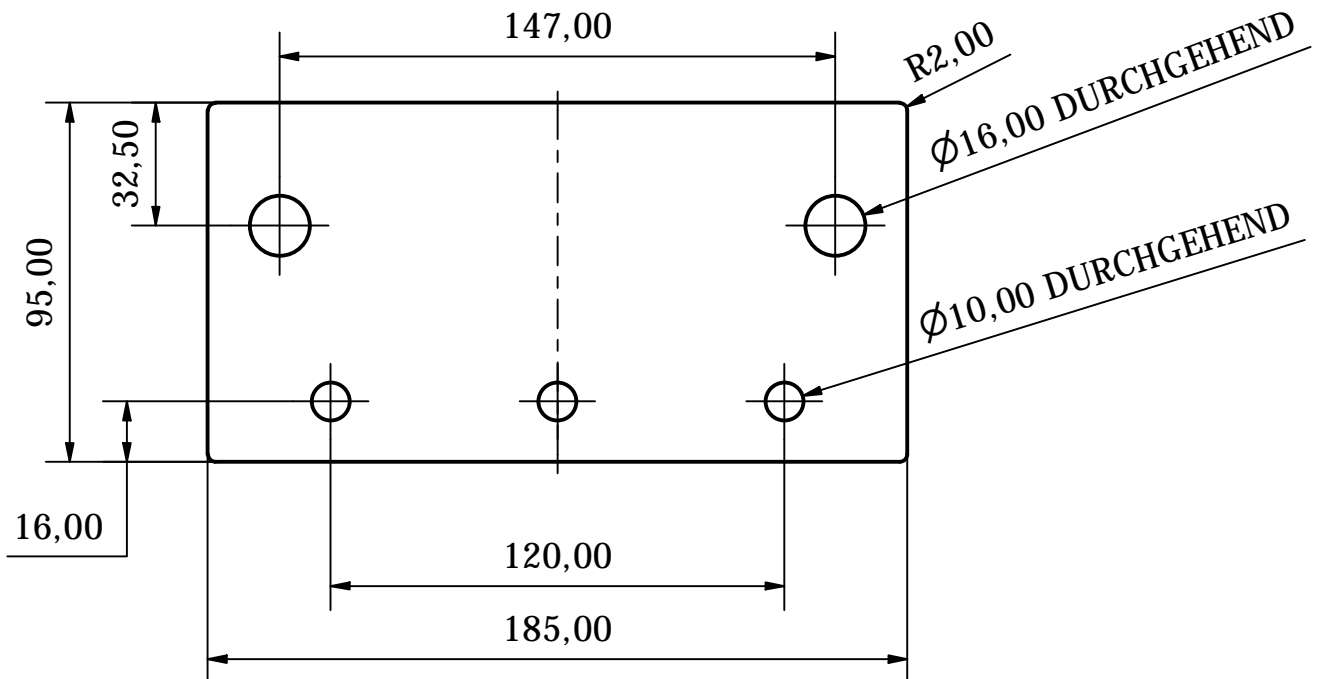
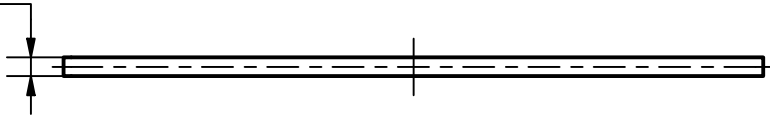


Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022	
Alfred-Wegener-Institut			Bohrplatte		
			001.002.006.001	Ausgabe	Blatt 1 / 1



Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022	
Alfred-Wegener-Institut			Grundplatte		
			001.002.006.002	Ausgabe	Blatt 1 / 1

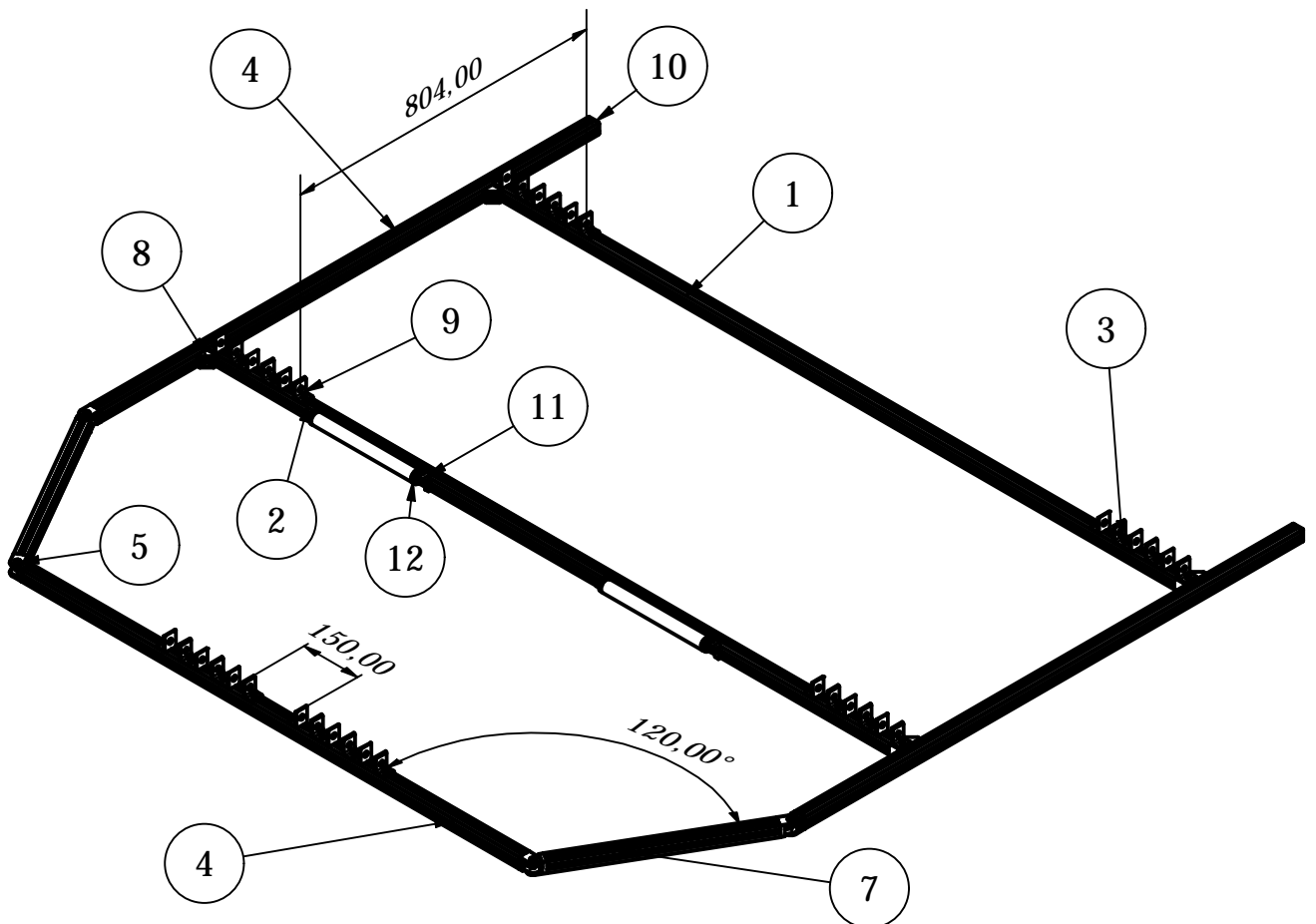
5,00



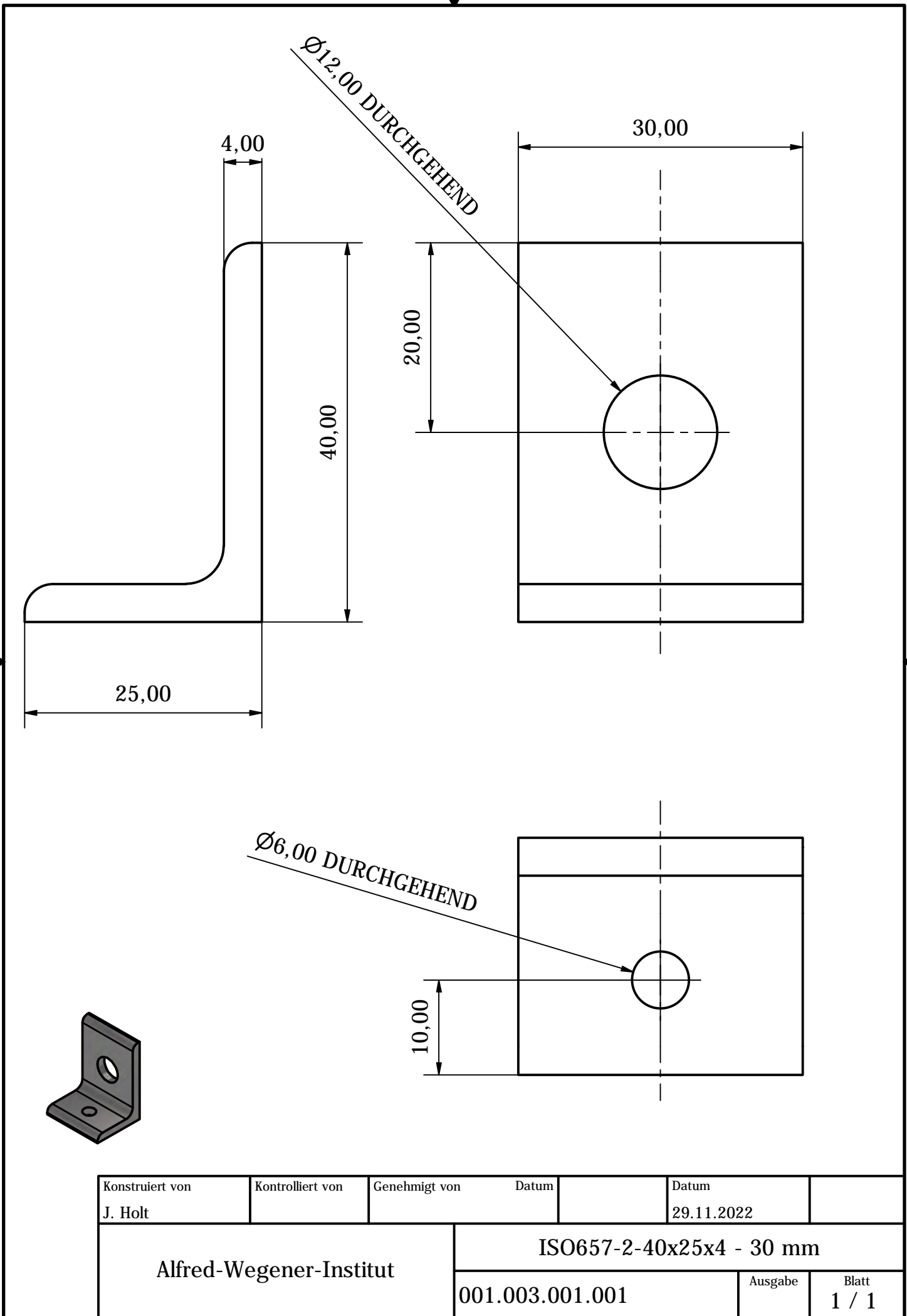
Konstruiert von	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum	
J. Holt				29.11.2022	
Alfred-Wegener-Institut			Montageplatte		
			001.002.006.003	Ausgabe	Blatt
					1 / 1

BAUTEILLISTE

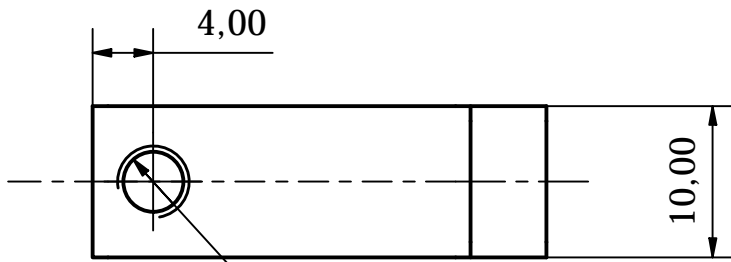
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER
9	36	001.003.001.001
11	4	001.003.001.002
7	2	Bosch Rexroth 30x30 - 480 mm
4	3	Bosch Rexroth 30x30 - 1400 mm
1	2	Bosch Rexroth 30x30 - 1950 mm
5	4	Bosch Rexroth Gelenk 30x30
8	8	Bosch Rexroth Winkel 30x30
3	52	ISO 4762 - M6 x 12
10	2	item Abdeckkappe 30x30
2	52	Nutenstein_N8_M6_VA
12	2	Tragrolle



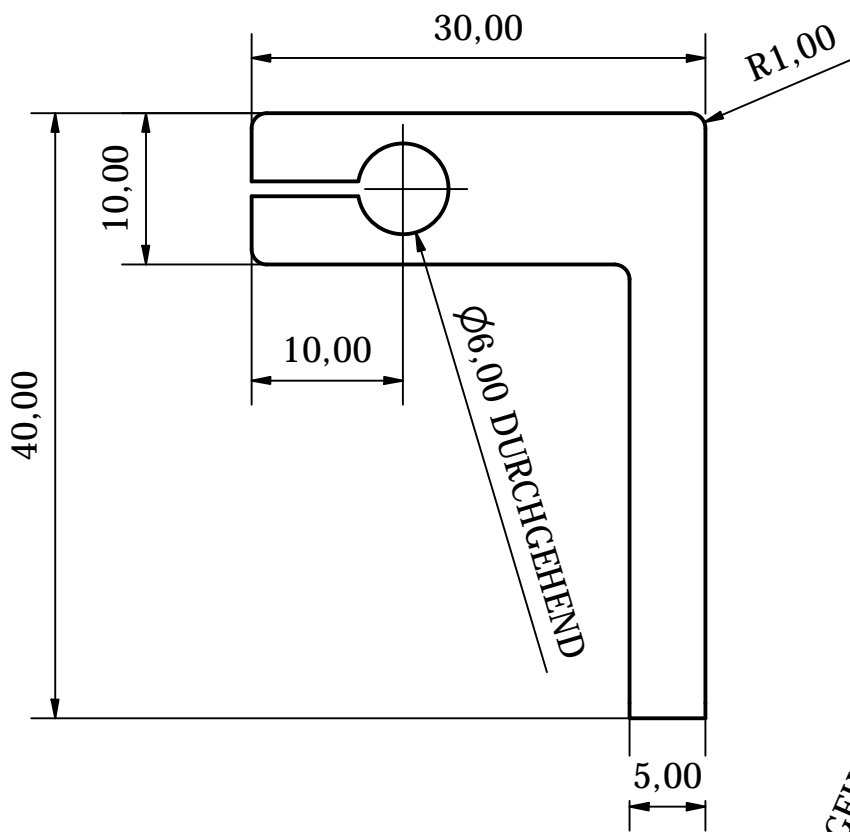
Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			Querträgeraufnahme - Seitlich	
			001.003.000.000	Ausgabe Blatt 1 / 1



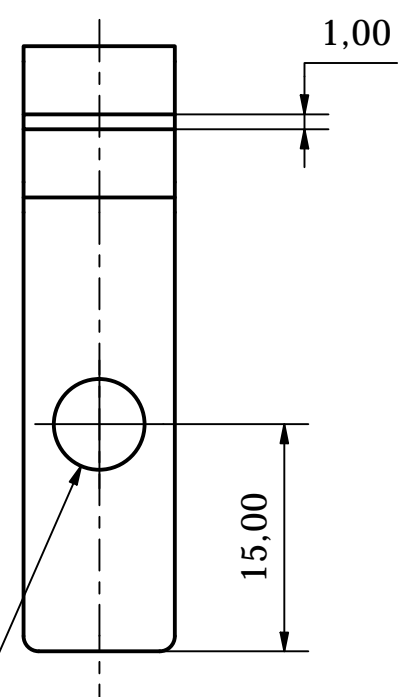
Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			ISO657-2-40x25x4 - 30 mm	
			001.003.001.001	Ausgabe Blatt 1 / 1



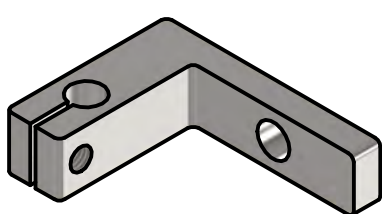
Ø4,00 DURCHGEHEND
└┘ Ø6,00 ▽ 2,00



Ø6,00 DURCHGEHEND



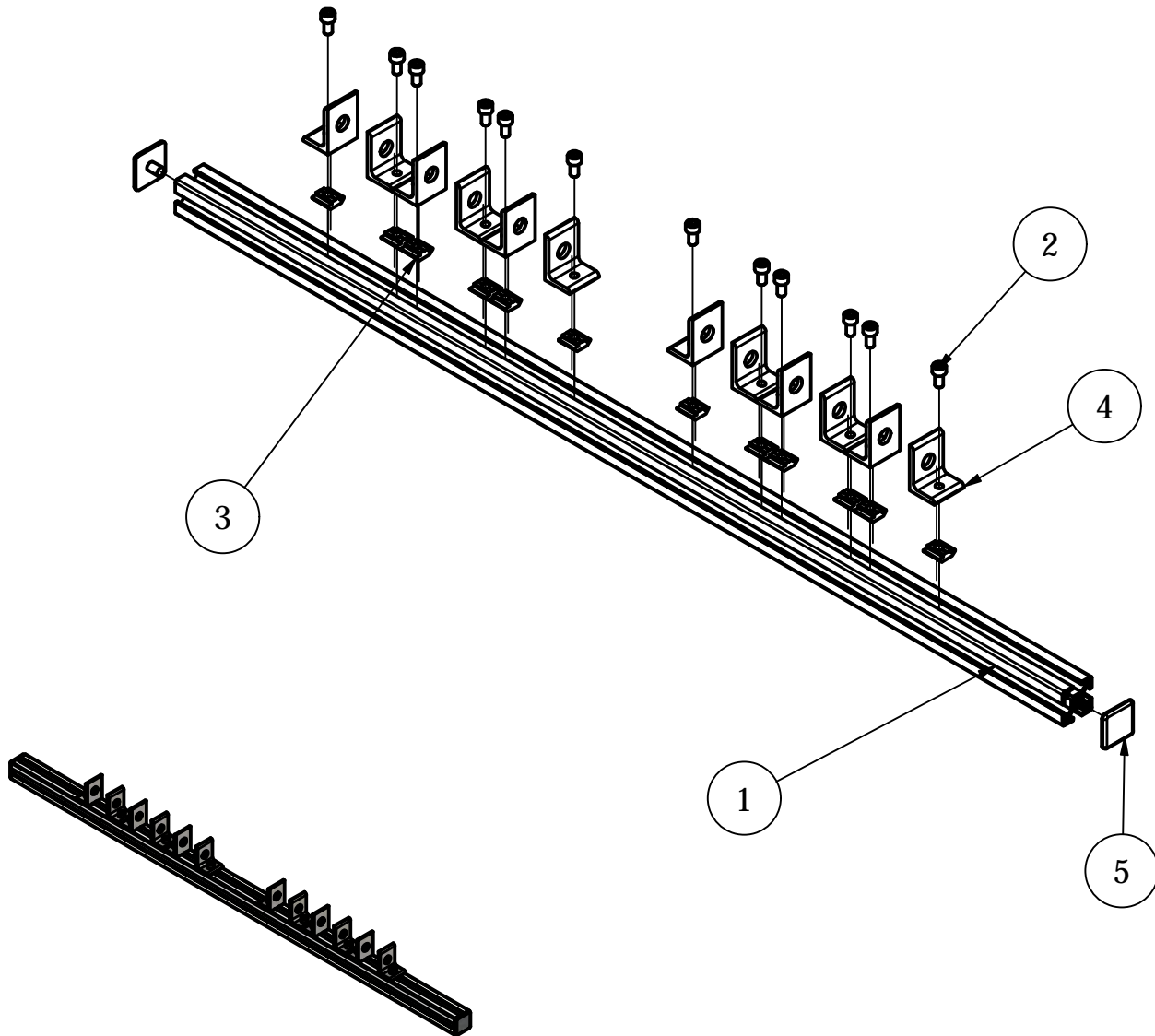
Ø6,00 DURCHGEHEND



Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			Achsbock Klein	
			001.003.001.002	Ausgabe Blatt 1 / 1

BAUTEILLISTE

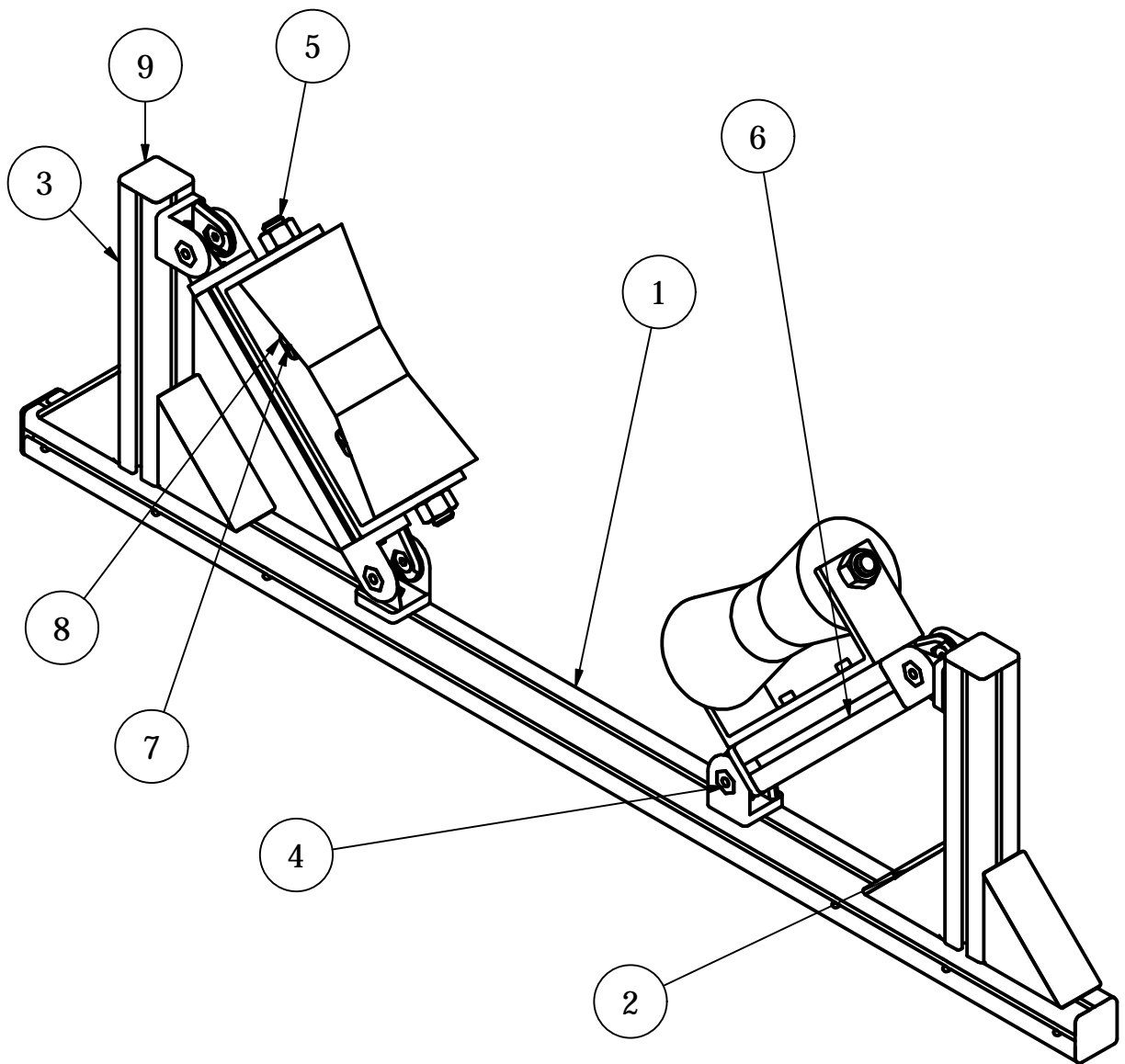
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER
4	12	001.003.001.001
1	1	Bosch Rexroth 30x30 - 900mm
2	12	ISO 4762 - M6 x 12
5	2	item Abdeckkappe 30x30
3	12	Nutenstein_N8_M6_VA



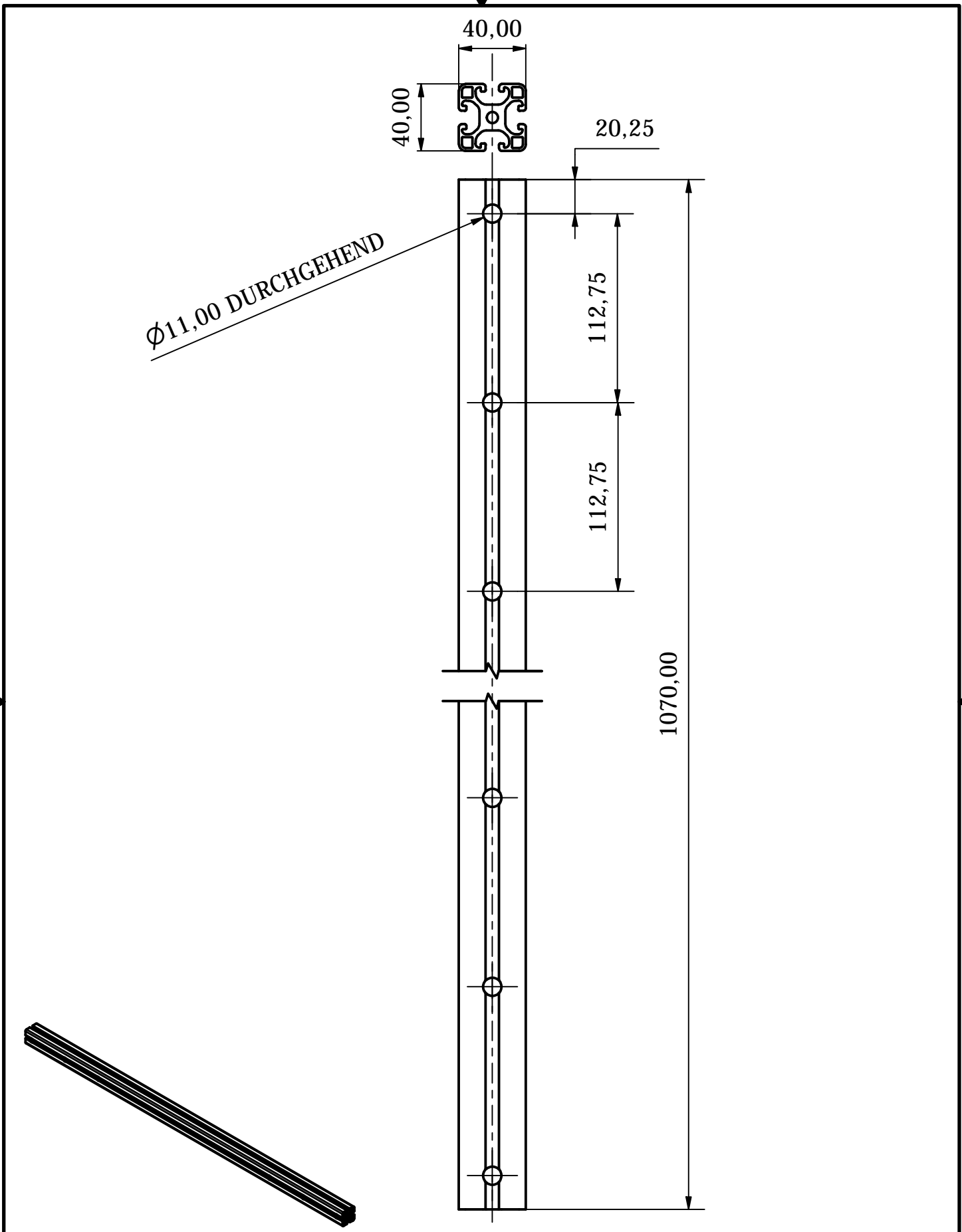
Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			Querträgeraufnahme - Deichsel	
			001.003.002.000	Ausgabe Blatt 1 / 1

BAUTEILLISTE

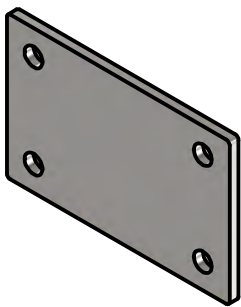
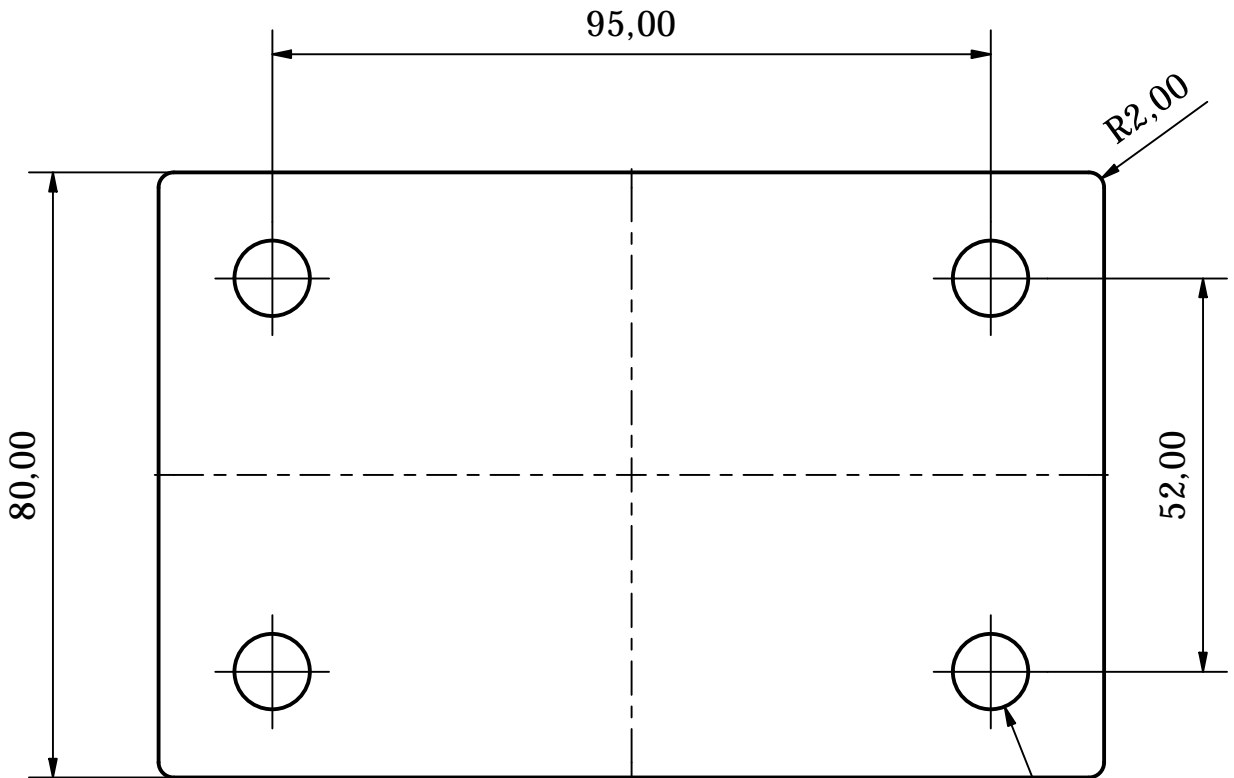
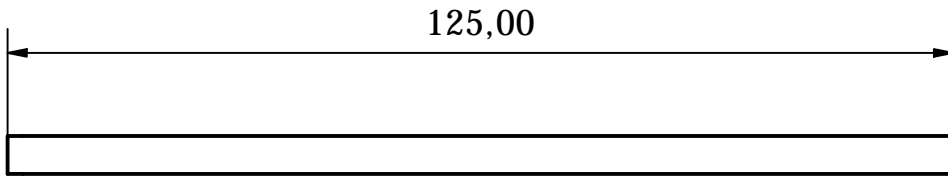
OBJEKT	ANZAHL	BAUTEILNUMMER
1	1	001.004.001.000
8	28	ISO 4762 - M6 x 16
4	4	item Gelenk 8 40x40
6	2	item Profil 8 40x40 L=210
3	2	item Profil 8 40x40 L=250
2	4	item Winkel 80x80 - 90°
9	4	item_Abdeckkappe 8 40x40
5	2	Kielrolle
7	24	Nutenstein_N8_M6_VA



Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			Querträger	
			001.004.000.000	Ausgabe Blatt 1 / 1



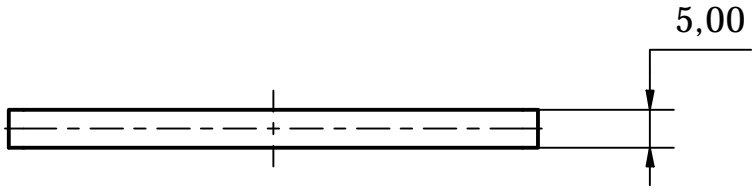
Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			item Profil 8 40x40 L=1070.ipt	
			001.004.001.000	Ausgabe Blatt 1 / 1



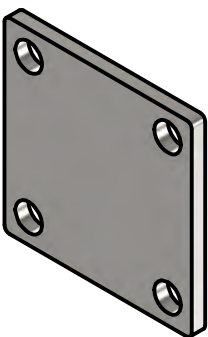
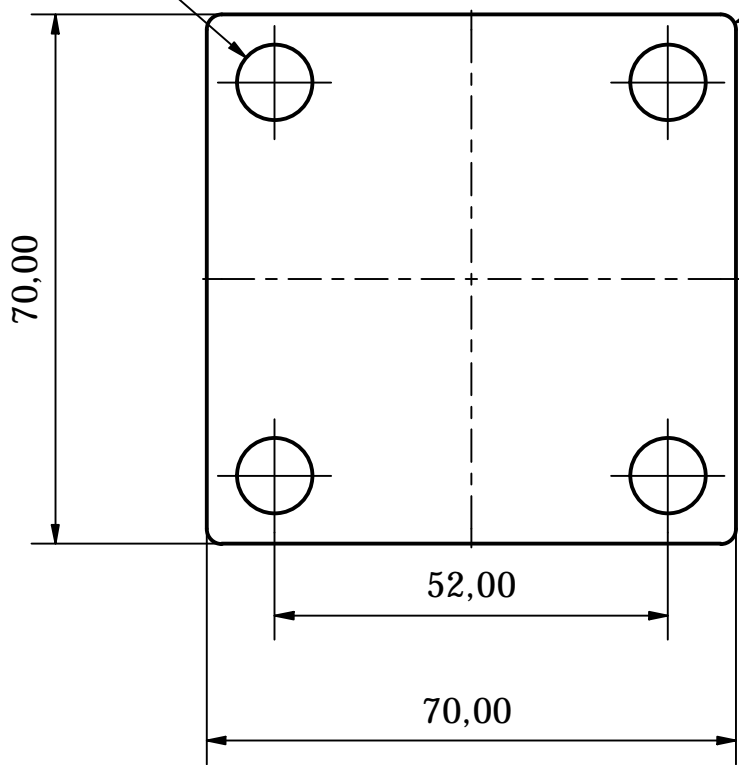
Konstruiert von	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum	
J. Holt				29.11.2022	
Alfred-Wegener-Institut			Klemmplatte 80 x 125		
			001.005.000.000	Ausgabe	Blatt 1 / 1



Ø10,00 DURCHGEHEND



R2,00



Konstruiert von J. Holt	Kontrolliert von	Genehmigt von	Datum	Datum 29.11.2022
Alfred-Wegener-Institut			Klemmplatte 70 x 70	
			001.006.000.000	Ausgabe Blatt 1 / 1

Anforderungsliste

AUV-Trailer



Datum: 07.12.2022		Anforderung				Beschreibung	
Ersteller: Jonas Holt		Kategorie	MIN.	SOLL	IDEAL	Maßeinheit	
Seite: 1 von 1		Typ					
1	P	Geometrie	Konstruktionskomplex	Einfach			
2	P		Schweißverb.	Schraubverb.	Schraub & Klemmverb.		TÜV-Konform
3	W		Abmaße				
4	P		Gewichtskraft des AUV	550	≥ 650	kg	
5	P	Kräfte	Gesamtgewicht		Gering		
6	P		Nutzlast	900	1000	kg	
7	W		Wirkprinzip	Hdyr. & Mecha.	Mechanisch		
8	P	Kinematik	Max. Geschwindigkeit während des Transports	100		km/h	
9	W		Bewegungsart	Kombination	Rollen		Längsachse
10	W		Bewegungsrichtung				
11	W		Oberflächenbehandlung	Feuerverzinkt	Nicht notwendig		
12	W	Werkstoffe	Werkstoff	V4A	NE-Metall		
13	W		Halbzeug	4-Kantprofil	Bosch Rexroth		
14	P		Korrosionsbeständigkeit				Ja
15	P		Einsatzort				Straße & flaches Ufer
16	W		Transportstrecke	200	≥ 200	km	
17	W	Transport	Zu überwindende Einsetz- & Bergstrecke	15	>15	m	
18	P		Tangentiale Auflagepunkte für AUV während des Transports				Für jede Sektion
19	P		Arretierung während d. Fahrt				Verzurrbeschläge
20	P		Stoßkompensation von Schlaglöchern	Vibrationsdämpfung	Stoß & Vibrationsdämpfung		
22	W	Zeit	Lebensdauer	5	≥ 15	Jahr	
23	W		Nutzungshäufigkeit	2	≥ 4	Jahr ⁻¹	

C. Datenblätter

Brenderup

TECHNISCHE DATEN

	201300B
Artikel-Nr.	311967
Gesamtgewicht (kg) ?	1300
Nutzlast (kg) ?	980
Leergewicht (kg)	320
Außenmaße (cm) ?	603x191
Ladehöhe (mm)	420
Unterfahrschutz	Nein
Bremse	ja
Achse	1
Einstellbare Achse	ja
Reifengröße in Zoll	195/70Rx14
Radbolzen	5
Felgentyp	Stahl
Kotflügeltyp	Nicht standfest
Kotflügel innen abgedeckt	Nein
Steckertyp	13
Adapterkabel ?	Gerade
Kupplung	Stahlblech
Bootslänge in Meter	6
Bootslänge in Fuß	20
Ladesystem	Rollen
Kielrolle	4
Seitenrolle	6
Seilwinde	Manual
Inclusiv Beleuchtung	ja
Modell mit Lichtpaneel	Rampe

1.4571

X6CrNiMoTi17-12-2

Werkstoff Datenblatt

Austenitischer korrosionsbeständiger Edelstahl

Kurzbeschreibung

Der Werkstoff 1.4571 oder AISI 316Ti ist in Bezug auf Korrosionsbeständigkeit und mechanische Werte vergleichbar mit dem Werkstoff 1.4404. Der Werkstoff 1.4571 ist jedoch durch Titanzusatz stabilisiert, welcher für eine Kohlenstoffabbindung sorgt. Demnach ist der Werkstoff 1.4571 auch nach dem Schweißen gegen interkristalline Korrosion beständig.

Normen und Bezeichnungen

EN	1.4571
DIN	X6CrNiMoTi17-12-2
AISI	316Ti
UNS	S31635

Chemische Zusammensetzung

	C (Kohlenstoff)	Mn (Mangan)	Si (Silicium)	P (Phosphor)	S (Schwefel)	Cr (Chrom)	Ni (Nickel)	Mo (Molybdän)	Ti (Titan)
min.	-	-	-	-	-	16,5	10,5	2,0	5xC
max.	0,08	2,0	1,0	0,045	0,030	18,5	13,5	2,5	0,7

Allgemeine Eigenschaften

Korrosionsbeständigkeit	sehr gut
Mechanische Eigenschaften	mittel
Schmiedbarkeit	gut
Schweißseignung	ausgezeichnet
Zerspanbarkeit	schlecht

Besondere Eigenschaften

Bis 550°C verwendbar
Für Tieftemperaturen geeignet
Amagnetische Güte

Korrosionsbeständigkeit

In natürlichen Umweltmedien mit geringem Salz- und Chlorgehalt weist der Werkstoff 1.4571 eine gute Korrosionsbeständigkeit auf. Sowohl im Lieferzustand als auch im geschweißten Zustand ist dieser Werkstoff beständig gegen interkristalline Korrosion. Der Werkstoff 1.4571 ist jedoch nicht meerwasserbeständig. (PREN = 23,1 – 26,7)

Mechanische Eigenschaften bei 20°C

Härte HB	Dehngrenze Rp0,2 N / mm ²	Zugfestigkeit Rm N / mm ²	Dehnung A5,65	Elastizitätsmodul kN / mm ²
≤ 215	≥ 200	500 - 700	≥ 40%	200

Wichtiger Hinweis:

Die oben aufgeführten Werte und Angaben über Beschaffenheit und/oder Verwendbarkeit des Werkstoffes sind rein informativ. Diese Angaben basieren auf Erfahrungswerten der Hersteller und TEAM EDELSTAHL. Alle Angaben sind ohne Gewähr. Druckfehler, Irrtümer und Änderungen vorbehalten.

Schmiedbarkeit Beim Schmiedevorgang wird das Schmiedestück zunächst auf ca. 1150°C – 1180°C erwärmt. Geschmiedet wird in einem Temperaturbereich von 1180°C – 950°C. Anschließend findet eine Luft- oder Wasserabkühlung statt.

Schweißeignung Der Werkstoff 1.4571 ist nach allen gängigen Schweißverfahren mit und ohne Schweißzusatzwerkstoff schweißbar. Eine Wärmebehandlung nach dem Schweißen ist nicht erforderlich. Die Korrosionsbeständigkeit wird durch Anlauffarben reduziert. Diese sollten durch chloridfreie chemische oder mechanische Verfahren entfernt werden.

Zerspanbarkeit Der Werkzeugschleiß ist durch den Titanzusatz höher als bei vergleichbaren Chrom-Nickel-Molybdän Stählen.

Anwendungsgebiete
Apparate- und Behälterbau
Bauindustrie
Chemie, Petrochemie
Lebensmittelindustrie
Maschinenbau
Nukleartechnik
Rohrleitungsbau

Physikalische Eigenschaften bei 20°C

Dichte kg/dm ³	Elektrischer Widerstand (ohm) mm ² /m	Magnetisierbarkeit	Wärmeleitfähigkeit W/m K	Spezifische Wärmekapazität J/kg K
8,0	0,75	gering	15	500

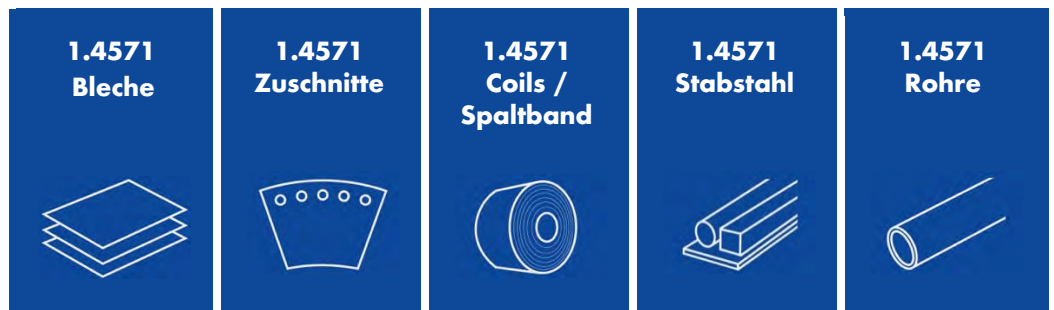
Verarbeitung

Kaltumformung ja
Kaltstauchen ja
Polierbarkeit nein
Freiform- und Gesenkschmieden ja
Spangebende Verarbeitung ja

Thermische Behandlung

Lösungsglühen (+AT) 1020 - 1120°C (Abkühlen: Wasser oder Luft)
Warmformgebung 1200 - 900°C (Abkühlen: Luft)

Unser Lieferprogramm



Wichtiger Hinweis:

Die oben aufgeführten Werte und Angaben über Beschaffenheit und/oder Verwendbarkeit des Werkstoffes sind rein informativ. Diese Angaben basieren auf Erfahrungswerten der Hersteller und TEAM EDELSTAHL. Alle Angaben sind ohne Gewähr. Druckfehler, Irrtümer und Änderungen vorbehalten.

Typschlüssel KWC-025-FNN-CR-C0-H-SS-0-02-00-45-BX-LS-000-RS-000-01
Materialnummer: R169329360

[Link zur Konfiguration](#)

Beschreibung

Bauart	FW	Führungswagen
Ausführung Mechanik	KWC	Kugelwagen
Größe	025	Größe 25 & Größe 25/70
Bauform	FNN	Flansch, Normal, Niedrig
Ausführung	CR	Resist CR
Vorspannungsklasse	C0	ohne Vorspannung
Genauigkeitsklasse	H	H - Hoch
Dichtung	SS	Standard
Kugelmutter	0	ohne Kugelmutter
Schmierung	02	konserviert
Wälzlagerfett	00	ohne
Schmieranschluss (lose)	45	Winkelschmiernippel 45°
CAD Optionen Schmieranschluss	LS	Links Stirnseite
Verpackung	BX	Faltschachtel
Linke Seite	LS	
Vorsatzelement links (Anschlagkante vorne)	000	ohne Vorsatzelement
Rechte Seite	RS	
Vorsatzelement rechts (Anschlagkante vorne)	000	ohne Vorsatzelement
Beschriftung	01	Rexroth

[Zur Konfiguration](#) einer passenden Schiene

Bauform 01

Eigenschaften	Einheit	-20	-30	-50	-60	-100	-150	-200	-300
Gewicht	kg	0,2	0,4	1,0	1,1	1,3	2,2	3,2	7,6
axiale Tragzahl, statisch	N	15.000	27.000	40.000	50.000	55.000	80.000	100.000	150.000
axiale Tragzahl, dynamisch	N	4.000	7.000	10.000	15.000	16.000	25.000	30.000	90.000
radiale Tragzahl, statisch	N	2.300	5.000	8.000	10.000	16.000	25.000	35.000	45.000
radiale Tragzahl, dynamisch	N	600	1.500	2.500	3.000	5.000	8.000	10.000	27.000
Grenzdrehzahl, trocken	1/min	300	250	200	200	150	100	80	50
max. zul. Kippmoment	Nm	100	200	600	800	1.500	2.000	3.800	5.000

Bauform 02

Eigenschaften	Einheit	-20-AL	-20-LC	-20-P	-30-AL	-30-LC	-30-P	-50-AL	-50-LC	-50-P	-60-AL
Gewicht	g	105	87	72	200	165	140	440	380	320	700
axiale Tragzahl, statisch	N	13.000	13.000	13.000	25.000	25.000	25.000	35.000	35.000	35.000	45.000
axiale Tragzahl, dynamisch	N	4.000	4.000	4.000	7.000	7.000	7.000	9.000	9.000	9.000	12.000
radiale Tragzahl, statisch	N	2.000	2.000	2.000	2.500	2.500	2.500	5.000	5.000	5.000	10.000
radiale Tragzahl, dynamisch	N	500	500	500	700	700	700	1.200	1.200	1.200	2.800
Grenzdrehzahl, trocken	1/min	250	250	250	200	180	180	120	120	120	120
max. zul. Kippmoment	Nm	60	40	40	100	50	50	120	100	100	200

Bauform 03

Eigenschaften	Einheit	-80
Gewicht	kg	0,47
axiale Tragzahl, statisch (Druckrichtung)	N	45.000
axiale Tragzahl, statisch (Zugrichtung) ¹⁵⁴⁾	N	5.000
axiale Tragzahl, dynamisch (Druckrichtung)	N	12.000
axiale Tragzahl, dynamisch (Zugrichtung) ¹⁵⁴⁾	N	1.200
radiale Tragzahl, statisch	N	4.000
radiale Tragzahl, dynamisch	N	1.000
Grenzdrehzahl, trocken	1/min	120
max. zul. Kippmoment ¹⁵⁴⁾	Nm	120

Axiales Spiel 0,7 mm, radiales Spiel 0,9 mm

¹⁵⁴⁾ Nur bei vollständiger Verschraubung des PRT auf einer ebenen, stabilen Unterlage

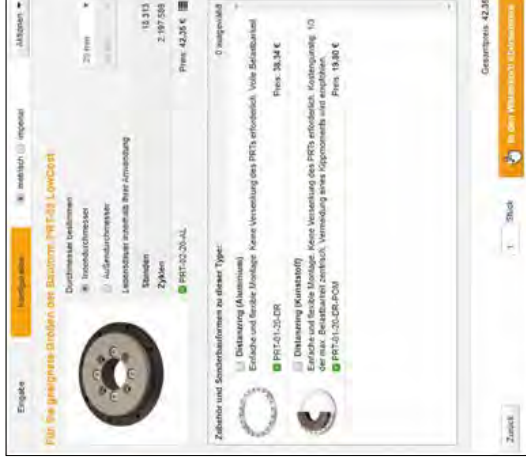
Bauform 04

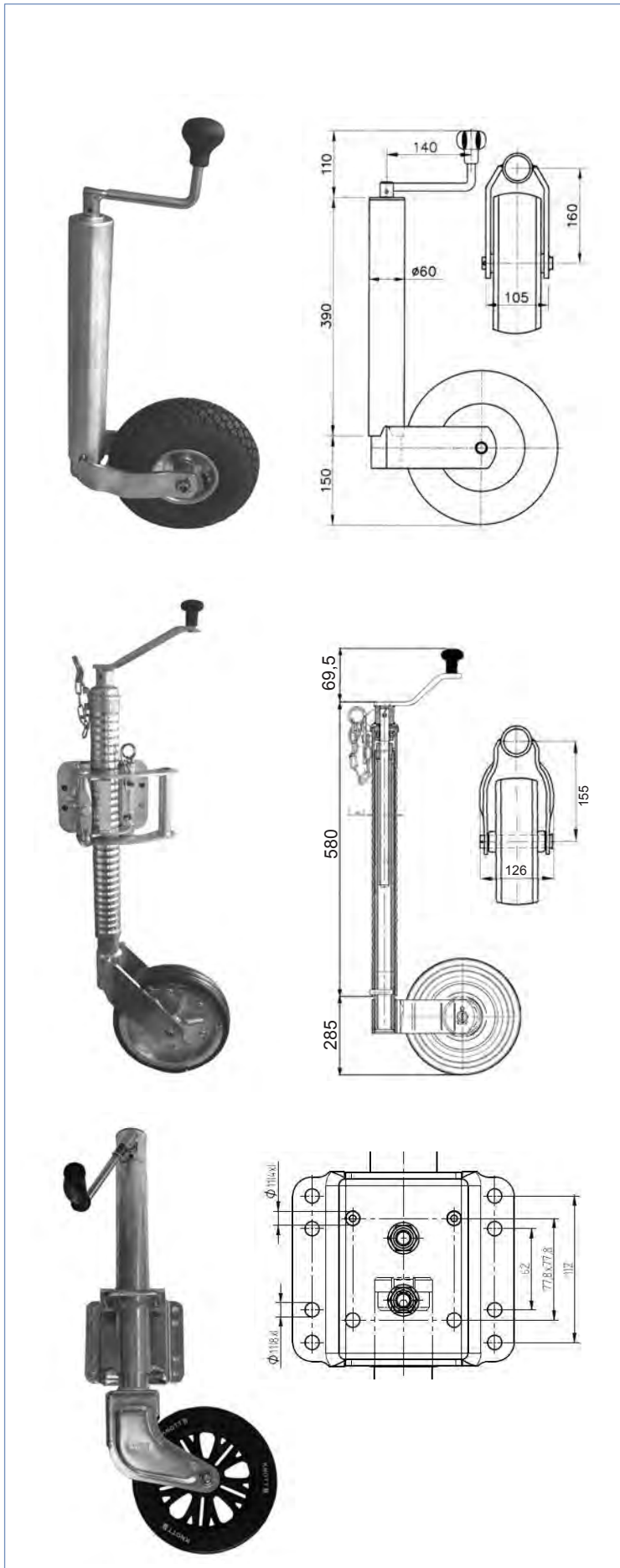
Eigenschaften	Einheit	-50	-60	-100	-150	-200	-300
Gewicht	g	225	250	370	530	680	990
axiale Tragzahl, statisch	N	12.000	14.000	20.000	27.000	35.000	48.000
axiale Tragzahl, dynamisch	N	3.000	4.000	5.000	7.500	9.000	12.000
radiale Tragzahl, statisch	N	2.500	3.000	5.500	6.500	8.000	10.000
radiale Tragzahl, dynamisch	N	750	900	1.500	1.900	2.500	3.500
Grenzdrehzahl, trocken	1/min	200	190	135	100	80	50
max. zul. Kippmoment	Nm	200	250	450	650	875	1.200



Konfigurator für Drehkränze

Die häufigsten Kriterien für die Auswahl eines iglidur® PRT-Drehkränzes sind einerseits die aufzunehmenden Lasten und Momente und andererseits die zur Verfügung stehende Einbaumaße bzw. die mindestens notwendige zentrale Durchführungsweite. Auf Basis dieser Daten sowie der Geschwindigkeit werden die einsetzbaren Baugrößen und -typen ausgewählt und Ihre Lebensdauer berechnet. www.igus.de/prt-experte





Technische Daten

Gewicht (kg)

Bestell-Nummer

Stützrad TK60 (Luft)

Felge:.....Stahlblech
 Bereifung:.....Luft
 Radgröße:.....260x85mm
 Ausdrehlänge:.....230mm
 Außenrohr:.....Ø60x4mm
 max. statische Tragfähigkeit:.....200kg

6,80

400286.001

Stützrad TK60 (Rohr gerippt)

Felge:.....Stahlblech
 Bereifung:.....Gummi
 Radgröße:.....280x66mm
 Ausdrehlänge:.....285mm
 Außenrohr:.....Ø60x5mm
 max. statische Tragfähigkeit:.....350kg

15,10

6D5616.001

Stützradhalter für Stützrad 6D5616.001
 Bohrung: 171 x 45

4,80

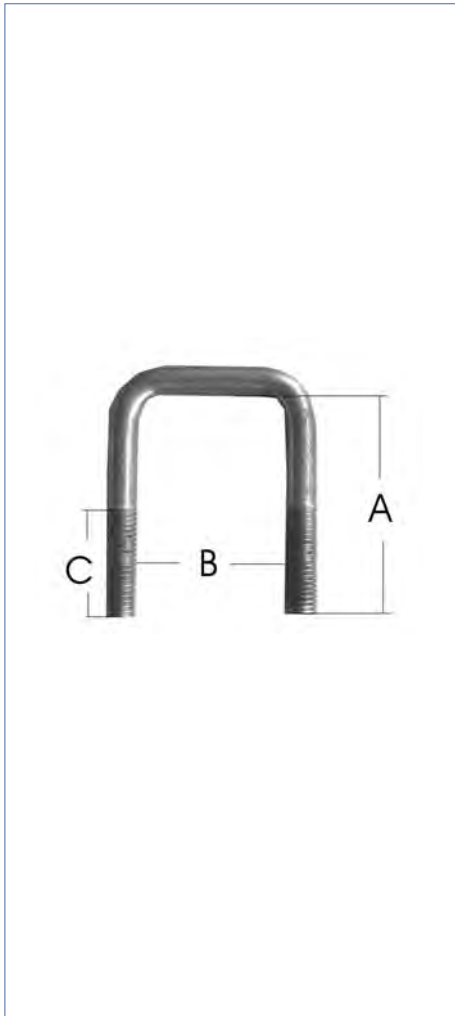
6F5105.001

Stützrad TK57 (Schwenkbar)

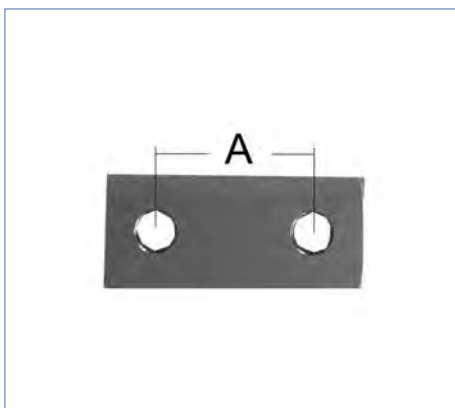
Rad:.....Kunststoff
 Radgröße:.....210x75mm
 Ausdrehlänge:.....300mm
 Außenrohr:.....Ø57x2,6mm
 Oberfläche:.....feuerverzinkt
 max. statische Tragfähigkeit:.....250kg

10,20

6D7706.001



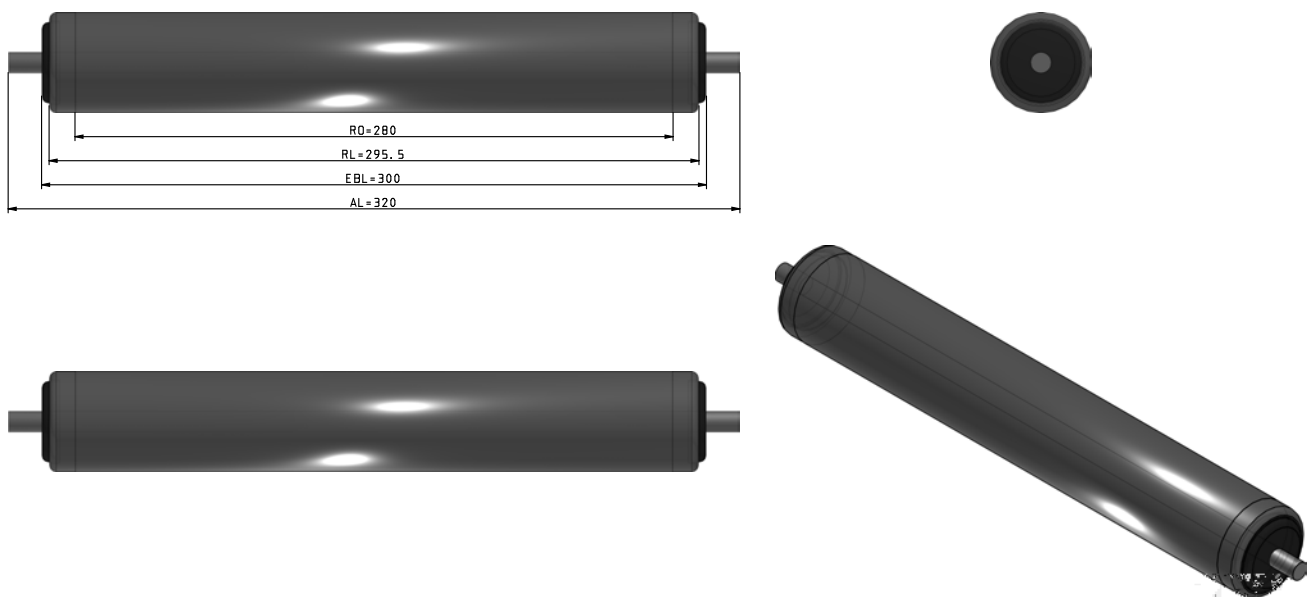
Bezeichnung	A mm	B mm	C mm	Gewicht kg	Bestellnummer
Bügelschrauben verz. M10	70	42	50	0,10	406554.001
Bügelschrauben verz. M10	100	42	50	0,12	406555.001
Bügelschrauben verz. M10	130	42	50	0,16	406556.001
Bügelschrauben verz. M10	130	52	50	0,16	407303.001
Bügelschrauben verz. M10	150	42	50	0,17	406557.001
Bügelschrauben verz. M10	150	52	50	0,18	411814.001
Bügelschrauben verz. M10	170	42	50	0,19	406558.001
Bügelschrauben verz. M10	230	42	50	0,24	407114.001



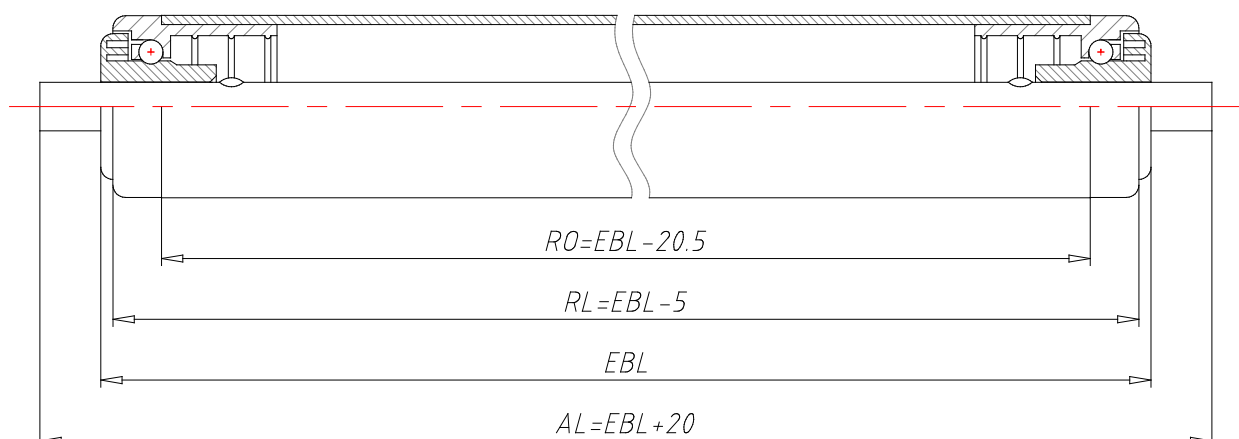
Bezeichnung	A mm	Gewicht kg	Bestellnummer
Klemmplatte für Bügelschraube Maße: 80mm x 30mm x 6mm Bohrung: 12mm	52	0,10	406561.001
Klemmplatte für Bügelschraube Maße: 80mm x 30mm x 6mm Bohrung: 12mm	62	0,10	406561.002

Leichtlaufrolle $\varnothing 20$ bis $\varnothing 40$ mit Kunststofflagerboden 500-PVC30x1.8-N6-GA-300

2D-Ableitung + ISO Ansicht



Technische Zeichnungen



Schematische Darstellung. Tatsächliche Ausführung laut Kundenwunsch. Genaue Bemaßung siehe Seite 4.

Leichtlaufrolle $\varnothing 20$ bis $\varnothing 40$ mit Kunststofflagerboden 500-PVC30x1.8-N6-GA-300

Technische Daten

Serie	500
Rohrdurchmesser	$\varnothing 30 \times 1.8$
Rohrmaterial	PVC
PVC Schlauch	Ohne PVC
PVC Schlauch Länge	0
Achsdurchmesser	6
Achstyp	starre Achse
Achstyp Größe	-
Achsmaterial	Edelstahl
Kugellager	Leichtlauflager mit Stahlkugelreihe/Nirokugelreihe
Einbaulänge	300
RO (Rohrlänge/mm)	280
RL (Rollen Länge/mm)	295.5
AL (Achslänge/mm)	320

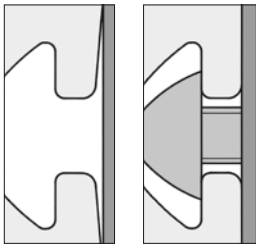
Stückliste

N°	Bezeichnung	Menge
1	500-PVC30x1.8-N6-GA-300	1

Kontakt

tragrolle@kraus-austria.com
+43 463 3860 0

Technische Daten zu Profile



Strangpressprofil

Kurzzeichen Al Mg Si 0,5 F 25
 Werkstoffnummer 3.3206.72
 Zustand: warmausgehärtet

Mechanische Werte (gelten nur in Pressrichtung)

Zugfestigkeit R_m min. 245 N/mm²
 Fließgrenze R_{p0,2} min. 195 N/mm²
 Dichte 2,7 kg/dm³
 Bruchdehnung A₅ min. 10 %
 Bruchdehnung A₁₀ min. 8 %
 Linearer Ausdehnungskoeffizient 23,6x10⁻⁶ 1/K
 Elastizitätsmodul E ca. 70.000 N/mm²
 Schubmodul G ca. 25.000 N/mm²
 Härte ca. 75 HB - 2,5/187,5

Toleranzen

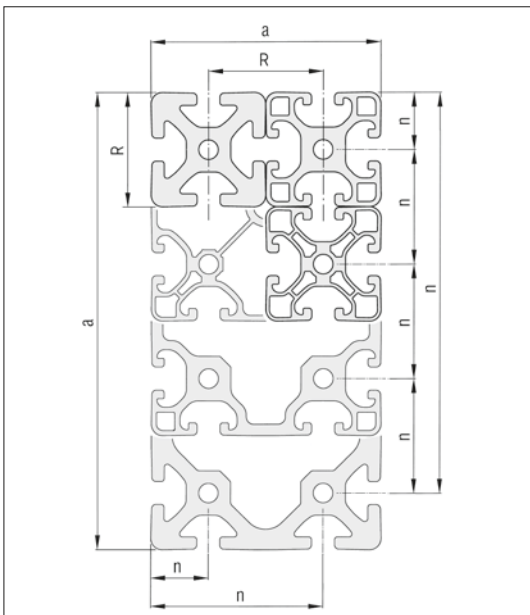
Formabweichungen wie Geradheits- und Ebenheitstoleranz nach DIN EN 12020 Teil 2.
 Nicht zugeschnittene Profile weisen fertigungsbedingte Überlängen auf, die bis zu 100 mm betragen können.

Oberfläche

Die Aluminiumprofile sind naturfarben (C0) oder schwarz (C35) eloxiert und damit dauerhaft kratzfest und korrosionsschutz. Oberfläche mattgebeizt (E 6), anodisiert und verdichtet. Mindestschichtdicke 10 µm, Schichthärte 250 - 350 HV. Durch die umlaufende harte Eloxalschicht ist der Sägeschnitt besonders gratarm und muss nicht nachbearbeitet werden.

Alle Standardprofile sowie die Profile „leicht“ und „E“ zeichnen sich durch definierte Auflagepunkte außen am Profil und durch einfallende Nutflanken aus. Diese sorgen für eine eindeutige, kippichere Anbindung weiterer Komponenten. Durch die Vorspannung der Nutflanken im elastischen Bereich des Materials erzeugt die Befestigungsschraube eine schwingungssichere Verbindung.

Nutlage, Außen- und Rastermaße



Rastermaß R [mm]

5	6	8	10	12
20	30	40	50	60

Profilkantenlänge a [mm]		Toleranzen von Außenmaß a bzw. Nutlage n ± [mm]
über	bis	
0	10	0,10
10	20	0,15
20	40	0,20
40	60	0,30
60	80	0,40
80	100	0,45
100	120	0,50
120	160	0,60
160	240	0,80
240	320	1,50

item Profil 8 40x40, natur
0.0.452.66

Eigenschaften

Baureihe Baureihe 8	Eigenschaft natur	ESD ESD-sicher = Ja	Fläche A = 9.16 cm²
Flächenträgheitsmoment Torsion I_t = 1.88 cm⁴	Flächenträgheitsmoment um x-Achse I_x = 13.96 cm⁴	Flächenträgheitsmoment um y-Achse I_y = 13.96 cm⁴	Gewicht spez. Länge [kg/m] m = 2.47 kg/m
Liefereinheit 1 Stück à 3000 mm	Material Al, eloxiert	Widerstandsmoment um x-Achse W_x = 6.98 cm³	Widerstandsmoment um y-Achse W_y = 6.98 cm³

item Profil 8 120x40, natur
0.0.416.29

Eigenschaften

Baureihe Baureihe 8	Eigenschaft natur	ESD ESD-sicher = Ja	Fläche A = 24.38 cm²
Flächenträgheitsmoment Torsion I_t = 36.53 cm⁴	Flächenträgheitsmoment um x-Achse I_x = 39.8 cm⁴	Flächenträgheitsmoment um y-Achse I_y = 322.66 cm⁴	Gewicht spez. Länge [kg/m] m = 6.58 kg/m
Liefereinheit Zuschnitt max. 6000 mm	Material Al, eloxiert	Widerstandsmoment um x-Achse W_x = 19.9 cm³	Widerstandsmoment um y-Achse W_y = 53.77 cm³