



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Olof Skalde Runge

Entwicklung einer optimierten Vorrichtung für das Reinigen und Verschließen von An- bohrarbeiten an in Betrieb befindlichen Hochdruckerdgasleitungen

*Fakultät Technik und Informatik
Department Maschinenbau und Produktion*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Mechanical Engineering and
Production Management*

Olof Skalde Runge

**Entwicklung einer optimierten Vorrichtung für das
Reinigen und Verschließen von Anbohrarbeiten an
in Betrieb befindlichen Hochdruckerdgasleitungen**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung
im Studiengang Maschinenbau Energie und Anlagensysteme
am Department Maschinenbau und Produktion
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

in Zusammenarbeit mit:
Gasnetz Hamburg GmbH
Netzdienste Instandhaltung/ Anbohrwerkstatt
Ausschläger Elbdeich 127
20539 Hamburg

Erstprüfer: Prof. Dr. Ing. Jan Piatek
Zweitprüfer: Jesper Zywek

Abgabedatum: 29.04.2022

Zusammenfassung

Name des Studierenden

Olof Skalde Runge

Thema der Bachelorthesis

Entwicklung einer optimierten Vorrichtung für das Reinigen und Verschließen von Anbohrarbeiten an in Betrieb befindlichen Hochdruckerdgasleitungen

Stichworte

Anbohren von Erdgasleitungen, Hochdruck, Reverse Engineering, Funktionskombination Schließen und Reinigen, DN 32 – DN 100, Neuentwicklung Reinigungsvorgang

Kurzzusammenfassung

Das Anbohren von in Betrieb befindlichen Erdgasleitungen ist eine gängige Instandhaltungsmaßnahme, die mit prozesstechnisch unerwünschten Verunreinigungen im inneren der Leitung einhergeht. In der Rohleitung verbleibender Span beeinträchtigt die Lebenszeit von Komponenten im Gasnetz und die Dichtfähigkeit prozessnotwendiger Dichtelemente maßgebend und muss entfernt werden. Weiterhin ist nach dem Anbohrvorgang die unter Druck stehende Versorgungsleitung zu verschließen. Die Abarbeitung beschriebener Prozessschritte erfolgt zurzeit mit funktionsbezogenen Vorrichtungen. Wirkende Druckkräfte werden durch eine undokumentierte Funktionsweise überwunden.

Zur Wissenserhaltung wird die Funktionsweise bestehender Vorrichtungen zur Überwindung der Druckkräfte analysiert und dokumentiert. Aus den Erkenntnissen wird eine Vorrichtung entwickelt, die das Reinigen und Verschließen kombiniert. Dazu wird ein neues Reinigungskonzept entworfen. Durch Optimierung und Identifikation von Schwachstellen werden auf Basis erarbeiteter Anforderungen neue Lösungskonzepte erarbeitet. Nach Bewertung und Entscheidung für ein Lösungskonzept folgt die gestalterische Ausarbeitung einer optimierten, funktional beschriebenen und fertigungsgerecht dokumentierten Vorrichtung. Die ausgearbeitete Vorrichtung wird anschließend kritisch diskutiert.

Name of Student

Olof Skalde Runge

Title of the paper

Development of an optimized device for cleaning and sealing during drilling operations on high pressure gas pipelines.

Keywords

Drilling gas pipelines, High pressure, Reverse Engineering, Combination of cleaning and sealing, DN 32 – DN 100, New development of cleaning process

Abstract

The drilling of gas pipelines in operation is a common maintenance measure, which is accompanied by undesirable contamination inside the pipeline. Swarf remaining in the pipeline significantly impairs the service life of components in the gas network and the sealing capability and must be removed. Furthermore, the pressurized supply line must be sealed after drilling. The procedure is carried out by using specific functional devices. An undocumented functional method controls the pressure differences between supply line and environment.

In order to preserve knowledge, the functioning of existing devices for differential pressure is analyzed and documented. The results will be used to develop a device that combines cleaning and sealing. For this purpose a new cleaning concept will be designed. Through optimization and identification of limitations, new solutions will be developed on the basis of given requirements. After evaluating and determining the optimal solution, the design of an optimized device is created and functionally described in a way that it is ready for manufacturing. The newly developed device is then critically evaluated and discussed.

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	vi
Abbildungsverzeichnis	viii
Tabellenverzeichnis	ix
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	3
3 Modell von der Fragestellung zur Zielerreichung	4
3.1 Fragestellung der Arbeit	4
3.2 Zielsetzung	7
3.3 Methoden	7
4 Anforderungen und Analyse	9
4.1 Zulassungsvoraussetzungen	9
4.2 Anforderungsliste	10
4.3 Maß und Funktionsanalyse	15
5 Konzeption	20
5.1 Erstellung einer Funktionenstruktur	20
5.2 Ordnungsschema	24
5.3 Bewertung der Lösungsvarianten	29
6 Gestaltung	32
6.1 Ermittlung der Wandstärke des Druckbehälters	32
6.2 Auslegung des Dichtsystems	34
6.3 Berechnung auf Torsion	35
7 Realisierung	37
7.1 Einzelteilbeschreibung Vorrichtung	37
7.2 Einzelteilbeschreibung Reinigung	39
7.3 Zusammenbau	41
8 Kritische Bewertung der Ergebnisse	44
9 Zusammenfassung und Ausblick	46
Literaturverzeichnis	48
Anhang	A

Formelzeichen

Formelzeichen	Einheit	Benennung
A_K	m^2	Schnittfläche Spindel
A_{KR}	m^2	Kreisringfläche Spindel zu Druckrohr
A_m	m^2	Fläche umschlossen von Profilmittellinie
c_1	m	Zuschlag zur Berücksichtigung der Wanddickenunterschreitung
c_2	m	Abnutzungszuschlag
D_a	m	Außendurchmesser
D_i	m	Innendurchmesser
d_s	m	Mittlerer Durchmesser
F_{res}	N	Resultierende Kraft
F_{KUmG}	N	Kraft auf Spindel aus Umgebungsdruck
F_{KVl}	N	Kraft auf Spindel aus Versorgungsdruck
F_{KRUmG}	N	Kraft auf Kreisring aus Umgebungsdruck
F_{KRvL}	N	Kraft auf Kreisring aus Versorgungsdruck
g	$\frac{m}{s^2}$	Erdbeschleunigung
h	m	Statische Höhe
K	N/m^2	Festigkeitskennwert bei Berechnungstemperatur
M_T	Nm	Torsionsmoment
Δp	Pa	Druckdifferenz
p	bar	Berechnungsdruck
p'	bar	Prüf- Berechnungsdruck
p_0	Pa	Druck an Oberfläche
p_{UmG}	Pa	Umgebungsdruck
p_{vL}	Pa	Versorgungsdruck

$p(h)$	Pa	Gesamtdruck
ρ_{Erdgas}	kg/m^3	Dichte Erdgas
$R_{P0,2}$	Pa	Dehngrenze
S	-	Sicherheitsbeiwert bei Berechnungsdruck
S'	-	Sicherheitsbeiwert bei Prüfdruck
S_K	m	Minimale Wandstärke durch Kesselformel
s	m	Erforderliche Wanddicke incl. Zuschlägen
t_{min}	m	Minimale Wandstärke
v	-	Faktor zur Berücksichtigung von Verschwächungen

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Bohrspan durch Anbohrverfahren.....	5
Abbildung 2 Bestandsvorrichtung DN 32.....	6
Abbildung 3 TDW-Flansch R100 zu NTP 2".....	11
Abbildung 4 Skizze Rohraufbau DN32 und DN 50.....	12
Abbildung 5 Skizze Rohraufbau DN 80 und DN 100.....	12
Abbildung 6 CAD-Darstellung HD-Pflock DN32.....	13
Abbildung 7 CAD-Darstellung HD-Pflock DN50.....	14
Abbildung 8 CAD-Modell Bestandsvorrichtung DN 32.....	16
Abbildung 9 Skizze Funktionsprinzip Druckausgleich Ist-Zustand.....	17
Abbildung 10 IST-Funktionenstruktur.....	21
Abbildung 11 Blackbox der Funktion Reinigen und Verschließen.....	22
Abbildung 12 Soll-Funktionenstruktur Anbohrarbeiten schließen.....	23
Abbildung 13 Soll-Funktionenstruktur Anbohrarbeiten reinigen.....	23
Abbildung 14 Funktionscluster.....	24
Abbildung 15 Lösungssammlung: Energie/ Kraft einleiten.....	25
Abbildung 16 Lösungssammlung: Kraftübertragung zum Werkzeug.....	25
Abbildung 17 Lösungssammlung: Druckkraft überwinden.....	26
Abbildung 18 Lösungssammlung: Gasaustritt verhindern.....	26
Abbildung 19 Lösungssammlung: Umgebungszustand wieder herstellen.....	26
Abbildung 20 Lösungssammlung Werkzeugverbindung.....	27
Abbildung 21 Lösungssammlung: Gasleitung reinigen.....	27
Abbildung 22 Morphologischer Kasten.....	28
Abbildung 23 Bewertung der Lösungsvarianten.....	31
Abbildung 24 Zusammenbau Vorrichtung.....	41
Abbildung 25 Zusammenbau Reinigungswerkzeug.....	42
Abbildung 26 Auszug aus DIN 3601-2 Einbauräume Flanschdichtung [18].....	A

Abbildung 27 Auszug aus DIN 3601-2 Tabelle 6 Maße von O-Ring Einbauträumen für den Einsatz von statisch axialen Abdichtungen [18].....	A
Abbildung 28 Auszug aus DIN 3601-2 Einbauträume Kolbendichtungen [18].....	A
Abbildung 29 Auszug aus DIN 3601 Einbauträume Stangenabdichtungen [18].....	A
Abbildung 30 Auszug aus DIN 3601 Tabelle 1 - Allgemeine Maße an die Oberflächenrauheit für Kolben und Stangeneinbauträume [18].....	A

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Berechnungswerte AD-2000.....	33
Tabelle 2 Bauräume ausgewählter Dichtringe nach DIN 3601-2 [17].....	A

1 Einleitung

Weltweit werden Medien und Energien durch Leitungsnetze gefördert, um Industrien und Menschen mit Wasser, Erdgas, Erdöl, Strom und Wärme zu beliefern. Schon in der Antike erkannten unter anderem die Römer die Vorteile von großflächiger Vernetzung und bauten Aquädukte, um Menschen mit Trinkwasser zu versorgen [1]. Die Aufgabe der Leitung von Medien in flüssigem und gasförmigem Zustand übernehmen heute großflächig vernetzte Rohrsysteme statt Rinnen. Die Leitung der Medien erfolgt heute durch Druck, der im Erdgasbereich die Bereitstellung von großen Massenströmen bei kleinen Rohrdurchmessern ermöglicht. Trotz dessen, dass der Absatz an Erdgas zurzeit stagniert, ist Erdgas in Deutschland besonders für Haushalte (249 TWh) 37,3% und die Industrie (246 TWh) 37% ein wichtiger Energieträger [3][2]. Zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit, der dynamischen Verbesserung und Erweiterung der komplexen Infrastruktur benötigt es Möglichkeiten, diese Im Betrieb zu erweitern, verändern und Instand zu halten. Bei dem in der Rohrleitung herrschenden Überdruck und der Explosivität von Erdgas-Luftgemischen gilt es geeignete Maßnahmen zu treffen, um ein sicheres Arbeiten zu gewährleisten.

Eine Möglichkeit, Abzweigungen zu erstellen oder Instandhaltungsarbeiten an Leitungen im Betrieb durchzuführen, ist das Anbohren und Absperren. Bei diesem Prozess wird die Rohrleitung im Betrieb beidseitig der Baumaßnahme angebohrt, der Leitungsstrang abgesperrt und der Gasstrom über einen Bypass provisorisch umgeleitet, bis die Versorgungsleitung wieder in Betrieb genommen werden kann. Aufgrund des spannenden Anbohrvorgangs der Versorgungsleitung kommt es zu unerwünschter Verunreinigung am Boden der Rohrleitung. Die Verunreinigungen beeinträchtigen die Dichtfähigkeit eingesetzter Dichtelemente und die Lebenszeit verbauter Komponenten im Gasnetz erheblich und müssen entfernt werden. Des Weiteren müssen abschließend der Anbohrarbeiten aufgeschweißte Stutzen verschlossen werden. Für beide Arbeiten muss der Innendruck der Versorgungsleitung überwunden werden. Derzeit erfolgen die beschriebenen Arbeiten im Gasnetz Hamburg mit prozessbezogenen Vorrichtungen, die im Laufe der letzten 40 Jahre entwickelt wurden. Eine Dokumentation der Funktionsprinzipien und Maße ist nicht vorhanden, weshalb eine Replikation bisher nicht möglich ist.

Zur Wissenserhaltung sollen bestehende Vorrichtungen auf Ihr Funktionsprinzip der Drucküberwindung analysiert und funktional beschrieben werden. Anschließend soll eine Vorrichtung entwickelt werden, die das Reinigen und Verschließen für Rohrdimensionen von DN 80 bis DN 100, mit Druckstufen von PN 16 bis PN 35 kombiniert. Dazu soll für das Reinigen ein neues Konzept ausgearbeitet werden. Zur Optimierung werden gegebene Geometrien, beispielsweise des Rohraufbaus, der Gewindeschnittstellen und der benötigte Hub lokalisiert. Weiterhin sollen gestellte Anforderungen seitens der Instandhaltungsabteilung bei der Entwicklung der optimierten Vorrichtung zum Reinigen und Verschließen von Erdgas-Hochdruckleitungen erfüllt werden, die fertigungsgerecht dokumentiert wird.

Nach Aufstellen der Anforderungen sollen die bestehenden Vorrichtungen mit der Methode des Reverse Engineering auf ihre Funktionalität und maßgebenden Parameter analysiert werden. Die mit einer Maßanalyse hergeleitete Funktion zur Überwindung des Leitungsinnen-drucks wird dokumentiert. Durch Erstellung von Funktionenstrukturen wird ein Konzept zur Kombination des Schließens und Reinigens erstellt. Unter Beachtung von gestellten Anforderungen, werden Lösungsvarianten erarbeitet und bewertet. Nach Entscheidung für eine Lösungsvariante wird diese anschließend ausgestaltet und fertigungsgerecht dokumentiert. Das Ergebnis wird mit Prüfung auf erreichte Anforderungen kritisch diskutiert.

Das Unternehmen Gasnetz Hamburg GmbH

Gasnetz Hamburg GmbH betreibt mit etwa 600 Mitarbeitern das Erdgasnetz von circa 7.900 km Länge und rund 160.000 Hausanschlüssen in der Freien und Hansestadt Hamburg. Die Abteilung der Anbohrwerkstatt ist mit mehr als 50 Jahren Erfahrung im Bereich der Anbohr- und Absperrtechnik ein etablierter und erfahrener Teil des Unternehmens und bietet neben der Instandhaltung des eigenen Netzes auch außerhalb des eigenen Versorgungsgebiets Dienstleistungen an.

Besondere Kompetenz der Anbohrwerkstatt liegt beim Anbohren und Absperrern von Stahlleitungen in den Dimensionen von DN 25 bis DN 400, bei einer Druckstufe bis 25 bar. Außerdem die Montage, Demontage und der Betrieb von Bypassleitungen, die Trennung von Rohrleitungen mit einer Rohrfräse, die Nutzung von Blasenabsperr-Systemen für den Nieder und Mitteldruckbereich und die Nutzung der Stopp-Technik für Nennweiten bis DN 400 bei einer Druckstufe von bis zu 25 bar. Durch eine Mobile Erdgasfackel können Restgase kontrolliert und umweltschonend verbrannt werden. [4]

Die Anbohrwerkstatt ist durch die gestellten Anforderungen und als Auftraggeber besonders in den Entwicklungsprozess der Vorrichtung eingebunden. Während der Bearbeitung herrscht ein ständiger Austausch zwischen Konstrukteur und Werkstatt, der die Zielerreichung sicherstellt.

2 Stand der Technik

Im deutschsprachigen Raum gibt es eine Vielzahl an Dienstleistern, die Anbohr- und Absperrtechniken anbieten. Dabei wird der Sektor in verschiedene Verfahren und unterschiedliche Materialien, Druckstufen und Nennmaße unterschieden.

Das Anbohren von Rohrleitungen wird allgemein dazu genutzt um Abzweigungen, beispielsweise für die nachträgliche Herstellung von Hausanschlüssen, in einer bestehenden Rohrleitungsinfrastruktur zu setzen. Dabei unterscheidet sich in der Herstellung der Abzweigung vor allem das anzubohrende Material, das Medium und die Druckstufe von Wasser-, Gas-, Fernwärme- und Abwasserleitungen. Aus den unterschiedlichen Anforderungen ergeben sich vielfältige Lösungen, die je nach Einsatzgebiet und Problemstellung zum Einsatz kommen.

Auch im Erdgasbereich wird das Anbohren zur Herstellung von Abzweigungen genutzt. Dabei kommt das Verfahren in verschiedener Ausführung bei unterschiedlichen Druckstufen und variabler Dimension zum Einsatz. Vor allem bei der Herstellung von Hausanschlüssen haben sich bei Gasnetz Hamburg im Mittel- und Niederdruckbereich PE-Anbohrschellen etabliert. Diese können nach dem Aufschweißen auf die PE-Versorgungsleitung durch einen integrierten Bohrer, schnell und einfach eine Abzweigung herstellen. Bei Reparaturarbeiten kann der Leitungsstrang durch Sperrblasenschellen und Bypass teilweise außer Betrieb genommen werden, ohne die Gasversorgung zu unterbrechen. [6]

Das Anbohren und Absperrn von Stahl-Hochdruckleitungen wird mit größerer Dimension und Druckstufe schwieriger, da größere Kräfte wirken. Einerseits müssen die Komponenten dem Druck entsprechend ausgelegt sein, was das Gewicht der Schweißschellen, Absperrarmaturen und Bohrer erhöht. Andererseits muss eine immer größere Haftreibung zwischen Rohrinnenwand und Sperrblase oder Stopple erzeugt werden, um die hohen Drücke bei großen Durchmessern zu dichten.

Zwei Hersteller, die Lösungen für das Anbohren und Absperrn von Hochdruckerdgasleitungen anbieten sind Hütz+Baumgarten und T.D. Williamson. Hütz+Baumgarten haben sich besonders auf die Entwicklung und den Vertrieb von Anbohrgeräten und Blasenetzgeräten spezialisiert. In Systemen, bei denen der Vorschub mit Handkraft erzeugt wird, ist der maximale Arbeitsdruck meist mit 8 bar angegeben. Eine Reinigung der Dichtflächen für die Sperrblasen erfolgt in der Regel nicht. T.D. Williamson entwickelt und vertreibt unter anderem Anbohrgeräte und ein eigenes Dichtsystem per Stopple. Die Dichtfläche wird in diesem Fall durch das Wegschieben der Späne beim Einsetzen des Stopple Dichtsystems erzeugt. Der Vorschub und die Überwindung der Druckkräfte bei Hochdruckarbeiten erfolgt in der Regel über eine Gewindeübersetzung. [7], [8]

Das Verfahren des Anbohrens und Absperrns wird im technischen Hinweis- Merkblatt DVGW G452 geregelt. Der Deutsche Verein des Gas- Wasserfaches e.V. initiiert und fördert Forschungsvorgaben und unterhält Prüf- und Zertifizierungswesen für Unternehmen, Produkte und Personen. Die technischen Regeln bilden den Grundstein für die Eigenverantwortung der Gas- und Wasserwirtschaft in Deutschland. [5], [9]

3 Modell von der Fragestellung zur Zielerreichung

3.1 Fragestellung der Arbeit

Der folgende Abschnitt befasst sich mit der Fragestellung der Arbeit. Dazu wird kurz der Prozess des Anbohrens und Absperrens beschrieben und der zu lösenden Sachverhalt erläutert.

Das Anbohren und Absperrern ist ein gängiger Prozess, der als solches im Technischen Hinweis DVGW G 452 beschrieben und geregelt wird. Im Gasnetz Hamburg wird das Verfahren größtenteils für Hochdruckleitungen aus Stahl eingesetzt. Grundsätzlich gliedert sich die Bau- und Instandhaltungsmaßnahme in verschiedene operative Prozessschritte:

1. Aufschweißen der Schweißstutzen zur Entlüftung, Entgasung und Bespannung des Sperrabschnitts und Aufschweißen der Schweißstutzen oder -kugeln zur Verlegung der Bypassleitung
2. Bestückung der Schweißstutzen mit Absperrarmaturen und eventuell nötigen Adapterstücken, sowie Bohrdomen
3. Anbohren der in Betrieb befindlichen Rohrleitung über alle gesetzten Schweißstutzen mit Absperrarmaturen
4. Inbetriebnahme des Bypasses
5. Absperrern des Hauptleitungsstrangs über Blasenabsperrsystem oder Stopple-Technik und Umleitung des Versorgungsstroms über den Bypass
6. Entgasung/ Entlüftung des Sperrabschnitts
7. Durchführung der Bau- oder Instandhaltungsmaßnahme
8. Bespannung des Sperrabschnitts
9. Inbetriebnahme des Hauptleitungsstrangs durch Rückbau der Sperreinheit
10. Rückbau des Bypasses
11. Schließen der Schweißstutzen und Bypassabgänge durch geeignete Schließpflocks und Kappen

Alle Schweißarbeiten und sonstige Verbindungen werden vor Inbetriebnahme mit geeigneten Prüfverfahren geprüft und von einem Sachverständigen freigegeben. Die Dokumentation läuft parallel. [5]

Aufgrund des spanenden Bohrverfahrens verbleibt nach dem 3. Prozessschritt Bohrspan auf dem Rohrboden der Versorgungsleitung (Abbildung 1). Dieser Sachverhalt verringert maßgeblich die Qualität des Rohrnetzes, da die Späne sich beispielsweise an Verjüngungen ansammeln, was wiederum den Volumenstrom negativ beeinträchtigt. Die Verunreinigungen müssen durch Filteranlagen in den Gasregelstationen aus dem Leitungsnetz gefiltert werden, was die Lebenszeit der Filter deutlich reduziert. Zur Reinigung einer Stahlleitung kann auch ein Molch verwendet werden. Der Span wird dann mithilfe des sich aufbauenden

Differenzdrucks, vor dem Molch bis in Molchschleuse geschoben werden. Bei einem zu hohen Aufkommen an Verunreinigungen muss die Molchung wiederholt werden, was weitere hohe Kosten verursacht. Die Wirtschaftlichkeit der Versorgungsleitung wird durch diese Gegebenheiten negativ beeinflusst. Ausschlaggebend für die Notwendigkeit der Reinigung beim Prozess des Anbohrens und Absperrens ist jedoch die Verringerung der Dichtfähigkeit der Blasenabsperrelemente oder der im 5. Prozessschritt eingesetzten Stopple-Technik. Dichtet das in die Versorgungsleitung eingesetzte Element nicht vollkommen ab, muss es neu gesetzt werden. Die Folge ist ein verzögerter Anbohrprozess. Wenn keine Dichtheit hergestellt werden kann, dann ist die Durchführung der Bau- und Instandhaltungsmaßnahme gefährdet.



Abbildung 1 Bohrspan durch Anbohrverfahren

Zur Erstellung einer dichtfähigen Rohrwandfläche wird die Rohrkratzer benutzt. Diese Vorrichtung besteht aus einer Anschlusskonstruktion, einem System zur Überbrückung der Druckkräfte und einer beweglichen Spindel mit Handgriff. An der Spindel ist am unteren Ende eine runde Platte montiert, mit der die Späne in Richtung des Sperrabschnitts geschoben werden. Der Span kann anschließend bei der Durchführung der Bau- oder Instandhaltungsmaßnahme händisch mit einem Handfeger aus dem Leitungsabschnitt gefegt werden, aber nur solange der Sperrabschnitt kurz genug ist. Dabei verbleibt im schlechtesten Fall Bohrspan in der Rohrleitung und auf der Dichtfläche, da die Kratzbewegung der Metallscheibe ein „Springen“ der Scheibe begünstigt. Die unzureichende Entfernung des Bohrspans, das hohe Gewicht des Rohrkratzers von 25kg und das schwer abzudichtende Kugelgelenk oberhalb der Anschlusskonstruktion bieten Möglichkeiten zur Optimierung des Reinigungsprozesses.

Nach Rückbau des Bypasses folgt am Ende der 11. Prozessschritt, das Schließen der Schweißstutzen und Bypassabgänge durch geeignete Schließpflocks und Kappen. Das Schließen der Bypassabgänge erfolgt durch ein System des Herstellers der Anbohrvorrichtungen. Das Schließen der Schweißstutzen zum Entlüften, Entgasen und Bespannen des Sperrabschnitts erfolgt je nach Dimension mit den Schließvorrichtungen für DN 32 (Abbildung 2) und DN 50. Bestehend aus einer Anschlusskonstruktion, einem System zur Überbrückung der Druckkräfte und einer vertikal beweglichen Spindel mit Handgriff, können HD-Pflocks unter Druck in die Schweißstutzen eingeschraubt werden und schließen langfristig gasdicht. Eine

lösbare Verbindung zwischen HD-Pflock und Vorrichtung ermöglicht die Demontage des Pflocks im Schweißstutzen. Nach Entspannung der Vorrichtung über einen eingebauten Kugelhahn, kann auch sie vom Rohraufbau demontiert werden.



Abbildung 2 Bestandsvorrichtung DN 32

Die Vorrichtungen basieren alle auf einem im Unternehmen undokumentiertes System zur Überbrückung der Druckkräfte, sodass ausschließlich die Handkraft ausreicht, um die Spindel in Richtung Rohrrinnenbereich zu schieben. Das ist wichtig, um den Hub zu überbrücken, das jeweilige Werkzeug, oder den HD-Pflock in die Leitung einzubringen. Die Vorrichtungen wurden nach Erzählungen der Mitarbeiter vor etwa 30 bis 35 Jahren in der Werkstatt entwickelt, wobei der damalige Entwickler nicht mehr im Unternehmen arbeitet.

Zur Wissenserhaltung soll das Funktionsprinzip analysiert und dokumentiert werden. Weiterhin sollen aus den bestehenden Vorrichtungen die gesammelten Erfahrungswerte der Konstruktionen, die in der Vergangenheit als sinnvoll und problematisch identifiziert wurden, genutzt werden. Aufgrund der Ähnlichkeit der Funktionen soll eine Kombination von Dimensionen und Funktionen erfolgen. Aus den erhaltenen Erkenntnissen sollen neue Lösungen für das Reinigen und Schließen der Anbohrarbeiten entwickelt werden. Die neuen Konstruktionen sollen anhand von CAD-Dateien und Zeichnungen fertigungsgerecht dokumentiert werden, sodass im Anschluss ein Bau eines Prototyps erfolgen kann.

Langfristiges Ziel der Arbeit ist es die optimierte Vorrichtung im täglichen Betrieb des Gasnetzes zu etablieren

3.2 Zielsetzung

Zur Verdeutlichung werden die Ziele in der Zielsetzung anhand von Zielformulierungen dargestellt.

Erhaltung von Wissen

- Analyse der Bestandsgeräte auf die Funktionsweise zur Überbrückung des Leitungsinendrucks
- Darstellung der Ergebnisse

Kombinieren von Funktionen

- Kombinieren der Hauptfunktionen Reinigen und Verschließen unter Beachtung des zu überwindenden Hubs
- Kombinieren der Funktion Verschließen der Dimensionen DN 50 und DN 32

Neuentwicklung

- Neuentwicklung der Funktion Reinigen
- Neuentwicklung einer kombinierten Vorrichtung unter Einhaltung gestellter Anforderungen

Reproduzierbarkeit

- Erstellung von CAD- Modellen
- Erstellung von fertigungsgerechten Zeichnungen

3.3 Methoden

Da für die Vorrichtungen, außer der Berechnung der verbauten Sicherungsringe und einer groben Zusammenbauzeichnung des Rohrkratzers, keine Dokumentation vorliegt, bietet sich zur Analyse des Altbestands und anschließender Entwicklung eines optimierten Modells das „Reverse Engineering“ bzw. Rekonstruieren oder umgekehrte Entwickeln an. Der Analyse- und Entwicklungsprozess gliedert sich in 6 wesentliche Abschnitte.

1. Vorbereitung

Es werden Methoden zur Bearbeitung der Abschnitte definiert und ein gegliederter Zeitplan erstellt, der die Bearbeitungszeit einzelner Meilensteine festlegt. Es wird die genaue Aufgabenstellung und das vorliegende Problem inklusive der Zielkonflikte erläutert. Zusätzlich werden die Anforderungen an Funktion und Betrieb, Geometrie, Kinematik usw. in einer Anforderungsliste erarbeitet. Hier hat die Anbohrwerkstatt als Auftraggeber, die Möglichkeit Einfluss auf den Entwicklungsprozess zu nehmen und kann Anforderungen und Wünsche äußern.

2. Analyse

Anschließend werden die Vorrichtungen auf Maß, verwendete Materialien und Funktion analysiert. Vordergründig soll das Funktionsprinzip analysiert werden. Die Maßanalyse dient

diesem Ziel und wird nur dahingehend betrieben, dass ein Bild des Funktionsprinzips erstellt werden kann. Weiterhin werden formgebende Maße beispielsweise zur Errechnung des Hubs und Bestimmung der Verbindungsgeometrien gemessen. Zur Verbesserung des Verständnisses zum Einsatzort bzw. Umfeld besucht der Entwickler Baustellen, auf denen die Vorrichtungen zum Einsatz kommen. Zusätzlich hat er dadurch auch die Möglichkeit, Erfahrungen der Mitarbeiter aufzunehmen und zu sammeln.

3. Funktionen

Ein anschließende detaillierte Funktionsbeschreibung des Ist-Zustands führt durch Abstraktion und zweckmäßige Reduzierung der Funktionen zu einer aussagekräftigen Soll-Funktionsstruktur. Ziel der Funktionenbeschreibung ist, mögliche Kombinationen zu entwickeln, die das Reinigen und Verschließen in einer Vorrichtung vereint.

Auf Basis der Soll-Funktionsstruktur werden Lösungen für Teilfunktionen gesammelt. Hier fließen die gestellten Anforderungen der Anforderungsliste und Zulassungsvoraussetzungen zur Eingrenzung des Lösungsspektrums ein. Nach umfassender Recherche werden Lösungsvarianten in einem Ordnungsschema dargestellt und mithilfe begründeter Bewertungskriterien bewertet. Es wird sich für die Lösungsvariante mit der höchsten Bewertung entschieden.

4. Gestaltung

Für die gestalterische Umsetzung der gewählten Lösungsvariante wird ein Dichtkonzept erarbeitet und durch Druckbehälterberechnungen die Auslegung der Komponenten vorgenommen. Hier fließen insbesondere geometrische Anforderungen, beispielsweise die Anschlussart und der benötigte Hub, in die Gestaltung ein. Es werden vorzugsweise Normteile verwendet, um Produktions- und Materialkosten zu minimieren. Erarbeitet werden fertigungsgerechte Einzel- und Zusammenbauzeichnungen, CAD Modelle und Stücklisten.

5. Abschluss

Abschließend folgt nach einer Zusammenfassung und kritischen Diskussion der Ergebnisse ein Ausblick zum weiteren Vorgehen.

4 Anforderungen und Analyse

4.1 Zulassungsvoraussetzungen

Damit eine optimierte Vorrichtung zukünftig im täglichen Betrieb des Gasnetzes genutzt werden kann, muss sie die Zulassungsvoraussetzungen erfüllen. Diese werden in Normen und Richtlinien beschrieben und garantieren bei Einhaltung ein hohes Maß an Sicherheit. Im Folgenden sind Normen und Richtlinien aufgeführt, die den Betrieb der Vorrichtung im Hochdruck Erdgasnetz regeln und die für die konstruktiven Sicherheitseinrichtungen und dokumentierten Prüfungen der Vorrichtung maßgebend sind. Durch das Beachten geltender Zulassungsvoraussetzungen wird die Betriebssicherheit und Betriebserlaubnis der Vorrichtung garantiert.

DVGW G452 Anbohren und Absperren [5]

Die DVGW G452 regelt den Hergang des Anbohrens und Absperrens und die Anforderungen für Bauteile, Maschinen und Geräte im Bereich Gas. Die zu entwickelnde Vorrichtung fällt unter die Kategorie Maschinen und Geräte. Daraus entsteht die Anforderung, die im Merkblatt genannten Punkte zu erfüllen.

Anforderungen an die Bauteile:

- Berechnung und Konstruktion nach AD-2000 Merkblättern o.Ä.
- Erzeugnisse nach Abnahmeprüfungszeugnisse 3.1 bzw. 3.2 nach DIN EN 10204
- Nachweise zum Fügen jeglicher Werkstoffe müssen erbracht werden
- Dichtelemente müssen für das entsprechende Medium chemisch und physikalisch geeignet sein

Anforderungen an Maschinen und Geräte:

Die Maschinen und Geräte müssen

- für erwartete Betriebsbedingungen wie z.B. Betriebsdruck und Temperatur ausgelegt sein
- der Betriebssicherheitsverordnung entsprechen
- sich in einem einwandfreiem und regelmäßig bzw. zyklisch geprüften Zustand befinden

Des Weiteren müssen

- für Anbohr und Absperrsysteme wiederkehrend Festigkeits- und Dichtheitsprüfungen durchgeführt werden
- Prüfkennzeichen dauerhaft an Maschinen angebracht sein
- die durchgeführten Prüfungen dokumentiert werden

Verschluss der Leitungsöffnungen:

- in der Leitung verbleibende Bauteile sind sicher zu verschließen und die Dichtheit ist nachzuweisen
- vor Demontage des Equipments ist eine ordnungsgemäße Montage der Verschlüsse durch geeignete Maßnahmen zu prüfen

- nach vollständiger Demontage sind Blindflansche und Gewindekappen aufzuschrauben. Es folgt eine Dichtheitsprüfung. Spätere Demontage der Fittings soll gewährleistet sein

Zusätzlich wird für die Komponenten eine Berechnung nach AD-2000 Merkblättern durchgeführt. Die Halbzeuge entsprechen den Vorgaben der Abnahmeprüfungszeugnissen. Die Dichtelemente werden gesondert ausgelegt, sodass sie den Betriebsbedingungen standhalten. Durch geplante regelmäßige Wartung der Vorrichtung, kann ein einwandfreier Zustand im Betrieb gewährleistet werden. Die Vorrichtung wird auf den Prüfdruck von 1,5-mal dem maximalen Betriebsdruck ausgelegt. Eine Dichtheitsprüfung kann somit durch Abdrücken erfolgen. Eine Prüfplakette ist sichtbar an der Vorrichtung anzubringen. Alle durchgeführten Prüfungen werden dokumentiert.

4.2 Anforderungsliste

Die Anforderungsliste berücksichtigt neben den Zulassungsvoraussetzungen weitere Anforderungen an die zu entwickelnde Vorrichtung und wird in Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber, der Anbohrwerkstatt entworfen. Das gibt der Werkstatt die Möglichkeit aktiv in den Prozess der Entwicklung einzugreifen und Wünsche und Anforderungen zu formulieren, die für den betrieblichen Ablauf von Vorteil bzw. unabdingbar sind. Weitere Anforderungen ergeben sich aus geometrischen Gegebenheiten wie den Anschlussmaßen und dem Hub, sowie aus dem Medium und der Arbeitsumgebung.

Die Anforderungen werden kategorisch, übersichtlich in einer Liste zusammengefasst und nach Wunsch (W) und Festanforderung (FF) gegliedert. Sie werden als Forderung formuliert, sodass das Ziel der Aussage klar erkennbar ist. Zusätzlich werden Werte und Daten aufgelistet, die die Anforderung oder den Wunsch näher beschreiben. Für Änderungen an der Anforderungsliste bedarf es die Zustimmung beider Parteien. Zur Übersichtlichkeit werden die wichtigsten Festanforderungen anschließend genannt und kurz erläutert. Eine detaillierte Auflistung aller Anforderungen und Wünsche beinhaltet die Anforderungsliste im Anhang B.

Anschlussgeometrie

Zur Entlüftung, Entgasung und Bespannung werden je nach Volumen des Sperrabschnitts Schweißstutzen den Dimensionen DN 32 oder DN 50 aufgeschweißt. Zur Erstellung der Anbohrung und für den Anschluss der Bypassleitung werden je nach Dimension der Versorgungsleitung Schweißstutzen oder -kugeln der Dimensionen DN 80 bis DN 100 aufgeschweißt. Auf die Schweißstutzen und/oder -kugeln werden anschließend passende Absperrrarmaturen montiert. Für die Entgasungsstutzen DN 32 und DN 50 werden entsprechende Kugelhähne mit Rohrringgewinde montiert. Für die Anbohrungen wird eine Schieberarmatur und ein Bohrdom der jeweiligen Dimension mit Flanschverbindung montiert. Die Rohrringgewinde und Flanschverbindung dienen als Anschlussgeometrie für die Vorrichtungen. Sie bilden einerseits das Lager, von dem auftretende Druckkräfte aufgenommen werden und begrenzen andererseits den Arbeitsraum und Durchmesser. Für die geforderten Dimensionen folgen die Anschlussmaße.

- Kugelhahn DN32 mit Zylindrischem Rohringengewinde Rp 1 ¼“
- Kugelhahn DN50 mit Rohringengewinde NTP 2“
- Flansch der Firma T.D.Williamson: 6.7265.1 Shortstop 500 R100 mit Rohringengewinde Rp 1 ¼“ oder NTP 2“ (siehe Abbildung 3)



Abbildung 3 TDW-Flansch R100 zu NTP 2"

Die Vorrichtung soll über ein kegeliges Rohraußengewinde EN 10226 R 1 ¼“ verfügen. Die Herstellung der Verbindung zum NTP 2“ und TDW-Flansch erfolgt mit der Werkstatt vorliegenden Adaptern.

Hub

Eine weitere geometrische Anforderung ist der Hub. Dieser muss zum Verschließen der Rohrleitung zurückgelegt werden, um die HD-Pflocke durch die Absperrarmatur zu schleusen und in die Schweißstutzen einzuschrauben (Abbildung 4). Der minimale Hub zum Verschließen der Rohrleitung ergibt sich aus der Addition der Komponenten und des Schweißspalts abzüglich der Einschraubtiefe und wird damit vereinfacht als Höhe von der Oberkante des Kugelhahns bis zur Rohraußenwand festgelegt.

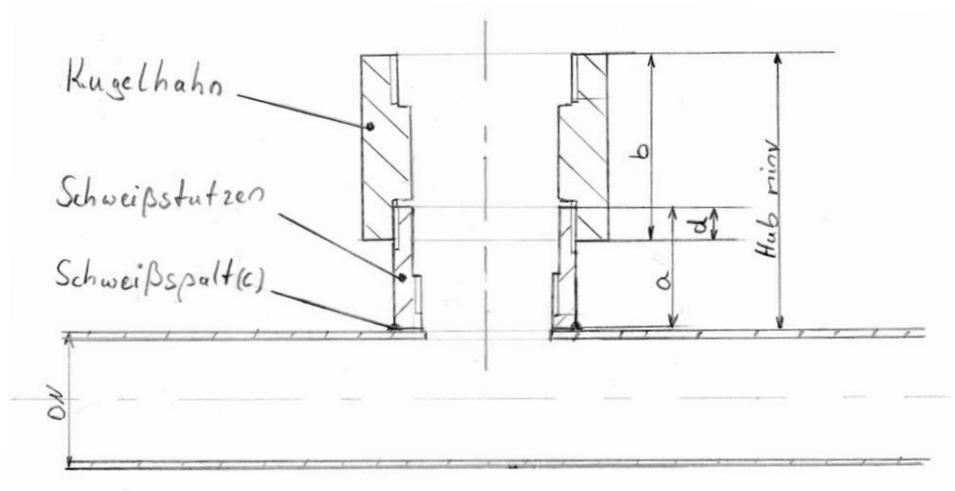


Abbildung 4 Skizze Rohraufbau DN32 und DN 50

Der minimal benötigte Hub für das Verschließen des DN 32 Schweißstutzens mit dem passenden HD-Pflock beträgt 154mm.

Der minimal benötigte Hub für das Verschließen des DN 50 Schweißstutzens mit dem passenden HD-Pflock beträgt 229mm.

Die Maße gelten, wenn der HD-Pflock mit der Stirnfläche der Vorrichtung abschließt und die gemessenen Werte für die Höhen und Einschraubtiefen des Schweißstutzens und Absperrarmatur mit dem Ist-Zustand übereinstimmen. Da die Werte je nach Fertigungstoleranz und Hersteller von den gemessenen Werten abweichen können, wird der zu überwindende Hub für das Verschließen der Schweißstutzen auf 250mm festgelegt.

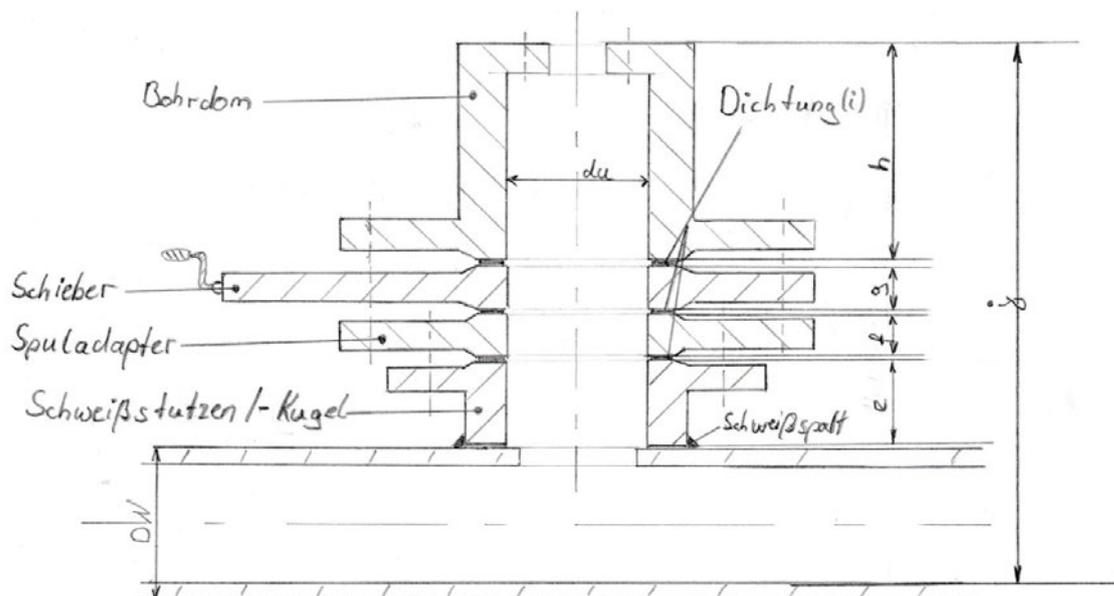


Abbildung 5 Skizze Rohraufbau DN 80 und DN 100

Ein weitaus größerer Hub ergibt sich aus der Notwendigkeit, das Reinigungswerkzeug auf den Rohrboden der Versorgungsleitung zu führen (Abbildung 5). Der minimale Hub für das Reinigen der Rohrleitung ergibt sich aus der Addition der Dichtflächenabstände der verbauten

Komponenten, Dicken der Dichtungen, Höhe des Schweißspalts, einer Wandstärke des Versorgungsrohrs und des Innendurchmessers des Versorgungsrohrs. Aufgrund verschiedener Dichtflächenabstände der eingesetzten Komponenten bei unterschiedlicher Ausführung und Dimension wird der größtmögliche Minimalhub für den geforderten Abdeckungsbereich bis DN 100 und der Druckstufe 25bar als Referenzhub genutzt. Er beträgt rund 720mm. Aufgrund von Fertigungstoleranzen wird der minimale Hub auf 725mm festgelegt. Durch die Nutzung des Anbohrdoms als Bauraum für das Reinigungswerkzeug, kann der zu überwindende Hub verringert werden. Das genaue Maß hängt dann vom Aufbau und Maß des Reinigungswerkzeugs ab. Eine Umfassende Tabelle zu Maßen der Bauteile befindet sich im Anhang C.

Werkzeugaufnahme

Die Werkzeugaufnahme beschreibt die Schnittstelle zwischen der Vorrichtung und den HD-Pflocken und soll auch zur Bedienung des Reinigungswerkzeugs genutzt werden. Sie überträgt die vertikalen Kräfte und das benötigte Drehmoment. Die Schnittstelle der HD-Pflocke gibt eine bestimmte Geometrie vor, die nicht beeinflusst werden kann. Daher wird die Schnittstelle des Reinigungswerkzeugs geometrisch angepasst. Zusätzlich verbleiben die HD-Pflocke im Rohrleitungsbereich, was eine von außen lösbare Verbindung zwischen Werkzeug und Vorrichtung notwendig macht. Die Verbindung darf sich nicht ungewollt lösen, da ein Schließen der Absperrarmatur anschließend nicht mehr möglich wäre und zu einer Gefährdung der Baumaßnahme führt.

Der HD-Pflock DN 32 hat als Verbindungsgeometrie einen Vierkant mit den Maßen 18,8 mm x 22 mm (Abbildung 6). Die Vertikalen Kanten sind mit einer 0,8x0,8mm Fase gebrochen. In der Drehachse befindet sich ein M6 Gewinde, welches 20mm in den Körper geschnitten ist. Entlang der Kanten befindet sich eine Nut, die scheinbar für eine Aufnahme mit Sprengring oder Kugel-Feder-Prinzip gedacht ist. Diese wird bei Gasnetz Hamburg nicht genutzt. Eine bemaßte Skizze befindet sich im Anhang D. Die Maße der Skizze wurden händisch gemessen, mit dem Ziel die Verbindungsgeometrie zu erörtern. Besonders bei komplizierten Nuten oder Fräsungen besteht kein Anspruch auf hohe Maßgenauigkeit.

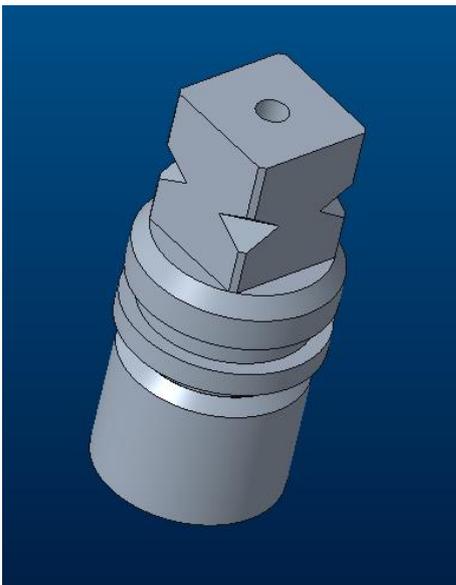


Abbildung 6 CAD-Darstellung HD-Pflock DN32

Die Verbindung zum DN50 HD-Pflock (Abbildung 7) erfolgt über einen Adapter. Dieser wird über eine M6 Verschraubung an die Vorrichtung montiert und über ein Kugel-Feder-Prinzip mit dem DN50 HD-Pflock verbunden. Eine bemaßte Skizze des DN 50 HD-Pflocks befindet sich im Anhang D. Die Maße der Skizze wurden händisch gemessen, mit dem Ziel die Verbindungsgeometrie zu erörtern. Besonders bei komplizierten Nuten oder Fräsungen besteht kein Anspruch auf hohe Maßgenauigkeit.

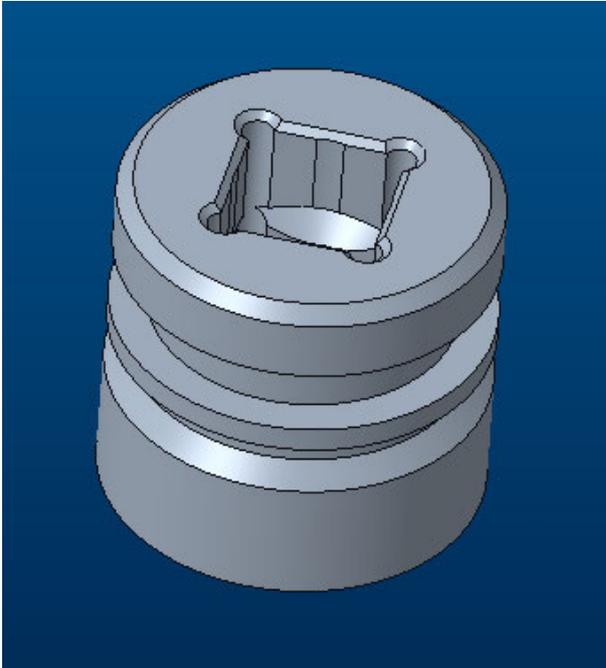


Abbildung 7 CAD-Darstellung HD-Pflock DN50

Handbetrieb

Instandhaltungsmaßnahmen an Erdgasleitungen sind nur teilweise planbar und müssen oft in der Fläche, unter begrenzten Zugangsmöglichkeiten, geschehen. Im Stadtgebiet bedeuten die meisten Baumaßnahmen einen Eingriff in das Verkehrssystem. Behinderungen entstehen durch die Erstellung von Baugruben, parkende Einsatzfahrzeuge und Materiallagerplätze. Um den Einfluss der Baumaßnahmen auf die Umgebung zu minimieren, wird sich bemüht Passanten vor störendem Lärm und verlegten Kabeln oder Schläuchen im Fußgängerbereich zu schützen. Das Ziel Lärm durch Maschinen zu vermeiden, kann durch das bestehende Funktionsprinzip zur händischen Überwindung des Rohrrinnendrucks erreicht werden. Deshalb soll es bei der Entwicklung einer neuen Vorrichtung übernommen werden.

Gewicht

Aus dem beschriebenen Platzmangel für Baumaßnahmen innerhalb des Stadtgebiets und den Bemühungen den Eingriff ins Verkehrssystem zu minimieren, resultieren enge Baugruben. Aufgrund der Vielzahl an Leitungsträgern in der Stadt befinden sich in den seltensten Fällen nur die Gasleitung in der Aufgrabung, was den vorhandenen Platz und die Bewegungsmöglichkeit weiter einschränken. Daraus resultiert einerseits die Anforderung die Vorrichtung möglichst ergonomisch und schlank zu gestalten, andererseits das Gewicht auf ein Minimum zu reduzieren. Das erleichtert den Transport, Umgang und die Montage des Geräts. Daraus

resultiert ein maximales Gewicht von 50 kg. Die Gewichtsgrenze ist durch eine robuste, jedoch leichte Konstruktionsbauweise, beispielsweise durch höherwertige Werkstoffe zu erreichen.

4.3 Maß und Funktionsanalyse

Aufgrund fehlender Dokumentation des Altbestands liegt der Fokus der Analyse des Ist-Zustands darauf, dass Funktionsprinzip der Drucküberwindung herzuleiten. Weitere Maße werden aufgenommen, sobald sich daraus Informationen zur Lösung der Anforderungen ableiten lassen. Beispielsweise kann die Länge der Handgriffe und die Aussage eines Mitarbeiters Aufschluss über das einzubringende Drehmoment bzw. die bestehende Ergonomie geben. Zur Maß und Funktionsanalyse wird mit der Demontage der DN32-Vorrichtung begonnen. Die Aufnahme der Maße erfolgt händisch. Es werden für jedes Einzelbauteil Skizzen erstellt, woraus ein CAD-Modell der Bestandsvorrichtung resultiert. So wird die Analyse beispielsweise durch die Erstellung von Schnittdarstellungen und die Messbarkeit von zueinander beweglichen Flächen deutlich vereinfacht.

Maßanalyse

Nach Demontage wird die Vermessung der Einzelbauteile der Bestandsvorrichtung für das Verschließen der Erdgas-Versorgungsleitung mit einem DN32 HD-Pflock durchgeführt. Dabei liegt der Fokus auf der Bemessung funktional wichtiger Durchmesser und Maße. Bei der händischen Vermessung ist zu beachten, dass die Genauigkeit der Messwerte von vielen Faktoren wie beispielsweise der Temperatur, Parallaxenfehlern und Qualität des Messwerkzeugs abhängt. Für die Maßanalyse wäre auch eine maschinelle Lösung denkbar. Jedoch ist fraglich, ob die erreichbare maschinelle Genauigkeit einen Mehrwert zur Analyse eines etwa 30 Jahre genutzten Geräts beitragen würde, da die Ist-Maße unter Umständen nicht mehr den Fertigungsmaßen entsprechen. So könnten beispielsweise Abriebstellen zwar Aufschluss auf Problemstellen liefern, jedoch rentiert sich der Aufwand für den Fokus der Funktionsanalyse nicht. Wichtiger ist die Aufnahme von Funktionsflächen wie Dicht und Gleitflächen. Weiterhin ist das Erkennen von grundsätzlichen Funktionen der Geometrien und Einzelteile und das Analysieren von Verbindungselementen, Einschraubtiefen, Wandstärken und Materialien von Interesse. Dafür reicht eine Maßanalyse mit analogen Mitteln, wie Messschieber, Gewindelehren und Stahlmaßstab aus.

Wie auf der Zusammenbauskizze in Anhang D dargestellt, besteht die Vorrichtung aus 5 formgebenden Elementen. Die Anschlussgeometrie stellt über ein 1 ¼" Rohrgewinde eine Verbindung zwischen Rohraufbau und Vorrichtung her. Mit dem aufgeschraubten Druckausgleichsrohr bildet es die feste Geometrie, in der eine als Rohr ausgeführte Spindel translatorisch und rotatorisch bewegt werden kann. In der Spindel befindet sich ein rotatorisch beweglicher Rundstab (in der Skizze als Verbinderspindel bezeichnet), über welchen der HD-Pflock durch ein M6 Gewinde verbunden wird. Gedichtet wird die Vorrichtung durch O-Ringe, die auf die Wellen oder in Bohrungen mit Sicherungs- und Abstandsringen montiert sind. Wichtig für die Funktionalität der Vorrichtung sind die Durchmesser der Funktionsflächen der hohlen Spindel und des festen Druckrohrs. Ebenfalls wichtig für das Verständnis des Funktionsprinzips sind auf der Skizze beschriebene Bohrungen. Das Ziel einer aussagekräftigen Darstellung des Ist-Zustands wird durch die Zusammenbauskizze erreicht. Skizzen und Bemaßungen der Einzelteile

wurden zwar im Verlauf der Maßanalyse aufgenommen, tragen jedoch nicht weiter zum Ziel der Funktionsanalyse bei. Deshalb werden sie nicht weiter ausgeführt. Nachfolgend ist das entstandene CAD-Modell der DN32-Vorrichtung dargestellt (Abbildung 8).



Abbildung 8 CAD-Modell Bestandsvorrichtung DN 32

Nach der weitestgehend vollständigen Maßanalyse der DN32 Vorrichtung werden nur noch Funktionelle Maße der DN50 Vorrichtung und des Rohrkratzers aufgenommen, um den Aufwand dem Ziel anzupassen. Diese werden in der Funktionsanalyse näher beschreiben.

Funktionsanalyse

Das Funktionsprinzip der bestehenden Vorrichtung zu erkennen und verstehen, bildet die Grundlage dafür Verbesserungspotentiale zu erkennen und die Funktionsweise der Vorrichtung zu optimieren und für die Entwicklung eines neuen Geräts zu nutzen. Anhand des in der Maßanalyse erstellten CAD Modells der DN 32 Vorrichtung lässt sich eine Schnittdarstellung erstellen, anhand derer das Funktionsprinzip abgeleitet werden kann (Abbildung 9).

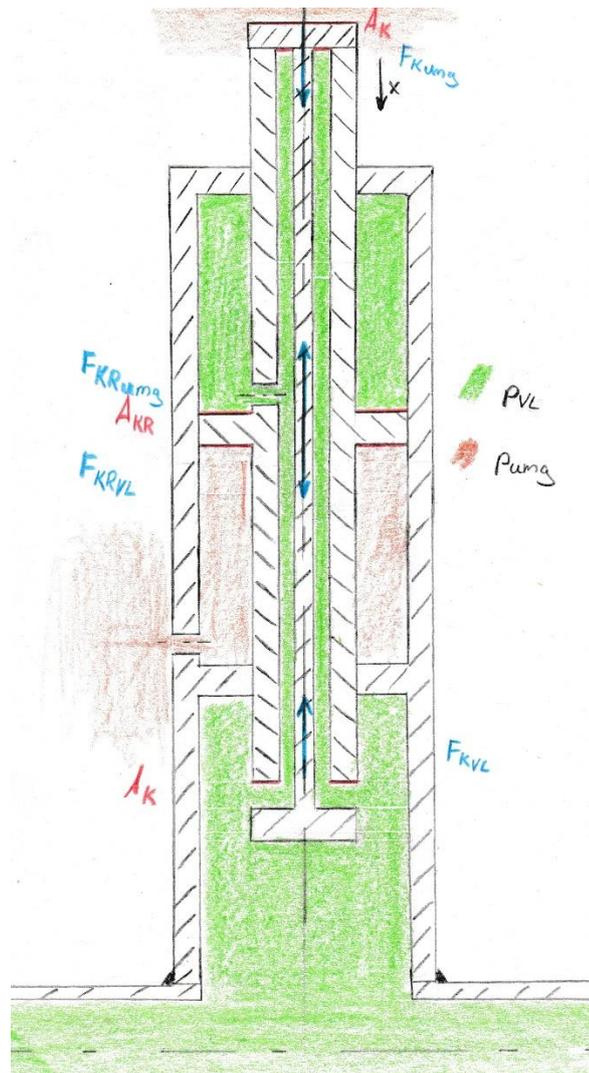


Abbildung 9 Skizze Funktionsprinzip Druckausgleich Ist-Zustand

Die Vorrichtung besteht funktional aus zwei Modulen, die translatorisch und rotatorisch zueinander bewegt werden können. Als Lager dient das Rohrgewinde, das auf den Schweißstutzen aufgeschraubten Kugelhahn dichtend montiert ist und hier nur als angeschweißtes Rohr dargestellt wird. So ergibt sich ein festes äußeres Druckrohr und eine dazu bewegliche innere Spindel. Über einen hier nicht dargestellten Handgriff können translatorisch Kräfte und rotatorisch Drehmomente auf die Spindel eingebracht werden, um den HD-Pflock von außen zu montieren. Dabei wirkt der Innendruck P_{VL} auf die bewegliche Spindelkreisfläche A_K und erzeugt eine Kraft F_K in negative X-Richtung. Die erzeugten Druckkräfte auf die feste Außengeometrie werden vom Lager übernommen. Durch die Umleitung des Drucks in eine Kammer, kann über die Kreisringfläche A_{KR} eine Kraft F_{KR} erzeugt werden, die der Spindelkraft in positive X-Richtung entgegen wirkt. Zusätzlich wirkt auf die Spindelkreisfläche A_K und die Kreisringfläche A_{KR} , eingeleitet durch eine Ausgleichsbohrung durch die Außengeometrie, der Umgebungsdruck p_{umg} und erzeugt die Kräfte $F_{K_{umg}}$ und $F_{KR_{umg}}$. Durch die rotatorische Geometrie der Bauteile befinden sich alle Kraftangriffspunkte auf der Rotationsachse, was die Addition der richtungsabhängigen Kräfte ermöglicht (1).

$$F_{res} = F_{K_{umg}} + F_{KR_{VL}} - F_{K_{VL}} - F_{KR_{umg}} \quad (1)$$

Nach einsetzen der Drücke und Flächen in die Formel ergibt sich das Kräftegleichgewicht der resultierenden Kraft F_{res} in der Formel (2).

$$F_{res} = p_{Umgebung} * A_K + p_{VL} * A_{KR} - p_{VL} * A_K - p_{Umgebung} * A_{KR} \quad (2)$$

Da im Rohrleitungsbau allgemein mit dem Überdruck, also der Druckdifferenz zwischen Umgebungs- und absolutem Druck gerechnet wird, ergibt sich die Formel zur errechnung der resultierenden Kraft F_{res} zu (3):

$$F_{res} = \Delta p * (A_{KR} - A_K) \quad (3)$$

An der Formel (3) ist erkennbar, dass die resultierende Kraft bei gleichem Flächeninhalt der Kreisringfläche $A_{KR} = A_K \rightarrow F_{res} = 0$ wird.

Bei der Berechnung der resultierenden Kraft wird angenommen, dass sich der Druck in der Vorrichtung gleichmäßig ausbreitet und normal auf die Kreis- sowie Kreisringfläche wirkt.

Die resultierende Kraft F_{res} der Vorrichtung DN 32 beträgt dann mit den Werten:

$$\Delta p = 25 \text{ bar}$$

$$A_{KR} = 444,88 \text{ mm}^2$$

$$A_K = 447,09 \text{ mm}^2$$

$$F_{res_{DN32}} = 5,52 \text{ N}$$

Bei gleichem gemessenem Durchmesser beträgt die resultierende Kraft $F_{res_{DN50}}$ der Vorrichtung DN 50 und des Rohrkratzers:

$$\Delta p = 25 \text{ bar}$$

$$A_{KR} = 615,75 \text{ mm}^2$$

$$A_K = 628,35 \text{ mm}^2$$

$$F_{res} = 31,49 \text{ N}$$

In dieser vereinfachten Berechnung fehlen zur ganzheitlichen Betrachtung die Massekraft des beweglichen Moduls und die Reibungskräfte, welche durch die Dichtflächen erzeugt wird. Die Gewichtskräfte der Vorrichtungen und die Haftreibungskräfte werden mit Hilfe einer Waage ungefähr gemessen, um die Handkraft eines Nutzers grob abschätzen zu können. Die Masse der zu bewegenden Spindeln der Vorrichtungen wird mit 2/3 der Gesamtmasse abgeschätzt.

Es wird angenommen, dass die Drehachse Vertikal steht, sodass die in positive X-Richtung wirkenden Massenkräfte mit der Formel (4) berechnet werden.

$$F_{masse} = \frac{9,81m}{s^2} * m \quad (4)$$

Die Haftreibungskräfte betragen etwa:

$$F_{Hreib} = 100N$$

Die Massen der Vorrichtungen wurden gemessen:

$$m_{DN32} = 3kg$$

$$m_{DN50} = 7kg$$

$$m_{Vorr} = 25kg$$

Daraus ergeben sich die maximalen Handkräfte beim Bewegen der Spindel in Negative X-Richtung aus der Formel (5):

$$F_{Hand_{max}} = F_{res} + F_{Hreib} + \frac{2}{3}F_{masse} \quad (5)$$

$$F_{Hand_{maxDN32}} = 125N$$

$$F_{Hand_{maxDN50}} = 177N$$

$$F_{Hand_{maxRohrkr}} = 295N$$

Die zu überwindende Handkraft soll bei der zu entwickelnden Vorrichtung in einer ähnlichen Dimension liegen.

5 Konzeption

Nachdem sich die Analyse weitestgehend auf die geometrischen Eigenschaften der Bestandsvorrichtung bezieht, werden in der Konzeptionsphase die funktionellen Zusammenhänge näher beschrieben. Durch Abstraktion des reellen Zustands wird der Ist-Zustand dargestellt. So können Hauptfunktionen aufgestellt und Folgefunktionen logisch miteinander verknüpft dargestellt werden. Anschließend folgt die Überprüfung wie die Hauptfunktionen des Reinigens und Verschließens miteinander verknüpft werden können. Durch Reduzierung auf die wesentlichen Haupt- und Folgefunktionen wird eine optimierte Soll-Funktionenstruktur aufgestellt, die als Grundlage für die anschließende Lösungssuche dient. Die Lösungen der zu erfüllenden Funktionen werden in einem Ordnungsschema gesammelt. Auf Grundlage dessen werden anschließend Lösungsvarianten erarbeitet, die den Anforderungen der Anforderungsliste entsprechen. Nach einer Bewertung nach erläuterten Kriterien wird sich für eine Lösungsvariante zur Umsetzung entschieden.

5.1 Erstellung einer Funktionenstruktur

Die Struktur des erstellten Funktionenbaums ist stark von der VDI 2803 beeinflusst und beinhaltet wesentliche Komponenten des Funktionsdiagramms und des FAST Diagramms. Die bekannten Arbeitsvorgänge werden im Folgenden systematisch, chronologisch in der Ist-Funktionenstruktur dargestellt. Die Erarbeitung des Ist-Zustands in geeignetem Abstraktionsgrad bietet die Möglichkeit, die bestehenden Bestandteile der Vorrichtung und deren prozesswichtigen Funktionen logisch miteinander zu verknüpfen. Dieses Vorgehen vereinfacht den Einstieg bei der Suche nach relevanten Funktionen.

In der Ist-Funktionenstruktur wird unterschieden in singuläre Funktionen, die nicht logisch verknüpft werden können und verknüpften Funktionen, welche sich von der Hauptfunktion in die Folgefunktionen abstrahieren. Die singulären Funktionen sind in allgemeine Funktionen, Vorgaben und Spezifikationen, einmalige Funktionen und ständige Funktionen gegliedert. Verknüpfte Funktionen werden in die übergeordnete Funktion, Hauptfunktion und Folgefunktion gegliedert. Dabei beschreibt der Abstraktionsgrad nach rechts das „Wie?“ und nach Links das „Wozu?“. Der Funktionenbaum ist von oben nach unten chronologisch gegliedert, und verknüpft alle Aspekte des Arbeitsprozesses logisch miteinander. Anhand der Linien zwischen den Funktionskästen kann der Funktionspfad nachvollzogen werden, wobei die direkte Verbindung am Ursprung des Kastens eine Und-Verknüpfung und das separate Austreten eine Oder-Verknüpfung darstellt.

Bei der Erstellung der Ist-Funktionenstruktur kann die Ähnlichkeit der Prozessabläufe zwischen Reinigen und Verschließen überprüft werden. Dazu werden beide Funktionsstränge miteinander verknüpft, sodass sich gleiche Folgefunktionen überlappen und die Unterschiede der Hauptfunktionen herausstellen. Die erarbeitete Ist-Funktionenstruktur in Abbildung 10 zeigt das Ergebnis. Grundsätzlich sind die Arbeitsabläufe des Reinigens und Verschließens sehr ähnlich. Es muss der Arbeitsprozess vorbereitet, oder genauer die Vorrichtung durch Sichern und Verbinden des Werkzeugteils bestückt werden. Anschließend wird die die Vorrichtung mit dem Kugelhahn verbunden, was die Folgefunktionen Verschraubung dichten und Schraubverbindung schließen beinhaltet. Nach Öffnung der Absperrarmatur wird das eingesetzte Werkzeugteil durch Umleitung des Drucks in Arbeitsposition bewegt. Es folgen die

folgt die Blackbox in der sich der Bediener, die Vorrichtung und die Versorgungsleitung befinden. Als Output wird das erwartete Ergebnis der Hauptfunktionen Reinigen und Schließen dargestellt.

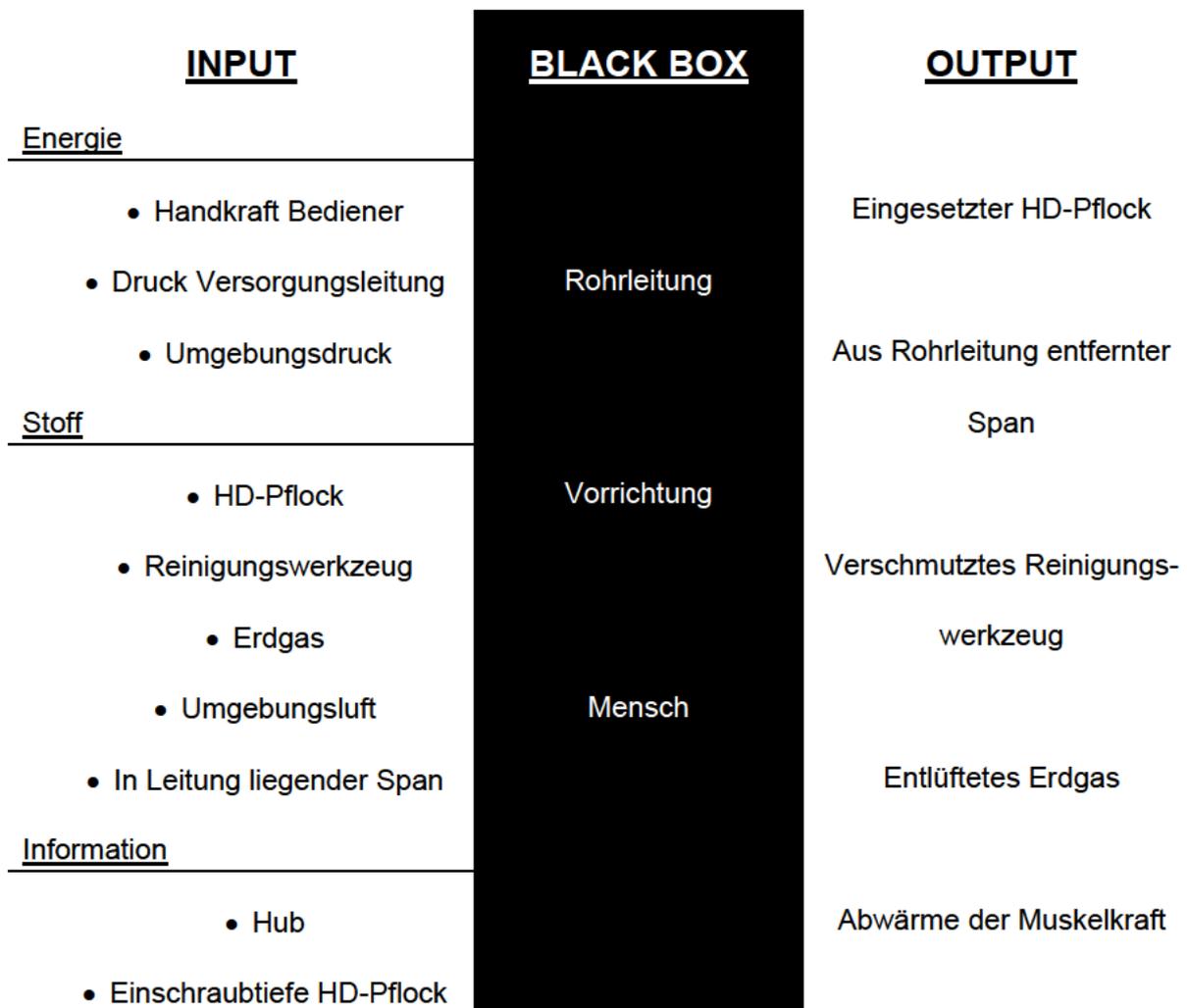


Abbildung 11 Blackbox der Funktion Reinigen und Verschließen

Die Kombination aus der zustandsorientierten Ist-Funktionenstruktur und der zielorientierten Black-Box führt zur Soll-Funktionenstruktur. Dabei werden die Hauptfunktionen wieder in „Anbohrarbeiten reinigen“ und „Anbohrarbeiten verschließen“ entzerrt, um die Reduzierung auf wesentliche Funktionen zu vereinfachen. Singuläre Funktionen bleiben dabei unbeeinflusst, da diese aus den in der Anforderungsliste niedergeschriebenen Anforderungen des Auftraggebers stammen. Es entfallen beispielsweise nicht relevante Funktionen, die den Arbeitsprozess vor- und nachbereiten. Außerdem entfallen alle blau gekennzeichneten Funktionen der Ist-Struktur, da diese nur zur Vollständigkeit des Prozessablaufs dienen.

Die reduzierten Funktionenstrukturen werden in Abbildung 12 und Abbildung 13 dargestellt. Anhand der entzerrten Funktionenbäume werden die Ähnlichkeiten, vor allem aber die Unterschiede der Hauptfunktionen deutlich. Diese sind farblich hinterlegt (HD-Pflock setzen in grün, Rohrleitung reinigen in rot). Die Besonderheit beim Schließprozess liegt darin, dass das eingesetzte Teil eingeschraubt wird und dafür ein Vorschub und ein Drehmoment eingebracht werden muss. Außerdem soll das eingesetzte Teil (HD-Pflock) im Leitungsbereich verbleiben, sodass eine Entsicherung vor der Demontage der Vorrichtung passieren muss.

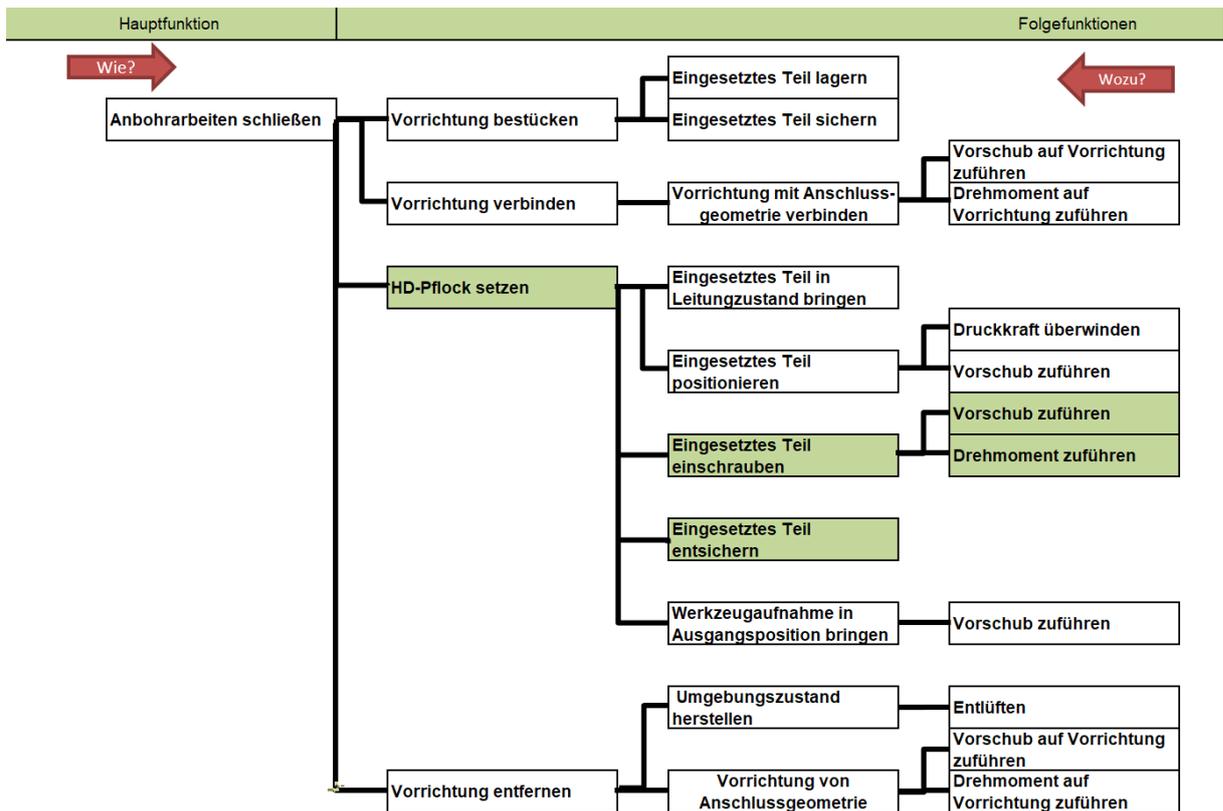


Abbildung 12 Soll-Funktionenstruktur Anbohrarbeiten schließen

Bei der Reinigung beschreibt die zentrale Funktion den Span aus der Rohrleitung zu entfernen. Dafür muss dieser gelagert und transportiert werden. Die Entsicherung des Werkzeugs erfolgt erst nach Demontage der Vorrichtung.

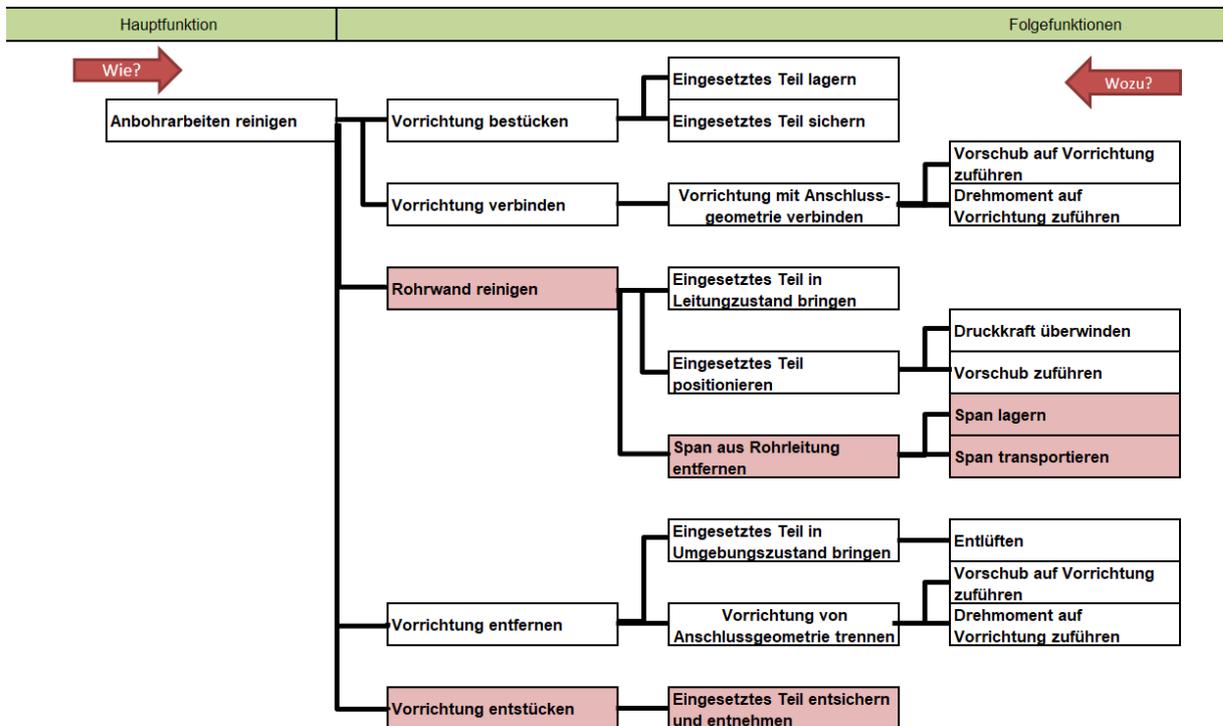


Abbildung 13 Soll-Funktionenstruktur Anbohrarbeiten reinigen

Zur Erreichung des Ziels die Hauptfunktionen zu kombinieren, muss eine Lösung gefunden werden, mit der sich die farblich unterschiedlich gekennzeichneten Folgefunktionen vereinen lassen. Die Verbindung zwischen Vorrichtung und HD-Pflock muss aufgrund der Funktionalität lösbar sein. Als zentraler Punkt der Modularität bietet sich folglich eine universale Verbindungsgeometrie zwischen Vorrichtung und eingesetztem HD-Pflock, beziehungsweise Reinigungswerkzeug an.

Die Folgefunktionen der Soll-Funktionenstruktur müssen zur Erfüllung der Hauptfunktionen umgesetzt werden. Sie haben den richtigen Abstraktionsgrad, um kreative Lösungen zu finden, die nicht zwangsläufig wieder auf den Ist-Zustand zurückführen. Durch das kategorische Sortieren der chronologisch geordneten Folgefunktionen ergeben sich Funktionscluster, dessen Lösungssuche im Ordnungsschema erfolgen kann (Abbildung 14).

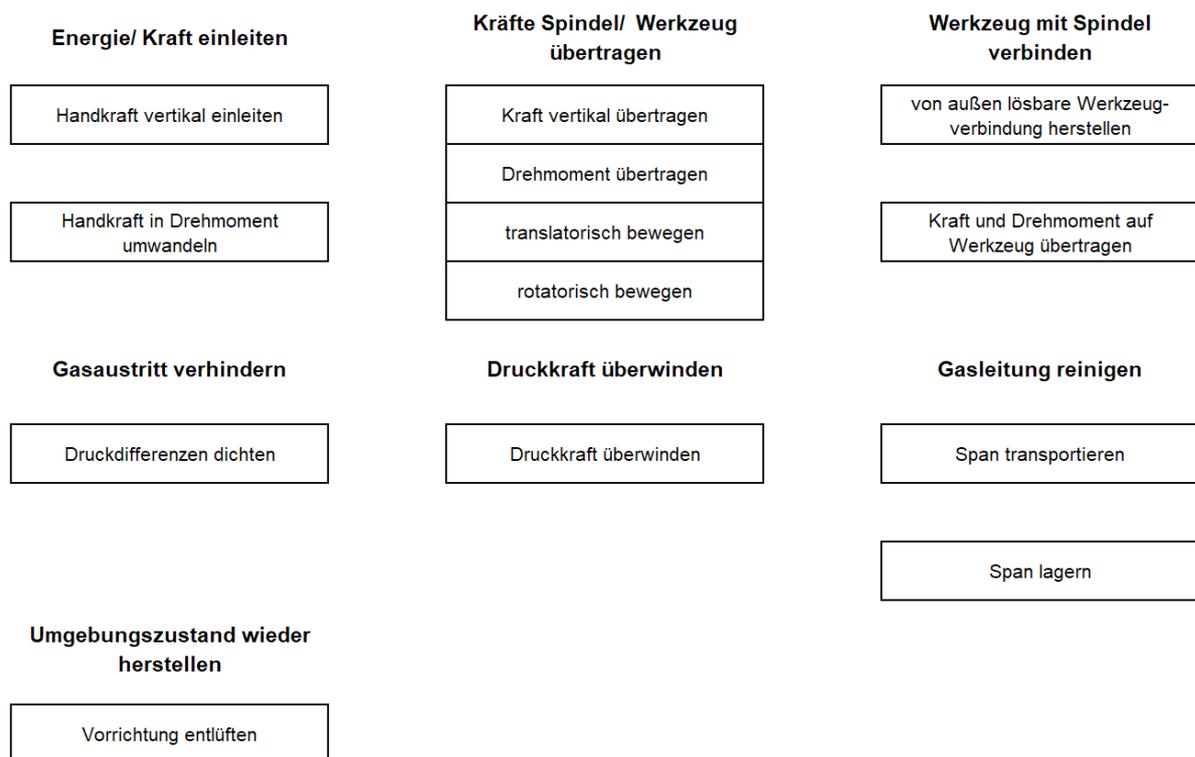


Abbildung 14 Funktionscluster

5.2 Ordnungsschema

Im Ordnungsschema werden für die in Funktionscluster geordneten Soll-Funktionen Lösungen gesammelt. Dabei wird durch die komponentenunabhängige Suche eine möglichst unvoreingenommene Vielfalt an Lösungen erarbeitet. Begrenzt wird die Lösungssuche durch die singulären Funktionen der Funktionenstruktur. Beispielsweise werden beim Funktionscluster „Energie / Kraft einleiten“ durch die singuläre Funktion „Handkraft nutzen“, elektrische oder pneumatische Lösungen ausgeschlossen. So kann die Lösungsfindung zielorientiert jedoch konstruktiv vielfältig geschehen.

Die Lösungen werden in Skizzen dargestellt und in einem Kurztext beschrieben. Dabei werden die erfüllten Funktionen auf der linken Seite durch ein Kreuz markiert. Es werden je

Funktionscluster maximal vier Lösungen dargestellt. Eine umfangreichere Lösungssammlung befindet sich im Anhang G.

Der Funktionscluster **Energie bzw. Kraft einleiten** gliedert sich in die Funktionen Handkraft vertikal einleiten und Handkraft in Drehmoment umwandeln (Abbildung 15). Die singuläre Funktion und Anforderung „Handkraft nutzen“ schließt eine elektrische, hydraulische oder pneumatische Lösung aus. Als Lösungsmöglichkeiten wird ein beidseitiger Handgriff in horizontaler oder vertikaler Ausführung aufgeführt, wobei letzterer über mehr Bauhöhe verfügt, was sich negativ auf den Hub auswirken kann. Außerdem wird ein Aufsatz für einen Drehmomentschlüssel und ein kurbelähnlicher Handgriff dargestellt. Diese Lösungen erfüllen jedoch nur die Funktion des einleiten des Drehmoments, weshalb sie nur in Kombination mit einem Handgriff möglich sind.

Funktionen		Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4
Energie/ Kraft einleiten					
Funktion 1:	Handkraft vertikal einleiten	X	X		
Funktion 2:	in Drehmoment umwandeln	X	X	X	X
Beschreibung:		beidseitiger horizontaler Handgriff	beidseitiger vertikaler Handgriff, große Bauhöhe	Aufsatz für Drehmomentschlüssel, nur Drehmoment	Kurbelähnlicher Handgriff, nur Drehmoment

Abbildung 15 Lösungssammlung: Energie/ Kraft einleiten

Zur **Kraftübertragung und Kraftleitung über eine Spindel zum Werkzeug** eignen sich verschiedene Vollmaterialien, beispielsweise ein einfacher Rundstab oder ein Vierkant. Zur Reduzierung des Gewichts bei ähnlichen Festigkeitswerten eignet sich ein zylindrisches Rohr, bei dem außerdem die Möglichkeit besteht, den Innenraum zu nutzen. Übernommen aus dem Ist-Zustand des Rohrkratzers, kann die Spindel in einer Kugel gelagert werden, um den Freiheitsgrad zu erhöhen. Jedoch ist die Dichtfähigkeit dieser Konstruktion aus Erfahrung schwierig. (Abbildung 16).

Funktionen		Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4
Kräfte Spindel/ Werkzeug übertragen					
Funktion 1:	Kraft vertikal übertragen	X	X	X	X
Funktion 2:	Drehmoment übertragen	X	X	X	X
Funktion 3:	translatorisch bewegen	X	X	X	X
Funktion 4:	rotatorisch bewegen	X	X	X	X
Beschreibung:		Rundes Vollprofil	4-Kant Vollprofil, komplizierte Dichtung	Hohlprofil Spindel, weniger Gewicht, Möglichkeit der Nutzung des Innenraums	Lagerung der Spindel in Kugel, Freiheitsgrad erhöhen

Abbildung 16 Lösungssammlung: Kraftübertragung zum Werkzeug

Im inneren der Versorgungsleitung herrscht ein Überdruck von etwa 25 bar. Zur Realisierung der Bewegungsmöglichkeit muss die **Druckkraft überwunden** werden. Für diese Funktion gibt es in der Branche verschiedene Lösungsmöglichkeiten (siehe Stand der Technik). Grundsätzlich kann die Druckkraft von außen durch eine entgegenwirkende Kraft überwunden werden (Abbildung 17). Jedoch reicht die Handkraft bei herrschendem Überdruck und benötigter Festigkeit und damit Materialstärke der Spindel nicht aus. Lösungsmöglichkeit die erforderliche Kraft händisch aufzubringen sind, die Nutzung eines Gewindes zwischen Festgeometrie und

Spindel, die Erzeugung einer Gegenkraft durch ein entsprechend großes Gewicht oder die Umleitung des Drucks in eine Ausgleichskammer wie in der Funktionsanalyse beschrieben.

Funktionen		Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4
Druckkraft überwinden					
Funktion 1:	Druckkraft überwinden	X	X	X	X
Beschreibung:		einfache Gegenkraft von außen, Handkraft reicht nicht aus	Umwandlung von Drehmoment in vertikale Kraft durch Gewinde	Gegenkraft durch Massezusatz	Umleiten des Drucks in Kammer siehe Funktionsanalyse

Abbildung 17 Lösungssammlung: Druckkraft überwinden

Vor allem aus Sicherheitsgründen muss der **Gasaustritt verhindert** werden. Diese in den singulären Funktionen als „Dichtheit gewährleisten“ und als „Betriebssicherheit gewährleisten“ geforderte Funktion, kann durch verschiedene Dichtkonzepte erreicht werden. Im Ist-Zustand werden O-Ringe benutzt, dessen Bauraum durch Distanzringe und Sicherungsringe erzeugt wird. Eine Dichtung durch Wellendichtringe, Packungen oder durch O-Ringe ist denkbar (Abbildung 18). Die Dichtungen fungieren außerdem als Lager und müssen teilweise dynamischen Belastungen standhalten.

Funktionen		Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4
Gasaustritt verhindern					
Funktion 1:	Druckdifferenzen dichten	X	X	X	X
Beschreibung:		O-Ring, Abstandsring, Sicherungsring, gute Demontierbarkeit, fragliche Dichtfähigkeit	Dichtung durch Wellendichtring.	Dichtung durch O-Ring in Dichtnut	Packung, gehalten durch Schließgeometrie/Deckel, gute Demontierbarkeit, Welle unbeeinflusst

Abbildung 18 Lösungssammlung: Gasaustritt verhindern

Um die Demontage der Vorrichtung vom Rohraufbau zu ermöglichen, muss der Innendruck der Vorrichtung nach dem Einsatz wieder dem **Umgebungsdruck angeglichen werden**. Dazu eignet sich ein Kugelhahn an der Außengeometrie (Abbildung 19). Eine Inertisierung der Vorrichtung kann durch einen weiteren Kugelhahn erfolgen, sofern gewünscht.

Funktionen		Lösung 1	Lösung 2
Umgebungsdruck wieder herstellen			
Funktion 1:	Vorrichtung entspannen	X	X
Funktion 2:	Vorrichtung spülen		X
Beschreibung:		Entlüften/ Entspannen durch seitlichen Kugelhahn	Entlüften/ Entspannen und spülen durch beidseitige Kugelhähne

Abbildung 19 Lösungssammlung: Umgebungsdruck wieder herstellen

Ein Ergebnis der Funktionenstruktur ist die Notwendigkeit einer universellen Verbindungsgeometrie. Die folgenden Lösungsideen der **Spindel-Werkzeug-Verbindung** sollen die

Funktionen der Herstellung einer lösbaren Werkzeugverbindung und das Übertragen von Drehmoment und Kraft von der Spindel auf das Werkzeug ermöglichen. Dabei muss die Spindel-Werkzeug-Verbindung aufgrund des Sachverhalts des Verbleibs des HD-Pflocks im Schweißstutzen, von außen lösbar sein. Die Geometrie der Kraftübertragenen Vierkant-Fräsung für den DN32 HD-Pflock soll beibehalten werden (Siehe Anhang D).

Um geforderte Funktionen zu erfüllen, kann ein Gewindestab durch den Innenraum einer Hohlen Spindel geführt werden, mit dem das Werkzeug von außen verschraubt wird (Abbildung 20). Als nicht von außen lösbare, aber in Kombination mögliche Verbindungslösung, ist die Verwendung eines Gewindestifts, wie in Lösung 2 dargestellt. Die Lösungen 3 und 4 beschreiben die Nutzung der vorhandenen Kugel-Feder-Nuten der HD-Pflocke.

Funktionen		Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4
Werkzeug mit Spindel verbinden					
Funktion 1:	lösbare Werkzeugverbindung herstellen	X	X	X	X
Funktion 2:	Kraft und Drehmoment übertragen	X	X	X	X
Beschreibung:		Innerer Rundstab mit Gewinde (siehe Maßanalyse)	Gewindestift klemmt Werkzeug, nicht von außen lösbar	Kugel-Feder-Prinzip auf Außengeometrie. Bsp. Werkzeugnarre	Sprengring in Nut geeignet für DN32 Verbindungsgeometrie

Abbildung 20 Lösungssammlung Werkzeugverbindung

Es soll ein neues Lösungskonzept für die Hauptfunktion „**Gasleitung reinigen**“ erarbeitet werden. In Abbildung 21 werden Lösungen für die Nebenfunktionen „Span transportieren“ und „Span lagern“ dargestellt. Den anfallenden Metallspan (Abbildung 1) gilt es aus der Rohrleitung zu entfernen. Aufgrund der Materialbeschaffenheit des Spans, bietet es sich an, eine magnetische Lösung für das Problem zu suchen. Ziel der Reinigung ist, die Rohrwand für die zu setzende Sperrvorrichtung dichtfähig zu machen. Das Reinigungswerkzeug wird über die Werkzeugaufnahme mit der Vorrichtung verbunden.

Zur Entfernung des Spans eignet sich ein einfacher, oder anstellbarer magnetischen Stempel. Weitere Lösungskonzepte sind gelenkverbundene Kugeln, oder ein magnetischer, angestellter Schlitten, mit denen ein Einfahren in den horizontalen Leitungsbereich ermöglicht wird. So kann Span entfernt werden, der nicht unmittelbar unter der Bohrung, sondern im Bereich der Dichtfläche liegt.

Funktionen		Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4
Gasleitung reinigen					
Funktion 1:	Span transportieren	X	X	X	X
Funktion 2:	Span lagern	X	X	X	X
Beschreibung:		Einfacher Magnetstempel	Anstellbarer Magnetstempel	magnetische Kugeln, gute Flexibilität	magnetischer angestellter Schlitten, gute Robustheit

Abbildung 21 Lösungssammlung: Gasleitung reinigen

Die skizzierten Lösungsprinzipien können unter Umständen nicht alle miteinander kombiniert werden. Es müssen Lösungsvarianten erstellt werden, die einerseits kombinierbar,

andererseits möglichst kostengünstig hergestellt werden können und robust in der Anwendung sind. Eine übersichtliche Darstellung von Lösungsvarianten bietet ein Morphologischer Kasten.

Morphologischer Kasten

Mithilfe des morphologischen Kastens werden aus den gesammelten Lösungen des Ordnungsschemas gebildet. Dazu wird eine Vorauswahl an möglichen Lösungen getroffen, so dass maximal 4 Lösungen pro Funktionscluster zur Wahl stehen. Die Kriterien dabei sind vor allem die einfache Umsetzung, beziehungsweise ein möglichst geringer konstruktiver Aufwand und die erwartete Robustheit.

Die Lösungen werden in einem morphologischen Kasten dargestellt. Dabei stehen Links die Funktionen und das zugeordnete Bauteil der Vorrichtung. Auf der rechten Seite stehen die Schlagworte der Lösungen. Durch die Verbindung von Lösungen je Funktion mit farblichen Balken werden Lösungsvarianten nachvollziehbar dargestellt (Abbildung 22).

Beim Verfolgen der orangefarbenen Balken bildet sich beispielsweise folgende Lösungsvariante: Eine Vorrichtung mit beidseitigem horizontalem Handgriff und als Spindel ein rundes Vollprofil in Kugellagerung. Zur Druckkraftüberwindung ein Massezusatz und als Dichtprinzip O-Ringe in Dichtnuten. Die Entlüftung erfolgt durch einen einseitigen Kugelhahn. Verbunden werden die Werkzeuge mit Kugel-Feder-Prinzip und Gewindestift. Gereinigt wird die Gasleitung mit einem einfachen magnetischen Stempel.

Konzeptspezifische Funktionen		Lösungen			
Funktion	Bauteil	1	2	3	4
Kraft einleiten	Spindel	beidseitiger horizontaler Handgriff	beidseitiger vertikaler Handgriff	Aufsatz Drehmoment-schlüssel	Kurbel
Kraftübertragung zum Werkzeug	Spindel	rundes Vollprofil	Hohlprofil	Vierkant Vollprofil	in Kugellagerung
Druckkraft überwinden	Spindel/ Festgeometrie	Druckausgleichs-kammer	Masseenzusatz	Gewinde	
Gasaustritt verhindern	Spindel/ Festgeometrie	O-Ring, Schonring, Sicherungsring	Wellendichtring	O-Ring in Dichtnut	Packung
Umgebungszustand wieder herstellen	Festgeometrie	Entlüftung einseitig	Spülung zweiseitig		
Werkzeug mit Spindel verbinden	Spindel/ Werkzeug	Rundstab mit Gewinde	Kugel-Feder-Prinzip außen	Kugel-Feder-Prinzip innen	Gewindestift
Gasleitung reinigen	Werkzeug	einfacher Magnetstempel	magnetische Kugeln	magnetischer Schlitten	anstellbarer Magnet

Abbildung 22 Morphologischer Kasten

5.3 Bewertung der Lösungsvarianten

Die bestmögliche Variante wird ermittelt, indem die Lösungsvarianten durch anschließend ausformulierte Kriterien bewertet werden. Die Kriterien basieren auf den in der Anforderungsliste gestellten Anforderungen. Damit erfolgt die Verschmelzung der kreativen Lösungsfindung auf Basis der Soll-Funktionenstruktur mit den vom Auftraggeber gestellten Wünschen und Bedingungen.

Demontierbarkeit

Für Wartungszwecke muss die Demontage aller Einzelteile möglich und zerstörungsfrei durchführbar sein. Dabei ist vor allem die Anzahl der Verbindungselemente und deren einfache Geometrie hoch zu bewerten. Auch das zu erwartende Gewicht und die Ergonomie gehen in die Bewertung mit ein. Eine gute Demontierbarkeit sichert zusätzlich die Langlebigkeit der Vorrichtung.

Robustheit

Da die Vorrichtung im Tiefbau verwendet wird, besteht eine besondere Anforderung an die Robustheit der Bauteile. Dazu muss beachtet werden, dass die Vorrichtung mit Sand, Wasser und Metallspänen in Berührung kommt und während der Nutzung den Witterungsbedingungen ausgesetzt ist. Das ist gerade für Gelenksysteme, Lagersysteme und Schmier- und Dichtflächen von Bedeutung. Diese sollten möglichst nicht mit Störstoffen in Kontakt kommen können. Eine hohe Robustheit fördert die zu erwartende Lebensdauer der Vorrichtung.

Geringer konstruktiver Aufwand

Ein geringer konstruktiver Aufwand verringert die Zeit der Gestaltung und damit die Kosten des Produkts. Dabei verringern einfache Flächen und Geometrien den Fertigungsaufwand und die Fertigungskosten. Eine einfache maschinelle Herstellung ist zu bevorzugen. Dazu sind auch erwartete benötigte Materialien und deren Span bzw. Schweißbarkeit zu beachten. Durch die Nutzung von Normteilen kann der konstruktive Aufwand weiter verringert werden.

Einfache Montage

Nach der Wartung und vor Einsätzen muss die Vorrichtung zusammengefügt und auf die Anschlussgeometrien montiert werden. Dabei sind einerseits die Ergonomie und die Möglichkeit der Händischen Montage mit einfachem Werkzeug und andererseits ihre Anzahl der Einzelteile ausschlaggebend. Eine hohe Anzahl an Teilen erhöht die Montagezeit und den Aufwand. Ein hohes Gewicht verschlechtert die Montagequalität, durch benötigten Einsatz von Kränen o.ä.

Geringe Fertigungskosten

Soweit abschätzbar, sollen durch die Anforderung „geringe Fertigungskosten“ die Gesamtkosten minimiert werden. Dabei sind vor allem Frästeile und Drehteile zu bevorzugen. Zu fertigende Flächen, Kanten und Bohrungen sind bevorzugt ohne Spezialwerkzeug zu fertigen. Es soll vor allem die Anzahl der Sonderanfertigungen minimiert werden, da Sonderanfertigungen deutlich teurer als Normteile sind.

Geringes Gewicht

In der Anforderungsliste ist ein maximales Gewicht angegeben. Die Vorrichtung soll im Handbetrieb betrieben werden. Das beinhaltet auch die Montage und Demontage auf die Anschlussgeometrie und den Transport. Ein geringes Gewicht verringert die Kosten, da keine zusätzlichen Maßnahmen getroffen werden müssen, um die Vorrichtung transportieren, montieren und demontieren zu können. Auch rückenschonendes Arbeiten wird durch eine leichte Vorrichtung gefördert.

Sicherheit

Ein hohes Maß an Sicherheit wird durch die Minimierung der Anzahl von Dichtflächen begünstigt. Besonders komplizierte Dichtgeometrien sind schlecht zu bewerten. Die Möglichkeit von Sach- oder Personenschäden wird so verringert. Eine lineare Kraftleitung, Gewindeverbindungen und robuste Teile werden hoch bewertet. Hier fließen auch Erfahrungswerte, beispielsweise für die mangelnde Dichtfähigkeit der Kugellagerung der Spindel ein.

Austauschbarkeit

Bei Ausfall der Vorrichtung ist die Austauschbarkeit einzelner Elemente von Vorteil. Vor allem sollten viel belastete Bauteile, Verbindungs- und Dichtelemente als Normbauteile ausgeführt sein, was die Bereitstellung von Ersatzteilen erleichtert. So können Ausfallzeiten und damit Kosten verringert werden.

Funktionserfüllung

Die vollständige Funktionserfüllung der Vorrichtung ist notwendig. Bei Erfüllung der Anforderung beträgt der Wert 5. Eine zusätzliche Funktion kann sinnvoll sein, jedoch muss sie der Hauptfunktion dienen. So kann beispielsweise ein zusätzlicher Freiheitsgrad der Spindel oder eine Kurbel am Handgriff die Arbeit mit der Vorrichtung vereinfachen. Doppelt belegte Funktionen werden schlecht bewertet.

Die im morphologischen Kasten erstellten Lösungsvarianten werden in einer Nutzwertanalyse bewertet. Dazu werden in der oberen Zeile die Lösungsvarianten den Farben nach geordnet aufgelistet. Die zu bewertenden Anforderungen stehen in der linken Spalte. Es werden pro Anforderung und Lösungsvariante 0 bis 10 Punkte vergeben, wobei 10 Punkte die Anforderung voll erfüllt und 0 Punkte die Anforderung nicht erfüllt. Die Summe der Punkte werden unter den Zeilen der Lösungsvarianten zusammenaddiert. Die Lösungsvariante mit der höchsten Summe wird zur gestalterischen Umsetzung ausgewählt.

Bewertung der Lösungsvarianten		Lösungsvariante			
Anforderungen		1	2	3	4
Demontierbarkeit		1	10	5	3
Robustheit		2	9	9	4
geringer konstruktiver Aufwand		3	8	5	3
einfache Montage		8	8	3	3
geringe Fertigungskosten		5	10	5	2
geringes Gewicht		0	9	7	7
Sicherheit		4	7	9	4
Austauschbarkeit		4	8	8	4
Funktionserfüllung		6	5	7	10
Summe:		33	74	58	40

Abbildung 23 Bewertung der Lösungsvarianten

Nach Bewertung der Lösungsvarianten stellt sich die Variante 2 mit dem höchsten Ergebnis als beste Lösungsvariante dar. Damit ist eine Vorrichtung mit einem beidseitigen, horizontal angeordneten Handgriff, einer Spindel aus einem runden Hohlprofil, einer Druckausgleichskammer, gelagert und gedichtet mit O-Ringen, einer einseitigen Entlüftung, einem Rundstab mit Gewinde für die sichere Spindel/Werkzeugverbindung und der Reinigungslösung durch einen Magnetischen Schlitten gestalterisch umzusetzen.

6 Gestaltung

Die Gestaltung der Vorrichtung wird durch die Vorauswahl der Werkstoffe, Dichtelemente und die Festlegung der minimalen Wandstärke bestimmt. Durch den Werkstoff festgelegten Festigkeitswerten bestimmen unter Verwendung verschiedener Berechnungsmodelle minimale Wandstärken, die als Richtwert zur Realisierung der Bauteile dienen. Auf deren Basis werden normierte Dichtelemente ausgewählt und die Grundstruktur der Vorrichtung gestaltet.

6.1 Ermittlung der Wandstärke des Druckbehälters

Zur Abschätzung der benötigten Wandstärke bei gefordertem Druck, wird die minimale Wandstärke nach AD 2000 Merkblättern ermittelt. Da es sich bei der Vorrichtung nicht um einen Druckbehälter im Sinne des AD 2000-Regelwerks handelt, soll die Berechnung nur einen Richtwert geben, ob verwendete Bauteile den Druckkräften Stand halten. Die Berechnung wird für die Auslegung des Druckrohrs verwendet, da die Geometrie des Rohrs im Allgemeinen dem Geltungsbereich des Merkblatts entspricht. Anschließend werden die Wandstärken weiterer Druck beaufschlagter Einzelteile, wie die Arbeitsspindel und das Anschlussrohr, durch die allgemeine Kesselformel ermittelt.

Beginnend bei der Berechnung des Druckrohrs durch die AD 2000-Merkblätter gelten die Reihen B und S3 für überwiegend statische Beanspruchung [11].

Die Berechnung wird mit dem maximal zulässigen Druck (PS) und dem Prüfdruck (PT) durchgeführt [11]. Ausschlaggebend für die Auslegung der Wandstärke ist der höhere Druck. Bei einem in der Anforderung gewünschten, maximal zulässigen Druck von 35 bar entspricht der Prüfdruck dem 1,5-fachen, also 52,5 bar. Statische Druckkräfte werden nicht berücksichtigt, da sie die Beanspruchung der Wandung nicht um mehr als 5% erhöhen (6).

$$p(h) = \rho_{Erdgas} \cdot g \cdot h + p_0 \quad (6)$$

Mit verwendetem H-Gas überwiegend bestehend aus Methan $\rho_{Erdgas} \sim 0,75 \frac{kg}{m^3}$ und einer Höhe des Bauteils von $h \sim 1m$ ergibt der statische Druck:

$$p(h) = 52,5bar$$

Als Berechnungstemperatur T wird die höchste erwartete Betriebstemperatur des Erdgases $T_S = 20C^\circ$ genutzt. [11]

Die Berechnung wird für Zylinder- und Kugelschalen unter innerem Überdruck durchgeführt. Hierbei ist zu beachten, dass das Durchmesser Verhältnis bei Rohren mit $D_a \leq 200mm$ den Wert $\frac{D_a}{D_i} = 1,7$ nicht überschreitet.[12]

Die erforderliche Wanddicke s beträgt bei Zylinderschalen:

$$s = \frac{D_a \cdot p}{\frac{20K}{S} \cdot v + p} + c_1 + c_2 \quad (7)$$

Für die Auslegung der Vorrichtung wird der Werkstoff X2CrNi18-9 mit der Werkstoffnummer 1.4307 aus den vorgeschlagenen Behälterstählen der AD-2000 Merkblätter gewählt. Vor allem die sehr gute Korrosionsfestigkeit, hohe Festigkeitswerte und die mittlere Spanbarkeit machen X2CrNi18-9 zu einem geeigneten Werkstoff. [11]

Der Festigkeitskennwert K wird entsprechend der in der DIN EN 10216-5 gewährleisteten Mindestzugfestigkeit gewählt, da in den Merkblättern keine gewährleistete Streckgrenze oder Dehngrenze angegeben ist. Für diesen Fall werden die Sicherheitsbeiwerte der Tafel 3 des AD-Merkblatts B0 für nahtlose und geschweißte Behälter genutzt. [11], [13]

Der Faktor zur Berücksichtigung der Ausnutzung der zulässigen Berechnungsspannung in Fügeverbindungen oder Faktor zur Berücksichtigung von Verschwächungen v wird durch die Division, der in der HP0 genannten zulässigen Berechnungsspannung mit 100 ermittelt. [11]

Der Zuschlag zur Berücksichtigung der Wanddickenunterschreitung c_1 ergibt sich aus der nach Maßnormen zulässigen Minustoleranz des Rohrs, oder Bauteils [11]. Als Maßtoleranzen gelten bei unbehandelten Rohrabschnitten die Fertigungstoleranz von nahtlosen Rohren DIN EN ISO 1127 und bei nachträglich spanend bearbeiteten Rohrabschnitten die Fertigungstoleranz.

Der Abnutzungszuschlag bei austenitischen Stählen beträgt $c_2 = 0$.

Die Parameter für das Druckrohr ergeben sich dann zu:

Benennung	Formelzeichen	Wert	Einheit
Außendurchmesser	D_a	26	mm
Innendurchmesser	D_i	20	mm
Durchmesserverhältnis	D_a/D_i	1,3	
Berechnungsdruck	p	35	bar
Prüf- Berechnungsdruck	p'	52,5	bar
Festigkeitskennwert	K	460	N/mm ²
Sicherheitsbeiwert	S	2,5	-
Sicherheitsbeiwert bei Prüfdruck	S'	3,5	-
Faktor Fügeverbindungen / Verschwächung	v	1	-
Zuschlag Wanddickenunterschreitung	c_1	0,1	mm
Abnutzungszuschlag	c_2	0	mm

Tabelle 1 Berechnungswerte AD-2000

Daraus errechnet sich die Wanddicke für das Druckrohr mit der Formel:

$$s = 0,34mm$$

$$s' = 0,61mm$$

Die kleinste Wanddicke nahtloser Rohre wird in dem Merkblatt mit 2mm festgelegt. [12]

Für die Teile der Arbeitsspindel und des Anschlussrohrs kann aufgrund der Geometrie keine zufriedenstellende Aussage, durch die die AD 2000 Merkblätter getroffen werden. Hier wird vereinfacht die benötigte Wandstärke über die Dehngrenze und die Druckbelastung auf das Innenrohr berechnet.

Dazu wird die Kesselformel benutzt [14]. Sie stellt vereinfacht den Spannungszustand in einem mit Druck belasteten dünnwandigen Rohr dar. Nach Umstellen der Formel zur Wandstärke und einsetzen der Dehngrenze $R_{p0,2}$ des Werkstoffs X2CrNi18-9 bei Berechnungstemperatur von 20°C ergeben sich für die vorläufigen Durchmesser der Arbeitsspindel und des Anschlussrohrs die minimalen Wandstärken. Zur Sicherheit werden die größten Außendurchmesser der Bereiche mit vermeintlich kritischer Wandstärke für die Berechnung genutzt.

$$D_{\text{Arbeitsspindel}} = 20mm$$

$$D_{\text{Anschlussrohr}} = 42mm$$

Berechnet mit der Kesselformel [14] (8):

$$s_K = p' \cdot \frac{d_s}{2 \cdot R_{p0,2}} \quad (8)$$

$$s_{K \text{ Arbeitsspindel}} = 0,3mm$$

$$s_{K \text{ Anschlussrohr}} = 0,6mm$$

Die durch die Kesselformel berechneten Wandstärken s der Arbeitsspindel und des Anschlussrohrs decken sich in etwa mit den in der AD-2000 berechneten Werten. Die minimale Wandstärke wird auf 2mm festgelegt. Damit wird der Empfehlung der AD-2000 Merkblätter gefolgt.

6.2 Auslegung des Dichtsystems

Das Dichtsystem ist ein wesentlicher Bestandteil der Vorrichtung. Durch gut dimensionierte Dichtflächen kann einerseits ein hohes Maß an Sicherheit gewährleistet werden und andererseits die Reibungskraft auf ein minimales Maß reduziert werden. Es besteht ein direkter Zusammenhang zur Ergonomie der Vorrichtung. Eine geringe Reibungskraft begünstigt somit, die Reduzierung des Kraftaufwands, der vom Nutzer der Vorrichtung aufgebracht werden muss. Zusätzlich zu einer hohen Oberflächengüte im Bereich der Dichtflächen soll die Reibkraft durch Schmiermittel verringert werden.

Handelsübliche Materialien von O-Ringen sind:

- NBR
 - Nitrilkautschuk oder Butadien Acrylnitril zeichnet sich besonders durch gute mechanische Eigenschaften, hohe Elastizität und einer guten Reiß- sowie Abriebsfestigkeit aus. Der Temperaturbereich ist gering und geht etwa von -35 – 120°C. Als meistverwendete Elastomer in der Dichtindustrie zeichnet NBR vor allem gute Beständigkeit gegen aliphatische Kohlenwasserstoffe und Mineralölprodukte aus. Nachteil ist die geringe Witterungsbeständigkeit. [15]
- FKM
 - Flourelastomere besitzen im Allgemeinen eine geringe Gasdurchlässigkeit. Die Betriebstemperatur liegt zwischen -20 und 200°C. Die chemische Beständigkeit kann dem benötigten Temperaturbereich angepasst werden. Ein Vorteil des FKM Werkstoffs ist eine gute Beständigkeit gegen Silikonfette und -Öle, aliphatische Kohlenwasserstoffe und eine sehr gute Witterungsbeständigkeit. Nachteil ist die Unbeständigkeit gegen polare Lösungsmittel und Alkalien. [16]
- EPDM
 - Ethylen-Propylen-Kautschuk ist bei einer Betriebstemperatur von -50 – 150°C einsetzbar und wird vor allem für Bremssysteme genutzt. Trotz der hohen Resistenz gegen Wasser und Wasserdampf und der sehr guten Witterungsbeständigkeit ist das Material weniger beständig gegen Mineralölprodukte. [17]

Aufgrund der durch die hohe Elastizität hervorgerufenen geringen Gasdurchlässigkeit und der guten Beständigkeit gegen Silikonfette und aliphatischen Kohlenwasserstoffen fällt die Wahl auf ein FKM Material. Vom Hersteller kann durch Optimierung des Temperaturbereichs bei Bedarf die Dichtfähigkeit des Materials für Gase erhöht werden. So ist sichergestellt, dass die Vorrichtung auch bei Veränderung des Mediums z.B. bei Beimischung von Wasserstoff, den Anforderungen des Gasnetzes entspricht. Aufgrund der hohen Resistenz des O-Ring Materials bietet sich eine Schmierung mit Silikonöl an.

Die Einbauräume der Dichtringe werden nach DIN 3601-2 ausgeführt. Ein Beiblatt zur Herstellung von Einbauräumen verbauter O-Ringe ist im Anhang A beigefügt.

6.3 Berechnung auf Torsion

Die Arbeitsspindel wird beim Einschrauben der HD-Pflocks über einen Handgriff auf Torsion beansprucht. Das durch den Bediener aufgebrachte Drehmoment darf die Spindel nicht plastisch verformen. Dazu wird für den vorläufigen Durchmesser bei geringster Wandstärke der Arbeitsspindel eine Berechnung auf Torsion durch die erste Bredtsche Formel durchgeführt [14]. Als eingebrachtes Drehmoment, wird $M_T = 500N \cdot 0,165m = 82,5Nm$ veranschlagt. Die Werte ergeben sich aus den in der Anforderungsliste festgelegter Kraft und dem Hebelarm des Handgriffs.

Die Ermittlung der Torsionsspannung ist eine Näherungsformel. Es wird angenommen, dass die Wandstärke der Arbeitsspindel über die Länge gleich bei $t = 3,25$ bleibt. Es wird vereinfachend angenommen, dass durch den isotropen Aufbau des Werkstoffs die Dehngrenze der maximalen Torsionsspannung entspricht.

Die Dehngrenze des Materials X2CrNi18-9 entspricht [13]:

$$R_{p0,2} = 180MPa$$

Daraus resultiert die Gleichung:

$$\tau_{max} = \frac{M_T}{2 \cdot t_{min} \cdot A_m} \quad (9)$$

$$R_{p0,2} > \tau_{max} = \frac{82500Nmm}{2 \cdot 3,25mm \cdot \pi \cdot \frac{11,25^2}{4}} = 127,69MPa$$

Die Ausübung von 82,5Nm auf die Drehachse der Vorrichtung kann von der Arbeitsspindel ohne plastische Verformung aufgenommen werden.

7 Realisierung

Die Lösungsvariante 2 wird mit den in der Vorauswahl festgelegten Werkstoffen, Dichtelemente und minimalen Wandstärken gestalterisch in Zeichnungen und CAD Modelle umgesetzt. Die CAD-Modelle werden mithilfe der von der HAW Hamburg bereitgestellten Software Creo 7 Parametric erarbeitet und anschließend in Zeichnungen dargestellt. Im Folgenden werden die Besonderheiten der Einzelteile hervorgehoben und Begründungen für Konstruktionsentscheidungen gegeben. Ein Produktdatenblatt mit Montageanleitung der Vorrichtung und des Reinigungswerkzeugs, die mit der erstellten Stückliste über die Identifikationsnummern verknüpft sind, dargestellt.

7.1 Einzelteilbeschreibung Vorrichtung

Die Zeichnungen der im Folgenden beschriebenen Einzelteile und die Zusammenbauzeichnung und Montagehinweise der Vorrichtung sind im Anhang H einzusehen. Eine Stückliste befindet sich im Anhang J.

Arbeitsspindel 001

Die Übergeordnete Funktion der Arbeitsspindel ist durch den Handgriff 008 eingeleitete Kräfte und Momente an die Werkzeugaufnahme 002 zu übertragen. Außerdem entsteht zwischen ihr und dem Druckrohr 005 der Druckausgleichsraum zur Überwindung des Leitungsdrucks. Dazu wird der Außendurchmesser der Arbeitsspindel auf den unveränderlichen Innendurchmesser des Druckrohrs angepasst, sodass die translatorisch bewegliche Kreisfläche der Spindel der Kreisringfläche des geschaffenen Druckausgleichsraum entspricht. Die Druckkräfte werden durch einen O-Ring auf der Arbeitsspindel gedichtet. Der Leitungsdruck liegt im Innenraum der hohlen Spindel an und wird durch eine Bohrung in den Druckausgleichsraum geführt. Eine Schweißung verbindet die Arbeitsspindel mit der Werkzeugaufnahme, sodass die Rotationsachsen zentrisch aufeinander liegen. Abschließend ist auf der Oberseite der Arbeitsspindel ein Außengewinde geschnitten, auf welches die Verschlusskappe M14 006 geschraubt wird, um den Innenraum von der Umgebung abzudichten.

Das Halbzeug der Arbeitsspindel besteht aus einem Nahtlosen Rohr. Außendurchmesser, die Dicht-Nut und Übergangphasen der Durchmesser und das Gewinde werden mit der Drehbank erzeugt. Eine Zentrierbohrung vereinfacht die Montage der Werkzeugaufnahme auf die Arbeitsspindel.

Die Außendurchmesser sind den Einbauräumen der Dichtungen angepasst. Der Einbauraum des O-Rings zwischen Arbeitsspindel und Druckrohr kann aufgrund der Fertigungstoleranzen des Druckrohrs nicht der geforderten Passung entsprechen. Es wird ein Durchmesser entsprechend den Fertigungstoleranzen des Druckrohrinnendurchmessers gewählt.

Werkzeugaufnahme 002

Funktion der Werkzeugaufnahme ist es die auf die Arbeitsspindel 001 eingeleiteten Kräfte auf das Werkzeug zu übertragen. Die Geometrie leitet sich aus dem Vierkant des DN 32 HD-

Pflocks her. Außerdem wird der Leitungsdruck in den Innenraum zwischen Verbinderspindel 003 und Arbeitsspindel eingeleitet.

Der Rundstab wird durch Drehen auf den geforderten Außendurchmesser gebracht, wobei am oberen Ende eine Nut zur Montage mit der Arbeitsspindel bestehen bleibt. Die Verrundung der Ecken ermöglicht das Fräsen der Innenflächen und Fasen. Zur Druckübertragung und Verringerung des Strömungswiderstands werden Bohrungen in die Grundfläche der eingearbeiteten Nut gebohrt.

Verbinderspindel 003

Im Inneren der Arbeitsspindel 001 befindet sich die Verbinderspindel. Sie hat die Funktion, eine lösbare Verbindung zwischen Vorrichtung und Werkzeug herzustellen und das Gewicht des eingesetzten Werkzeugs zu halten.

Als Rundstab wird die Verbinderspindel auf die benötigten Durchmesser gedreht. Am unteren Ende wird ein Gewinde geschnitten, das durch die Verwendung eines Gewindefreistichs, komplett in das Werkzeug eingeschraubt werden kann. Eine Verdickung oberhalb des Gewindes verhindert das druckbedingte Austreten der Spindel nach oben. Am oberen Ende der Spindel ist der Durchmesser entsprechend den geforderten Toleranzen und Oberflächengüten herzustellen. Eine Querbohrung ermöglicht die Montage der Rändelmutter 009 mittels eines Gewindestifts.

Anschlussrohr 004

Als Verbindung zwischen Vorrichtung und Rohrleitungsaufbau dient das Anschlussrohr. Es dient als Grundkörper der Vorrichtung und dichtet im Inneren den Leitungsbereich vom Ausgleichsbereich ab. Der eingesetzte O-Ring hat neben der Funktion des Dichtens auch ein Festlager der Arbeitsspindel 001. Im Inneren des Anschlussrohrs wird beim Herausziehen der Vorrichtung aus der Versorgungsleitung die Werkzeugaufnahme 002 aufgenommen.

Das Innen- und Außendurchmesser des Anschlussrohrs werden gedreht. Über ein 1 ¼" Rohrgewinde wird es auf den Kugelhahn oder den entsprechenden Adapter dichtend aufgeschraubt. Um genug Drehmoment einbringen zu können, ohne die Oberfläche zu beschädigen, befindet sich oberhalb des Rohrgewindes ein Sechskant mit der Schlüsselweite 56mm. Von außen werden mehrere Bohrungen mit verschiedenen Funktionen gebohrt. Über einen aufgeschweißten Schweißstutzen wird die Vorrichtung nach dem Arbeitsprozess durch einen Kugelhahn entspannt. Oberhalb dient die Bohrung als Entspannungsbohrung für den drucklosen Raum zwischen Druckrohr und Arbeitsspindel. Über ein Feingewinde wird das Druckrohr mit dem Anschlussrohr verbunden. Damit das Druckrohr bis zum Anschlag eingeschraubt werden kann, befindet sich am Ende des Sacklochs ein Gewindefreistich nach DIN 76. Ein Gewindestift sichert die Verbindung zusätzlich von außen.

Druckrohr 005

Das Druckrohr dient dem Druckausgleichsraum als Mantelfläche. Es wird in das feste Anschlussrohr eingeschraubt und durch die Verschlusskappe M26 007 nach oben abgedichtet. Die Dimension des Druckrohrs ist besonders beeinflusst von dem anliegenden Druck, der daraus resultierenden minimalen Wandstärke und dem zu überwindenden Hub der Vorrichtung. Auf die Enden des Rohrs werden Feingewinde geschnitten, welche die Stabilität und Konzentrität des Rohrs zu angeschlossenen Teilen erhöhen soll. Da die Innenwand des Rohrs als

Dichtfläche genutzt wird, muss sie eine gute Oberflächengüte und Maßhaltigkeit besitzen. Hier wird deshalb, wie bei der Arbeitsspindel ein Nahtloses Rohr der Toleranzklasse T5 genutzt (siehe Stückliste Anhang J).

Verschlusskappe M14 006 und Verschlusskappe M26 007

Um die Druckräume nach oben gegen den Umgebungsdruck abzudichten, werden Verschlusskappen auf das Druckrohr und die Arbeitsspindel geschraubt. In deren Innengeometrie sind jeweils Dichtnuten für O-Ringe in Flansch-, Stangenausführung eingelassen. Auf der äußeren Mantelfläche werden Sechskantgeometrien zur Montage mit Schlüsselwerkzeugen gefertigt. Die Verbindung erfolgt durch eingelassene Innengewinde, an dessen Grundfläche Gewindefreistriche nach DIN 76-1 gefertigt werden, um die Flanschdichtfläche durch passgenaues Einschrauben zu erzeugen. Zur Sicherung der Feingewinde sind Gewindebohrungen für Gewindestifte in die Mantelfläche geschnitten. Die Toleranzen und Oberflächengüten der Dichtflächen sind dem Beiblatt im Anhang A zu entnehmen.

Handgriff 008

Über den Handgriff bringt der Bediener der Vorrichtung das nötige Drehmoment auf, dass zum Einschrauben der HD-Pflöcke gebraucht wird. Des Weiteren wird über den Handgriff der Hub des Werkzeugs eingestellt. Der Handgriff überträgt die vom Bediener eingebrachten Kräfte und Momente durch eine Klemmverbindung auf die Arbeitsspindel. Er wird durch Verschweißen der einzelnen Handgriffe auf den klemmbaren Vierkant hergestellt.

Rändelmutter 009

Durch die Rändelmutter kann ein Drehmoment zum Verschrauben des Werkzeugs mit der Verbinderspindel von außen erfolgen. Der Rundstahl wird drehend gefertigt und mit einer Rändelung nach DIN 82-RGE 1.2 versehen. Die Verbindung mit der Verbinderspindel erfolgt über einen einschraubbaren Gewindestift.

7.2 Einzelteilbeschreibung Reinigung

Im folgenden Abschnitt wird die Realisierung der Einzelteile des Reinigungskonzepts aus der im morphologischen Kasten gewählten Lösungsvariante beschrieben. Die Hauptfunktionen des Werkzeugs sind die Aufnahme und der Transport des Spans vom Rohrboden der Versorgungsleitung. Als Bauraum wird der zur Anbohrung genutzte Anbohrdom mit 210mm Höhe zur verwendet. Dieser wird beim Prozessschritt des Anbohrens genutzt, welcher dem des Reinigens direkt vorgelagert ist. Um Montagezeit zu vermeiden, ist es sinnvoll den Anbohrdom als Bauraum zu nutzen und das Reinigungswerkzeug entsprechend zu ausulegen. Der Durchmesser des der Anbohrung beträgt mindestens 79mm, was die Breite des Reinigungswerkzeugs begrenzt.

Die gewählte Lösungsvariante beschreibt die Reinigung des Rohrbodens mithilfe eines Schlittens. Dieser soll mit magnetischer Kraft den Span anziehen und so bis zur Demontage der Vorrichtung lagern. Da Magneten in der Regel spröde und schlecht bearbeitbar sind, wird nicht

der Schlitten selbst magnetisch gestaltet, sondern als Transportmittel für Flachmagneten ausgelegt, an denen sich der Span ansammelt. Über den Hub der Vorrichtung, kann das Reinigungswerkzeug in die Rohrleitung eingeführt und ausgeführt werden. Der Schlitten wird senkrecht von oben in die Rohrleitung eingeführt und legt sich, ermöglicht durch ein Gelenk, auf dem Rohrboden ab.

Die Zeichnungen der im Folgenden beschriebenen Einzelteile und die Zusammenbauzeichnung des Reinigungswerkzeugs sind im Anhang I einzusehen. Eine Stückliste befindet sich im Anhang J.

Werkzeuganschluss 010

Funktional bildet der Werkzeuganschluss die Verbindung zwischen Werkzeugaufnahme und Schlitten. Er ist an die Aufnahmegeometrie der Vorrichtung angepasst und wird über das M6 Gewinde der Verbinderspindel mit der Vorrichtung verschraubt. Außerhalb der Werkzeugaufnahme verjüngt sich die rechteckige Geometrie etwas, um Gewicht einzusparen. Am vorderen Ende ist eine Nut in den Vierkant gefräst, sodass zwei Haltearme entstehen, durch dessen Durchgangsbohrung ein Bolzen mit Kopf die Verbindung zum Schlitten sichert. Die Haltearme sind einseitig mit einem Winkel von 65° angefräst. Diese Fläche dient als Anschlag, sodass der Schlitten in hängender Stellung etwa um 20° zur Drehachse geneigt ist und eine Richtung zum Abgleiten vorgegeben wird.

Schlitten 011

Der Schlitten legt sich beim Absenken in die Rohrleitung auf dem Boden ab. Die Magnetkraft wirkt sich auf den Span aus und bindet ihn sicher an die Schlittenunterseite. Um eine Magnetisierung des Schlittens, bei hoher Festigkeit und guter Spanbarkeit zu vermeiden, wird dieser aus Aluminium gefertigt. Die $30 \times 30 \times 3$ Ferrit Magneten haben laut Hersteller eine Haltekraft von 800g. Zur Lagerung der Magneten sind in den Schlitten Taschen eingefräst. Nach unten hin geöffnet, halten sie die Magneten über einen umlaufenden Steg und verringern dabei die Haltekraft nicht. Um die Montage der Magneten zu realisieren, wird ein Seitenteil des Schlittens separat gefertigt. Zur Montage werden Gewindebohrungen in die Stege zwischen den Magnettaschen gebohrt. Die vorderste Tasche ist etwas höher angesetzt, um den Schlitten über den Span schieben zu können, ohne ihn vorwegzuschieben. An der Stirnseite des Schlittens bewirkt eine Verrundung ein besseres Eingleiten in die Rohrleitung. Die Schlittenkufen sind mit einer Fase versehen, die der Geometrie der Rohrrinnenwand angepasst ist. Als Verbindungselement zwischen Werkzeuganschluss und Schlitten dient ein Haltearm mit Bohrung, welcher mit dem Werkzeuganschluss durch einen Bolzen mit Kopf verbunden wird.

Schlitten Seitenteil 012

Zur Montage, Demontage und Fixierung der Magneten im Schlitten wird das Schlitten Seitenteil gefertigt. Es bildet das Gegenstück der festen Kufe. Die vorstehenden, rechteckigen Stege verringern das Spiel der Magneten und halten diese in den vorgesehenen Taschen des Schlittens. Durchgangsbohrungen ermöglichen die Montage des Seitenteils mit Senkkopfschrauben am Schlitten. Die Stirnseite des Seitenteils wird ebenfalls für das bessere Eingleiten in die Rohrleitung mit einer Verrundung versehen.

7.3 Zusammenbau

Anschließend an die Einzelteilbeschreibung folgen die Montageanleitungen der Vorrichtung und des Reinigungswerkzeugs. Hier wird die Verknüpfung zwischen Stückliste und Einzelteilen hergestellt. In chronologischer Reihenfolge wird die Montage der Komponenten zum Zusammenbau beschrieben. Außerdem werden Hinweise zur Schmierung, Wartung und Instandhaltung der Komponenten aufgeführt.

Montageanleitung der Vorrichtung

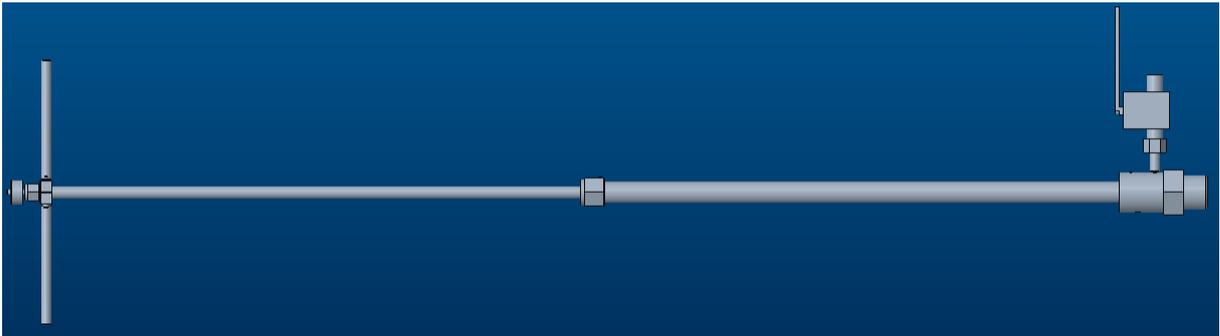


Abbildung 24 Zusammenbau Vorrichtung

Zur Montage sind die Stückliste (Anhang J) und die Zusammenbauzeichnung (Anhang H) bereitzuhalten. Die Einzelteile sind über die Identifikationsnummer mit der Stückliste und dem Text verknüpft. Ein Bild des Zusammenbaus ist in Abbildung 24 dargestellt.

Die O-Ringe und Dichtflächen sind bei der Montage mit Silikonöl zu Ölen.

Der O-Ring 023 wird in die vorgesehene Dichtnut des Anschlussrohrs 004 gelegt. Anschließend wird in die Dichtnut der Arbeitsspindel 001 ein Montagering 033 gelegt. Dann wird die Arbeitsspindel 001 von unten in das Anschlussrohr 004 geschoben, sodass die mit der Arbeitsspindel verschweißte Werkzeugaufnahme 002 im Bauraum des Anschlussrohrs Platz finden kann. Nach Demontage des Montagerings von der Arbeitsspindel wird der O-Ring 022 über den kleineren Durchmesser der Arbeitsspindel 001 bis in die Dichtnut geschoben, sodass er als Kolbendichtring fest montiert ist. Anschließend wird das Druckrohr 005 über den kleineren Durchmesser der Arbeitsspindel geschoben, in das Anschlussrohr 004 geschraubt und nach Erreichen des Anschlags mit dem Gewindestift 006 gesichert. Auf das freie Ende des Druckrohrs wird die mit den O-Ringen 020 und 021 bestückte Verschlußkappe M26 007 geschraubt. Hier ist besonders zu beachten, dass die Flanschdichtung innerhalb der Kappe gut auf der Stirnseite des Druckrohrs aufliegt. Eventuell muss die Unterseite des Anschlussrohrs zur Montage nach oben gedreht werden, sodass das Druckrohr mit der Arbeitsspindel nach unten aushängt. In dieser Position erleichtert sich auch die Montage der Verbinderspindel 003, welche mit dem Gewindestift M6 zuletzt in die Arbeitsspindel geführt wird, bis sie auf der gegenüberliegenden Seite wieder herauskommt. Auf die Arbeitsspindel 001 wird nun der Handgriff 008 geschoben und mit der Zylinderschraube 018 in einer lockeren Position befestigt. Am Ende der Arbeitsspindel 001 wird die mit den O-Ringen 024 und 019 bestückte Verschlußkappe M14 aufgeschraubt und mit dem Gewindestift 017 gesichert. Auch hier ist die korrekte Montage des Dichtrings in Flanschposition wichtig, um eine gute Dichtwirkung zu erhalten. Anschließend wird die Rändelmutter 009 so auf das gewindelose Ende der Verbinderspindel

geschoben, dass der M4 Gewindestift 013 eingeführt durch die Rändelmutter, durch die Verbinderspindel geschraubt werden kann. Der Handgriff 008 wird etwa 2mm unter der Verschlusskappe auf der Arbeitsspindel montiert und mit der Mutter 014 gesichert. Nach der Montage des Ermeto-Kugelhahns 027 mit der der Ermeto-Mutter 026 an den SKA Schweißkegel 025 ist die Vorrichtung kann eine Druckprüfung der Vorrichtung durchgeführt werden.

Eine Druckprüfung mit dem 1.5-fachem des Auslegungsdrucks von 35 bar ist wiederkehrend einmal jährlich und nach jeder Demontage zu Wartungs-, oder Instandhaltungszwecken durchzuführen.

Das Gerät ist zwei Mal im Jahr zu warten. Die Wartung beinhaltet eine komplette Demontage der Teile, Reinigung und Schmierung, sowie die Sichtprüfung der O-Ringe.

Eine Dichtheitsprüfung durch Abseifen der Verbindungsstellen ist vor jedem Einsatz durchzuführen.

Die Prüfungen und Wartungen sind zu dokumentieren. [5]

Auf der Vorrichtung ist eine Prüfplakette sichtbar zu montieren. [5]

Die Vorrichtung hat ein Gewicht von etwa 6,3 kg, eine Länge von 1495mm in eingezogenem Zustand und eine Breite von etwa 330mm im Bereich der Handgriffe. Zu Transportzwecken ist eine entsprechende Transportbox mit Adaptern, Schmiermitteln und benötigten Werkzeugen sinnvoll.

Montageanleitung des Reinigungswerkzeugs

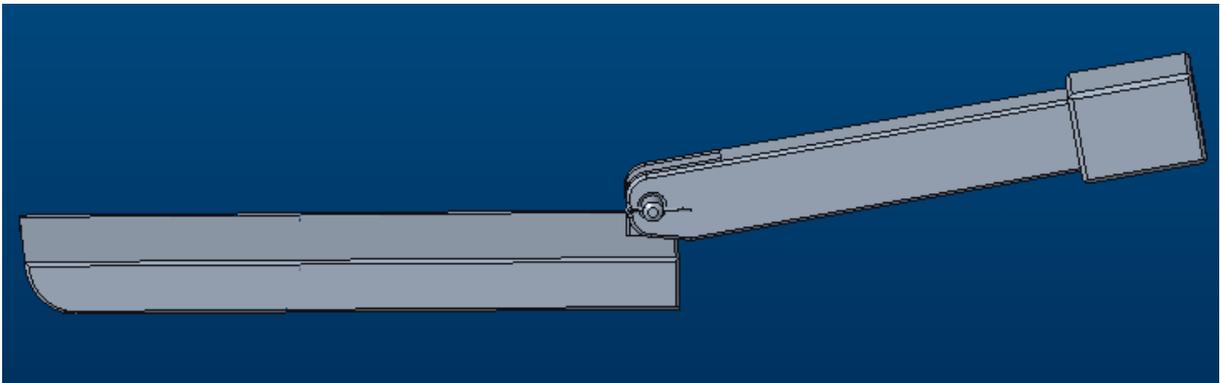


Abbildung 25 Zusammenbau Reinigungswerkzeug

Zur Montage sind die Stückliste (Anhang J) und die Zusammenbauzeichnung (Anhang I) beizubehalten. Die Einzelteile sind über die Identifikationsnummer mit dem Text und der Stückliste verknüpft. Ein Bild des Zusammenbaus ist in Abbildung 25 dargestellt.

Durch Aufeinanderlegen der Ferritmagneten 031 werden sie auf ihre magnetische Ausrichtung überprüft. Sie werden dann so in die Taschen des Schlittens 011 gelegt, dass die anziehenden Flächen der nebeneinander liegenden Magneten nach unten zeigen. Anschließend wird das Schlitten Seitenteil 012 mit den Senkschrauben M3 030 an die Seitenfläche des Schlittens montiert, sodass das Seitenteil des Schlittens die Kontur des Schlittens abschließt. Dann wird der Werkzeuganschluss mit dem Bolzen 028 und dem Splint 029 an dem Schlitten montiert.

Die Angeschrägte Seite des Werkzeuganschlusses soll mit der Heckkante des Schlittens in Berührung kommen können. Die durch den Bolzen durchgesteckten Splintarme werden umgebogen, sodass sich die Gelenkverbindung nicht mehr lösen kann. Das Gelenk des Schlitten-Zusammenbaus sollte sich, von etwa 15° bis 180° zur Oberfläche des Schlittens, leicht bewegen lassen.

Der Zusammenbau des Reinigungswerkzeug ist vor jeder Nutzung auf Funktion zu Prüfen.

Das Reinigungswerkzeug wiegt in etwa 200g.

8 Kritische Bewertung der Ergebnisse

Anhand der Zielsetzung werden im folgenden Abschnitt die Ergebnisse der Arbeit dargestellt und diskutiert.

Ein Ziel der Arbeit ist die Erhaltung des Funktionsprinzips der Bestandsvorrichtungen zur Überbrückung des Rohrinnendrucks. Das Funktionsprinzip wird anhand einer Maßanalyse und daraus resultierenden Ergebnissen in einer Funktionsanalyse dargestellt. Der Rohrinnendruck kann durch die Umleitung des Drucks in auf eine gleich große Fläche durch die Aufhebung sich entgegenwirkender Kräfte überwunden werden. Dieses Prinzip hat den Vorteil, dass nur wirkende Reib- und Massekräfte überwunden werden müssen. Nachteilig ist, dass zur Überwindung des Hubs dieselbe Höhe der Spindel in das Bauteil eingeführt werden muss. Die Spindel muss also mindestens doppelt so lang sein wie der zu überwindende Hub.

Ein weiteres Ziel der Arbeit ist die Kombination der Funktionen Reinigen und Verschließen der Anbohrarbeiten. Die Kombination der Funktionen ist grundsätzlich möglich. Dazu wird eine von außen lösbare Verbindung und Adapterstücke für die unterschiedlichen Verbindungsarten unterschiedlicher Dimensionen benötigt. Zur Bearbeitung von zwei unterschiedlichen Prozessschritten wird somit nur eine Vorrichtung gebraucht. Das führt zum wirtschaftlichen Vorteil, dass nur ein Gerät gefertigt, gelagert und transportiert werden muss. Nachteilig ist die Höhe der zu verwendenden Vorrichtung. Das Verschließen des aufgeschweißten Leitungsstutzens benötigt einen deutlich kleineren Hub als das Reinigen des Rohrbodens, da die Rohraufbauten der zu reinigenden Dimension deutlich größer sind und die Rohrleitung komplett durchschritten werden muss.

Die Kombination der zu verschließenden Dimensionen stellt kein Problem dar. Durch einen Adapter kann eine Verbindung zu beiden HD-Pflocks hergestellt werden. Der Hub unterscheidet sich minimal.

In der Arbeit wird weiterhin eine Lösung zur Reinigung der Dichtfläche, beziehungsweise der Entfernung des sich am Rohrboden befindlichen Stahlspans entwickelt. Mit einem an die vorgegebene Verbindungsgeometrie angepassten Halter kann ein klappbarer Schlitten an die Vorrichtung montiert werden. Die Klappfunktion ermöglicht das Einfahren des Schlittens in den Leitungsbereich. Durch eingesetzte Magnetplatten wird der Span an die Unterseite des Schlittens angezogen und aus der Versorgungsleitung entfernt. Daraus resultiert der Vorteil, dass die Dichtfläche der Dichtelemente Spanfrei ist. Außerdem wirkt sich das Entfernen des Spans positiv auf die Lebenszeit von Filteranlagen, verbauten Komponenten und die allgemeine Qualität des Gasnetztes aus. Die Fertigungskosten des Schlittens können jedoch durch die Komplexität der Taschegeometrie hoch sein. Die Robustheit der kleinteiligen Komponenten muss überprüft werden.

Die Entwicklung einer neuen Vorrichtung unter Einhaltung gestellter Anforderungen ist das Resultat einzelner genannter Ziele. Dabei wird das analysierte Funktionsprinzip zur Überbrückung des Leitungsinndrucks mit der Kombination der Funktionen des Reinigens und Verschließens der Erdgas-Hochdruckleitung verbunden. Ergebnis ist eine fertigungsgerecht dokumentierte Vorrichtung, die alle gestellten Anforderungen erfüllt. Zusätzlich werden den Wünschen bezüglich der Anhebung des zulässigen Drucks, dem Bau in modularer Form und Werkstofftechnisch rostfreier Ausführung nachgekommen. Eine kritische Betrachtung der zu überdenkenden Sachverhalte bezüglich des Hubs und der Kompatibilität der Funktionen wird im oberen Abschnitt diskutiert.

Alle benötigten Einzelteile zur Fertigung werden in einer Stückliste aufgelistet, in Einzel- und Zusammenbauzeichnungen reproduzierbar dargestellt und zur Montage in Montageanleitungen beschrieben.

9 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassung

Die Sicherstellung der Funktionalität von Gasnetzen ist essenziell, um eine Versorgungssicherheit mit dem Energieträger Erdgas zu gewährleisten. Das Anbohren und Absperren ist ein gängiger Prozess zur Instandhaltung von in Betrieb befindlichen Hochdruckleitungen, um Abzweigungen und Bypässe zu erstellen. Dabei kommt es prozesstechnisch zu ungewollten Verunreinigungen im Rohrrinneren. Diese müssen zur Qualitätssteigerung des Gasnetzes und Erstellung von benötigten Dichtflächen entfernt werden. Zusätzlich muss die Rohrleitung nach der Baumaßnahme wieder verschlossen werden. Für das Reinigen und Verschließen gibt es bei Gasnetz Hamburg GmbH verschiedene unvollständig, dokumentierte Vorrichtungen. In dieser Arbeit wird durch Erstellung von Funktionenstrukturen und anschließender Bewertung erarbeiteter Lösungsvarianten ein Konzept entwickelt, das Reinigen und Verschließen in einer Vorrichtung zu kombinieren. Zur Überwindung des Innendrucks der Leitung werden Bestandsvorrichtung auf Ihre Funktion in einer Maß- und daraus resultierenden Funktionsanalyse analysiert. Das Funktionsprinzip wird dokumentiert, was den Wissenstransfer zur Reproduktion sichert. Die Verbindung des Konzepts mit den Ergebnissen der Analyse erfolgt unter Einhaltung gestellter Anforderungen und Wünsche, speziell an das Gewicht, die Korrosionsbeständigkeit und die Anhebung des zulässigen Drucks. Es wird ein neues Dichtkonzept entworfen und die Druckfestigkeit bis zu 35 bar über Berechnung der Wandstärken nach AD-2000 Merkblättern sichergestellt. Ergebnis ist eine fertigungsgerecht dokumentierte Vorrichtung für das Reinigen und Verschließen von Hochdruck-Erdgasleitungen. Mit dieser Konstruktion können Arbeitsprozesse optimiert und durch die Kombination von drei Vorrichtungen zu Einer, Kosten für die Anschaffung, Lagerung und den Transport eingespart werden. Darüber hinaus wird eine neues Reinigungsprinzip entworfen, was das Entfernen des anfallenden Spans aus Rohrleitungen bis zu einer Dimension von DN 100 ermöglicht. Dadurch kann die Dichtfähigkeit eingesetzter Dichtelemente gesichert und Lebenszeit verbauter Komponenten wie Filtern langfristig erhöht werden. Die Ergebnisse werden abschließend dargestellt und kritisch diskutiert.

Ausblick

Der nächste Schritt der Entwicklung zur vollständig im Gasnetz etablierten Vorrichtung, ist der Bau eines Prototyps. Dazu müssen Fertigungsangebote eingeholt und die Materialien der Normteile und Halbzeuge beschafft werden. Sind alle Einzelteile der Vorrichtung und des Reinigungswerkzeugs gefertigt, wird der Prototyp nach der Montageanleitung montiert. Anschließend muss die Dichtheit der Vorrichtung und deren Dichtelemente durch geeignete Verfahren überprüft werden. Dazu bietet sich eine Abnahme durch einen Sachverständigen an. Anschließend sollte die Funktionsweise der Vorrichtung erprobt werden. Dazu ist es sehr interessant, wie gründlich das Reinigungswerkzeug die Dichtfläche vom Span befreit und wie oft der Reinigungsvorgang wiederholt werden muss, um den gesamten Span aus der Rohrleitung zu entfernen. Weiterhin ist interessant, wie gut die Konstruktion zur Drucküberwindung funktioniert. Dazu könnten im Nachgang Untersuchungen stattfinden, die das Dichtkonzept weiter optimiert, sodass die Flächen, auf denen der Druck in entgegengesetzte Richtung eine sich aufhebende Kraft erzeugt, variabel gestaltet werden können. Im Hinblick auf das Funktionsprinzip der Druckumleitung sollte eine tieferegehende Recherche über ähnliche Funktionsweisen stattfinden, um zu überprüfen, ob das System Patentwürdig ist. Ein weiterer möglicher Schritt ist die Erweiterung des Temperaturbereichs. Nach Prüfung des Dichtsystems und der

Materialverträglichkeit könnte die Vorrichtung so für weitere Medien, wie Wasser oder Wasserstoff nutzbar gemacht werden. Außerdem könnte durch erneute Auslegung der Wandstärken der Druckbereich weiter angehoben werden. Eine Lastberechnung durch FEM Berechnungen ist für konstruierte Teile auch vor dem Bau des Prototyps schon sinnvoll. So können Einzelteile eventuell verbessert und die Kraftleitung optimiert werden. Wird die Funktion der Vorrichtung mit gut bewertet, sollte das Dimensionsfeld der Reinigung bis DN 400 erweitert werden. Dabei muss überprüft werden, ob die Funktion des HD-Pflock Setzens bei dem zu überbrückenden Hub noch als Hauptfunktion der Vorrichtung sinnvoll erscheint. Denkbar wäre, das Schließen und das Reinigen in unterschiedlichen Vorrichtungen zu trennen, um die Vorteile des geringen Hubs bzw. der nicht notwendigen lösbaren Werkzeugverbindung optimal nutzen zu können.

Literaturverzeichnis

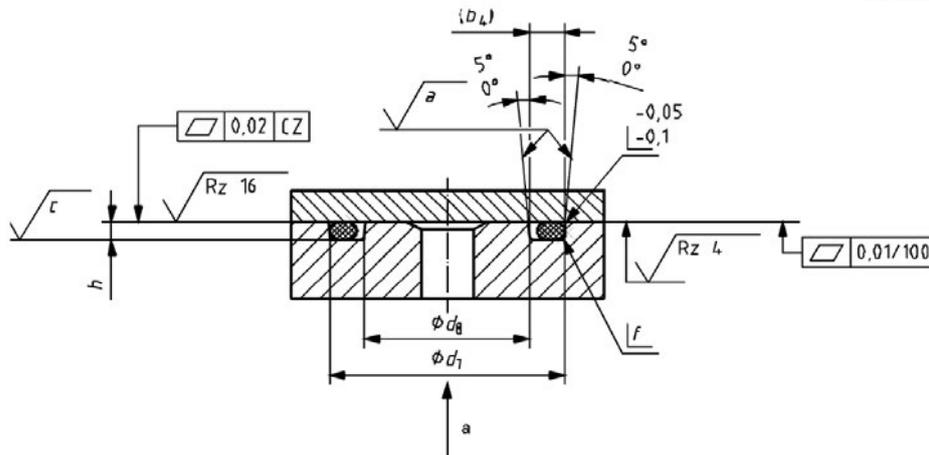
- [1] B. Liermann, „Agrigent - Tal der Tempel“. http://antikefan.de/themen/wasser/wasser_rom.html (zugegriffen 19. April 2022).
- [2] „Statistisches Bundesamt Deutschland - GENESIS-Online“, 19. April 2022. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abrufabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1650376253025&auswahloperation=abrufabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=43341-0001&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf#abreadcrumb> (zugegriffen 19. April 2022).
- [3] S. Wilke, „Energieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren“, *Umweltbundesamt*, 17. Juli 2013. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energetraegern-sektoren> (zugegriffen 27. April 2022).
- [4] „Gasnetz Hamburg“, *Gasnetz Hamburg*. <https://www.gasnetz-hamburg.de/> (zugegriffen 22. Februar 2022).
- [5] A. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Hrsg., „Anbohren und Absperren“.
- [6] „Formstücke“, *Austria*. <https://www.pipelife.at/infrastruktur/gas/gas-formstuecke.html> (zugegriffen 20. April 2022).
- [7] „Hütz und Baumgarten“. <https://www.huetz-baumgarten.de/> (zugegriffen 20. April 2022).
- [8] „T.D. Williamson - Pipeline Services, Equipment & Solutions“. <https://www.tdwilliamson.com/> (zugegriffen 10. März 2022).
- [9] „DVGW Website: Startseite - DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches“. <https://www.dvgw.de/> (zugegriffen 20. April 2022).
- [10] Verein Deutscher Ingenieure e.V., „Funktionenanalyse Grundlagen und Methode“. Januar 2019.
- [11] Verband der TÜV e.V., „AD 2000-Merkblatt B0 Berechnung von Druckbehältern“. Beuth, November 2014.
- [12] Verband der TÜV e.V., „AD 2000-Merkblatt B1 Zylinder- und Kugelschalen unter innerem Überdruck“. Carl Heymanns Verlag, Oktober 2000.
- [13] DIN Institut für Normung e.V., „DIN EN 10216-5 Nahtlose Stahlrohre für Druckbeanspruchungen Teil 5 aus nichtrostenden Stählen“. Beuth Verlag GmbH, Juni 2021.
- [14] D. Gross, W. Hauger, J. Schröder, und W. A. Wall, *Technische Mechanik 2*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017. doi: 10.1007/978-3-662-53679-7.
- [15] „Nitrile / NBR | O-Ring“. [//o-ring.info/de/materialien/nitrile--nbr/](https://o-ring.info/de/materialien/nitrile--nbr/) (zugegriffen 14. April 2022).
- [16] „Viton / FKM | O-Ring“. [//o-ring.info/de/materialien/vitonr--fkm/](https://o-ring.info/de/materialien/vitonr--fkm/) (zugegriffen 14. April 2022).
- [17] „EPDM | O-Ring“. [//o-ring.info/de/materialien/epdm/](https://o-ring.info/de/materialien/epdm/) (zugegriffen 14. April 2022).

- [18] Verein Deutscher Ingenieure e.V, „DIN ISO 3601-2 O-Ringe Einbauräume für allgemeine Anwendungen“. Beuth Verlag GmbH, August 2010.

Anhang

A- Beiblatt – Einbauräume der Dichtungsringe nach DIN 3601-2

Maße in Millimeter



Legende

- a, c Oberflächenrauheit, siehe Tabelle 6
- b_4 Breite des O-Ring-Einbauraumes, siehe Tabelle 6
- f Radius im Nutgrund, siehe Tabelle 6
- a Druckrichtung

ANMERKUNG Tolerierung nach ISO 8015.

Abbildung 26 Auszug aus DIN 3601-2 Einbauräume Flanschdichtung [18]

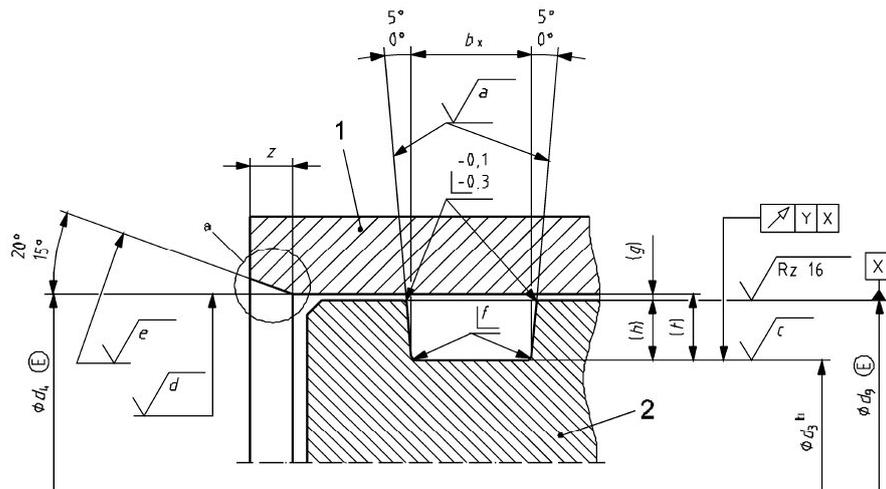
Maße in Millimeter, wenn nicht anders angegeben

d_2	b_4		h	f	Oberflächenrauheit in Mikrometer ^{a, b, c, d}	
	Einbauraumbreite bei Flüssigkeiten	Einbauraumbreite bei Gasen oder Vakuum			Seitenfläche des Einbauraumes a	Bodenfläche des Einbauraumes c
nom.	$\begin{matrix} +0,2 \\ 0 \end{matrix}$		$\begin{matrix} +0,1 \\ 0 \end{matrix}$			
1,78	3,2	2,9	1,3	+0,4	Ra 1,6 Sichtprüfung oder Rz 6,3 Sichtprüfung	Ra 1,6 Rz 1 6,3
2,62	4,0	3,6	2,0	+0,2		Ra 2 1,6 Rz 2 6,3
3,53	5,3	4,8	2,7	+0,8		Ra 3 1,6 Rz 3 6,3
5,33	7,6	7,0	4,2	+0,4		Ra 1,6 Rz 6,3
6,99	9,0	8,5	5,7	$\begin{matrix} +1,2 \\ +0,8 \end{matrix}$		Ra 1,6 Rz 6,3

^a Angabe der Oberflächenrauheit nach ISO 1302.
^b Spezielle Anwendungen können eine andere Oberflächenrauheit erfordern.
^c Die Angabe von Ra 1,6 oder Rz 1 6,3 bedeutet keine Oberflächenrauheit von Ra 11,6 oder Rz 16,3. Nach ISO 1302 bezeichnet dies lediglich eine einfache Messlänge und eine Rauheit von nicht mehr als 1,6 µm für Ra und 6,3 µm für Rz. Ein Wert für Ra 1,6 oder Rz 6,3 kann nur gemessen werden, wenn die Messlänge mehr als 5,6 mm beträgt.
^d Sichtbare Oberflächenfehler sind auf der Fläche c nicht gestattet (siehe ISO 8785).

Abbildung 27 Auszug aus DIN 3601-2 Tabelle 6 Maße von O-Ring Einbauräumen für den Einsatz von statisch axialen Abdichtungen [18]

Maße in Millimeter



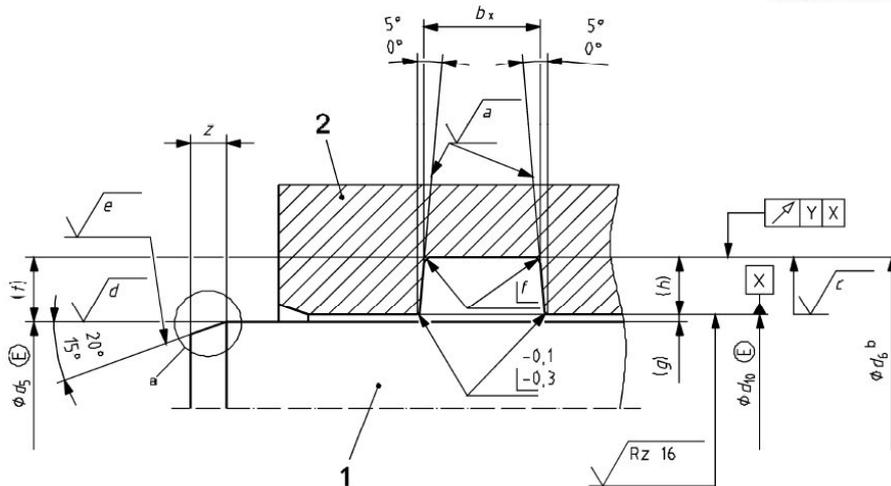
Legende

- 1 Bohrung
- 2 Kolben
- a, c, d, e* Oberflächenrauheit, siehe Tabelle 1
- f* Radius im Nutgrund, siehe Tabelle 1
- b_x Breite des O-Ring-Einbauraums
- a* Grate in diesem Bereich nicht erlaubt, Kanten sind abzurunden.
- b* Einbauraum-Durchmesser (Nutgrund) $d_3 \leq 50$: maximale Auslauf-Toleranz $Y = 0,025$;
Einbauraum-Durchmesser (Nutgrund) $d_3 > 50$: maximale Auslauf-Toleranz $Y = 0,05$.

ANMERKUNG Tolerierung nach ISO 8015.

Abbildung 28 Auszug aus DIN 3601-2 Einbauträume Kolbendichtungen [18]

Maße in Millimeter



Legende

- 1 Stange
- 2 Bohrung
- a, c, d, e* Oberflächenrauheit, siehe Tabelle 1
- f* Radius im Nutgrund, siehe Tabelle 1
- b_x Breite des O-Ring-Einbauraums
- a* Grate in diesem Bereich nicht erlaubt, Kanten sind abzurunden.
- b* Einbauraum-Durchmesser (Nutgrund) $d_3 \leq 50$: maximale Auslauf-Toleranz $Y = 0,025$;
Einbauraum-Durchmesser (Nutgrund) $d_3 > 50$: maximale Auslauf-Toleranz $Y = 0,05$.

ANMERKUNG Tolerierung nach ISO 8015.

Abbildung 29 Auszug aus DIN 3601 Einbauträume Stangenabdichtungen [18]

Maße in Millimeter, wenn nicht anders angegeben

d_2	z^b für 15°	z für 20°	f	Oberflächenrauheit in Mikrometer ^{d, e, f}					Kleinste benötigte Messlänge (5-mal einfache Messlänge plus 2-mal Auslauf)
				Fase ^c	Seiten- oberfläche	Nutgrund- durchmesser ^g	Statische Kontakt- fläche ^g	Dynamische Kontakt- fläche ^g	
nom.	min.	min.		e	a	c	d	d	
1,78	1,1	0,9	+0,4 +0,2	Ra 1,6 visuelle Prüfung	Ra 1,6 visuelle Prüfung oder Rz 6,3 visuelle Prüfung	Ra1 1,6 Rz1 6,3	Ra 1,6 Rz 6,3	Ra 0,4 Rz 1,6	5,6
2,62	1,5	1,1				Ra2 1,6 Rz2 6,3			
3,53	1,8	1,4	+0,8 +0,4	oder Rz 6,3 visuelle Prüfung	Ra1 1,6 Rz1 6,3	Ra3 1,6 Rz3 6,3			
5,33	2,7	2,1			Ra3 1,6 Rz3 6,3	Ra 1,6 Rz 6,3			
6,99	3,6	2,8			+1,2 +0,8	Ra4 1,6 Rz4 6,3			

^a Siehe auch Bilder 6 und 7. Siehe ISO 13715 für die Auslegung von Ecken und Kanten undefinierter Flächen.

^b Größere Werte für z (kleinerer Winkel) sind besser für das Zusammenfügen der Teile.

^c Kürzere Fasen werden für trockene Montage empfohlen. Bei Montage unter Verwendung von Schmierstoffen können längere Einführfasen verwendet werden.

^d Angabe der Oberflächenrauheit nach ISO 1302.

^e Die Angabe von Ra1 1,6 oder Rz1 6,3 bedeutet keine Oberflächenrauheit von Ra 11,6 oder Rz 16,3. Nach ISO 1302 bezeichnet dies lediglich eine einfache Messlänge und eine Rauheit von nicht mehr als 1,6 µm für Ra und 6,3 µm für Rz. Ein Wert für Ra 1,6 oder Rz 6,3 kann nur gemessen werden, wenn die Messlänge mehr als 5,6 mm beträgt.

^f Spezielle Anwendungen können eine andere Oberflächenrauheit erfordern.

^g Sichtbare Oberflächenfehler sind auf den Flächen c und d nicht gestattet (siehe ISO 8785).

Abbildung 30 Auszug aus DIN 3601 Tabelle 1 - Allgemeine Maße an die Oberflächenrauheit für Kolben und Stangeneinbauräume [18]

Einbauräume Dichtringe – Maße in mm										
IDNR	Tabelle in DIN 3601-2	d7	d4/d9	d3	d5/d10	d6	tâ	b +0,25 0	d1	d2
020	Tabelle 7	27,13H9	20/19,7	15,8 h9	20 H8/f7	24,2 H9	2,1	3,8	21,9	2,62
024	Tabelle 7	14.38H9							10,8	1,78
022	Tabelle 2								15,5	2,62
023	Tabelle 5								20,3	2,62
021	Tabelle 4								13,9	2,62
019	Tabelle 4		6,07	1,78						

Tabelle 2 Bauräume ausgewählter Dichtringe nach DIN 3601-2 [18]

Aufgrund der Herstellungsmöglichkeit des Druckrohrs 005 und der daraus folgenden Toleranzen des Innendurchmessers und der Geradheit, ist der Außendurchmesser der Arbeitsspindel in dem Bereich auf 19,7 festgelegt. Es ergibt sich daraus für den Bauraum der IDNR 022 ein Wert für d4/d9 von 20/19,7. Die Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit nach Abbildung 28 bleiben bestehen.

HAW Hamburg		Anforderungsliste					
		Projekt:	Bachelorarbeit: Entwicklung einer optimierten Vorrichtung für das Reinigen und Verschließen von Anbohrarbeiten an in Betrieb befindlichen Hochdruckerdgasleitungen				
		Projektleiter:	Skalde Olof Runge				
		Version:	1	Klassifizierung:	FF:	Festanforderung	✓ Anforderung erfüllt
		Erstellt am:	25.01.2022		MinF:	Minimalanforderung	
		Erstellt von:	Skalde Olof Runge		MaxF:	Maximalanforderung	
Letzte Änderung:	20.04.2022	W:	Wunsch				
Lfd.	Beschreibung der Anforderungen				Werte, Daten		
1	Funktion/Betrieb						
	<p>FF: Das Einsatzgebiet ist das Hochdruck-Erdgasnetz. ✓ FF: Die Minimale Druckstufe liegt bei 25bar. ✓ FF: Die Vorrichtung soll ausschließlich in Handbetrieb bedient werden ✓ FF: Eine Funktion der Vorrichtung ist das Reinigen des Innenrohrs von anfallendem Stahlspan der Anbohrarbeiten ✓ FF: Die Vorrichtung wird auf einen Kugelhahn DN 32 mit einem Innengewinde von 1 1/4" geschraubt ✓ FF: Für eine Verwendung für DN 50 wird ein entsprechender Adapter zu wählen ✓ FF: Für die Verwendung der Reinigung der Dimensionen D 80 - DN 100 ist ein entsprechender Adapter zu wählen ✓ FF: Die Vorrichtung benötigt eine Möglichkeit zur Entspannung ✓ FF: Die Alt-Vorrichtungen sind auf Ihr Funktionsprinzip zu untersuchen ✓ FF: Das Funktionsprinzip des Druckausgleichs ist zu dokumentieren und wenn möglich wieder zu verwenden ✓</p> <p>W: Die Kombination der Funktionen Pflock setzen und Reinigen wird gewünscht ✓ W: Eine Verwendung mit dem Medium Wasserstoff wird gewünscht W: Eine Anhebung des zulässigen Drucks auf 35 bar wird gewünscht ✓ W: Eine Verwendung mit dem Medium warmes Wasser wird gewünscht</p>				<p>> Medium: Erdgas > Druck minimal 25 bar - Wunsch: 35 bar > Keine Energien von Außen. Handkraft von maximal 500 Newton > Anschlussgeometrien für Werkzeugaufnahme DN32 und DN 50 siehe Zeichnungen HD-Pflock Anhang C > Spanmaterial: Stahl > Anschlussgewinde DN 32: 1 1/4" Rohrgewinde > Anschlussgewinde DN 50: 2" NTP > Anschlussflansch > DN 50: T.D.Williamson: 6.7265.1 Shortstop 500 R100 mit Rohringewinde Rp 1 1/4</p> <p>> Wunschmedium: Wasserstoff > Wunschmedium: Warmes Wasser (100°C)</p>		
2	Geometrie						
	<p>FF: Die Vorrichtung wird auf einen Kugelhahn DN 32 mit einem Innengewinde von 1 1/4" geschraubt ✓ FF: Für eine Verwendung für DN 50 wird ein entsprechender Adapter zu wählen ✓ FF: Für die Verwendung der Reinigung ist ein entsprechender Adapter zu wählen ✓ FF: Die Höhe der Vorrichtung sollte ein bequemes Arbeiten ermöglichen (nicht höher als Mannshoch) ✓ FF: Die Vorrichtung muss getragen werden können ✓ FF: Das Drehmoment für das Einschrauben des HD-Pflocks muss mit Handkraft über Handgriff o.ä. eingebracht werden ✓ FF: Es darf im Gerät keine Explosionsgefährliche Mischung von Erdgas und Luft entstehen ✓ FF: Es sollen Rohrleitungen der Dimension DN 80 bis DN 100 gereinigt werden können ✓ FF: Die Arbeitstemperatur des Erdgases liegt zwischen -20°C und 20°C ✓</p> <p>W: Die Dimensionen DN80 - DN400 reinigen zu können wird gewünscht W: Ein Modularer Aufbau der Vorrichtung wird gewünscht ✓ W: Die Erweiterung des Betriebstemperaturbereichs von -20°C bis + 100°C wird gewünscht</p>				<p>> Anschlussgewinde DN 32: 1 1/4" Rohrgewinde > Anschlussgewinde DN 50: 2" NTP > Anschlussflansch DN 80 - DN 100: T.D.Williamson: 6.7265.1 Shortstop 500 R100 mit Rohringewinde Rp 1 1/4 > Die Hubhöhen für die Reinigung errechnen sich aus der addition der Höhen der Rohre und Aufbauten. Hier sind auch die Rohrdurchmesser der einzelnen Dimensionen angegeben. Eine Tabelle befindet sich im Anhang B > Die maximale vertikale Höhe der Vorrichtung beträgt: h_max: 1,5m > Maximales Gewicht der Vorrichtung m_max: 50kg > T_Betrieb -20°C bis 20°C</p> <p>> T_Wunsch -20°C bis 100°C</p>		

HAW Hamburg		Anforderungsliste					
		Projekt:	Bachelorarbeit: Entwicklung einer optimierten Vorrichtung für das Reinigen und Verschließen von Anbohrarbeiten an in Betrieb befindlichen Hochdruckerdgasleitungen				
		Projektleiter:	Skalde Olof Runge				
		Version:	1	Klassifizierung:	FF :	Festanforderung	✓ Anforderung erfüllt
		Erstellt am:	25.01.2022		MinF:	Minimalanforderung	
		Erstellt von:	Skalde Olof Runge		MaxF:	Maximalanforderung	
Letzte Änderung:	20.04.2022		W:	Wunsch			
Lfd.	Beschreibung der Anforderungen				Werte, Daten		
3	Kinematik						
	<p>Im Folgenden wird von einer Vertikalen Einführung des Reinigungswerkzeugs bzw. des HD-Pflocks, von oben ausgegangen</p> <p>FF: Das Werkzeug muss in die Rohrleitung einführbar sein ✓ FF: Das Werkzeug muss sich um die Vertikale Achse rotieren können ✓ FF: Die Einleitung von Drehmoment auf das Werkzeug muss möglich sein. ✓</p> <p>W: Rotationsdrehachse kippbar um etwa 20°</p>				> Maximales Drehmoment: 80 Nm > Vorschubkraft: 100N		
4	Kinetik/Kräfte/Energien/Leistungen						
	<p>FF: Die Kräfteinleitung des Vorschubs erfolgt per Hand. ✓ FF: Das Drehmoment wird per Hand eingeleitet ✓ FF: Der Rohrinndruck wird durch geeignete Maßnahmen überwunden ✓</p> <p>W: Die Betriebsdruckgrenze anzuheben wird gewünscht ✓</p>				> p_max 25bar - Wunsch 35 bar		
5	Werkstoffe/Edukte/Produkte						
	<p>FF: Die Werkstoffe sind Erdgasgerecht auszuwählen. ✓ FF: Nötige Schmierungen und Dichtungen sind Erdgasgerecht auszulegen ✓</p> <p>W: Rostfreie Stähle werden gewünscht ✓ W: Wasserstoffgerechte Werkstoffe, Schmierungen und Dichtungen werden gewünscht ✓ W: Warmwassergerechte Werkstoffe, Schmierungen und Dichtungen werden gewünscht ✓</p>				>Aus Analyse: Ist-Zustand - Stahl / Messing >Aus Analyse: Ist-Zustand - Kupferschmierpaste gegen Korrosion und Silikonfett für Dichtungen und Reibungsverringern		
7	Sicherheit (Berechnungen und Betrieb)						
	<p>FF: Der Körper zur Einbringung des Drehmoments wird auf Torsion geprüft ✓ FF: Drucktragende Teile werden nach einer Druckbehälterberechnung ausgelegt ✓ FF: Vor Einsatz wird die Vorrichtung auf Druck geprüft (in Dokument beschrieben) ✓</p> <p>W: Eine erwartete Lebensdauer von 30 Jahren wird gewünscht</p>						

HAW Hamburg		Anforderungsliste					
		Projekt:	Bachelorarbeit: Entwicklung einer optimierten Vorrichtung für das Reinigen und Verschließen von Anbohrarbeiten an in Betrieb befindlichen Hochdruckerdgasleitungen				
		Projektleiter:	Skalde Olof Runge				
		Version:	1	Klassifizierung:	FF :	Festanforderung	✓ Anforderung erfüllt
		Erstellt am:	25.01.2022		MinF:	Minimalanforderung	
		Erstellt von:	Skalde Olof Runge		MaxF:	Maximalanforderung	
	Letzte Änderung:	20.04.2022		W:	Wunsch		
Lfd.	Beschreibung der Anforderungen					Werte, Daten	
8	Ergonomie						
	<p>Das Arbeitsumfeld ist der Rohrgraben, welcher meißt eng und uneben ist</p> <p>FF: Die Vorrichtung ist Mobil einsetzbar, nicht sperrig und hat ein maximales Gewicht von 50kg. ✓ FF: Die Vorrichtung kann vor Ort schnell und in wenigen Schritten aufgebaut werden. ✓</p> <p>W: Eine Ergonomische Krafteinbringung wird gewünscht ✓ W: Eine Robuste Bauweise wird gewünscht (✓)</p>						
9	Fertigung						
	<p>FF: Die Konstruktion wird fertigungsgerecht geplant und ausgeführt. ✓ FF: Bei der Fertigung ist besonders auf Passungsmaße und genaue Maßhaltigkeit im Bereich der Lagersitze bzw. Dichtungen und der dazugehörenden Schmierflächen zu achten. ✓</p> <p>W: Eine Nutzung von Standardbauteilen nach DIN wird gewünscht (✓)</p>					> Einzelteilzeichnungen > Zusammenbauzeichnungen > IGES Dateien	
10	Qualitätswesen/Qualitätskontrolle						
	FF: Die Vorrichtung entspricht mindestens den Anforderungen vergleichbarer Produkte. ✓						
11	Montage						
	<p>FF: Die Vorrichtung besteht aus wenigen Komponenten, was die Montage vereinfacht. ✓ FF: Für die Montage ist wenig verschiedenes Werkzeug nötig. ✓ FF: In einer Montagebeschreibung wird die Montage der Vorrichtung beschrieben ✓</p> <p>W: Die Beschreibung der Funktionen Reinigen und Schließen wird gewünscht</p>						
12	Transport						
	<p>W: Die Unterbringung der Vorrichtung samt Adapter und Zusatzteile in einer Transportbox wird gewünscht W: Der Entwurf einer Werkzeugkiste wird gewünscht</p>						
13	Inbetriebnahme						
	<p>FF: Vor Inbetriebnahme muss eine Druckprüfung durchgeführt werden (In Dokument beschrieben) ✓ FF: Die Inbetriebnahme des Geräts unterliegt den geforderten Anforderungen DVGW 452 ✓ FF: Druckprüfungen werden dokumentiert (In Dokument beschrieben) ✓</p>						

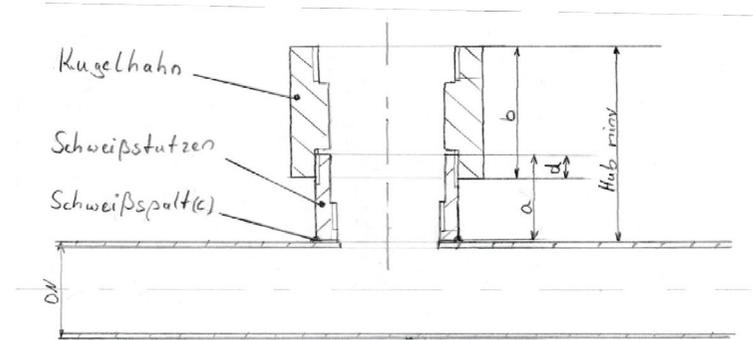
HAW Hamburg		Anforderungsliste					
		Projekt:	Bachelorarbeit: Entwicklung einer optimierten Vorrichtung für das Reinigen und Verschließen von Anbohrarbeiten an in Betrieb befindlichen Hochdruckerdgasleitungen				
		Projektleiter:	Skalde Olof Runge				
		Version:	1	Klassifizierung:	FF :	Festanforderung	✓ Anforderung erfüllt
		Erstellt am:	25.01.2022		MinF:	Minimalanforderung	
		Erstellt von:	Skalde Olof Runge		MaxF:	Maximalanforderung	
Letzte Änderung:	20.04.2022	W:	Wunsch				
Lfd.		Beschreibung der Anforderungen			Werte, Daten		
14		Wartung/Instandhaltung					
		FF: Die Wartung und Instandhaltung des Geräts unterliegt den geforderten Anforderungen der DVGW 452 ✓ FF: Das Gerät ist Zerstörungsfrei wartbar ✓ FF: Wartungen werden dokumentiert ✓					
15		Recycling/Entsorgung					
		FF: Das Gerät besteht aus demontierbaren Einzelteilen, welche in der Stückliste nach Werkstoff bezeichnet sind und ein Recycling der Komponenten ermöglicht. ✓ W: Das Nutzen Umweltfreundlicher Schmier und Dichtstoffe wird gewünscht					
16		Kosten					
		W: Die überschlägige Erstellung eines Kostenplans wird gewünscht					
17		Termine					
		FF: Anmeldung der Arbeit : 25.02.2022 ✓ FF: Abgabe der Arbeit : 29.04.02 ✓					

Hubermittlung der Funktionen Verschließen und Reinigen

Verschließen der Rohrleitung

Rohr nach DIN EN 10216-1	Maß	DN 32	DN50	Einheit
Höhe Aufschweisstützen	a	60	100	mm
Höhe Kugelhahn	b	110	141	mm
Schweißspalt	c	2	2	mm
Einschraubtiefe Kugelhahn	d	18	14	mm
gesamthöhe Komp. abzüglich Einschraubtiefe	Hub min_V	154	229	mm

Vereinfacht wird als minimaler Hub die Höhe von der Oberkante des Kugelhahns bis zur oberen Rohraußenwand festgelegt.



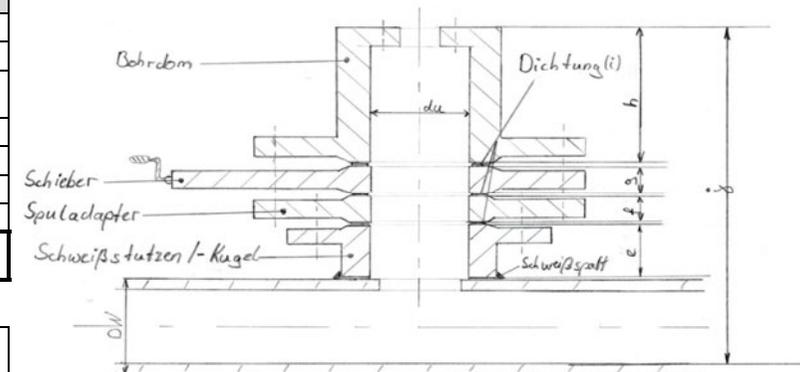
Reinigen der Rohrleitung

Druckstufe MOP 16

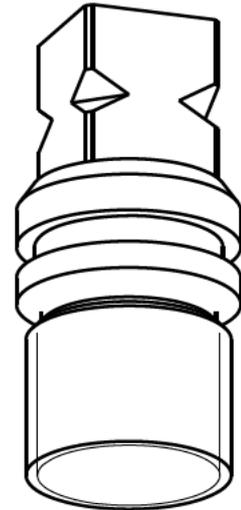
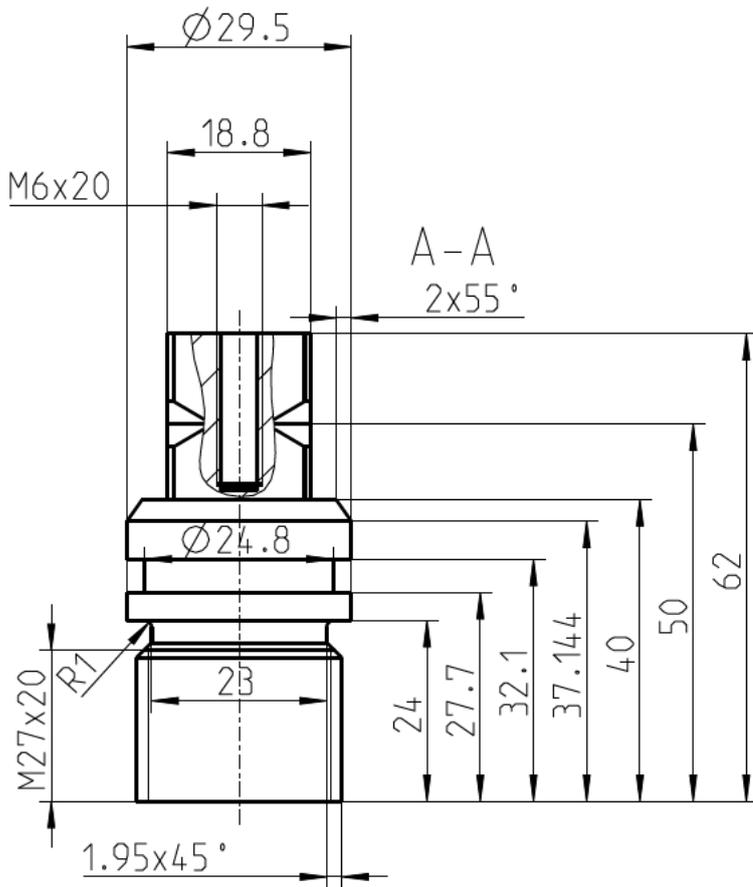
Rohr nach DIN 2460	Maß	DN 80	als Kugel	DN100	als Kugel	Einheit
Wanddicke	-	3,2	3,2	3,6	3,6	mm
Außendurchmesser max	DN	88,9	88,9	114,3	114,3	mm
höhe obere Rohrwand bis ober Dichtfläche Sperrflansch/ Kugel	e	130	110	90	105	mm
höhe Spuladapter (Flansch zu Flansch)	f	23	23	23	23	mm
Höhe Dichtflächen Absperramatur	g	105	105	105	105	mm
Höhe Dichtflächen Anbohrdom	h	210	210	210	210	mm
höhe der Dichtung	i	2	2	2	2	mm
Höhe von Rohrboden bis obere Dichtfläche Anbohrdom	j	561,7	541,7	546,7	561,7	mm

Druckstufe MOP 25

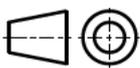
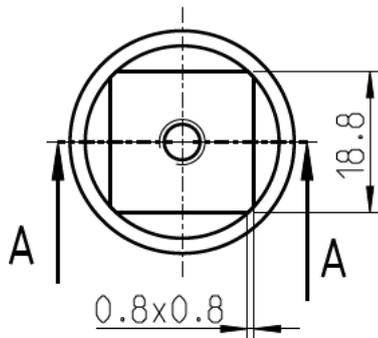
höhe obere Rohrwand bis obere Dichtfläche Sperrflansch/ Kugel	e	140	140	110	150	mm
höhe Spuladapter (Flansch zu Flansch)	f	170	170	116	116	mm
Höhe Rohrboden bis obere Dichtfläche Anbohrdom	j	718,7	718,7	659,7	699,7	mm
Nutzbarer Durchmesser der Aufbauten	du	79	79	99	99	mm



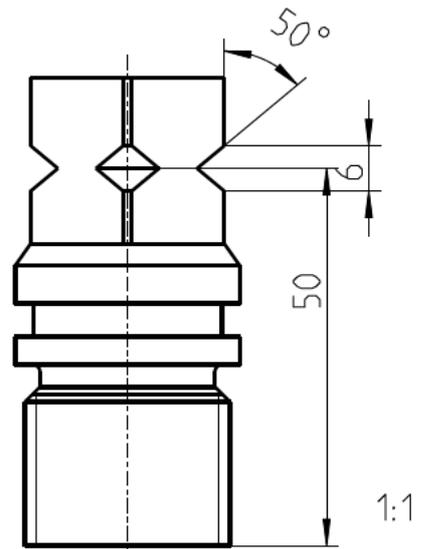
Der minimale Hub errechnet sich durch die Höhe vom Rohrboden bis zur oberen Dichtfläche des Anbohrdoms, abzüglich der Höhe des eingelassenen Reinigungswerkzeugs bis zur Funktionsfläche. Als Referenzwert wird die Höhe j vom Rohrboden bis zur oberen Dichtfläche des Anbohrdoms gewählt.



1:1



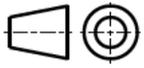
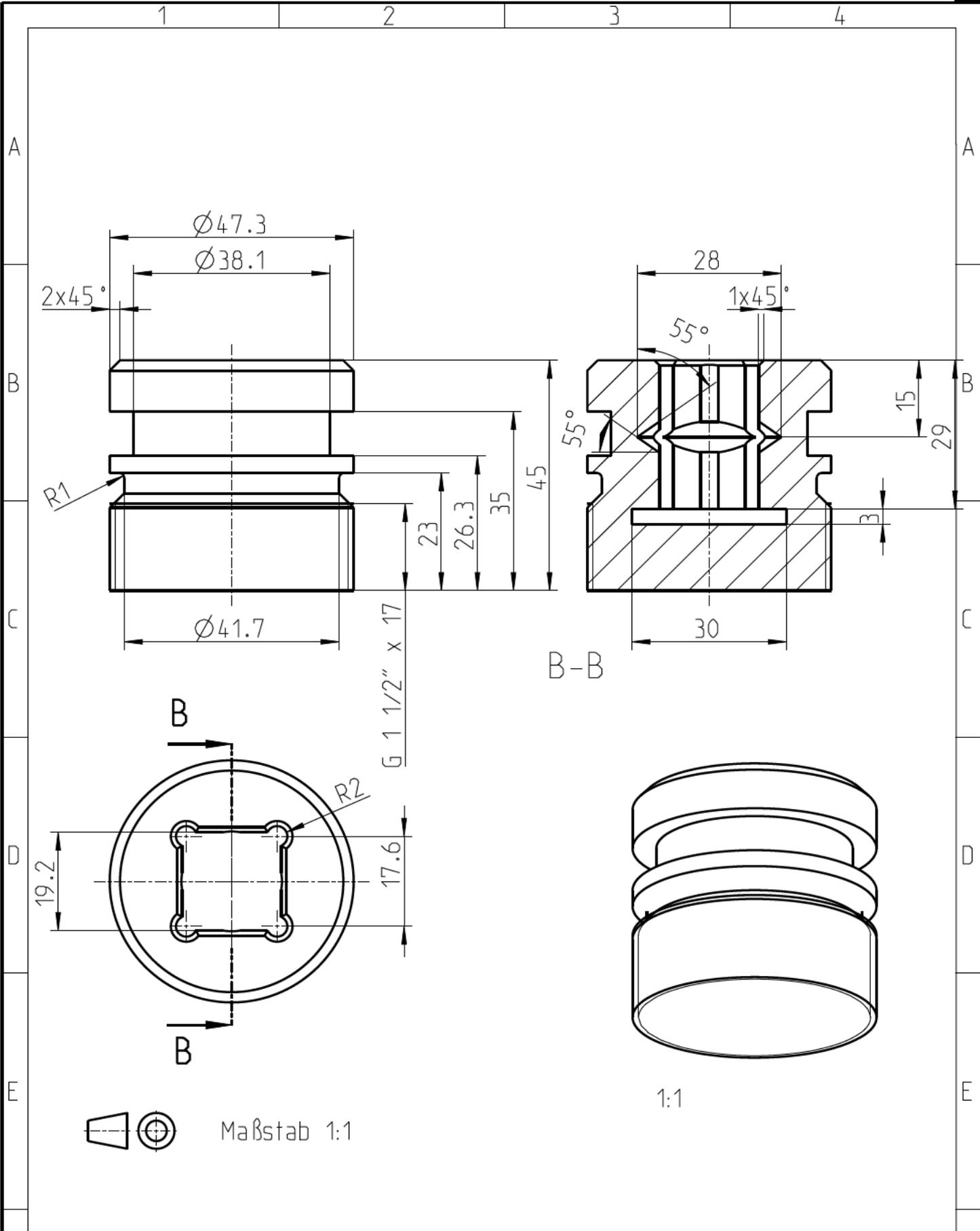
Maßstab 1:1



1:1

um 45° um die Mittelachse gedreht

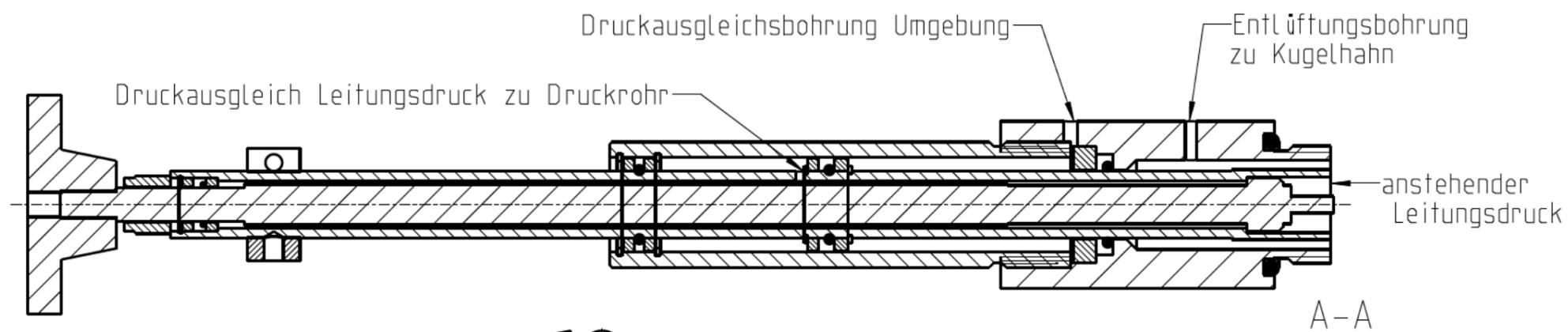
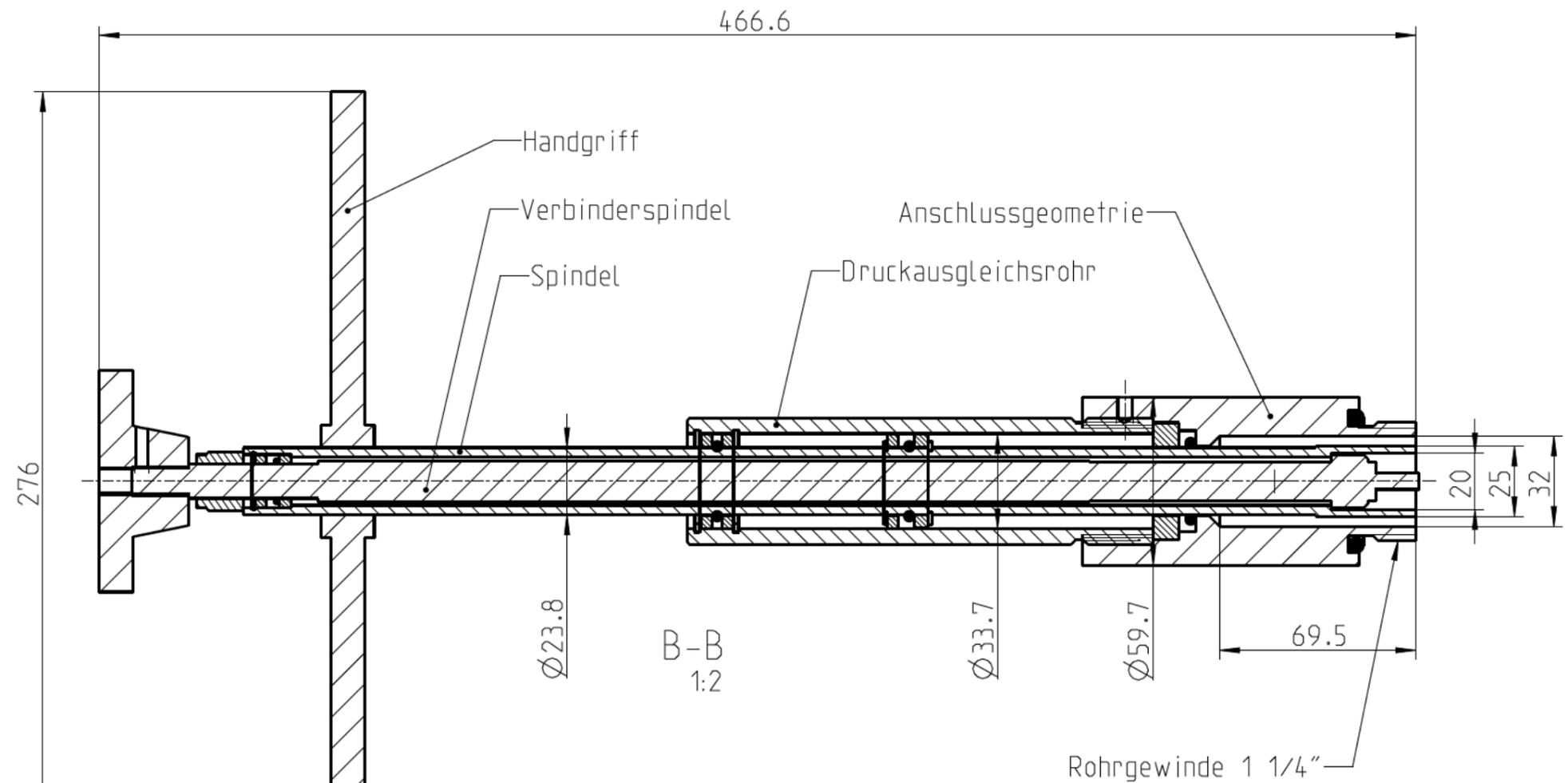
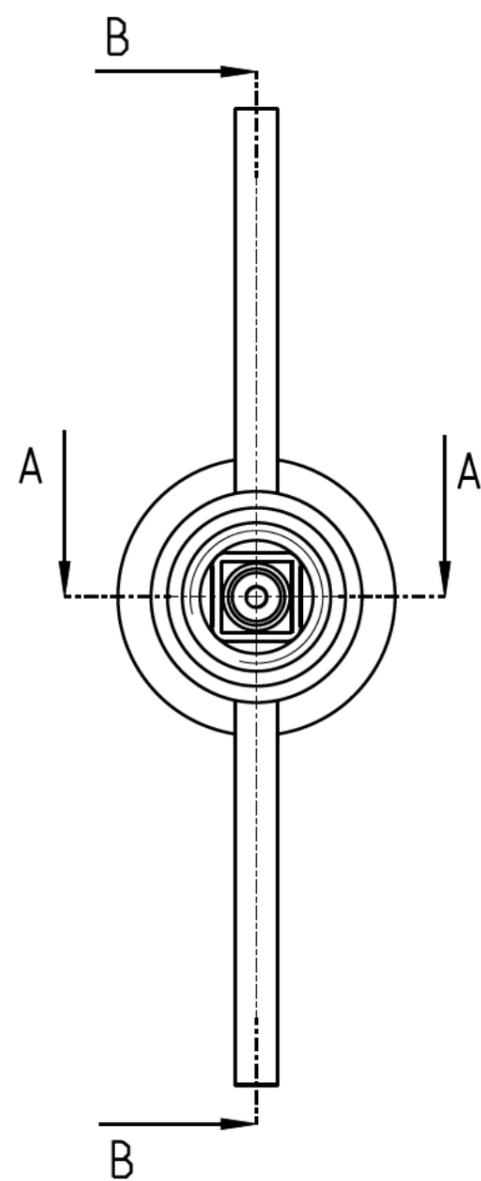
Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe HD-Pflock	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Hamburg University of Applied Sciences		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname HD-PFLOCK DN32 (PART) HD-PFLOCK_DN32		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Skizze HD-Pflock DN 32		-
Änd.	Ausgabedatum	Spr.	Blatt	
A	23.01.22	de	D1	



Maßstab 1:1

1:1

Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe HD-Pflock	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek						
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname HD-PFLOCK_DN50 (PART) HD-PFLOCK_DN50	Dokumentenstatus freigegeben						
		Titel, Zusätzlicher Titel Skizze HD-Pflock DN50	- <table border="1" data-bbox="1125 2083 1524 2161"> <tr> <td>Änd.</td> <td>Ausgabedatum</td> <td>Spr.</td> <td>Blatt</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>23.01.22</td> <td>de</td> <td>D2</td> </tr> </table>	Änd.	Ausgabedatum	Spr.	Blatt	A	23.01.22
Änd.	Ausgabedatum	Spr.	Blatt						
A	23.01.22	de	D2						

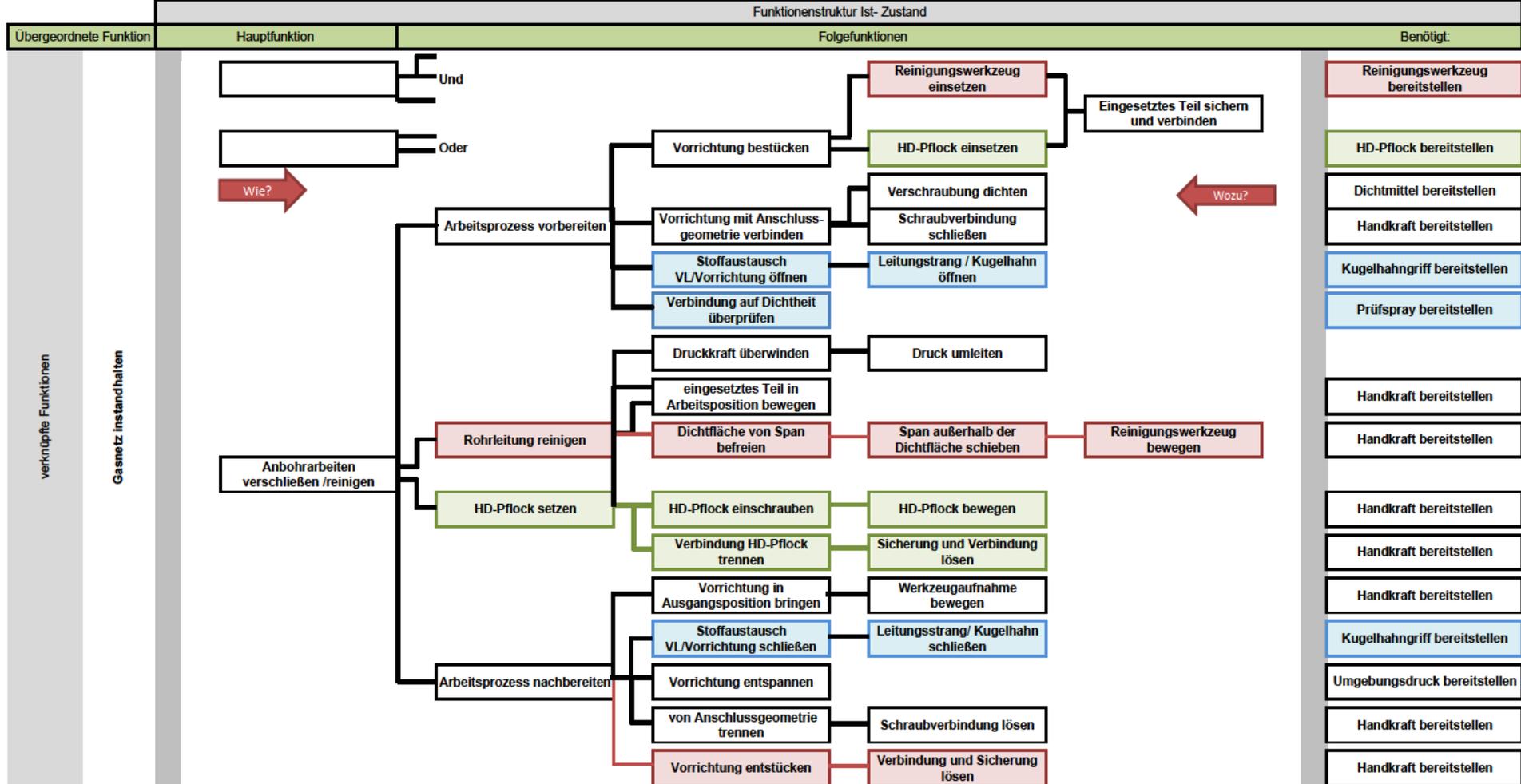


Maßstab 1:1

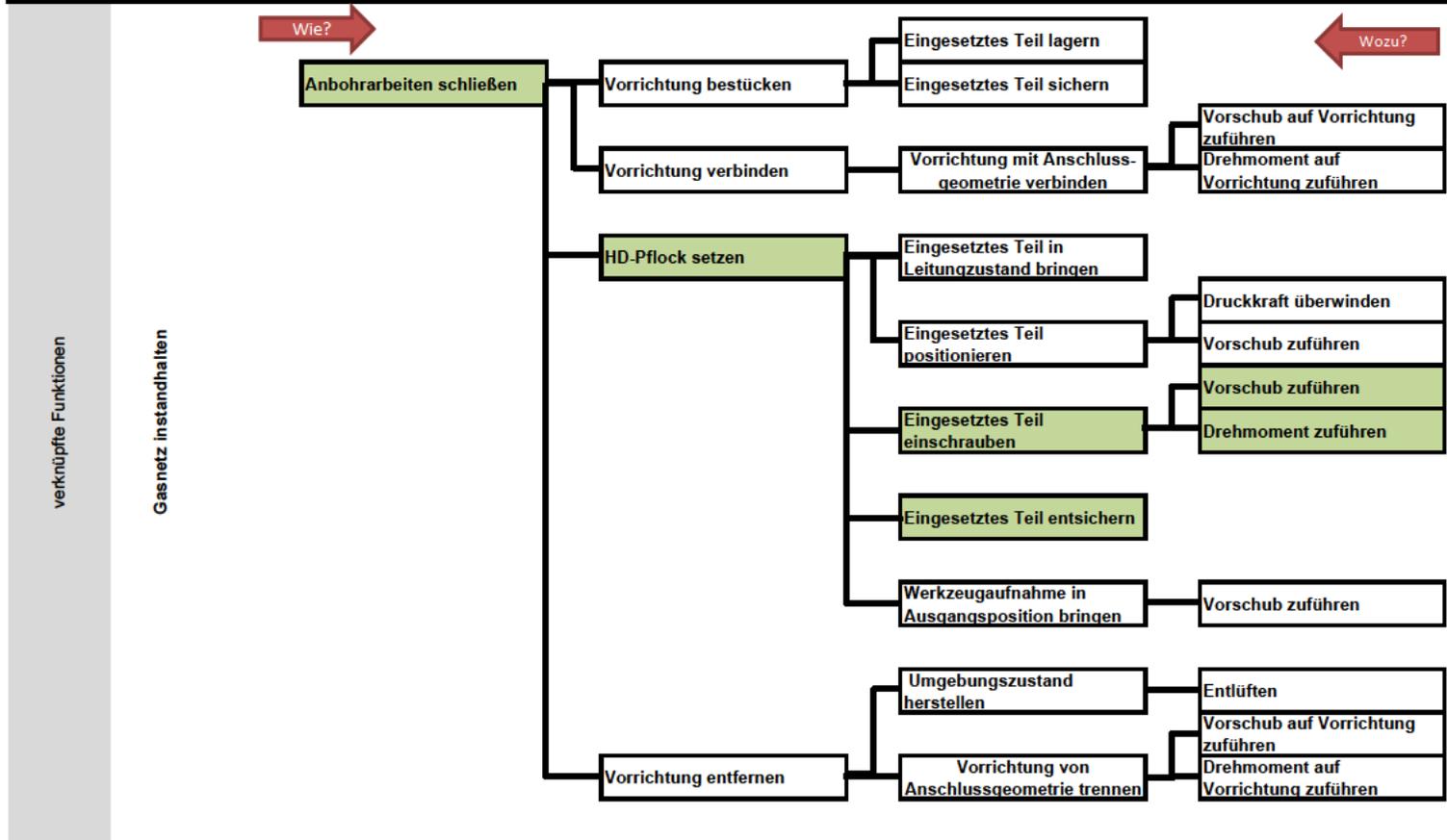
Sicherung der Gewinde durch Gewindestifte

Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Ist-Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Platek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Hamburg University of Applied Sciences		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname ZUSAMMENBAU DN32 (ASSEM) ZUSAMMENBAUZEICHNUNG		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Zusammenbauzeichnung		-
		Vorrichtung DN 32	Änd. A	Ausgabedatum 31.01.22
			Spr. de	Blatt E

Funktionsstruktur Ist- Zustand	Erstellungsdatum: 10.02.2022		angelehnt an generetischem Funktionenbaum nach VDI 2803		
	allgemeine Funktionen, Vorgaben/ Spezifikationen		einmalige Funktionen	ständige Funktionen	
singuläre Funktionen	Zulassungsvoraussetzungen einhalten	Handkraft nutzen	Transport sichern	Betriebssicherheit gewährleisten	Material schonen
	Betriebsdruck erhöhen	Maximalgewicht einhalten		Lebenszeit erhöhen	Dichtheit gewährleisten



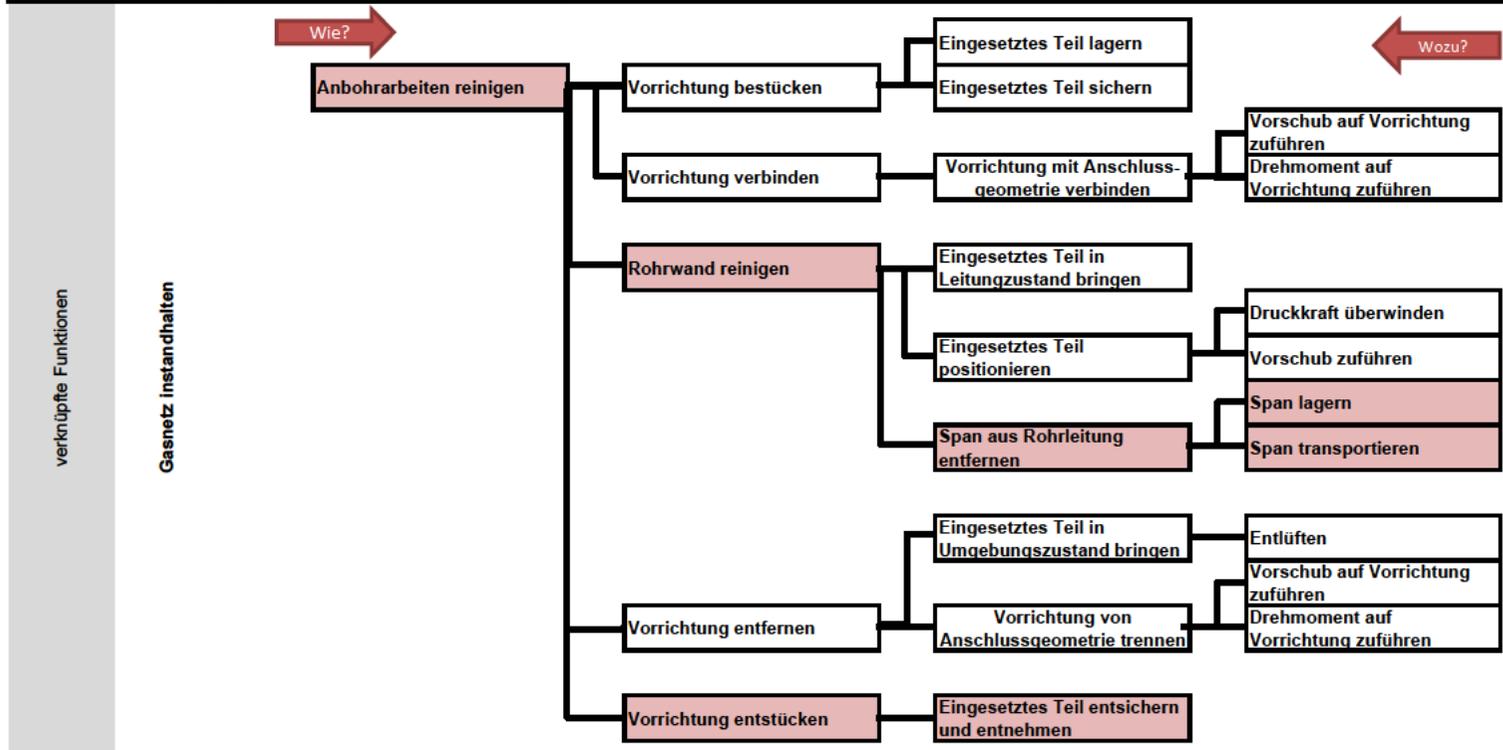
Funktionenstruktur Soll- Zustand		Erstellungsdatum : 15.02.2022	angelehnt an generischem Funktionenbaum nach VDI 2803		
	allgemeine Funktionen, Vorgaben/ Spezifikationen		einmalige Funktionen	ständige Funktionen	
singuläre Funktionen	Zulassungsvoraussetzungen einhalten	Handkraft nutzen	Transport sichern	Betriebsicherheit gewährleisten	Material schonen
	Betriebsdruck erhöhen	Maximalgewicht einhalten		Lebenszeit erhöhen	Dichtheit gewährleisten
Funktionenbaum					
Übergeordnete Funktion	Hauptfunktion	Folgefunktionen			



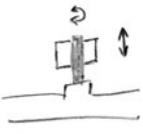
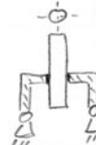
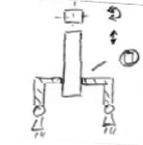
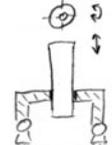
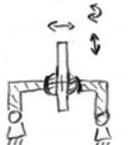
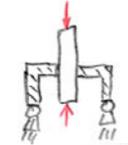
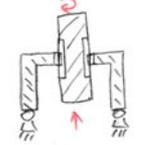
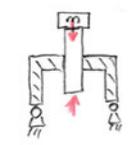
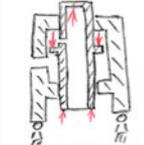
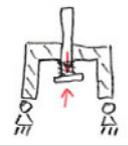
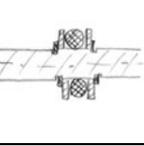
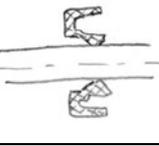
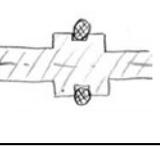
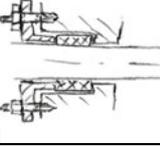
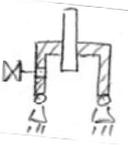
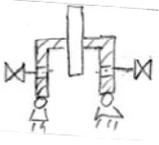
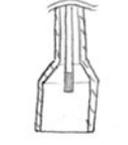
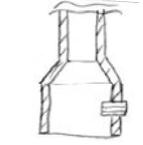
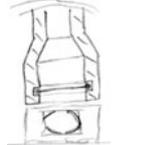
verknüpfte Funktionen

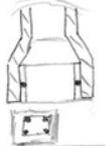
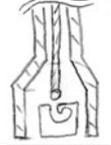
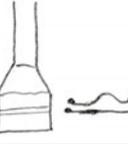
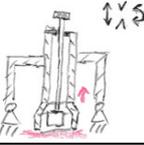
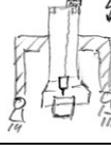
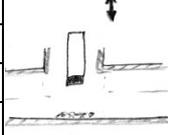
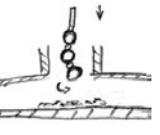
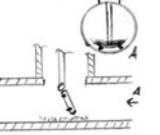
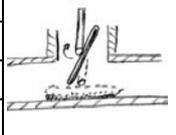
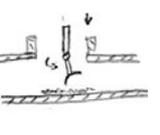
Gasnetz instandhalten

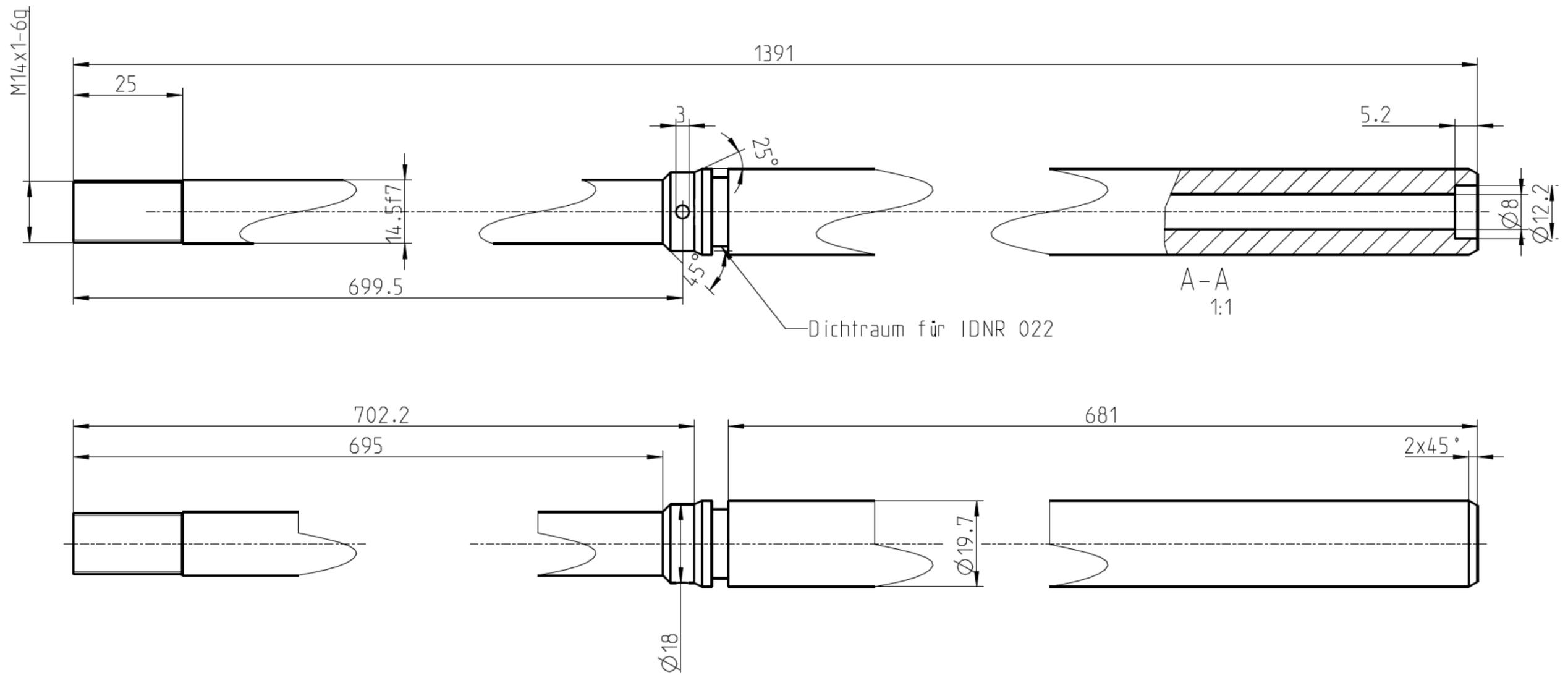
Funktionenstruktur Soll- Zustand		Erstellungsdatum : 15.02.2022	angelehnt an generetischem Funktionenbaum nach VDI 2803		
	allgemeine Funktionen, Vorgaben/ Spezifikationen		einmalige Funktionen	ständige Funktionen	
singuläre Funktionen	Zulassungsvoraussetzungen einhalten	Handkraft nutzen	Transport sichern	Betriebsicherheit gewährleisten	Material schonen
	Betriebsdruck erhöhen	Maximalgewicht einhalten		Lebenszeit erhöhen	Dichtheit gewährleisten
Funktionenbaum					
Übergeordnete Funktion	Hauptfunktion		Folgefunktionen		



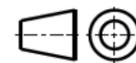
Ordnungsschema

Funktionen		Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3	Lösung 4
Energie/ Kraft einleiten					
Funktion 1:	Handkraft vertikal einleiten	X	X		
Funktion 2:	in Drehmoment umwandeln	X	X	X	X
					
Beschreibung:		beidseitiger horizontaler Handgriff	beidseitiger vertikaler Handgriff, große Bauhöhe	Aufsatz für Drehmomentenschlüssel, nur Drehmoment	Kurbelähnlicher Handgriff, nur Drehmoment
Kräfte Spindel/ Werkzeug übertragen					
Funktion 1:	Kraft vertikal übertragen	X	X	X	X
Funktion 2:	Drehmoment übertragen	X	X	X	X
Funktion 3:	translatorisch bewegen	X	X	X	X
Funktion 4:	rotatorisch bewegen	X	X	X	X
					
Beschreibung:		Rundes Vollprofil	4-Kant Vollprofil, komplizierte Dichtung	Hohlprofil Spindel, weniger Gewicht, Möglichkeit der Nutzung des Innenraums	Lagerung der Spindel in Kugel, Freiheitsgrad erhöhen
Druckkraft überwinden					
Funktion 1:	Druckkraft überwinden	X	X	X	X
					
Beschreibung:		einfache Gegenkraft von außen, Handkraft reicht nicht aus	Umwandlung von Drehmoment in vertikale Kraft durch Gewinde	Gegenkraft durch Massezusatz	Umleiten des Drucks in Kammer siehe Funktionsanalyse
Druckkraft überwinden (a)					
Funktion 1:	Druckkraft überwinden	X			
					
Beschreibung:		Überwindung des Drucks durch Feder, geringe translatorische Bewegungsfreiheit			
Gasaustritt verhindern					
Funktion 1:	Druckdifferenzen dichten	X	X	X	X
					
Beschreibung:		O-Ring, Abstandsring, Sicherungsring, gute Demontierbarkeit, fragliche Dichtfähigkeit	Dichtung durch Wellendichtring.	Dichtung durch O-Ring in Dichtnut	Packung, gehalten durch Schließgeometrie/Deckel, gute Demontierbarkeit, Welle unbeeinflusst
Umgebungszustand wieder herstellen					
Funktion 1:	Vorrichtung entspannen	X	X		
Funktion 2:	Vorrichtung spülen		X		
					
Beschreibung:		Entlüften/ Entspannen durch seitlichen Kugelhahn	Entlüften/ Entspannen und spülen durch beidseitige Kugelhähne		
Werkzeug mit Spindel verbinden					
Funktion 1:	lösbare Werkzeugverbindung herstellen	X	X	X	X
Funktion 2:	Kraft und Drehmoment übertragen	X	X	X	X
					
Beschreibung:		Innerer Rundstab mit Gewinde (siehe Maßanalyse)	Gewindestift klemmt Werkzeug, nicht von außen lösbar	Kugel-Feder-Prinzip auf Außengeometrie. Bsp. Werkzeugnarre	Sprengring in Nut geeignet für DN32 Verbindungsgeometrie

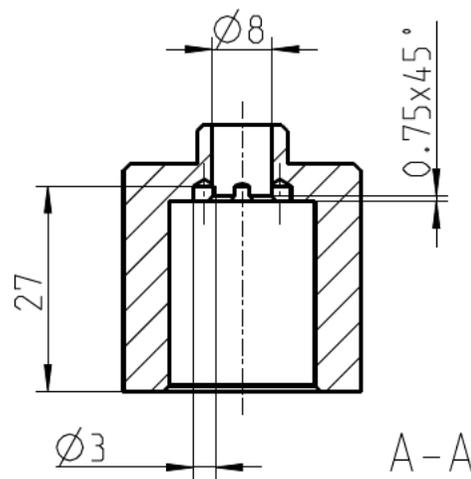
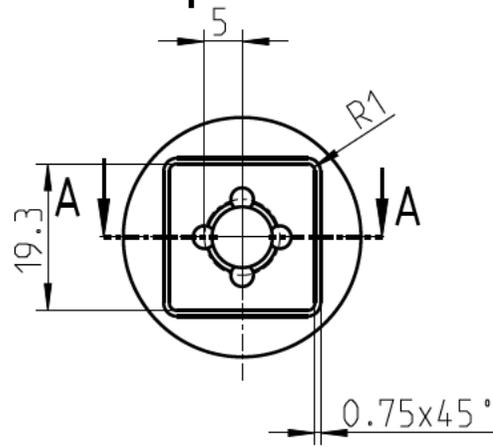
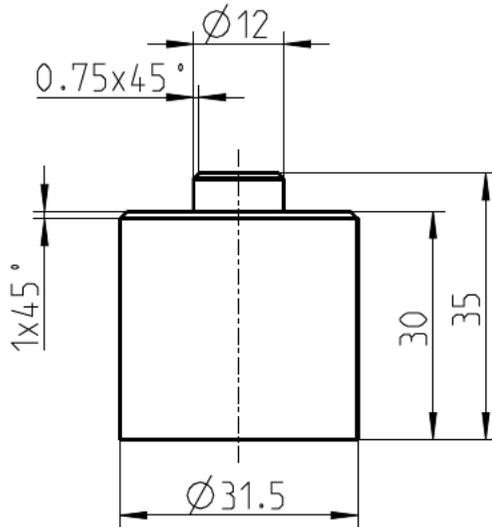
Werkzeug mit Spindel verbinden (a)									
Funktion 1:	lösbare Werkzeugverbindung herstellen	X		X		X		X	
Funktion 2:	Kraft und Drehmoment übertragen	X		X		X		X	
Beschreibung:			Kugel-Feder in Ecken, nach HD-Pflock DN32 Geometrie		Klemmaufnahme, ähnlich Akkubohrer, durch zurückziehen wird geklemmt		Federkeile greifen in Nuten des HD-Pflocks		Magnetische Aufnahme, nur möglich mit magnetischem Werkzeug
Werkzeug mit Spindel verbinden (b)									
Funktion 1:	lösbare Werkzeugverbindung herstellen	X		X		X			
Funktion 2:	Kraft und Drehmoment übertragen	X		X		X			
Beschreibung:			Von außen bedienbarer el. Klemmring		Bionetverschluss, benötigt anpassung des HD-Pflocks		Sicherungsklammer, nicht von außen lösbar		
Werkzeug mit Spindel verbinden (c)									
Funktion 1:	Werkzeug bedienen	X		X					
Beschreibung:			Teleskoparm im inneren, ermöglicht translatorische Bewegung des Werkzeugs		elektrisch bedienbarer Gewindestift sichert Werkzeug				
Gasleitung reinigen									
Funktion 1:	Span transportieren	X		X		X		X	
Funktion 2:	Span lagern	X		X		X		X	
Beschreibung:			Einfacher Magnetstempel		Anstellbarer Magnetstempel		magnetische Kugeln, gute Flexibilität		magnetischer angestellter Schlitten, gute Robustheit
Gasleitung reinigen (a)									
Funktion 1:	Span transportieren	X		X		X		X	
Funktion 2:	Span lagern	X		X		X		X	
Beschreibung:			Wischmop-Prinzip durch einseitige Überlast, gefahr von verkeilen		magnetischer Stempel mit ausfahrbaren Seitenarmen		Saugschlauch, Nutzung der Druckdifferenz, schwierige Lagerung des Spans		Schaufel, ähnlich des Ist-Prinzips



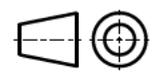
Maßstab 1:1
 Allgemeintoleranz ISO 2768-m
 Dichträume siehe Beiblatt Anhang A



Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek		
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname ARBEITSSPINDEL DN 100 (PART) ZEICHNUNG_ARBEITSSPINDEL		Dokumentenstatus freigegeben	
		Titel, Zusätzlicher Titel Arbeitsspindel Rohr 20x6x1400		001	
		Änd. A	Ausgabedatum 08.04.22	Spr. de	Blatt H-1



Maßstab 1:1
Allgemeintoleranz ISO 2768-m



Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Hamburg University of Applied Sciences		Modellname (Modelltyp) / Zeichnungsname WERZZEUGAUFNAHME (PART) ZEICHNUNG_WERZZEUGAUFNAHME		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Werkzeugaufnahme		002
		Rundstahl 32x40	Änd. A	Ausgabedatum 11.04.22

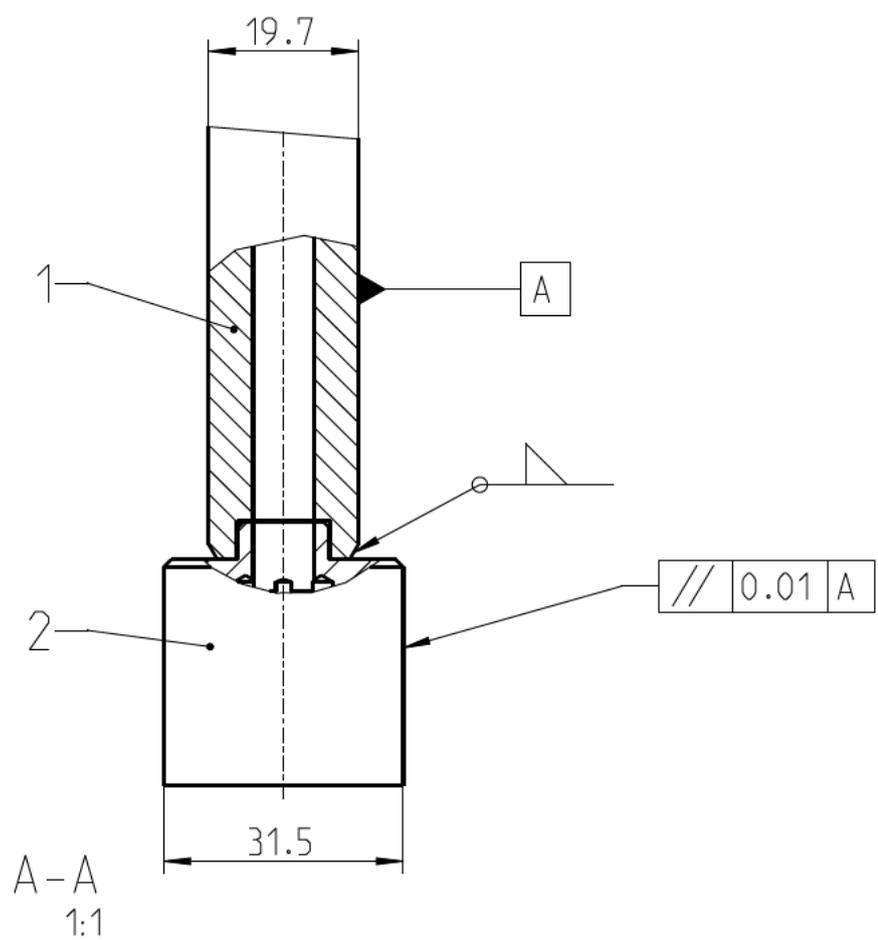
1 2 3 4

A

B

C

D



A-A
1:1

Lfd. Nr.	Menge	Einheit	Benennung/ Norm-Kurzzeichen	IDNR	Material Halbzeug
1	1	Stk	Arbeitsspindel Rohr 20x6x1400	001	siehe Gesamtstückliste
2	1	Stk	Werkzeugaufnahme Rundstahl 32x40	002	siehe Gesamtstückliste

Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------------------	--

<p>Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i></p>	ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname ZUSAMMENBAU ARBEITSSPINDEL (ASSEM) SCHWEIBHINWEIS_ARBEITSSPINDEL		Dokumentenstatus freigegeben	
	Titel, Zusätzlicher Titel Montagehinweis Arbeitsspindel		-	
	Änd. A	Ausgabedatum 17.04.22	Spr. de	Blatt H-3

1 2 3 4

A

B

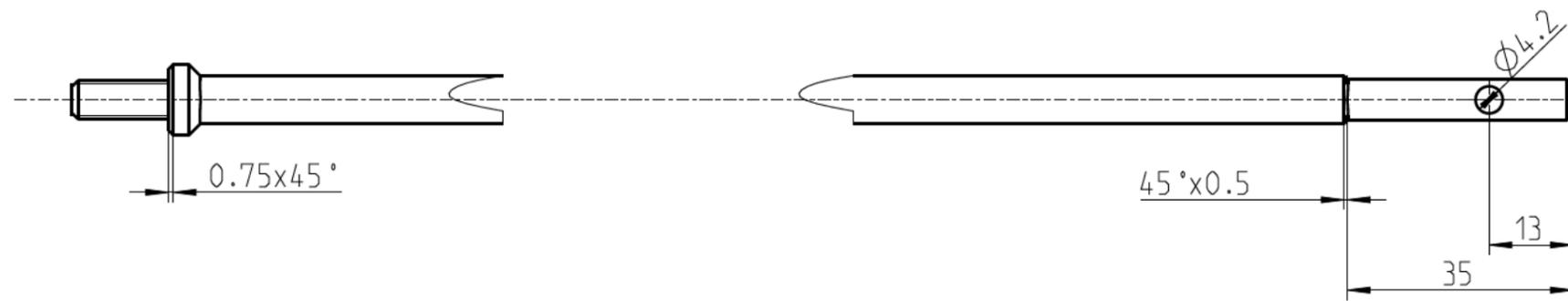
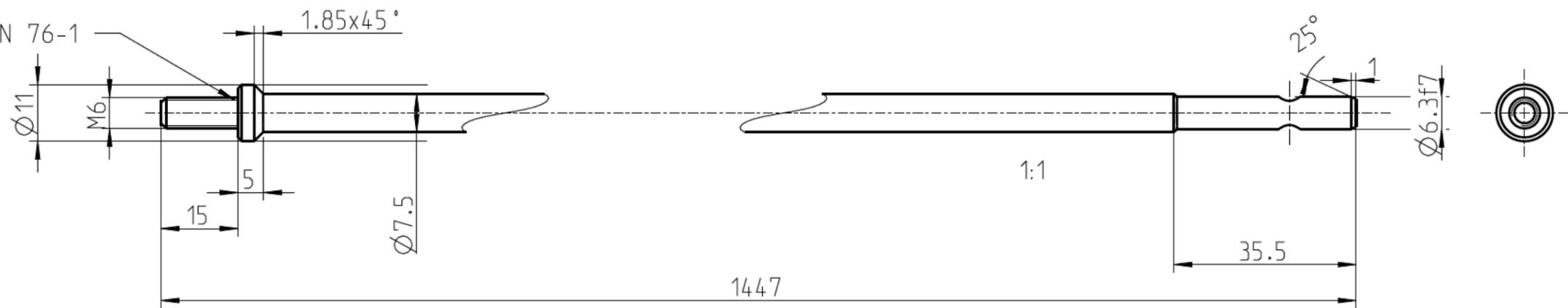
C

D

E

F

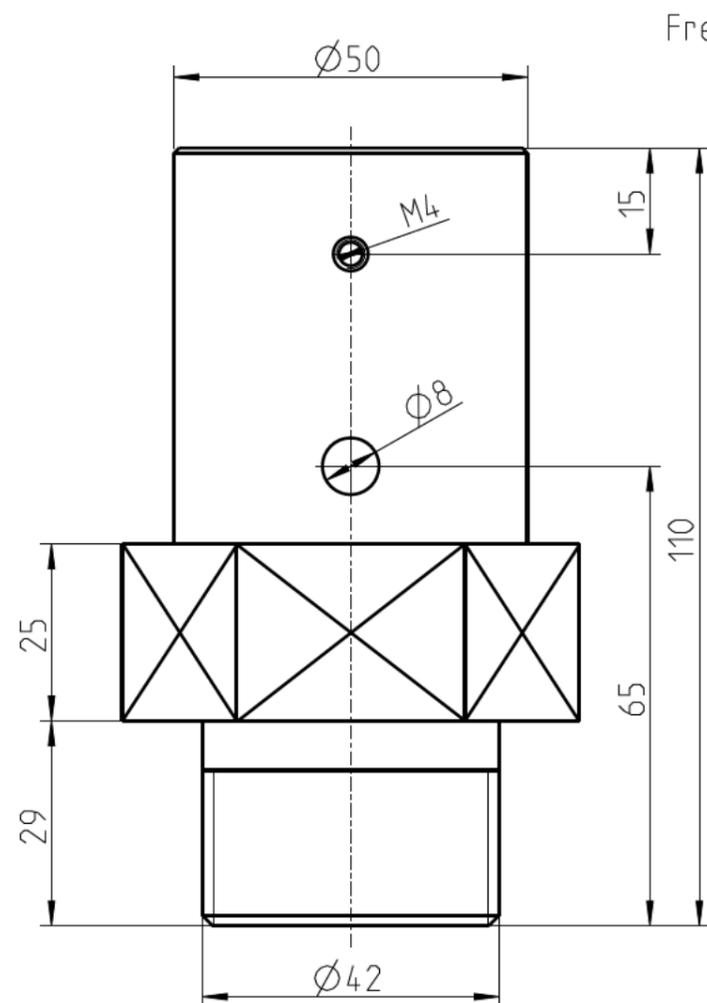
Freistich DIN 76-1



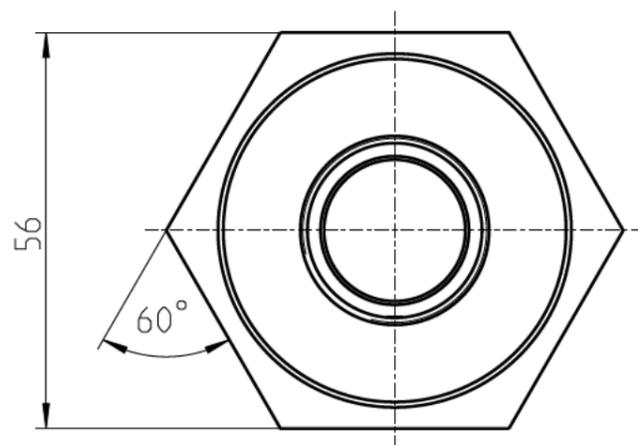
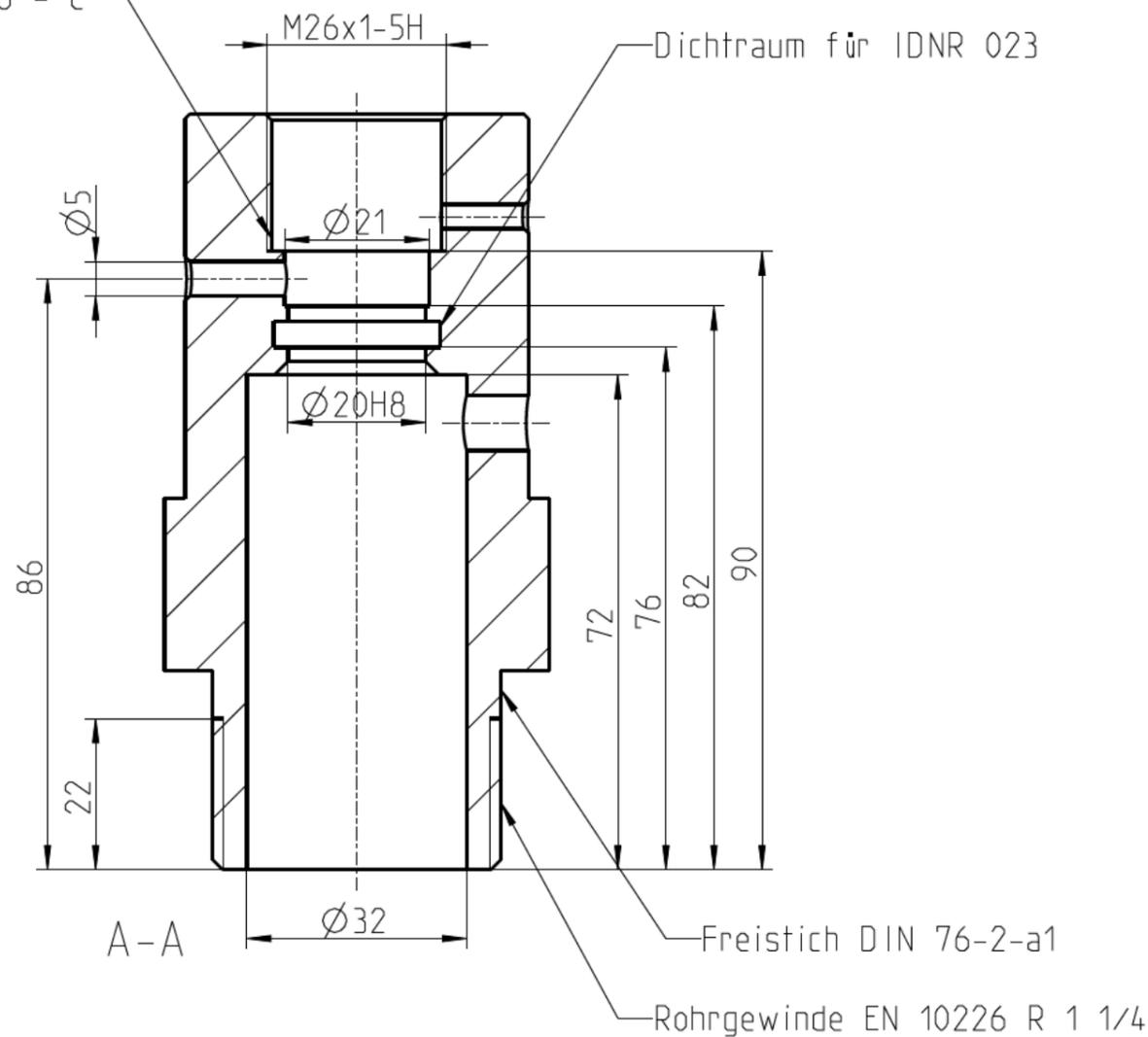
Maßstab 1:1
Allgemeintoleranz ISO 2768-m



Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Hamburg University of Applied Sciences		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname VERBINDERSPINDEL DN 100 (PART) ZEICHNUNG_VERBINDERSPINDEL		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Verbinderspindel Rundstahl 11x1550		003
Änd.	Ausgabedatum	Spr.	Blatt	
A	10.04.22	de	H-4	



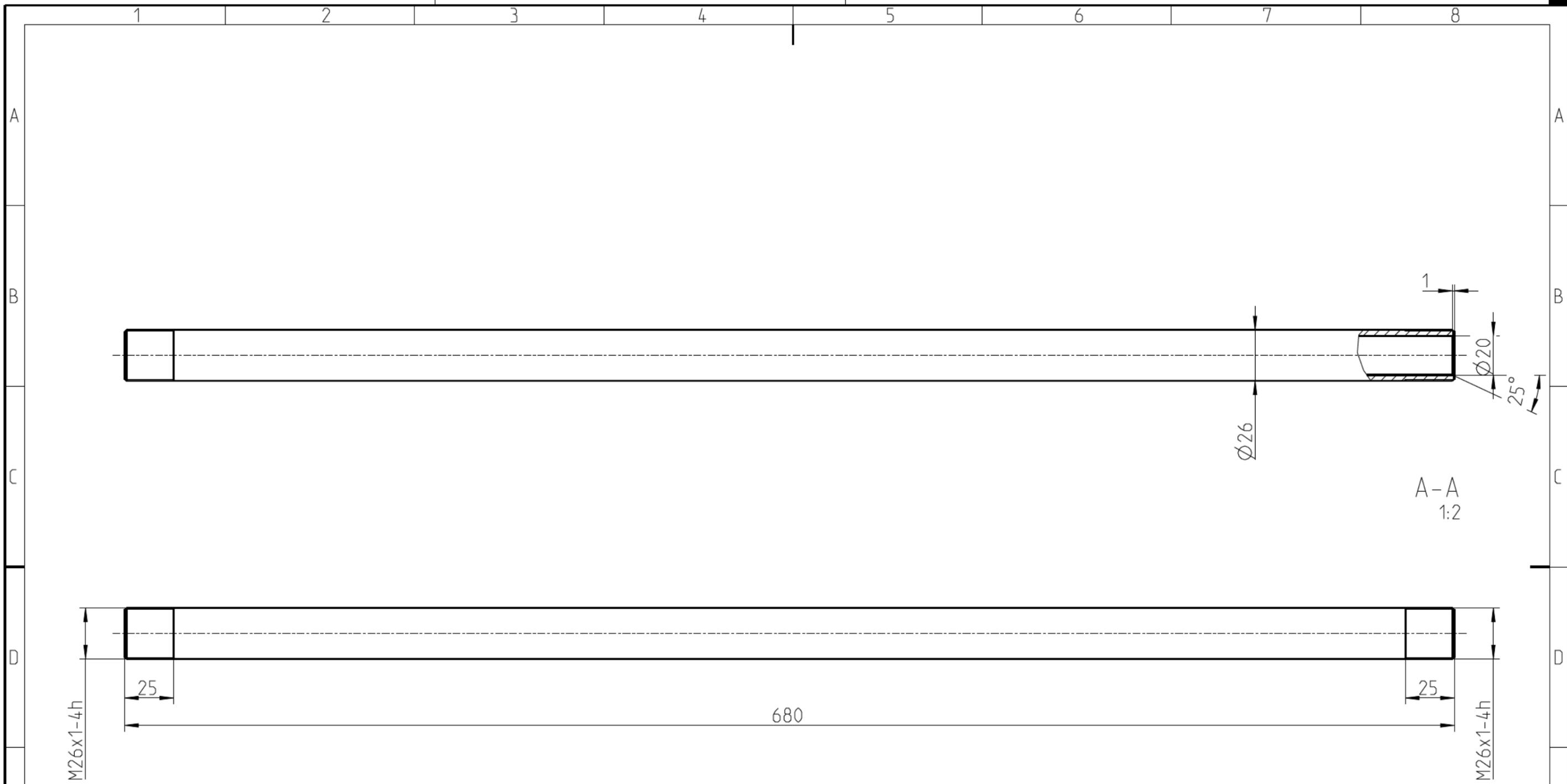
Freistich DIN 76 - C



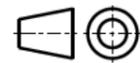
Maßstab 1:1
 Allgmeintoleranz ISO 2768-m
 Außenkanten gebrochen 45°x0,75
 Dichträume siehe Beiblatt Anhang A



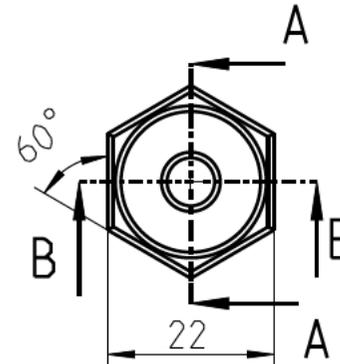
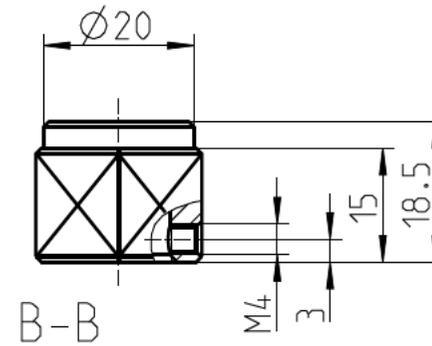
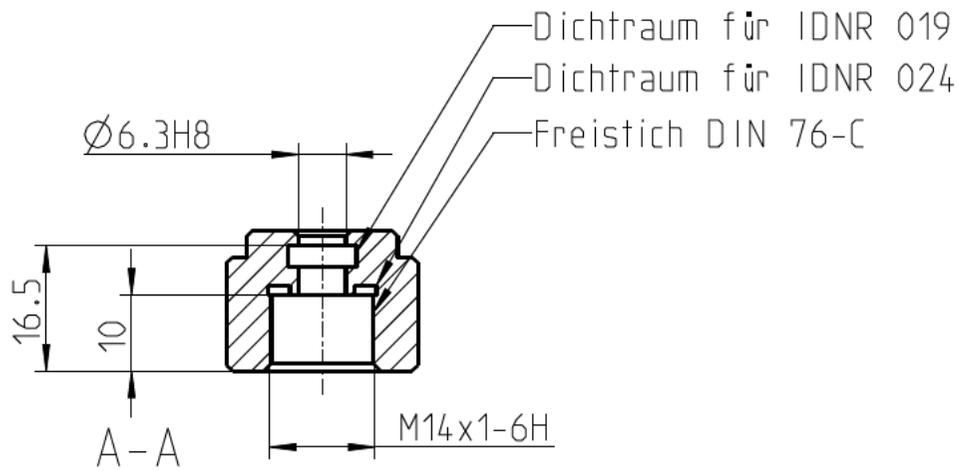
Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname VERBINDUNGSGEOMETRIE DN 100 (PART) ZEICHNUNG_VERBINDUNGSGEOMETRIE		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Anschlussrohr Rundstahl 70x115		004 Änd. Ausgabedatum Spr. Blatt A 07.04.22 de H-5



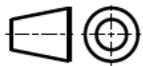
Maßstab 1:2
Allgemeintoleranzen ISO 2768-m



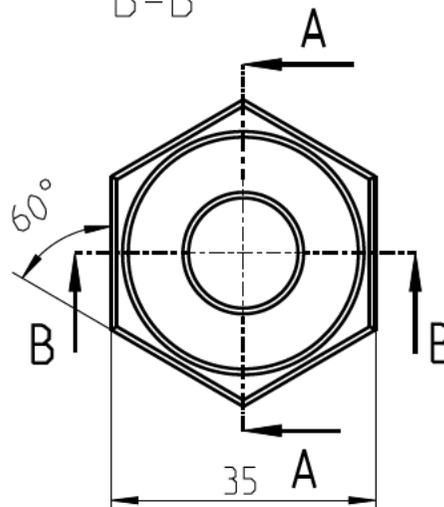
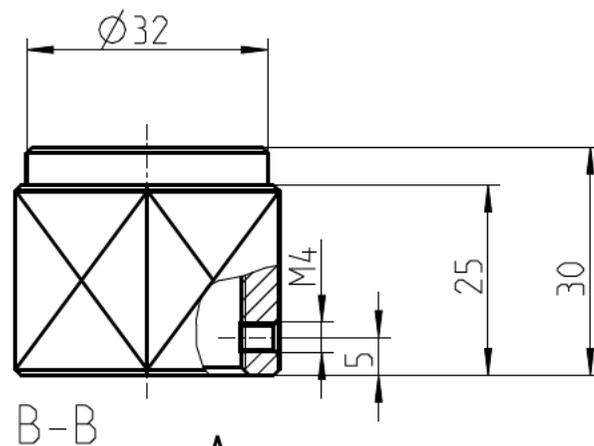
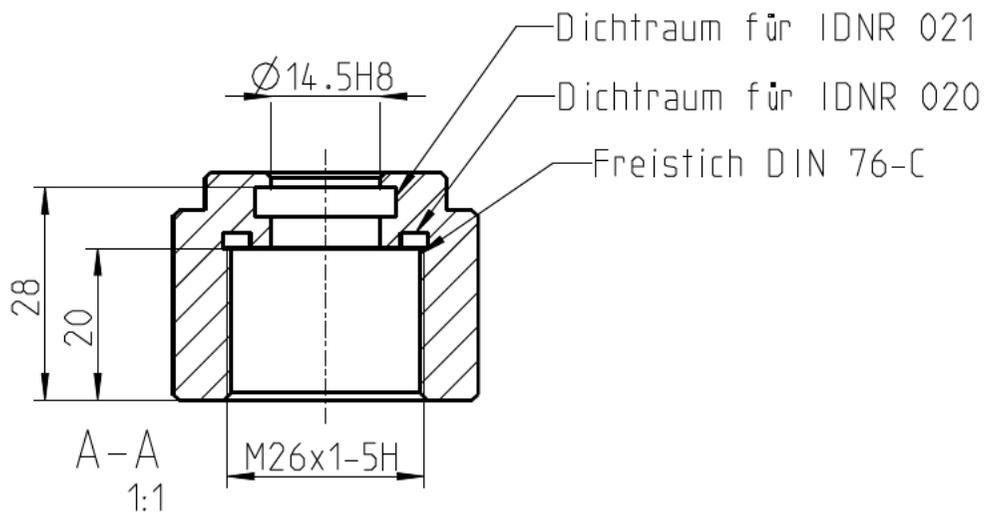
Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek		
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Hamburg University of Applied Sciences		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname DRUCKAUSGLEICHSROHR DN 100 (PART) ZEICHNUNG_DRUCKAUSGLEICHSROHR		Dokumentenstatus freigegeben	
		Titel, Zusätzlicher Titel Druckrohr Rohr26x3x700		005	
		Änd.	Ausgabedatum	Spr.	Blatt
		A	08.04.22	de	H-6



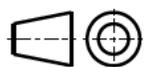
Maßstab 1:1
 Allgmeintoleranzen ISO 2768-m
 Außenkanten gebrochen 45°x0.75
 Dichträume siehe Beiblatt Anhang A



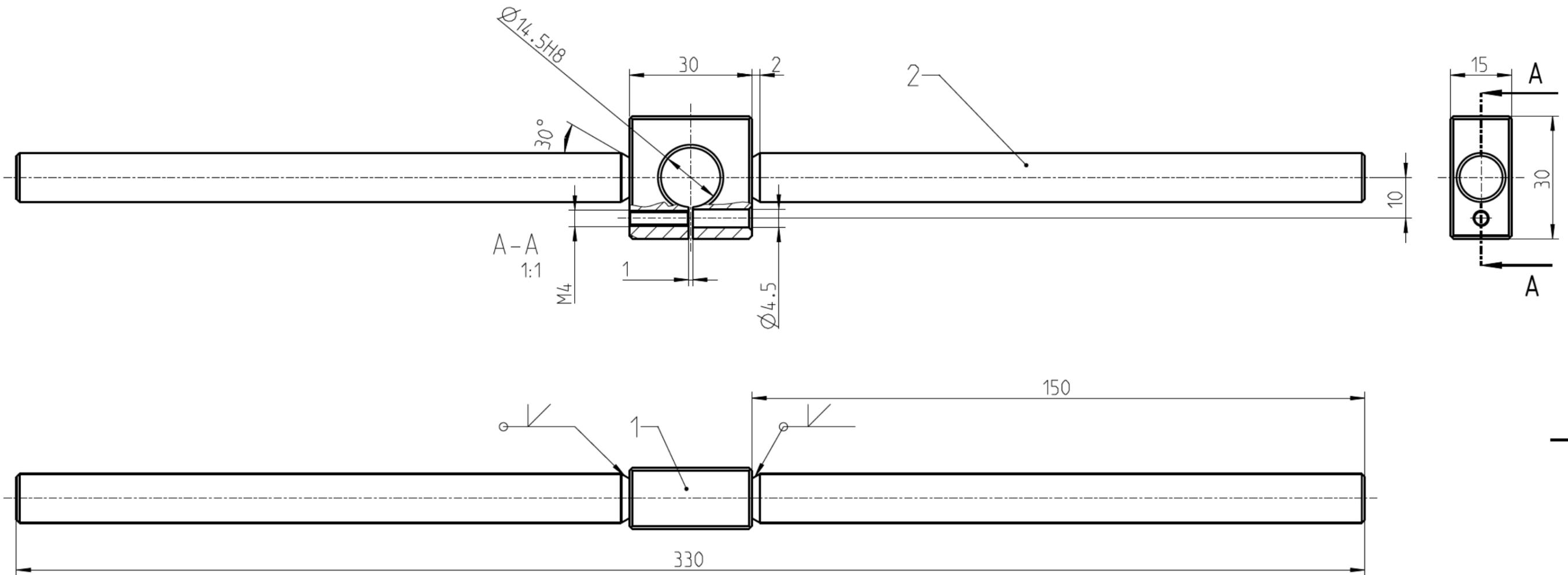
Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek		
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>		Modellname (Modelltyp) / Zeichnungsname DICHTDECKEL ARBEITSSP DN 100 (PART) ZEICHNUNG_VERSCHLUSSKAPPE20		Dokumentenstatus freigegeben	
		Titel, Zusätzlicher Titel Verschlusskappe M14 Rundstahl 28x20		006	
		Änd. A	Ausgabedatum 11.04.22	Spr. de	Blatt H-7



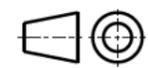
Maßstab 1:1
 Allgmeintoleranzen ISO 2768-m
 Außenkanten gebrochen $45^\circ \times 0.75$
 Dichträume siehe Beiblatt Anhang A



Modulname Bachelorarbeit	Laborgruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek		
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>		Modellname (Modelltyp) / Zeichnungsname VERSCHLUSSKAPPE DN 100 (PART) ZEICHNUNG_VERSCHLUSSKAPPE26		Dokumentenstatus freigegeben	
		Titel, Zusätzlicher Titel Verschlusskappe M26 Rundstahl 42x30		007	
		Änd. A	Ausgabedatum 11.04.22	Spr. de	Blatt H-8



Maßstab 1:1
 Allgmeintoleranzen ISO 2768-m
 Außenkanten 45°x0,75 gebrochen



Lfd. Nr.	Menge	Einheit	Benennung/ Norm-Kurzzeichen	Identnummer Sachnummer/Zeichnungsnummer	Material Halbzeug
1	1	Stk	Handgriff	008	siehe Gesamtstückliste
2	2	Stk	Handgriff Griff	028	siehe Gesamtstückliste

Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname HANDGRIFF (ASSEM) ZEICHNUNG_HANDGRIFF		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Montagehinweis Handgriff -		Änd. Ausgabedatum Spr. Blatt A 17.04.22 de H-9

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

F

Modulname Bachelorarbeit	Laborgruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>		Modellname (Modelltyp) / Zeichnungsname HANDGRIFF (ASSEM) ZEICHNUNG_HANDGRIFF		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Montagehinweis Handgriff		
		Ausgabedatum 17.04.22		Spr. de
				Blatt 2/2

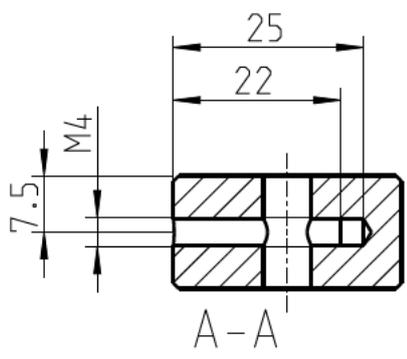
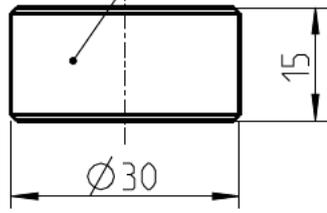
1 2 3 4 5 6 7 8

1 2 3 4

A

A

Rändelung nach DIN 82- RGE 1.2

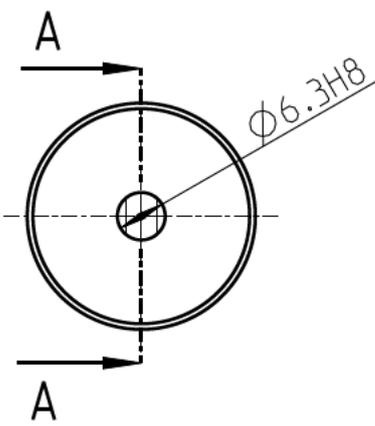


B

B

C

C



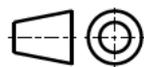
D

D

E

E

Maßstab 1:1
 Allgemeintoleranz ISO 2768-m
 Außenkanten gebrochen 45°x0.75

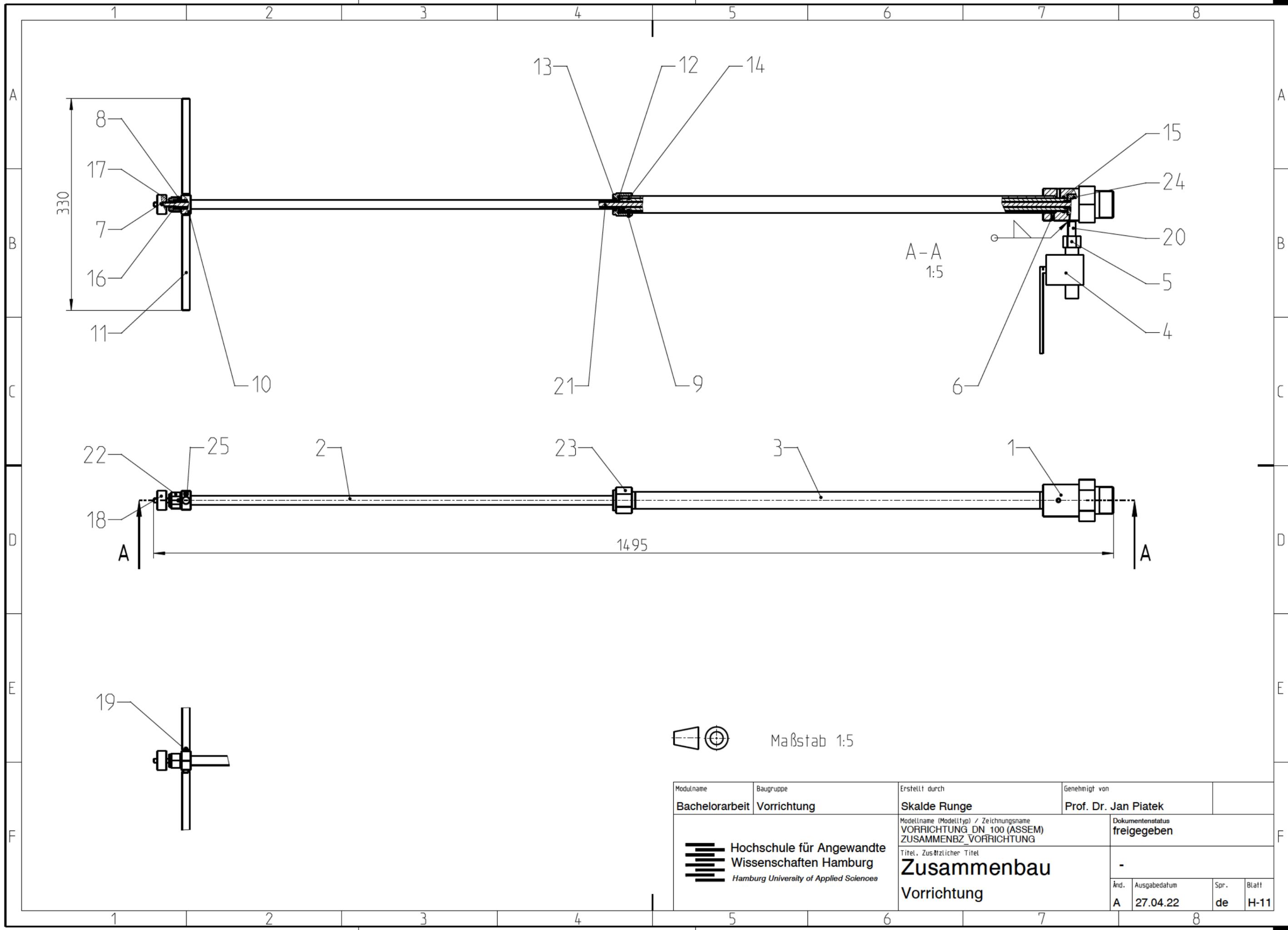


F

F

Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname RÄNDELSCHRAUBE (PART) ZEICHNUNG_RÄNDELSCHRAUBE		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Rändelmutter Rundstahl 30x15		009
		Änd. A	Ausgabedatum 13.04.22	Spr. de

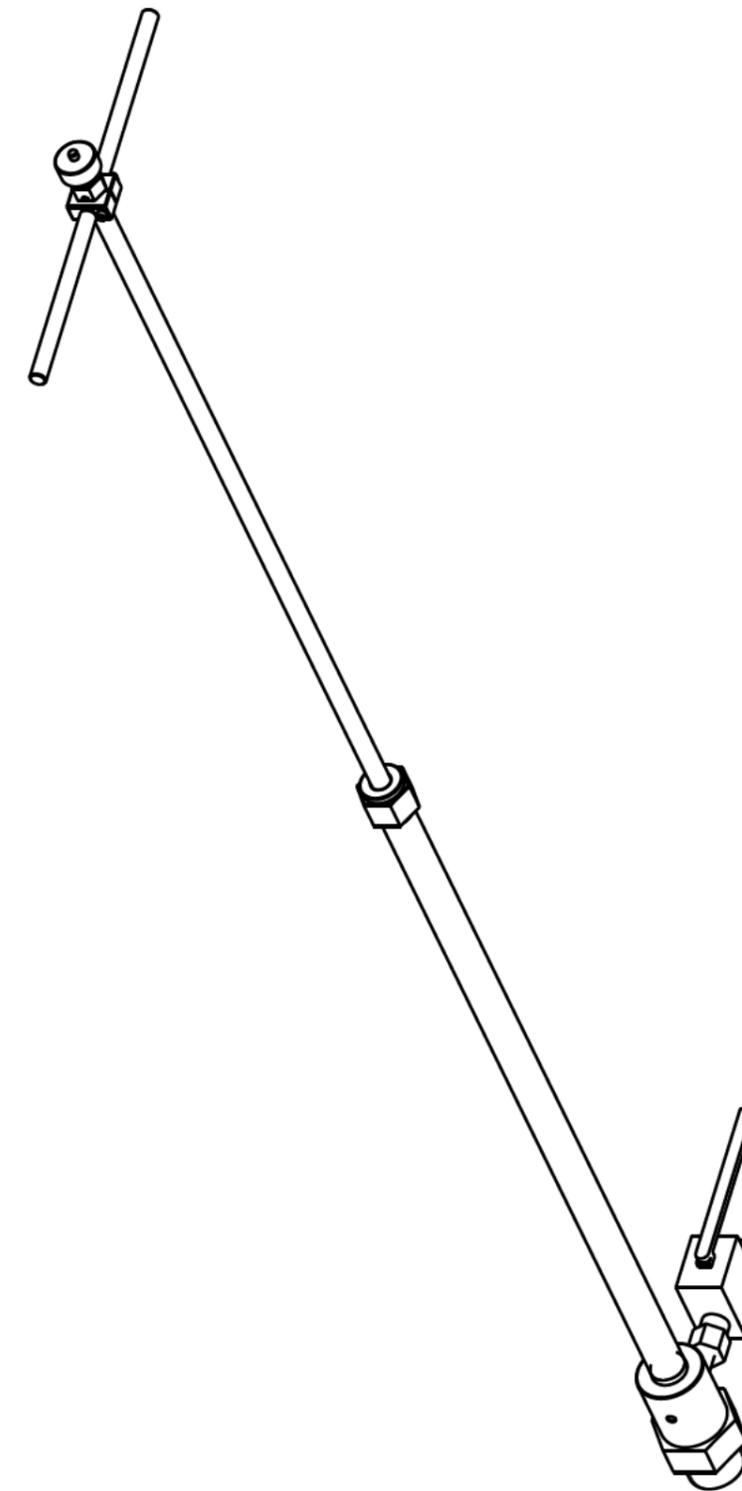
1 2 3 4



Maßstab 1:5

Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek		
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname VORRICHTUNG DN 100 (ASSEM) ZUSAMMENBZ_VORRICHTUNG		Dokumentenstatus freigegeben	
		Titel, Zusätzlicher Titel Zusammenbau Vorrichtung		-	
		Änd. A	Ausgabedatum 27.04.22	Spr. de	Blatt H-11

Lfd. Nr.	Menge	Einheit	Benennung/ Norm-Kurzzeichen	IDNR	Material Halbzeug
1	1	Stk	Anschlussrohr Rundstahl 70x115	004	siehe Gesamtstückliste
2	1	Stk	Arbeitsspindel Rohr 20x6x1400	001	siehe Gesamtstückliste
3	1	Stk	Druckrohr Rohr26x3x700	005	siehe Gesamtstückliste
4	1	Stk	Ermeto Kugelhahn KH12S71X	027	siehe Gesamtstückliste
5	1	Stk	Ermeto Mutter FM12S71	026	siehe Gesamtstückliste
6	1	Stk	Gewindestift DIN 916-M4x12	015	siehe Gesamtstückliste
7	1	Stk	Gewindestift DIN 916-M4x20	013	siehe Gesamtstückliste
8	1	Stk	Gewindestift DIN 916-M4x5	017	siehe Gesamtstückliste
9	1	Stk	Gewindestift DIN 916-M4x8	016	siehe Gesamtstückliste
10	1	Stk	Handgriff	008	siehe Gesamtstückliste
11	2	Stk	Handgriff Griff -	028	siehe Gesamtstückliste
12	1	Stk	O-Ring DIN ISO 3601 - 019 - 20.35x1.78	020	siehe Gesamtstückliste
13	1	Stk	O-Ring DIN ISO 3601 - 113 - 13.94x2.62	021	siehe Gesamtstückliste
14	1	Stk	O-Ring DIN ISO 3601 - 114 -15.54x2.62	022	siehe Gesamtstückliste
15	1	Stk	O-Ring DIN ISO 3601 - 117b - 20.3x2.62	023	siehe Gesamtstückliste
16	1	Stk	O-Ring DIN ISO 3601 - 12 - 9.25x1x78	024	siehe Gesamtstückliste
17	1	Stk	O-Ring DIN ISO 3601- 011 - 7.65x1.78	019	siehe Gesamtstückliste
18	1	Stk	Rändelmutter Rundstahl 30x15	009	siehe Gesamtstückliste
19	1	Stk	Sechskantmutter ISO 4036 - M4	014	siehe Gesamtstückliste
20	1	Stk	SKA Schweißkegel SKA12X271	025	siehe Gesamtstückliste
21	1	Stk	Verbinderspindel Rundstahl 11x1550	003	siehe Gesamtstückliste
22	1	Stk	Verschlusskappe M14 Rundstahl 28x20	006	siehe Gesamtstückliste
23	1	Stk	Verschlusskappe M26 Rundstahl 42x30	007	siehe Gesamtstückliste
24	1	Stk	Werkzeugaufnahme Rundstahl 32x40	002	siehe Gesamtstückliste
25	1	Stk	Zylinderschraube mit Innensechskant ISO 4762 - M4x35	018	siehe Gesamtstückliste



1:5

Modulname Bachelorarbeit	Laborgruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Hamburg University of Applied Sciences		Modellname (Modelltyp) / Zeichnungsname VORRICHTUNG DN 100 (ASSEM) ZUSAMMENBZ_VORRICHTUNG		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Zusammenbau Vorrichtung		-
Änd.	Ausgabedatum	Spr.	Blatt	
A	27.04.22	de	H-12	

1 2 3 4

A

A

B

B

C

C

D

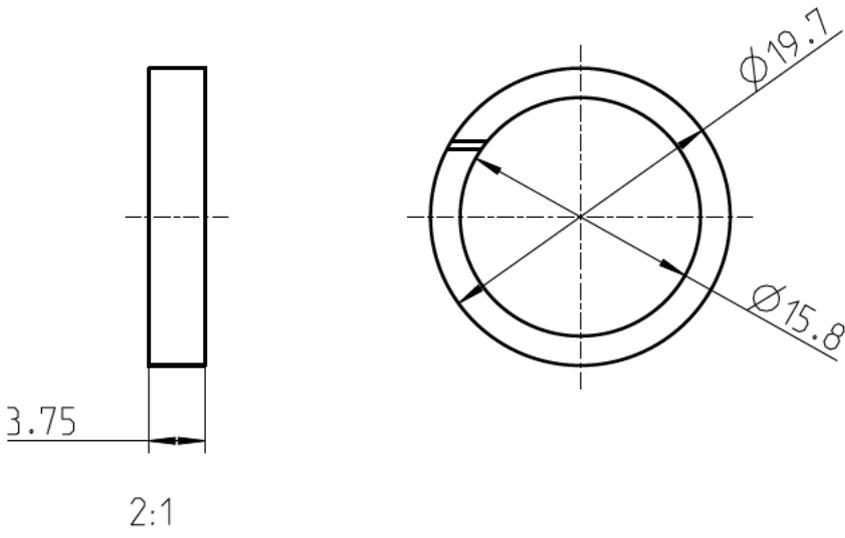
D

E

E

F

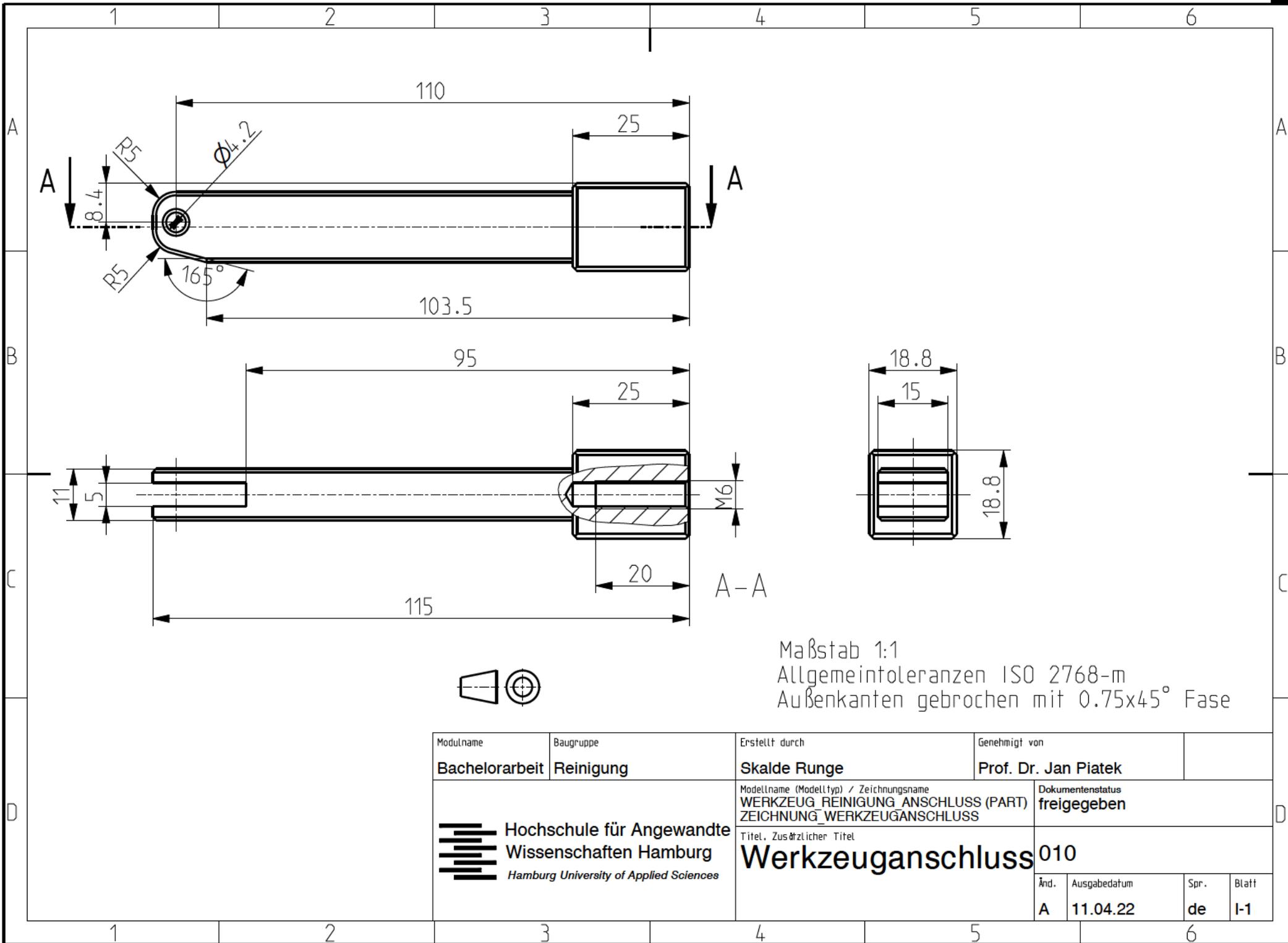
F



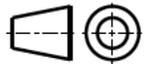
Maßstab 2:1
 Allgemeintoleranzen ISO 2768-m
 Ringlauf mit etwa 45° geschnitten

Modulname Bachelorarbeit	Laborgruppe Vorrichtung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname MONTAGERING (PART) MONTAGERING		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Montagering		033
		Änd. A	Ausgabedatum 18.04.22	Spr. de

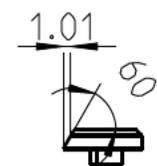
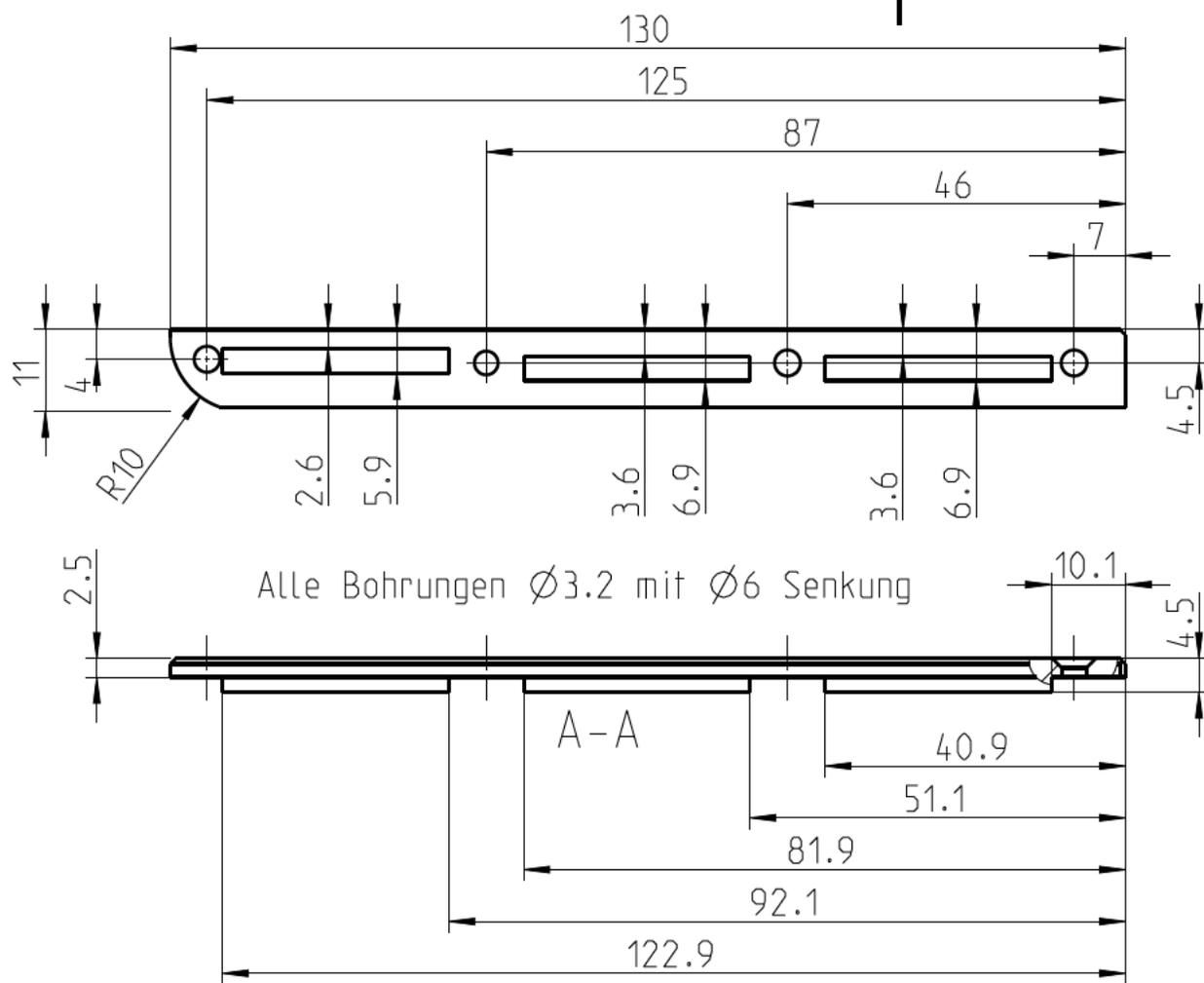
1 2 3 4



Maßstab 1:1
 Allgemeintoleranzen ISO 2768-m
 Außenkanten gebrochen mit 0.75x45° Fase



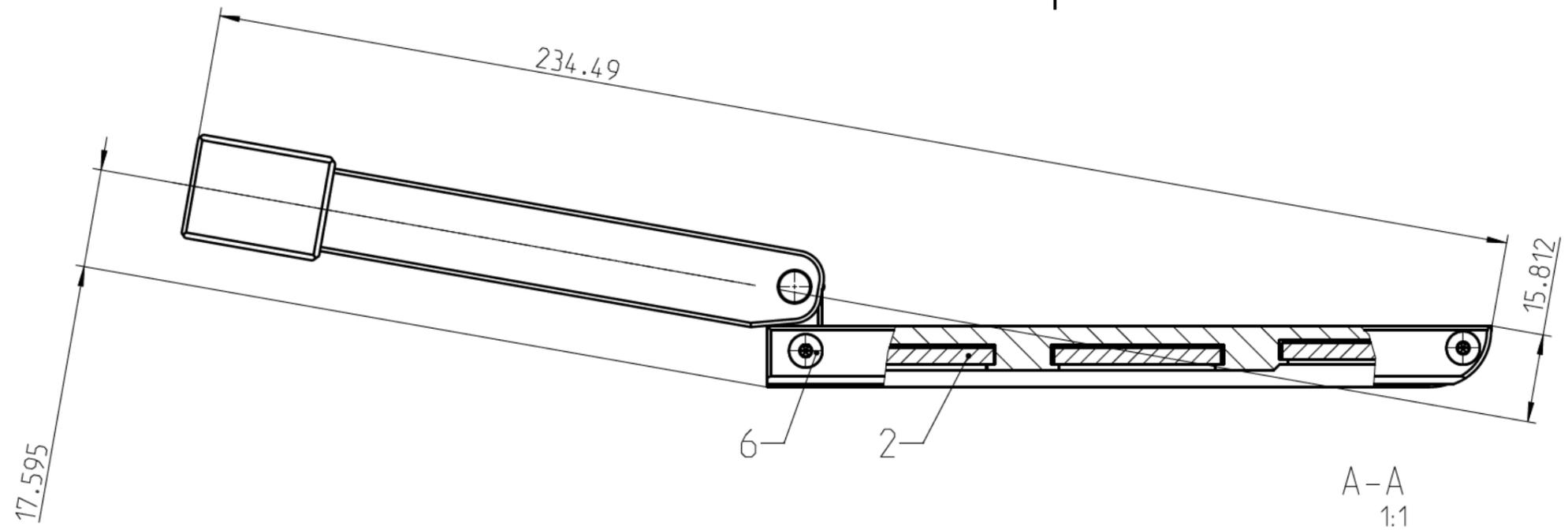
Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Reinigung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek		
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg <i>Hamburg University of Applied Sciences</i>		Modellname (Modelltyp) / Zeichnungsname WERKZEUG_REINIGUNG_ANSCHLUSS (PART) ZEICHNUNG_WERKZEUGANSCHLUSS		Dokumentenstatus freigegeben	
		Titel, Zusätzlicher Titel Werkzeuganschluss		010	
		Änd. A	Ausgabedatum 11.04.22	Spr. de	Blatt I-1



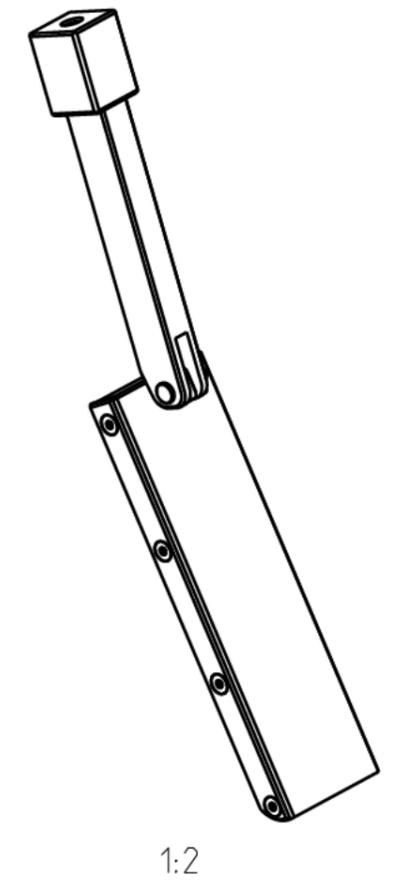
Maßstab 1:1
Allgemeintoleranzen ISO 2768-m
Außenkanten gebrochen 45°x0.75



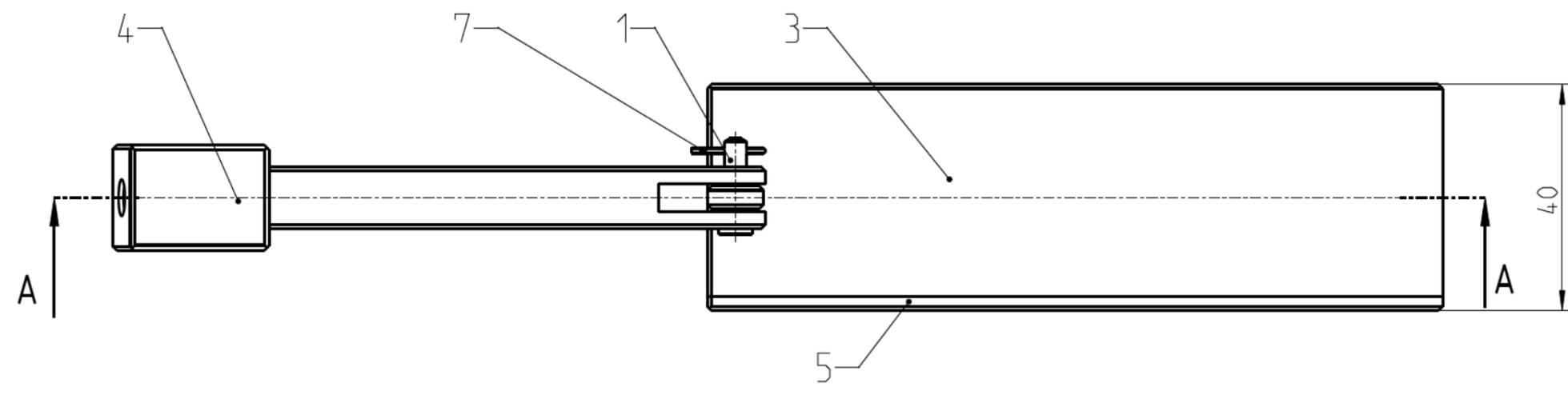
Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Reinigung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Hamburg University of Applied Sciences		Modellname (Modelltyp) / Zeichnungsname WERKZEUG REINIGUNG SCHLITTEN_21 (PART) ZEICHNUNG_SCHLITTEN2		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Schlitten_Seitenteil		012
		Änd. A	Ausgabedatum 11.04.22	Spr. de



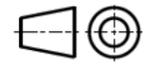
A-A
1:1



1:2



Lfd. Nr.	Menge	Einheit	Benennung/ Norm-Kurzzeichen	IDNR	Material Halbzeug
1	1	Stk	Bolzen mit Kopf	032	siehe Gesamtstückliste
2	3	Stk	Ferrit Magnet	031	siehe Gesamtstückliste
3	1	Stk	Schlitten	011	siehe Gesamtstückliste
4	1	Stk	Schlitten_Aufhängung	010	siehe Gesamtstückliste
5	1	Stk	Schlitten_Seitenteil	012	siehe Gesamtstückliste
6	4	Stk	Senkschraube ISO 10642-M3x8	030	siehe Gesamtstückliste
7	1	Stk	Splint ISO 1234-.9x8	029	siehe Gesamtstückliste



Maßstab 1:1

Modulname Bachelorarbeit	Baugruppe Reinigung	Erstellt durch Skalde Runge	Genehmigt von Prof. Dr. Jan Piatek	
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Hamburg University of Applied Sciences		ModelName (Modelltyp) / Zeichnungsname ZUSAMMENBAU REINIGUNG 2 (ASSEM) ZEICHUNG_ZUSAMMENBAU_REINIGUNG		Dokumentenstatus freigegeben
		Titel, Zusätzlicher Titel Zusammenbau Reinigung		Änd. Ausgabedatum Spr. Blatt A 11.04.22 de I-4

Stückliste

Reinigungsschlitten						
Lfd. Nr.	IDNR	Benennung	Bezeichnung	Stck	Material	Bemerkung
1	032	Bolzen mit Kopf	Bolzen ISO 2341-B-4x16x1-ST		1 Stahl verzinkt	
2	029	Splint	Splint ISO 1234-1x8-ST		1 Stahl verzinkt	
3	030	Senkkopfschraube	ISO10642 -M3x8-V2A		4 V2A	Gewinde bis Kopf
4	031	Ferrit-Permanentmagnet	Quadermagnet-Y35-30x30x3		3 Ferrit	900g Haftkraft
5	010	Werkzeuganschluss	Aluminium Vierkantstange 20x20x120		1 AlCu4PbMgMn 3.1645	
6	011	Schlitten	Aluminium Flachstange 40x25x135		1 AlCu4PbMgMn 3.1645	
7	012	Schlitten- Seitenteil	Aluminium Flachstange 15x5x135		1 AlMgSi0,5 3.3206	

Vorrichtung						
Lfd. Nr.	IDNR	Benennung	Bezeichnung	Stck	Material	Bemerkung
1	004	Anschlussrohr	Rundstahl 70x115		1 X2CrNi18-9	
2	001	Arbeitsspindel	Rohr 20x6x1400		1 X2CrNi18-9	Toleranzklasse D4/T5 nach DIN EN ISO 1127
3	005	Druckrohr	Rohr 26x3x700		1 X2CrNi18-9	Toleranzklasse D4/T5 nach DIN EN ISO 1127
4	027	Ermeto Kugelhahn 12H	KH12S71X		1 Edelstahl	Schwere Reihe S, EO24° Anschluss/ EO24° Anschluss
5	026	Ermeto Mutter 12H	FM12S71		1 Edelstahl	FM EO2-Funktionsmutter für Edelstahl-Rohr
6	015	Gewindestift	DIN 916 M4x12		1 Edelstahl	
7	013	Gewindestift	DIN916 M4x20		1 Edelstahl	
8	017	Gewindestift	DIN 916 M4x5		1 Edelstahl	
9	016	Gewindestift	DIN 916 M4x8		1 Edelstahl	
10	008	Handgriff Verschluss	Vierkantstange 30x30x15		1 X2CrNi18-9	
11	028	Handgriff Griff	Rundstahl 12x150		2 X2CrNi18-9	
12	020	O-Ring	DIN ISO 3601 -118- 21,89x2,62		1 FKM 75/ Fluor-Kautschuk	
13	021	O-Ring	DIN ISO 3601 - 113- 13,94x2,62		1 FKM 75/ Fluor-Kautschuk	
14	022	O-Ring	DIN ISO 3601 -114 - 15,54x2,62		1 FKM 75/ Fluor-Kautschuk	
15	023	O-Ring	DIN ISO 3601 - 117b- 20,30x2,62		1 FKM 75/ Fluor-Kautschuk	
16	024	O-Ring	DIN ISO 3601 - 013- 10,82x1,78		1 FKM 75/ Fluor-Kautschuk	
17	019	O-Ring	DIN ISO 3601 - 010 - 6,07x1,78		1 FKM 75/ Fluor-Kautschuk	
18	009	Rändelmutter	Rundstahl 30x15		1 X2CrNi18-9	
19	014	Mutter	DIN EN ISO 4036 M4		1 Stahl Verzinkt	
20	025	SKA Schweißkegel	SKA12X271		1 Edelstahl	Schwere Reihe S, EO24° Schweißkegel/ Anschweiß-Anschluss
21	003	Verbinderspindel	Rundstahl 11x1550		1 X2CrNi18-9	
22	006	Verschlusskappe M14	Rundstahl 28x20		1 X2CrNi18-9	
23	007	Verschlusskappe M26	Rundstahl 42x30		1 X2CrNi18-9	
24	002	Werkzeugaufnahme	Rundstahl 32x40		1 X2CrNi18-9	
25	018	Zylinderkopfschraube	ISO 4762- M4x35		1 Stahl verzinkt	

Sonstiges					
Lfd. Nr.	Benennung	Bezeichnung	Stck	Material	Bemerkung
1 036	Adapter 1 1/4" - 2" NTP MOP35			1 Messing	Adapter 1 1/4" - 2" NTP
		T.D.Williamson: 6.7265.1 Shortstop 500 R100			
2 035	Adapter 1 1/4" - Flansch TDW	mit Rohringengewinde Rp 1 1/4"		1 Stahl	
3 034	Adapter DN32 Pflock auf DN 50			1 Stahl	Vorhanden in Werkstatt
4 033	Montagering	Runscheibe 4x20		1 Teflon	Zur Montage (siehe Zeichnung)