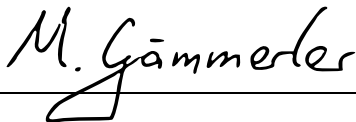


Titel: Projektbericht  
Teilprojekt: Dokumentation

## Projektbericht

---

	Bearbeitet:	Freigegeben:
Datum/Unterschrift	18.07.2017 DHM, MOG, MOO, NSE	19.07.2017 MOG 

---

## Inhaltsverzeichnis

1. Einführung.....	3
1.1. Überblick.....	3
1.2. Vorbereitung.....	5
2. Entwicklung.....	5
2.1 Elektrische Entwicklung .....	5
2.2 Konstruktion der Windenaufnahme .....	6
3. Implementierung .....	8
3.1 Mechanische Implementierung.....	10
3.2 Elektrische Implementierung.....	12
4. Test .....	13
5. TÜV Gutachten .....	14
6. Lessons Learned.....	15
7. Anhang.....	17
8. Quellen .....	24

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Horntools Alpha 12.0 Super Speed Edition .....	4
Abbildung 2: Schaltplan .....	6
Abbildung 3: Screenshot Variante 1.....	7
Abbildung 4: Screenshot Variante 3.....	7
Abbildung 5: Belastungsanalyse Variante 3.....	8
Abbildung 6: Stückliste.....	9
Abbildung 7: extern gefertigter Käfig.....	10
Abbildung 8: Käfig wird vor dem Schweißen auf dem Grundblech positioniert .....	10
Abbildung 9: Fixierung des Schweißstückes.....	11
Abbildung 10: Explosionszeichnung WinJee Halterung .....	12
Abbildung 11: Windensystem am Fahrzeug.....	13
Abbildung 12: TÜV Gutachten.....	14

## 1. Einführung

Der nachfolgende Projektbericht stellt eine Art Erfahrungsbericht dar, welcher bei der Realisierung einer Windenhalterung mit Sonderabnahme durch den deutschen TÜV unterstützen soll. Jegliche Haftung ist ausgeschlossen.

### 1.1. Überblick

Ziel der Implementierung der Seilwinde in das Trägerfahrzeug ist die Befähigung des Fahrzeuges sowie Fahrzeugführers zur eigenständigen Bergung aus folgenden Situationen durch die Erweiterung eines zusätzlichen Kraftkopplungspunktes mit der Umwelt:

- Das Fahrzeug bleibt in Matsch oder Sand stecken. Das heißt das Differential sitzt auf. Der Fahrer soll nun innerhalb von 5 Minuten in der Lage sein die Winde einsatzbereit zu machen um das Windenseil auszuziehen. Die soll ohne Graben oder sonstige Veränderungen an der Umwelt möglich sein.
- Das Fahrzeug bleibt an einem Hang stecken. Der Hang hat eine Steigung von 50%. Der Fahrer soll nun innerhalb von 5 Minuten in der Lage sein die Winde einsatzbereit zu machen um das Windenseil auszuziehen. Dies soll ohne Graben oder sonstige Veränderungen an der Umwelt möglich sein. Das Fahrzeug soll den restlichen Hang (halbe Seillänge) nur von der Winde hinaufgezogen werden.

Außerdem sind die nachfolgenden Funktionalen und Nichtfunktionalen Anforderungen zu erfüllen:

- Die Winde soll innerhalb von 5 min. einsatzbereit sein
- Das Gewicht der Winde mit Windenaufnahme soll kleiner 50kg sein
- Die Befestigung des Seilfensters soll die Belastungen des umgelenkten, unter Last stehenden Seils bis zu einer Ablenkung von 45° standhalten.
- Zugrichtung der Seilwinde soll in Fahrtrichtung sein
- Die Windenhalterung soll TÜV-Konform sein
- Die Elektrik soll TÜV-Konform sein
- Die Anbringung des Seilfensters soll TÜV-Konform sein
- Die Windenhalterung soll die Zugbelastung von 5,4t aushalten
- Die Verbindung von Windenhalterung mit dem Fahrzeug soll 5,4t aushalten
- Das Seil der Winde soll von Kfz Fahrzeugen aufgewirbelten Steinen oder Matsch geschützt sein. Ausnahme ist die Öffnung des Seilfensters.
- Die Winde soll von Kfz Fahrzeugen aufgewirbelten Steinen oder Matsch geschützt sein. Ausnahme ist Öffnung des Seilfensters.
- Der Böschungswinkel soll nicht um mehr als 10° verringert werden
- Die Elektrik des Fahrzeuges soll für die hohen Ströme der Winde angepasst werden
- Das Seil soll nicht über scharfe Kanten (Radius kleiner als der des Seilfensters) oder in der Nähe von Hitzequellen (>100°C) verlaufen

Die Umsetzung erfolgt an einem SUV der Marke Jeep mit folgenden Spezifikationen:

- Modell: Grand Cherokee 5.9 Limited ZJ/ZG
- Baujahr: 1998
- Hubraum: 5898ccm
- Leistung: 241PS
- Antriebsart: Allrad
- Anzahl Türen: 5
- Länge: 4500mm
- Breite: 1795mm
- Höhe: 1684mm
- Gewicht (Fahrbereit): 2250kg

Der entwickelte Windenträger dient als Schnittstelle zwischen dem Fahrzeug und der folgende Winde des Herstellers Horntools mit der Bezeichnung „Alpha 12.0 Super Speed Edition“ wie in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt.

EAN-Code: 9008683059040

Technische Daten:

- Arbeitsbereich Spannung: 10-16Volt
- max. Leistungsaufnahme 450Amp\*\*
- Zuggeschwindigkeit lastfrei 11m/Minute
- Zugkraft 5400kg
- -3stufiges Planetengetriebe 110:1 untersetzt
- Netto Gewicht: 25,8kg ohne Seil und Seilfenster
- Series Wound Motor
- Trommel (ØxLänge): 63x226mm
- Gesamtgröße (LxBxH): 577 x 160 x 225mm



Abbildung 1: Horntools Alpha 12.0 Super Speed Edition

## 1.2. Vorbereitung

Bei der ersten Besprechung mit dem TÜV wurde geklärt, welche Kriterien erfüllt werden müssen um eine Eintragung zu ermöglichen. Der vordere Querträger soll nicht bearbeitet werden, da es zu Problemen mit der Stabilität führen kann. Die Frontschürze darf unter folgenden Bedingungen bearbeitet werden:

- Sie darf keine scharfen Kanten aufweisen, um den Fußgängerschutz einzuhalten
- Die bearbeitete Stoßstange darf bei ca. 40 km/h bei einem Zusammentreffen mit einem Fußgänger nicht einknicken, wodurch scharfe Kanten entstehen würden
- Die Gesamtlänge des Wagens darf 12 Meter nicht überschreiten
- Das Material der Verkleidung der Winde wird nicht vorgeschrieben, solange vorherige Kriterien erfüllt bleiben

## 2. Entwicklung

Die Entwicklung der Windenaufnahme erfolgt in folgenden Schritten mit dem Resultat eines digitalen Zwillings, aus welchem sich die zur Implementierung notwendigen Informationen ableiten lassen:

### 2.1 Elektrische Entwicklung

Zum Betreiben der Winde ist eine Zweitatterie von Vorteil, welche dauerhaft mit der Erstbatterie verbunden ist. Nur wenn die Erstbatterie unter 11,5 V entladen wird, wird die Zweitatterie automatisch von ihr getrennt. Dadurch wird ein Entladen der Erstbatterie durch die Winde verhindert. Durch einen Powerschalter kann die zusätzliche elektrische Peripherie hinzugeschalten werden, welche von der Zweitatterie betrieben wird, solange sie noch über 9,5 V geladen ist. Die Winde wird für den Einsatz durch einen weiteren Powerschalter in den Stromkreislauf geschaltet. Ein dritter Powerschalter bedient die Steuerbox der Winde, wodurch das Seil der Winde, je nach Stellung der Steuerbox, ein- und ausgefahren werden kann. Um den Spannungsabfall in den Leitungen möglichst gering zu halten, wird der benötigte Querschnitt ausgerechnet. Der Spannungsverlust darf 1,5 % nicht überschreiten. Bei einer Batteriespannung von 12 V beträgt dies 0,18 V.

Die notwendigen Daten zur Berechnung sind (Werte in Klammer dahinter):

- Länge von der Zweitatterie zur Winde (2 m)
- Maximale Stromaufnahme der Winde (450 A)
- Elektrische Leitfähigkeit (Von Kupfer  $56 \frac{m}{mm^2 \cdot \Omega}$ )
- Max. erlaubter Spannungsverlust (1,5 % = 0,18 V)

Die Formel zur Berechnung lautet  $A = \frac{2 \cdot L \cdot I}{U_V \cdot \kappa}$ , wobei der Faktor 2 hier auf 1 geändert werden muss, da in diesem Fall nur den Pluspol der Zweitatterie mit der Winde verbunden wird. Der Minuspol wird direkt mit der Fahrzeugkarosserie verbunden.

Die Rechnung ergibt einen Querschnitt von  $89,29 \text{ mm}^2$ . Der nächstgrößte handelsübliche Querschnitt ist  $95 \text{ mm}^2$ . Dieser wird nun für die Verbindung zwischen Zweitatterie und Winde genutzt.

Die Verschaltung der einzelnen Komponenten ist in folgender Abbildung 2 dargestellt:

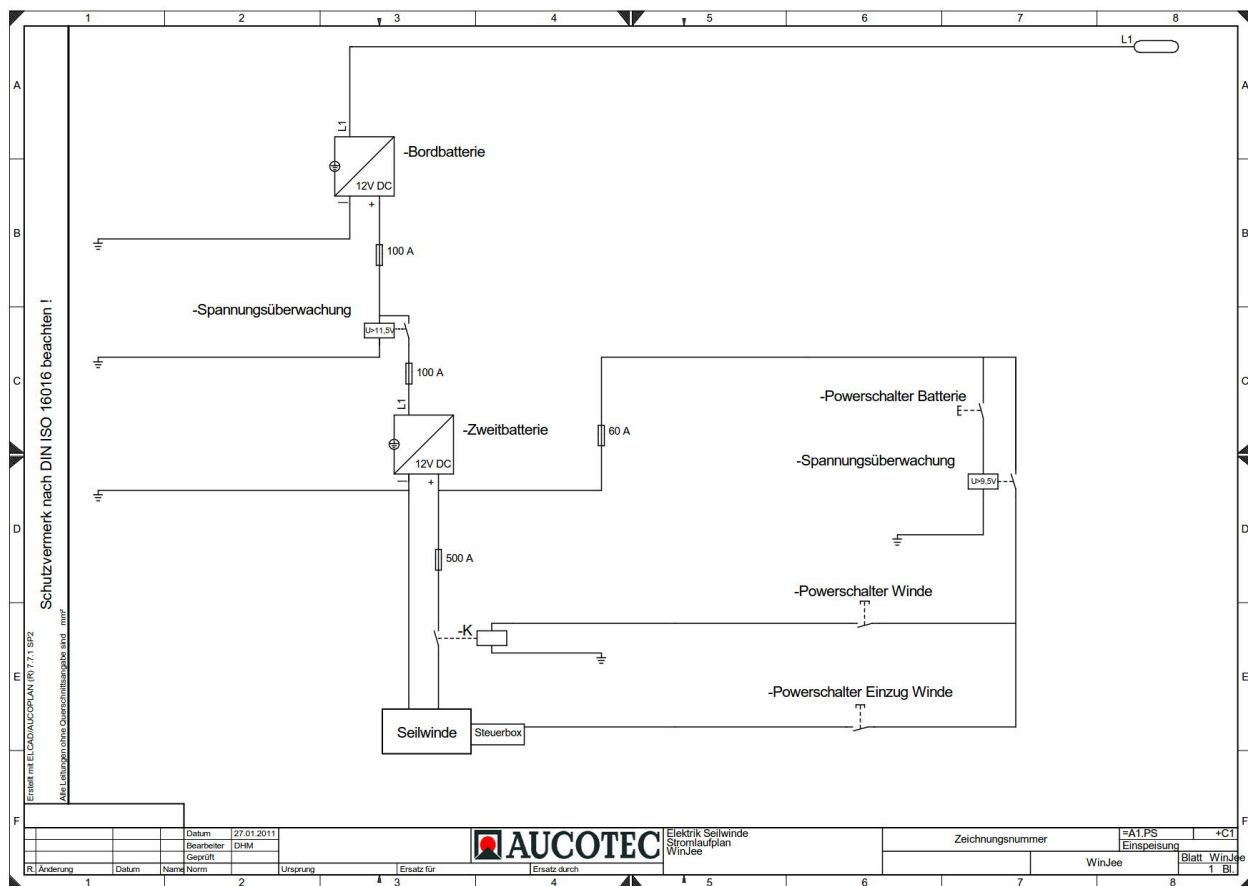


Abbildung 2: Schaltplan

## 2.2 Konstruktion der Windenaufnahme

Zur Entwicklung der Windenaufnahme, empfiehlt es sich im Vorfeld die Möglichkeiten anhand eines Morphologischen Kastens<sup>2</sup>, eines Benchmarkings und eines Brainstormings aufzuspannen. Anschließend kann eine Mindmap<sup>1</sup> erstellt werden, wodurch sich eine Vielzahl an Realisierungsmöglichkeiten<sup>2</sup> zur Auswahl stellt.

<sup>1</sup> 20170326\_NSE\_02\_Studie\_Realisierungsmoeglichkeiten\_Praesentation

Die Erstellung der CAD Modelle erfolgte folgendermaßen: Zuerst wurde die Rückwand konstruiert. Dabei war es wichtig die gemessenen Fahrzeugmaße zu übernehmen und mit passenden Toleranzen zu versehen. Von der Rückwand ausgehend, konnten alle weiteren Einzelteile gezeichnet und im Assembly zusammengefügt werden. Hauptaugenmerk lag jederzeit darauf, die Balance zwischen Gewicht, Kosten und der ausreichenden Festigkeit zu finden, wobei ebenfalls alle Requirements beachtet werden müssen.

Bei der Konstruktion ist besonders auf die Fertigbarkeit und die Montage- bzw. Demontagefähigkeit zu achten. Gerade wenn nur ein Prototyp gefertigt werden soll schränkt dies den Handlungsspielraum unter Betrachtung der ansonsten explodierenden Kosten extrem ein.

Nach der Erstellung von drei CAD Prototypen aus der Grobselektion werden diese anhand der FEM Analyse auf ihre mechanischen Eigenschaften getestet.

Davon wurden dem Lenungskreis zwei Varianten, vgl. Abbildung 3 und Abbildung 4 im Preliminary Design Review vorgestellt:

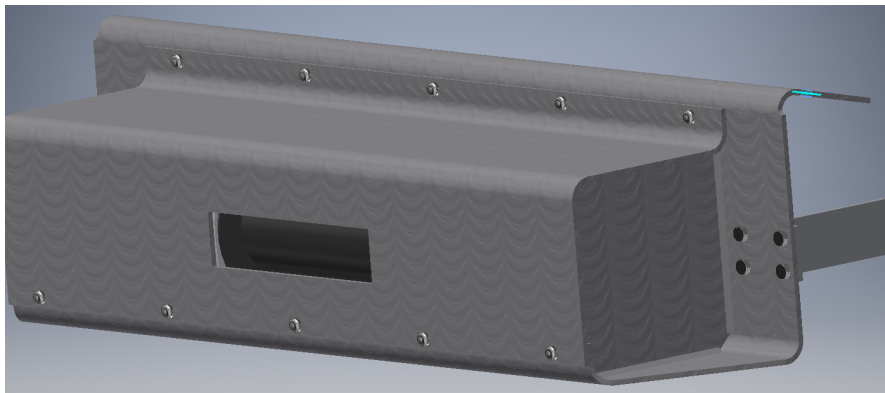


Abbildung 3: Screenshot Variante 1

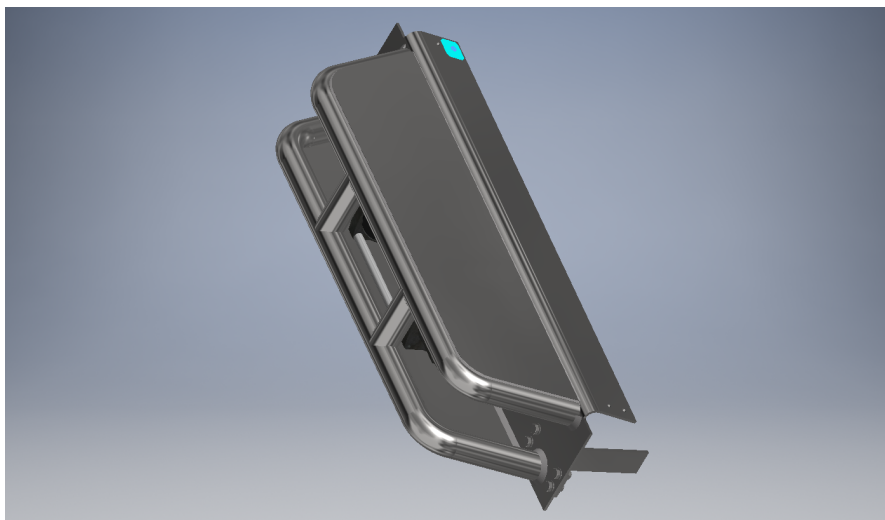


Abbildung 4: Screenshot Variante 3

---

<sup>2</sup> 20170329\_MOG\_02\_Realisierungsmöglichkeiten

Durch die mangelnde Fertigbarkeit unsererseits, erhöhte Kosten und erhöhtes Gewicht von Variante 1 fällt die Entscheidung im Preliminary Design Review für die in Abbildung 4 gezeigte Variante 3.

Dies geschah ebenfalls in Absprache mit dem TÜV, sowie unter den Voraussetzungen der einzuhaltenden Requirements. Im nächsten Schritt erfolgt die Detailkonstruktion sowie die anschließende FEM Analyse zum Test des digitalen Zwillings.

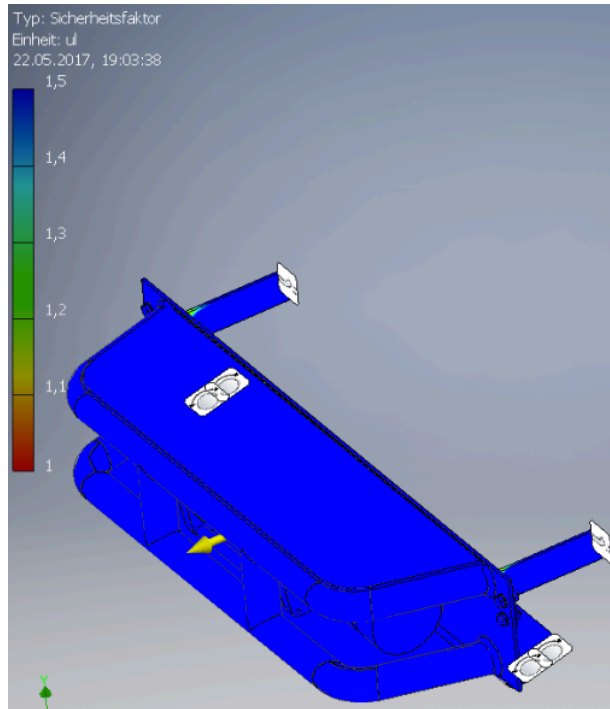


Abbildung 5: Belastungsanalyse Variante 3

Beim Anpassen der Konstruktion ist die ständige Überprüfung des Lastverhaltens unabdingbar. In gängigen CAD Programmen ist es möglich den Sicherheitsfaktor (mindestens 1), die Hauptspannungen, die Von-Mises-Spannungen und die Verschiebung zu überprüfen. Abhängig von den verbauten Materialien können Sie aus Tabellenbüchern die jeweils zulässigen Werte ableiten.

In Abbildung 5 ist ersichtlich, dass an jeder Stelle der Konstruktion der Sicherheitsfaktor mindestens die 1,3-fache Sicherheit misst. Die Belastungsrichtung ist am Pfeil (hier mittig im Bild) dargestellt. Diese orientiert sich an der tatsächlichen Belastungsrichtung des Seils und wird wie die Werkstoffeigenschaften im digitalen Prototypen hinterlegt.

Nach bestandem Test des digitalen Zwillings erfolgen die Erstellung der Stückliste zur Fertigung sowie die Ableitung der Fertigungszeichnungen.

## 3. Implementierung

Das Resultat des Vorangegangenen Entwicklungsprozesses ist die nachfolgende Stückliste in Abbildung 6 mit den zur Implementierung erforderlichen Bauteilen und externen Dienstleistungen:

Position	Menge	Einheit	Eigenschaften	Benennung	Sachnummer	Werkstoff	Kosten
<b>Material Elektrik</b>							
1	4	Meter	95mm² schwarz	Batteriekabel PVC isoliert 95mm² schwarz			55,60 €
2	4	Meter	95mm² rot	Batteriekabel PVC isoliert 95mm² rot			55,60 €
3	4	Meter	d: 19,1mm	Dickwandiger Hitzeschutzschlauch bis 650°C; Durchmesser 19,1mm schwarz			73,07 €
4	6	Stück	95mm²	Rohrkabelschuh 95mm² AWG3/0 Loch M8	AWG3/0	DIN EN 13600	2,05 €
6	2	Stück	d: 19,1mm	Kabeldurchführung Gummi			2,00 €
7	1	Stück	500A	Sicherungshalter und Sicherung			-
<b>Material Mechanik</b>							
8	2	Stück	60x20x100	ALU Abstandshalter			14,46 €
9	2	Stück	d:48,3mmx2,6mm l:1100mm	Frontbügel Stahlrohr Durchmesser 48,3mm Wandstärke 2,6mm benötigte Rohrlänge etwa 1100mm	Frontbügel_ASM	V2A (1.4301)	28,25 €
10	2	Stück	d:48,3mmx2,6mm l:200mm	Frontbügel Seifenster Stahlrohr Durchmesser 48,3mm Wandstärke 2,6mm benötigte Rohrlänge etwa 200mm	Frontbügel_ASM	V2A (1.4301)	28,25 €
11	4	Stück	d:48,3mmx2,6mm 90°	Winkelrohre	Frontbügel_ASM	V2A (1.4301)	12,50 €
12	1	Stück	920x330x5mm	Grundblech Winde Rohstoff Abmaße etwa 920x330x5mm	Grundblech_Winde	V2A (1.4301)	142,50 €
13	2	Stück	350x100x10mm	Zugstange Langloch Rohstoff Abmaße etwa 350x100x10mm	Zugstange_Langloch	S355J2+N EN 10025-2:2004	-
14	1	Stück	790x200x3mm	Abdeckblech oben Rohmaterial Abmessungen etwa 790x200x3mm		V2A (1.4301)	37,00 €
15	2	Stück	450x135x3mm	Abdeckblech Seiten rechts/Links Rohmaterial Abmessungen etwa 450x135x3mm		V2A (1.4301)	31,40 €
16	8	Stück	M10x25	Schraube Grundblech-Zugstange M10x25		ISO 4017	-
17	6	Stück	M12x20	Schraube Grundblech-Abschlepphakenhalter M12x20		ISO 4014	-
18	8	Stück	M10	Mutter selbstsichernd M10		ISO 10511	-
19	8	Stück	M10	Unterlegscheibe M10		DIN 125	-
20	6	Stück	M12	Mutter selbstsichernd M12		ISO 10511	-
21	6	Stück	M12	Unterlegscheibe M12		DIN 125	-
<b>Stückliste Fertigung</b>							
22	1	Stück		Fertigungspauschale			450,00 €
<b>Gesamt</b>							<b>932,68 €</b>

Abbildung 6: Stückliste

## 3.1 Mechanische Implementierung

Die technischen Zeichnungen der realisierten Windenhalterung befinden sich im Anhang.

Das Fertigen der WinJee Einzelteile erfolgt teilweise intern im Team und teilweise extern mit Unterstützung durch das Team. Die Entscheidung dazu liefert eine Nutzwertanalyse<sup>3</sup>.

Nach der externen Fertigung des Käfigs (vgl. Abbildung 7) aus den Bauteilen 9 und 10 wird er auf dem gebogenen Grundblech positioniert (siehe Abbildung 8) um anschließen fachgerecht im WIG-Schweißverfahren verschweißt zu werden.



Abbildung 7: extern gefertigter Käfig

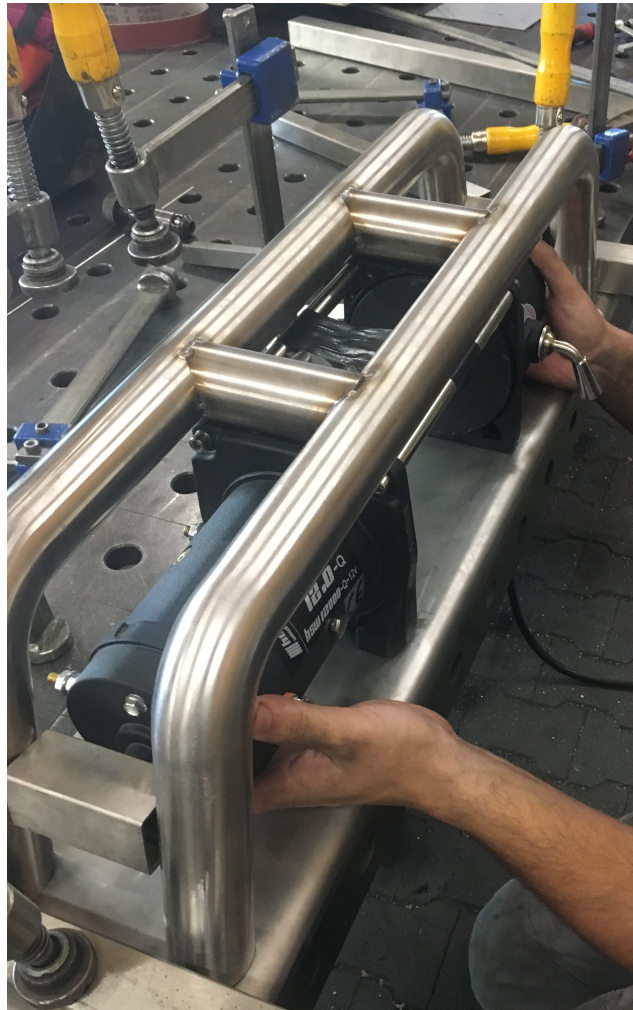


Abbildung 8: Käfig wird vor dem Schweißen auf dem Grundblech positioniert

<sup>3</sup> 20170423\_MOO\_01\_Nutzwertanalyse

Damit es zu keinem Verzug kommt wird die Konstruktion fixiert. Dies ist in Abbildung 9 dargestellt.

Es ist stets darauf zu achten, dass keine Spannungen entstehen, unabhängig ob beim Schweißen oder dem Verschrauben einzelner Teile.

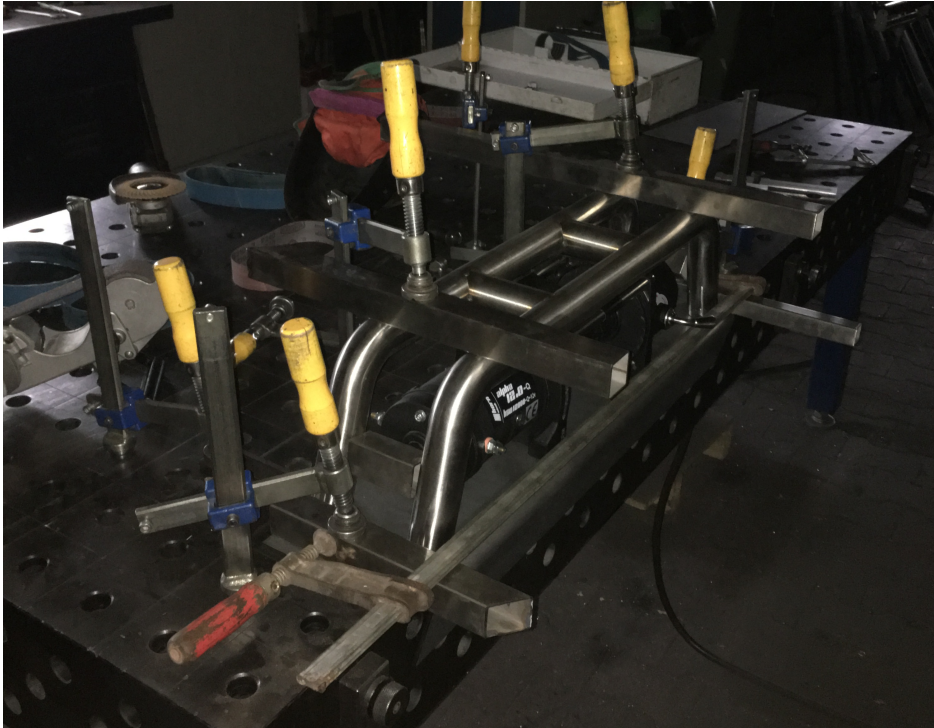


Abbildung 9: Fixierung des Schweißstückes

Anschließend werden das obere sowie die beiden vorderen Verkleidungsbleche mit der Konstruktion verschweißt.

Die Montage am Fahrzeug erfolgt in nachstehender Reihenfolge. Empfehlenswert ist es darauf zu achten, alle Schrauben erst handfest vorzumontieren und wenn die Teile optimal zusammenpassen diese nacheinander verzugsfrei anzuziehen:

1. Verschrauben der T-förmigen Abstandshalter mit den Abstandshaltern am Fahrzeug
2. Verschrauben der Grundplatte mit den Abstandshaltern
3. Verschrauben der Grundplatte an den Trägern der Abschlepphaken am Fahrzeug
4. Montage der Winde von der unteren offenen Seite
5. Festziehen der Schrauben mit geeignetem Anzugsmoment

Anhand der unten dargestellten Explosionsdarstellung (vgl. Abbildung 10) ist es nachvollziehbar, wie die Windenhalterung im Detail zusammengefügt wird. Die untere Abdeckplatte wird nach der erfolgreichen Freigabe eines Change Requests nicht montiert um ein Ablaufen des Wassers nach Wasserdurchfahrten zu gewährleisten. Eine erhöhte Schmutzbelastung hierdurch hat der Test unter realen Einsatzbedingungen nicht gezeigt.

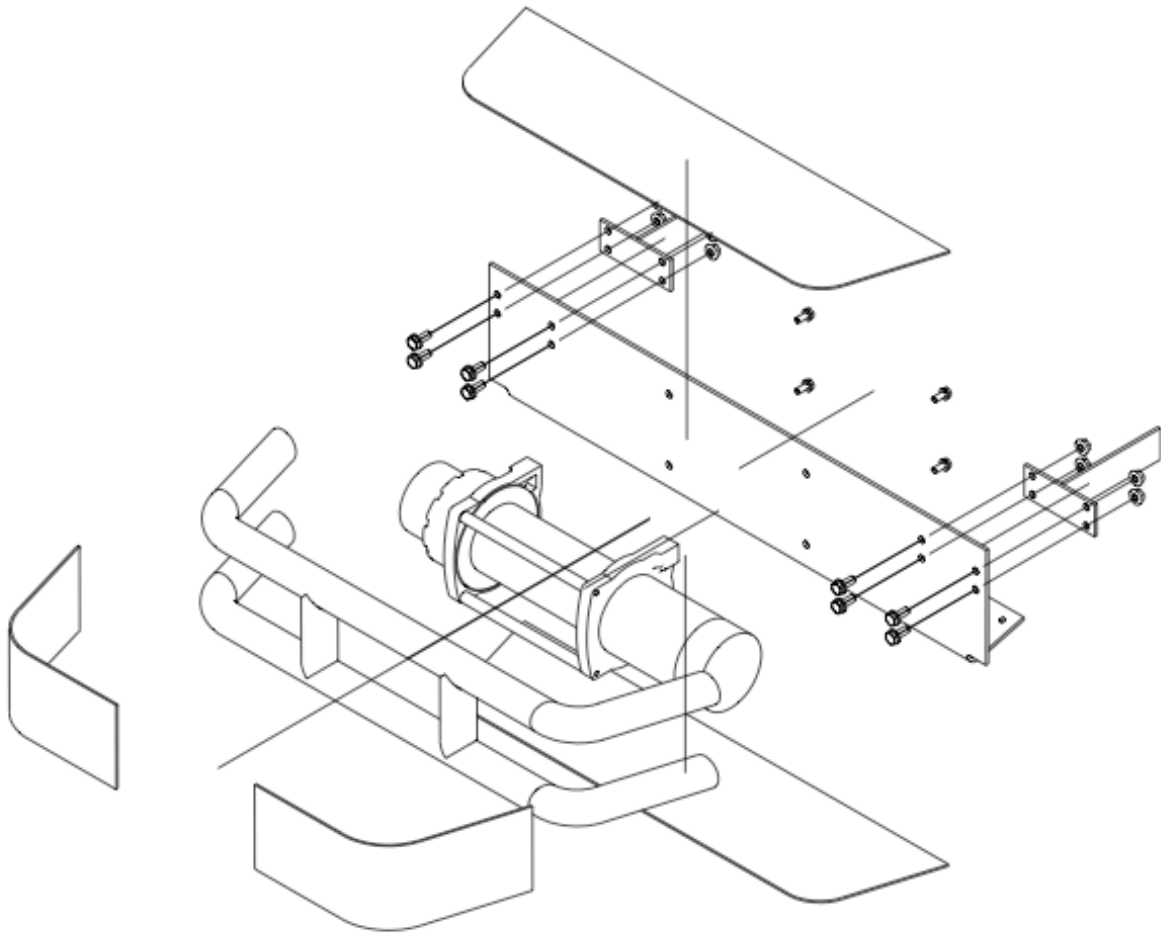


Abbildung 10: Explosionszeichnung WinJee Halterung

Zuletzt wird nach erfolgreicher Montage noch die Stoßstange ausgespart und an die Windenhalterung angepasst.

## 3.2 Elektrische Implementierung

Die Elektrische Implementierung erfolgt nach dem in Abbildung 2 dargestellten Schaltplan unter Berücksichtigung von Hitzequellen und Scheuerstellen die den Leitungen schaden können an einer geeigneten Stelle im Fahrzeug.

## 4. Test

Im letzten Schritt erfolgt der Test des Windensystems unter geeigneten Bedingungen. Die unter 1.1 aufgelisteten Anforderungen sind mit Bezug auf das angefertigte Testprotokoll (6) als Bestanden anzusehen.

Die untenstehende Abbildung 11 zeigt das Windensystem am Fahrzeug:



Abbildung 11: Windensystem am Fahrzeug

Zusammenfassung der Eckdaten:


- Einsatzbereit in 32 Sekunden
- Gewicht Windensystem 49,3 kg ohne untere Abdeckung
- Sicherheitsfaktoren der Konstruktion  $>1$
- Verringerung des Böschungswinkels um  $6^\circ$
- Kabeldurchmesser für Ströme bis 478,8A ausgelegt
- Verlängerung der Fahrzeuglänge um 145mm

## 5. TÜV Gutachten

Nach erfolgreicher Realisierung in Verbindung mit enger Zusammenarbeit mit dem ortsansässigen TÜV erhält das Windensystem das Gutachten zur Erlangung der Betriebserlaubnis:

• TÜV SÜD • Mehr Sicherheit. Mehr Wert.

TÜV SÜD Auto Service GmbH  
Unterhaching  
Grünwalder Weg 38, 82008 Unterhaching  
Tel.: (0 89) 6 10 02-0 Fax: (0 89) 6 10 02-160  
Prüfamt: Unterhaching



Amtliches Kennzeichen: [REDACTED]  
 Fahrzeughersteller: DAIMLERCHRYSLER (USA)  
 Fahrzeugtyp: GRAND CHEROKEE  
 Fahrzeug-Ident.-Nr.: [REDACTED]

**Gutachten zur Erlangung der Betriebserlaubnis gemäß §21 StVZO (§19(2) StVZO)**  
 mit Nr. [REDACTED] vom 06.07.2017

Daten für Zulassungsbescheinigung (nur gültig mit zugehörigem Untersuchungsbericht)											
B	01.01.1999	2.1	1004	2.2	00000000	L	-	9	-	P.2/P.4	-
J	01		4	0200		18	4670			19	-
E				3	-	20	-			G	-
D.1	GRAND CHEROKEE					12	-	13	-	Q	-
D.2						V.7	-	F.1	2495	F.2	-
						7.1	-	7.2	-	7.3	-
						8.1	-	8.2	-	8.3	-
						U.1	-	U.2	-	U.3	-
D.3						O.1	-	O.2	-	S.1	-
										S.2	-
2	DAIMLERCHRYSLER (USA)					15.1	-				
5	PERSONENKRAFTWAGEN					15.2	-				
	GESCHLOSSEN					15.3	-				
V.9						R	-	11	-	/	-
14	S-ARM EURO 2, G:92/97					K	-				
P.3	BENZIN					6	-	17	-	16	-
10	0001	14.1	0426	P.1	-	24	-				
22	m. Seilwinde vorne alpha 12.0-Q hsw 12000-Q-12V nur i. V.m. Edelstahlverkleidung; zu G:+54kg***										
*zusätzliche Angaben:											
-											


Eine Berichtigung der Fahrzeugpapiere ist unverzüglich erforderlich.

Dieses Gutachten ist nur gültig mit Original-Stempel und -Unterschrift und auf andere Fahrzeuge nicht übertragbar.

**Bescheinigung der/des amtlich anerkannten Sachverständigen für den Kraftfahrzeugverkehr**  
 Es wird bescheinigt, dass die vorstehend aufgeführten Angaben zur Fahrzeugbeschreibung zutreffen und das Fahrzeug den geltenden Vorschriften entspricht.

[REDACTED]

Stempel



Unterschrift der/des amtlich anerkannten Sachverständigen

LANDRATSAMT MÜNCHEN  
 - Kfz.-Zulassungsbehörde -  
 Dreitonischer Ring 1  
 85690 Grasbrunn-München

7.07.17

• TÜV SÜD • Mehr Sicherheit. Mehr Wert.

Seite 1 von 1

TÜV®

Abbildung 12: TÜV Gutachten

## 6. Lessons Learned

Während des Projekts wurde eine Lessons-Learned-Liste geführt, welche fortgehend von allen Teammitgliedern gepflegt und die entsprechenden Einträge einem Feedbackgespräch unterzogen werden. Im Folgenden sind die wichtigsten Themen aufgelistet und kurz erläutert:

### **Ressourcenplanung**

Beim Thema Ressourcen ist das Projektteam vor allem auf das Thema Softwarekompatibilität gestoßen. Zu Beginn des Projektes wurde keine einheitliche Software zur Erstellung/Bearbeitung der CAD Implementationen festgelegt. Dies führte zu einem vermeidbaren Mehraufwand. Es empfiehlt sich, zum frühestmöglichen Zeitpunkt einen Pool an zu verwendender Standardsoftware zu definieren.

### **Spezifikationen zugekaufter Teile**

Die verwendete Seilwinde wurde wie bereits erwähnt, von einer externen Quelle bezogen. Bei der Erstellung des Lastenhefts, wurden bei zwei Anforderungen die Spezifikationen des Herstellers nicht in die Verifikation der Anforderung miteinbezogen.

So wurde zunächst der Ablenkwinkel mit 90 Grad angegeben, laut Hersteller ist die Winde allerdings nur bis 45 Grad Ablenkung getestet. Nach Rücksprache mit dem Auftraggeber wurde das Requirement entsprechend angepasst.

### **Stahl vs. Edelstahl**

Bei der Konstruktion gilt es zu entscheiden welches Material man für die Konstruktion verwendet. Bei einer ersten Besprechung mit einem Schweißexperten zeigt sich, dass die von uns gewählte Edelstahlkonstruktion hinsichtlich der Fertigbarkeit einige Nachteile mit sich bringt. Dies zeigt sich vor allem durch eine aufwändigere Stabilisierung und Ausrichtung der Komponenten vor dem Schweißen. Der Grund hierfür liegt darin, dass sich Edelstahl, im Vergleich zu normalem Stahl, beim Schweißvorgang deutlich stärker verformt. Nach nochmaliger Abwägung ist die Entscheidung dennoch für die Variante aus V2A Edelstahl gefallen. (Stahl: günstiger, leichter bearbeitbar<->Kosten für Verzinkung und Lackierung, Festigkeit ; Edelstahl: Festigkeit, keine Nachbearbeitung<-> teurer, schwerer bearbeitbar)

## Kommunikation

Es wurde eine Vielzahl an Templates bereits zu Projektbeginn erstellt, diese hat Kommunikation teilweise vereinfacht (z.B. Minutes of Meetings). Ein Standardkommunikationsweg wurde jedoch nicht festgelegt, was ebenfalls zu einem vermeidbaren Mehraufwand geführt hat. Die Verwendung von möglichst wenigen Kommunikationswegen vermindert diesen Mehraufwand.

Als hilfreich zeigten sich regelmäßige Absprachen des gesamten Teams, die durch verschiedene Motivatoren zusätzlich an Produktivität gewannen. Durch den Versand der entsprechenden Unterlagen vor und nach einem Meilensteintreffen, wurde den Teammitgliedern und dem Lenkungskreis ein aktueller Stand des Projekts gegeben und eine regelmäßige Möglichkeit für Rückfragen und Feedbackschleifen geschaffen.

## 7. Anhang

- Technische Zeichnung Abstandhalter
- Technische Zeichnung Frontbügel Stahlrohr
- Technische Zeichnung Frontbügel Seilfenster
- Technische Zeichnung Grundblech Winde
- Technische Zeichnung Abdeckblech oben/unten
- Technische Zeichnung Abdeckblech Seiten













## 8. Quellen

- |   |                            |   |
|---|----------------------------|---|
| 1 | Realisierungsmöglichkeiten | 20170329_MOG_02_Realisierungsmoeglichkeiten                     |
| 2 | Mindmap, FEMA              | 20170326_NSE_02_Studie_Realisierungsmoeglichkeiten_Präsentation |
| 3 | Benchmarking               | 20170402_FBM_02_Studie_Benchmarking                             |
| 4 | Fotos                      | private Aufnahmen   |
| 5 | Nutzwertanalyse            | 20170423_MOO_01_Nutzwertanalyse                                 |
| 6 | Testprotokoll              | Testprotokoll   |