

Bachelorarbeit

Maria Pourbaghai

Prototypentwicklung einer Probenschleuse für einen kryogenisch gekühlten Probenspeicher

Maria Pourbaghai

**Prototypentwicklung einer
Probenschleuse für einen kryogenisch
gekühlten Probenspeicher**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Maschinenbau / Entwicklung und Konstruktion
am Department Maschinenbau und Produktion
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

in Zusammenarbeit mit:
Deutsches Elektronen-Synchrotron
Forschung mit Photonen FS-PE
Notkestraße 85
22607 Hamburg

Erstprüfer/in: Prof. Dr.-Ing. habil. Frank Helmut Schäfer
Zweitprüfer/in : Dr. Alke Meents

Abgabedatum: 06.03.2017

Zusammenfassung

Maria Pourbaghai

Thema der Bachelorthesis

Prototypentwicklung einer Probenschleuse für einen kryogenisch gekühlten Probenspeicher

Stichworte

- Vakuumgerechte Konstruktion
- Prototypentwicklung
- Einhaltung der kryogenischen Kühlkette
- Entwicklung eines automatisierten Einschleusungsvorgangs
- Bereitstellung einer definierten Anzahl Proben
- Modularer Aufbau für den Einsatz an unterschiedlichen Experimenten

Kurzzusammenfassung

An dem Forschungszentrum DESY in Hamburg wird der Röntgenspeicherring PETRA III betrieben. Für bestehende Experimentieraufbauten wird ein modulares Rohrsystem benötigt, das für die Einschleusung biologischer Proben ins Vakuum verwendet werden kann.

Um mehrere Proben zugleich im Rezipienten vorliegen zu haben, wird ein Probenspeicher entwickelt. Dadurch können mehrere Proben für die Experimente verwendet werden, ohne dass der Rezipient bei jeder Probe geflutet und erneut evakuiert werden muss.

Der Probenspeicher wird durch eine automatisierte Übergabe durch einen Vakuumschieber in den Rezipienten geführt. Innerhalb dessen wird eine exakte Positionierung des Probenspeichers benötigt, um die Proben für einen Probenwechsler zugänglich zu machen. Bei der Konstruktion werden Möglichkeiten zur Einhaltung der kryogenischen Kühlkette realisiert.

Maria Pourbaghai

Title of the paper

Prototype development of a sample transfer for a cryogenic cooled sample reservoir

Keywords

- Construction by vacuum standards
- Prototype development
- Enabling a cryogenic cold chain
- Development of an automatic transfer
- Making a defined number of samples available
- Modular setup for using at different experiments

Abstract

The storage ring accelerator PETRA III operates at the DESY research centre in Hamburg. For the transfer of biological samples at existing experimental setups a modular pipe system is to be developed. A sample reservoir enables the use of several samples in the vacuum chamber. This allows an uninterrupted operation without venting the vacuum chamber and regenerating the vacuum.

The sample reservoir will be automatically transferred through a gate valve into the vacuum chamber. There it needs to be positioned exactly for a sample changer.

Because of the responsivity of the samples a cryogenic cool chain will be provided to guard the samples.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	3
2.1	PETRA III am Deutschen Elektronen-Synchrotron.....	3
2.2	Röntgenmikroskopie.....	4
2.3	Probenhandhabung.....	4
2.4	Experimente im Vakuum	5
2.5	Experimente bei kryogenischen Temperaturen	6
2.6	Flanschsysteme	6
2.7	Antriebskonzepte im Vakuum.....	7
2.7.1	Schrittmotoren	7
2.7.2	Hubmagneten.....	8
2.8	Messsysteme	8
2.8.1	Wegmessung	8
2.8.2	Druckmessung	9
2.9	Finite Elemente Methode.....	10
3	Aufgabenstellung und Anforderungsliste	11
4	Funktionsbeschreibung	14
4.1	Gesamtfunktion	14
4.2	Funktionsstruktur.....	14
4.3	Systemstruktur	14
4.3.1	Probenmagazin	15
4.3.2	Schleusenkammer.....	15
4.3.3	Übergabe mit Positionierung der Proben	16
5	Lösungsfindung	18
5.1	Probenmagazin	18
5.1.1	Funktionsprinzip	18
5.1.2	Auslegung	18
5.2	Schleusenkammer.....	22
5.2.1	Funktionsprinzip	23
5.2.2	Auslegung	23
5.3	Übergabe mit Positionierung der Proben	25
5.3.1	Funktionsprinzip	25
5.3.2	Auslegung	25
6	Gesamtsystem	37
7	Zusammenfassung	43
8	Ausblick	44
9	Literaturverzeichnis	46
A	Abbildungen und Tabellen	49
B	Datenblätter	53

Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen

SYMBOL	BEDEUTUNG	EINHEIT
A	Fläche	mm^2
A_B	Bruchdehnung	%
ANSYS	Analysis System	
$\alpha_{Cu,100 K}$	Längenausdehnungskoeffizient von Kupfer bei 100 K	$1/K$
DESY	Deutsches Elektronen-Synchrotron	
E	Elastizitätsmodul	GPa
F	Kraft der Linearfedern	N
F_{Axial}	Axialkraft	N
F_g	Gewichtskraft	N
F_H	Haftkraft	N
F_{Last}	Kraft durch äußere Last	N
$F_{Magnete}$	Magnetkraft	N
FEM	Finite-Elemente-Methode	
g	Gravitationsbeschleunigung an der Erdoberfläche	m/s^2
HV	Hochvakuum	
l	Länge	mm
Δl	Längenänderung	mm
$\Delta L/L$	Wärmeausdehnung	%
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/mK
M	Drehmoment	Nmm
m	Masse	kg
n	Drehzahl	U/s
η	Wirkungsgrad der Spindel	–
p	Anpressdruck	mm^2
p_s	Steigung	mm
p_u	Druck	$mbar$
ρ	Dichte	kg/dm^3
PEEK	Polyetheretherketon	
PETRA III	Positron-Elektron-Tandem-Ring-Anlage, dritte Ausbaustufe	
R_m	Zugfestigkeit	MPa

$R_{p0,2}$	Dehngrenze	<i>MPa</i>
S	Sicherheit	–
s	Vollständiger Weg für die Übergabe	<i>mm</i>
T	Temperatur	<i>K</i>
ΔT	Temperaturdifferenz	<i>K</i>
t	Verfahrzeit für die Übergabe	<i>s</i>
UHV	Ultrahochvakuum	
μ_0	Haftkoeffizient der Linearführungen	–
v	Vorschubgeschwindigkeit	<i>mm/s</i>
w	Schrittgenauigkeit des Motors	<i>°/Step</i>
z	Auflösung	<i>mm</i>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Schema zum Überführen kryogenisch gekühlter Proben	2
Abbildung 2-1: Luftbild DESY Hamburg - Laufende Beschleunigeranlagen.....	3
Abbildung 2-2: Probenhalter mit geklemmtem Probenstift	4
Abbildung 2-3: Hülse aus der elektrischen Antriebstechnik.....	5
Abbildung 2-4: ISO-F-Flanschverbindung	7
Abbildung 2-5: CF-Flanschverbindung].....	7
Abbildung 2-6: Funktionsweise und Aufbau des Pirani-Vakuummeters	9
Abbildung 2-7: Newton-Raphson-Verfahren bei nichtlinearen Berechnungen	10
Abbildung 3-1: Aufbau für Röntgenmikroskopie-Experimente.....	12
Abbildung 4-1: Funktionsstruktur mit Unterfunktionen.....	14
Abbildung 4-2: Systemstruktur	17
Abbildung 5-1: Skizze des Probenmagazins	19
Abbildung 5-2: Probenmagazin mit Probenstiften in den Probenhaltern	19
Abbildung 5-3: Probenmagazin mit 10 Proben	20
Abbildung 5-4: Positionierung des Probenmagazins	21
Abbildung 5-5: Gesamtsystem zur Einschleusung der Proben	24
Abbildung 5-6: Hubmagnet mit Federblech.....	26
Abbildung 5-7: Sperrmechanismus in Ruheposition.....	27
Abbildung 5-8: Sperrmechanismus in Sperrposition	27
Abbildung 5-9: Schemadarstellung eines Konstruktionsprozesses.....	28
Abbildung 5-10: Berechnete Spannungen	29
Abbildung 5-11: Berechnete Verschiebung in der X-Achse des Federblechs	29
Abbildung 5-12: Probenmagazin innerhalb der Aufnahme auf dem Schlitten.	31
Abbildung 5-13: Fest-Loslagerung der Spindel	34
Abbildung 5-14: Gesamtaufbau des Systems Übergabe	36
Abbildung 6-1: Aufbau des Gesamtsystems	38

Abbildung 6-2: Halter zur Festlagerung in der Rohrkreuzung	39
Abbildung 6-3: Fest-Loslagerung der Grundplatten im Rezipienten.....	39
Abbildung 6-4: Lagerung der kühlbaren Aufnahme und der Übergabe	40
Abbildung 6-5: Lagerung in der Schleusenkammer	41
Abbildung 6-6: Lagerung in der Schleusenkammer.	42
Abbildung 8-1: CF-Flansch aus Aluminium mit Stahlschneide	44

1 Einleitung

Der Röntgenspeicherring PETRA III am Deutschen Elektronen-Synchrotron DESY dient der Forschung mit Photonen. An verschiedenen Messstationen des PETRA III-Speicherrings sollen mit der Methode der Röntgenmikroskopie biologische Proben auf ihre Struktur hin untersucht werden. Diese Experimente werden vorzugsweise unter Kryotemperaturen im Vakuum durchgeführt.

Für die Messung müssen die kryogenisch gekühlten Proben, die sich zunächst unter Atmosphärendruck befinden, unter Einhaltung der Kühlkette in den Rezipienten des Röntgenmikroskops überführt werden. Da die Untersuchungen durch das mit jeder Probe folgende Evakuieren und Fluten des Rezipienten äußerst zeitintensiv sind, wird eine Probenschleuse entwickelt, die die Trennung einer Schleusenkammer von dem Rezipienten ermöglicht, um diesen Vorgang zeitlich zu reduzieren.

Des Weiteren lässt sich die Zeit des Probenwechsels durch Verwendung eines Probenspeichers, nachfolgend als Probenmagazin bezeichnet, deutlich reduzieren. Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Probenmagazin kann bis zu 10 Proben gleichzeitig aufnehmen. Für den Transfer des Probenmagazins zwischen den beiden Kammern wird eine automatisierte Übergabe entwickelt, die auf dem Transportschlitten einer Antriebseinheit zwischen der Schleusenkammer und dem Rezipienten verfahren kann.

In Abbildung 1-1 wird der Ablauf beginnend mit dem Einsetzen des Probenmagazins in die Schleusenkammer gezeigt. Der erste Arbeitsschritt zeigt das Probenmagazin beim Einsetzen in die Schleusenkammer. In Arbeitsschritt zwei wird die Schleusenkammer verschlossen und ein Vakuum mit einem Druck $p < 10^{-6} \text{ mbar}$ erzeugt. Im folgenden Arbeitsschritt wird der Weg in den Rezipienten durch das Öffnen des Vakuumschiebers freigegeben und das Probenmagazin wird im vierten Arbeitsschritt mit einem Transportschlitten in den Rezipienten gefahren. Im weiteren Verlauf wird die Probe anschließend mit einem Greifer dem Probenmagazin entnommen und auf die Probenposition des Röntgenmikroskops gesetzt. Eine genaue Positionierung des Probenmagazins im Rezipienten ermöglicht den Zugriff des parallel entwickelten Greifers zu den jeweiligen Proben.

Zur Einhaltung der Kühlkette der kryogenisch gekühlten Proben werden Möglichkeiten zur konduktiven Kühlung bereitgestellt.

Im Rahmen der Bachelorarbeit wird das Gesamtsystem bezüglich der Funktionen analysiert und darauf basierend in Teilsysteme gegliedert, für die geeignete Lösungsvarianten erarbeitet werden. Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt dabei auf der Entwicklung eines Probenmagazins und einer Probenschleuse zur Überführung des Probenmagazins in den Rezipienten des Röntgenmikroskops.

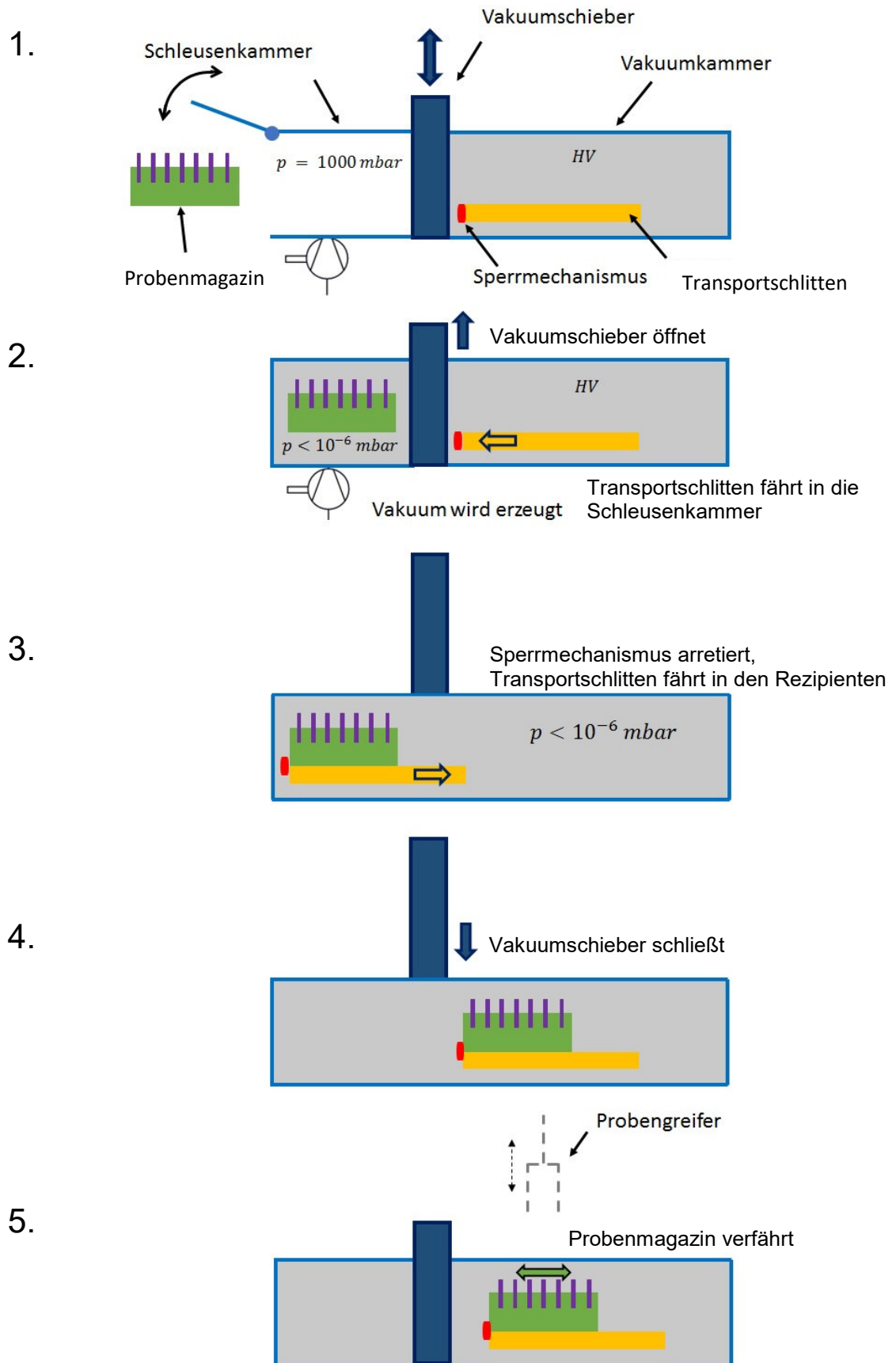


Abbildung 1-1: Schema zum Überführen mehrerer kryogenisch gekühlter Proben in einem Probenmagazin in den Rezipienten eines Röntgenmikroskops.

2 Grundlagen

2.1 PETRA III am Deutschen Elektronen-Synchrotron

Das 1959 in Hamburg gegründete Deutsche Elektronen-Synchrotron DESY ist mit jährlich über 3000 Gastforschern aus über 40 Nationen eines der weltweit führenden Beschleunigerzentren. Das DESY ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft und wird mit öffentlichen Mitteln vom Bund, der Stadt Hamburg und dem Land Brandenburg finanziert. Die Forschung an den Standorten Hamburg und Zeuthen (Land Brandenburg) hat die Schwerpunkte Beschleuniger, Forschung mit Photonen, sowie Teilchen- und Astrophysik.



Abbildung 2-1: Luftbild DESY Hamburg -
Laufende Beschleunigeranlagen. [entnommen aus 2]

Mit PETRA III als eine der wichtigsten Anlagen hatte DESY die weltweit leistungsstärkste Speicherring-Röntgenstrahlungsquelle, die auf einer Länge von 2,3 Kilometern 14 Messplätze bietet. Durch den Einbau von Undulatoren, langen Magnetanordnungen, liefert PETRA III Röntgenstrahlung mit besonders hoher Brillanz.

Der Fußboden der knapp 300 Meter langen Halle besteht aus der längsten Betonplatte, die je in einem Stück gegossen wurde. Diese Platte schützt die Messstationen vor störenden Vibrationen und ermöglicht dadurch extrem präzise Versuche. [1, 3]

2.2 Röntgenmikroskopie

An verschiedenen Strahllinien des PETRA III-Speicherrings können Röntgenmikroskopie-Experimente zur Bestimmung der Struktur von biologischen Proben durchgeführt werden. Mit der Röntgenmikroskopie lassen sich mit 10 nm deutlich höhere Auflösungen als mit der Lichtmikroskopie erzielen. Zudem ist die Röntgenmikroskopie aufgrund der hohen Eindringtiefe der Röntgenstrahlung ideal für tomographische Verfahren geeignet.

In der hochauflösenden Röntgenmikroskopie werden extrem hohe Röntgendosen eingesetzt, die die zu untersuchenden Proben erheblich schädigen und damit strukturell verändern können. Durch Kühlung der Proben auf Temperaturen von weniger als 100 K lassen sich die Strahlenschäden erheblich verringern. Deshalb werden Röntgenmikroskopie-Experimente an biologischen Proben idealerweise bei diesen kryogenischen Temperaturen durchgeführt. Um Luftstreuung der eingesetzten Röntgenstrahlung zu vermeiden und dadurch einen besseren Kontrast in den Abbildungen zu erzielen, werden die Experimente vorzugsweise im Vakuum durchgeführt. Dies stellt nicht unerhebliche Anforderungen an die Handhabung der Proben dar. [4, 5]

2.3 Probenhandhabung

Mit der Röntgenmikroskopie lassen sich Proben mit verschiedenen Geometrien dreidimensional untersuchen, dabei kann es sich um flache Proben, wie z.B. *Monolayer Zellkulturen* mit einer Dicke von bis zu $10\text{ }\mu\text{m}$, aber auch größere dreidimensionale Objekte, wie z.B. Biopsieproben mit Abmessungen von bis zu $(200 \cdot 200 \cdot 200)\text{ }\mu\text{m}$ handeln. Um diesen unterschiedlichen Probengeometrien gerecht zu werden, soll für die Röntgen-mikroskopie ein universeller Probenhalter, wie in Abbildung 2-2 kupferfarben dargestellt, verwendet werden. Dieser Probenhalter kann aus verschiedenen Materialien mit guter thermischer Leit-fähigkeit, wie z.B. Kupfer oder auch Saphir, gefertigt werden. Zur Aufnahme und Kühlung des Probenstifts, in Abbildung 2-2 blau dargestellte Komponente, dient der untere, in Abbildung 2-2 kupferfarben dargestellte Probenhalter mit einem Durchmesser von 4 mm . Dieser ist aufgebaut wie eine Hülse, wie sie in der elektrischen Antriebstechnik eingesetzt wird (siehe Abbildung 2-3). Auf dem Probenstift können unterschiedliche Proben bzw. Probenträger befestigt werden, wie zum Beispiel ein Trägernetz, wie in

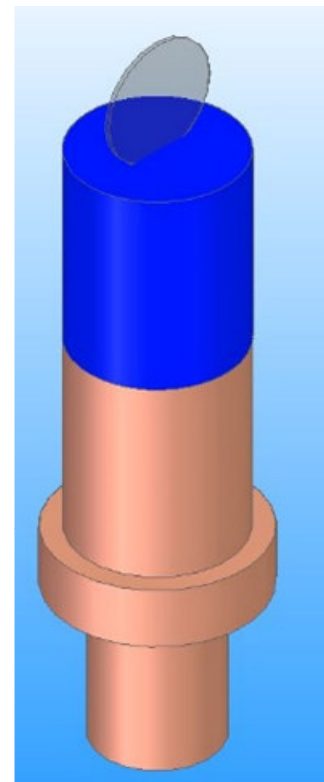


Abbildung 2-2: Probenhalter mit geklemmtem Probenstift und aufgesetztem Trägernetz (Probe).

Abbildung 2-2 transparent dargestellte, welches als Stützstruktur für die in der Röntgenmikroskopie zu untersuchenden biologischen Proben dient. Der Probenstift wird auf die Probenposition des Röntgenmikroskops aufgesetzt. [5]

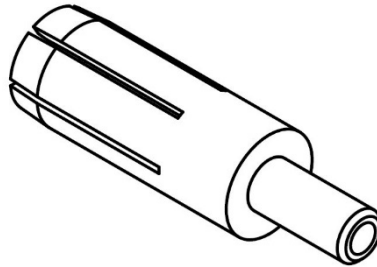


Abbildung 2-3: Hülse mit Schlitzen in der Längsachse aus der elektrischen Antriebstechnik. [entnommen aus 33]

2.4 Experimente im Vakuum

Vakuum bezeichnet den Zustand eines gasgefüllten Raums mit einem Druck kleiner als 300 *mbar* (der kleinste auf der Erdoberfläche vorkommende Atmosphärendruck). Man unterscheidet dabei die folgenden Vakuumbereiche: Grob-, Fein-, Hoch- und Ultrahochvakuum. [7]

Besonders im Forschungsbereich mit der Röntgenmikroskopie finden viele Experimente unter Hochvakuum (HV, $10^{-3} - 10^{-7}$) und Ultrahochvakuum (UHV, $10^{-7} - 10^{-12}$) statt. Dies vermeidet die Streuung der Röntgenstrahlen, was zu einem erhöhten Streuuntergrund und dadurch zu einer Verschlechterung des Bildkontrastes führt.

Des Weiteren ist der Einsatz von Kryotemperaturen nur innerhalb des Vakuums möglich, da hier aufgrund der minimalen Wärmekonvektion mit der Umgebung ein deutlich langsamerer Wärmeaustausch stattfindet. Außerdem würde das vorhandene Wasser der normalerweise flüssigen Proben im Vakuum verdampfen und eine Eisbildung bewirken. [5]

Für den Einsatz im Vakuum sind bei der Materialauswahl, der Konstruktion und Montage diverse Anforderungen zu berücksichtigen. Da einige Materialien im Vakuum ausgasen, muss eine geeignete Materialauswahl erfolgen. Bei der Konstruktion müssen außerdem sogenannte „virtuelle Lecks“, Gaseinschlüsse innerhalb der Konstruktion, vermieden werden, damit die Restgase beim Abpumpen des Rezipienten entweichen können. Dies erfolgt, wenn möglich, durch den Einsatz von Durchgangsbohrungen und vakuumtauglichen Schrauben, deren Kopf und Gewindegänge einseitig abgeflacht werden. Lässt die Konstruktion keinen Platz für Durchgangsbohrungen zu, müssen Gewinde und Sacklochbohrungen durch eine Querbohrung entlüftet werden. Verwendete Schmierstoffe, u.a. für Lager, müssen ebenfalls für den Einsatz im Vakuum geeignet sein.

Ein weiterer Punkt bei der Konstruktion ist die korrekte Ausführung von Schweißnähten an Behältern. Diese müssen vor dem Fügen gründlich gereinigt und entfettet werden und stets vakuumseitig geschweißt werden, da die Behälter sowohl einem Vakuum als auch dem atmosphärischen Druck ausgesetzt sind. [8]

2.5 Experimente bei kryogenischen Temperaturen

Kryotemperaturen bezeichnen Tieftemperaturen unterhalb von etwa 123 K (-150 °C). Technisch leicht zugänglich sind Kryotemperaturen durch den Einsatz von flüssigem Stickstoff mit einem Siedepunkt von $77,4\text{ K}$. [9]

In der Röntgenmikroskopie finden Kryotemperaturen insbesondere bei der Präparation und Erhaltung biologischer Proben Anwendung. Diese werden in eine Eisstruktur eingefroren und innerhalb eines Trägers stabil gehalten, sodass die Untersuchung der normalerweise flüssigen Proben ermöglicht wird. Struktur und Form der Probe sind dabei abhängig von dem Druck und der Geschwindigkeit des Einfrierens. Die eingefrorenen Proben sollten dabei eine amorphe Struktur annehmen, die mit hohen Gefrieraten bei Temperaturen unter 130 K erreicht wird. Bei einer Überschreitung dieser Temperatur kommt es zur Umkristallisation, bei der hexagonale Eiskristalle aufgrund ihrer Größe zur Beschädigung der Proben führen. [5]

2.6 Flanschsysteme

In der Vakuumtechnik gibt es für verschiedene Einsatzbereiche bestehende Verbindungsstandards, welche auf Flanschsystemen mit entsprechenden Nennweiten beruhen. Diese Systeme müssen das erzeugte Vakuum von der Atmosphäre abgrenzen und spezielle Standards, wie eine niedrige Partikelkontamination, erfüllen. In dieser Arbeit werden zwei unterschiedliche Verbindungsstandards verwendet. ISO-F-Flansche basieren auf der ISO-K-Norm (ISO 1609) für Klammerflanschverbindungen und werden speziell im Fein- und Hochvakuumbereich verwendet. Eine Flanschverbindung setzt sich aus zwei ISO-F-Flanschen zusammen, die eine dazwischenliegende Dichtung durch die erzeugte Anpresskraft der Schrauben zusammengepresst (siehe Abbildung 2-4). Je nach Anforderung werden einzelne O-Ringe oder ein System aus einem O-Ring mit einem Zentrierring verwendet, bei dem neben einer koaxialen Ausrichtung auch ein definierter Abstand erreicht wird.

Besonders im Bereich der UHV-Technik finden vor allem CF-Flanschsysteme Anwendung, da diese eine deutlich geringe Leckrate aufweisen. Eine vakuumseitige Dichtschnede kombiniert mit einer Eindrehung gewährt durch den Einsatz einer sauerstofffreien Kupferdichtung eine hohe Dichtigkeit durch ein Fließpressen an den Schneidflanken und führt zu einer Koaxialität der beiden CF-Flansche. Eine sachgerechte Verschraubung sorgt dabei für den benötigten gleichmäßigen Anpressdruck (siehe Abbildung 2-5). [10]

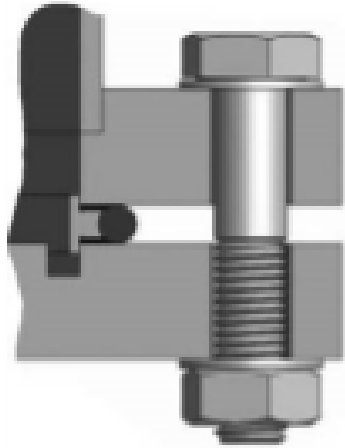


Abbildung 2-4: ISO-F-Flanschverbindung. [entnommen aus 10]



Abbildung 2-5: CF-Flanschverbindung. [entnommen aus 10]

2.7 Antriebskonzepte im Vakuum

Für den Einsatz im Vakuum werden spezielle Anforderungen an die verwendeten Antriebssysteme gestellt. Die Systeme müssen neben einer vakuumgerechten Konstruktion, wie der Vermeidung von Lufteinschlüssen, über ein geringes Abriebverhalten und geeignete Materialien verfügen, um ein Ausgasen und eine damit einhergehende Kontamination zu verhindern. Da im Vakuum keine Wärmekonvektion mit der Umgebung stattfindet, muss die erzeugte Wärme bei einer Verwendung im Langzeit- oder Dauerbetrieb über vorhandene Anschlussgeometrien abgeführt werden. In dieser Arbeit werden zwei Antriebskonzepte betrachtet.

2.7.1 Schrittmotoren

Schrittmotoren sind Synchronmotoren, die aus einem sich drehenden Rotor und einer Statorspule bestehen. Ein in der Statorspule schrittweise rotierendes elektromagnetisches Feld ermöglicht im Gegensatz zu einem herkömmlichen Synchronmotor eine gezielte schrittweise Ansteuerung der Rotation. Diese Ansteuerung ermöglicht ein exaktes Anfahren des Motors, wobei die Drehschritte stets ein Vielfaches des Schrittwinkels betragen.

Da Schrittmotoren gegenüber anderen Motoren eine höhere Polzahl aufweisen, können in beiden Drehrichtungen kleinste Schrittweiten realisiert werden, die eine exakte Positionierung des Systems ermöglichen. [11]

2.7.2 Hubmagneten

Hubmagnete sind Aktuatoren, die durch elektromagnetische Kraftwirkung eine lineare Bewegung von einer Hubanfangs- in eine Hubendlage ausführen. Ein bistabiler Hubmagnet wird durch einen einmaligen Elektroimpuls umgepolt und zwischen den beiden Endstellungen hin und her geschaltet. Der Vorteil eines bistabilen Hubmagneten im Vakuum liegt aufgrund des einmaligen Elektroimpulses in dem minimalen Wärmeeintrag an die umgebenden Komponenten. [12]

2.8 Messsysteme

Im Folgenden werden die Funktionsweisen der im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Messsysteme beschrieben.

2.8.1 Wegmessung

Die Positionserfassung linear geführter Bewegungen erfolgt in der Regel durch eine Steuerung des Antriebssystems und/oder durch die Erfassung mit einem zusätzlichen Wegmesssystem.

Im Rahmen dieser Arbeit werden inkrementelle Messsysteme bestehend aus einem Messkopf (Encoder) samt Maßverkörperung eingesetzt, die sich durch eine hohe Positioniergenauigkeit auszeichnen. Der Messkopf führt eine berührungslose optische Abtastung des inkremental unterteilten Maßkörpers durch und ermöglicht somit eine kontinuierliche Positionsrückmeldung (Regelung, englisch: closed loop). Bei dem Maßkörper aus Edelstahl befindet sich neben einer Inkrementalspur eine Referenzspur, die als Nullpunkt für den Messkopf dient.

Dieses System bietet im Vergleich zur Positionserfassung mit Hilfe der Steuerung des Antriebssystems trotz auftretender Ungenauigkeiten, wie dem Verdrehwinkel torsionsbelasteter Wellen oder dem Kupplungsspiel, den Vorteil einer exakten Messung am beweglichen Bauteil. [13]

2.8.2 Druckmessung

Die Druckmessung im Vakuum erfolgt mit Hilfe sogenannter Vakuummeter, von denen jedes einen charakteristischen Messbereich besitzt. Geräte mit indirekter Druckmessung finden hier die meiste Anwendung. Sie ermitteln den Druck als Funktion einer druckabhängigen – genauer einer dichteabhängigen – Eigenschaft des Gases. Ein Vakuummeter mit einer solchen gasartabhängigen Anzeige ist das Wärmeleitungs-Vakuummeter.

Betrachtet man die Wärmeleitungsfähigkeit eines ruhenden Gases, zeigt sich bei niedrigen Drücken $p_u < 1 \text{ mbar}$ eine Druckabhängigkeit der Wärmeleitungsfähigkeit. Vakuummeter dieser Art beruhen auf dem Wärmeleitfähigkeitsprinzip nach Pirani (siehe Abbildung 2-6). Der prinzipielle Aufbau des Pirani-Vakuummeters ist in Abbildung 2-6 dargestellt. Er besteht aus einem Wolframdraht, der zentrisch in einem Rohr aufgespannt wird und elektrisch durch Stromdurchgang auf eine konstante Temperatur im Bereich von $110 \text{ }^\circ\text{C}$ bis $130 \text{ }^\circ\text{C}$ aufgeheizt wird. Die Wärme, dessen Transport proportional zum Druck ist, wird durch das umgebende Gas an die Rohrwand abgeleitet. Wird die Temperatur des Drahtes konstant gehalten, resultiert daraus eine druckabhängige Heizleistung, die im Bereich von 1 mbar bis 10^{-4} mbar linear verläuft (siehe Abbildung 2-6 Abschnitt 2).

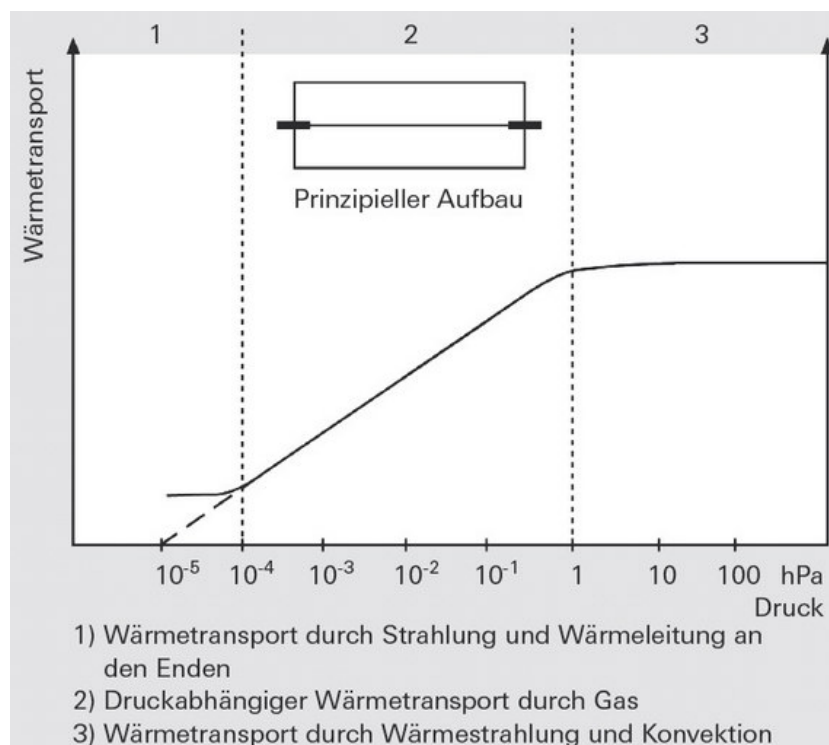


Abbildung 2-6: Funktionsweise und prinzipieller Aufbau des Pirani-Vakuummeters. [entnommen aus 14]

Da sich die Anzeige des Vakuummeters gewöhnlich auf den Stickstoffdruck bezieht, muss dieser zur Ermittlung des wahren Drucks mit einem Korrekturfaktor multipliziert werden, der charakteristisch für jedes Gerät und das verwendete Gas ist. [14, 15]

2.9 Finite Elemente Methode

Mit der Finite-Elemente-Methode (kurz: FEM) können u.a. lineare oder nichtlineare strukturmechanische Analysen durchgeführt werden. Lineare Analysen erfolgen immer quasistatisch, das heißt als eine Abfolge von Gleichgewichtszuständen, und sind somit durch eine Zeitinvarianz charakterisiert. Die Materialien verhalten sich entsprechend dem Hook'schen Gesetz, welches eine lineare Abhängigkeit von Spannung zu Dehnung beschreibt, und weisen damit ein rein elastisches Verhalten auf. Änderungen der Steifigkeit werden aufgrund sehr geringer induzierter Verschiebungen nicht betrachtet, sodass sich weder Form noch Materialeigenschaften verändern.

Sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, wird eine nichtlineare Analyse durchgeführt, die in dieser Arbeit mit dem FEM-Programm ANSYS Workbench erfolgt. Dieses Programm arbeitet mit dem in Abbildung 2-7 dargestellten Newton-Raphson-Verfahren, bei dem eine Änderung der Steifigkeit während der Verformung zugrunde gelegt wird. Die Berechnung erfolgt als iteratives Vorgehen nach dem Newton-Raphson-Verfahren, wie in Abbildung 2-7 dargestellt, bei dem vor jeder Lösungsberechnung eine Linearisierung der Funktion erfolgt, sprich die Tangente bestimmt wird. Dabei erfolgt die erste Iteration mit dem äußeren Lastvektor und dem Anfangswert der Steifigkeit. Bei jedem weiteren Iterationsschritt wird ein neuer Lastvektor, sowie eine neue Steifigkeitsmatrix berechnet, solange bis es zum Erreichen des Konvergenzkriteriums kommt.

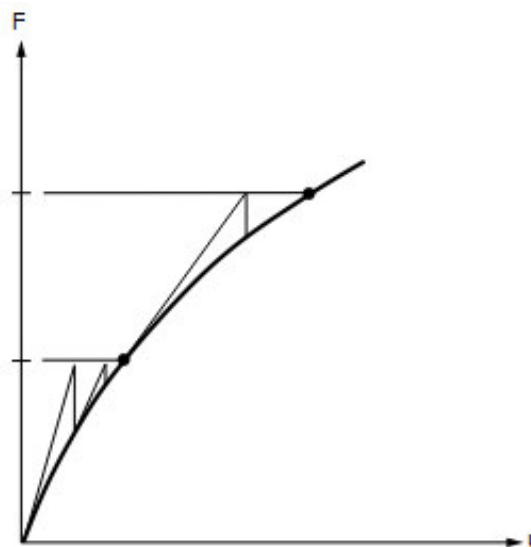


Abbildung 2-7: Newton-Raphson-Verfahren bei nichtlinearen Berechnungen. [entnommen aus 16]

Ist die Änderung der Steifigkeit auf Veränderungen der Form zurückzuführen, handelt es sich um eine geometrische Nichtlinearität. Solche Änderungen der Steifigkeit können durch aufgebrauchte Verformungen, die im Verhältnis zum Querschnitt groß sind, hervorgerufen werden. [16]

3 Aufgabenstellung und Anforderungsliste

Thema dieser Arbeit ist die Entwicklung eines kryogenisch gekühlten Probenmagazins und einer Probenschleuse zum Überführen der kryogenisch gekühlten Proben in den Rezipienten eines Röntgenmikroskops. Die Probenschleuse wird als modulares Rohrsystem zum Einsatz an einem bestehenden Aufbau für die Röntgenmikroskopie am Röntgenspeicherring PETRA III entwickelt. Das System besteht aus einem Probenmagazin, einer Schleusenkammer, einem Vakuumschieber und einem Positioniersystem. Der Einsatz einer Probenschleuse ermöglicht dabei einen deutlich effizienteren Probenwechsel ohne ständiges Fluten und Evakuieren des Rezipienten.

Die zu untersuchenden biologischen Proben werden in das Probenmagazin eingesetzt und durch eine Schnellzugangstür in die Schleusenkammer geführt. Nach dem Evakuieren der Schleusenkammer erfolgt eine Übergabe des Probenmagazins durch den Vakuumschieber in den Rezipienten, wo die Proben für die Übergabe an einen Greifer exakt positioniert werden können.

Das Probenmagazin bietet den Vorteil, eine Vielzahl von Proben gleichzeitig ins Vakuum zu führen, sodass mehrere Proben nacheinander untersucht werden können. Dies verhindert ebenfalls einen Abbruch des Experiments und das damit einhergehende Fluten und Evakuieren des Rezipienten, falls die Probe Beschädigungen aufweist, die erst unter Röntgenlicht sichtbar sind.

Die Probenschleuse wird exemplarisch für einen Experimentieraufbau (siehe Abbildung 3-1) der Röntgenmikroskopie entwickelt.

Um die Proben während des Transports und Transfers zu schützen, muss die Möglichkeit einer kryogenischen Kühlkette geboten werden. Bei der Entwicklung muss zudem insbesondere auf eine vakuumgerechte Konstruktion geachtet werden.

Des Weiteren muss die Entwicklung und Konstruktion in Absprache mit den Verantwortlichen für weitere Aufbauten an dem Experiment geschehen, um bestehende Abhängigkeiten nicht zu verletzen

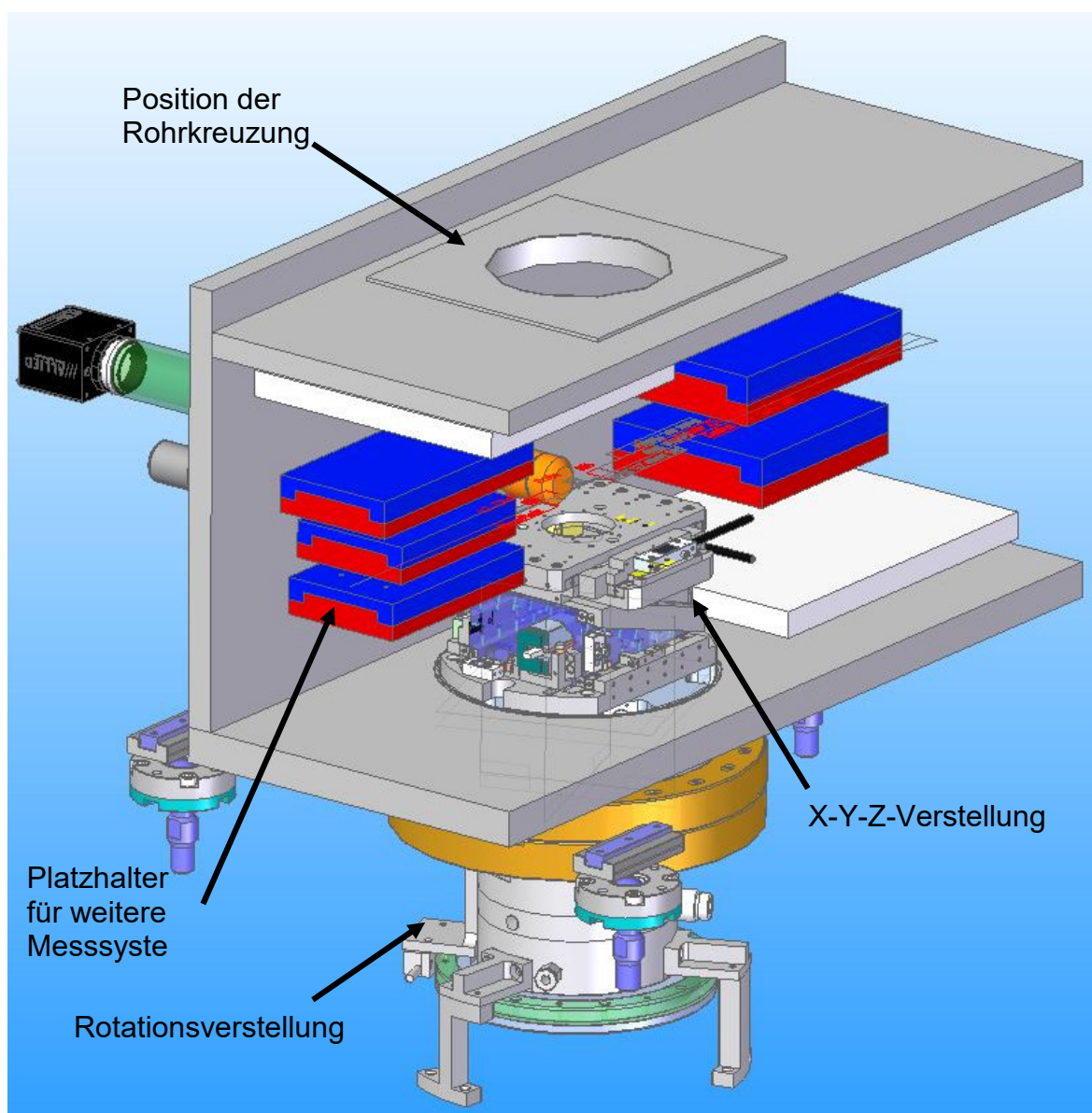


Abbildung 3-1: Aufbau für Röntgenmikroskopie-Experimente am PETRA III Speicherring.

Tabelle 3-1: Anforderungsliste

Anforderungsliste		Legende
Erstellt am: 12.12.2016		F: Forderung W4: sehr wichtig W3: wichtig W2: interessant W1: wenn möglich
Lfd.	F/W	Anforderung
Allgemeines		
1	F	Vakuumgerechte Konstruktion für 10^{-6} mbar (HV)
2	F	Konstruktion nach DESY Vakuumrichtlinien
3	F	Möglichkeiten zur Einhaltung einer kryogenischen Kühlkette des Probenmagazins und des Deckels vorsehen ($T < 130$ K)
4	F	Aufbau als modulares Rohrsystem für den Einsatz an unterschiedlichen Experimenten
5	F	Möglichkeiten zum Ausgleich von Toleranz- und Verzugsabweichungen vorsehen
6	F	Einen Vakuumschieber der Größe DN 63 verwenden
7	F	Verwendung einer Schnellschlusstür an der Schleusenkammer
8	W4	Entwicklung einer Schleusenkammer mit Volumen $< 10^6$ mm ³
9	F	Thermische Isolierung der kryogenisch gekühlten Komponenten
10	F	System zur Druckmessung in der Schleusenkammer vorsehen
11	W2	Gesamtgewicht des Aufbaus $m < 30$ kg
Probenmagazin		
12	F	Probenmagazin muss mit einem Deckel verschlossen werden
13	F	Bereitstellung von 10 Proben im Probenmagazin
14	W4	Probenmagazin und Deckel bestehen aus Material mit guter thermischer Leitfähigkeit
15	F	Lagerung der Proben auf einem Probenhalter mit Durchmesser 4 mm
Antrieb		
16	F	Verfahrweg des Probenmagazins entspricht dem Schleusenweg
17	F	Genauere Positionierung der Proben < 50 μ m
18	F	Motor für die Antriebseinheit zum Betrieb im Vakuum
19	F	Wegmessung der Antriebseinheit
20	F	Freie Apertur zum Durchgreifen eines Probengreifers vorsehen
21	F	Messposition des Antriebes zur Regelung (engl.: closed loop) zur Verfügung stellen
Übergabe		
22	F	Automatisierter Ablauf der Über-/Rückgabe
23	W4	Zeit für Übergabe $t < 60$ s

4 Funktionsbeschreibung

Basierend auf der Gesamtfunktion des Systems erfolgt eine Unterteilung in Teilfunktionen, die zu Systemen zusammengefasst werden, die für sich alleingegenommen eine oder mehrere Funktionen erfüllen. Die Gliederung und Kombination der Funktionen bildet die Grundlage zur anschließenden Lösungsfindung.

4.1 Gesamtfunktion

Die zu entwickelnde Probenschleuse ermöglicht die Einschleusung tiefgekühlter biologischer Proben von Normaldruck in das Vakuum des Röntgenmikroskops, ohne dabei das Vakuum des Rezipienten zu brechen. Für eine höhere Effizienz stellt ein Probenmagazin eine größere Anzahl von Proben im Rezipienten bereit. Unter Einhaltung einer kryogenischen Kühlkette wird eine Positionierung des Probenmagazins benötigt, um die Proben einem Probengreifer zugänglich zu machen.

4.2 Funktionsstruktur

Aus der Gesamtfunktion und der Anforderungsliste ergibt sich die folgende Funktionsstruktur mit ihren Unterfunktionen.



Abbildung 4-1: Funktionsstruktur mit Unterfunktionen.

4.3 Systemstruktur

Aus den Teilfunktionen lassen sich einzelne Systeme (siehe Abbildung 4-2) bilden, die eine oder mehrere Funktionen erfüllen. Die höchste Funktion des vorliegenden Systems ist die Probeneinschleusung. Daraus ergeben sich neben dem Gehäuse, das zur Speicherung des Vakuums dient, die drei nachfolgenden Systeme, die auf den bereits genannten Teilfunktionen basieren. Diese werden bis in die fünfte Ebene aufgeteilt (siehe Abbildung 4-2).

4.3.1 Probenmagazin

Die Aufnahme der Proben erfolgt durch ein Probenmagazin, das zum Schutz der Proben beim Einschleusungsvorgang in das Vakuum mit einem Deckel verschlossen wird, um ein Erwärmen durch die Umgebungsluft und eine Eisbildung durch die Luftfeuchtigkeit zu verhindern. Um die Proben freizugeben, wird der Deckel bei der Ausschleusung in den Rezipienten von dem Probenmagazin getrennt und verbleibt in der Schleusenkammer. Das Probenmagazin ermöglicht dabei den gleichzeitigen Transfer von bis zu 10 Proben aus der Schleusenkammer in den Rezipienten und erhöht, wie in Kapitel 1 erläutert, die Effizienz der Experimente.

Da die Proben eine konstante Kühlung auf etwa 100 K benötigen, werden Probenmagazin und Deckel aus einem thermisch hoch leitfähigen Werkstoff gefertigt. Eine kühlbare Aufnahme fungiert als Kältereservoir und wird zu den weiteren umgebenden Komponenten thermisch isoliert. Sie setzt sich aus der Kühlplatte und zwei Führungsschienen zusammen. Die kühlbare Aufnahme des Probenmagazins wird mit dem Positioniersystem innerhalb des Rezipienten verfahren. Zur Übergabe des Probenmagazins wird die kühlbare Aufnahme mit Hilfe des Positioniersystems aus der Schleusenkammer in den Rezipienten gefahren. Dabei nimmt die Aufnahme das Probenmagazin auf, sodass dieses zur Positionierung für einen Probengreifer innerhalb des Rezipienten bereitgestellt wird. Die kühlbare Aufnahme des Deckels verbleibt zusammen mit dem Deckel während der gesamten Zeit innerhalb der Schleusenkammer.

4.3.2 Schleusenkammer

Als Vakuumbarrriere zwischen Schleusenkammer und Rezipient dient ein Vakuumschieber, dessen Apertur bei Bedarf und entsprechendem Druck innerhalb der Schleusenkammer geöffnet werden kann. Die Schleusenkammer bietet den Vorteil einer Einschleusung des Probenmagazins ohne die Evakuierung des gesamten Rezipienten. Durch eine Schnellschlusstür wird ein einfacher und schneller Zugriff von außen für das Probenmagazin ermöglicht.

Als Bindeglied zwischen der Schleusenkammer und der Experimentierkammer fungiert eine Rohrkreuzung, die des Weiteren auch den Zugang eines Probengreifers von oben zu den Proben ermöglicht. Diese Rohrkreuzung wird oberhalb des Röntgenmikroskops aufgesetzt. Ein Drucksensor in der Schleusenkammer dient dabei der Überwachung des Drucks und ein Kühllanschluss ermöglicht eine konstante Kühlung des in der Schleusenkammer verbleibenden Deckels.

4.3.3 Übergabe mit Positionierung der Proben

Für die Übergabe und die Rückgabe des Probenmagazins wird ein automatisierter Sperrmechanismus entwickelt, der das Probenmagazin aus der Schleusenkammer in den Rezipienten bringt und das Probenmagazin bei der Rückgabe wieder freigibt. Daraus folgt, dass ein automatisierter Mechanismus entwickelt werden muss, der sowohl für die Über- als auch für die Rückgabe funktionieren muss. Bei der Entwicklung des Sperrmechanismus muss darauf geachtet werden, dass dieser in Berührung mit dem tiefkalten Probenmagazin kommt, sodass es zwischen diesen Komponenten zu einem Wärmeaustausch kommt.

Eine Linearverstellung wird von einem Motor angetrieben und ermöglicht dabei das Überführen des Probenmagazins von der Schleusenkammer in den Rezipienten, sowie eine genaue Positionierung der Proben innerhalb des Rezipienten.

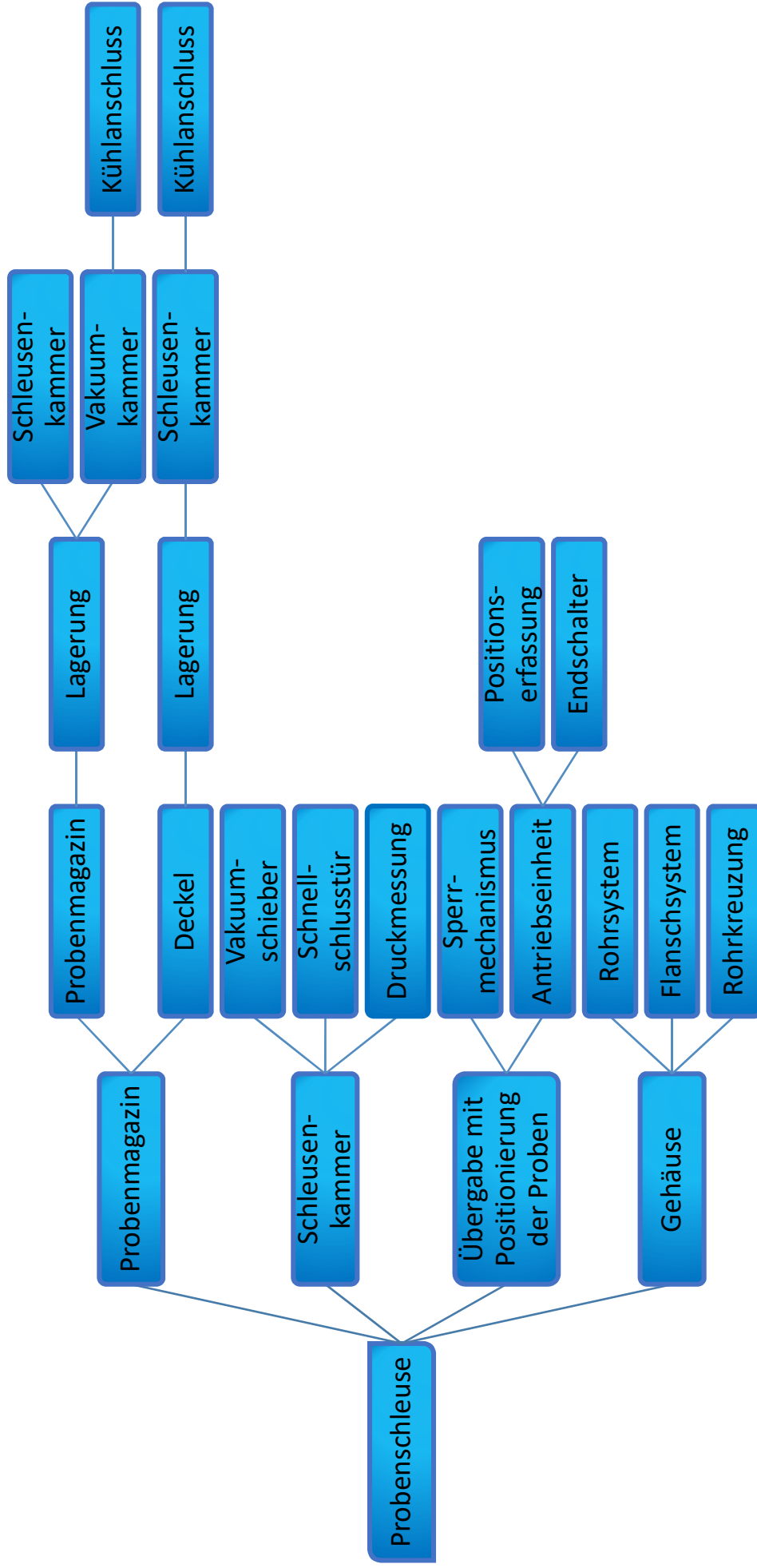


Abbildung 4-2: Systemstruktur.

5 Lösungsfindung

In diesem Kapitel werden Maßnahmen zur Konstruktion der zuvor aufgestellten Teilsysteme erläutert, die anschließend zu dem Gesamtsystem Probenschleuse miteinander verknüpft werden.

5.1 Probenmagazin

Das Probenmagazin dient der Aufnahme von bis zu 10 Proben, sodass eine hohe Effizienz bei der Untersuchung der Proben erreicht wird. Das System ermöglicht einen gemeinsamen Transfer der Proben von der Schleusenkammer in den Rezipienten und zurück.

5.1.1 Funktionsprinzip

Das System besteht aus einem Magazin und einem Deckel, die beide aus einem thermisch gut leitfähigen Werkstoff gefertigt werden. Zur Konservierung der Proben erfolgt die Bestückung des Probenmagazins unter Flüssigstickstoff. Der Deckel schützt die Proben bei dem anschließenden Einsetzen in die Schleusenkammer vor der Atmosphäre. Die Aufnahme und Kühlung der Proben erfolgt über Hülsen, wie sie in der elektrischen Anschlusstechnik verwendet werden (siehe Kapitel 2.3). Diese Hülsen bestehen aus einem oberen geschlitzten Teil, der als Feder bezeichnet werden kann, und einem unteren Teil bestehend aus einem Passstift. Sie nehmen den Probenstift mit dem oberen Teil auf und ermöglichen über die Feder die Anpresskraft zur konduktiven Kühlung. Der untere Teil der Hülse wird in das Probenmagazin eingeschrumpft, sodass der Probenstift aus der Hülse von einem Greifer transferiert werden kann.

Kühlbare Aufnahmen für Deckel und Probenmagazin bieten die Möglichkeit, die beiden Bauteile, und damit die Proben, durch einen Kühlanschluss, zum Beispiel über Kupferlitzen, auf tiefen Temperaturen zu halten.

Das Probenmagazin samt Deckel wird innerhalb der Schleusenkammer mit einer kühlbaren Aufnahme über den Deckel gekühlt. Die kühlbare Aufnahme des Probenmagazins wird auf einem Transportschlitten, der zwischen der Schleusenkammer und dem Rezipienten hin- und herfährt, gelagert und fährt bei der Übergabe unter das Probenmagazin.

5.1.2 Auslegung

Anhand der Anforderungen wird zunächst eine systematische Skizze des Probenmagazins angefertigt (siehe Abbildung 5-1). Damit das Probenmagazin den Vakuumschieber

passieren kann, erweist sich für die Geometrie eine rechteckige Form als sinnvoll. Dabei bietet die Anordnung der Proben in einer Reihe ausreichend Platz für den Probengreifer. Für einen optimalen Schutz der Proben werden diese vollständig in dem Probenmagazin versenkt. Der Probenhalter (siehe Abbildung 5-2 blau dargestellt) wird in der Hülse (siehe Abbildung 5-2 kupferfarben dargestellt) versenkt.

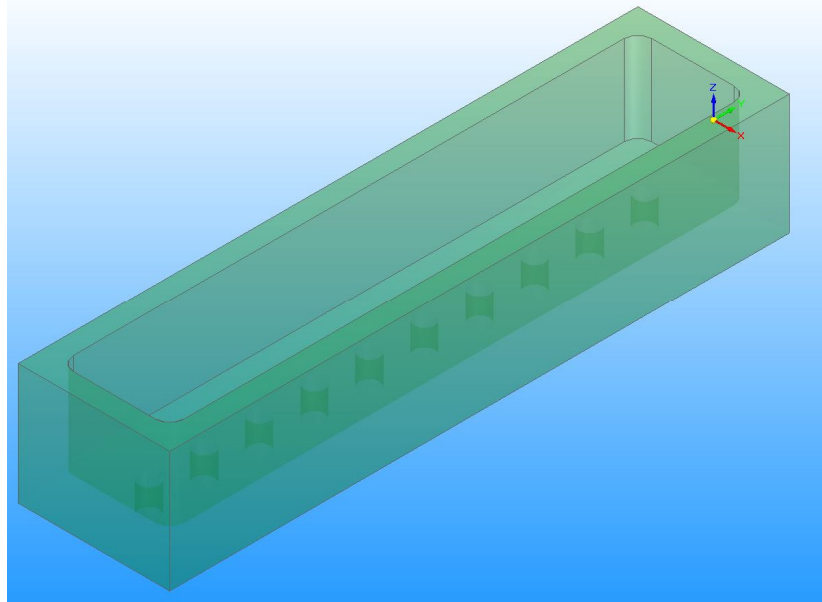


Abbildung 5-2: Skizze des Probenmagazins.

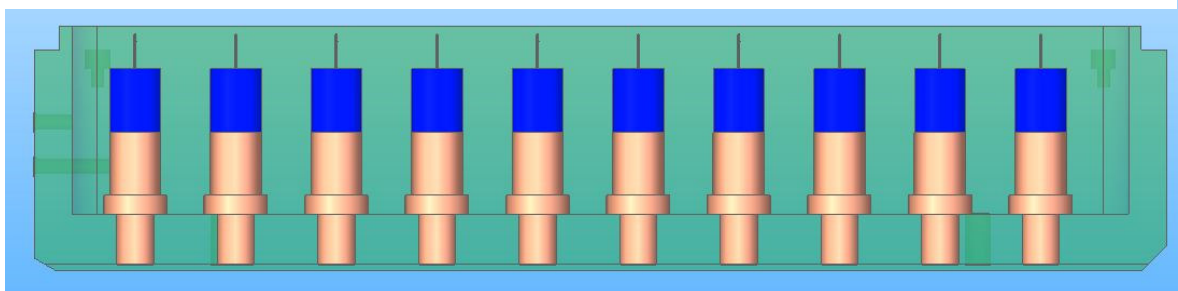


Abbildung 5-1: Probenmagazin mit Probenstiften in den Probenhaltern im Schnitt dargestellt.

Die Geometrie des Deckels ergibt sich aus der des Probenmagazins. Da Probenmagazin und Deckel auf Kryotemperaturen heruntergekühlt sind und das Probenmagazin im Laufe des Prozesses von dem Deckel getrennt werden muss, sollte eine reibschlüssige Verbindung vermieden werden, da sich durch diese Luftfeuchtigkeit an den Rauigkeitsprofilen der beiden Bauteile beim Evakuieren Eisschichten bilden. Daher wird für die Verbindung von Deckel und Probenmagazin eine Kombination aus Haftmagneten und Eisenkernen vorgesehen. Die verwendeten Scheibenmagnete SM-02x02-N der Firma *Magnet-Shop* mit Durchmesser 2 mm halten jeweils ein Gewicht von 130 g (siehe Anhang B Datenblatt *Scheibenmagnet*) [17]. Diese bilden ebenfalls eine reibschlüssige Verbindung, die jedoch auf die Fläche gesehen deutlich geringer ist und damit durch die Motorkraft des Antriebssystems überwunden werden kann. Die Anordnung erfolgt dabei versetzt zueinander, damit die Magnete sich nicht mit den „falschen“ Eisenkernen verbinden. Die

Befestigung der Magnete und Eisenkerne erfolgt mittels des Zweikomponentenklebers *DELO-DUOPOX AD895* (siehe Anhang B Datenblatt *DELO DUOPOX*) der Firma *DELO* [18] auf Epoxidharzbasis.

Damit der Flüssigstickstoff nach der Bestückung des Probenmagazins wieder ablaufen kann, werden Bohrungen in der Unterseite des Probenmagazins vorgesehen. Dies ist notwendig, da der Flüssigstickstoff ansonsten beim Evakuieren der Schleusenkammer vom flüssigen in den festen Zustand wechselt.

Zur Einhaltung einer kryogenischen Kühlkette werden das Probenmagazin, sowie der Deckel über jeweilige kühlbare Aufnahmen konduktiv gekühlt. Um einen ausreichenden Wärmetransfer zu gewährleisten, muss ein Anpressdruck von 25 N/cm^2 erreicht werden. Das bedeutet, dass Probenmagazin und Deckel durch eine äußere Kraft an die kühlbaren Aufnahmen angepresst werden müssen. In Abbildung 5-3 wird das Probenmagazin samt versenkten Proben mit der kühlbaren Aufnahme dargestellt.

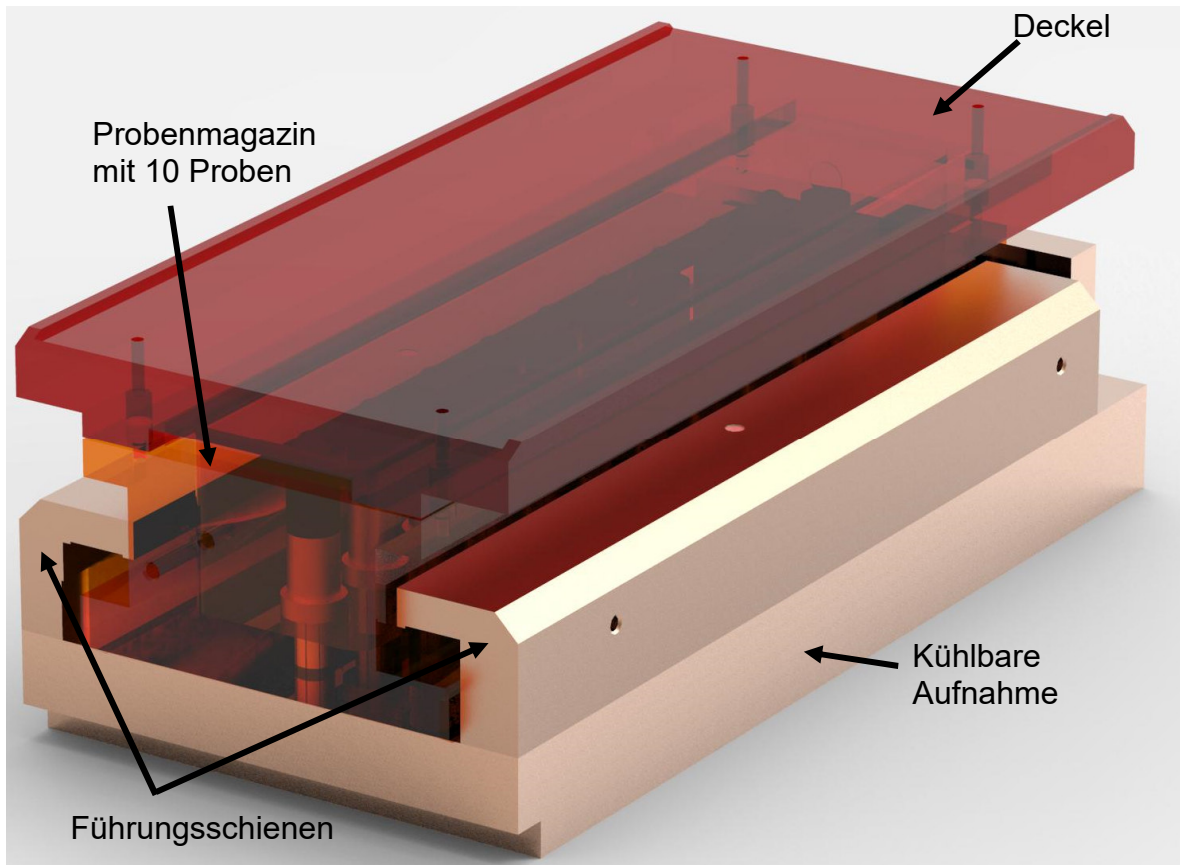


Abbildung 5-3: Probenmagazin mit 10 Proben in der kühlbaren Aufnahme – unterteilt in die Kühlplatte und zwei Führungsschienen – zur konduktiven Kühlung des Probenmagazins in der Schleusenkammer und Deckel.

Um den Anpressdruck von 25 N/cm^2 zu erreichen, werden in der X- und der Y-Achse Linearfedern der Firma TCF mit der Teilenummer YLS12188-2 (siehe Anhang B Datenblatt *Linearfeder*) [19] eingesetzt (siehe Abbildung 5-4 orange Komponenten).

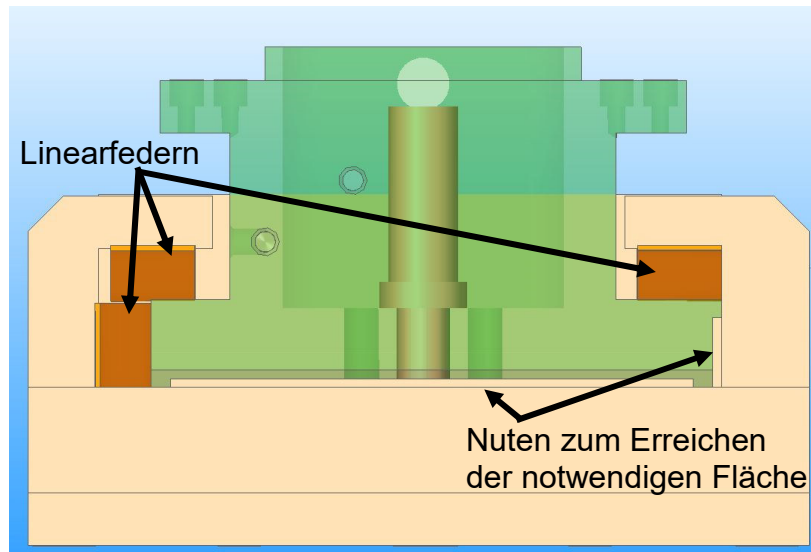


Abbildung 5-4: Positionierung des Probenmagazins: Ausrichtung und Anpressdruck für die thermischen Kontaktflächen durch Linearfedern in den Führungsschienen der kühlbaren Aufnahme.

Damit wird neben dem erforderlichen Anpressdruck auch die Position des Probenmagazins in diesen Achsen definiert. Die benötigte Fläche wird anhand des vorgegebenen Anpressdrucks und der Kraft der Linearfeder errechnet:

$$A = \frac{F}{p}$$

$$p = 25 \text{ N/cm}^2$$

$$F = 24,92 \text{ N}$$

In der X-Achse folgt für die Fläche:

$$A = \frac{24,92 \text{ N}}{25 \text{ N/cm}^2} = 0,9968 \text{ cm}^2 = 99,68 \text{ mm}^2$$

In der Z-Achse folgt für die Fläche:

$$A = \frac{2 \cdot 24,92 \text{ N}}{25 \text{ N/cm}^2} = 1,9936 \text{ cm}^2 = 199,36 \text{ mm}^2$$

Diese Flächen werden durch mittig eingefügte Nuten in Probenmagazin und Deckel erreicht (siehe Abbildung 5-4). Die Dicke der kühlbaren Aufnahmen wird dabei so hoch wie möglich gewählt, um eine hohe Speicherkapazität zu erhalten.

Die kühlbaren Aufnahmen sind aus Fertigungs- und Montagegründen aus jeweils drei Teilen aufgebaut – der Kühlplatte und zwei Führungsschienen für die Linearfedern (siehe Abbildung 5-4). So können Führungsnuten für die Linearfedern in den Seitenteilen

vorgesehen werden und die Linearfedern mit jeweils einer Schraube vor Montage der Führungsschienen der kühlbaren Aufnahmen an den entsprechenden Positionen montiert werden. Als Werkstoff für die Linearfedern wird der Niedrigtemperatur Edelstahl 1.4568 gewählt, damit es zu keiner Versprödung des Werkstoffes kommt.

Da Probenmagazin und Deckel auf Kryotemperaturen heruntergekühlt sind, kommt es bei diesen Bauteilen zu einer Längenänderung (siehe Kapitel 6). Da dies jedoch bereits vor der Einschleusung ins Vakuum geschieht, erfährt das System Probenmagazin mit Deckel keine Änderung im laufenden Betrieb. Erst bei der Koppelung der Systeme muss diese berücksichtigt werden.

Als Werkstoff für das Probenmagazin, den Deckel und die beiden kühlbaren Aufnahmen wird die Kupferlegierung CuNi1Si (siehe Anhang B *CuNi1Si*) gewählt. Diese Legierung zeichnet sich neben einer hohen Festigkeit auch durch einen hohen Verschleißwiderstand aus. Da Kupfer-Nickel-Legierungen bei tiefen Temperaturen keinerlei Versprödung zeigen, sind diese besonders für Anwendungen in der Kryotechnik geeignet. Die guten Gleiteigenschaften dieser Legierung sind außerdem äußerst vorteilhaft bei der Übergabe bzw. Rückgabe des Probenmagazins in die kühlbare Aufnahme. [20]

5.2 Schleusenkammer

Die Schleusenkammer besteht aus dem Gehäuse der Schleusenkammer, einer Schnellschlusstür, einem Vakuumschieber und der Rohrkreuzung. Zur Beladung der Schleusenkammer wird das Probenmagazin mit den tiefgekühlten Proben durch die Öffnung der Schnellschlusstür in die Schleusenkammer eingesetzt. Das Probenmagazin wird dazu mit dem Deckel in dafür vorgesehene beidseitige Nuten, die sich an der Oberseite der Schleusenkammer befindet, eingeschoben. Oberhalb der beiden Nuten befindet sich eine Kühlplatte, an die der Probendeckel durch sich in die Nuten integrierte Andruckfedern an die Kühlplatte angepresst wird. Dadurch ist während des Einschleusungsvorgangs eine Kühlung der Proben gegeben. Nach Verschließen der Schleusentür wird die Schleusenkammer evakuiert. Nach Unterschreiten einer definierten Druckschwelle öffnet der Vakuumschieber. Durch die Öffnung wird ein Transportschlitten in die Schleusenkammer unterhalb des Probenmagazins gefahren. Die Aufnahme des Probenmagazins in den Transportschlitten erfolgt dabei analog zur Aufnahme des Deckels in der Schleusenkammer mit einem beidseitigen Nutensystem, ebenfalls mit integrierter Kühlplatte. Mit einem Sperrmechanismus wird das Probenmagazin nun auf dem Transportschlitten arretiert und von diesem in den Rezipienten bewegt.

5.2.1 Funktionsprinzip

Der einfache und schnelle Zugang zur Schleusenkommer wird durch eine Schnellschlusstür ermöglicht. Ein Vakuumschieber, der als Absperrventil für Vakuumanwendungen eingesetzt wird, trennt die Schleusenkommer vom eigentlichen Rezipienten. Als Anchlusselement des Vakuumschiebers zum Rezipienten dient eine Rohrkreuzung.

Der Anschluss eines Systems zur Druckmessung gewährleistet eine konstante und exakte Überwachung des Drucks innerhalb der Schleusenkommer. Für eine Kühlmöglichkeit der Aufnahme des Deckels wird ein Anschlussflansch in der Schleusenkommer vorgesehen. Das Abpumpen der Schleusenkommer erfolgt über einen KF16 Flansch durch eine Vakuumpumpe.

5.2.2 Auslegung

Für die Schleusenkommer erweist sich eine exzentrische Geometrie als sinnvoll, um den vorhandenen Raum optimal ausnutzen zu können. Dabei wird die Kommer so ausgelegt, dass sie trotz des größeren Durchmessers ein geringes Volumen von $0,75 \times 10^6 \text{ mm}^3$ aufweist, damit eine geringe Evakuierungszeit eingehalten wird. Ein CF-Flansch als Verbindung zur Schnellschlusstür SST 100 S der Firma VAb (siehe Anhang B Datenblatt VAb Schnellschlusstür) wird zur Befestigung der innerhalb der Schleusenkommer gelagerten Bauteile verwendet (siehe Abbildung 5-5) [23].

Für den Vakuumschieber wird ein Kaufteil ausgewählt. Die Größe DN63 ergibt sich aus der Anforderungsliste. Da die Breite der Schleuse maßgeblich für den zurückzulegenden Fahrweg des Probenmagazins relevant ist, ist es sinnvoll, eine möglichst schmale Schleuse einzusetzen. Schleusen mit einer Normflansch-Anbindung sind aufgrund der Montage zwischen DIN-Flanschen mit Gewindebohrungen ausgestattet, die entsprechend eine gewisse Tiefe benötigen und damit eine größere Gesamtbreite bewirken. Das bedeutet, dass für die Montage solcher Schleusen zwei weitere Norm-Flansche der Größe DN63 benötigt werden, die den Hub deutlich verlängern. Die Firma VAT bietet neben solchen Typen auch Vakuumschieber zur platzsparenden Montage zwischen DIN-Flanschen bzw. Dichtflächen an. Gewählt wird der Vakuumschieber mit Bestellnummer 08136-FA14 (siehe Anhang B Datenblatt VAT Vakuum-Flachschieber) [21].

Das Probenmagazin wird in der Schleusenkommer über den Deckel gehalten. Dazu wurde eine Aufnahme für den Deckel des Probenmagazins analog zu der Aufnahme des Probenmagazins entwickelt (siehe Kapitel 5.1.2). Nach der Evakuierung der Schleusenkommer und dem anschließenden Öffnen des Vakuumschiebers fährt ein Transportschlitten unterhalb des Probenmagazins in die Schleusenkommer. Dabei dürfen alle an der Übergabe beteiligten Komponenten die Innenabmaße des Vakuumschiebers mit

einem Durchmesser von 65,5 mm nicht überschreiten. Durch einen Sperrmechanismus wird das Probenmagazin auf dem Transportschlitten arretiert und von diesem aus der Schleusenkammer in den Rezipienten bewegt. Dort kann es für einen Probengreifer positioniert werden.

Die Montage des Vakuumschiebers erfolgt in seitlicher Lage zwischen der Schleusenkammer und der Rohrkreuzung (siehe Abbildung 5-5), da eine vertikale Ausrichtung eine Kollision mit anderen Systemen hervorrufen würde. Als Dichtung dient jeweils ein O-Ring auf beiden Seiten des Vakuumschiebers, der zwischen dieser und einem jeweiligen kleinen Absatz an der Schleusenkammer bzw. einer Rohrkreuzung, welche als Verbindung zum weiteren Gehäuse-Rohrsystem und dem darunter befindlichen Rezipienten dient, abdichtet. Die geforderte Druckmessung erfolgt basierend auf dem Wärmeleitfähigkeitsprinzip nach Pirani (siehe Kapitel 2.8.2) durch den aktiven Sensor *Thermovac TTR 91 N* der Firma *Leybold* (siehe Anhang B Datenblätter *Thermovac*), [22] der mit einem CF-Flanschsystem an der Schleusenkammer angebracht wird (siehe Abbildung 5-5).

Zur Anbindung eines Kühlaggregats zur Kühlung des Deckels wird ein Rohrstutzen mit abschließendem CF-Flansch vorgesehen, der an ein bestehendes System montiert wird. Die Kühlung erfolgt über ein Dewar-Gefäß (siehe Abbildung 5-4), in dem flüssiger Stickstoff aufbewahrt wird. Der Flüssigstickstoff ermöglicht eine kryogenische Kühlkette über Kupferdrähte bis hin zu der Aufnahme des Deckels. Zur Isolation der tiefkalten Kupferdrähte gegenüber dem Gehäuse dient ein schlecht leitendes dünnwandiges Edelstahlrohr.

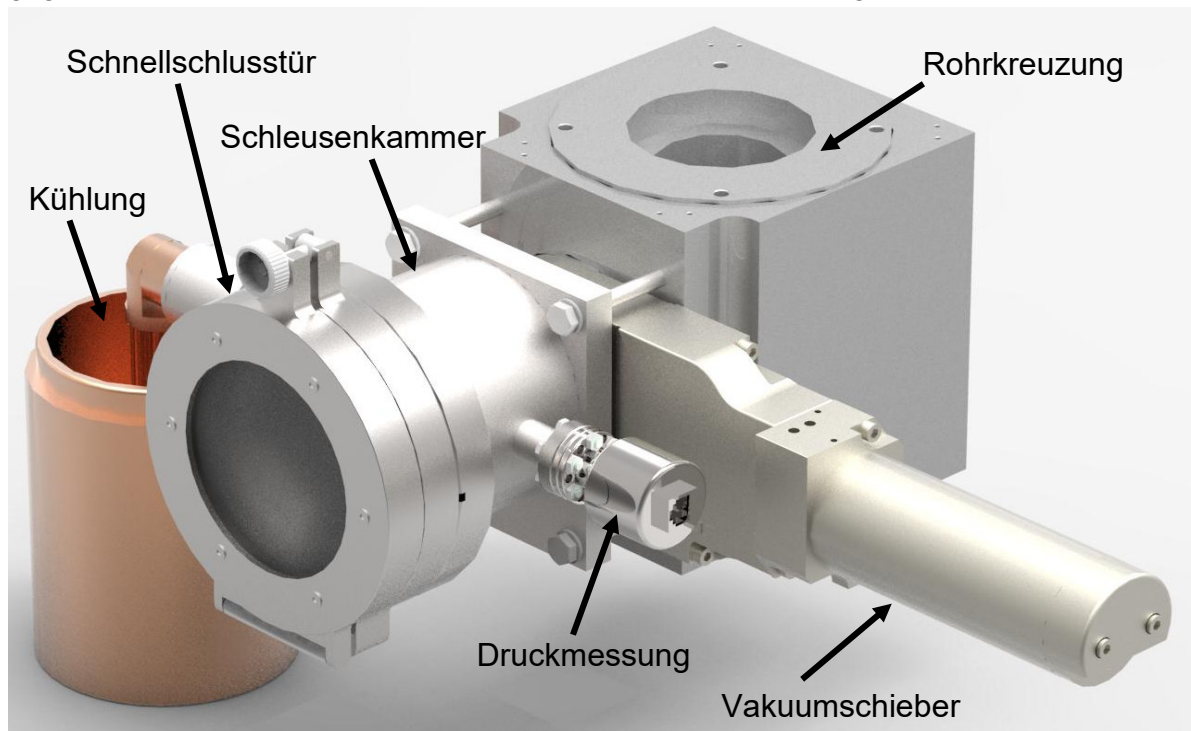


Abbildung 5-5: Gesamtsystem zur Einschleusung der Proben bestehend aus einer Schnellverschlussstür, der Schleusenkammer mit Anschlüssen zur Kühlung und Druckmessung, einem Vakuumschieber und einer Rohrkreuzung.

5.3 Übergabe mit Positionierung der Proben

5.3.1 Funktionsprinzip

Ein Sperrmechanismus ermöglicht die Arretierung des Probenmagazins auf dem Transportschlitten und wird für die Übergabe und die Rückgabe des Probenmagazins benötigt. Der Sperrmechanismus ist an dem angetriebenen Transportschlitten befestigt. Das vom Motor bereitgestellte Drehmoment treibt dabei eine Gewindespindel an, dessen Rotationsbewegung von einer am Transportschlitten befestigten Lagermutter aufgenommen und in eine Linearbewegung gewandelt wird. Die Position des Transportschlittens wird dabei zu jeder Zeit mit einem inkrementellen Encoder-System erfasst.

5.3.2 Auslegung

Das System lässt sich in zwei Teilsysteme unterteilen – den Sperrmechanismus und den Transportschlitten. Diese werden zunächst getrennt voneinander betrachtet und anschließend zusammengefügt.

5.3.2.1 Sperrmechanismus

Der Sperrmechanismus befindet sich an dem Transportschlitten, der dazu dient, das Probenmagazin aus der Schleusenkammer in den Rezipienten zu überführen. Mit dem Sperrmechanismus wird das Probenmagazin an dem Transportschlitten arretiert. Nach dem Öffnen des Vakuumschiebers wird der Transportschlitten unter das sich in der Schleusenkammer befindliche Probenmagazin gefahren. Nun wird der Sperrmechanismus betätigt und das Probenmagazin ist auf dem Transportschlitten arretiert und der Transportschlitten wird zusammen mit dem Probenmagazin in den Rezipienten gefahren, wo der Probengreifer die einzelnen Proben aus dem Magazin auf die Probenposition aufsetzen kann. Nach Beendigung der Messung wird das Probenmagazin zurück in die Schleuse gefahren und der Sperrmechanismus gelöst. Dadurch ist das Probenmagazin freigegeben, der Transportschlitten kann zurück in den Rezipienten gefahren und der Vakuumschieber wieder geschlossen werden. Dieser Sperrmechanismus wird über einen Hubmagneten (siehe Kapitel 2.7.2) mit einem Federblech zum Sperren realisiert (siehe Abbildung 5-6).

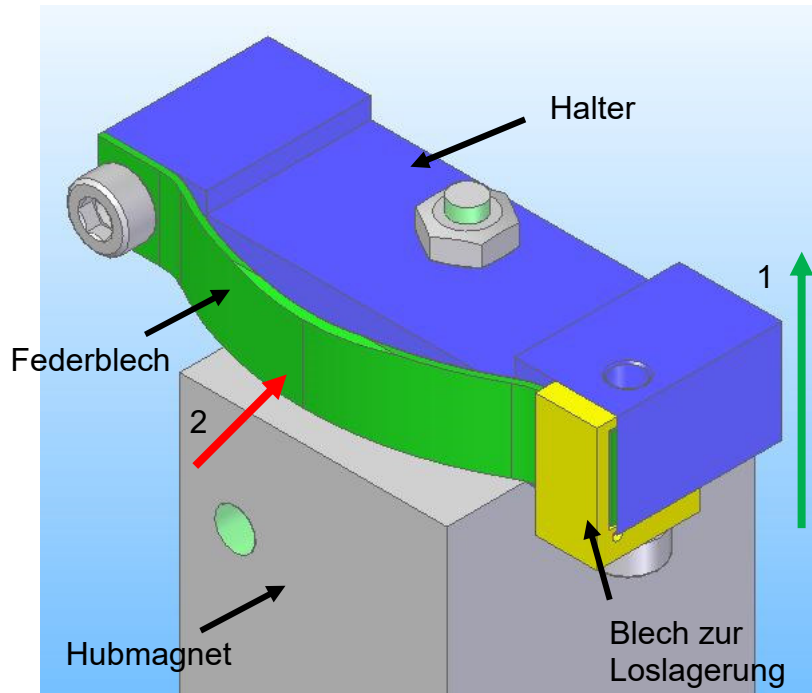


Abbildung 5-6: Hubmagnet mit Federblech: Der Halter (blau dargestellt) fährt in Richtung des grün dargestellten Pfeils (1) aus der Ruheposition nach oben in die Sperrposition. Dabei drückt das Federblech (grün dargestellt) gegen das Probenmagazin und wird in Richtung des rot dargestellten Pfeils (2) zusammengedrückt.

Der Hubmagnet kann zwei definierte Positionen anfahren. Wenn der Transportschlitten in die Schleusenkammer fährt, bleibt der Hubmagnet in der eingefahrenen Position (siehe Abbildung 5-7), sobald das Probenmagazin vollständig in der Aufnahme positioniert ist, wird der Hubmagnet betätigt und fährt somit in die Sperrposition (siehe Abb 5-8). Aus Platzmöglichkeiten wird ein kleiner bistabiler Hubmagnet der Firma *Mannel Magnet*, Artikelnummer 3541242 (siehe Anhang B Datenblatt *Mannel Hubmagnet*), mit einem Hub von 6 mm und einer Kraft von 6 N gewählt [24]. Das Federblech wird dabei so ausgelegt, dass es beim Hochfahren des Hubmagneten zusammengedrückt wird und somit die Rückstellkraft des Federblechs auf das Probenmagazin wirkt und dieses damit in der X-Achse (Verfahrachse) innerhalb der Aufnahme auf dem Transportschlitten positioniert. Das Federblech ermöglicht den Ausgleich von etwaigen Fertigungstoleranzen und Abweichungen der Position des Hubmagneten zum Probenmagazin bedingt durch das Schrumpfen des Probenmagazins aufgrund der kryogenen Temperaturen.

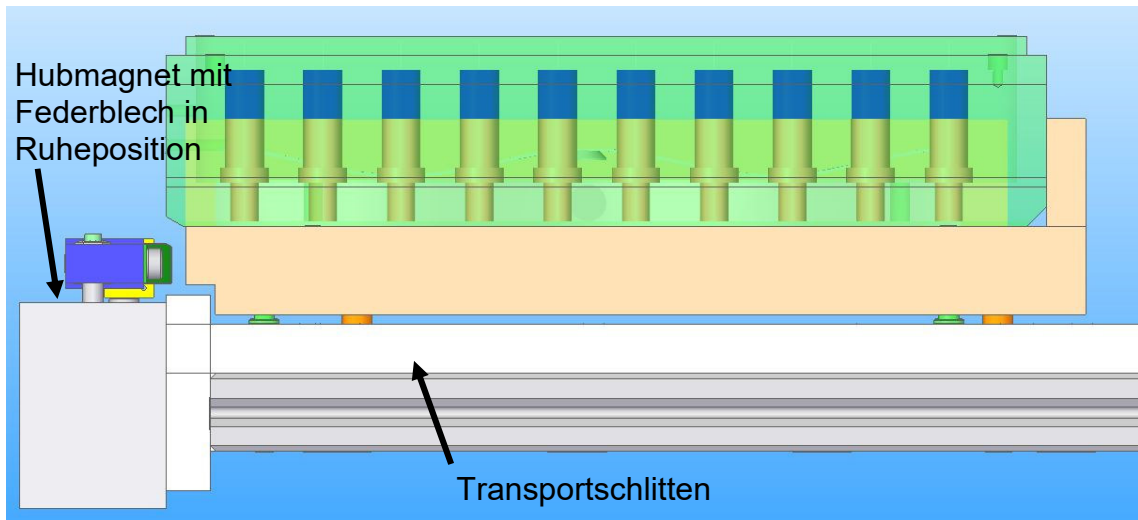


Abbildung 5-7: Sperrmechanismus in Ruheposition: Der Hubmagnet befindet sich in der eingefahrenen Ruheposition und wird mit dem Transportschlitten und der darauf befindlichen Aufnahme unter das Probenmagazin gefahren.

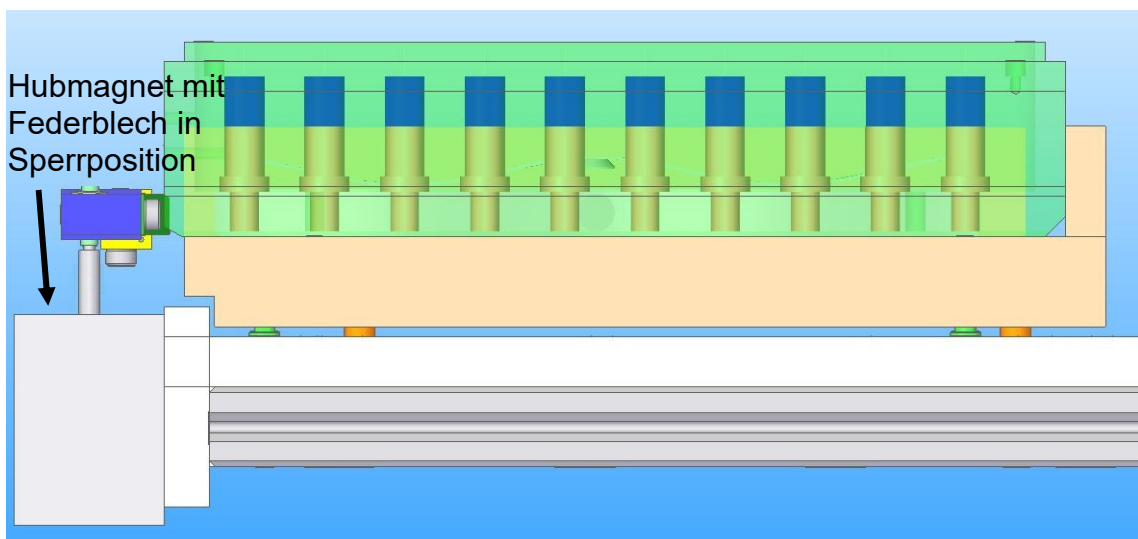


Abbildung 5-8: Sperrmechanismus in Sperrposition: Der Hubmagnet ist ausgefahren und arretiert das Probenmagazin in der Verfahrachse (X-Achse).

Da es innerhalb des Federbleches durch das Zusammendrücken zu Spannungen kommt, erfolgt die Auslegung mittels einer FE-Simulation. Bei der Entwicklung werden dabei verschiedene Varianten des Federblechs betrachtet. Die Lösungsfindung verläuft als iterativer Prozess, bei dem eine Variante konstruiert und in einer FE-Simulation untersucht wird. Ist das Ergebnis nicht zufriedenstellend, werden die Parameter dieser Variante verändert. Dieser iterative Prozess, der schematisch in Abbildung 5-9 dargestellt ist, erfolgt so lange, bis die geforderten Kriterien der Konstruktion erfüllt werden.

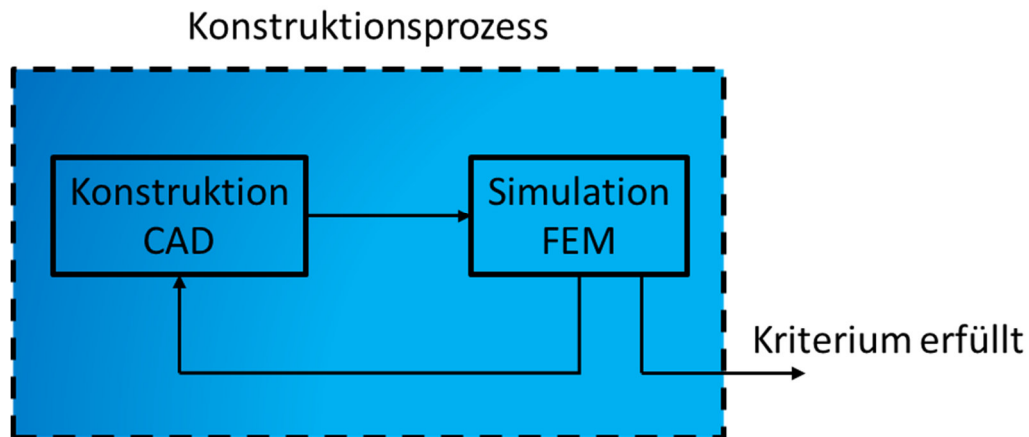


Abbildung 5-9: Schemadarstellung eines Konstruktionsprozesses.

Die Berechnungen der Modelle erfolgen mit dem FEM-Programm ANSYS. Die Modelle werden dabei auf die wesentliche Struktur reduziert. Unwesentliche Details, wie Bohrungen, führen zu einer Verfeinerung des Netzes und einer daraus folgenden höheren Knotenanzahl. Da sich die Federbleche sichtbar verformen, wird bei der Berechnung in ANSYS mit großen Verformungen gerechnet (siehe Kapitel 2.9).

Als Werkstoff für das Federblech wird eine tieftemperaturtaugliche Titanlegierung gewählt, die sich neben einer vergleichsweise geringen Wärmeleitfähigkeit (siehe Anhang Abbildung A-1) durch eine bereits bei Raumtemperatur hohe Streckgrenze auszeichnet, die mit fallender Temperatur noch deutlicher ansteigt (siehe Anhang Abbildung A-2). Eine bis 100 K ansatzweise konstante Bruchdehnung (siehe Anhang Abbildung A-2) gewährleistet, dass es zu keiner Versprödung des Werkstoffes bei diesen Temperaturen kommt. Eine Zusammenfassung der Werkstoffeigenschaften befindet sich im Anhang Tabelle A-3.

Die Geometrie besteht aus einer einfachen Blattfeder (siehe Abbildung 5-10). Die Lagerung wird zunächst als eine Fest-Festlagerung definiert. Dazu werden die beiden äußeren Flächen der Blattfeder als fixierte Lagerung definiert. Ein Absatz an der Verschiebungsstelle der Blattfeder (siehe Abbildung 5-10) dient der einfachen Aufbringung der Verschiebung. Die Betrachtung verschiedener Varianten und Verschiebungen zeigt, dass stets maximale Spannungen von über 1000 MPa auftreten, die sich auf die eingeschränkte Verformung der Feder zurückführen lassen.

Aufgrund der zu hohen Spannungen wird für das Blech daraufhin eine Fest-Loslagerung vorgesehen. Dazu wird eine äußere Fläche als fixierte Lagerung und die andere Fläche als reibungsfreie Lagerung zur festen Fläche definiert, sodass die Feder entlang der X-Achse beweglich ist. Mit dieser Lagerung werden deutlich geringe Spannungen erreicht. Als Lösungsvariante hat sich ein Federblech mit den Daten aus Tabelle A-4 ergeben:

Mit einer Verschiebung von 0,5 mm wird eine maximale Spannung von etwa 470 MPa in den in Abbildung 5-10 rosa eingefärbten Bereichen erreicht, die deutlich unterhalb der Streckgrenze des gewählten Werkstoffes liegt. Die höheren Spannungen, die von ANSYS

ausgegeben werden, resultieren aus dem Absatz an der Blattfeder, da dort eine virtuelle Kerbe vorliegt (siehe Abbildung 5-10).

Eine Verschiebung in der X-Achse von etwa $0,27\text{ mm}$ (siehe Abbildung 5-11) wird über eine Führung des Loslagers ermöglicht. Das Probenmagazin wird von der durch die Feder resultierenden Kraft von $13,8\text{ N}$ in der X-Achse fixiert.

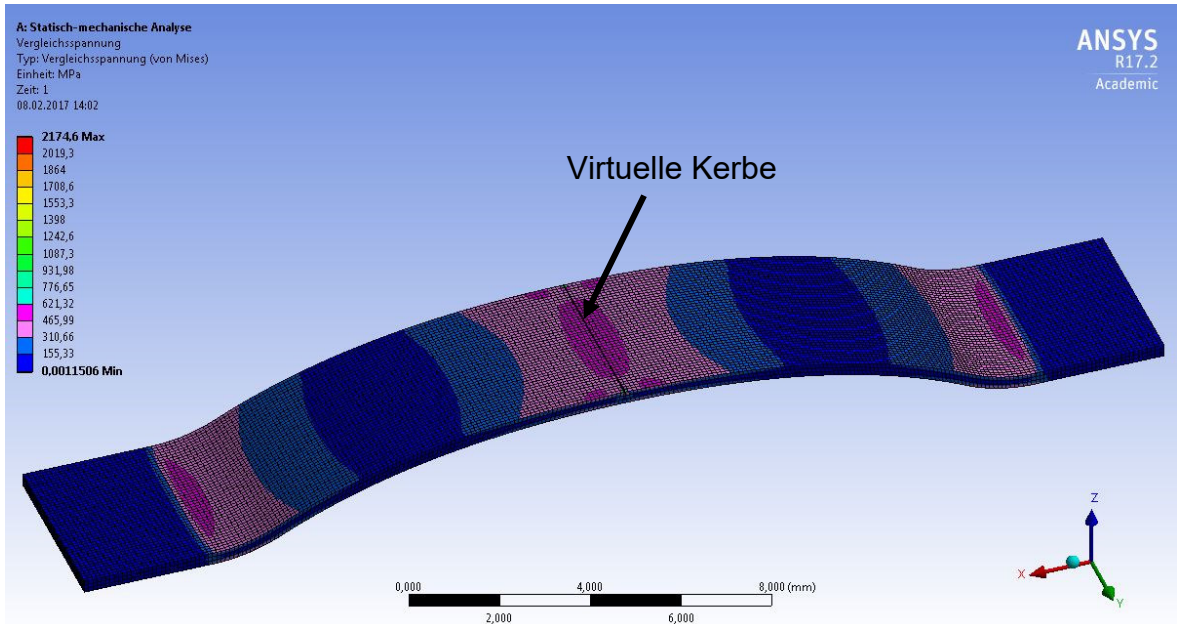


Abbildung 5-10: Berechnete Spannungen im Federblech.

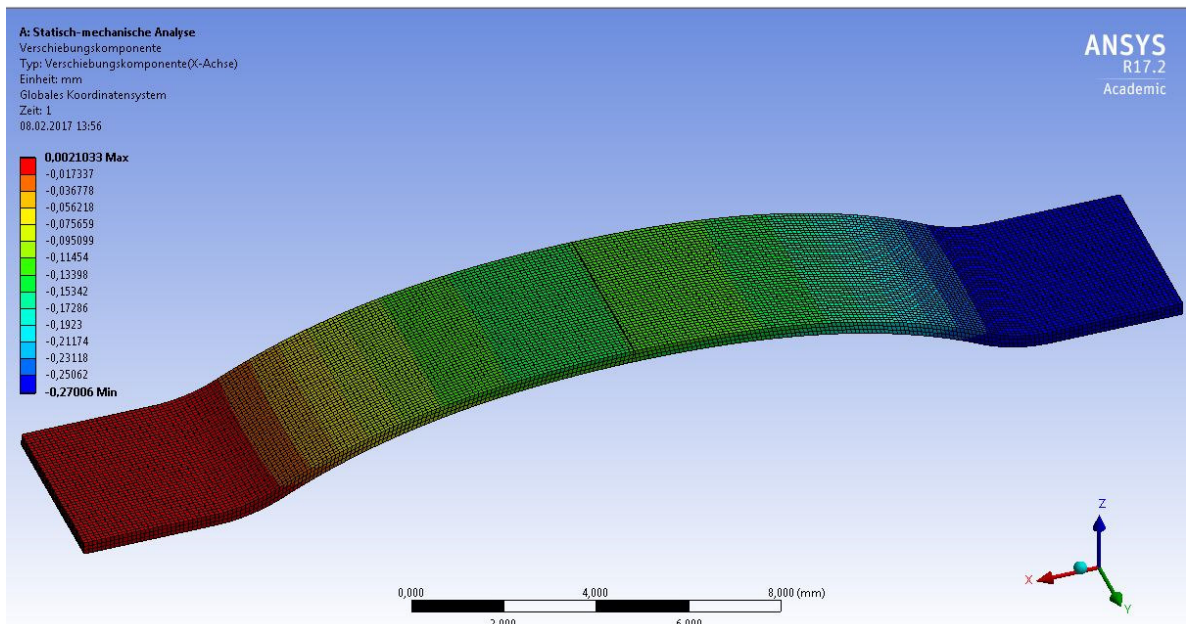


Abbildung 5-11: Berechnete Verschiebung in der X-Achse des Federblechs.

Kapitel 5 Lösungsfindung

Die Loslagerung wird über ein Blech (siehe Abbildung 5-6 gelbe Komponente) realisiert, welches als Führung der Bewegung in der X-Achse dient. Die Festlagerung erfolgt über eine einzelne Verschraubung in den Halter (siehe Abbildung 5-6 blaue Komponente), der mit einer Mutter an dem Hubmagneten befestigt wird (siehe Abbildung 5-6). Eine exakte Ausrichtung der Feder um die Z-Achse kann z.B. über einen Aufbau aus Parallelstücken oder an einem Testaufbau des entwickelten Konzepts mit dem Probenmagazin erfolgen.

Damit das Probenmagazin beim Einfahren des Transportschlittens in die Schleusenkammer nicht in Richtung der Schnellschusstür zurückgedrückt wird, wird ein zusätzlicher Sperrmechanismus eingesetzt. Dieser besteht aus einem Hubmagneten mit einer Gleitbuchse (siehe Abbildung 5-10) und ist nahe der Schnellschusstür auf einem Halter (siehe Abbildung 5-10 klargrüne Komponente) in der Schleusenkammer angebracht. Nach dem Schließen der Schnellschusstür arretiert dieser das Probenmagazin in der entsprechenden Aufnahme. Damit der Deckel bei diesem Vorgang nicht verrutscht, wird dieser bei dem Verfahren des Transportschlittens in die Schleusenkammer durch den gleichen Sperrmechanismus, wie er am Transportschlitten montiert ist, arretiert. Sobald der Hubmagnet am Transportschlitten in die Hubendlage gefahren ist und damit das Probenmagazin in der Verfahrachse sperrt, fährt der Hubmagnet mit Gleitbuchse in seine Anfangslage zurück und gibt das Probenmagazin frei. Für die Rückgabe wird mit Erreichen der Endlage des Probenmagazins der Hubmagnet am Transportschlitten in die Hubanfangslage gefahren und damit das Probenmagazin freigegeben. Der Hubmagnet mit Gleitbuchse sperrt die Bewegung des Probenmagazins in der Verfahrachse, sodass der Transportschlitten samt Aufnahme wieder zurück in den Rezipienten fahren kann. Zur Entnahme des Probenmagazins aus der Schleusenkammer zum Ende des Experiments werden die beiden Hubmagnete am Probenmagazin und dem Deckel in die Anfangslage gefahren und geben damit das System Probenmagazin frei.

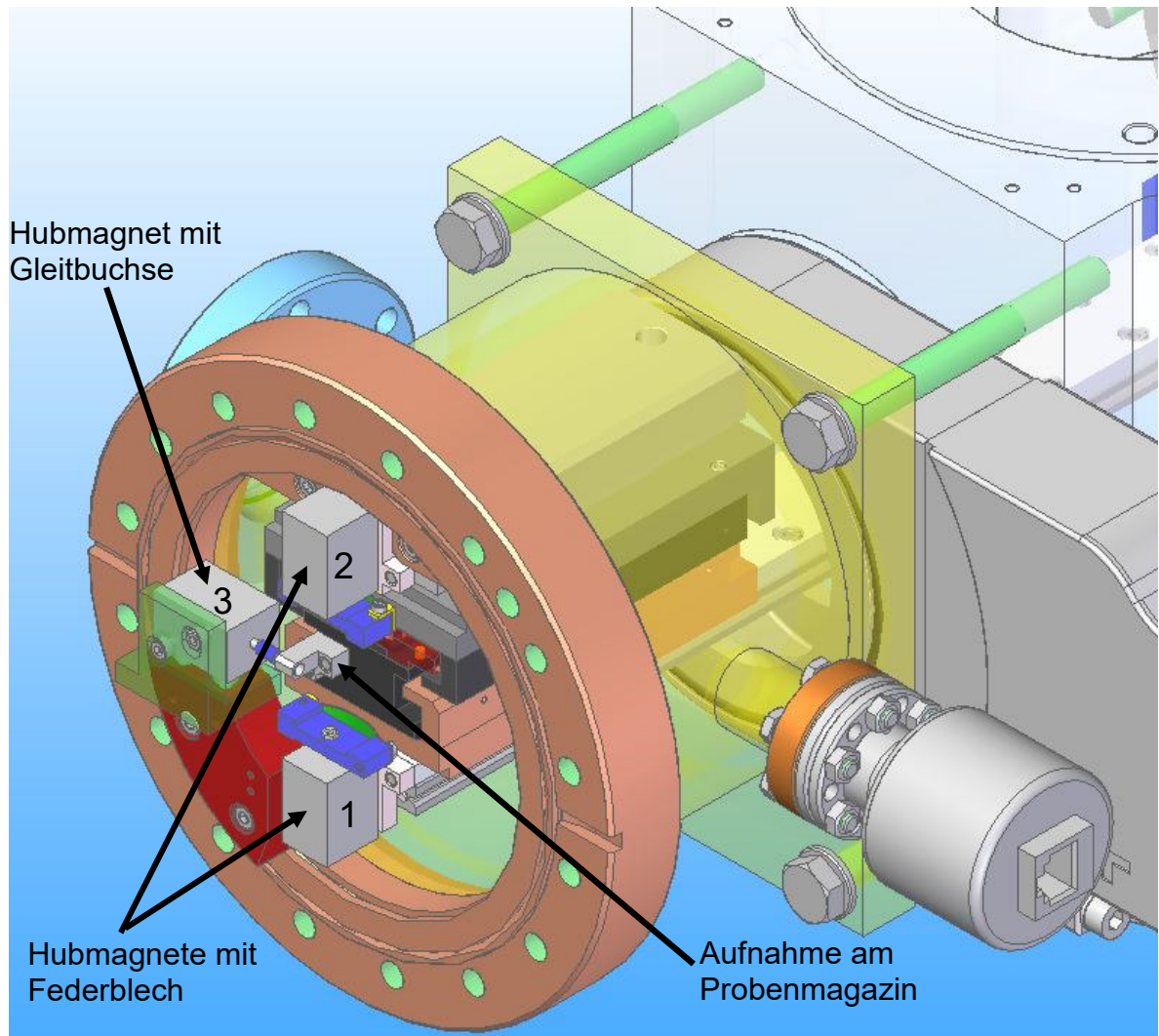


Abbildung 5-12: Probenmagazin innerhalb der Aufnahme auf dem Schlitten in der Schleusenammer: Für die Übergabe wird vor Einfahren des Schlittens in die Schleusenammer der Hubmagnet 2 in Sperrposition gefahren, um den Deckel zu arretieren. Folgend wird Hubmagnet 1 nachdem sich das Probenmagazin vollständig in der Aufnahme auf dem Schlitten befindet in Sperrposition gefahren. Für die Rückgabe wird der Hubmagnet 3 in eine Aufnahme am Probenmagazin gefahren und der Hubmagnet 1 fährt in Ruheposition. So kann der Schlitten ohne das Probenmagazin zurück in den Rezipienten fahren.

Linearverstellung

Die Lösungsfindung der Linearverstellung erfolgt mit einem morphologischen Kasten, in dem die einzelnen Lösungselemente dargestellt werden.

Tabelle 5-1: Morphologischer Kasten - Linearverstellung

1. FE	2. FE	3. FE	1	2	3	4
Probenschleuse	Antrieb	Antrieb	Trapezgewinde -spindel	Kugelumlauf- spindel	Feingewinde- spindel	Micro-Pusher
		Motor	DC-Motor	Getriebe- motor	Schrittmotor	
		Lagerung	Rillenkugel- lager	Kegelrollen- lager	Zylinderrollen- lager	Schrägkugel- lager
		Führungen	Linear- führungen gleichlang	Linear- führungen ungleich lang	Linear- führungen mit Umlaufkörper	Monorail

Antrieb

Als Bewegungsspindel wird eine Trapezgewindespindel gewählt. Diese werden zumeist für die Umwandlung einer Rotations- in eine Translationsbewegung eingesetzt. Zusammen mit einer Trapezgewindemutter bildet sich ein Trapezgewindetrieb. Wird die Spindel axial fest gelagert, führt eine Drehbewegung der Spindel zu einer Längsbewegung der Mutter entlang der Spindel. Trapezgewinde sind dicker als metrische Gewinde und weisen einen Flankenwinkel von 30° auf. Da das Probenmagazin lediglich für die Übergabe bzw. die Rückgabe einen größeren Weg zurücklegen muss und ansonsten nur kurze Wege gefahren werden müssen, spielt der hohe Reibungskoeffizient nur eine nebensächliche Rolle. Die dadurch entstehende Wärme ist entsprechend gering und hat somit keinen negativen Einfluss auf den Gesamtaufbau.

Aus konstruktiven Gründen wird eine Trapezgewindespindel der Größe *Tr8x1,5* (siehe Anhang B Datenblatt *Gewindespindel*) in Kombination mit einer Trapezgewindemutter gewählt.

Motor

Als Antrieb wird ein Schrittmotor (siehe Kapitel 2.7.1) der Firma *Phytron Elektronik* verwendet, der über eine Kupplung an die Spindel angebunden wird. Dieser Motor ermöglicht eine präzise Ansteuerung und stört durch den Verzicht auf ein Getriebe und das damit einhergehende Getriebespiel die Genauigkeit nicht. Da sich Antriebsmotoren im Vakuum sehr schnell erhitzen – abhängig von der Einschaltdauer –, wird dieser mit einem

Kapitel 5 Lösungsfindung

Kupfergeflecht umwickelt, das mit dem Vakuumtank wird, um die fehlende Konvektion auszugleichen und dabei eine Wärmeabfuhr zu ermöglichen, damit eine Überhitzung des Schrittmotors vermieden wird.

Die Schrittmotoren von *Phytron Elektronik* laufen standardmäßig mit dem halben Nennstrom mit 200 Umdrehungen pro Minute. Dies ermöglicht einen Dauerbetrieb, da mit diesen Einstellungen eine Beharrungstemperatur mit sicheren Temperaturgrenzen erreicht wird.

Für die Berechnung des notwendigen Antriebsmoments unter Verwendung einer Trapezgewindespindel für die bewegte Masse folgt:

$$m = 1,3 \text{ kg}$$

$$\mu_0 = 0,1 \text{ (Annahme, da keine Angaben vom Hersteller vorliegen)}$$

$$p_s = 1,5 \text{ mm}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F_g = m \cdot g = 1,3 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 12,753 \text{ N}$$

$$F_H = \mu_0 \cdot F_g = 0,1 \cdot 12,753 \text{ N} = 1,2753 \text{ N}$$

$$F_{Magnet} = 4 \cdot g \cdot 0,13 \text{ kg} = 5,1012 \text{ N}$$

$$F_{Last} = F_H + F_{Magnet} = 6,3765 \text{ N}$$

$$M = \frac{F_{Last} \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot \eta} = \frac{6,3765 \text{ N} \cdot 1,5 \text{ mm}}{2 \cdot \pi \cdot 0,67} = 2,27 \text{ Nm}$$

Die Berechnung zeigt, dass theoretisch bereits ein kleiner Schrittmotor ausreicht, um das notwendige Antriebsmoment zu erreichen. Da in der Berechnung jedoch einige Gesichtspunkte nicht betrachtet werden, fällt die Wahl auf einen größeren Schrittmotor. So kann unter anderem bei einer möglichen Schiefstellung der Spindel zur Gewindemutter eine höhere Reibung entstehen und damit ein schlechterer Wirkungsgrad vorliegen. Des Weiteren muss das Antriebsmoment des Motors ausreichen, um sowohl das Probenmagazin bei der Übergabe in die Aufnahme mit den in den Führungsschienen montierten Linearfedern zu führen, als auch eine mögliche Eisschicht zwischen den Magneten im Deckel und den Eisenkernen im Probenmagazin zu überwinden. Ebenso wird das Trägheitsmoment des Motors in der Berechnung nicht betrachtet. Daher wird mit dem Schrittmotor VSS 33 (siehe Anhang B Datenblatt *Schrittmotor Phytron Electronic*) [28] mit einem Drehmoment von ca. 45 mNm ein deutlich größerer Motor gewählt.

Mit der gewählten Spindel und dem gewählten Motor ergibt sich eine Auflösung von:

$$z = \frac{w}{360} \cdot \frac{p}{i} = \frac{1,8}{360} \cdot \frac{1,5 \text{ mm}}{1} = 0,0075 \text{ mm} = 7,5 \text{ } \mu\text{m}$$

Lagerung

Für die Lagerung der Trapezgewindespindel wird eine Fest-Los-Lagerung bestehend aus zwei Rillenkugellagern gewählt, da in dieser Größenordnung keine anderen Lagerarten verfügbar sind. Aufgrund der relativ hohen Reibung kann es zu einer Erwärmung der Spindel im laufenden Betrieb kommen. Damit diese Temperatúrausdehnungen nicht zu Spannungen in der Spindel führen, wird eine Fest-Loslagerung gewählt (siehe Abbildung 5-13). So wird eine Verformung der Spindel oder eine Beschädigung der Lager verhindert. Zum Ausgleich von Winkelfehlern wird eine Kugelscheibe (siehe Abbildung 5-13) zwischen dem Festlager und dem Lagerbock verwendet, sodass ein Verkanten der Spindel verhindert wird. Aus konstruktiven Gründen werden zwei unterschiedliche Größen von Rillenkugellagern (siehe Anhang B Datenblätter *Rillenkugellager 619-5-2Z* und *Rillenkugellager 635-2Z*) gewählt. Dabei wird das größere der beiden Lager mit der Kugelscheibe über einen Sicherungsring als Festlager ausgelegt. Über eine Distanzbuchse und eine Mutter, die gegen ein Losdrehen mit einem Gewindestift auf der Trapezgewindespindel positioniert wird, wird der Innenring des Loslagers festgesetzt.

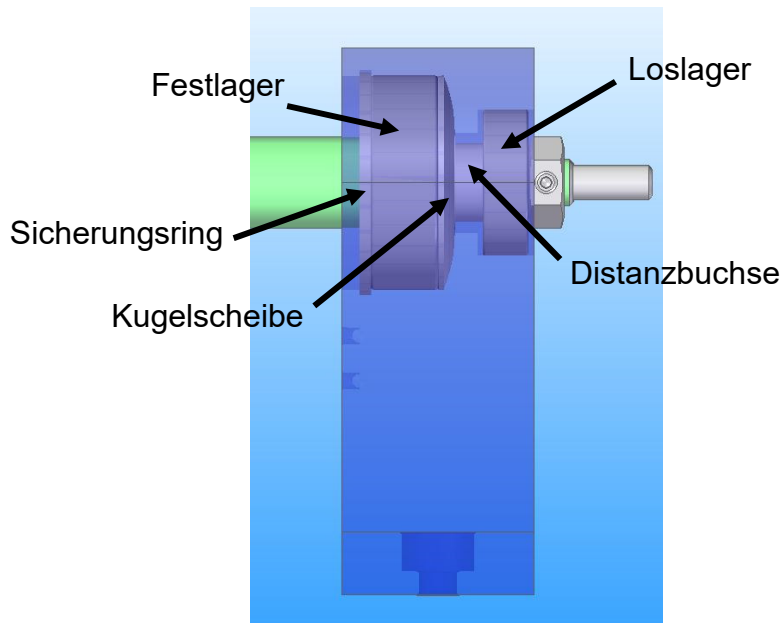


Abbildung 5-13: Fest-Loslagerung der Spindel: Festlager wird durch einen Sicherungsring und eine Kugelscheibe am Außenring festgelagert. Die Innenringe von Fest- und Loslager werden von der Spindel, der Distanzbuchse und einer Mutter gelagert. Die Kugelscheibe dient dem Ausgleich von Winkelfehlern.

Führungen

Die Linearführungen dienen dem Transfer des Probenmagazins von der Schleusenammer in den Rezipienten. Dabei müssen sie einen Verfahrweg von 140 mm aufweisen und eine freie Apertur mit einem Durchmesser von etwa 40 mm – unter der Annahme von einem Durchmesser von 25 mm für den Aufbau des Probengreifers und einem lateralen Verfahrweg von $\pm 5\text{ mm}$ – zum Durchfahren für den Probengreifer bereitstellen, damit dieser am Probenmagazin vorbei zur Probenaufnahme im Tank gelangen kann. Der Verfahrweg ergibt sich aus der Länge des Probenmagazins, der Breite der Probenschleuse und der Länge der Schleusenammer.

Die Wahl fällt auf eine Kombination aus Linearführung und Umlaufkörper, da diese Systeme für einen theoretisch unbegrenzten Hub, der einzig durch die Länge der Führungsschiene beschränkt wird, geeignet sind und durch die freie Positionierung des Umlaufkörpers der gesamte Bereich der notwendigen Apertur unberührt bleibt. Die Umlaufkörper werden so positioniert, dass sie kurz hinter der Apertur beginnen. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Linearführung zu keiner Zeit aus dem Umlaufkörper herausläuft.

Es werden der Umlaufkörper *SKC 3-075* und die Linearführung *R3* (siehe Anhang B Datenblatt *Linearführungskatalog Schneeberger*) [29] der Firma *Schneeberger* gewählt. Die Länge der Linearführungen wird konstruktionsbedingt auf 350 mm festgelegt und in einem beweglichen Transportschlitten gelagert.

Gesamtaufbau

In der Abbildung 5-14 ist der Gesamtaufbau des Übergabesystems dargestellt. Die Umlaufkörper und die Lagerungen für die Antriebseinheit befinden sich aus fertigungstechnischen Gründen auf zwei Grundplatten, die miteinander verschraubt sind.

Die Trapezugewindemutter wird in einem Lagerbock auf dem Transportschlitten gelagert und führt damit die lineare Bewegung, die sich durch die Rotation der Spindel ergibt, die weiter an den Transportschlitten geleitet wird.

Der Spindelantrieb ist zum Ausgleich eines möglichen Radial- und Axialversatzes über eine einteilige elastische Kupplung der Firma *Maedler* – Artikelnummer *60540504* (siehe Anhang B Datenblatt *Maedler Kupplung*) [30] – mit dem Motor verbunden.

Zur Führung ist ein Halter am anderen Ende der Spindel vorgesehen, in dem sich eine Führungsbuchse befindet, die die Spindel in ihrer Position hält.

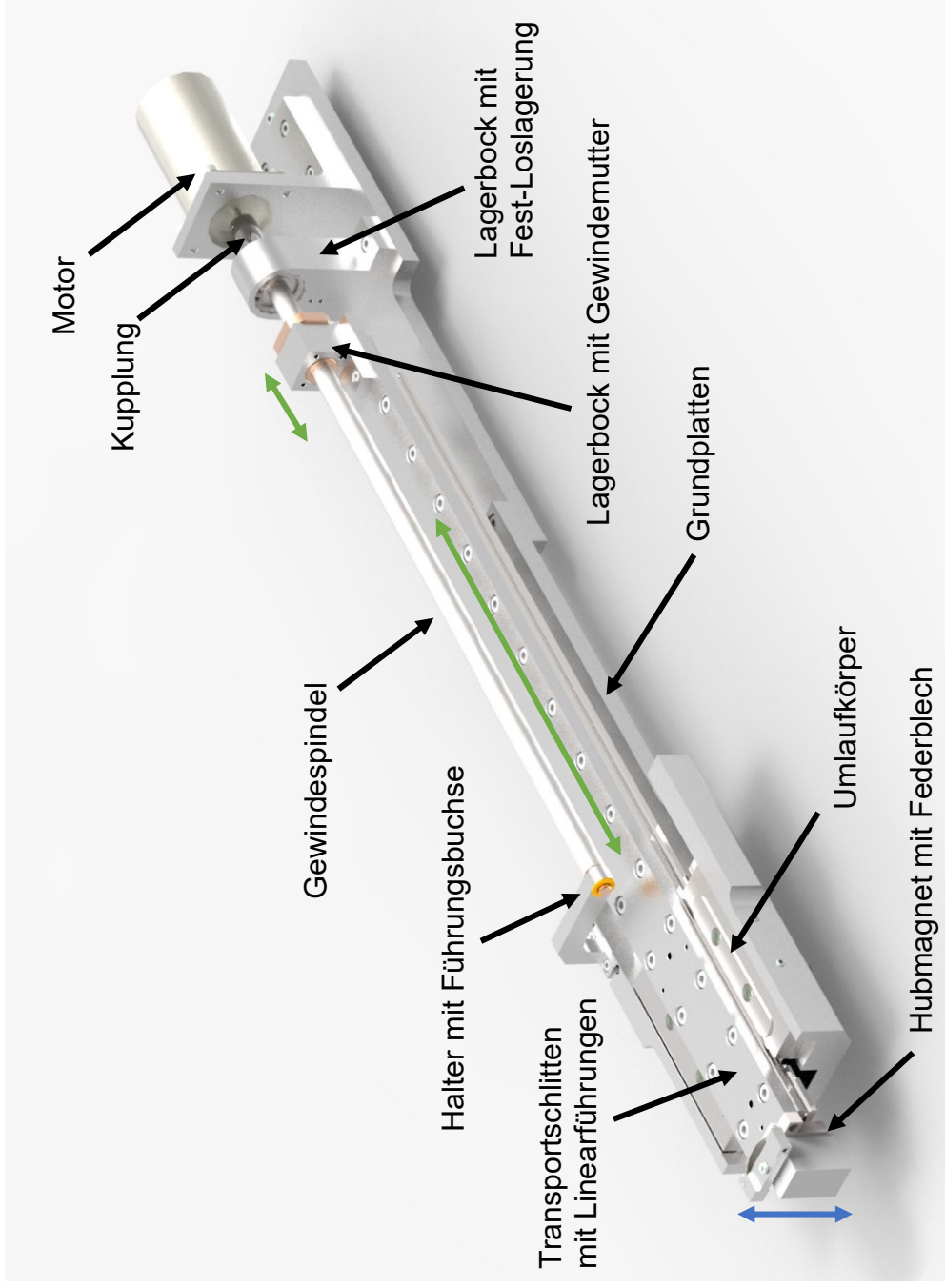


Abbildung 5-14: Gesamtaufbau des Systems Übergabe: Der Transportschlitten fährt in Richtung des grünen Pfeils zwischen der Schleusenammer und dem Rezipienten hin und her. Der Antrieb erfolgt über einen Motor, dessen Rotationsbewegung über eine Kupplung an die Gewindespindel weitergeleitet wird und durch eine Gewindemutter in eine Linearbewegung in Richtung des grünen Pfeils umgewandelt wird. Als Sperrmechanismus wird ein Hubmagnet mit Federblech verwendet, das an der Vorderseite des Transportschlittens montiert ist und zwischen einer Ruheposition und einer Sperrposition entlang des blauen Pfeils umschalten kann.

6 Gesamtsystem

Die entwickelte Probenschleuse besteht aus einem modularen Rohrsystem, das flexibel für die Röntgenmikroskopie eingesetzt werden kann.

Mit einem Gesamtgewicht von $m \cong 29 \text{ kg}$ ist die Probenschleuse im gewünschten Rahmen (siehe Kapitel 3). Vorhandene freie Volumina innerhalb des Rezipienten wurden dabei so klein wie möglich gehalten.

In Abbildung 6-1 ist das Gesamtsystem dargestellt, das sich in drei Bereiche unterteilt: Schleusenkammer, Rohrkreuzung und Antriebseinheit. Die Schleusenkammer wird durch den Vakuumschieber von der Rohrkreuzung getrennt. Der Bereich hinter der Rohrkreuzung besteht aus einem Aluminiumrohr, welches über einen ISO-F-Flansch an der Rohrkreuzung verschraubt wird und auf der anderen Seite über ein weiteres ISO-F-Flanschsystem den Rezipienten abschließt. Dort erfolgt die Lagerung der Antriebseinheit auf einem System aus Grundplatten.

Für die elektronischen Bauteile müssen elektrische Leitungen zur Steuerung und Regelung beziehungsweise zum Messen ins Vakuum geführt werden. Dies erfolgt über Vakuumdurchführungen, die an der Vakuum- und der Luftseite elektrisch kontaktiert werden können und ebenfalls an der Rohrkreuzung befestigt werden können. Die Leitungen, die innerhalb der Schleusenkammer benötigt werden, können über den CF-Flansch zugeführt werden, der als Anschluss für die Kühlung der Aufnahme des Deckels verwendet wird. Die Durchführungen bestehen in der Regel aus einem Gehäuse und einem Isolierkörper mit mehreren Kontaktstiften. Die Rohrkreuzung dient weiterhin als Anschluss eines Systems für einen Probengreifer, sowie als Anbindung zu dem Vakuumtank.

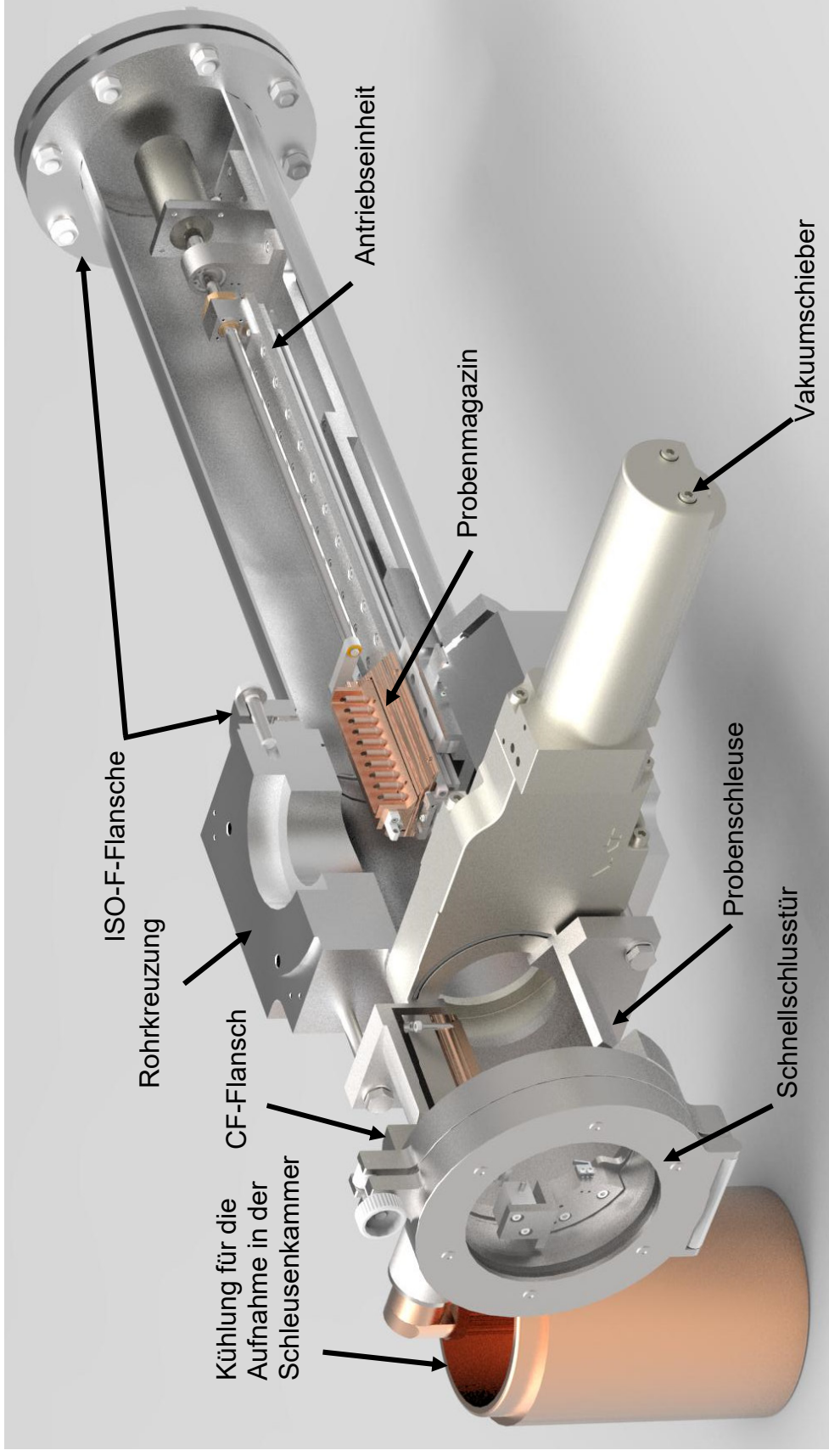


Abbildung 6-1: Aufbau des Gesamtsystems: Unterteilung in Schleusenammer, Rohrkreuzung und Antriebseinheit – Probenmagazin befindet sich in der Position, in der ein Greifer zur Probenaufnahme durch die Rohrkreuzung in den Rezipienten durchgreifen kann. Die Antriebseinheit ist in einem Rohr mit ISO-F-Flanschen gelagert. Eine Schnellschlussstür mit Sichtfenster verschließt die Schleusenammer über einen CF-Flansch. Die Kühlung für die Aufnahme des Deckels ist über ein CF-Flanschsystem an der Schleusenammer angeschlossen. Ein Anschluss zur Druckmessung und für die Vakuumpumpe befindet sich ebenfalls an der Schleusenammer (im dargestellten Schnitt nicht zu sehen).

Lagerung der Antriebseinheit

Das System aus Grundplatten, auf dem die Antriebseinheit gelagert wird, ist mit einer Fest-Loslagerung (siehe Abbildung 6-3), die ein Verspannen der Bauteile bei der Evakuierung des Rezipienten verhindert, gelagert. Die Festlagerung erfolgt durch einen Halter (siehe Abbildung 6-2 schwarze Komponente), der in der Rohrkreuzung verschraubt wird und in dem die Verschraubung für die Grundplatte erfolgt. Um eine Justierung in der Höhe zu ermöglichen, hat das Grundplattensystem einen Gewindestift als Auflagerpunkt. Zur Vermeidung einer Durchbiegung des Grundplattensystems kann dieses mittig unterfüttert werden.

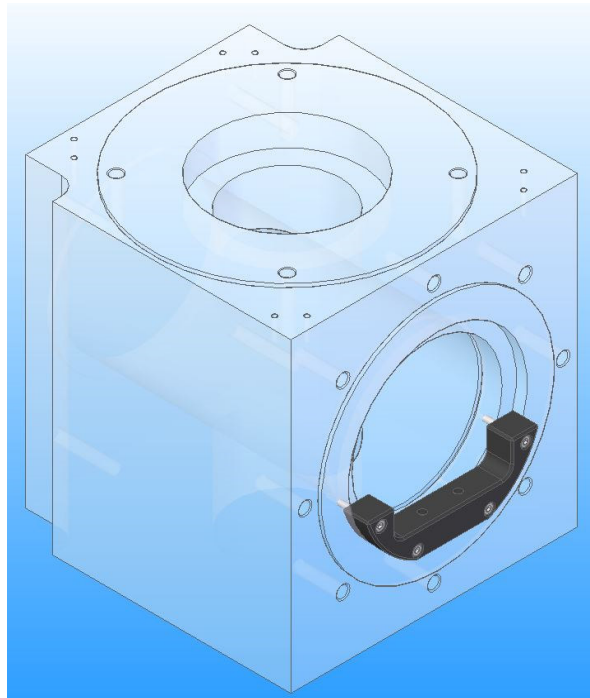


Abbildung 6-2: Halter zur Festlagerung in der Rohrkreuzung.

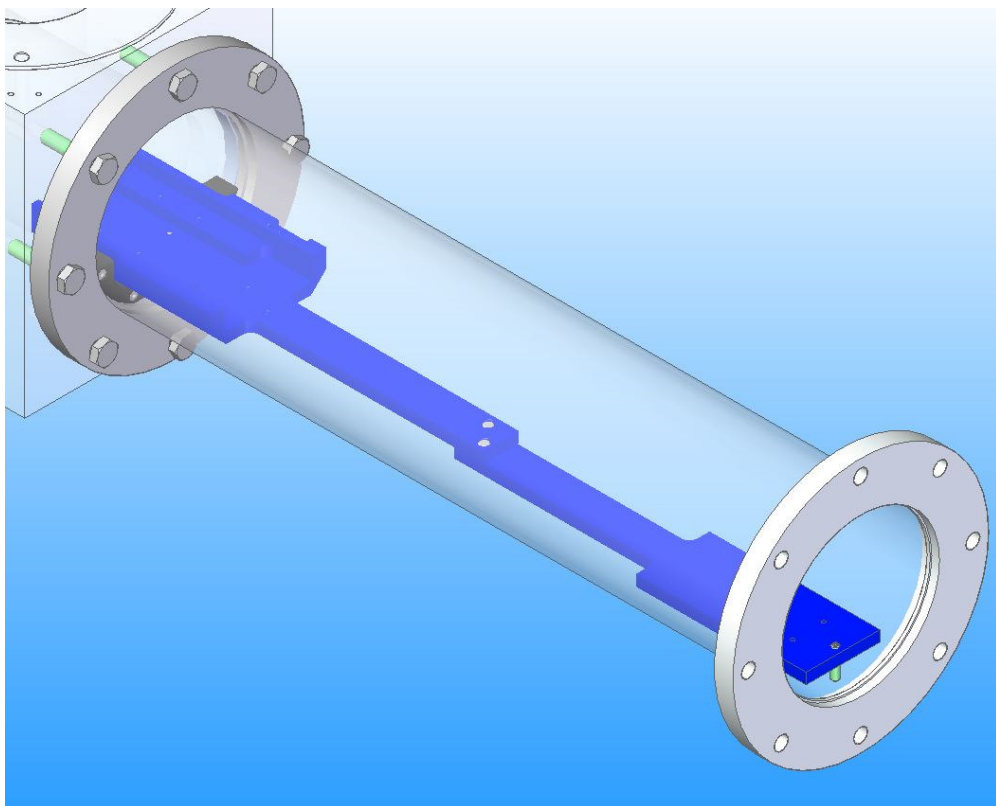


Abbildung 6-3: Fest-Loslagerung der Grundplatten im Rezipienten über den Halter zur Festlagerung und einen Gewindestift zur Loslagerung.

Lagerung der kühlbaren Aufnahme mit Übergabesystem

Die Aufnahme wird auf dem Transportschlitten auf drei Stiften (siehe Abbildung 6-4 grüne Komponente) gelagert und bietet damit nur eine geringe Fläche, über die der Wärmestrom ablaufen kann. Für eine vollständig definierte Positionierung wird die Aufnahme mit schlecht leitenden Schrauben aus PEEK (siehe Abbildung 6-4 orange Komponente) in den Transportschlitten verschraubt.

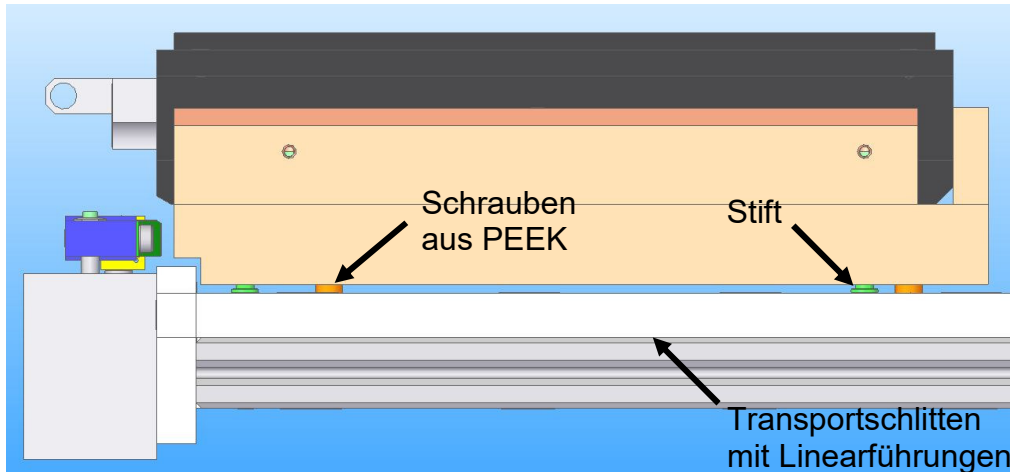


Abbildung 6-4: Lagerung der kühlbaren Aufnahme und der Übergabe auf/an dem Transportschlitten. Das System für die Übergabe wird mittels eines Halters an der Vorderseite des Transportschlittens montiert (siehe Abbildung 6-4). Das Federblech wird dabei so zum Probenmagazin ausgerichtet, dass die Verschiebung sowie auch die Längenänderung, die durch das Herunterkühlen auf Kryotemperaturen zustande kommt, berücksichtigt werden.

$$\alpha_{Cu,100K} = 10 \cdot 10^{-6} 1/K$$

$$\Delta l = \alpha_{Cu,100K} \cdot l_0 \cdot \Delta T = 10 \cdot 10^{-6} 1/K \cdot 90 \text{ mm} \cdot (293,15 \text{ K} - 100 \text{ K}) = 0,17 \text{ mm}$$

$$l = l_0 \cdot (1 - \alpha_{Cu,100K} \cdot \Delta T) = 89,83 \text{ mm}$$

Das Federblech wird zur Übergabe um insgesamt $0,5 \text{ mm}$ gestaucht. Damit muss das Federblech um ca. $0,67 \text{ mm}$ in der X-Achse zum Probenmagazin ausgerichtet werden. Dies ist über eine Nut in dem Halter des Federblechs möglich.

Für die Über- beziehungsweise Rückgabe des Probenmagazins wird eine deutlich geringe Zeit benötigt als in der Anforderungsliste gefordert wird.

$$s = 2 \cdot 140 \text{ mm} = 280 \text{ mm}$$

$$p_s = 1,5 \text{ mm}$$

$$n = 400 \text{ U}/_{\text{min}} = 6,67 \text{ U}/_s$$

$$v = p_s \cdot n = 1,5 \text{ mm} \cdot 6,67 \text{ U}/_s = 10 \text{ mm}/_s$$

$$t = \frac{s}{v} = \frac{280 \text{ mm}}{10 \text{ mm/s}} = 28 \text{ s}$$

Lagerung in der Schleusenammer

Innerhalb der Schleusenammer wird die Aufnahme des Deckels über eine Grundplatte (siehe Abbildung 6-5 grüne Komponente), die im CF-Flansch verschraubt wird, gelagert. Zwei geringe Auflageflächen ermöglichen hier einen geringen Wärmestrom von der Aufnahme (siehe Abbildung 6-5 schwarze Komponente) zur Grundplatte.

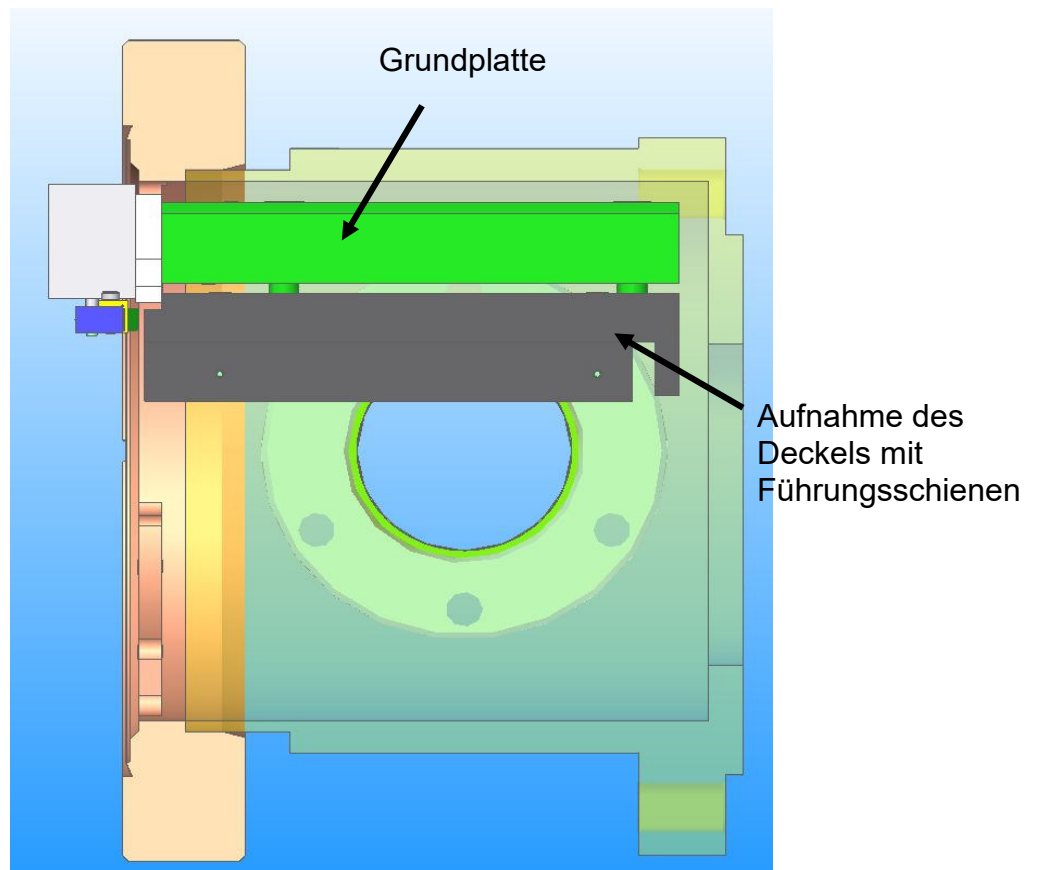


Abbildung 6-5: Lagerung in der Schleusenammer: Grundplatte wird im CF-Flansch gelagert. Die Aufnahme des Deckels ist über zwei Verschraubungen mit geringen Auflageflächen mit der Grundplatte verschraubt.

Das System Übergabe zur Sperrung der Bewegung des Deckels wird ebenfalls in der Grundplatte gelagert (siehe Abbildung 6-6 rosafarbener Halter in grüner Grundplatte). Der weitere Hubmagnet mit Gleitbuchse wird über zwei Halter (siehe Abbildung 6-6 rote und rosafarbene Komponente) im CF-Flansch der Schleusenammer gelagert. Der rosafarbene Halter kann über Langlöcher in der X- und der Z-Achse justiert werden,

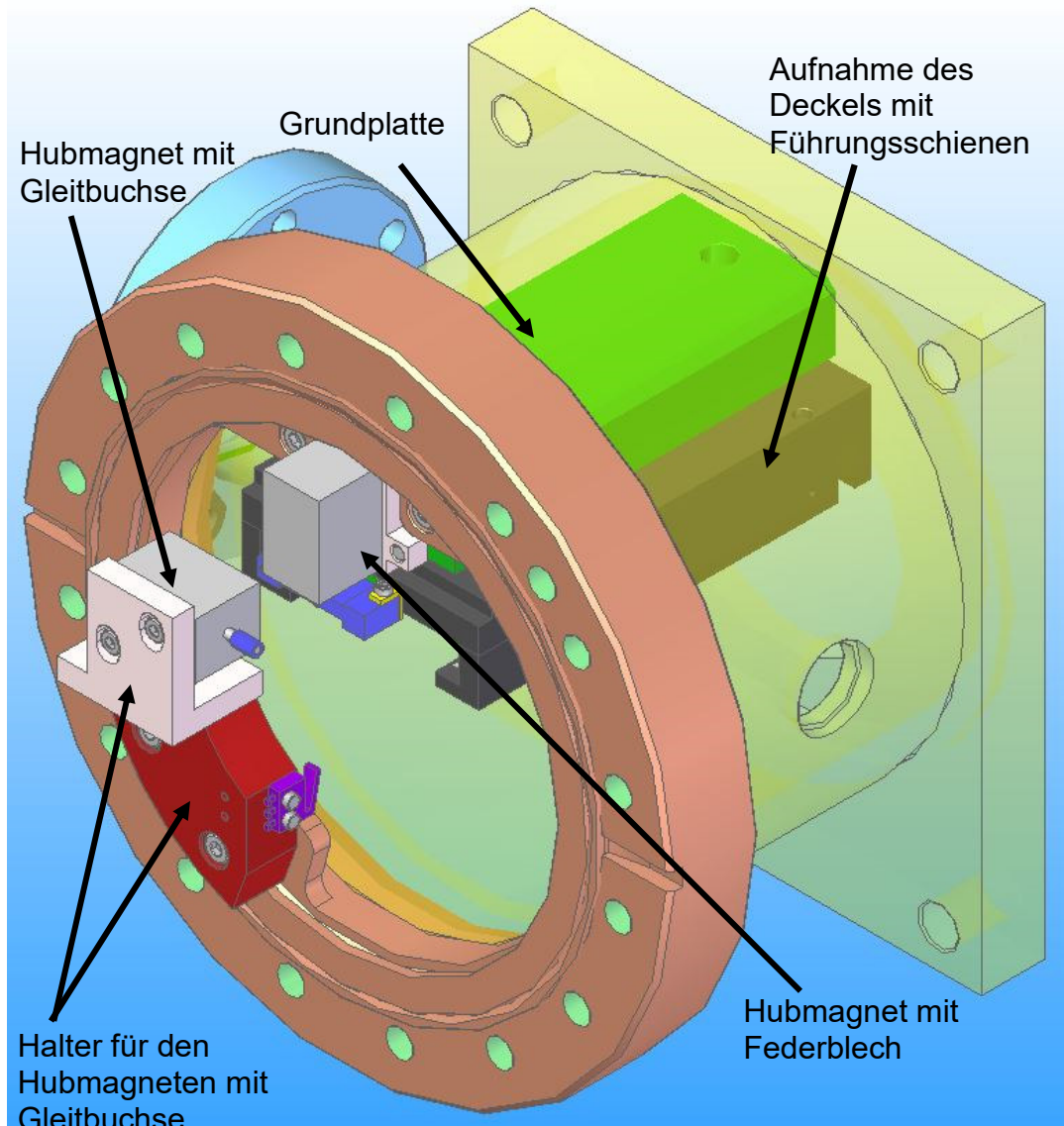


Abbildung 6-6: Lagerung in der Schleusenammer mit der kühlbaren Aufnahme des Deckels und Systemen zur Über- beziehungsweise Rückgabe.

Eine exakte Positionserfassung des Transportschlittens erfolgt über einen Messkopf mit Maßbandverkörperung (Kapitel 2.8.1) der Firma *Numerik Jena*. Aufgrund des geringen Bauraums unterhalb des Schlittens wird der Encoder *LIK 41* (siehe Anhang B Datenblatt *Numerik Jena Encoder*) [31] gewählt. Der Messkopf wird dabei in der Grundplatte, die Maßbandverkörperung in der Ausführung *Singleflex* (siehe Anhang B Datenblatt *Numerik Jena Maßbandverkörperung*) im Schlitten montiert. Dabei müssen die allgemeinen Montagehinweise der Firma eingehalten werden.

Die Mikroschalter *SSM-001* der Firma *Conrad* (siehe Anhang B Datenblatt *Mikroschalter Conrad*) [32] dienen am Lagerbock und an einem Halter in der Schleusenammer als Sensoren, die erkennen, wenn der Schlitten die absolute Endposition erreicht hat.

7 Zusammenfassung

Zielsetzung dieser Arbeit war die Entwicklung einer Probenschleuse zum Transfer von kryogenisch gekühlten Proben aus einer Schleusenkammer in den Rezipienten, sowie die Entwicklung eines Probenmagazins, das durch eine automatisierte Übergabe zwischen den beiden Kammern verfahren kann.

Hierfür wurden zunächst die notwendigen Grundlagen erarbeitet und verschiedene Lösungen betrachtet. Das Probenmagazin ermöglicht den Transport von bis zu 10 kryogenisch gekühlten biologischen Proben und den Zugriff eines Probengreifers, der diese dann vom Probenmagazin auf die Probenposition des Röntgenmikroskops transferiert.

Für den Deckel des Probenmagazins befindet sich eine kühlbare Aufnahme als Kältereservoir innerhalb der Schleusenkammer, die den Deckel über ein mit Flüssigstickstoff gefülltes Dewargefäß auf die notwendige Temperatur herunterkühlt.

Basierend auf dem Konzept des Probenmagazins wurde eine Schleusenkammer entwickelt, die durch ein geringes Volumen kurze Evakuierungszeiten ermöglicht. Die Trennung der Schleusenkammer vom Rezipienten wurde mit einem Vakuumschieber realisiert.

Für den Sperrmechanismus der automatisierten Übergabe wurde ein System bestehend aus einem Hubmagneten mit Federblech entwickelt, das durch eine Fest-Loslagerung des Federblechs realisiert wurde. Die Auslegung erfolgte anhand von Parametervariation durch statische Analysen mit dem FEM-Programm ANSYS.

Eine lineare Spindeleinheit treibt einen Transportschlitten durch einen Motor im Vakuum an. Auf dem Transportschlitten ist eine Aufnahme für das Probenmagazin gelagert, die als Kältereservoir für diesen fungiert, welches durch einen externen Kühlanschluss, z.B. über Kupferlitzen, für eine konstante Kühlung sorgen wird. Linearfedern in den Führungsschienen der Aufnahme gewähren einen ausreichenden Anpressdruck auf die thermischen Kontaktflächen, um die gewünschte Kühlleistung zu erreichen, und sorgen gleichzeitig für eine exakte Positionierung in den jeweiligen Achsen. Der Transfer zwischen der Schleusenkammer und dem Rezipienten wurde durch eine Kombination aus Linearführung und Umlaufkörper realisiert, die neben einem großen Weg auch eine exakte Positionierung ermöglichen.

Der Gesamtaufbau, bestehend aus der Schleusenkammer, der Rohrkreuzung und einem Aluminiumrohr, in dem die Antriebseinheit gelagert wird, wird an dem Deckel des Vakuumtanks befestigt. Die Rohrkreuzung dient weiterhin auch als Anschluss für den Gesamtaufbau eines Probenwechslers.

8 Ausblick

Im nächsten Schritt sollte das entwickelte System zur Übergabe getestet werden, um herauszufinden, ob der Hubmagnet die seitlichen Kräfte, die über das Federblech auf diesen wirken, aushalten kann, da diesbezüglich keine Angaben durch den Hersteller existieren. Aus dem gleichen Grund muss auch die Kraft zum Abscheren der Eisenkerne im Probenmagazin von den Magneten im Deckel getestet werden.

Das entwickelte Gesamtsystem kann weiterhin noch auf einige Verbesserungen hin untersucht werden. So kann die Schleusenkommer zur Gewichtsoptimierung aus Aluminium gefertigt werden, wenn dafür spezielle CF-Flansche eingesetzt werden, die bei der Vorstellung des Gesamtsystems vor anderen Abteilungen vorgeschlagen wurde. Dabei handelt es sich um CF-Flansche der Firma *Atlas Technologies* (siehe Abbildung 8-1), die aus Aluminium bestehen und bei denen lediglich die Dichtschneide mit auf-platinierterm Edelstahl versehen ist, damit sich nicht der Flansch, sondern die weichere Kupferdichtung plastisch verformt. [28]

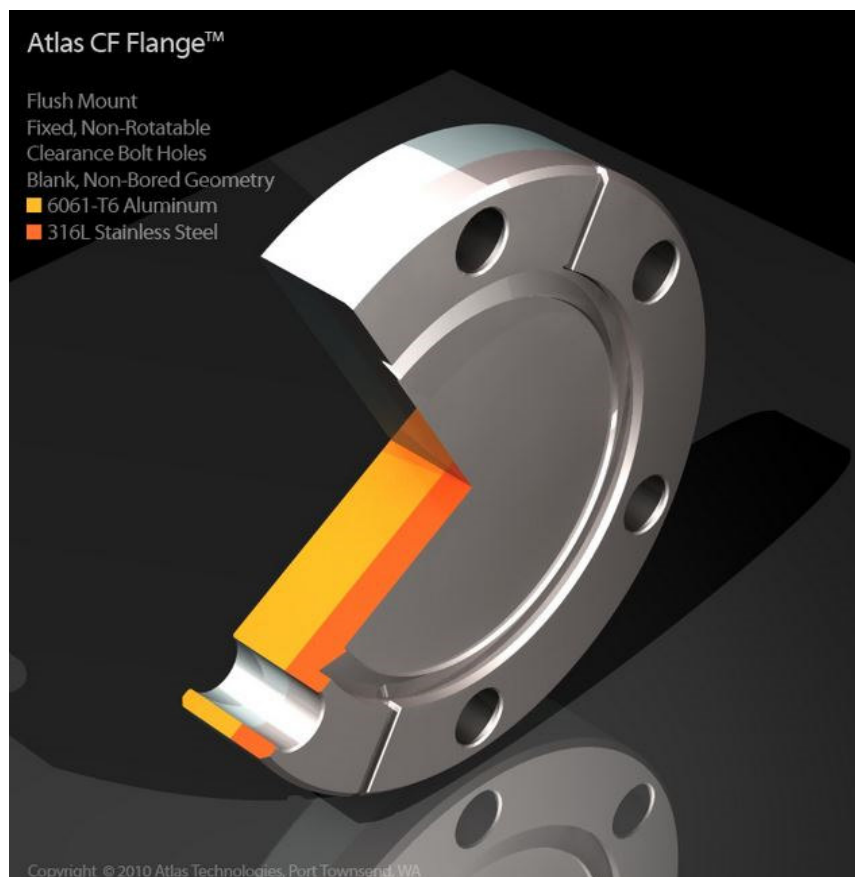


Abbildung 8-1: CF-Flansch aus Aluminium mit Stahlschneide.[entnommen aus 28]

Außerdem können zur Gewichts- und Raumoptimierung konstruktive Änderungen vorgenommen werden, bei denen der Spindelantrieb seitlich des Probenmagazins positioniert wird und damit das Gesamtsystem deutlich gekürzt werden kann. Um diese

Änderung vornehmen zu können, müsste das Gehäuse so angepasst werden, dass der Motor, sowie die Lagerung der Antriebseinheit weiterhin in einem Gehäuse untergebracht werden können. Für das Gehäuse bedeutet dies, dass anstelle eines fertigen Aluminiumrohrs ein Rohr, das ähnlich wie die Schleusenkammer zur optimalen Raumausnutzung eine exzentrische Geometrie aufweist, entsprechend den Gegebenheiten selbst entwickelt werden müsste.

Weiterhin muss eine Kühlung für das Probenmagazin entwickelt werden. Da das Probenmagazin für die Über-/Rückgabe, sowie auch zum Verfahren innerhalb des Rezipienten einen weiten Weg zurücklegen muss, ist eine Kühlung über Kupferlitzen, so wie sie bei dem Deckel vorgesehen ist, schwierig zu realisieren. Einerseits wäre die benötigte Länge der Kupferlitzen so hoch, dass eine Kühlung physikalisch nicht möglich ist, andererseits wäre es schwierig die Kupferlitzen über so einen langen Weg mitzuführen, ohne dabei in Berührung mit der Umgebungsgeometrie zu geraten. Daher erweist sich eine kapazitive Kühlung des Probenmagazins in einer „Parkposition“ als sinnvoll.

9 Literaturverzeichnis

[1] DESY: Über Desy.

URL: http://www.desy.de/ueber_desy/desy/index_ger.html

(Abgerufen: 07.01.2017, 15:32 Uhr)

[2] HELMHOLTZ: Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY.

URL: https://www.helmholtz.de/ueber_uns/helmholtz_zentren/zentren_a_z/zentrum/detailansicht/deutsches_elektronen_synchrotron_desy/

(Abgerufen: 07.01.2017, 15:40 Uhr)

[3] DESY: Anlagen und Projekte – PETRA III.

URL: http://www.desy.de/forschung/anlagen__projekte/petra_iii/index_ger.html

(Abgerufen: 07.01.2017, 15:35 Uhr)

[4] DESY: P11 – The Bio-Imaging and Diffraction beamline at PETRA III.

URL: http://photon-science.desy.de/facilities/petra_iii/beamlines/p11_bio_imaging_and_diffraction/index_eng.html

(Abgerufen: 08.01.2017, 10:40 Uhr)

[5] WARMER, M., Biologisch-Technischer Assistent: Persönliches Gespräch, geführt vom Verfasser. Hamburg, 09.01.2017

[6] SELECT SCIENCE: Cryo-Confocal Imaging with Airyscan.

URL: <http://www.selectscience.net/industry-news/cryo-confocal-imaging-with-airyscan/?artID=40810>

(Abgerufen: 10.01.2017, 10:36 Uhr)

[7] DIN 28400 Teil 1:1990-05, Vakuumtechnik; Benennung und Definitionen; Allgemeine Benennungen

[8] HAHN, U.; ZAPFE, K.: 2010, Technische Spezifikation – Richtlinien für UHV-Komponenten bei DESY, Nr.: Vakuum 005/2008 Version 1.6/22.09.2010

[9] WIKIPEDIA: Kryotechnik.

URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Kryotechnik>

(Abgerufen: 11.01.2017, 10:22 Uhr)

[10] VACOM: Flanschsysteme – ISO-Komponenten.

URL: <https://www.vacom.de/produkte/standardkomponenten/flanschsysteme/iso-komponenten>

(Abgerufen: 12.01.2017, 08:49 Uhr)

[11] WIKIPEDIA: Schrittmotor.

URL: <https://de.wikipedia.org/wiki/Schrittmotor>

(Abgerufen: 13.01.2017, 11:35 Uhr)

[12] MANNEL MAGNET: Hubmagnete.

URL: <http://www.mannel-magnet.com/produkte/hubmagnete>

(Abgerufen: 16.01.2017, 08:34 Uhr)

- [13] NUMERIK JENA: Lineare Messung – Inkremental.
URL: <http://www.numerikjena.de/lineare-messung/inkrementelle-linearmesssysteme-von-numerik-jena/>
(Abgerufen: 16.01.2017, 09:30 Uhr)
- [14] PFEIFFER VACUUM: Vakuummessgeräte – Grundlagen der Totaldruckmessung
URL: <https://www.pfeiffer-vacuum.com/de/know-how/vakuummessger-te/grundlagen-der-totaldruckmessung/indirekte-gasartabh-ngige-druckmessung/>
(Abgerufen: 18.01.2017, 15:45 Uhr)
- [15] UMRATH, W.; BAHNEN, R.; DREIFERT, T.: März 1997, Leybold, Grundlagen der Vakuumtechnik 00.200.02, Kat.-Nr. 199 90, Kapitel 7
- [16] MECHANICAL APLD: ANSYS HELP Release 17.2 © SAS IP Inc, (Stand: 19.01.2017)
- [17] MAGNET-SHOP: Scheibenmagnete.
URL: <https://www.magnet-shop.net/neodym/scheibenmagnete/106/scheibenmagnet-oe-2-0-x-2-0-mm-n45-nickel-haelt-250-g>
(Abgerufen: 13.12.2016, 10:47 Uhr)
- [18] DELO: Klebstoffe – Delo-Duopox.
URL: https://www.delo.de/fileadmin/datasheet/DELO-DUOPOX_AD895_%28TIDB-D%29.pdf
(Abgerufen: 13.12.2016, 13:05 Uhr)
- [19] TCF DEUTSCHLAND: Linearfedern.
URL: http://www.tfcdeutschland.com/smalley_wellenfedern_amp_sicherungsringe/linearfedern
(Abgerufen: 16.12.2016, 09:49 Uhr)
- [20] DEUTSCHES KUPFERINSTITUT: Downloads Werkstoffe: Datenblätter.
URL: https://www.kupferinstitut.de/fileadmin/user_upload/kupferinstitut.de/de/Documents/Shop/Verlag/Downloads/Werkstoffe/Datenblaetter/Niedriglegierte/CuNi1Si.pdf
(Abgerufen: 19.12.2016, 08:30 Uhr)
- [21] VAT VALVE: Vakuüm-Flachschieber.
URL: http://www.vatvalve.com/de/business/valves/catalog/A/081_1_V
(Abgerufen: 20.12.2016, 10:37 Uhr)
- [22] LEYBOLD: Aktive Sensoren – THERMOVAC-Transmitter.
URL: <https://www.leyboldproducts.de/produkte/vakuuum-messen/aktive-sensoren/thermovac-transmitter/thermovac-ttr-91-n/1858/thermovac-ttr-91-n?countryswitch=DE>
(Abgerufen: 03.01.2017, 08:48 Uhr)
- [23] VAB VAKUUM: CF Schnellschlusstüren.
URL: <http://vab-vakuuum.com/epaper/page53.html#/52>
(Abgerufen: 04.01.2017, 09:43 Uhr)
- [24] MANNEL-MAGNET: Produkte – Hubmagnete, Bistabile
URL: http://www.mannel-magnet.com/pdf/hubmagnete/35_1_42.pdf
(Abgerufen: 17.01.2017, 11:35 Uhr)

Kapitel 9 Literaturverzeichnis

[25] HANDS, B.A.: 1986, Cryogenic Engineering, ACADEMIC PRESS INC. (LONDON) LTD., ISBN 0-12-322990-1

[26] ERMAKOV, A., Dr. rer. Nat.: E-Mail-Korrespondenz, geführt vom Verfasser, 27.01.2017

[27] ASM AEROSPACE SPECIFICATION METALS INC.: Titanium Ti-6Al-4V (Grade 5), Annealed.

URL: <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MTP641>
(Abgerufen: 28.01.2017, 08:45 Uhr)

[28] ATLAS TECHNOLOGIES: Products and Quotes,

URL: www.atlasmhv.com/ProductsAndQuotes.aspx?item_category=CF_Flanges
(Abgerufen: 10.02.2017, 10:35 Uhr)

[28] PHYTRON-ELEKTRONIK: Vakuum-Schrittmotoren VSS/VSH.

URL: ftp://ftp.phytron.de/datasheets/stepper_motors/vakuum-de.pdf
(Abgerufen: 25.01.2017, 14:43 Uhr)

[29] SCHNEEBERGER: Linearführungen und Umlaufkörper.

URL: https://www.schneeberger.com/fileadmin/documents/downloadcenter/01_product_catalogues_company_brochures/01_Linear-_and_profiled_guideways/03_Linear_bearings_and_recirculating_units/Linearfuehrungskatalog_DE.pdf
(Abgerufen: 26.01.2017, 11:24 Uhr)

[30] MAEDLER: Elastische Kupplungen RNK, spielfrei, mit Klemmnaben.

URL: <http://www.maedler.de/Article/60540504>
(Abgerufen: 27.01.2017, 08:55 Uhr)

[31] NUMERIK JENA: Lineare Messung – Inkremental.

URL: http://www.numerikjena.de/fileadmin/inhalte/downloads/datenblaetter/linear/inkremental/kompakt/UM_LIK_41_deu.pdf
(Abgerufen: 28.01.2017, 09:55 Uhr)

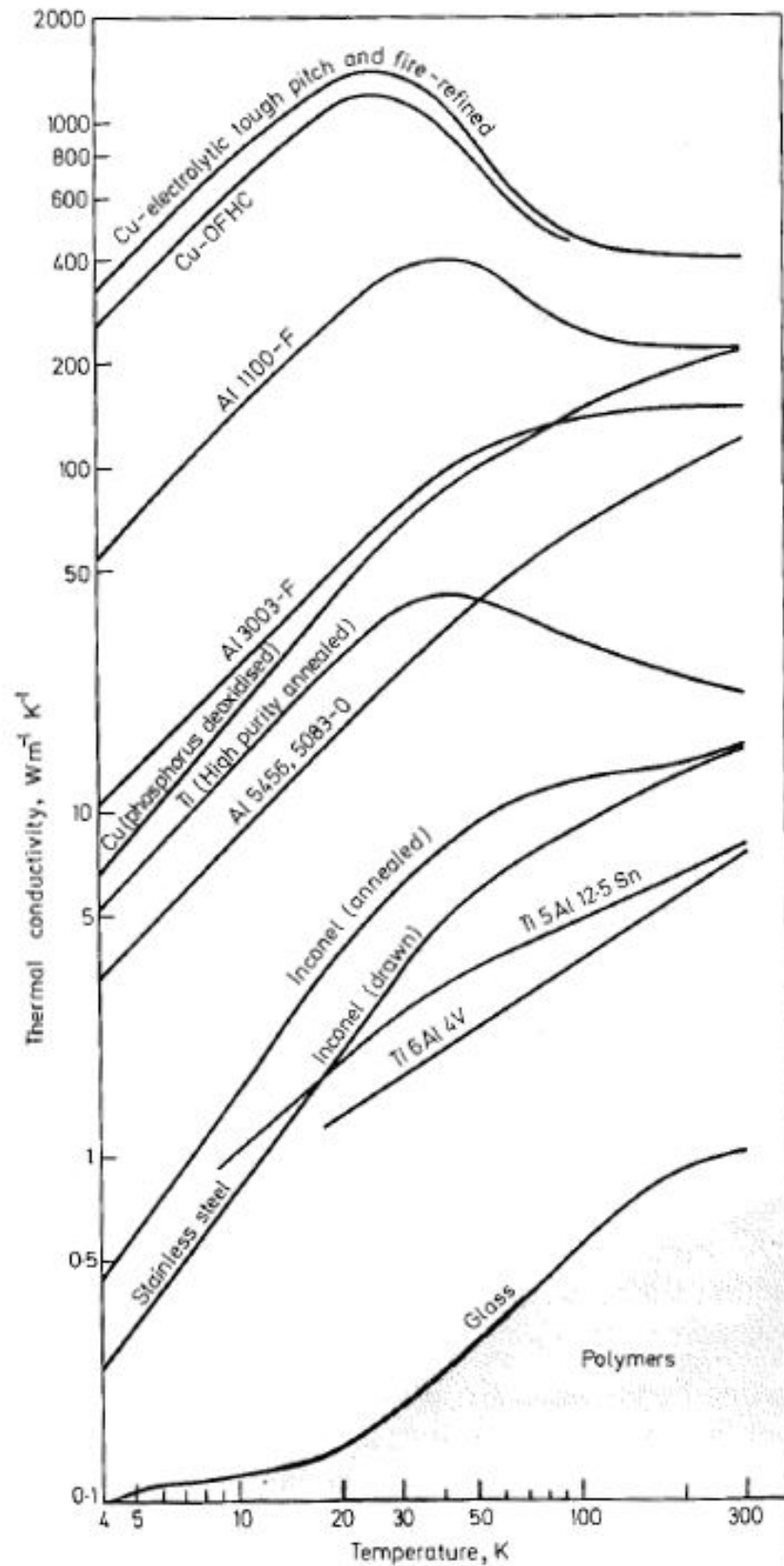
[32] CONRAD: Mikroschalter.

URL: <https://www.conrad.de/de/mikroschalter-30-vdc-05-a-1-x-ein-ein-ssm-001-tastend-1-st-704539.html>
(Abgerufen: 04.02.2017, 12:48 Uhr)

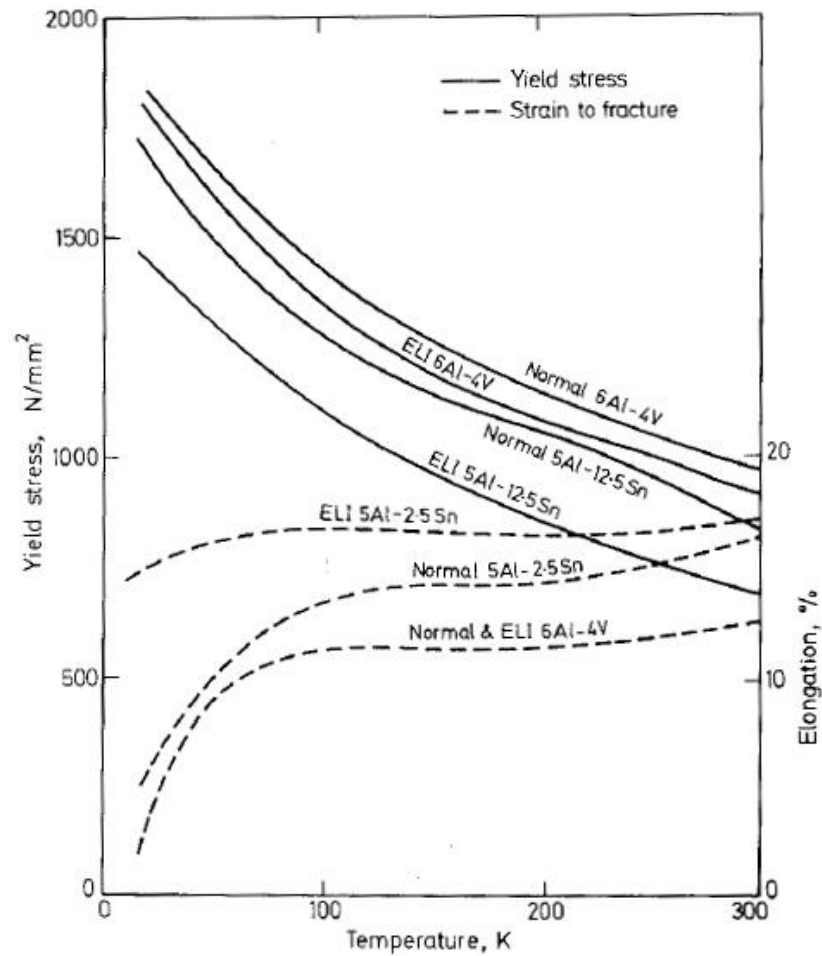
[33] HARTING: Han C-Kontaktbuchse.

URL: <https://b2b.harting.com/ebusiness/de/Han-C-KONTAKTBUCHSE-M-STIFT/09320006295#M00000001>
(Abgerufen: 25.02.2017, 14:57 Uhr)

A Abbildungen und Tabellen



A-1: Diagramm zur Wärmeleitfähigkeit bei tiefen Temperaturen [entnommen aus 25]



A-2: Diagramm zur Streckgrenze und Bruchdehnung bei tiefen Temperaturen [entnommen aus 25]

A-3: Ti6Al4V Eigenschaften [25, 26, 27]

Ti6Al4V / Titan Grade 5			
	Dichte	ρ [kg/dm^3]	4,43
	E-Modul	E [GPa]	113,8
297 K (20°C)	Bruchdehnung	A_B [%]	14
	Zugfestigkeit	R_m [MPa]	950
	Dehngrenze	$R_{p0,2}$ [MPa]	880
100 K (-173°C)	Bruchdehnung	A [%]	11
	Zugfestigkeit	R_m [MPa]	1568
	Dehngrenze	$R_{p0,2}$ [MPa]	1400
	Wärmeleitfähigkeit	λ [W/mK]	4
	Wärmeausdehnung	$\Delta L/L$ [%]	0,15
			(Temperaturdifferenz: 293K zu 100K)

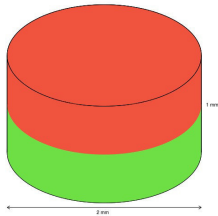
A-4: Maße des gewählten Federblechs

Länge	25 mm
Gesamthöhe	2,5 mm
Dicke	0,3 mm
Breite	4 mm

B Datenblätter

Scheibenmagnet Ø 2,0 x 1,0 mm N50 Nickel - hält 130 g

Artikel-Nummer: SM-02x01-N



Produkteigenschaften und technische Daten

Volumen	3,00 m ³
Gesamthöhe	1,00 mm
Gesamtdurchmesser	2,00 mm
Magnetisierungsrichtung	axial
Maximaltemperatur	80 ° C
Toleranz	± 0,10 mm
Remanenz Br	14,0 - 14,6 kG
	1,40 - 1,46 T
Koerzitivfeldstärke bHc	10,8 - 12,5 kOe
	860 - 995 kA/m
Energieprodukt (BxH) max	47 - 51 MGOe
	374 - 406 kJ/m ³

Produktbeschreibung

ROHS-Richtlinie



Dieser Artikel entspricht der europäischen RoHS-Richtlinie (2002/95/EG - RoHS - Restriction of Hazardous Substances) zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektround Elektronikgeräten. Nicht registrierungspflichtig gemäß REACH.

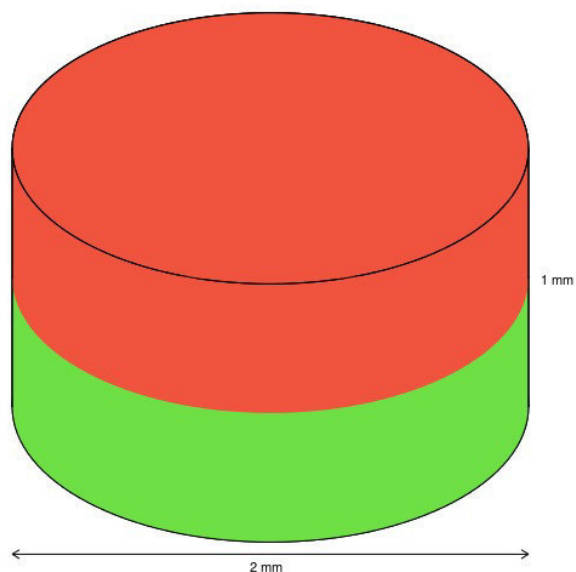
Warnung

NdFeB-Magnete sind kein Kinderspielzeug - besonders bei dünneren Abmessungen können diese leicht zerbrechen oder splintern! Ein unkontrollierter Aufprall von zwei Magneten sowie eine äußere, mechanische Schlag- oder Druckbelastung sollte deswegen vermieden werden!

Hinweis zur Bestimmung der Haftkraft

Die von uns ermittelten Haftkräfte sind bei Raumtemperatur an einer polierten Platte aus Stahl S235JR (ST37) mit einer Stärke von 10 mm bei senkrechtem Abzug des Magneten bestimmt worden (1kg~10N). Eine Abweichung von bis zu -10% gegenüber dem angegebenen Wert ist in Ausnahmefällen möglich. Im Allgemeinen wird der Wert überschritten. Beachten Sie bitte, dass bei dünneren, lackierten und nicht absolut planen Untergründen die Haftkraft nur einen Bruchteil der in der Prüfung bestimmten Werte beträgt!

Produktbilder



DELO

Technische Information

DELO-DUOPOX® AD895

Universeller 2k-Epoxidharz-Klebstoff, raumtemperaturhärtend, mittelviskos, gefüllt

Basis

- Epoxidharz-Klebstoff
- zweikomponentig
- nonylphenolfreies Produkt

Verwendung

- hochfester Konstruktionsklebstoff
- universeller Einsatz
- das ausgehärtete Produkt wird üblicherweise im Temperaturbereich von -40 °C bis +140 °C eingesetzt; anwendungsbezogen können andere Grenzen sinnvoll sein
- ist auf Biokompatibilität geprüft und erfüllt die Anforderungen nach ISO 10993-5: Test auf Cytotoxizität
- konform zu RoHS Direktive 2015/863/EU
- erfolgreich geprüft in Anlehnung an UL 94 HB

Verarbeitung

- Komponenten A und B sind im unten angegebenen Mischungsverhältnis zu vermischen bzw. zu homogenisieren
- im Anlieferungszustand gebrauchsfertig, lässt sich aus dem Originalgebinde gut verarbeiten
- besonders vorteilhaft ist die Verarbeitung aus dem DELO-AUTOMIX System, siehe Typenwahlkarte "DELO-AUTOMIX System"
- zu verklebende Oberflächen sollen trocken, staub- und fettfrei sowie frei von anderen Verunreinigungen sein
- zur Klebflächenreinigung DELOTHEN-Reiniger verwenden

Aushärtung

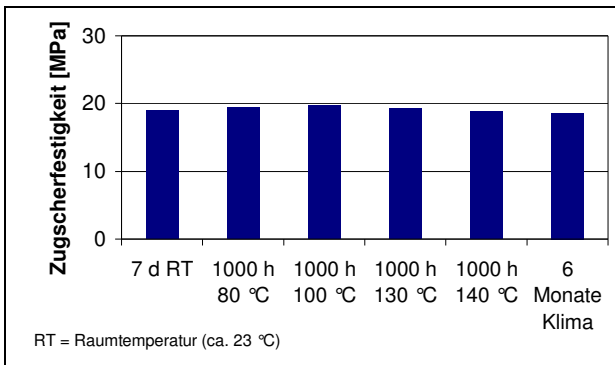
- erfolgt bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)
- erhöhte Temperaturen beschleunigen die Aushärtung
- durch Wärmezufuhr können sich physikalische Kennwerte ändern

Technische Daten

Farbe	grau
Füllstoff	Mineralien
Mischungsverhältnis (A : B) nach Gewicht	7 : 3
(A : B) nach Volumen	2 : 1
Dichte Komponente A [g/cm ³] DELO-Norm 13 bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	1,37

DELO Industrie Klebstoffe
DELO-Allee 1
86949 Windach · Deutschland
Telefon +49 8193 9900-0
Telefax +49 8193 9900-144
info@DELO.de · www.DELO.de

Dichte Komponente B [g/cm ³] DELO-Norm 13 bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	1,19
Viskosität Komponente A [mPas] Brookfield bei 23 °C	100000
Viskosität Komponente B [mPas] Brookfield bei 23 °C	95000
Verarbeitungszeit im 100 g-Ansatz [min] bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	30
maximale Reaktionstemperatur [°C] im 100 g-Ansatz	98
Aushärtungszeit bis zur Handfestigkeit [h] Zugscherfestigkeit 1 - 2 MPa bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	5,5
Aushärtungszeit bis zur Funktionsfestigkeit [h] Zugscherfestigkeit > 10 MPa bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	8
Aushärtungszeit bis zur Endfestigkeit [h] bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	24
Zugscherfestigkeit Al/Al [MPa] DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm Aushärtung: 7 d bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	19
Zugscherfestigkeit Al/Al DIN EN 1465, sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm Aushärtung: 7 d bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	

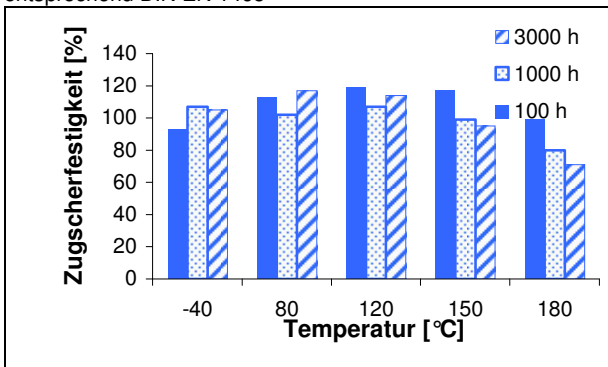


Zugscherfestigkeit Al/Al [MPa] DELO-Norm 39, sandgestrahlt Fügeteildicke: 6 mm Aushärtung: 7 d bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	32
Rollenschälwiderstand St/St [N/mm] DELO-Norm 38, St/St sandgestrahlt Fügeteildicke: 1,6 mm und 0,5 mm	1,2
Zugfestigkeit [MPa] DIN EN ISO 527	40
Reißdehnung [%] DIN EN ISO 527	2
E-Modul [MPa] DIN EN ISO 527	2400

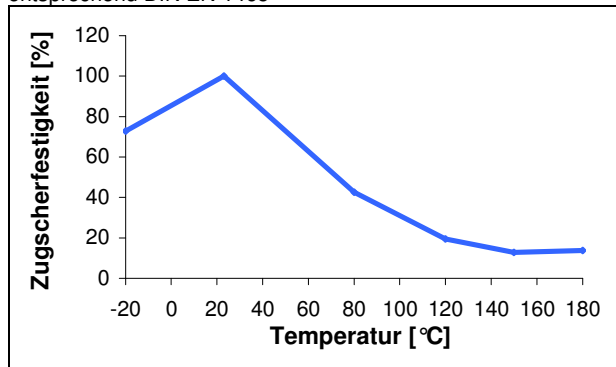
Shore Härte D DIN 53505	73
Glasübergangstemperatur [°C] Rheometer, 2. Heizlauf	66
Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, im Temperaturbereich: +30 bis +50 °C	88
Längenausdehnungskoeffizient [ppm/K] TMA, im Temperaturbereich: +70 bis +150 °C	178
Schrumpf [Vol. %] DELO-Norm 13	4
Wasseraufnahme [Gew. %] DIN EN ISO 62, 24 h bei Raumtemperatur (ca. 23 °C)	0,25
Zersetzungstemperatur [°C] DELO-Norm 36	200
Spezifischer Durchgangswiderstand [Ωcm] VDE 0303, Teil 30	>1xE13
Oberflächenwiderstand [Ω] VDE 0303, Teil 30	>1xE13
Durchschlagfestigkeit [kV/mm] DIN IEC 60243-1 bei 50 Hz	13,7
Dielektrizitätskonstante RF-IV-Methode, 1 MHz	4,0
Dielektrizitätskonstante RF-IV-Methode, 10 MHz	4,0
Dielektrizitätskonstante RF-IV-Methode, 100 MHz	3,9
Dielektrizitätskonstante RF-IV-Methode, 1 GHz	3,7
Kriechstromfestigkeit CTI VDE 0303, Teil 11, DIN EN 60112	600 M
Lagerstabilität bei Raumtemperatur (max. 25 °C) im ungeöffneten Originalgebinde (Volumen pro Komponente < 1l)	12 Monate
Lagerstabilität bei Raumtemperatur (max. 25 °C) im ungeöffneten Originalgebinde (Volumen pro Komponente >= 1l)	6 Monate

Verhalten unter Temperatureinfluss

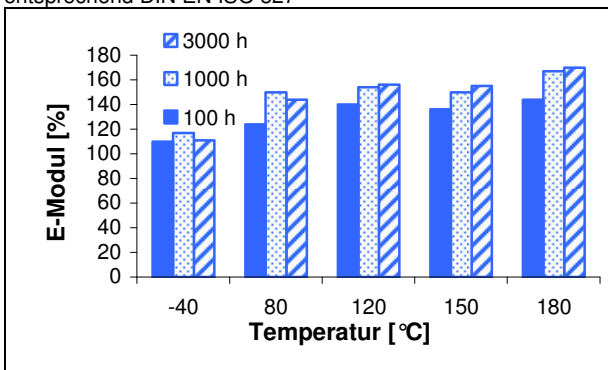
Zugscherfestigkeit Al/Al sandgestrahlt nach Temperaturlagerung bezogen auf Anfangswert bei Raumtemperatur gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C) entsprechend DIN EN 1465



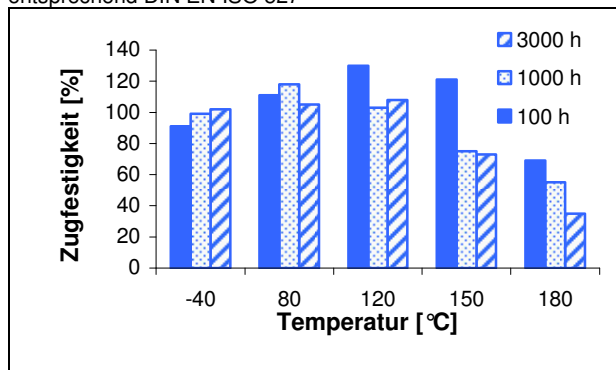
Zugscherfestigkeit Al/Al sandgestrahlt bei Temperatur bezogen auf Wert bei Raumtemperatur gemessen bei angegebener Temperatur entsprechend DIN EN 1465



E-Modul nach Temperatureinlagerung bezogen auf Anfangswert bei Raumtemperatur gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C) entsprechend DIN EN ISO 527



Zugfestigkeit nach Temperatureinlagerung bezogen auf Anfangswert bei Raumtemperatur gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C) entsprechend DIN EN ISO 527



Verhalten unter Medieneinfluss

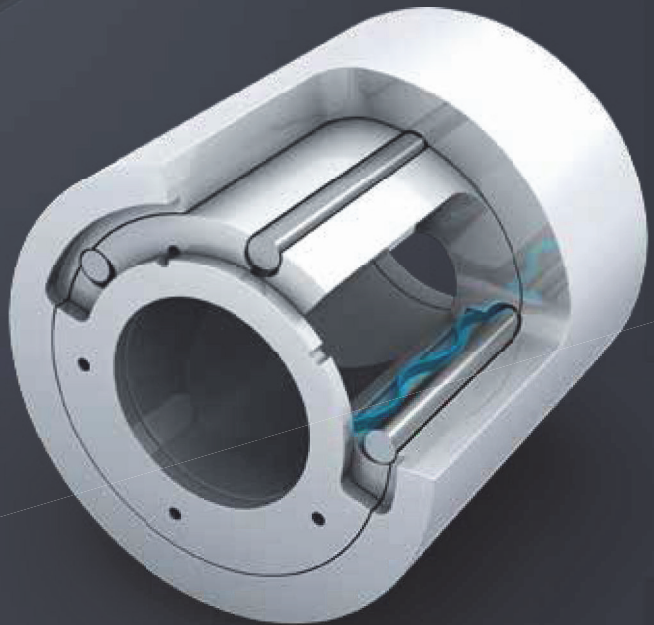
Druckscherfestigkeit nach 1.000 h Einlagerung bezogen auf Anfangswert bei Raumtemperatur gemessen bei Raumtemperatur (ca. 23 °C) entsprechend DELO-Norm 5

Medium	Druckscherfestigkeit Al/Al [%]
Ethanol vergällt	124
Ethanol 70 % vergällt	103
ATF Getriebeöl	137
Benzin	107
Diesel	140
Motorenöl 10W40	136
Essigsäure 10 %	73
demineralisiertes Wasser / Glykol Gemisch 50:50	129
demineralisiertes Wasser	121



Linear Springs

+44 (0) 1435 860333 | www.tfc.eu.com



**An innovative solution
to a simple problem**

- Carbon & Stainless Steel
- Over 200 sizes
- No Tooling Costs™
- Exotic Alloys Available

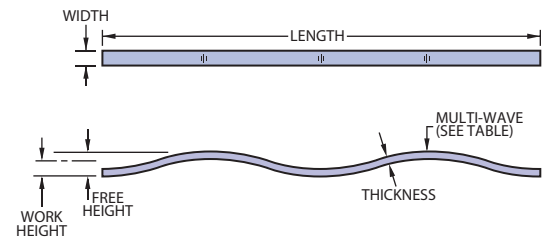
Linear Springs

YLS Series

www.tfc.eu.com

+44 (0) 1435 860333

Smalley Linear Springs are a continuous wave formed (marcelled) wire length produced from spring tempered materials. They act as a load bearing device having approximately the same load/deflection characteristics as a wave spring. Axial pressure is obtained by laying the expander flat in a straight line.



All dimensions in inches unless otherwise specified.

Smalley Part Number ¹	Number of Waves	Thickness	Width	Length	Free Height ²	Load (lb)	Work Height	Spring Rate ³
YLS12188-1	1	0.012	0.188	1.500	0.225	1.5	0.125	11
YLS12188-2	2	0.012	0.188	3.000	0.225	5.6	0.125	91
YLS12188-3	3	0.012	0.188	4.500	0.225	10.4	0.125	136
YLS12188-4	4	0.012	0.188	6.000	0.225	14.8	0.125	182
YLS12250-1	1	0.012	0.250	1.500	0.225	2.2	0.125	15
YLS12250-2	2	0.012	0.250	3.000	0.225	7.8	0.125	121
YLS12250-3	3	0.012	0.250	4.500	0.225	13.9	0.125	181
YLS12250-4	4	0.012	0.250	6.000	0.225	19.8	0.125	242
YLS12312-1	1	0.012	0.312	1.500	0.225	2.9	0.125	19
YLS12312-2	2	0.012	0.312	3.000	0.225	10.2	0.125	151
YLS12312-3	3	0.012	0.312	4.500	0.225	17.6	0.125	226
YLS12312-4	4	0.012	0.312	6.000	0.225	26.0	0.125	302
YLS12375-1	1	0.012	0.375	1.500	0.225	3.5	0.125	23
YLS12375-2	2	0.012	0.375	3.000	0.225	11.3	0.125	181
YLS12375-3	3	0.012	0.375	4.500	0.225	20.1	0.125	272
YLS12375-4	4	0.012	0.375	6.000	0.225	25.2	0.125	362
YLS20188-1	1	0.020	0.188	1.875	0.250	3.0	0.150	27
YLS20188-2	2	0.020	0.188	3.750	0.250	11.4	0.150	215
YLS20188-3	3	0.020	0.188	5.625	0.250	23.5	0.150	323
YLS20188-4	4	0.020	0.188	7.500	0.250	32.5	0.150	431
YLS20250-1	1	0.020	0.250	1.875	0.250	5.6	0.150	36
YLS20250-2	2	0.020	0.250	3.750	0.250	17.6	0.150	286
YLS20250-3	3	0.020	0.250	5.625	0.250	31.7	0.150	430
YLS20250-4	4	0.020	0.250	7.500	0.250	44.9	0.150	573
YLS20312-1	1	0.020	0.312	1.875	0.250	6.0	0.150	45
YLS20312-2	2	0.020	0.312	3.750	0.250	20.5	0.150	357
YLS20312-3	3	0.020	0.312	5.625	0.250	34.9	0.150	536
YLS20312-4	4	0.020	0.312	7.500	0.250	50.8	0.150	715
YLS20375-1	1	0.020	0.375	1.875	0.250	6.4	0.150	54
YLS20375-2	2	0.020	0.375	3.750	0.250	23.3	0.150	430
YLS20375-3	3	0.020	0.375	5.625	0.250	52.0	0.150	644
YLS20375-4	4	0.020	0.375	7.500	0.250	74.5	0.150	859
YLS25188-1	1	0.025	0.188	2.250	0.275	3.5	0.175	30
YLS25188-2	2	0.025	0.188	4.500	0.275	15.4	0.175	243
YLS25188-3	3	0.025	0.188	6.750	0.275	27.9	0.175	365
YLS25188-4	4	0.025	0.188	9.000	0.275	42.5	0.175	487
YLS25250-1	1	0.025	0.250	2.250	0.275	6.5	0.175	40
YLS25250-2	2	0.025	0.250	4.500	0.275	21.7	0.175	324
YLS25250-3	3	0.025	0.250	6.750	0.275	34.7	0.175	486
YLS25250-4	4	0.025	0.250	9.000	0.275	50.5	0.175	647
YLS25312-1	1	0.025	0.312	2.250	0.275	6.6	0.175	51
YLS25312-2	2	0.025	0.312	4.500	0.275	24.0	0.175	404
YLS25312-3	3	0.025	0.312	6.750	0.275	43.2	0.175	606
YLS25312-4	4	0.025	0.312	9.000	0.275	62.0	0.175	808
YLS25375-1	1	0.025	0.375	2.250	0.275	7.7	0.175	61
YLS25375-2	2	0.025	0.375	4.500	0.275	29.4	0.175	486
YLS25375-3	3	0.025	0.375	6.750	0.275	53.8	0.175	728
YLS25375-4	4	0.025	0.375	9.000	0.275	76.9	0.175	971

¹ Add suffix "-S17" for 17-7 stainless steel. ² Reference dimension. ³ Theoretical calculation; measured in lb/in.

Inhalt

1.	Allgemeine Informationen	2	7.	Bearbeitbarkeit	11
2.	Chemische Zusammensetzung	2	7.1	Umformen und Glühen	11
3.	Physikalische Eigenschaften	2	7.2	Spanbarkeit.....	11
3.1	Dichte	2	7.3	Verbindungstechniken	11
3.2	Solidus- und Liquidustemperatur	2	7.4	Oberflächenbehandlung.....	12
3.3	Längenausdehnungskoeffizient	2	8.	Korrosionsbeständigkeit	12
3.4	Spezifische Wärmekapazität	2	9.	Anwendungen	12
3.5	Wärmeleitfähigkeit.....	2	10.	Liefernachweis	12
3.6	Spezifische elektrische Leitfähigkeit	3	11.	Literatur	12
3.7	Spezifischer elektrischer Widerstand	3	12.	Index	13
3.8	Temperaturkoeffizient des elektr. Widerstands	3			
3.9	Elastizitätsmodul	4			
3.10	Spezifische magnetische Suszeptibilität	4			
3.11	Kristallstruktur / Gefüge	4			
4.	Mechanische Eigenschaften	4			
4.1	Festigkeitswerte bei Raumtemperatur	4			
4.2	Tieftemperaturverhalten.....	7			
4.3	Hochtemperaturverhalten.....	8			
4.4	Dauerschwingfestigkeit	8			
4.5	Federeigenschaften	8			
4.6	Verhalten nach Wärmebehandlung.....	9			
5.	Relevante Normen	10			
6.	Werkstoffbezeichnungen	11			

Stand 2005

Hinweis:

Durch Klicken auf die Überschriften können Sie direkt zu den entsprechenden Inhalten springen.

1. Allgemeine Informationen

Werkstoff-Bezeichnung:

CuNi1Si

Werkstoff-Nr.:

CW109C

CuNi1Si ist eine aushärtbare Legierung, die sich durch hohe **Festigkeit**, den hohen **Verschleißwiderstand** sowie hohe **Dauer- und Zeitstandfestigkeit** auszeichnet. Diese Legierung besitzt neben einer guten **Warmfestigkeit** eine gute **Relaxationsbeständigkeit** und eine **mittlere Leitfähigkeit**. Darüber hinaus weist CuNi1Si eine hohe **Korrosionsbeständigkeit** und gute **Gleiteigenschaften** auf. Sie wird insbesondere in der **Druckguss-, Schweiß-, Elektro- und Gleitlagertechnik** sowie im **Apparatebau** u.a. als **Freileitungsmaterial** (Muttern, Schrauben), für Steckverbinder, Kontakte, Drahtseile, Lagerbuchsen und Federn verwendet [1, 2].

2. Chemische Zusammensetzung – nach DIN CEN/TS 13388 –

Legierungsbestandteile		
Massenanteil in %		
Cu	Ni	Si
Rest	1,0 bis 1,6	0,4 bis 0,7

Zulässige Beimengungen bis			
Massenanteil in %			
Fe	Mn	Pb	Sonstige zusammen
0,2	0,1	0,02	0,3

3. Physikalische Eigenschaften

3.1 Dichte

Temperatur	Dichte
°C	g/cm ³
20	8,9

3.2 Solidus- und Liquidustemperatur

Solidustemperatur	Liquidustemperatur
°C	°C
1050	1070

3.3 Längenausdehnungskoeffizient

Temperatur	Längenausdehnungskoeffizient
°C	10 ⁻⁶ ·K ⁻¹
von 20 bis 300	16,8

3.4 Spezifische Wärmekapazität

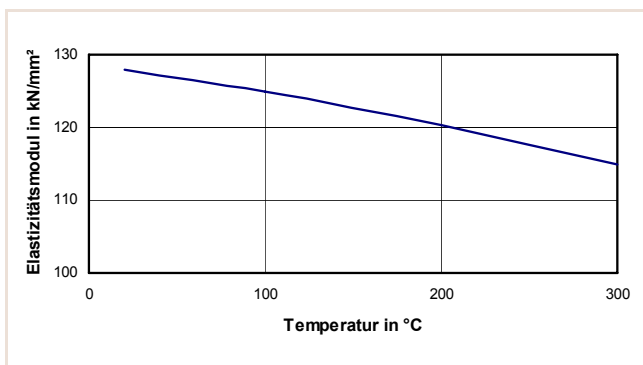
Temperatur	Spezifische Wärmekapazität
°C	J/(g·K)
20	0,377

3.5 Wärmeleitfähigkeit

Temperatur	Wärmeleitfähigkeit	Zustand
°C	W/(m·K)	
20	85	lösungsgeglüht
20	150 bis 250	ausgehärtet

3.9 Elastizitätsmodul

Temperatur °C	Elastizitätsmodul kN/mm ²	Zustand
20	140-155	ausscheidungs- gehärtet
20	128	lösungsgeglüht
100	124	
200	120	
300	115	



Anmerkung: 1 kN/mm² entspricht 1 GPa.

3.10 Spezifische magnetische Suszeptibilität – bei 20 °C –

CuNi1Si weist keinen Ferromagnetismus auf, da Nickel in Form von Nickelsilizid abgebunden ist. CuNi1Si ist vielmehr diamagnetisch bzw. paramagnetisch, wenn Ni-Gehalte niedrig sind und kein Eisen enthalten ist. Die Volumensuszeptibilität beträgt ca. $6 \cdot 10^{-7}$.

3.11 Kristallstruktur / Gefüge

CuNi1Si weist im lösungsgeglühten Zustand (zu erreichen durch Abschrecken von Temperaturen oberhalb der Löslichkeitslinie) ein an Ni₂Si übersättigtes α -Gefüge auf und kristallisiert in einem kubisch-flächenzentrierten Gitter. Die Aushärtungsfähigkeit beruht auf der von der Temperatur abhängigen Löslichkeit der intermetallischen Verbindung Ni₂Si (Nickelsilizid) in der Kupfermatrix. Durch Warmaushärtung unterhalb der Löslichkeitslinie scheidet sich Ni₂Si aus, dadurch können gewünschte mechanische und physikalische Werte eingestellt werden.

4. Mechanische Eigenschaften

Bei CuNi1Si lassen sich höhere Festigkeitswerte durch Kaltumformung und vor allem aufgrund einer ausgeprägten Aushärtbarkeit durch Wärmebehandlung erreichen.

4.1 Festigkeitswerte bei Raumtemperatur

4.1.1 Platten, Bleche, Bänder, Streifen und Ronden

Platten, Bleche, Bänder, Streifen und Ronden aus CuNi1Si sind in DIN EN nicht genormt. Festigkeitseigenschaften für Bänder sind für den kalt gewalzten und ausscheidungsgehärteten Zustand mit dem Hersteller zu vereinbaren.

4.1.2 Rohre

Rohre aus CuNi1Si sind in DIN EN nicht genormt.

4.1.6 Schmiedestücke

Schmiedestücke aus CuNi1Si sind in DIN EN 12420 genormt. Allerdings enthält diese Norm keine Angaben über die mechanischen Eigenschaften dieses Werkstoffes (Kategorie B).

4.1.7 Vormaterial für Schmiedestücke – nach DIN EN 12165 –

Zustand	Querschnittsmaße ¹⁾ (Nennmaß)				Zugfestigkeit R_m N/mm ² min.	0,2 %- Dehngrenze $R_{p0,2}$ N/mm ² max.	Bruchdehnung A % min.	Härte	
	Durchmesser mm		Schlüsselweite mm					HB	HV
	von	bis	von	bis				min.	min.
M	alle Maße				wie gefertigt				
H050 ²⁾	6	80	6	60	(300)	(200)	(20)	50	50
H120 ³⁾	6	80	6	60	(440)	(300)	(15)	120	125

¹⁾ Andere Formen als mit rundem oder regelmäßig vieleckigem Querschnitt müssen im Zustand M geliefert werden.

²⁾ Diese Eigenschaften gelten für den Zustand „wie geliefert“, nicht ausgehärtet.

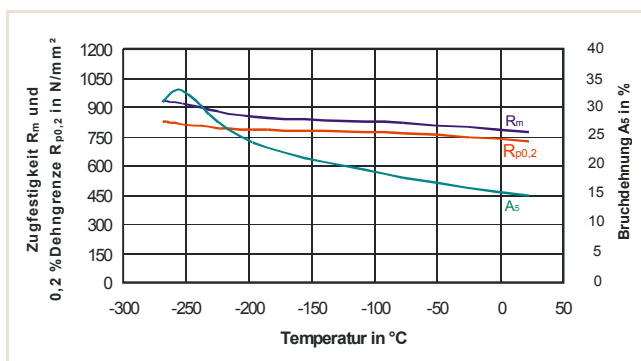
³⁾ Diese Eigenschaften gelten für den ausgehärteten Zustand.

Anmerkung 1: Die Zahlen in Klammern sind keine Anforderungen dieser Norm, sondern sie sind nur zur Information angegeben.

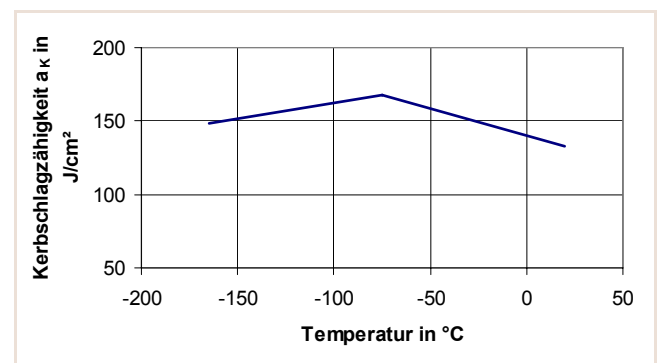
Anmerkung 2: 1 N/mm² entspricht 1 MPa.

4.2 Tieftemperaturverhalten

Bekannt sind Werte der Zugfestigkeit, der 0,2 %-Dehngrenze und der Bruchdehnung [4] einer Legierung mit vergleichbarer Zusammensetzung (Stangenmaterial, 2 h bei 450 °C ausgehärtet), sie wurden im folgenden Diagramm dargestellt.



Bekannt ist außerdem die Temperaturabhängigkeit der Kerbschlagzähigkeit einer vergleichbaren Legierung [5]. Sie wurde im unteren Diagramm wiedergegeben.



6. Werkstoffbezeichnungen

Vergleich der Werkstoffbezeichnungen in verschiedenen Ländern (einschließlich ISO) ^{*)}

Land	Bezeichnung der Normung	Werkstoffbezeichnung / -nummer
Europa	EN	CuNi1Si CW109C
USA	ASTM (UNS)	C19010 C19015
Japan	JIS	-
Internationale Normung	ISO	CuNi1Si

Vormalige nationale Bezeichnungen

Land	Normung	Werkstoffbezeichnung
Deutschland	DIN	CuNi1,5Si 2.0853
Frankreich	NF	-
Großbritannien	BS	-
Italien	UNI	-
Schweden	SS	-
Schweiz	SNV	CuNi1Si
Spanien	UNE	CuNi1Si

^{*)} Die Toleranzbereiche der Zusammensetzung der in außereuropäischen Ländern genormten Legierungen sind nicht in allen Fällen gleich mit der Festlegung nach DIN EN.

7. Bearbeitbarkeit [1 - 3, 5 - 7]

7.1 Umformen und Glühen

Umformen	
Kaltumformung	gut (lösungsgeglüht) ausreichend (ausscheidungsgeh.)
Kaltumformgrad zwischen den Glühungen	75 % (lösungsgeglüht) 20 % (ausscheidungsgehärtet)
Warmumformung Temperaturbereich	gut 800 bis 900 °C

Glühen	
Lösungsglühen, Temp-Bereich	750 bis 850 °C
Weichglühen, Temp-Bereich	650 bis 725 °C
Aushärten, Temp-Bereich	425 bis 490 °C (vorzugsweise 450 bis 470 °C)
Entspannungsglühen, Temp-Bereich	-

Die Kaltumformung erfolgt hauptsächlich im lösungsgeglühten Zustand. Hierzu wird das Material entsprechend geblüht und anschließend in Wasser abgeschreckt. Dieser Zustand kann durch Abschreckung nach einer Warmumformung ebenfalls erreicht werden.

7.2 Spanbarkeit

Zerspanbarkeitsindex: 30

(CuZn39Pb3 = 100)

(Die angegebenen Zahlen sind keine festen Messwerte, sondern stellen relative Einstufungen dar. Angaben anderer Quellen können daher geringfügig nach oben oder unten abweichen.)

Bei der groben Unterteilung der Kupferwerkstoffe hinsichtlich ihrer Spanbarkeit in drei Hauptgruppen wird CuNi1Si der Gruppe III (mäßige bis schwere Spanbarkeit) zugeordnet. Diese Legierung ist im kalt verformten bzw. ausgehärteten Zustand besser spanbar. Werden Teile aus CuNi1Si vor der Bearbeitung umgeformt, so sollte die Aushärtung nach der Umformung und vor der spanenden Bearbeitung vorgenommen werden. Zur Erzielung von guten und glatten Oberflächen wird die Verwendung von Schnellstahl oder Hartmetall empfohlen.

7.3 Verbindungstechniken

Schweißen	
Gasschweißen	nicht empfehlenswert
Laserschweißen	mittel bis gut
WIG-Schweißen	mittel bis gut
MIG-Schweißen	mittel bis gut
Widerstandsschweißen	
- Punkt- und Nahtschweißen	gut
- Stumpfschweißen	gut

Beim Schweißen sind die Schweißnaht und die von Wärme beeinflussten Zonen in ihren Festigkeiten beeinträchtigt.

Löten	
Weichlöten	gut
Hartlöten	mittel bis gut

Durch den Lötvorgang werden die Festigkeitseigenschaften nicht wesentlich beeinflusst, da die Weichlöttemperatur ohnehin unterhalb der Warmaushärtungstemperatur liegt und zum Hartlöten Lote mit möglichst niedriger Arbeitstemperatur bevorzugt werden.

Kleben	
	gut

7.4 Oberflächenbehandlung

Polieren	
mechanisch	gut
elektrolytisch	gut

Galvanisierbarkeit	
	gut

Eignung für Tauchverzinnung	
	gut

8. Korrosionsbeständigkeit

CuNi1Si besitzt allgemein eine gute Beständigkeit gegen Atmosphäre, Wasser, Wasserdampf, verschiedene Salzlösungen, viele organische Flüssigkeiten sowie neutrale und alkalische Verbindungen. Unter der Einwirkung der Witterung überzieht sich die Legierung CuNi1Si mit einer dunklen und schützenden Oxidschicht.

Diese Legierung neigt selbst im kalt umgeformten sowie im kalt umgeformten und ausgehärteten Zustand nicht zur Spannungsrisskorrosion, die bei einer Reihe von Werkstoffen unter bestimmten Bedingungen (unter äußeren und/oder inneren Zugspannungen und bei gleichzeitiger Einwirkung gewisser Angriffsmittel, wie z. B. Ammoniak, Amine, Ammoniumsalze) auftreten kann.

Sie ist aber gegen oxidierende Säuren und feuchte Schwefelverbindungen nicht beständig. So kann bei dem Angriff heißer oxidierender Gase stärkere Oxidation auftreten.

9. Anwendungen

- Kontakte und Schalter
- Schmelzsicherungen und Relais
- Leadframes
- Steckverbinder in Automobil und Elektrik, (insbes. für höhere Ströme und Temperaturen)
- Klemmen und Laschen (für elektr. Fahrleitungen, Einspeisungen und Erdungen)
- Verbinder und Hülsen
- hoch beanspruchte Schrauben (bes. korrosions- und witterungsbeständig)
- Schrauben für Drahtseile im elektrischen Oberleitungsbau
- Muttern und Bolzen
- Freileitungsarmaturen
- Wälzlagerkäfige und Federn
- Spritzdüsen (als Substitutionswerkstoff für CuCoBe)
- Lagerbuchsen und Ventilführungsbuchsen
- Führungsschienen und Gleitelemente u.a.

10. Liefernachweis

Technische Lieferbedingungen sind in der betreffenden Produktnorm enthalten. Nachweise von Herstellern und Händlern für Halbzeug aus CuNi1Si können der Quelle [8] entnommen werden.

11. Literatur

Die Angaben dieses Datenblattes sind der bekannten Literatur entnommen bzw. in Anlehnung an diese extrapoliert bzw. angesetzt worden. Einige dieser Stellen sind nachstehend aufgelistet.

- [1] Niedriglegierte Kupferwerkstoffe – Eigenschaften, Verarbeitung, Verwendung (DKI-Informationsdruck i.8). Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf, 1977.
- [2] Kupferwerkstoffe in der Elektrotechnik und Elektronik (DKI-Informationsdruck i.010). Deutsches Kupferinstitut, Düsseldorf, 1992.
- [3] K. Dies: Kupfer und Kupferlegierungen in der Technik. Springer-Verlag, Berlin / Heidelberg / New York, 1967.
- [4] Low Temperature Mechanical Properties of Copper and Selected Copper Alloys. National Bureau of Standards Monograph 101, U.S. Department of Commerce, Dec. 1967.
- [5] Niedriglegierte Kupferlegierungen (DKI-Fachbuch). Deutsches Kupferinstitut, Berlin, 1976.
- [6] Copper Data Sheet No. C7, CuNi2Si. Deutsches Kupferinstitut, 1972.
- [7] KME, Rolled Products – Bänder für Steckverbinder; Materialdaten + Sonderlegierungen – STOL76 (C19010). KM Europa Metal, Osnabrück, 2005.
- [8] <http://www.kupferinstitut.de>

Platzsparend durch direkte Montage
zwischen DIN-Flansche / Dichtflächen



Gehäusematerial

Aluminium

Handantrieb

DN 50: Kniehebel
DN 63 - 100: Schubstange

DN		Bestellnummern
mm	inch	
50	2	08234-FA06
63	2 1/2	08136-FA03
80	3	08138-FA03
100	4	08140-FA03

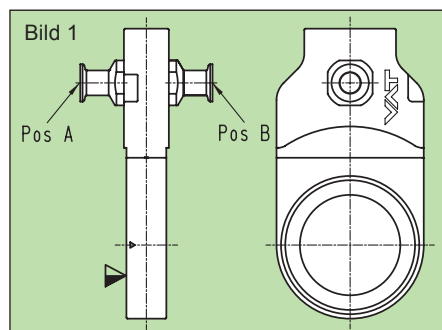
Pneumatikantrieb

doppeltwirkend
mit Lagemelder
mit Steuerventil

50	2	08234-FA44
63	2 1/2	08136-FA44
80	3	08138-FA44
100	4	08140-FA44

ohne Lagemelder, ohne Steuerventil: 08 ... -FA14
mit Lagemelder, ohne Steuerventil: 08 ... -FA24

Optionen



▽ Ventilsitzseite

Antrieb:

- Steuerventil für Impulsansteuerung:
Ventilstellung bleibt bei Stromausfall unverändert
- Steuerventil separat, für externe Montage
- Steuerventil für 12, 48 VDC
24, 48, 100, 115, 200, 230 V 50 Hz
24, 100, 115, 200, 230 V 60 Hz

Ventil:

- Stutzen mit Dichtung aus VITON (Bild 1) bei DN 63 - 100 zum Abpumpen (Bypass), Fluten oder für Messinstrumente (empfohlener Stutzen: ISO-KF16 für DN 63, ISO-KF25 für DN 80 und 100)

Bestellhinweis für Optionen:

Bestell-Nr. Ventil-X (z. B. 08140-FA44-X, X = Stutzen ISO-KF25 in Position A)

Dichtungssatz

Bestehend aus Dichtungen für Flansche, Teller und Gehäuseunterteil
Bestell-Nr.: siehe Betriebsanleitung oder Preisliste

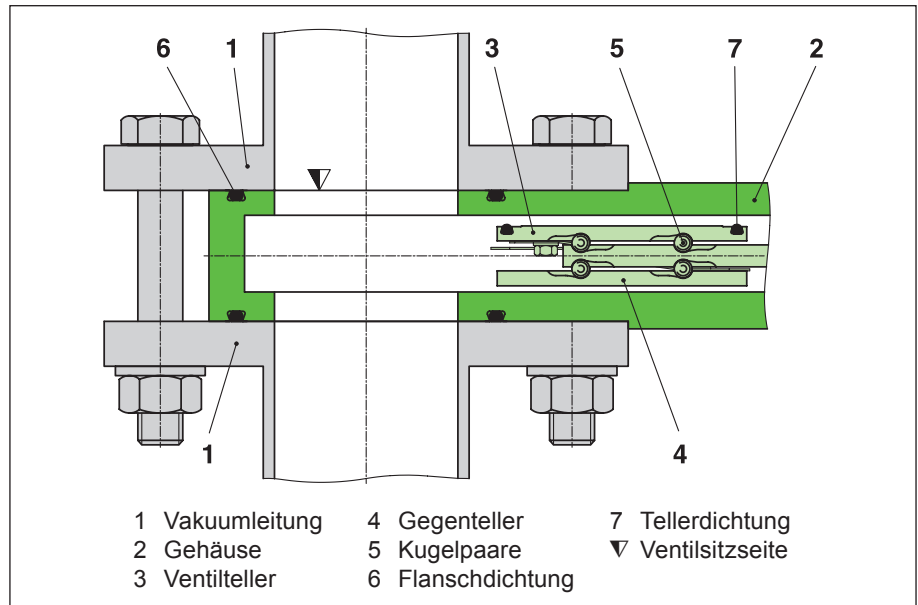
Dichtungen

Teller: VITON

Kopf: VITON

Durchführung

VITON / Schiebedurchführung



1 Vakuumleitung 4 Gegenteller 7 Tellerdichtung
 2 Gehäuse 5 Kugelpaare ▽ Ventilsitzseite
 3 Ventilteller 6 Flanschdichtung

Merkmale

Flansche mit DIN-Anschlagrand

VATLOCK-System (siehe Fachwortverzeichnis)

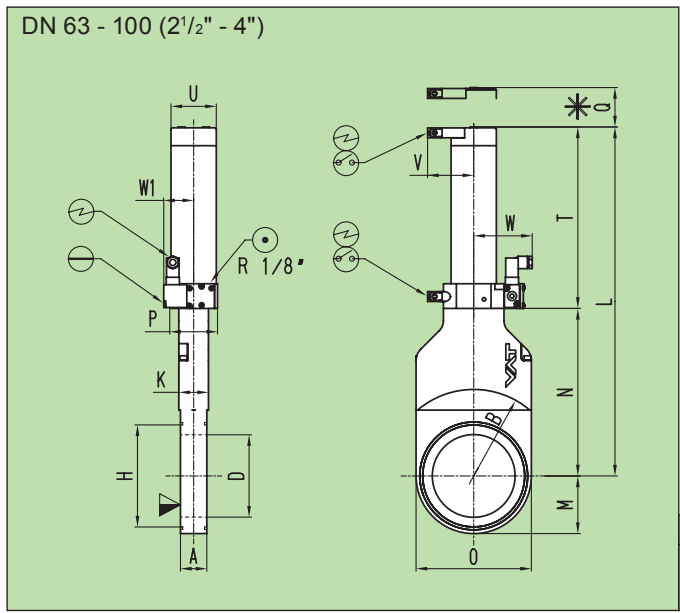
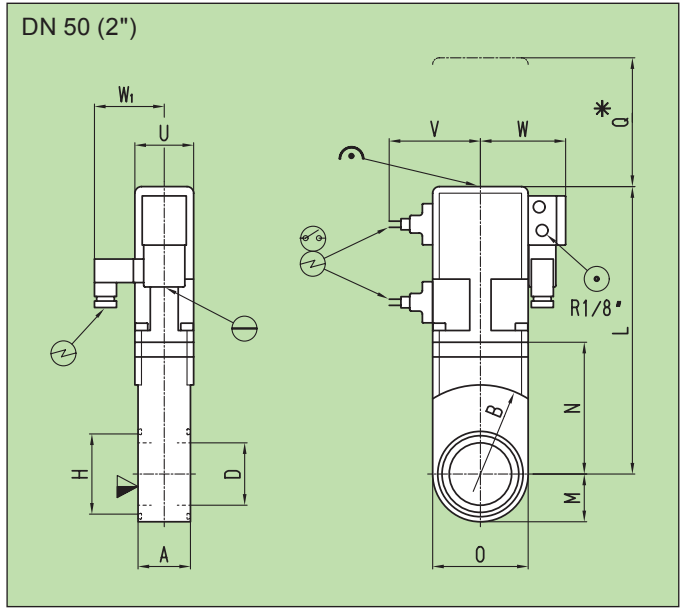
Technische Daten

Weitere technische Daten
 siehe nächste Seite

Dichtheit: Gehäuse, Ventilsitz	< 1 · 10 ⁻⁹ mbar ls ⁻¹
Druckbereich	1 · 10 ⁻⁷ mbar bis 1.6 bar (abs)
Differenzdruck am Ventilteller - DN 50 / 63 - 100	≤ 1 / ≤ 1.6 bar in beiden Richtungen
Differenzdruck beim Öffnen	≤ 30 mbar
Standzeit bis zur 1. Wartung - DN 50 / 63 - 100	50000 / 200000 Zyklen
Temperatur ¹⁾	
- Ventilgehäuse DN 50 / 63 - 100	≤ 100°C / ≤ 120°C
- Handantrieb	≤ 80°C
- Pneumatiktrieb	≤ 80°C
- Lagemelder	≤ 80°C
- Steuerventil	≤ 50°C
Werkstoff	
- Ventilgehäuse DN 50 / 63 - 100	AlMgSi1 / AlMg4.5Mn
- Mechanik	AISI 304 (1.4301), AISI 301 (1.4310) AISI 420 (1.4034)
Dichtung	
- Kopf	VITON
- Teller DN 50 / 63 - 100	VITON vulkanisiert / VITON
Einbaulage	beliebig
Steuerventil	24 VDC, 5.4 W (andere siehe «Optionen»)
Lagemelder: Schaltleistung	<u>DN 50</u> <u>DN 63 - 100</u>
- Spannung	≤ 50 VAC ≤ 250 VAC
- Strom	≤ 0.5 A ≤ 2 A
- Leistung	max. 10W
Ventilstellung	visuell erkennbar (mechanisch)

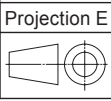
¹⁾ Maximalwerte: abhängig von Einsatzbedingungen und Dichtmaterialien

Pneumatikantrieb



DN	mm inch	50 2	63 2 1/2	80 3	100 4
A	mm inch	35 1.38	32 1.26	32 1.26	32 1.26
B	mm inch	140 5.51	160 6.3	190 7.48	210 8.27
D	mm inch	50 1.97	65 2.56	80 3.15	100 3.94
H	mm inch	63 2.48	88 3.46	104 4.09	124 4.88
I.D. x d 1)		63.09x3.53 2.48x0.139	88.49x3.53 3.49x0.139	104.37x3.53 4.11x0.139	123.42x3.53 4.86x0.139
K	mm inch	- -	36 1.42	36 1.42	36 1.42
L	mm inch	220 8.66	341.5 13.44	375 14.76	425 16.73
M	mm inch	37.5 1.48	50 1.97	59 2.32	70 2.76
N	mm inch	103 4.06	155.5 6.12	173.5 6.83	203.5 8.01
O	mm inch	75 2.95	100 3.94	118 4.65	140 5.51
P	mm inch	- -	58 2.28	58 2.28	58 2.28
Q	mm inch	65 2.56	25 0.98	25 0.98	25 0.98
T	mm inch	- -	186 7.32	201.5 7.93	221.5 8.72
U	mm inch	40 1.57	55 2.17	55 2.17	55 2.17
V	mm inch	65 2.56	56 2.2	56 2.2	56 2.2
W	mm inch	66 2.6	72 2.83	72 2.83	72 2.83
W1	mm inch	50 1.97	36.5 1.44	36.5 1.44	36.5 1.44

1) Abmessungen Flansch-O-Ring



- ▼ Ventilsitzseite
- * benötigte Ausbauhöhe
- ⊖ Notbetätigung
- ⊕ Pressluftanschluss
- ⊕ elektrischer Anschluss
- ⊕ Lagemelder
- ⊕ mechanische Stellungsanzeige

Vakuum-Messung

Aktive Sensoren für den Messbereich von 2000 mbar bis 10^{-10} mbar



Aktive Sensoren / Transmitter

Bewährte Technik, reproduzierbare Messergebnisse

Kapazitäts-Manometer (CDG)



Wärmeleitungs-Vakuummeter (Pirani)



Die Oerlikon Leybold Vakuum Transmitter zur Vakuummessung sind speziell für die Integration in Anlagen geeignet.

Diese hochpräzisen Vakuum-Sensoren sind zur Vakuumdruckmessung in allen Anwendungen geeignet, bei denen folgende Kriterien erwartet werden:

- Hohe Zuverlässigkeit
- Einfache Bedienung
- Hohe Reproduzierbarkeit der Messung
- Mehrere Messpunkte, die ständig überwacht werden sollen
- Einfache, kosten- und platzsparende Installation
- Längere Übertragungswege (bis zu 100 m) zwischen Messort und Auswertestation
- Unmittelbarer Datentransfer an SPS/Computer über Digital-/Analogschnittstelle
- Erhöhte Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
- Erfüllung internationaler Normen und Standards (CE, UL, RoHS, WEEE, usw.)

CERAVAC Transmitter CTR 100, CTR 101

Die CERAVAC-Transmitter bieten hervorragende Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit dank einer Membran aus reiner Aluminiumoxid-Keramik. Sie eignen sich für universelle Druckmessungen, auch bei korrosiven Prozessgasen.

Messprinzip

- Keramik-Kapazitätsvakuummeter

Vakuum-Druckbereich

Fein- und Grobvakuum

Mess-/Anzeigebereich

- Zwischen 10^{-5} bis 1000 Torr, modellabhängig

Linear Pressure Sensors DI/DU 200/201, DI/DU 2000/2001, DI/DU 2001 rel.

Piezoresistive oder kapazitive Druck-Sensoren in Keramik-Technik. DU Sensoren zeichnen sich durch ein exzellentes Überlastverhalten, eine hohe Korrosionsbeständigkeit und hohe Vibrationsfestigkeit aus.

Messprinzip

- Kapazitiver Keramik-Membransensor
- Piezoresistiver Membransensor

Vakuum-Druckbereich

Grobvakuum

Mess-/Anzeigebereich

- Absolutdruck-Messbereiche von 0,1 bis 200 mbar oder 1 bis 2000 mbar
- Relativdruck-Messbereich von -1000 mbar bis +1000 mbar

THERMOVAC Transmitter TTR 91/TTR 91 S, TTR 96 S

THERMOVAC-Transmitter basieren auf dem Wärmeleitfähigkeitsprinzip nach Pirani. Die Messzellen sind entweder mit einer Wolfram- (TTR 91/TTR 91 S) oder Nickel- (TTR 96 S) Wendel ausgestattet.

THERMOVAC TTR 91 S und TTR 96 S verfügen über zwei integrierte Schaltrelais.

Messprinzip

- Wärmeleitung nach Pirani

Mess-/Anzeigebereich

- $5 \cdot 10^{-4}$ bis 1000 mbar

TTR 101/101 S2

THERMOVAC TTR 101 Transmitter verbinden das Prinzip der Wärmeleitfähigkeit nach Pirani mit dem von Kapazitäts-Membransensoren.

Daher bieten TTR 101 die gasartunabhängige Messung im Druckbereich zwischen 10 mbar und 1500 mbar.

Die THERMOVAC TTR 101-Serie verfügt optional über ein integriertes Display, Profibus-Schnittstelle und/oder zwei integrierte Schaltrelais.

Messprinzip

- Kapazitiver Keramik-Membransensor kombiniert mit Wärmeleitung nach Pirani

Mess-/Anzeigebereich

- $5 \cdot 10^{-5}$ bis 1500 mbar

Hochpräzise Vakuummessung von 2000 mbar bis 10^{-10} mbar

Wärmeleitungs- Vakuummeter (Pirani)



THERMOVAC Transmitter TTR 911, TTR 916

Diese THERMOVAC Modelle sind mit unterschiedlichen Filament-Materialien erhältlich: Wolfram im TTR 911 und Nickel im TTR 916.

Optional sind die TTR 911/916 mit eingebautem Display erhältlich, um das Ablesen der Messwerte direkt am Transmitter zu ermöglichen. Als Feldbus-Schnittstellen stehen Profibus und DeviceNet zur Verfügung.

Messprinzip

- Wärmeleitung nach Pirani

Mess-/Anzeigebereich

- $5 \cdot 10^{-5}$ bis 1000 mbar

TTR 911 CC

Die TTR 911 CC Transmitter verfügen über vollständig keramikbeschichtete Messzellen (Al_2O_3).

Mit diesem optimalen Korrosionsschutz sind die TTR 911 CC ideal geeignet für anspruchsvolle Anwendungen, wie Trockenätzen oder Atomic Layer Deposition (ALD).

TTR 911 CC Sensoren sind mit Profibus Schnittstellen erhältlich.

Messprinzip

- Wärmeleitung nach Pirani

Mess-/Anzeigebereich

- $5 \cdot 10^{-5}$ bis 1000 mbar

Kaltkathoden-Ionisation (Penning)



PENNINGVAC Transmitter PTR 90

Die PENNINGVAC-Transmitter sind mit robuster Kaltkathoden-Messzelle zur Integration in programmierbare Anlagen ausgelegt. Sie bieten eine hohe Reproduzierbarkeit bei geringer Verschmutzungsneigung, selbst im Argon-Betrieb.

Die PENNINGVAC PTR 90 Messröhre verbindet das Kaltkathoden-Ionisations- mit dem Pirani-Messsystem und kann mit Anzeige- und Messgeräten der neueren Generation betrieben werden.

Messprinzip

- Kaltkathoden-Ionisation nach dem Prinzip des invertierten Magnetrons kombiniert mit Wärmeleitung nach Pirani

Mess-/Anzeigebereich

- $5 \cdot 10^{-9}$ bis 1000 mbar

PTR 225/PTR 225 S/PTR 225 PB PTR 237

Die PENNINGVAC PTR 225 Serie besitzt einen DN 25 KF Flanschanschluss und optional über ein integriertes Schaltrelais (PTR 225 S). Der PTR 237 verfügt über einen DN 40 CF Flanschanschluss.

Messprinzip

- Kaltkathoden-Ionisation nach Penning

Mess-/Anzeigebereich

- $1 \cdot 10^{-9}$ bis $1 \cdot 10^{-2}$ mbar

Heißkathoden-Ionisation



IONIVAC Transmitter ITR 90/ITR 90 PB ITR 200 S/ITR 200 SP

Die IONIVAC-Transmitter erlauben als kombinierte Heißkathoden-Ionisationsmeter mit einem Pirani-Sensor Vakuumdruckmessungen von nicht entzündlichen Gasen und Gasmischungen in einem weiten Messbereich.

IONIVAC ITR 90 sind optional mit integriertem Display und Profibus-Schnittstelle in den Flanschgrößen DN 25 KF oder DN 40 CF erhältlich. CF-Flansche sind dreh- und ausheizbar (bis 150 °C).

Die Modelle IONIVAC ITR 200 S verfügen über ein Doppelkathoden-Messsystem, Schaltfunktionen, KF oder CF Anschluss und sind optional mit Profibus sowie integriertem Display erhältlich.

Jeweils zwei integrierte Schaltfunktionen und eine Profibus-Schnittstelle besitzt das Modell IONIVAC ITR 200 SP.

Messprinzip

- Heißkathoden-Ionisations-Vakuummeter nach Bayard-Alpert kombiniert mit Wärmeleitung nach Pirani

Mess-/Anzeigebereich

- $5 \cdot 10^{-10}$ bis 1000 mbar

Technische Daten

Aktive Sensoren / Vakuum Transmitter

CERAVAC CTR, Lineare Drucksensoren DI/DU, THERM

Technische Daten	CERAVAC		Lineare Drucksensoren		
	Vakuum Transmitter	CTR 100	CTR 101	DI / DU 200 / 201	DI / DU 2000/2001/2001 rel.
Messprinzip	Kapazitiver Keramik Membransensor, temperatur-kompensiert	Kapazitiver Keramik Membransensor, 45 °C beheizt	Kapazitiver Keramik Membransensor	Piezo-resistiver Keramik-Membransensor	Wärmeleitung nach Pirani
Mess- / Anzeigebereich	mbar	0,1 Torr / $1 \cdot 10^{-5}$ - 0,1 Torr* 1 Torr / $1 \cdot 10^{-4}$ - 1 Torr 10 Torr / $1 \cdot 10^{-3}$ - 10 Torr 20 Torr / $2 \cdot 10^{-3}$ - 20 Torr 100 Torr / 0,01 - 100 Torr 1000 Torr / 0,1 - 1000 Torr	0,1 Torr / $1 \cdot 10^{-5}$ - 0,1 Torr* 1 Torr / $1 \cdot 10^{-4}$ - 1 Torr 10 Torr / $1 \cdot 10^{-3}$ - 10 Torr 100 Torr / 0,01 - 100 Torr 1000 Torr / 0,1 - 1000 Torr	0,1 bis 200 1 bis 2000 DI/DU 2001 rel.: -1000 bis +1000 Relativdruck	5 · 10 ⁻⁴ - 1000
Messunsicherheit	%	0,2% vom Messwert +/- Temperatureinflüsse	0,25 FS Linearität, Reproduzierbarkeit und Hysterese	15% bei $1 \cdot 10^{-3}$ - 100 mbar 50% bei $5 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-3}$ mbar 50% bei 100 - 1000 mbar	
Vakuumananschluss	DN	16 KF, 16 CF, 8-VCR, 1/2" Rohr	16 KF mit G 1/4" Innengewinde	16 KF, 1/8" NPT, 16 CF	
Max. Ausheiztemperatur am Flansch	°C	≤ 110°C	70°C	80°C 250°C (ausheizbare Version)	
Überdruckfestigkeit, abs.	bar	3 max., abhängig vom Messbereich	6	5	10, limitiert auf inerte Gase
Schutzklasse	IP	30	54	40	
Schaltpunkte		–	2 x	–	0 bei TTR 91 2 bei TTR 91 S (LED Anzeige)
Max. Kabellänge Elektrischer Anschluss	m	50 (Typ C) Sub-D, 15polig female	25 DI: 7 pol. Diodenstecker (5 m) / DU: FCC 68 (5 m)	100 (Typ A) FCC 68, 8-polig	
Schnittstellen standard optional		RS 232 C –	RS 232 C –	DI: 4 - 20 mA / DU: 2 - 10 V – –	
Bemerkungen		* 1 Torr = 1,333 mbar	DI/DU 200/2000: FPM (FKM) Dichtung DI/DU 201/2001/2001 rel.: EPDM Dichtung	Filament: TTR 91/TTR 91 S: Wolfram TTR 96: Nickel	
Anzeige- und Betriebsgeräte		CENTER-Serie	DI: CENTER- und DISPLAY-Serie mit Signalkonverter DU: DISPLAY- und CENTER-Serie	DISPLAY- und CENTER-Serie	

Anzeige- und Betriebsgeräte für Vakuum-Transmitter

DISPLAY- und CENTER-Serie

VACVISION

Das Lieferprogramm an Anzeige- und Betriebsgeräten für aktive Sensoren von Oerlikon Leybold Vacuum umfasst:

- DISPLAY-Serie, Ein- und Mehrkanalgeräte
- CENTER-Serie, Ein- und Mehrkanalgeräte
- VACVISION, Universal Vakuumcontroller

Diese Anzeige- und Betriebsgeräte stellen die Messwerte dar und versorgen die Transmitter mit der notwendigen Betriebsspannung. Sie können als Tischgerät betrieben oder in 19" Racks eingebaut werden.

VACVISION überwachen und steuern den gesamten Vakuumprozess und zeichnen sich durch sehr einfache Konfiguration und intuitive Bedienung über Touch Panel aus.



DISPLAY ONE / DISPLAY THREE, CENTER ONE / CENTER THREE und VACVISION (Bedienseiten)

Anzeige- und Betriebsgeräte

für aktive Sensoren der Reihen

	CTR	DI ¹⁾ DU	ITR	TTR	PTR 90	PTR 225/237
Anzeige- und Betriebsgeräte						
DISPLAY ONE	-	✓	-	✓	✓	-
DISPLAY TWO	-	✓	-	✓	✓	✓
DISPLAY THREE	-	✓	-	✓	✓	✓
CENTER ONE	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CENTER TWO	✓	✓	✓	✓	✓	✓
CENTER THREE	✓	✓	✓	✓	✓	✓
VACVISION Vakuumcontroller	✓	-	✓	✓	✓	-

Typisierung der Anschlussleitungen

Anzeige- und Betriebsgerät

	DISPLAY ONE	DISPLAY TWO DISPLAY THREE	CENTER ONE CENTER TWO CENTER THREE
THERMOVAC-Transmitter TTR 91 / TTR 101 / TTR 911	Typ A	Typ A	Typ A
PENNINGVAC-Transmitter PTR 90	Typ A	Typ A	Typ A
PENNINGVAC-Transmitter PTR 225 / PTR 237	-	Typ A	Typ A
CERAVAC-Transmitter CTR 100 / CTR 101	-	-	Typ C
Lineare Drucksensoren DU 200/1 und DU 2000/1/rel	Typ A*	Typ A*	Typ A*
Lineare Drucksensoren DI 200/1 und DI 2000/1/rel (mit Signalkonverter)	Typ A** ¹⁾	Typ A** ¹⁾	Typ A** ¹⁾
IONIVAC-Transmitter ITR 90 / ITR 200	-	-	Typ C

Type A: Beidseitig FCC 68 (RJ45), 8-polig abgeschirmt / **Type A*:** Vorinstallierte Messleitung (5 m) mit beidseitig FCC 68 (RJ45), 8-polig abgeschirmt
Type A:** Vorinstallierte Messleitung (5 m) mit 7-pol. Diodenstecker. ¹⁾Zum Betrieb ist der Einsatz eines Signalkonverters erforderlich

Type B: Sub-D 15-polig female auf FCC 68 (RJ45), 8-polig abgeschirmt

Type C: Sub-D 15-polig female auf Sub-D 15-polig male, abgeschirmt

Detaillierte Informationen entnehmen Sie bitte dem Oerlikon Leybold Vacuum Gesamtkatalog, Kapitel „Vakuum messen, steuern, regeln“.



Zentrale Deutschland

Oerlikon Leybold Vacuum GmbH
 Bonner Straße 498
 D-50968 Köln

T +49 (0) 221-347-0
 F +49 (0) 221-347-1250
 info.vacuum@oerlikon.com

www.oerlikon.com/leyboldvacuum



Technische Daten

Produkt: THERMOVAC TTR 91 N
Katalog-Nr.: 230036V02

Vakuumananschluss:	DN 16 CF
Messbereich:	5,0 x 10 ⁻⁵ bis 1000 Torr
Betriebsspannung:	9 - 30 VDC
Signalspannung:	0,61 - 10 V log
Elektrischer Anschluss:	8 pol. RJ45 / FCC68
Anschlussleitung:	Typ A
Abmessungen:	siehe Maßblatt
Gewicht:	0,17 kg

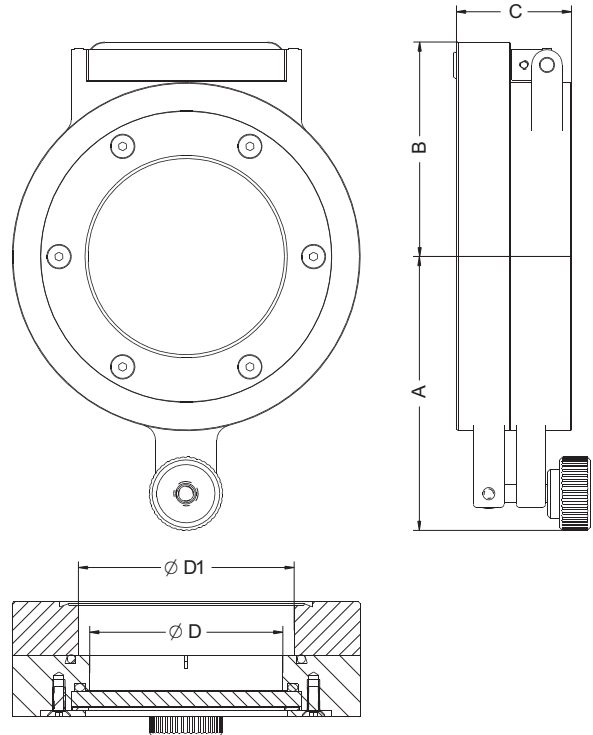
Technische Änderungen vorbehalten

CF - Schnellschlusstüren mit Sichtfenster							1.4306 geschmiedet	
Nennweite	Maße in mm	A	B	C	Ø D	Ø D1	Artikel	€ / Stck
DN 40 CF		67	48	31	40	40	SST 40 S	525,-
DN 63 CF		89	70	38	63	70	SST 63 S	610,-
DN 100 CF		109	88	38	100	102	SST 100 S	725,-
DN 160 CF		135	116	45	150	150	SST 160 S	890,-
DN 200 CF		159	143	47	198	198	SST 200 S	1.150,-
DN 250 CF		185	167	49	250	250	SST 250 S	1.980,-
DN 300 CF		241	215	56	290	290	SST 300 S	aA

- ❑ Ausheiztemperatur max. 130°C
- ❑ Flanschmaterial 1.4429 ESU auf Anfrage
- ❑ He-Leckrate: 1×10^{-9} mbar l s⁻¹, Druckbereich 1 bar bis 10⁻¹¹ mbar

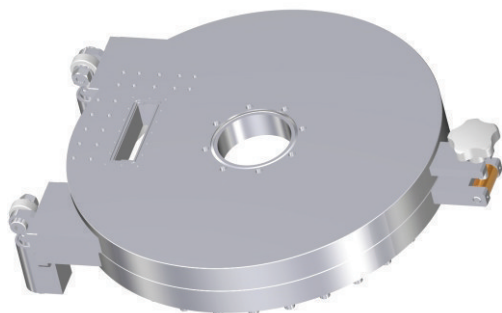


SST 250 S

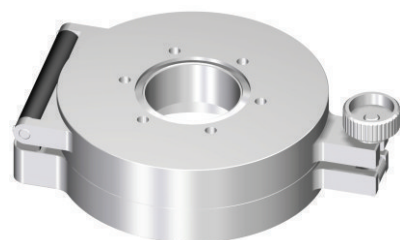


CF - Schnellschlusstüren ohne Sichtfenster					1.4306 geschmiedet		
Nennweite		A	B	C	Ø D1	Artikel	€ / Stck
DN 40 CF		67	48	31	40	SST 40	470,-
DN 63 CF		89	70	38	70	SST 63	550,-
DN 100 CF		109	88	38	102	SST 100	650,-
DN 160 CF		135	116	45	150	SST 160	795,-
DN 200 CF		159	143	47	198	SST 200	1.035,-
DN 250 CF		185	167	49	250	SST 250	1.860,-
DN 300 CF		241	215	56	290	SST 300	aA

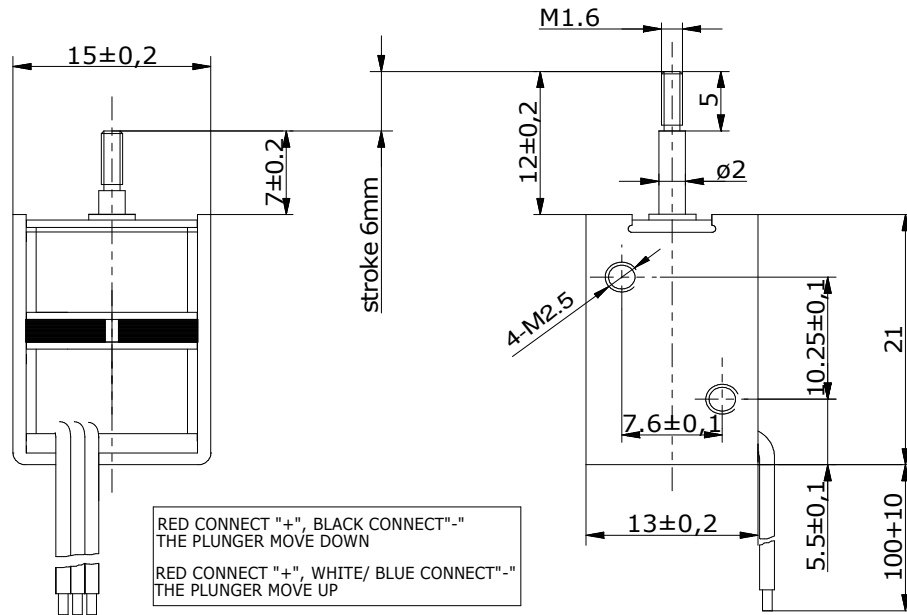
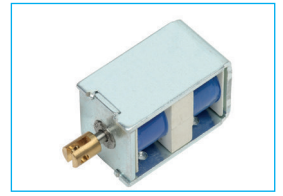
- ❑ Ausheiztemperatur max. 130°C
- ❑ Flanschmaterial 1.4429 ESU auf Anfrage
- ❑ He-Leckrate: 1×10^{-9} mbar l s⁻¹, Druckbereich 1 bar bis 10⁻¹¹ mbar



SST 300 nach Kundenwunsch modifiziert



SST 63-40



Gewicht	0,6 g	Weight
Leistung	24 W	Power
Haltekraft permanent	6 N	Holding force permanent
Hublänge	6 mm	Hublänge
Einschaltdauer	5%	Duty Cycles

Spannung	12 VDC	Voltage
Artikelnummer	3531242	Item No.

Spannung	24 VDC	Voltage
Artikelnummer	3541242	Item No.

ZUSÄTZLICHE AUSFÜHRUNG

abweichende Spannungsarten
abweichende Stößelform
Kabel- Steckerkonfektionierungen
Sonderausführungen auf Anfrage

CUSTOMIZED DESIGN

different voltages
different plunger shape
made- up cable and connectors
special customized design

TRAPEZGEWINDESPINDEL TSR

Trapezgewindespindel gerollt
In Anlehnung DIN 103, 7e

Werkstoff:
11SMn30, Werkstoff-Nr. 1.0715
C15, Werkstoff-Nr. 1.0401 od. ähnlich

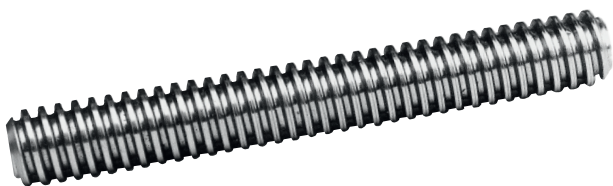
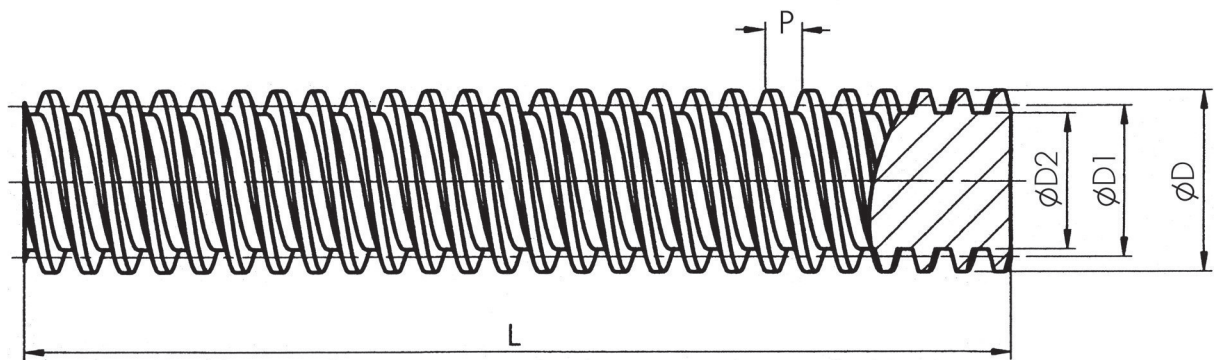
Größe = D Nenndurchmesser x Steigung	Kleinstmaß Flankendurch- messer D1/mm	Größtmaß Flankendurch- messer D1/mm	Kerndurch- messer D2/mm	Steigungs- winkel	Steigungs- genauigkeit auf 300mm	Gewicht (kg/m)	RH Artikel-Nr.	LH Artikel-Nr.
TSR-Tr 5 x 1,5*	3,900	3,950	3,30	6°98'	0,1	0,10	12-0515-01	12-0515-02
TSR-Tr 5 x 3 P1,5*	3,900	3,950	3,30	13°75'	0,1	0,10	12-0503-01	–
TSR-Tr 8 x 1,5	7,013	7,183	6,10	3°89'	0,1	0,30	12-0815-01	12-0815-02
TSR-Tr 10 x 2	8,739	8,929	6,89	4°2'	0,1	0,50	12-1002-01	12-1002-02
TSR-Tr 10 x 3	8,191	8,415	5,84	6°24'	0,1	0,45	12-1003-01	12-1003-02
TSR-Tr 12 x 2	10,729	10,929	8,89	3°39'	0,1	0,70	12-1202-01	12-1202-02
TSR-Tr 12 x 3	10,191	10,415	7,84	5°11'	0,1	0,70	12-1203-01	12-1203-02
TSR-Tr 12 x 6 P3	10,165	10,415	7,84	10°18'	0,2	0,70	12-1206-01	–
TSR-Tr 14 x 3	12,191	12,415	9,84	4°22'	0,1	0,95	12-1403-01	12-1403-02
TSR-Tr 14 x 4	11,640	11,905	8,80	6°3'	0,1	0,90	12-1404-01	12-1404-02
TSR-Tr 16 x 2	14,729	14,929	12,89	2°36'	0,1	1,40	12-1602-01	12-1602-02
TSR-Tr 16 x 4	13,640	13,905	10,80	5°11'	0,1	1,20	12-1604-01	12-1604-02
TSR-Tr 16 x 8 P4	13,608	13,905	10,80	10°18'	0,2	1,20	12-1608-01	12-1608-02
TSR-Tr 18 x 4	15,640	15,905	12,80	4°32'	0,1	1,60	12-1804-01	12-1804-02
TSR-Tr 20 x 2	18,729	18,929	17,00	1°94'	0,1	1,90	12-2002-01	12-2002-02
TSR-Tr 20 x 4 **	17,640	17,905	14,80	4°2'	0,1	2,00	12-2004-01	12-2004-02
TSR-Tr 20 x 8 P4 **	17,608	17,905	14,80	8°3'	0,2	2,00	12-2008-01	–
TSR-Tr 20x 16 P4 **	17,608	17,905	14,80	15°47'	0,2	2,00	12-2016-01	–
TSR-Tr 22 x 5 **	19,144	19,394	15,50	4°39'	0,1	2,35	12-2205-01	12-2205-02
TSR-Tr 22 x 24 P4* **	19,140	19,505	16,50	21°34'	0,2	2,35	12-2224-01	–
TSR-Tr 24 x 5 **	21,094	21,394	17,50	4°14'	0,1	2,85	12-2405-01	12-2405-02
TSR-Tr 24 x10 P5 **	21,058	21,394	17,50	8°25'	0,2	2,85	12-2410-01	–
TSR-Tr 26 x 5	23,094	23,394	19,50	3°52'	0,1	3,40	12-2605-01	12-2605-02
TSR-Tr 28 x 5	25,094	25,394	21,50	3°34'	0,1	4,00	12-2805-01	12-2805-02
TSR-Tr 30 x 4	27,640	27,905	25,60	2°62'	0,1	4,80	12-3004-01	–
TSR-Tr 30 x 6 **	26,547	26,882	21,90	4°2'	0,1	4,50	12-3006-01	12-3006-02
TSR-Tr 30x 12 P6 **	26,507	26,882	21,90	8°3'	0,2	4,50	12-3012-01	–
TSR-Tr 32 x 6	28,547	26,882	23,90	3°46'	0,1	5,20	12-3206-01	12-3206-02
TSR-Tr 36 x 6 **	32,547	32,882	27,90	3°18'	0,1	6,70	12-3606-01	12-3606-02
TSR-Tr 40 x 7 **	36,020	36,375	31,50	3°29'	0,1	8,20	12-4007-01	12-4007-02
TSR-Tr 40 x 14 P7 **	35,978	36,375	31,50	6°57'	0,2	8,20	12-4014-01	–
TSR-Tr 50 x 8 **	45,468	45,868	39,30	3°10'	0,1	13,10	12-5008-01	12-5008-02
TSR-Tr 60 x 9 **	54,935	55,360	48,15	2°57'	0,1	19,00	12-6009-01	12-6009-02

Geradheit 0,3/300 mm

Lieferlängen: Standardlänge ca. 3.000 mm, Fixlängen | ** Auch bis 6.000 mm in RH lieferbar, in LH auf Anfrage

*Sonderprofil Tr 22 x 24 P4 – Nenn Dm = 22,5mm, Tr 5 x 1,5 und Tr 5 x 3 P1,5 Nenn Dm = 4,7 mm

TRAPEZGEWINDESPINDEL TSR



Bestellbeispiel	Stück	Länge	Artikel-Nr.
Größe			
TSR-Tr 20x4-RH	4	3.000	12-2004-01

H.F.B. GEWINDETECHNIK

Trapezgewinde

Kugelgewinde

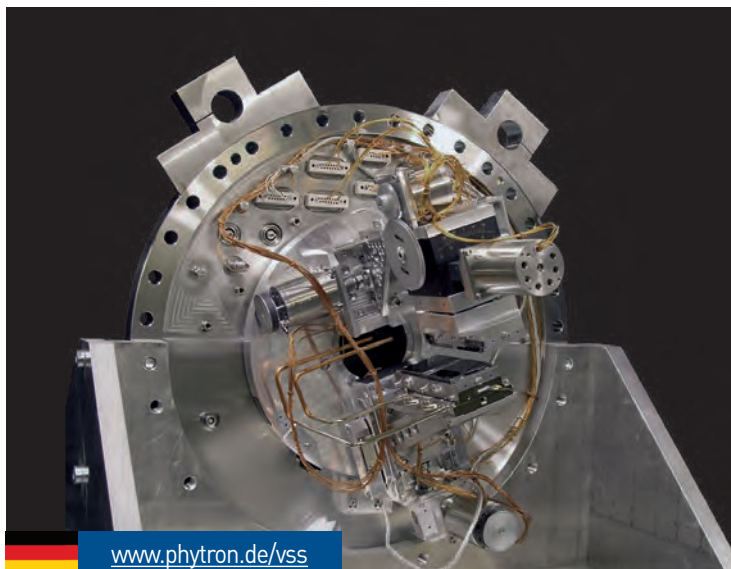
Kleinstgewinde

HFB-Gewindetechnik GmbH
Bohnäckerweg 6 • 72655 Altdorf
Telefon (07127) 92 24 11
Telefax (07127) 92 24 10
info@hfb-gewindetechnik.de
www.hfb-gewindetechnik.de

IN KOOPERATION MIT:

fritz
zerspanungstechnik

Oliver Fritz
Zerspanungstechnik
Bohnäckerweg 6 • 72655 Altdorf
Telefon (07127) 92 49 44
Telefax (07127) 92 49 48
info@fritz-zerspanungstechnik.de
www.fritz-zerspanungstechnik.de



www.phytron.de/vss



VSS Schrittmotoren

Für den Einsatz bis ins Ultrahoch-Vakuum

RoHS
compliant



Motoren für den Einsatz im Vakuum müssen das Vakuum nicht nur aushalten (kein Aufplatzen von Lufteinschlüssen), sie dürfen das Vakuum darüber hinaus auch nicht kontaminieren. Durch die Auswahl geeigneter Materialien und optimierte Konditionierungsprozesse sind phytron VSS Schrittmotoren optimal für den Einsatz im Vakuum geeignet. Durch langjährige Erfahrung mit Sondermaterialien für den Weltraumeinsatz haben wir ein Augenmerk auf Werkstoffe mit minimaler molekularer Ausgasung und hoher Wärmebeständigkeit gelegt. Das ist die Voraussetzung für eine hohe Vakuum-Qualität und unverfälschte Messergebnisse in wissenschaftlichen und medizinischen Anwendungen. Für das exakte Positionieren im Vakuum eignen sich Schrittmotoren deswegen besonders gut, weil sie auch ohne empfindliche

Feedbackgeber exakt positionieren können. Damit können phytron VSS-Schrittmotoren auch in besonders herausfordernden Umweltbedingungen eingesetzt werden (Strahlung, Cryo-Temperaturen und in modifizierter Form auch im Weltall).

Weil Schrittmotoren keinen Jitter-Effekt generieren, eignet sich diese Technologie um optische Instrumente, Spiegel, Antennen oder Proben in hochauflösenden Mikroskopen, Teilchenbeschleunigern oder Molekular-Analyse-Geräten exakt auszurichten.

Die VSS-Serie wird vollständig in Deutschland gefertigt. Sie haben ganz besondere Anforderungen? Gerne entwickeln wir den maßgeschneiderten Antrieb für Ihre Anwendung.

Im Fokus



Hochtemperatur



Vakuum



Strahlungsresistent

- 2-Phasen Schrittmotoren
- Haltemomente von 3,4 mNm bis 13 Nm
- Durchmesser von 19 bis 125 mm
- Standardschrittzahl 200
- Schrittgenauigkeit 5% für 1,8°
- Betriebsspannung Endstufe
Baugröße 19 bis 57: 70 V_{DC}
Baugröße 80 bis 126: 120 V_{DC}
- Schutzklasse IP 20
- Standard-Anschlussart:
4-Leiter parallel
(optional seriell oder 8-Leiter)
- Ausgasöffnungen zur Vermeidung von Gaseinschlüssen

Optionen

- VGPL Präzisions-Planeten-Getriebe oder Harmonic Drive Getriebe
- Thermolement Typ KTC/Platinsonde Pt100
- Resolver
- Zweites Wellenende

Kundenspezifische Ausführungen

- Betrieb in aggressiver Umgebung
- Reinraumanwendungen bis Reinraumklasse ISO 5 (gemäß ISO 14644-1)
- Motoren mit Spindel

Highlights



Performance & Lifetime

phytron in-Vakuum Motoren basieren auf einer Technologie, die auch in den herausforderndsten Projekten unserer Zeit Anwendung findet. Von einer Vielzahl an Satelliten, bis hin zum Marsrover Curiosity treiben phytron Motoren Anwendungen in fernen Welten an – hochpräzise, zuverlässig und langlebig. Richtig betrieben stellen ausgewählte Komponenten und ein bewährtes Design eines sicher: Diese Motoren lassen Sie nicht im Stich!

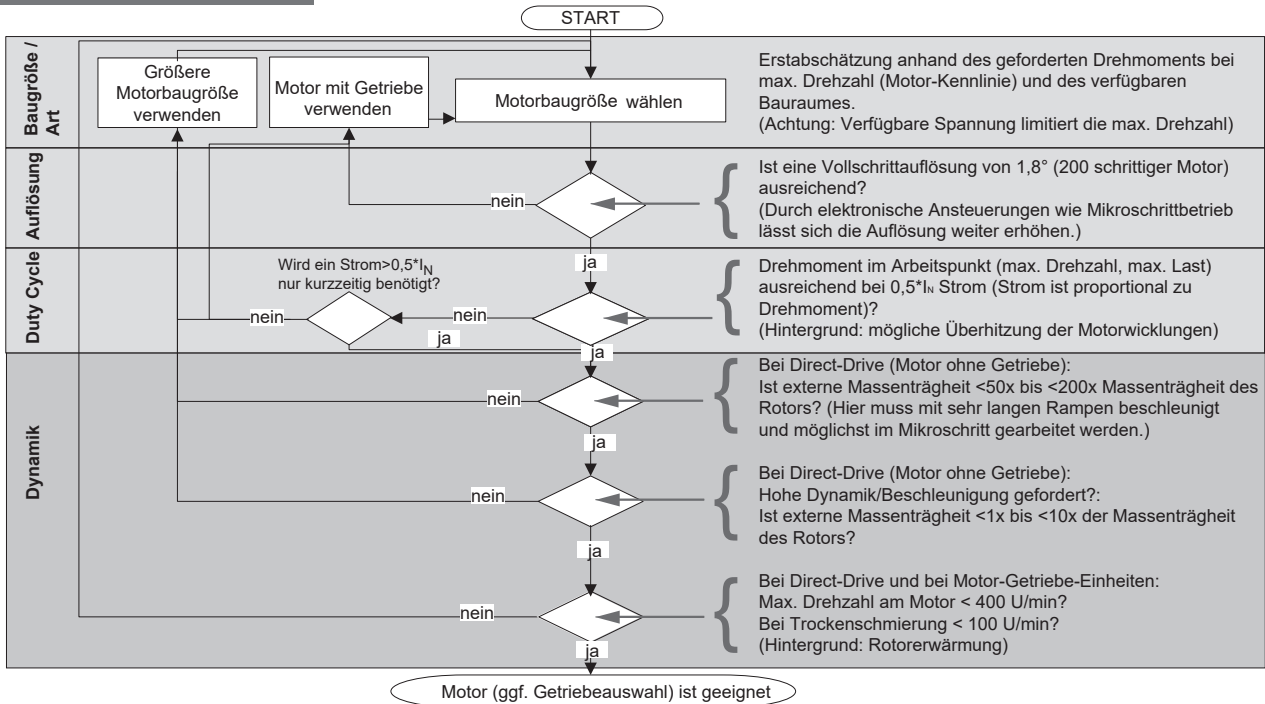


Cleanliness - Sauberkeit

phytron Motoren für den Einsatz im Ultrahochvakuum (UHV) enthalten ausschließlich Materialien, welche auch den Anforderungen an die ECSS (European Space regulations) genügen. Somit hat jedes Material einen maximalen TML (Total Mass Loss) Wert < 1 % und einen CVCM (Volatile Mass Losses) Wert < 0,1%. Sie erhalten Ihren Motor selbstverständlich in vakuumversiegelter Doppelverpackung.

Extreme

Projektierungshilfe



Derating-Einschaltdauer-Betrieb für die Anwendung im Vakuum

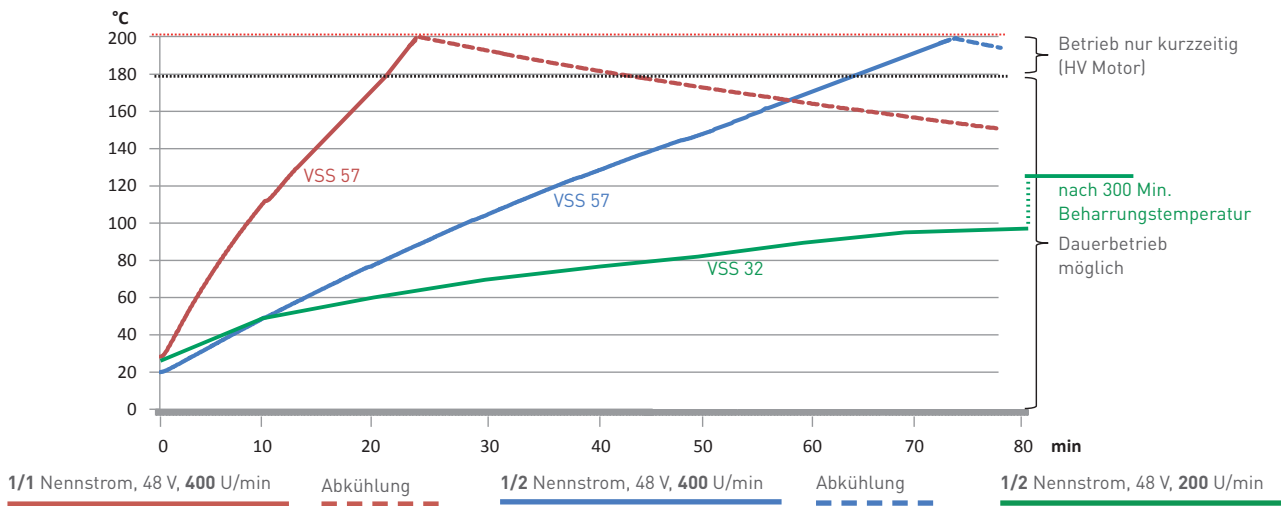
Antriebsmotoren im Vakuum erhitzen sich sehr schnell abhängig von ihrer Einschaltdauer. Angetrieben mit Nennstrom wird die maximale Temperatur innerhalb weniger Minuten erreicht. Deshalb ist es notwendig, die Motortemperatur (K-Element) zu überwachen oder nach einem Arbeitszyklus genügend Auszeit einzuhalten, um den Motor immer auf einem sicheren Temperaturniveau zu halten.

Die gezeigte Kurve ist bei einer Umgebungstemperatur von 20 ° C aufgenommen. Um Ihnen eine Idee zu geben, wie der gewählte Strom die Motortemperatur beeinflusst, sind zwei Kurven eines VSS 57 dargestellt.

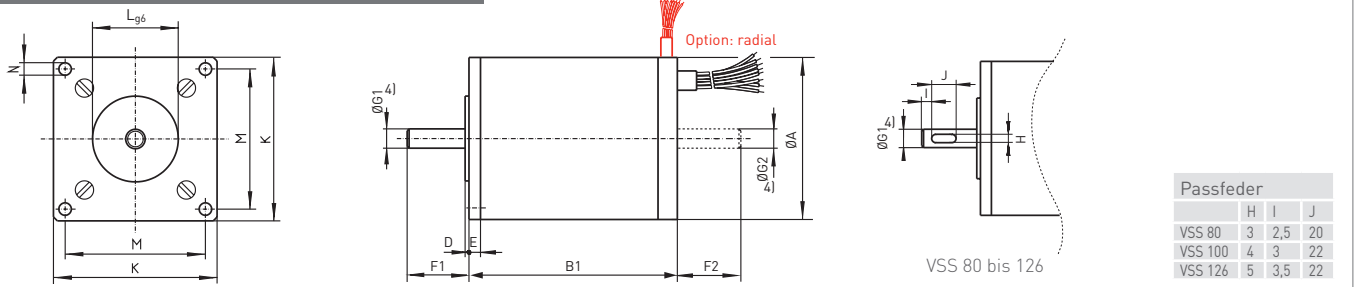
Bei 400 Umdrehungen pro Minute mit halbem Nennstrom erwärmt sich der Motor langsamer aufgrund der geringeren ohmschen Verluste als mit vollem Nennstrom.

Die dritte Kurve (VSS 32) mit 0,5 Nennstrom und nur 200 Umdrehungen pro Minute führt zu einer Beharrungstemperatur mit sicheren Temperaturgrenzen. Eine höhere Drehzahl erhöht die magnetischen Verluste. Daher sollten hohe Geschwindigkeiten möglichst vermieden werden, um Wärmeverluste zu reduzieren und die Lager zu schützen.

Wicklungstemperatur (im Vakuum), Umgebung 20 °C



Schrittmotor VSS 19 - VSS 126



Abmessungen / Elektrische und Mechanische Kenndaten

VSS Standard 200-schritt- tig 4 Leiter parallel ³⁾	Elektrische Kenndaten				Mechanische Kenndaten						Abmessungen in mm												
	Strom/Phase In	Widerstand/ Phase	Induktivität/ Phase	max. Betriebs- spannung	AWG	Haltemoment ²⁾	Selbsthaltemo- ment	Massenträgheit des Rotors	Lager- belastung		Gewicht	A	B1	D	E	F1	F2	G1 ⁴⁾	G2 ⁴⁾	K	L	M	N
									axial	radial													
19.200.0.6¹⁾ 19.200.1.2¹⁾	0,6 1,2	2,1 0,63	0,85 0,23		28	3,4 3,5	0,9	0,0009	3	3	0,05	19	26,5	1	2	7,5	6,5	2,5	2,5	19	10	16	M2,5
20.200.0.6 20.200.1.2	0,6 1,2	3,45 0,95	1,1 0,4		28	8	1	0,002	3	3	0,075	19	43	1	2	7,5	6,5	2,5	2,5	19	10	16	M2,5
25.200.0.6 25.200.1.2¹⁾	0,6 1,2	3,25 0,95	1,5 0,4		28 26	12	2	0,0025	5	5	0,08	25	31	1	2,5	9,5	8,5	3	3	25	14	21,5	2,2
26.200.0.6 26.200.1.2	0,6 1,2	5,85 1,7	3,2 1,0		28 26	28	1,9	0,006	5	5	0,13	25	47	1	2,5	9,5	8,5	3	3	25	14	21,5	2,2
32.200.0.6 32.200.1.2¹⁾	0,6 1,2	4,6 1,25	5,3 1,2		26	40	3	0,01	5	15	0,17	32	38,5	1	3	11	10	4	4	32	18	27	2,8
33.200.0.6 33.200.1.2¹⁾	0,6 1,2	7,5 1,9	9,3 2,2	70	26	68	3,3	0,018	5	15	0,26	32	57,5	1	3	11	10	4	4	32	18	27	2,8
42.200.1.2¹⁾ 42.200.2.5¹⁾	1,2 2,5	1,7 0,34	3 0,7		24 22	120	5	0,045	20	40	0,35	42	54	1	3	16	15	5	4	42	22	36	3,2
43.200.1.2¹⁾ 43.200.2.5	1,2 2,5	2,6 0,5	5,2 1,2		24 22	235	7	0,077	20	40	0,52	42	69	1	3	16	15	5	4	42	22	36	3,2
52.200.1.2 52.200.2.5	1,2 2,5	2,65 0,6	7 1,6		24 22	350	13	0,15	25	70	0,72	52	65	1,5	3,5	17,5	16	6	4	52	28	44	4,3
56.200.1.2 56.200.2.5	1,2 2,5	3,9 0,8	9,5 2,4		24 22	420	30	0,17	40	80	0,78	56,4	58,1	1,5	4,5	22	20,5	6,35	6,35	60	38,1	47,1	5,2
57.200.1.2 57.200.2.5¹⁾	1,2 2,5	3,9 0,8	11,6 2,9		24 22	840	50	0,24	40	80	0,99	56,4	74,1	1,5	4,5	22	20,5	6,35	6,35	60	38,1	47,1	5,2
80.200.5	5	0,4	2,3	120	18	2300	120	1,24	50	180	2,8	80	100	2	7,5	27	25	10	9	80	50	68	6,4
100.200.10	10	0,15	2,1		16	4300	140	4,4	70	300	5	100	125,5	2	8	32	30	12	12	100	60	86	6,4
126.200.10	10	0,23	3,9		16	13000	290	18,2	150	700	13,9	125	210	3	9,5	34	31	14	14	125	60	108	8,4

¹⁾ **Vorzugsvarianten: HV und UHV in kleinen Stückzahlen ab Lager lieferbar**

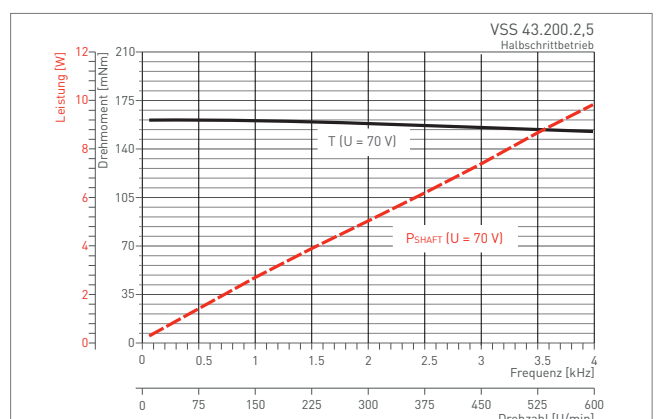
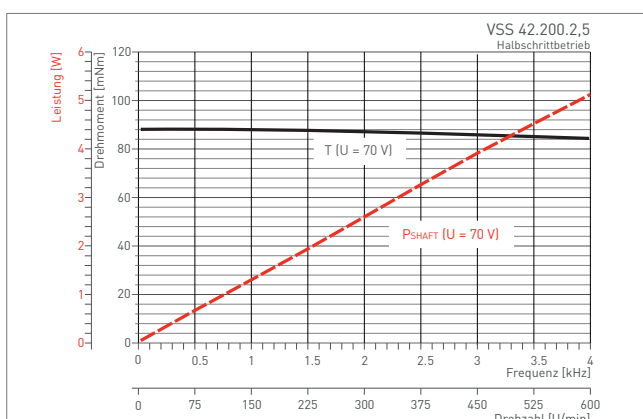
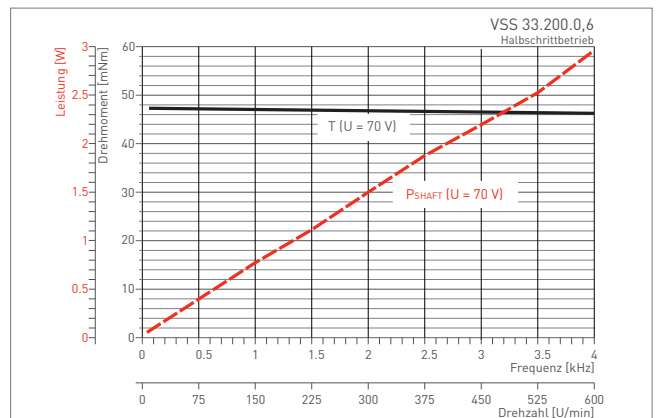
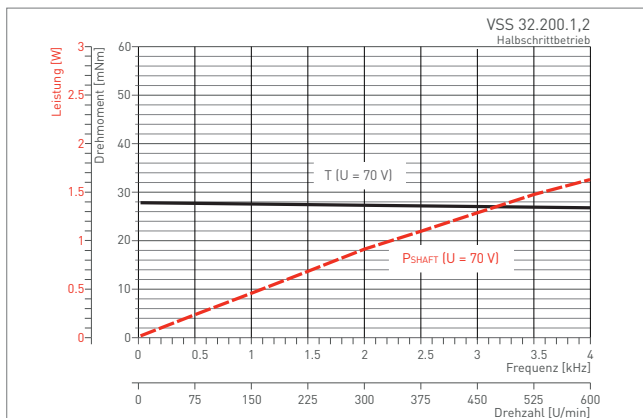
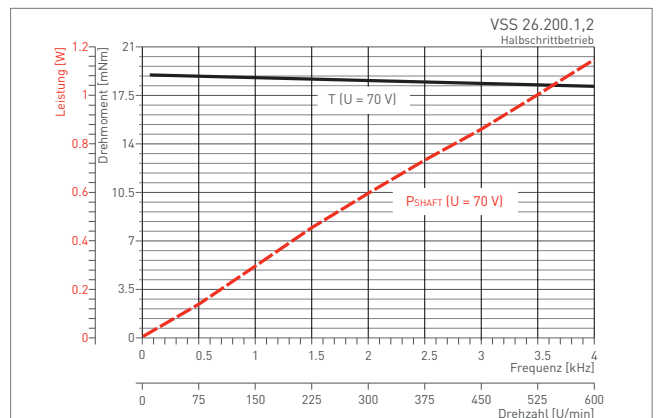
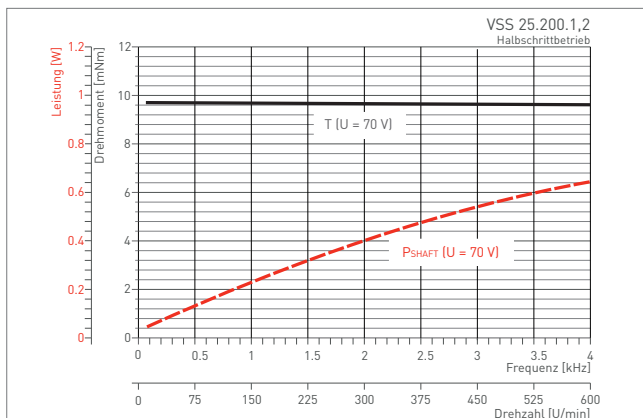
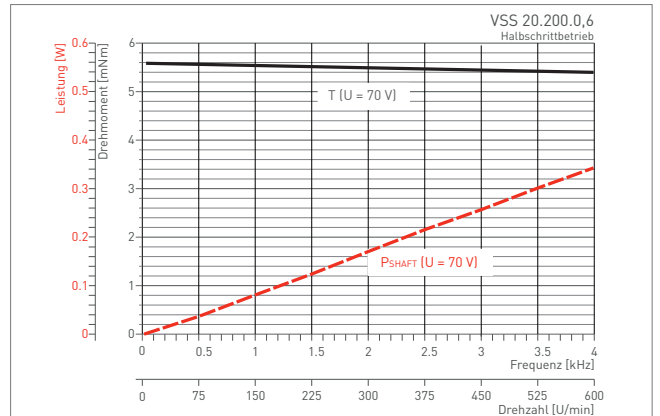
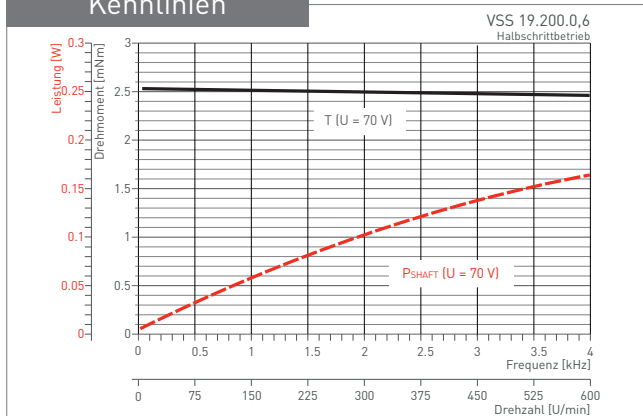
²⁾ Haltemoment bei bipolarer Ansteuerung, Wicklungen parallel, zwei Phasen bestromt, Nennstrom

³⁾ andere Schrittauflösungen auf Anfrage (mit abweichenden mechan. Kenndaten!)

⁴⁾ Toleranzen Wellendurchmesser: VSS 19 bis 26: -0,005 bis -0,009; ab VSS 32: g5

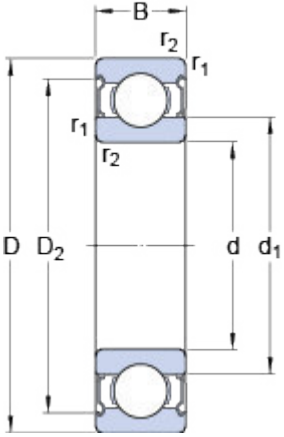
Alle oben angegebenen Werte beziehen sich auf Raumtemperatur und atmosphärischen Druck.

Kennlinien



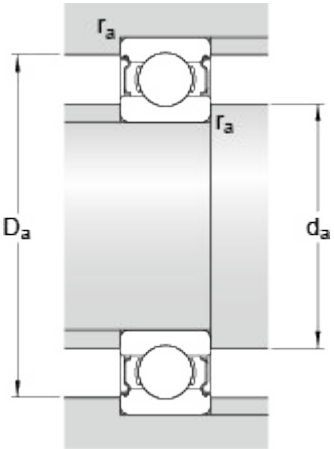
619/5-2Z

Abmessungen



d	5	mm
D	13	mm
B	4	mm
d ₁	≈ 7.5	mm
D ₂	≈ 11.2	mm
r _{1,2}	min. 0.2	mm

Anschlussmaße



d _a	min. 6.4	mm
d _a	max. 7.5	mm
D _a	max. 11.6	mm
r _a	max. 0.2	mm

Berechnungsdaten

Dynamische Tragzahl	C	0.884	kN
Statische Tragzahl	C ₀	0.335	kN
Ermüdungsgrenzbelastung	P _u	0.014	kN
Referenzdrehzahl		110000	r/min
Grenzdrehzahl		50000	r/min
Berechnungsbeiwert	k _r	0.02	
Berechnungsbeiwert	f ₀	10.5	

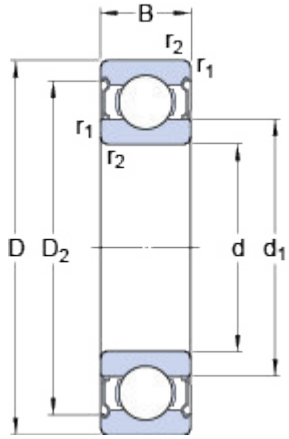
Gewicht

Gewicht Lager	0.0025	kg
---------------	--------	----

635-2Z

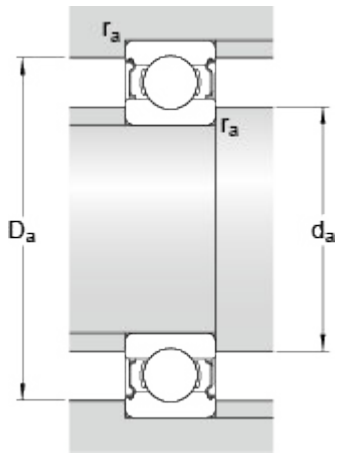
SKF Explorer

Abmessungen



d	5	mm
D	19	mm
B	6	mm
d ₁	≈ 11.1	mm
D ₂	≈ 16.5	mm
r _{1,2}	min. 0.3	mm

Anschlussmaße



d _a	min. 7.4	mm
d _a	max. 10.6	mm
D _a	max. 16.6	mm
r _a	max. 0.3	mm

Berechnungsdaten

Dynamische Tragzahl	C	2.3	kN
Statische Tragzahl	C ₀	0.95	kN
Ermüdungsgrenzbelastung	P _u	0.04	kN
Referenzdrehzahl		80000	r/min
Grenzdrehzahl		40000	r/min
Berechnungsbeiwert	k _r	0.03	
Berechnungsbeiwert	f ₀	13	

Gewicht

Gewicht Lager		0.0093	kg
---------------	--	--------	----



LINEARFÜHRUNGEN

und Umlaufkörper

Produktkatalog 2015

5 Produktspezifikationen

5.1 Typ R und RD



Typ R mit Kugeln

Typ R mit Rollen

Typ RD

Mit dem Typ R entwickelte SCHNEEBERGER die erste standardisierte Kreuzrollenführung, die den weltweiten Industriestandard definierte.

Die RD-Doppelprismaführung ergänzt die R-Linearführung und ermöglicht raumsparende und wirtschaftliche Lösungen.

Eckdaten Typ R

Laufbahn und Oberflächengüte

- Feingeschliffene Auflage- bzw. Anschlagflächen und Laufbahnen (90° V-Profil)

Materialien (Standard)

- Schiene aus durchgehärtetem Werkzeugstahl 1.2842, Härte 58 – 62 HRC. Die Grössen R/RD 1 und 2 sind aus Werkzeugstahl 1.3505 gefertigt.
- Für rostbeständige Führungen wird Werkzeugstahl 1.4034 eingesetzt.
- Wälzkörper aus durchgehärtetem Wälzlagerstahl, Härte 58 – 64 HRC.

Wälzkörper

- Kugel oder Rolle

Geschwindigkeit

- 1 m/s

Beschleunigung

- 50 m/s²

Genauigkeit

- R- und RD-Linearführungen sind in drei Qualitätsklassen erhältlich (siehe Kapitel 9)

Betriebstemperaturen

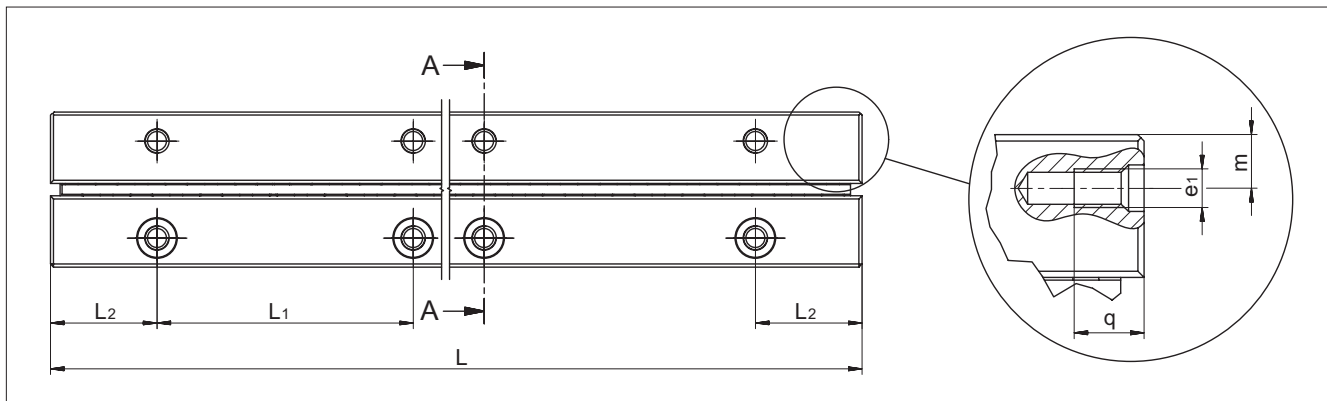
- -40° C bis +80° C

Die R- und RD-Führung ist mit folgenden Produkten kombinierbar:

- Umlaufkörper Typ SK, SKD, SKC und SR

5 Linearführungen

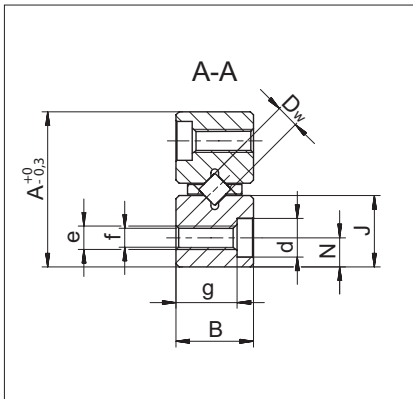
Abmessungen und Tragzahlen Typ R



Typ	Grösse	L in mm*	Gewicht in g	A	B	Dw	J	L ₁	L ₂	N	d	e	e ₁	f	g	m	q	Optionen (siehe Kapitel 7)	Zubehör
				mm															
R	1	20	3	8.5	4	1.5	3.9	10	5	1.8	3	M2	M1.7	1.65	2.6	1.9	2.5	SQ SSQ RF EG ZG HA DU	Käfig: - AA-RF 1 - AC 1 - AK 1 Endschraube: - GA 1 Endstück: - GB 1
		30	4																
		40	5																
		50	6																
		60	7																
		70	8																
		80	9																
		100	12																
120	14																		
R	2	30	8	12	6	2	5.5	15	7.5	2.5	4.4	M3	M2.5	2.55	4	2.7	3.5	SQ SSQ RF EG ZG HA DU	Käfig: - AA-RF 2 - AC 2 - AK 2 Endschraube: - GA 2 Endstück: - GB 2
		45	11																
		60	14																
		75	17																
		90	20																
		105	23																
		120	26																
		150	34																
180	40																		
R	3	50	23	18	8	3	8.3	25	12.5	3.5	6	M4	M3	3.3	4.8	4.1	7	SQ SSQ RF EG ZG HA DU	Käfig: - AA-RF 3 - AC 3 - AK 3 Endstücke: - GB 3 - GC 3 - GC-A 3 Endschraube: - GA 3 Befestigungs- schraube - GD 6
		75	34																
		100	45																
		125	56																
		150	67																
		175	78																
		200	89																
		225	100																
		250	111																
		275	122																
		300	133																
		350	156																
		400	178																
500	222																		
600	267																		

* Die aufgeführten Längen sind Standard; andere Längen sind selbstverständlich lieferbar. Die Maximallängen sind auf Seite 26 aufgeführt.

5 Linearführungen



Typ	Grösse	L in mm*	Gewicht in g	A	B	Dw	J	L ₁	L ₂	N	d	e	e ₁	f	g	m	q	Optionen (siehe Kapitel 7)	Zubehör
				mm															
R	6	100	145	31	15	6	13.9	50	25	6	9.5	M6	M5	5.2	9.8	6.9	9	SQ SSQ RF EG EE ZG HA DU	Käfig: - AA-RF 6 - AC 6 - AK 6 - EE 6 Endstücke: - GB 6 - GC 6 - GC-A 6 Endschraube: - GA 6 Befestigungs- schraube - GD 6
		150	220																
		200	295																
		250	370																
		300	445																
		350	520																
		400	595																
		450	670																
		500	745																
		600	895																
		700	1045																
800	1195																		
1000	1500																		
R	9	200	630	44	22	9	19.7	100	50	9	10.5	M8	M6	6.8	15.8	9.8	9	SQ SSQ RF EG EE ZG HA DU	Käfig: - AC 9 - AK 9 - EE 9 Endstücke: - GB 9 - GC 9 - GC-A 9 Endschraube: - GA 9 Befestigungs- schraube - GD 9
		300	945																
		400	1260																
		500	1575																
		600	1890																
		700	2205																
		800	2520																
		900	2835																
		1000	3150																
		1100	3465																
		1200	3780																
1400	4410																		
R	12	200	1040	58	28	12	25.9	100	50	12	13.5	M10	M8	8.5	19.8	12.9	12	SQ SSQ RF EG ZG HA DU	Käfig: - AC 12 - AK 12 Endstücke: - GB 12 - GC 12 - GC-A 12 Endschraube: - GA 12 Befestigungs- schraube: - GD 12
		300	1560																
		400	2090																
		500	2615																
		600	3140																
		700	3665																
		800	4190																
		900	4715																
		1000	5240																
		1100	5765																
		1200	6290																

* Die aufgeführten Längen sind Standard; andere Längen sind selbstverständlich lieferbar. Die Maximallängen sind auf Seite 26 aufgeführt.

6 Umlaufkörper

6.2 Typ SKC



Der Umlaufkörper Typ SKC wurde für Trockenlauf und **Anwendungen in Vakuum-** und Reinraum entwickelt. Er ist aus DURALLOY® beschichtetem Stahl gefertigt und verfügt über **Keramikkugeln**, welche durch Kugeln aus TEFLON® voneinander getrennt sind.

Anwendung findet dieser Umlaufkörper in Kombination mit SCHNEEBERGER-Linearführungen vom **Typ R und/oder RD**. Auf diese Art lassen sich raumsparende, in allen Richtungen gleich belastbare Konstruktionen realisieren. Er eignet sich für kleinere bis mittlere Belastungen.

Eckdaten

Tragkörper

- Gehärtet und hochpräzise geschliffen und beschichtet

Materialien

- Tragkörper aus rostbeständigem Stahl 1.4034, DURALLOY® beschichtet, Härte min. 54 HRC
- Umlenkteil aus rostbeständigem Stahl 1.4034
- Wälzkörper aus Keramik
(zwischen den Keramikkugeln sorgen Kugeln aus TEFLON® für geringe Reibung)

Geschwindigkeit

- 2 m/s

Beschleunigung

- 50 m/s²

Betriebstemperaturen

- -150° C bis +200° C

Einbaugleich mit folgenden Umlaufkörpern

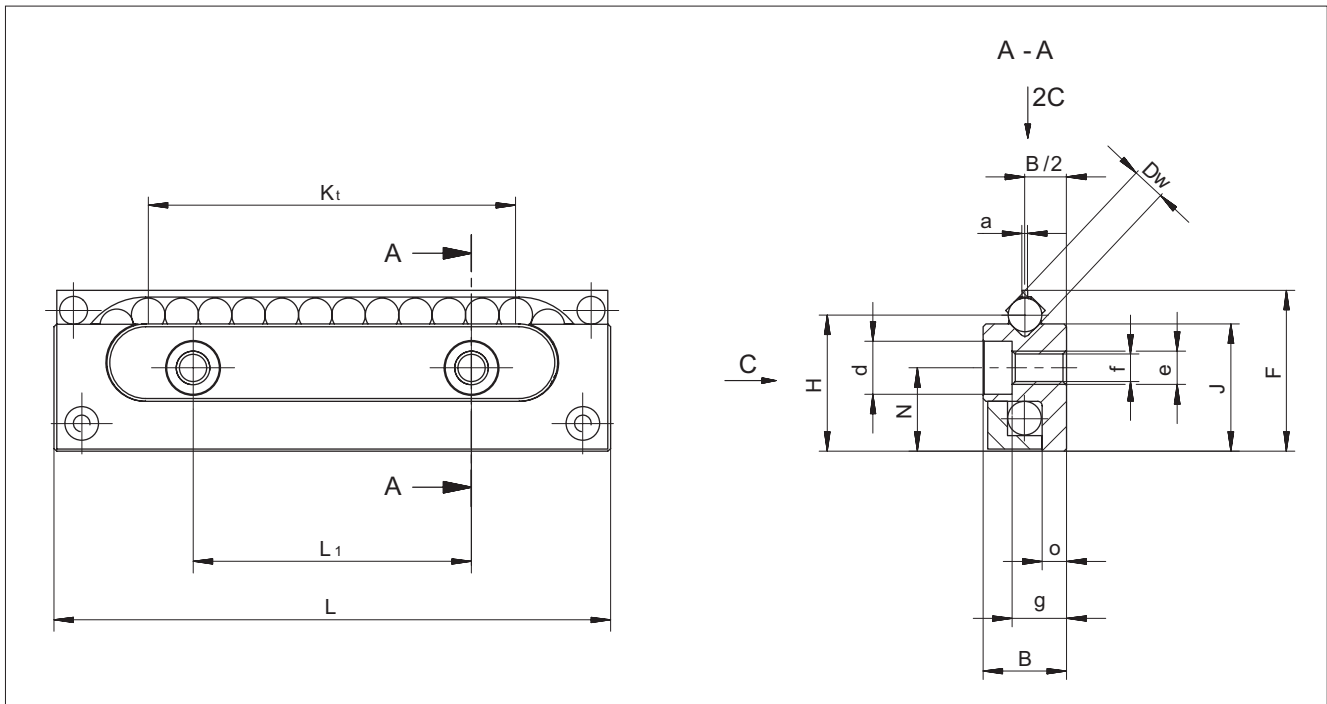
- SK, SKD und SR

Kombinierbar mit folgenden Produkten

- Linearführung Typ R und RD

6 Umlaufkörper

Abmessungen und Tragzahlen Typ SKC

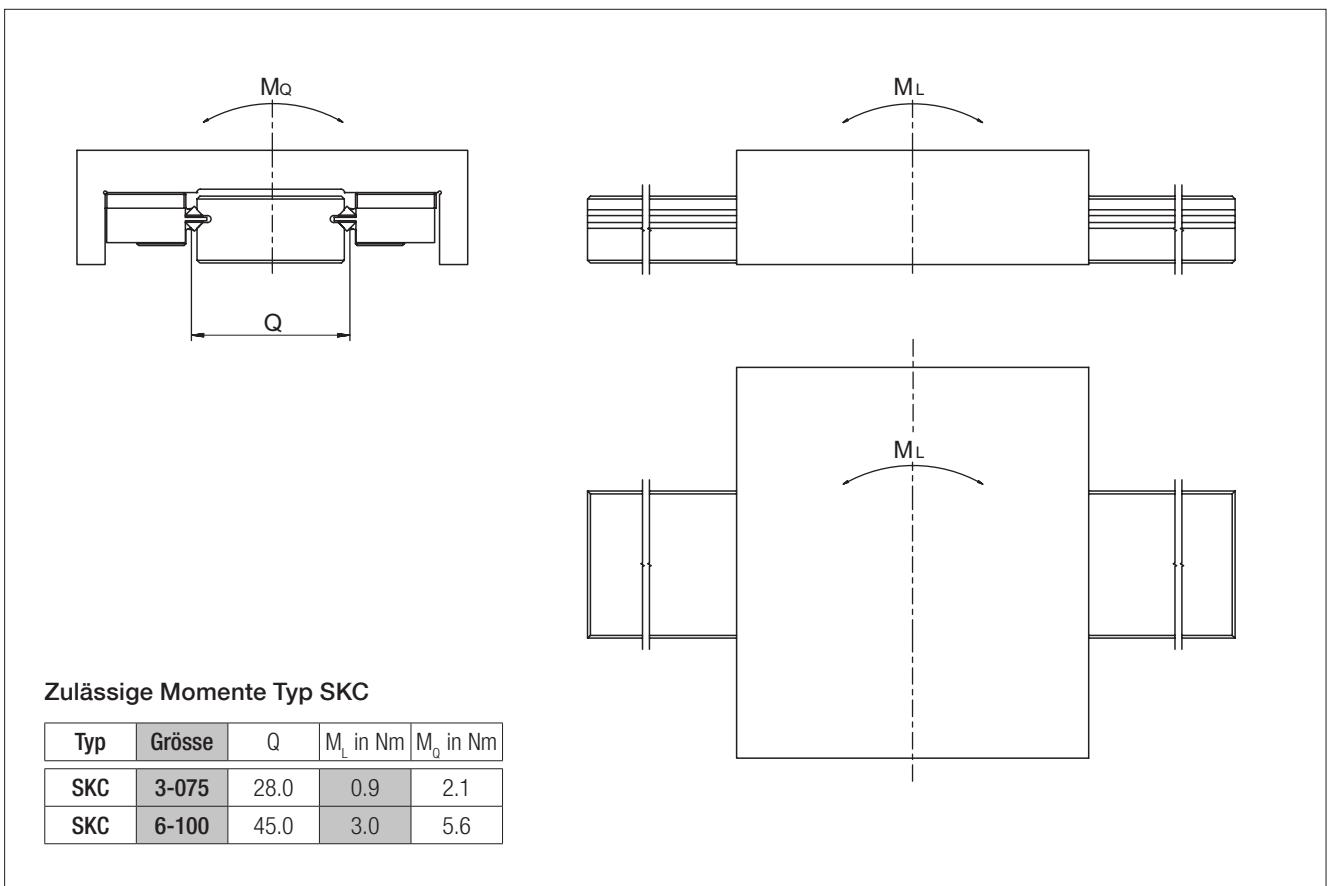
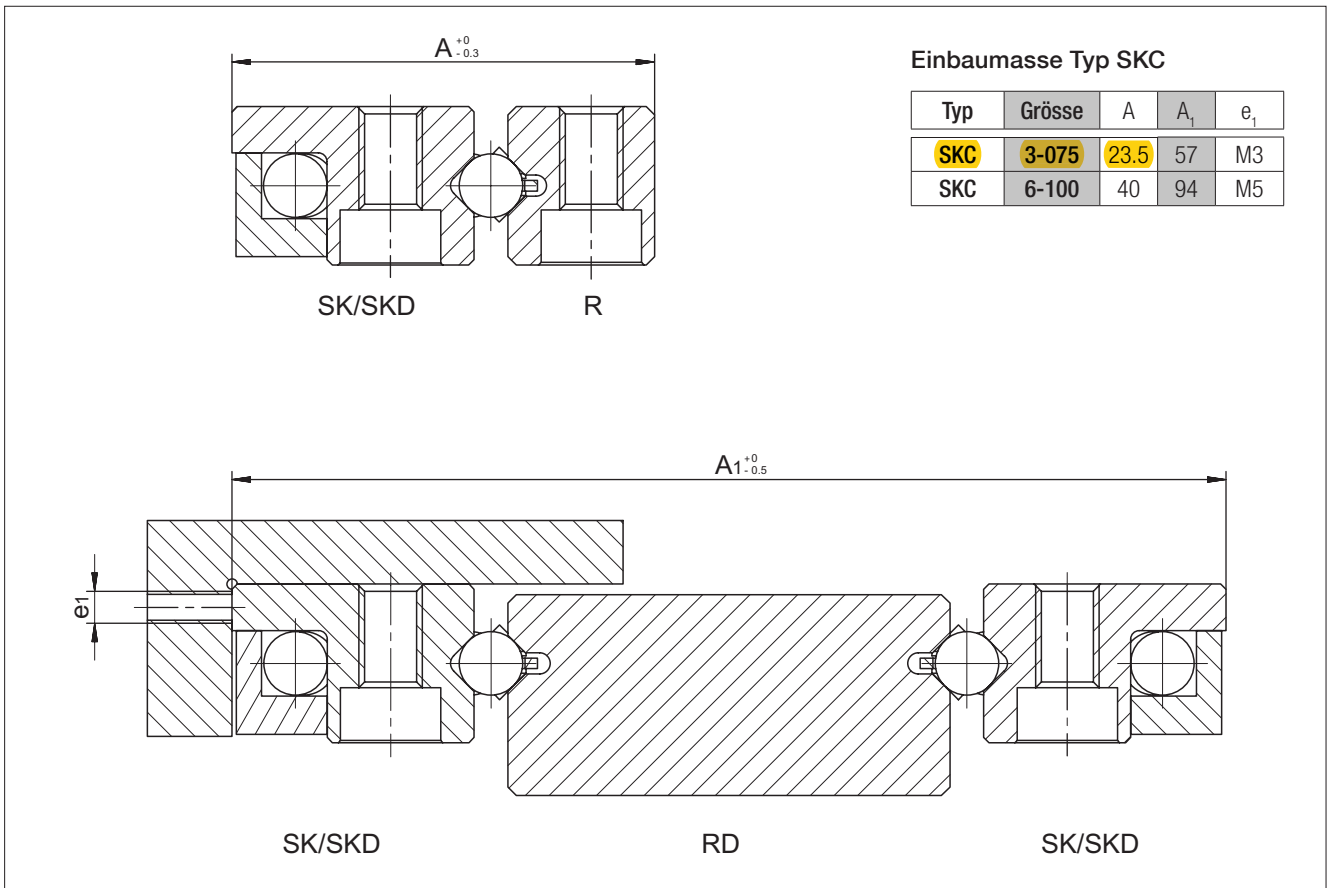


Typ und Grösse	Gewicht in g	B	Dw	F	H	J	K_t	L	L_1	N	a	d	e	f	g	o	C in N	Optionen (siehe Kapitel 8)
SKC 3-075	44	8	3	16.9	14.5	13.8	48	75	25	9	0.5	6	M4	3.3	4.9	2.4	75	GP
SKC 6-100	212	15	6	28.9	24.5	22.9	60	100	50	15	1	9.5	M6	5.2	9.8	4.4	125	GP

* Tragzahl für Trockenlauf

6 Umlaufkörper

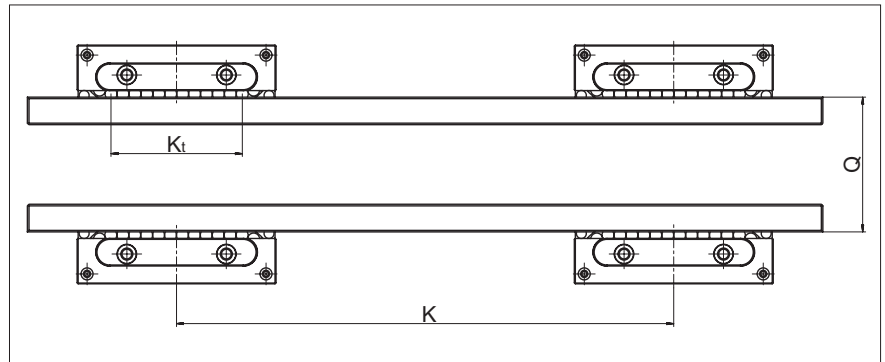
Einbaumasse und zulässige Momente Typ SKC



11 Auslegung

11.2 Umlaufkörper

Bei der Verwendung von Umlaufkörper besteht theoretisch keine Hubbegrenzung. Der Hub wird einzig durch die Länge der Führungsschienen beschränkt.



Bezüglich Abstand K der Umlaufkörper zum Schienenabstand Q werden als Richtwerte folgende Verhältnisse empfohlen:

Bei Verwendung von **einem** Umlaufkörper je Schiene: $\frac{K_t}{Q} \geq 1$

Bei Verwendung von **mehr als einem** Umlaufkörper je Schiene: $\frac{K}{Q} \geq 1$

K = Abstand der Umlaufkörper in mm
 K_t = Tragende Länge in mm
 Q = Mittlerer Schienenabstand in mm

PROSPEKTE

- AUTOMATION
- FIRMENBROSCHÜRE
- KUNDENSPEZIFISCHE FÜHRUNGEN
- LINEARFÜHRUNGEN UND UMLAUFKÖRPER
- LINEARTISCHE
- MINERALGUSS SCHNEEBERGER
- MINIRAIL Miniaturführung
- MINISCALE Miniaturführungen mit integriertem Wegmesssystem
- MINISLIDE Mikrorolltische
- MONORAIL UND AMS Profilschienen-Führungen mit integriertem Wegmesssystem
- MONORAIL UND AMS Applikationskatalog
- POSITIONIERSYSTEME
- ZAHNSTANGEN



SCHNEEBERGER GESELLSCHAFTEN

SCHWEIZ

SCHNEEBERGER AG
St. Urbanstrasse 12
4914 Roggwil/BE

Tel. +41 62 918 41 11
Fax +41 62 918 41 00

E-Mail:
info-ch@schneeberger.com

JAPAN

Nippon SCHNEEBERGER K.K.
Shimouma Miyagawa Bld 4F
1-49-12 Shimouma, Setagaya-ku
154-0002 Tokyo

Tel. +81 3 5779 7339
Fax +81 3 3487 6010

E-Mail:
info-j@schneeberger.com

JAPAN

日本シュネーベルガー株式会社
〒154-0002
東京都世田谷区下馬1-49-12
下馬MIYAGAWAビル
1階(ショースペース)4階(営業部)

電話 03 5779 7339
ファクス 03 3487 6010

E-Mail:
info-j@schneeberger.com

DEUTSCHLAND

SCHNEEBERGER GmbH
Gräfenau
75339 Höfen/Enz

Tel. +49 7081 782 0
Fax +49 7081 782 124

E-Mail:
info-d@schneeberger.com

CHINA

SCHNEEBERGER (Shanghai) Co., Ltd.
Rm 606, Shang Gao International
Building
No. 137 XianXia Road
200051 Shanghai

Tel. +86 21 6209 0027
Fax +86 21 6209 0102

E-Mail:
info-cn@schneeberger.com

CHINA

施耐博格(上海)传动技术有限公司
上海市长宁区
仙霞路137号盛高国际
大厦606室, 上海 200051

电话 +86 21 6209 0027
传真 +86 21 6209 0102

邮箱:
info-cn@schneeberger.com

ITALIEN

SCHNEEBERGER S.r.l.
Via Soldani 10
21021 Angera (VA)

Tel. +39 0331 93 20 10
Fax +39 0331 93 16 55

E-Mail:
info-i@schneeberger.com

KOREA

SCHNEEBERGER Korea LTD
POSCO Center Bldg
West Tower 11th FL
892 Daech 4-Dong
Kangnam-gu
135-777 Seoul

Tel. +82 2 559 073 5
Fax +82 2 442 297 1

E-Mail:
info-kr@schneeberger.com

KOREA

슈니베르코리아 유한회사
서울특별시 강남구 대치4동
892 포스코센터빌딩 서관 11층
1134호

전화 +82 2 559 073 5
팩스 +82 2 442 297 1

이메일:
info-kr@schneeberger.com

USA

SCHNEEBERGER Inc.
11 DeAngelo Drive
Bedford, MA 01730

Tel. +1 781 271 01 40
Fax +1 781 275 47 49

E-Mail:
info-usa@schneeberger.com

SINGAPUR

SCHNEEBERGER LINEAR
TECHNOLOGY PTE. Ltd.
160 Paya Lebar Road, #05-04
Orion Industrial Building
409022 Singapur

Tel. +65 6841 2385
Fax +65 6841 3408

E-Mail:
info-sg@schneeberger.com

INDIEN

SCHNEEBERGER India Private Limited
404, 4th Floor, Satra Plaza
Palm Beach Road, Sector 19D
Vashi, New Mumbai 400 703

Tel. +91 22 6461 0646
Fax +91 22 6461 1756

E-Mail:
info-in@schneeberger.com

SCHNEEBERGER MINERALGUSSTECHNIK

TSCHJECHISCHE REPUBLIK

SCHNEEBERGER
Mineralgusstechnik s.r.o
Prumyslový park 32/20
350 02 Cheb – Dolní Dvory

Tel. +420 354 400 941
Fax +420 354 400 940

E-Mail:
info-mineralguss@schneeberger.com

CHINA

SCHNEEBERGER Changzhou
Precision Systems Co. Ltd.
137 Hanjiang Road
Changzhou New district
213000 Changzhou, Jiangsu

Tel. +86 519 8988 3938
Fax +86 519 8988 5115

E-Mail:
info-mineralcasting@schneeberger.com

CHINA

施耐博格(常州)测试系统有限公司
汉江路137, 常州新区, 常州213022

电话 +86 519 8988 3938
传真 +86 519 8988 5115

邮箱:
info-mineralcasting@schneeberger.com

SCHNEEBERGER VERTRIEBSBÜROS

ÖSTERREICH

Mobil +43 676 935 1035

E-Mail:
info-a@schneeberger.com

ISRAEL

Mobil +972 5 0551 7920

E-Mail:
info-il@schneeberger.com

BENELUX

Mobil +31 6 5326 3929

E-Mail:
info-nl@schneeberger.com

POLEN, SLOWAKEI, TSCHJECHISCHE REPUBLIK

Mobil +420 6 0278 4077

E-Mail:
info-cz@schneeberger.com

DÄNEMARK, SCHWEDEN

Mobil +31 6 5326 3929

E-Mail:
info-nl@schneeberger.com

RUSSLAND, WEISS- RUSSLAND, UKRAINE

Mobil +7 985 960 85 53
Mobil +38 050 407 6789
Mobil +37 529 860 0410

E-Mail:
info-ru@schneeberger.com

FRANKREICH

Mobil +33 6 0941 6269

E-Mail:
info-f@schneeberger.com

SPANIEN, PORTUGAL

Mobil +34 629 918 302

E-Mail:
info-es@schneeberger.com

GROSSBRITANNIEN

Mobil +44 77 8814 5645

E-Mail:
info-uk@schneeberger.com

www.schneeberger.com

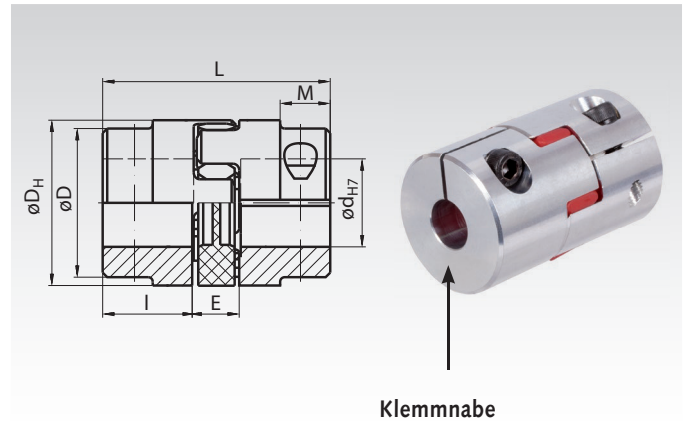


Elastische Kupplungen RNK, spielfrei, mit Klemmnabe

Werkstoff: Größe 5 - 38: Naben aus Aluminium.
 Ab Größe 42 aus Stahl. Zahnkranz aus Polyurethan.
 Größe 5 - 9: Shorehärte 92° (gelb oder weiß).
 Ab Größe 14: Shorehärte 98° (rot).

- Spielfreie, steckbare elastische Kupplung.
- Mit Klemmnaben, einbaufertig für schnellste Montage.
- Verschiedene Baugrößen und viele Bohrungsgrößen.
- Ab Größe 14 maßlich austauschbar mit Kupplung RN, RNH und anderen Kupplungen vieler anderer Anbieter.
- Optional auf Anfrage mit weicheren Zahnringen.

Temperaturbereich: -30°C bis +90°C.



Bestellangaben: z.B.: Art.-Nr. 605 405 03, Kupplung RNK, Bohrung 3mm

Artikel-Nr.	Bau- größe	Drehmoment max. Nm	Bohrung d ^{H7} 1) mm	Bohrung min.-max. 2) mm	D _H 3) mm	D 3) mm	L mm	I mm	E mm	M mm	maximale Verlagerung 4)			Drehzahl 5) max. min ⁻¹	Gewicht ca. g
											Winkel Grad	radial mm	axial mm		
605 405 03	5	0,4	3	2 - 4	10	—	15	5	5	—	1	0,06	+0,4/-0,2	38000	2
605 405 04	5	0,5	4	2 - 4	10	—	15	5	5	—	1	0,06	+0,4/-0,2	38000	2
605 407 05	7	0,95	5	3 - 7	14	—	22	7	8	—	1	0,1	+0,6/-0,3	27000	6
605 407 06	7	1	6	3 - 7	14	—	22	7	8	—	1	0,1	+0,6/-0,3	27000	6
605 409 09	9	2,6	9	5 - 11	20	—	30	10	10	—	1	0,13	+0,8/-0,4	19000	17
605 409 10	9	2,7	10	5 - 11	20	—	30	10	10	—	1	0,13	+0,8/-0,4	19000	17
605 409 11	9	2,8	11	5 - 11	20	—	30	10	10	—	1	0,13	+0,8/-0,4	19000	17
605 414 11	14	5,6	11	6 - 16	30	—	35	11	13	—	0,9	0,09	+1/-0,5	13000	41
605 414 14	14	6,1	14	6 - 16	30	—	35	11	13	—	0,9	0,09	+1/-0,5	13000	41
605 414 16	14	6,5	16	6 - 16	30	—	35	11	13	—	0,9	0,09	+1/-0,5	13000	41
605 419 14	19	29	14	10 - 22	40	—	66	25	16	—	0,9	0,06	+1,2/-0,5	10000	150
605 419 16	19	30	16	10 - 22	40	—	66	25	16	—	0,9	0,06	+1,2/-0,5	10000	150
605 419 19	19	32	19	10 - 22	40	—	66	25	16	—	0,9	0,06	+1,2/-0,5	10000	150
605 424 16	24	38	16	12 - 28	55	—	78	30	18	—	0,9	0,1	+1,4/-0,5	7000	320
605 424 19	24	40	19	12 - 28	55	—	78	30	18	—	0,9	0,1	+1,4/-0,5	7000	320
605 424 24	24	44	24	12 - 28	55	—	78	30	18	—	0,9	0,1	+1,4/-0,5	7000	320
605 428 24	28	91	24	15 - 35	65	—	90	35	20	—	0,9	0,11	+1,5/-0,7	6000	470
605 428 28	28	97	28	15 - 35	65	—	90	35	20	—	0,9	0,11	+1,5/-0,7	6000	470
605 428 32	28	101	32	15 - 35	65	—	90	35	20	—	0,9	0,11	+1,5/-0,7	6000	470
605 438 28	38	110	28	16 - 45	80	—	114	45	24	—	0,9	0,12	+1,8/-0,7	5000	960
605 438 32	38	114	32	16 - 45	80	—	114	45	24	—	0,9	0,12	+1,8/-0,7	5000	960
605 438 38	38	120	38	16 - 45	80	—	114	45	24	—	0,9	0,12	+1,8/-0,7	5000	960
605 442 32	42	265	32	25 - 50	95	85	126	50	26	28	0,9	0,14	+2/-1	4000	3640
605 442 38	42	285	38	25 - 50	95	85	126	50	26	28	0,9	0,14	+2/-1	4000	3640
605 442 45	42	300	45	25 - 50	95	85	126	50	26	28	0,9	0,14	+2/-1	4000	3640
605 448 38	48	445	38	25 - 55	105	95	140	56	28	32	0,9	0,16	+2,1/-1	3600	4900
605 448 45	48	480	45	25 - 55	105	95	140	56	28	32	0,9	0,16	+2,1/-1	3600	4900
605 448 50	48	495	50	25 - 55	105	95	140	56	28	32	0,9	0,16	+2,1/-1	3600	4900

- 1) Standard-Bohrung (beidseitig). Kleinere Bohrungen kurzfristig lieferbar (als Sonderteil).
 2) Größere Bohrungsgrößen (auch einseitig) bis zur max. Bohrung sowie Passfedernuten gegen Mehrpreis.
 3) Stör-Ø laut untenstehender Tabelle beachten (Schraubenkopf ragt über Durchmesser D_H bzw. D hinaus).
 4) Maximalwerte schließen sich gegenseitig aus.
 5) Über 30m/s ist dynamisches Auswuchten erforderlich.

Weitere Angaben und Abmessungen

Bau- größe	Drehmoment ¹⁾		Schrauben- größe DIN 912	Anzugs- moment Nm	Stör- Ø ²⁾ mm	Drehfedersteife		Trägheits- moment ³⁾ 10 ⁻⁶ Kg·m ²
	T _{kN} Nm	T _{k max} Nm				statisch Nm/rad	dynam. Nm/rad ⁴⁾	
5	0,5	1	M1,6	0,25	11,5	5,2	16	0,034
7	1,2	2,4	M2	0,35	16,5	14,3	43	0,196
9	3,0	6,0	M2,5	0,75	23,5	31	95	1,08
14	12,5	25	M3	1,5	32,2	172	513	5,7
19	17	34	M6	11	46	860	2580	36
24	60	120	M6	11	57	2060	6189	150
28	160	320	M8	25	71	3440	10314	330
38	325	650	M8	25	83	7160	21486	960
42	450	900	M10	69	91	19200	37690	4920
48	525	1050	M12	120	104,5	22370	45620	8260

- 1) Nenn-Moment und max. Moment für die Auslegung. Das zul. Drehmoment für die jeweilige Bohrungsgröße darf jedoch nicht überschritten werden.
 2) Schraubenkopf ragt über den Durchmesser D_H bzw. D hinaus.
 3) Jeweils mit der max. Bohrung errechnet.
 4) Bei 0,5 x T_{kN}.

Ersatz-Zahnkränze

Artikel-Nr. Ersatz- Zahnkranz	Größe	Shore- härte SH A	Farbe	Gewicht g
605 192 05	5	92	gelb	0,2
605 192 07	7	92	gelb	0,7
605 192 09	9	92	gelb	1,8
605 198 14	14	98	rot	5
605 198 19	19	98	rot	7
605 198 24	24	98	rot	22
605 198 28	28	98	rot	32
605 198 38	38	98	rot	58
605 198 42	42	98	rot	79
605 198 48	48	98	rot	98



4.4 Mechanische Daten

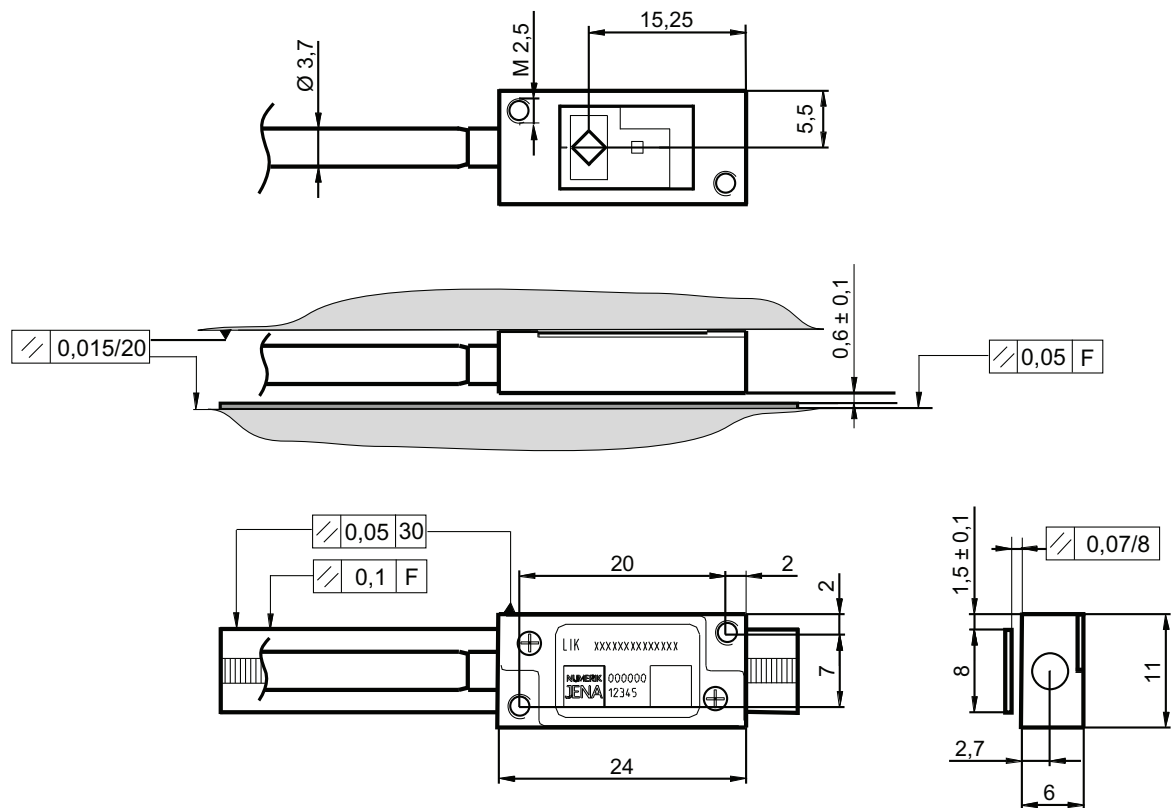
	LIK 21	LIK 22	LIK 23	LIK 41
Abmessungen Messkopf (in mm)	30 x 11 x 6	40 x 11 x 7	32 x 11 x 9,5	24 x 11 x 6
Masse Messkopf ohne Kabel	3,2 g	5,5 g	5,0 g	3,0 g
empfohlenen Messschritte	0,05 µm; 0,1 µm; 0,2 µm; 0,5 µm; 1,0 µm; 5,0 µm			
Verfahrensgeschwindigkeit				
maximal	10 m/s (ohne Interpolation)			
in Abhängigkeit von der Folgeelektronik	siehe Tabelle 3			
Massband				
Material	Edelstahl			
Teilungsperiode (TP)	20 µm			
Referenzmarken	<ul style="list-style-type: none"> • periodisch im Abstand von 50 mm* • in der Mitte der Messlänge (ML) • andere auf Anfrage 			
Messlängen (ML)				
SINGLEFLEX Maßband	LIK 21, 22, 23 bis zu 30 m / LIK 41 bis zu 400 mm			
Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient				
SINGLEFLEX Maßband	$10,6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ (Ausdehnung wird von Montagefläche beeinflusst)			
Genauigkeitsklassen				
SINGLEFLEX Maßband	<ul style="list-style-type: none"> ± 1 µm ± 2 µm ± 3 µm ± 5 µm 			

*nicht für LIK 41

Tabelle 2

10. Montagezeichnungen - LIK 41

10.1 Messkopf LIK 41

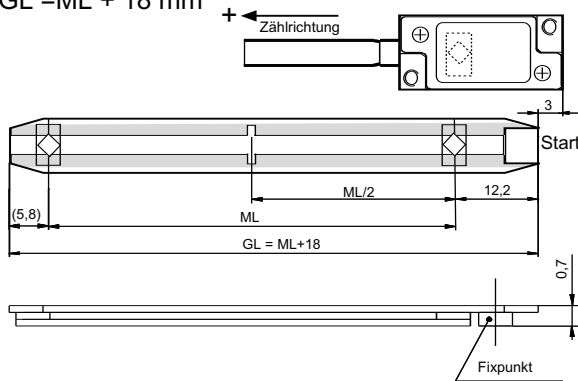


F	Maschinenführung
---	------------------

10.2 Zuordnung Messkopf, Maßband und Messlänge

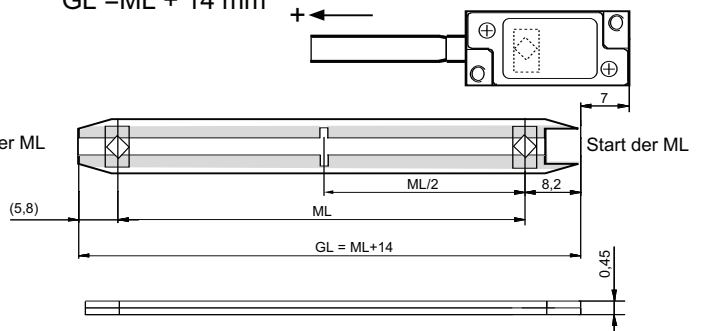
MT 10; DOUBLEFLEX mit Typenschild

GL = ML + 18 mm



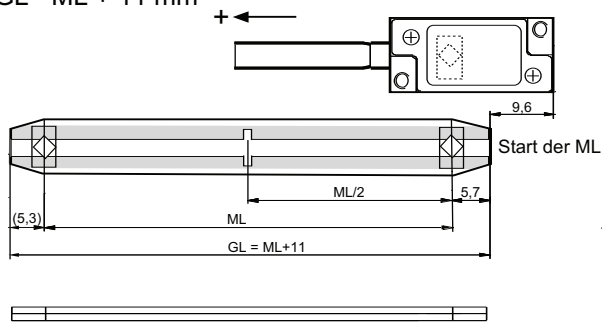
MT 11; SINGLEFLEX mit Typenschild

GL = ML + 14 mm



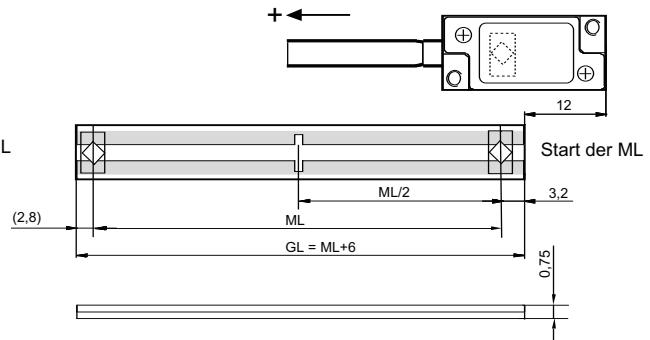
MT 15; SINGLEFLEX minimale ML;
ohne Typenschild

GL = ML + 11 mm



MT 26; Glas minimale ML; ohne Typenschild

GL = ML + 6 mm



GL ... Gesamtlänge
ML ... Messlänge



NUMERIK JENA GmbH

Im Semmicht 4
07751 Jena
Germany

Tel.: +49 3641 4728-0
Fax: +49 3641 4728-202
E-Mail: info@numerikjena.de
www.numerikjena.de



Version 08 2016

Technische Änderungen vorbehalten.

© & © NUMERIK JENA GmbH

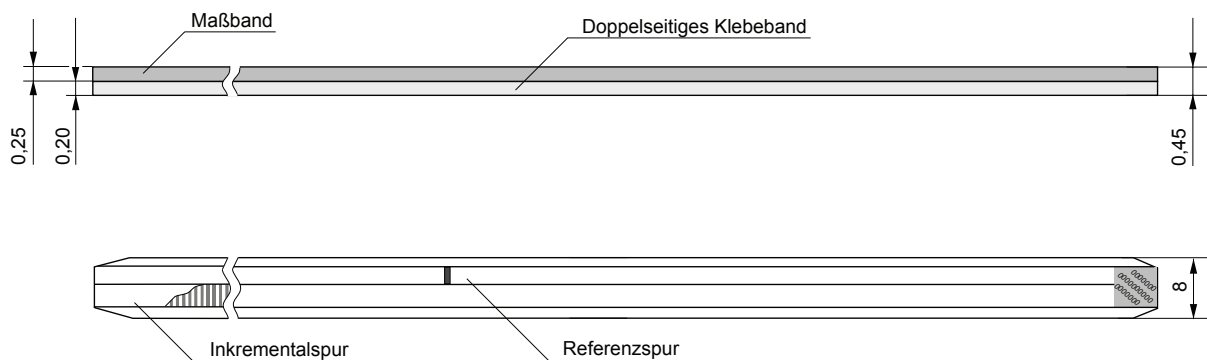
2. Stahl - Maßverkörperungen

Die Stahl-Maßbänder von NUMERIK JENA sind in zwei unterschiedlichen Ausführungen erhältlich:

- SINGLEFLEX
- DOUBLEFLEX (nicht für Vakuumanwendungen geeignet)

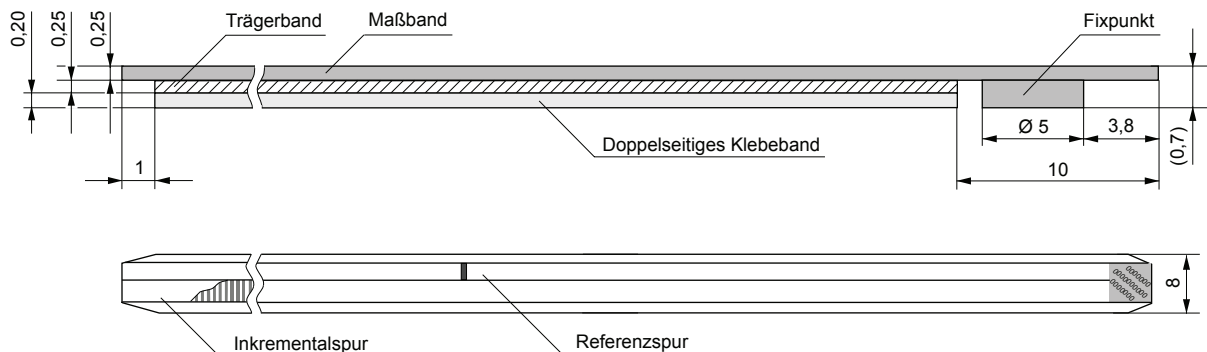
2.1. SINGLEFLEX

Bei der SINGLEFLEX-Maßverkörperung handelt es sich um ein einzelnes Edelstahlband auf dem die Inkremente sowie eine oder mehrere Referenzmarken oder ein PRC Code aufgebracht sind. Dieses Band wird mit einem doppelseitigen Klebeband versehen und kann einfach auf das Maschinenbett aufgeklebt werden.



2.2. DOUBLEFLEX

Die DOUBLEFLEX-Maßverkörperung hingegen besteht aus zwei übereinander liegenden Edelstahlbändern. Beide sind durch einen dünnen spannungsentkoppelnden Ölfilm, der zugleich die Adhäsion zwischen den Bändern sicherstellt, voneinander getrennt. Auf dem oberen Maßband sind die Inkremente sowie eine oder mehrere Referenzmarken oder ein PRC Code aufgebracht. Das untere Band ist das Trägerband, welches mit einem doppelseitigen Klebeband versehen ist und einfach auf das Maschinenbett aufgeklebt werden kann.



Beide Bänder sind mechanisch voneinander entkoppelt sodass sich das Maßband bei auftretenden Schwankungen der Umgebungstemperatur unabhängig vom Trägerband ausdehnen kann. Anhand der Parameter Umgebungstemperatur sowie Ausdehnungskoeffizient des Stahlbandes, kann man somit auftretende Abstandsabweichungen der Rasterteilung bestimmen und aus dem Messergebnis heraus rechnen.

Eigenschaften - Edelstahlband (gerichtet und poliert)		
Bezeichnung	Sandvik 7C27Mo2	EN 1.4034
Mechanische Eigenschaften	Dichte ρ (bei 25 °C)	7,7 g/cm ³
	Zugfestigkeit	1730 N/mm ²
Thermische Eigenschaften	mittlerer therm. Ausdehnungskoeffizient α	10,6 x 10 ⁻⁶ K ⁻¹
	Spezifische Wärmekapazität c_p (20 - 100 °C)	460 J x (kg x K) ⁻¹
	Spezifische Wärmeleitfähigkeit λ (20 °C)	24 W x (m x K) ⁻¹
Geometrische Eigenschaften	Rauhtiefe	10 nm
	Breite	8,0 ($\pm 0,03$) mm
	Dicke	0,254 ($\pm 0,004$) mm
	Planheit	< 0,3 % der Bandbreite
	Geradheit	eingeschränkt auf 1,0 mm/m
	Ringkrümmung	< 10 mm / 300 mm
Optische Eigenschaften	Reflexionsgrad	46 - 50



NUMERIK JENA GmbH

Im Semmicht 4
07751 Jena
Germany

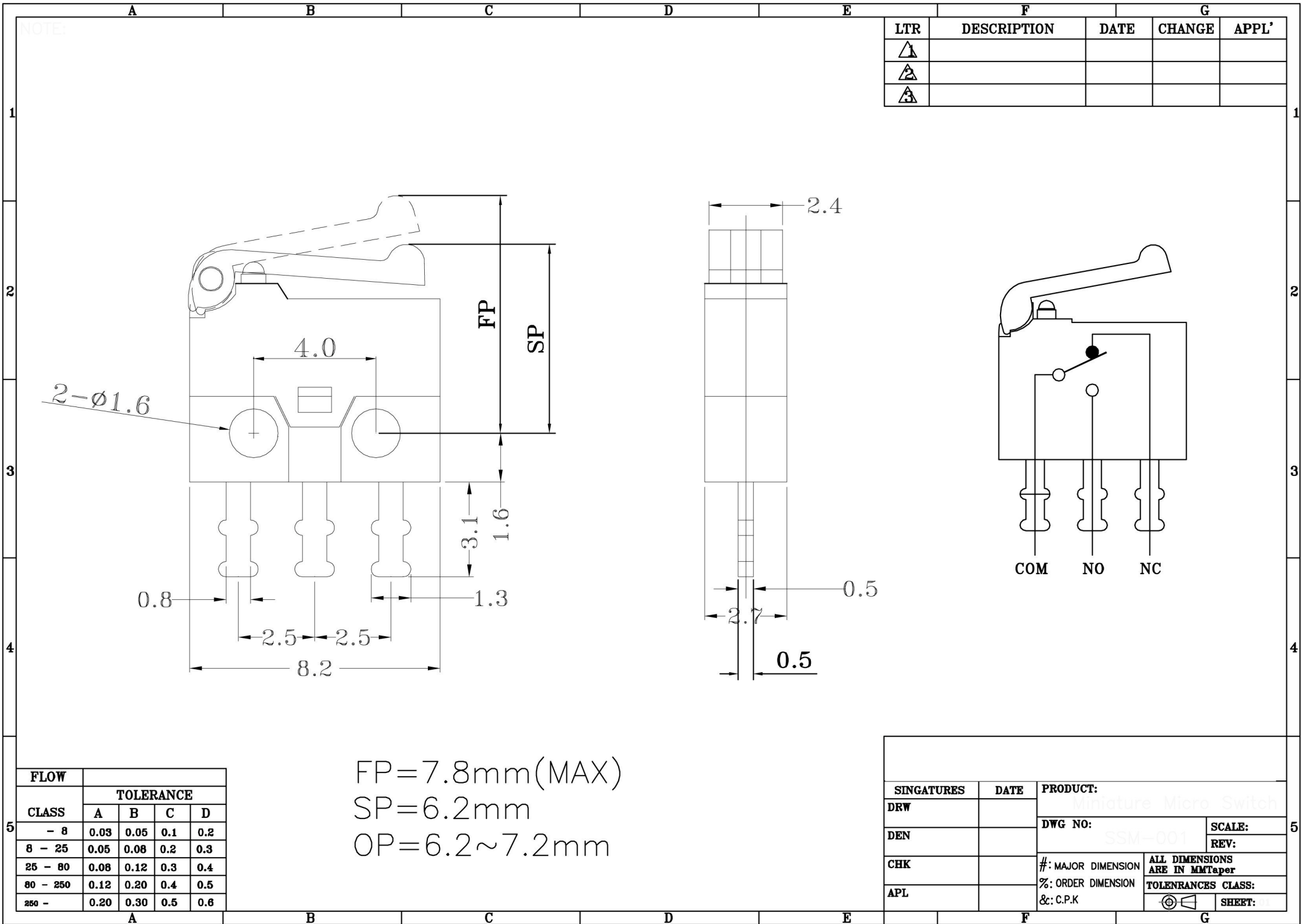
Tel.: +49 3641 4728-0
Fax: +49 3641 4728-202
E-Mail: info@numerikjena.de
www.numerikjena.de



Version 07 2016

Technische Änderungen vorbehalten.

© & © NUMERIK JENA GmbH



FP=7.8mm(MAX)
 SP=6.2mm
 OP=6.2~7.2mm

FLOW	TOLERANCE			
	A	B	C	D
CLASS				
- 8	0.03	0.05	0.1	0.2
8 - 25	0.05	0.08	0.2	0.3
25 - 80	0.08	0.12	0.3	0.4
80 - 250	0.12	0.20	0.4	0.5
250 -	0.20	0.30	0.5	0.6

SINGATURES	DATE	PRODUCT:	
DRW		Miniature Micro Switch	
DEN		DWG NO:	SCALE:
CHK		#: MAJOR DIMENSION	ALL DIMENSIONS ARE IN MM
APL		%: ORDER DIMENSION	TOLERANCES CLASS:
		&c: C.P.K	SHEET:



Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann -auch nachträglich- zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: Pourbaghai

Vorname: Maria

dass ich die vorliegende Bachelorarbeit bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

Prototypentwicklung einer Probenschleuse für einen kryogenisch gekühlten Probenspeicher

ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -

Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der -bitte auswählen- ist erfolgt durch:

Hamburg

Ort

Datum

Unterschrift im Original