
Pflichtenheft

**Entkoppelschwenkarmsystem
für die Augasonic³ Höhenfor-
schungsrakete**

Bremen, 2024

Inhalt

Inhalt I

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einführung	7
1.1 Veranlassung	7
1.2 Zielsetzung	7
1.3 Verwendungsumfeld	7
1.4 Wesentliche Aufgaben	8
1.5 Eckdaten des Projektes	8
2 Istzustand	10
3 Aufgabenstellung	11
3.1 Kurzbeschreibung Aufgabenstellung	11
3.2 Anforderungen	12
4 Projektabwicklung	20
4.1 Projektorganisation	20
4.2 Projektdurchführung	20
4.3 Dokumentation	20
5 Lösungsvorschläge	21
5.1 Lösungsbeschreibung	21
5.2 Strukturplan	22
5.3 Einzelfunktionen	23
5.3.1 Lagendefinition	23
5.3.2 Beschreibung der oberen und unteren Schnittstellen Umsetzung	23
5.3.3 Schwenken ermöglichen	25
5.3.4 Automatisierung des Rückschwenkprozesses und Entkoppeln	25

5.3.5	Tankprozessüberwachung und Startgewichtsbestimmung	25
5.3.6	Versatzausgleich.....	26
5.3.7	Leistungsmanagement.....	27
5.3.8	Hauptventilöffner	28
5.3.9	Umsetzungen weiterer Anforderungen	29

Anlagen 32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Strukturplan des Entkoppelschwenkarmsystem, mit den untergeordneten Teilprojekten beziehungsweise Arbeitsaufgaben.....	22
Abbildung 2 Obere Schnittstelle. 3) Grundplatte, 4) Aufnahme für Gewindeeinsatz 5) Balken, 6) Federbolzen, 7) Anschlagring Ladespule, 8) Aufnahme Gewindeeinsatz Gehäusebefestigung	24
Abbildung 3 Klemm zur Aufnahme des Trägerprofils an der Startrampe	25
Abbildung 4 Wägesystem.....	26
Abbildung 5 Versatzausgleichsystem	27
Abbildung 6 Leitungsmanagement am Betankungsarm.....	27
Abbildung 7 Hauptventil Öffner. a) Gesamtsystem; b) Stellmotor mit abgleitbaren Wellen.	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Termine	8
Tabelle 2 Verantwortlichkeiten	9
Tabelle 3 Kostenrahmen	9
Tabelle 4 Anforderungsliste	12

Abkürzungsverzeichnis

DLR	Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum
VDI	Verbund Deutscher Ingenieure
CAD	Computer Aided Design
STERN	Studentische Experimental-Raketen

1 Einführung

1.1 Veranlassung

Im Zuge des Entwicklungsprojektes „STERN“ soll eine Höhenforschungsrakete von der Hochschule Bremen entwickelt werden. Diese Rakete, die „AquaSonic³“, besteht aus mehreren Subsystemen, unter anderem aus dem für dieses Dokument relevanten „Entkoppelschwenkarm“. Dieser wird während der Startvorbereitung benötigt, um die Rakete mit dem Oxidator zu betanken, die Datenkommunikation zu ermöglichen und das raketeninterne Energieversorgungssystem zu laden. Dabei soll der Schwenkarm für die am DLR-Stützpunkt in Esrange befindliche Raketenabschussrampe konzipiert werden. Des Weiteren sollen die bisher verwendeten Schwenksysteme der AquaSonic 1 & 2 nicht verwendet werden.

Aus sicherheitstechnischen Aspekten muss das System dabei über Fernzugriff automatisch entkoppelt und von der Rakete weg geschwenkt werden können. Zur Umsetzung soll ein modularer Aufbau für spätere Raketenversionen umgesetzt werden. Weiterhin gilt, da es sich um ein DLR-Förderprojekt handelt, dass auch die von der DLR gelisteten Anforderungen erfüllt werden.

1.2 Zielsetzung

Entwickelt werden soll ein funktionssicherer Entkoppelschwenkarm, der die Fehler der vorherigen Systeme eliminiert und so eine einfachere und zuverlässigere Lösung bietet. Außerdem soll das System um weitere Elemente im Vergleich zu den Vorgängerversionen ergänzt werden, um beispielsweise eine Überwachung der Rakete während der Startvorbereitungen zu ermöglichen. Zur Verifizierung der oben genannten Kriterien soll das System mittels Prüfstandsaufbauten überprüft werden.

1.3 Verwendungsumfeld

Die Hochschule Bremen mit ihren verschiedenen Fakultäten ist besonders für das Institut für Luft- und Raumfahrttechnik (IAT) bekannt. In Kooperation mit dem DLR werden hier studentische Forschungsprojekte ermöglicht, wie zum Beispiel das „STERN“-Projekt, bei dem erste Erfahrungen im Bereich der Raumfahrttechnik gesammelt werden können. Im Rahmen dieses Projekts wird die Höhenforschungsrakete „AquaSonic³“ entwickelt.

Generell wird hier an der Erforschung und Entwicklung von Luft- und Raumfahrtssystemen gearbeitet, wofür zahlreiche Labore zur Verfügung stehen.

Das Subsystem „Entkoppelschwenkarm“ ist ein essentielles Element, um einen erfolgreichen Raketenstart der „AquaSonic³“ zu gewährleisten. Dabei muss das System in der Lage sein, auch unter schwierigen Bedingungen die drei Meter lange Rakete mit Treibstoff, Daten und Energie zu versorgen und kurz vor dem Start die Rakete freizugeben, so dass weder die Flugkurve noch die Raketenhülle beeinflusst werden. Der geplante Start ist für März 2025 im schwedischen Esrange vorgesehen, wodurch wetterbedingte Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssen. Der Transport erfolgt per Flugzeug.

1.4 Wesentliche Aufgaben

Für eine erfolgreiche Startvorbereitung muss das Subsystem „Entkoppelschwenkarm“ Hauptaufgaben erfüllen und die korrekte Umsetzung prüfen. So muss die Hauptaufgabe der Betankung mit dem Oxidationsmittel N_2O_2 über eine Tankschnittstelle erfolgen und durch einen Gewichtsmesser verifiziert werden. Der Ladevorgang des in der Rakete befindlichen Akkumulators wird auf Basis des Induktionsprinzips umgesetzt und durch die Kommunikationsschnittstelle verifiziert. Außerdem soll die Raketenlage vor dem Start überprüft und der Startvorgang mittels Kameras überwacht werden. So kann auch das korrekte Entkoppeln der Tankanschlusskupplung und der Schwenkvorgang verifiziert werden, da erst dann eine Startfreigabe erteilt werden kann.

1.5 Eckdaten des Projektes

Tabelle 1 Termine

Datum	Bezeichnung
01.05.2024	Vorstellen der Kernkomponenten mit Freigabeerteilung
10.05.2024	Vorstellen des Finalen Gesamtentwurfs mit Freigabeerteilung
03.06.2024	Zwischenprüfung der Sicherheitsrelevanten Komponenten
22.07.2024	Funktionsfähiges und Erprobtes Gesamtsystem + Endabnahme

03.2025	Raketenstart
---------	--------------

Tabelle 2 Verantwortlichkeiten

Name	Bezeichnung
Lein	Pflege Pflichtenheft
	Planung
	Durchführung/ Realisierung
	Fertigung und Montage

Tabelle 3 Kostenrahmen

Kostenhöhe	Bezeichnung
≤1000€	Materialkosten (Vorgabe Auftraggeber)
1000€	Materialkosten (Auftragnehmer)
30000€	Entwicklungskosten (Vorgabe Auftraggeber)
22000€	Entwicklungskosten (Auftraggeber)

2 Istzustand

In den vergangenen Forschungsprojekten zur „AquaSonic“-Reihe wurden Schwenkarmsysteme eingesetzt, die aus zwei Armen bestanden. Diese Arme waren übereinander positioniert. Sie wurden manuell an die Rakete herangeführt und automatisch über einen zentralen Aktuator nach Beendigung der Startvorbereitung weggeführt. Dabei fand über den unteren Arm der Betankungsprozess statt, bei dem mittels eines zweiten Aktuators und eines mechanischen Gestänges die Entkopplung vom Tankanschluss erfolgte. Die Ankopplung musste aus Sicherheitsgründen manuell erfolgen. Nach erfolgreichem Entkoppeln wurde der Aktuator gegen Wiederausfahren mechanisch gesperrt. Der obere Arm stellte mittels Kabel die Datenkommunikation bereit und versorgte das raketeninterne Energiesystem während der Startvorbereitung mit Energie. Des Weiteren fand ein Ladeprozess des in der Rakete verbauten Akkus statt. Das Startgewicht sowie die Treibstoffmassen wurden durch eine Kraftmessdose ermittelt. Als Aktuatoren wurden Pneumatikzylinder (Datenblatt siehe Anhang) eingesetzt. Die Druckversorgung wurde über das externe etankungsaggregat bereitgestellt.

3 Aufgabenstellung

3.1 Kurzbeschreibung Aufgabenstellung

Entwickelt werden soll ein Entkoppelschwenkarmsystem für die Startvorbereitungen der „Aquasonic³“ - Höhenforschungsrakete. Dabei müssen die Hauptaufgaben:

- Betankung
- Datenkommunikation
- Startgewichtsbestimmung
- Kabelloses Laden des in der Rakete befindlichen Energiespeichers
- Öffnen des Kugelventils am Tank und
- Vorsehen eines Kamerasystem zur Überwachung

erfüllt werden

3.2 Anforderungen

Tabelle 4 Anforderungsliste

Version:	5	Verantwortlichkeit:	Lein			
Bezeichnung	Kennzeichen	Anforderung	F/W	Änderung	Begründung	Quelle
Gesamtsystem	G01	Betriebssicher im Bereich von -20 bis 30°C	F	Spezifiziert durch G38		DLR
	G02	6 Schnittstellen: <ul style="list-style-type: none"> - Datenkommunikation - Betankung - Induktionsladung - Gewichtsmesser (nicht auf Arm) - Kamerasystem (2 IP Kameras) (nicht auf Arm) - HV-Öffner (nicht auf Arm) 	F	Spezifiziert (10.04.24)	Nicht auf Arm	
	G03	Anzahl Hauptelemente: <ul style="list-style-type: none"> - 1x Gesamtsystem - Min. 2x Schwenkbarer Arm - 1x Aufnahme Gewichtsmesser - 2x Aufnahme Kamera - 1x G02 	F			

Version:	5	Verantwortlichkeit:	Lein			
Bezeichnung	Kennzeichen	Anforderung	F/W	Änderung	Begründung	Quelle
		- 1x N_2O_2 Leitung - 5x Spannungsversorgung				
	G04	Horizontale Schwenkbewegung ermöglichen	F	Horizontal ergänzt (09.04.24)	Spezifikation	
	G05	Statische Auslegung	F			
	G06	Biegesteife Arme (Verformung $\leq 1\text{mm}$)	F			
	G07	Leitungsführung- und Management	W	Spezifiziert durch G34		
	G08	Zu Verwendende Materialien: Item24© Komponenten Al- Legierungen Stahl	F			
	G09	Verwendung der zur Verfügung gestellten Aktuatoren	W	Falsch kommuniziert(24.04.24)		
	G10	Sicherung vor Fehlaktivierung der Aktuatoren	F	Mechanisch sperren gelöscht (24.04.24)		

Version:	5	Verantwortlichkeit:	Lein			
Bezeichnung	Kennzeichen	Anforderung	F/W	Änderung	Begründung	Quelle
	G11	Befestigung an Startrampe	F			
	G12	Befestigung des Gesamtsystems an Startrampe durch Klemmen	W			
	G13	Abmaße rampenseitig $x \leq 400\text{mm}$	F			
	G14	Modulare Bauweise	F			
	G15	Gesamtgewicht ohne Aktuatoren $m \leq 10\text{ kg}$	W			
	G16	Wartungsfrei	W			
	G17	Anschläge/ eindeutige Markierungen der Sollposition	W	Konkretisiert (09.04.24)	unspezifisch	
	G18	Transportsicherungen	W			
	G19	Ruckausgleich der Aktuatoren vorsehen	F			
	G20	Minimale Eigenfertigung	W			
	G21	Maximale Kosten (siehe 1.5)	F			
	G22	Nachweis der Funktionsfähigkeit am Prüfstand	F			

Version:	5	Verantwortlichkeit:	Lein			
Bezeichnung	Kennzeichen	Anforderung	F/W	Änderung	Begründung	Quelle
	G23	Nummer vergabe auf Bauteil in Montagereihenfolge	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G24	Farbliche Hervorhebung Bedingungsrelevanter Bauteil/ Sicherheitselemente	W	Ergänzt (09.04.24)		
	G25	Nur Bohrungspassung bei Eigenfertigung	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G26	Rillen und Riefen bei Eigenfertigung zulassen ($R_z \geq 6,3\mu\text{m}$)	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G27	Nur Ebene Bearbeitung (Eigenfertigung)	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G28	Drehen und Fräsen zur Eigenfertigung zugelassen	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G29	Innenbearbeitung Drehen große Toleranzen planen (Eigenfertigung)	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G30	Passungselemente extern beziehen	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G31	Zuschnitte durch Lieferanten in geforderter Qualität	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G32	Justage Elemente und Ausgleichselemente vorsehen	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G33	Wärmeleitbleche an Schnittstellen vorsehen	W	Ergänzt (09.04.24)		

Version:	5	Verantwortlichkeit:	Lein			
Bezeichnung	Kennzeichen	Anforderung	F/W	Änderung	Begründung	Quelle
	G34	Leitungsführung aller 15cm	W	Ergänzt (09.04.24)		
	G35	Mindestens 1 Klemmelement für Leitungsfixierung	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G36	Position der Steueranschlüsse in Leitungsführungsrichtung	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G37	Reinigung gefertigter Bauteil erforderlich	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G38	Kritische Bereiche auf Stabilität bei -20° C prüfen	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G39	N ₂ O ₂ beständigen Schlauch verwenden	F	Ergänzt (09.04.24)		
	G40	Gleitelemente zwischen Kontaktstellen relativ Bewegter Leitungen	W	Ergänzt (09.04.24)		
	G41	Zugänglichkeit der montierten Komponenten ohne Demontage	W	Ergänzt (09.04.24)		
	G42	a, b, c aus G02 schwenkbar	F	Ergänzt (10.04.24)		
	G43	d, e, f aus G02 starr an Rampe	F	Ergänzt (10.04.24)		
Unterer Arm + Schnittstelle	U01	Automatische Entkopplung	F			
	U02	Automatisierte Rückschwenkung	F			
	U03	D ≤ 40mm	F			

Version:	5	Verantwortlichkeit:	Lein			
Bezeichnung	Kennzeichen	Anforderung	F/W	Änderung	Begründung	Quelle
	U04	Horizontaler und Vertikaler Versatzausgleich ($\pm 3\text{mm}$ um Nulllage)	F			
	U05	100 Fehlerfreie Entkopplungen am Stück (Verifikation mittels Prüfstandes)	F			
	U06	SERTO© Kupplung verwenden (bereitgestellt)	F			
	U07	Aufnahme der Kupplung und Schlauchsystem	F			
	U08	Drehbar $\pm 90^\circ$	W	Ergänzt (09.04.24)		
Obere Arm + Schnittstelle	O01	Abstand s zu Raketenhülle $0 \leq s \leq 1\text{mm}$	W			
	O02	Schutz der Elektronik vor Witterung	F			
	O03	Kraftfreiheit zur Raketenhülle wünschenswert (aber in jeden Fall: $F \leq 20\text{N}$)	W			
	O04	Gleitreibung bei Raketenstart	W			
	O05	Aufnahme und Fixierung der Induktivladespule	F			
	O06	Breite kleiner als minimaler Finnenabstand	F			

Version:	5	Verantwortlichkeit:	Lein			
Bezeichnung	Kennzeichen	Anforderung	F/W	Änderung	Begründung	Quelle
	O07	Aufnahme und Fixierung des IR-Transmitters	F			
HV-Öffner	H01	$D \leq 14\text{mm}$	F			
	H02	Verifikation der Funktionsfähigkeit mittels Prüfstandes	F			
	H03	Überstand aerodynamisch	W			
	H04	Abstand Hülle Ventil = 50mm	F			
	H05	Maximaler überstand $\leq 40\text{ mm}$	W			
	H06	Schaltzeit $\leq 1\text{s}$	P			
	H07	Schaltmoment $5\text{Nm} \leq M \leq 60\text{Nm}$	P			
	H08	Positioniergenauigkeit $\pm 1^\circ$	P			
	H09	Drehwinkel 90°	F			
Wäge-system	W01	Bis 50kg	F			
	W02	Digitale Anzeige	F			
	W03	Breite kleiner 40mm	F			

Aufgabenstellung

Version:	5	Verantwortlichkeit:	Lein			
Bezeichnung	Kennzeichen	Anforderung	F/W	Änderung	Begründung	Quelle
	W04	Länge kleiner 60mm	F			
	W05	Messung zwischen 80-90 Grad	F			

4 Projektentwicklung

4.1 Projektorganisation

Die personelle Planung sowie die Zuständigkeiten sind in Tabelle 2 ersichtlich. Die Realisierung des Projektes wird in den Gebäuden und Räumen der Hochschule Bremen durchgeführt. Die Arbeitszeiten entsprechen den üblichen Branchenarbeitszeiten (37,5 Stunden pro Woche).

4.2 Projektdurchführung

Die geplanten Aktivitäten sowie die Meilensteine sind im Anhang unter „Arbeitsplan“ ersichtlich. Freigabeerteilungen werden entsprechend zu den in der VDI 2221 und VDI 2222 vorgeschlagenen Phasenabschnitten geplant und durchgeführt. Die Planung der Termine obliegt der oben genannten verantwortlichen Person. Die Kosten- und Qualitätsüberwachung obliegen in erster Linie der oben genannten verantwortlichen Person, sind jedoch in regelmäßigen Terminen in ein Fachkollegium bzw. interdisziplinäres Team, gemäß VDI 2221 und VDI 2222, zu verifizieren. Der Auftraggeber wird an den oben genannten Terminen über den aktuellen Stand in Kenntnis gesetzt.

4.3 Dokumentation

Folgende Dokumente sind zu erstellen:

- Projektlaufplan
- CAD-Daten
- Technische Zeichnungen
- Rechnungsnachweise
- Stücklisten
- Bestelllisten
- Montageanleitung
- Dynamisches Pflichtenheft mit Versionierung

5 Lösungsvorschläge

5.1 Lösungsbeschreibung

Die obengenannte Aufgabe, die alle in „Anforderungen“ genannten Anforderungen umfasst, wird nach den Regeln des methodischen Konstruierens (VDI 2221, 2222) bearbeitet. Allgemein wird in Anlehnung an die zuvor verwendeten Entkoppelschwenkarmsysteme, wie sie unter Punkt 2 beschrieben wurden, ein System entwickelt. Dieses System umfasst drei gelagerte Arme, welche drei Schnittstellen tragen. Die vierte Schnittstelle wird über einen Winkel gelagert. Im nachfolgenden Abschnitt werden die geforderten Funktionen beschrieben, und eine kurze Beschreibung zu einem möglichen Lösungsansatz präsentiert, der zur Verdeutlichung der Funktionalität dient.

5.2 Strukturplan



Abbildung 1 Strukturplan des Entkoppelschwenkarmsystem, mit den untergeordneten Teilprojekten beziehungsweise Arbeitsaufgaben.

Wie Abbildung 1 zeigt, besteht die konstruktive Herausforderung, ohne Betrachtung näherer Details, in der Realisierung der Forderungen G02 und G03. Diese wurden grundsätzlich umgesetzt. Ausgangspunkt stellt die Befestigung an der Startrampe dar. Von dort aus wurden alle farblich hinterlegten Elemente der Abbildung 1 entwickelt. Diese repräsentieren Teilprojekte. Wesentliche Arbeitsaufgaben der jeweiligen Teilprojekte sind darunter ersichtlich.

5.3 Einzelfunktionen

Die wesentlichen Funktionen zur Aufgaben Erfüllung werden im nun folgenden Teil vorgestellt. Dabei lauten die Hauptfunktionen:

- Lage/ Position sicherstellen
- Betankung ermöglichen
- Datenaustausch ermöglichen
- Versorgen des Energiespeichers
- Schwenken ermöglichen
- Momente aufnehmen
- Automatisierung des Rückschwenkprozesses ermöglichen
- Automatische Entkopplung ermöglichen
- Startgewicht bestimmen
- Zerstörung verhindern
- Versatzausgleich nach Lagenwechsel

5.3.1 Lagendefinition

Die Grundvoraussetzung für die Erfüllung der Aufgabe bzw. der Funktionalität des Systems besteht darin, die Positionierung und Fixierung der weiteren Elemente sicherzustellen, da eine räumliche Entfernung zu überbrücken ist. Dafür muss gemäß G11 eine Befestigung an der Startrampe vorgesehen werden. Diese soll nach G12 die Lage durch eine Klemmverbindung sicherstellen, sodass die potenzielle Energie der Arme bzw. der weiteren Elemente an der Rakete gespeichert werden kann. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt die entwickelte Lösung. Sie basiert auf dem Prinzip der Reibung. Durch die Vorspannung der Schraube wird eine Kraft, senkrecht zur (Klemm-) Fläche aufgebracht, welche das vertikale abgleiten, verhindert. Die Senkbohrung dient der Aufnahme des Trägerprofils. Um die Anschlusspunkte bzw. Schnittstellen an der Rakete fluchtend zu erreichen, muss gemäß G06 eine ausreichende Steifigkeit gewährleistet werden. Diese wird durch eine geeignete Profilwahl sichergestellt und welche durch G08 bestimmt ist.

5.3.2 Beschreibung der oberen und unteren Schnittstellen Umsetzung

Die Umsetzung der Schnittstellen und Bauteile gemäß G02 und G03 erfordert besondere Aufmerksamkeit. Insbesondere die obere Schnittstelle, die für Datenkommunikation und Ladevorgang während der Startvorbereitungen benötigt wird, muss gemäß O02, O03 und O04 vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Gleichzeitig soll die Rakete während des Starts an dieser Schnittstelle reibungslos abgleiten, ohne dabei unnötige Kräfte auf die Raketenhülle zu übertragen. Um Forderung O02 zu erfüllen, wurde ein Gehäuse entworfen, das auch die Montage am oberen Arm ermöglicht. Dieses Gehäuse ist an die

Hauptträgerplatte angepasst, die ihrerseits die Form der Rakete berücksichtigt. Dabei wurde auch O05 und O06 berücksichtigt, wodurch die zulässige Breite limitiert ist und eine Fixierung der Induktivladespule Berücksichtigung fand. Die Fixierung erfolgt durch einen aufsteckbaren Balken. Das Abgleiten an der Raketenhülle bei minimalen Belastungen wird durch Federstifte mit Kugelkopf realisiert. Die Wahl dieser Elemente beeinflusst auch die Belastung, die durch die Schnittstelle auf die Rakete übertragen wird, und trägt dazu bei, dass O04 erfüllt ist. Weiter wird damit auch O01 gewährleistet. Die Aufnahme des Infrarot-Transmitters wird ebenfalls auf der Grundplatte erfolgen, wodurch auch O07 berücksichtigt wurde. Die Grundplatte mit ihren Elementen ist in Abbildung 2 dargestellt.

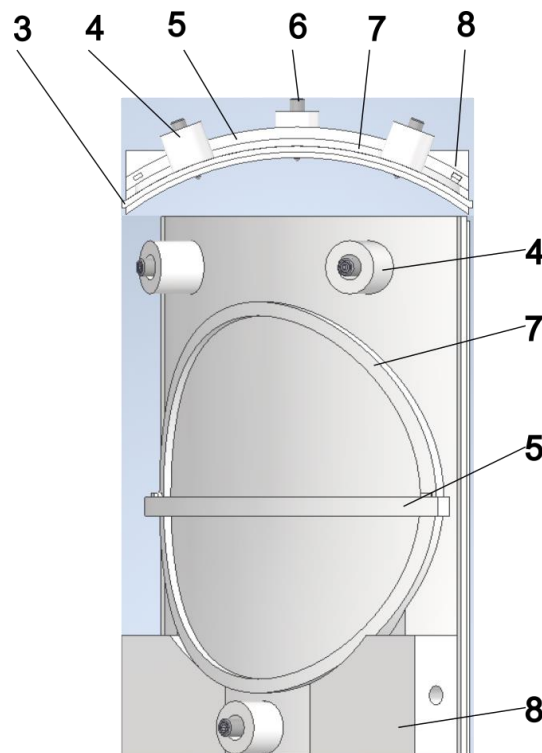


Abbildung 2 Obere Schnittstelle. 3) Grundplatte, 4) Aufnahme für Gewindeeinsatz 5) Balken, 6) Federbolzen, 7) Anschlagring Ladespule, 8) Aufnahme Gewindeeinsatz Gehäusebefestigung

Die untere Schnittstelle, die hauptsächlich für die Betankung verantwortlich ist, wird durch die bereitgestellte Kupplung (U06) und das Schlauchsystem realisiert. Weitere Anforderungen in Bezug auf die untere Schnittstelle werden separat beschrieben – siehe dazu Abschnitt 5.3.4 und 5.3.6.

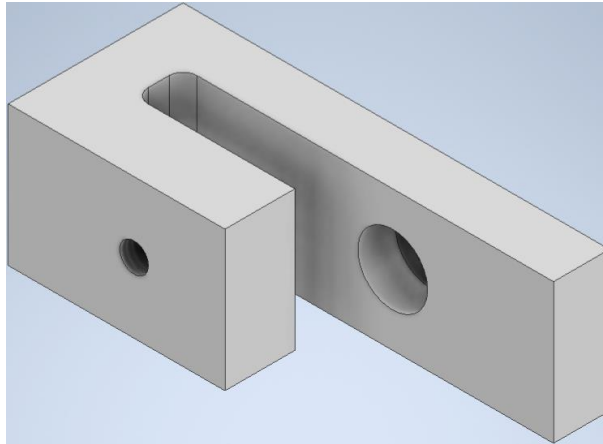


Abbildung 3 Klemm zur Aufnahme des Trägerprofils an der Startrampe

5.3.3 Schwenken ermöglichen

Das Umformen potenzieller Energie in kinetische Energie mit damit verbundener „Massenleitung“ ist eine weitere essenzielle Anforderung an das System. Die Teilsysteme (Arme) müssen eine Bewegung ermöglichen (G04), um Beschädigungen an der Rakete zu verhindern. Konkret handelt es sich dabei um das Heran- und Zurückschwenken des unteren Arms. Aber auch der obere Arm genügt dieser Forderung, um eine Beschädigung der Raketenhülle bei ihrer Positionierung an der Startrampe zu vermeiden. Die Funktionalität wird durch Schwenklager der Firma Item realisiert.

5.3.4 Automatisierung des Rückschwenkprozesses und Entkoppeln

Sicherheitstechnisch bedingt darf kein manueller Rückschwenkprozess bei einer startbereiten Rakete durchgeführt werden. Daher erfolgte die Integration einer Rückschwenkautomatik in das System. Dieser Prozess wird durch U01 und U02 gefordert und wird durch einen elektrischen Seilzug ausgeführt. Dabei wird ein Elektromotor an den Hauptträgerrohr befestigt. Die Führung des Seiles erfolgt über zwei Umlenkrollen.

Die Funktionalität U01 wird durch die Schwenkbewegung des Armes initialisiert wodurch sich bereitgestellte Kupplung (U06) entkoppelt. Die maximalen Abmaße der Kupplungsaufnahme (14 Abbildung 6) mit ihren Subelementen (U07) wird durch U03 bestimmt und berücksichtigt.

5.3.5 Tankprozessüberwachung und Startgewichtsbestimmung

Um die unter G02 gelistete Forderung der Startgewichtsbestimmung zu realisieren, soll ein Messsystem an das untere Trägerprofil angebracht werden. Das Messprinzip basiert auf dem Prinzip einer Kraftmessdose, bei der die Verformung mittels Dehnmessstreifen bestimmt und anschließend rückgerechnet wird. Um die dafür benötigte Verformung zu

erreichen, wird der an der Rakete vorgesehene Aufnahmepunkt auf einen starren Adapter aufgelegt. Das andere Ende wird mit dem Messsystem verknüpft. So besteht das System aus einem Winkel, welcher an der Startrampe montiert wird, einer Aufnahmeplatte, einer Wägezelle und eines Druckstabes. Dieser Druckstab nimmt dann den „Launch-Lug“-Adapter auf, welcher mit der Rakete fest in Verbindung steht.



Abbildung 4 Wägesystem

5.3.6 Versatzausgleich

Da die Rakete in der horizontalen Lage an die Startrampe montiert wird, ist ein Schwenkprozess notwendig, um die von der DLR vorgegebenen Abschusswinkel einzuhalten. Dabei erfolgt die Kopplung bzw. Ausrichtung der Schwenkarme auch in der Horizontalen. Bei dem Aufrichtschritt kam es bei Vorgängerversionen oft zu Relativbewegungen zwischen Rakete und Rampe, was für Spannungen an und in den Schwenkarmen sorgte. Um diese Problematik in der entwickelten Version zu eliminieren, wurde gemäß U04 ein Versatzausgleichssystem integriert werden. Dies soll durch eine kinematische Kette mit Nulllagen-Definition umgesetzt werden. Dies ist in Abbildung 5 dargestellt. Das System besteht aus der Kupplung, welche mittels Adapterhülse aufgenommen wird. Die Hülse wird mittel vier Zugfedern in einem Gehäuse gelagert, wodurch die Nulllage entsteht und die relativ Bewegung ermöglicht wird. Um diese für die Sicherheit und den Erfolg wesentliche Funktion zu garantieren wurde gemäß U05 ein Prüfstandversuch durchlaufen, in dem 100 erfolgreiche Entkopplungen ohne Fehler auftraten.

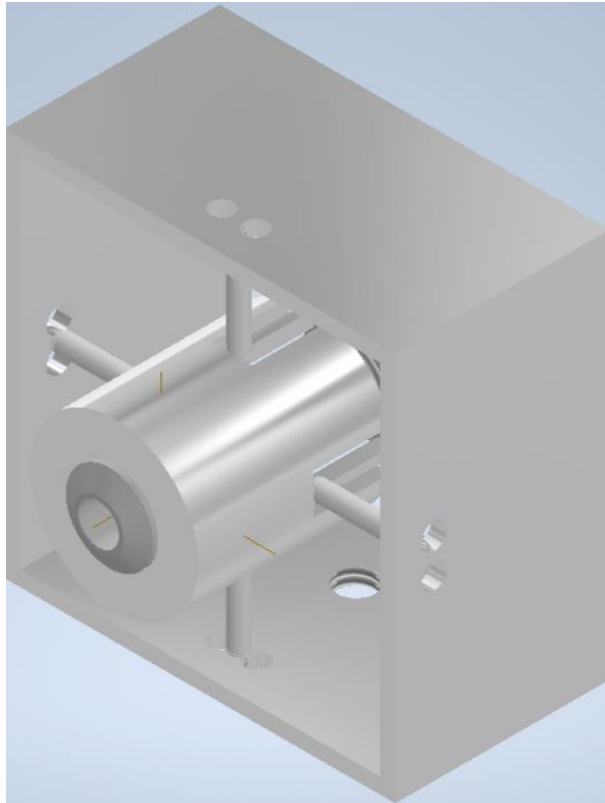


Abbildung 5 Versatzausgleichssystem

5.3.7 Leitungsmanagement

Um die Forderung G07 zu erfüllen, soll eine Leitungs- und Kabelmanagementsystem an den Armen und Komponenten integriert werden. Dies wird durch Kabelclips umgesetzt. Diese wurden ebenfalls bei der Firma Item erworben. Die Umsetzung wird beispielhaft in Abbildung 6 dargestellt.

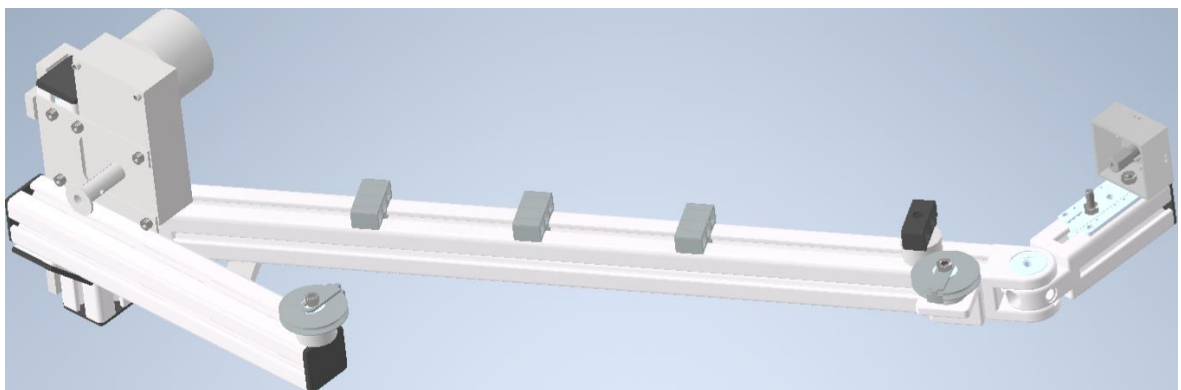


Abbildung 6 Leitungsmanagement am Betankungsarm

5.3.8 Hauptventilöffner

Der Hauptventilöffner ist ein Bauteil, welches eine Drehbewegung ermöglichen soll. Dies wird mittel pneumatischen Stellmotor umgesetzt. Der Aktuator wird dabei auf einen zusätzlichen Arm montiert und über zwei Wellen mit dem Kugelhahnventil verbunden. Da die Ansteuerung des Stellmotors und dem damit einhergehenden öffnen des Hauptventils die Rakete startet, wurde ein Entkoppel- beziehungsweise Ableitmechanismus zwischen den beiden Wellen vorgesehen. Die Umsetzung ist in Abbildung 7 dargestellt. Im Späteren Verlauf und mit Fertigstellung der ersten Raketenhülle, muss auch hier (H02) die Funktionsfähigkeit bestätigt werden.

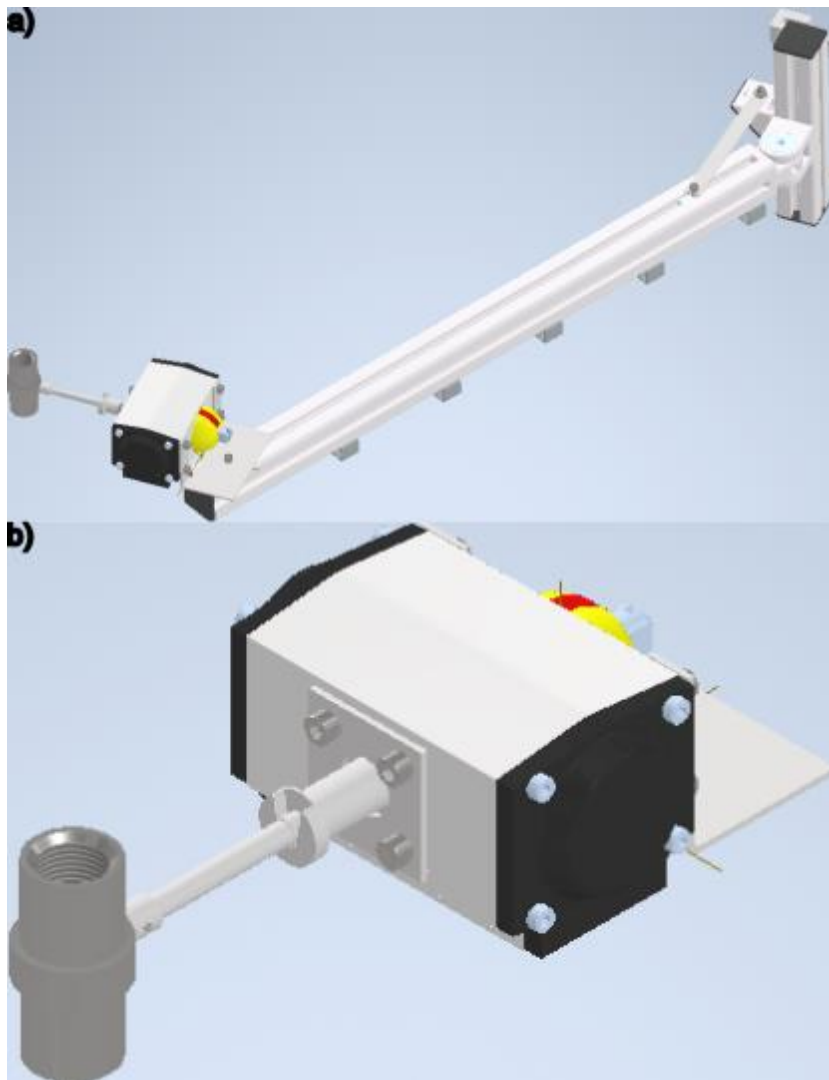


Abbildung 7 Hauptventil Öffner. a) Gesamtsystem; b) Stellmotor mit abgleitbaren Wellen.

5.3.9 Umsetzungen weiterer Anforderungen

Eine weitere wichtige Forderung besteht darin, dass System in Versagensfall der Steuerungselemente vor Zerstörung zu schützen. Dafür wurden die Aktuatoren beziehungsweise die durch diese angetriebenen Arme als größtes Risiko erkannt. Demnach, wird nach G10 eine Sicherung gegen wiederausfahrt in den Aktuator Weg integriert, welcher die Spannungsversorgung zum Elektromotor in der Endlage unterbricht.

Allgemeinere Anforderungen, wie G13, G14 und G15 ergeben sich aus dem Konstruktionsprozess und werden im Zuge dessen ständig evaluiert.

G16 und G17 werden angestrebt und während des Prozesses evaluiert.

Die Forderung einer Transportsicherung (G18) soll anhand der Modularen Bauweise (G14) und einen mittels 3D-Druck gefertigten Organisationssystem umgesetzt werden.

In Hinblick auf die Kosten werden G20 und G21 berücksichtigt.

Nach erfolgreichem Entwickeln wird ein Prototyp gefertigt, der gemäß G22 mittels Prüfstandes auf Funktionalität geprüft wird. Dabei wird auch G01 verifiziert.

Versionsnummer.: 3

Kenntnisnahme Auftraggeber:

Datum:_____ **Unterschrift**_____

Kenntnisnahme Auftragnehmer:

Datum:_____ **Unterschrift**_____

Anlagen



[Arbeitsplan_Vorlage.v1](#)

Metal Work ISO 15552 serie 3.pdf (Befehlszeile)