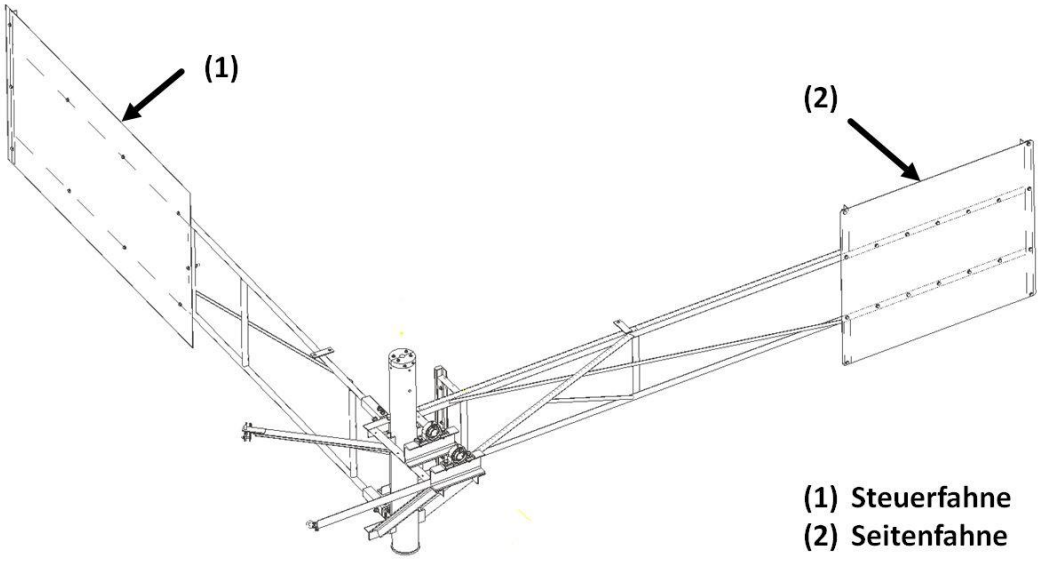
4.1.3 Steuereinheit

Aufgabe von Steuer- und Seinfahne

Die beiden Fahnen der KUKATE34 dienen der Steuerung der Anlage. Sie sorgen dafür, dass die Anlage optimal im Wind steht und bei Sturm aus dem Wind gedreht wird.

Seitenfahne

Die Seitenfahne ist fest mit der Gondel verbunden und dreht sich mit ihr. Ihr Fahnenarm (2) endet an der äußeren Kante der Seitenfahnenfläche. Diese Fläche besteht aus einem 1m² großen Blech. Von vorne – gegen den Rotor geblickt – muss diese Fläche vollständig gesehen werden, damit der Wind ganz auf sie wirken kann.



Steuereinheit gesamt

Steuerfahne

Die Steuerfahne ist beweglich gelagert. Die Steuerfahne (1) ist 1m x 2m groß und steht in einem Winkel von 45° zur Windrichtung. Auch sie muss von vorne gesehen im Normalbetrieb - nach hinten unter 45Grad abgewinkelt - komplett zu sehen sein.

Funktionsweise

Die durch das Regelgewicht bestehende Seilspannung hält im Normalbetrieb einen Winkel von 135Grad zwischen den beiden Fahnenflächen. Die Gewichtskraft des Regelgewichtes bestimmt, ab welcher Windgeschwindigkeit der Rotor aus der frontalen Windrichtung gedreht wird. Ist das erzeugte Drehmoment aus Windkraft auf der Steuerfahnenfläche und wirksamer Regelarmlänge (Hebelarm) durch den Winddruck größer als das Gewicht, schwenken die Fahnen aufeinander zu.

Je größer der Winddruck ist, desto kleiner ist der Winkel zwischen den Fahnenflächen. Bei nachlassendem Druck schwenken sie wieder zurück, bis der Rotor wieder senkrecht zum Wind steht und normal arbeitet. Das Gegengewicht kann durch Steine in einem Eimer erzeugt werden. Seine Masse muss bei der Inbetriebnahme durch Versuche ermittelt werden. In der Sturmstellung sind die beiden Fahnen sehr nah beieinander. Der Winkelzwischen ihnen wird durch einen Anschlag begrenzt. Der Bewegungsraum der Steuerfahne wird durch Stahlseile begrenzt. Ein mechanischer Federdämpfer im Seil, dass den 135Grad-Winkel bestimmt, schützt von starken Stößen, wenn der Fahnenwinkel nach einer Regelung wieder die 135Grad erreicht.

Sichere Regelung

Auf diese Weise dreht der Rotor der bei stärker werdendem Wind vollautomatisch mehr oder weniger aus dem Wind und wird im Sturm nur noch unter einem Winkel von ca. 25Grad angeblasen. Dann ist die laminare Strömung an den Rotorblättern schon lange abgerissen und die KUKATE34 wird so vor einer zu großen Belastung geschützt.

Sollte das Regelseil reißen, schwenken die Fahnen automatisch in die schützende Sturmstellung. Das ist eine automatische Sicherung.

4.1.3.1 Steuerfahne

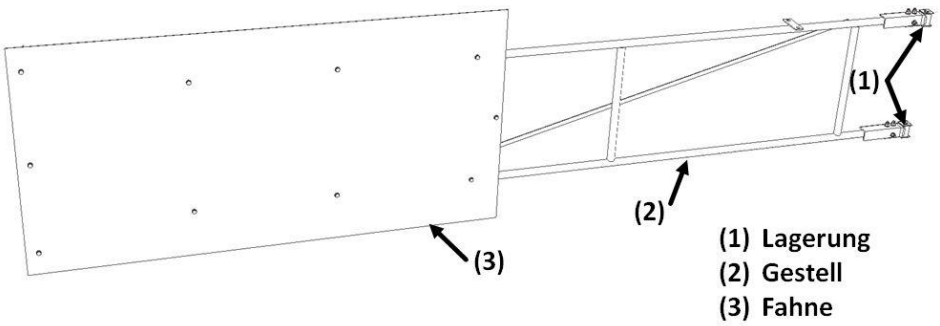
3.1.

Beschreibung der Steuerfahne

Die Steuerfahne besteht aus einem Gestell (dem Fahnenarm), einer Fahne und Scharnieren. Die Abbildung zeigt den Gesamtaufbau der Steuerfahne.

Das Gestell der Steuerfahne ist 3,6m lang. Die äußeren Streben, sowie die Querstreben bestehen aus Rohren. Die Querstrebe am Fahnenende besteht aus einem L-Profil. Damit ist eine bessere Verbindung zwischen Gestell und Fahne gewährleistet.

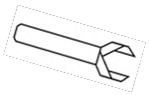
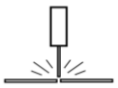
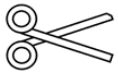
Die Fahne besteht aus einem 1,5mm dickem Stahlblech oder aus 2mm dicken Aluminiumblech. Die Bleche der Fahnen sind aus aerodynamischen Gründen und zur Erhöhung der Festigkeit an den Seitenkanten um 90Grad geknickt. Blech und Fahnengestell sind mit verschraubt.



Steuerfahne gesamt

Die Steuerfahne der KUKATE34 ist mit zwei Gleitlager-Scharnieren an der Gondel befestigt. Die Scharniere bestehen aus zwei Gleitlagerbuchsen und zwei Messing- oder Bronze Drucklagern, die die Gewichtskraft aufnehmen. Die Lagerung der Scharniere unterliegen dem gleichen Prinzip wie der Mast-Gondelverbindung aus dem Kapitel 4.1.1.2.

Werkzeuge

						
	9;11;13;22	SW 13; 16; 18; 30		90°		Metall

Material

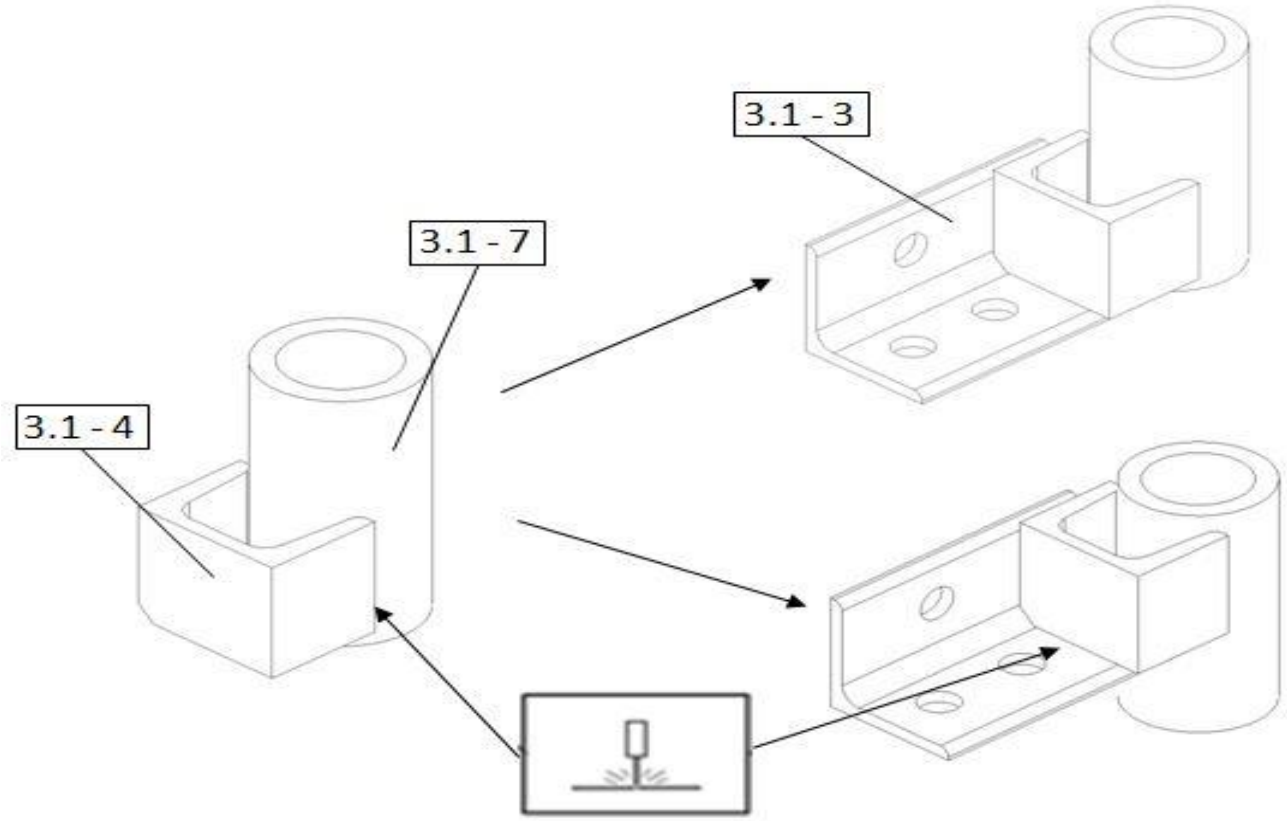
Stückliste 3.1 Steuerfahne

Pos		Rohmaterial	Bezeichnung	Norm	Maße	Menge	Material
3.1	**-1**	**R - 28**	L-Profil	DIN EN 10056-1	40x40x4x985mm	1	S235
	-2	**R - 22**	L-Profil	DIN EN 10056-1	50x50x5x200mm	2	S235
	-3	**R - 22**	L-Profil	DIN EN 10056-1	50x50x5x100mm	2	S235
	-4	**R - 21**	U-Profil	EN 1026	U50x45mm	2	S235
	-5	**R - 30**	Rohr	DIN 2448	42,4x3,6x3900mm	2	S235
	-6	**R - 30**	Rohr	DIN 2448	42,4x3,6x586mm	3	S235
	-7		Rohr	DIN 2448	48,3x7,1x60mm	2	S235
	-8		Rohr	EN 12449	28x3,1x60mm	2	Messing
	-9		Rohr	EN 12449	21x2,5x60mm	2	Messing
	-10	**R - 29**	Flach	DIN EN 10058	20x3x2300mm	1	S235
	-11	**R - 31**	Blech (ALTERNATIV)	EN 10051	2000x1000x1,5mm	1	S235
	-11		Blech (1.Wahl)	EN AW 5005	2000x1000x2mm	1	Aluminium
	-12		Sechskantschraube	DIN ISO 4017	M10x35-8.8	6	
	-13		Sechskantschraube	DIN ISO 4017	M10x65-8.8	3	
	-14		Sechskantmutter, Klemmteil	DIN EN ISO 7040	M10-8.8	9	
	-15		Unterlegscheibe	ISO 7089	10	15	
	-16		Sechskantschraube	DIN ISO 4017	M12x35-8.8	6	
	-17		Sechskantmutter, Klemmteil	DIN EN ISO 7040	M12-8.8	6	
	-18		Unterlegscheibe	ISO 7089	M12	12	
	-19		Unterlegscheibe	ISO 7089	20	4	
	-20		Blindniet	DIN 7337	4x6mm	16	
	-21		Blindniet	DIN 7337	4x8mm	16	
	-22		Sechskantschraube	DIN EN ISO 4014	M20x140-8.8	2	
	-23		Sechskantmutter, Klemmteil	DIN EN ISO 7040	M20-8.8	2	
	-24		Blech	EN 1652	50x50x3mm	4	Messing
	-25		Sechskantschraube	DIN ISO 4017	M8x25-8.8	2	
	-26		Sechskantschraube	DIN ISO 4017	M8x65-8.8	1	
	-27		Mutter, Klemmteil	DIN EN ISO 7040	M8-8.8	3	
	-28		Unterlegscheibe	ISO 7089	8	5	
	-29	**R - 29**	Flach	DIN EN 10058	20x3x1420mm	1	S235
	-30		Umlenkrolle an Seil angepasst			2	
	-31		Schäkel, geschweift	verzinkt		2	
	-32		Wirbelschäkel	verzinkt		1	
	-33		Seil (flexibel) (Förderseil)		10m	1	
	-34		Öse/Kauschen	DIN 6899		6	
	-35		Eimer			1	
	-36		Ruckdämpfer			1	
	-37	**R - 29**	Flach	DIN EN 10058	20x3x120mm	1	S235
	-38	**R - 29**	Flach	DIN EN 10058	20x3x50mm	2	S235

Konstruktion

Gelenke / Scharniere der Steuerfahne fertigen

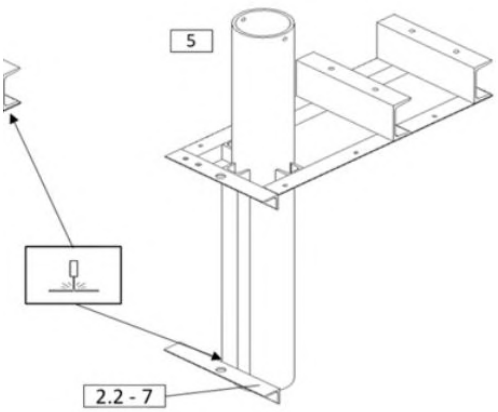
1. Nachdem alle Bauteile auf Maß gebracht sind, ist das Rohr [3.1-7] mit dem U-Profil [3.1-4] innerhalb des U-Profils und außerhalb des U-Profils verschweißt. Da die Steuerfahne zweifach gelagert ist, ist die Konstruktion dementsprechend zweimal zu fertigen.

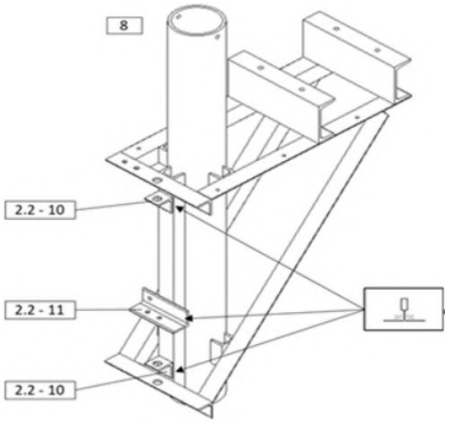


Im Anschluss ist das L-Profil [3.1-3] zu bohren und an das U-Profil zu schweißen. Es muss darauf geachtet werden, dass der Montageabstand zwischen den Scharnieren genau eingehalten wird. Nur so tragen beide Drucklager das Gewicht der Steuerfahne gleichmäßig!

Die Lagerbuchsen werden jeweils 100mm lang gefertigt. Dementsprechend müssen die beiden Winkel an der Gondel an die dort verschweißten Winkel [2.2.7 und 2.2.10, Abbildung im 3.Schritt Gondelgestellkonstuktion 2.2] angepasst werden auf denen die Lager liegen. Der Zwischenabstand sollte mindestens 110mm sein. Die 10mm mehr als 100mm Buchsenlänge braucht man für die Drucklagerplatten oder Drucklagerringe aus Messing oder Bronze. Bronze ist ein besserer Lagerwerkstoff als Messing.

Abbildungen aus der Gondelgestellkonstruktion

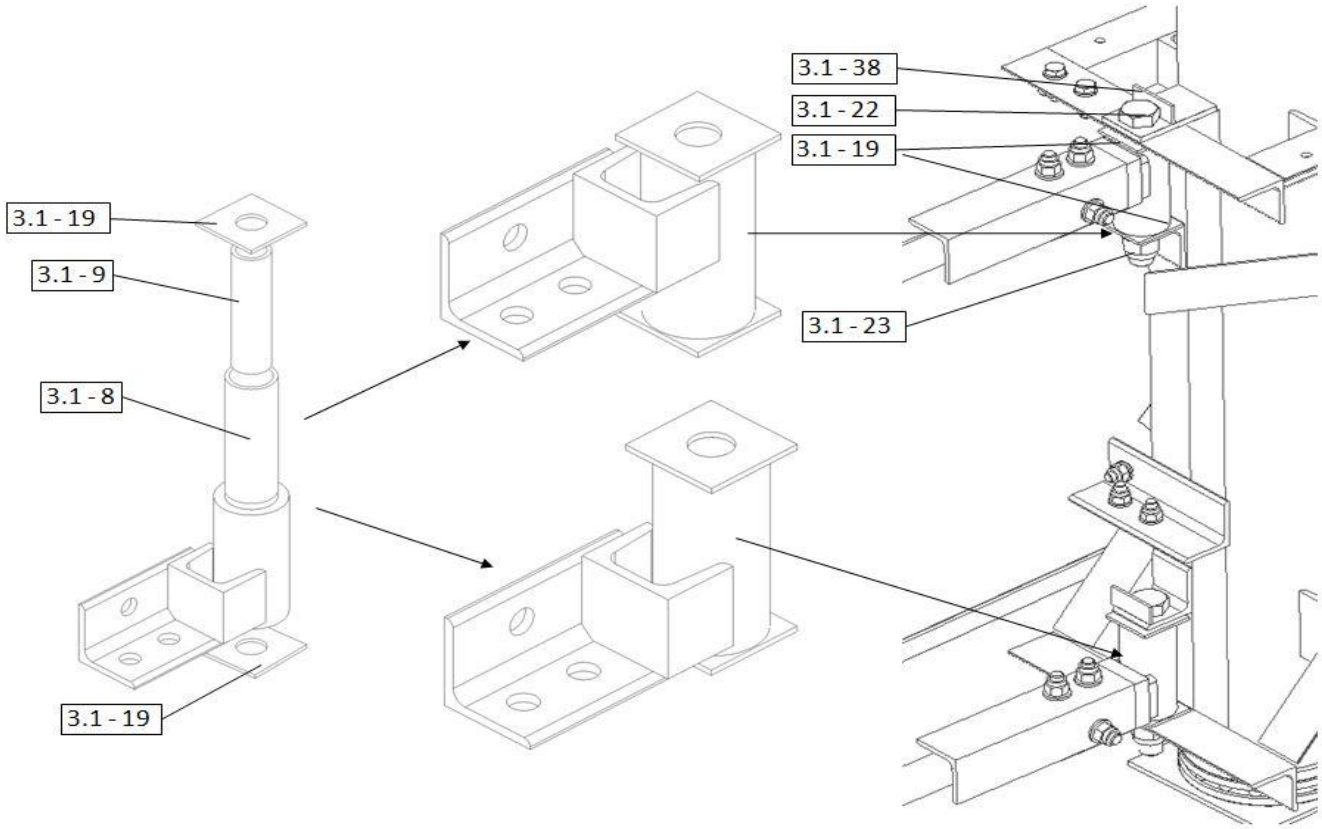




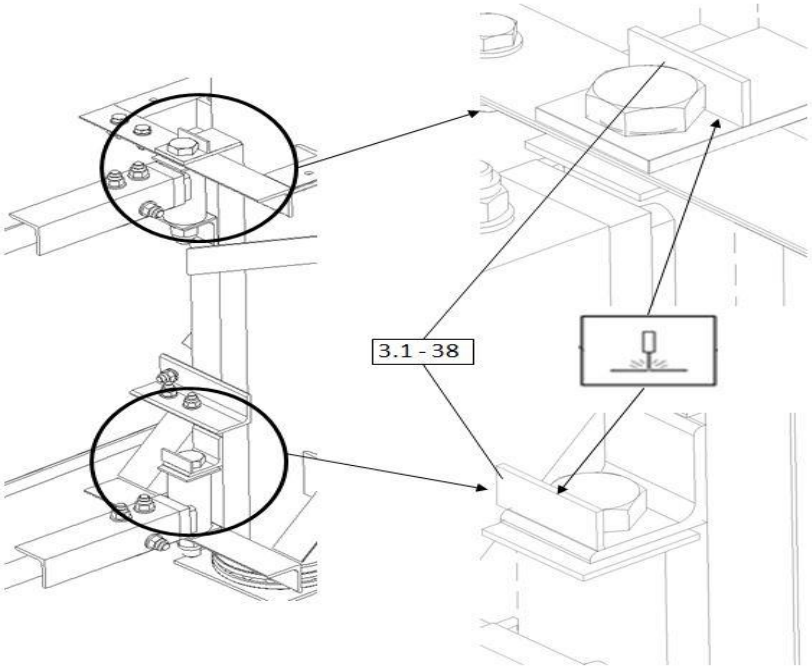
Lager einsetzen und die Hülsen verkleben

2. Danach sind die Messinglager einzusetzen. Dabei sind die beiden Messingrohre [3.1-8] und [3.1-9] in das Rohr [3.1-7] zu stecken und dort zu verkleben.

Nun werden beide Lager mit dem Gondelgestell [2.2] verbunden und die Scharnierschrauben gegen Verdrehen gesichert. Der Anbau erfolgt mit M20 [3.1-22] Schrauben. Beim Einbau werden die Messingplatten [3.1-19] zur Verbesserung der Lagerung eingesetzt. Die Schrauben [3.1-22] werden mit einem Flacheisen [3.1-38] so fixiert, dass ein Verdrehen nicht möglich ist, die Schraube aber noch nach oben entnommen werden kann.



2



Die Scharnierschraube darf sich nicht in den Winkeln [2.2.-7 und 2.2.-10] des Gondelgestells drehen. Die Bohrungen in den Winkeln würden sich durch die Reibung vergrößern und die Fahne würde abstürzen.

Mögliche Positionierung der Flacheisen [3.1-38] zur Schraubensicherung in der Abbildung

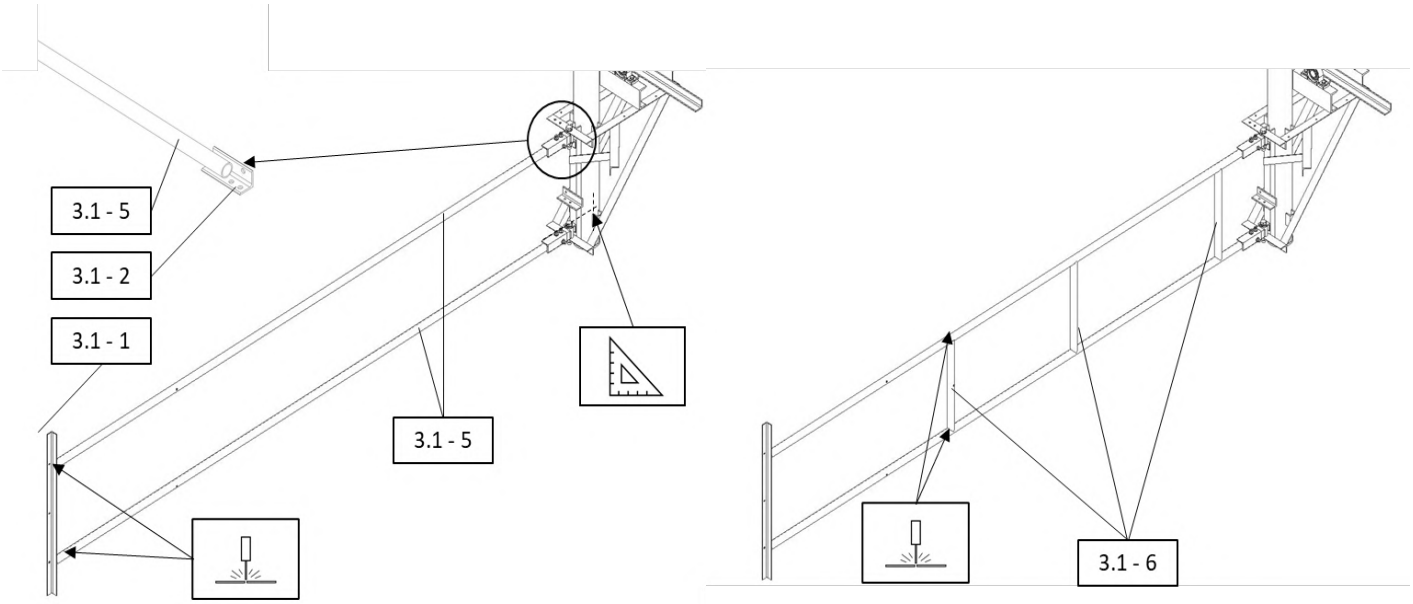
Steuerfahnenarme Teile bohren, verschrauben und ausrichten

3. Als nächstes sind die Rohre [3.1-5] an die Lagerung anzupassen. Dazu werden zuerst die L-Profile [3.1-2] gebohrt und perfekt ausgerichtet an die Rohre geschweißt. Dabei ist darauf zu achten, dass die Bohrungen frei liegen und genug Platz zum Verschrauben bleibt. Danach werden beide Rohre [3.1-5] an die L-Profile [3.1-3] der Lagerung geschraubt und ausgerichtet.

Um Spannungen im Betrieb zu verhindern, sind die Rohre im rechten Winkel zur Gondel auszurichten. Im Anschluss wird das L-Profil [3.1-1] am Ende der beiden Rohre rechtwinkelig punktweise angeschweißt. Nun sollte noch einmal überprüft werden, ob die Konstruktion rechtwinkelig ist.

Querstreben positionieren, ausrichten und schweißen

Ebenso ist die Leichtgängigkeit der Lagerung zu überprüfen, in dem die Rohre hin- und her geschwenkt werden. Die als Querstreben dienenden Rohre [3.1-6] sind ebenfalls punktweise einzuschweißen. Danach wird die Schraubenverbindung zwischen den beiden L-Profilen [3.1-2] und [3.1-3] gelöst. Das Gestell wird auf der Werkbank diagonal mit kurzen Schweißintervallen fertig geschweißt.



Steuerfahnenblech kanten

4. Das Blech [3.1-11] aus Stahl oder Aluminium wird zunächst an den äußeren beiden Enden 20mm um 90Grad gekantet.

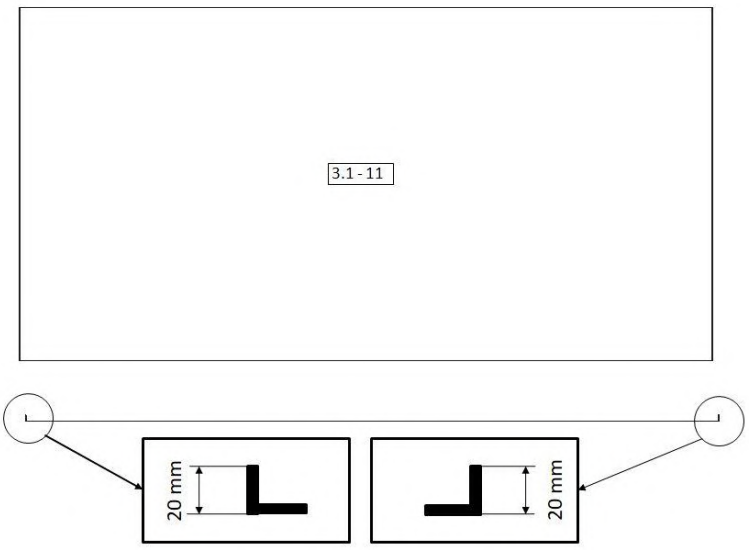
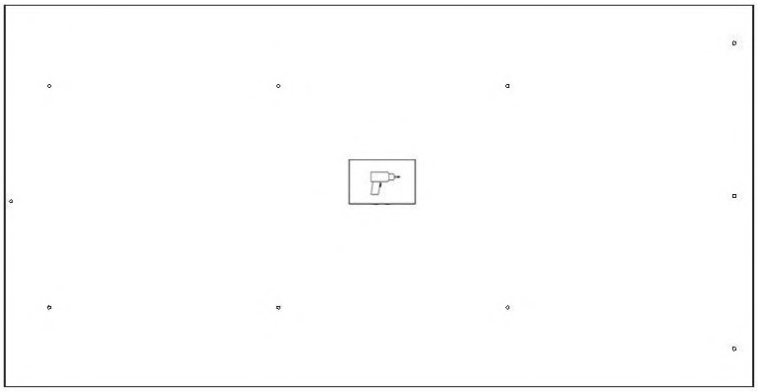


Abb. Kanten des Steuerfahnenbleches

Anreißen und bohren des Bleches



5. Nachdem das Blech gekantet wurde, müssen die Löcher gebohrt werden.

Abbildung Steuerfahnenblech Bohren

Bohren der Fahnenarmrohre

5. Nachdem das Blech gebohrt wurde kann es auf das Gestell geschraubt werden. Hierfür wird das Blech als Schablone auf das Gestell gelegt werden und die Löcher für die Fahne können ins Gestell gebohrt werden.

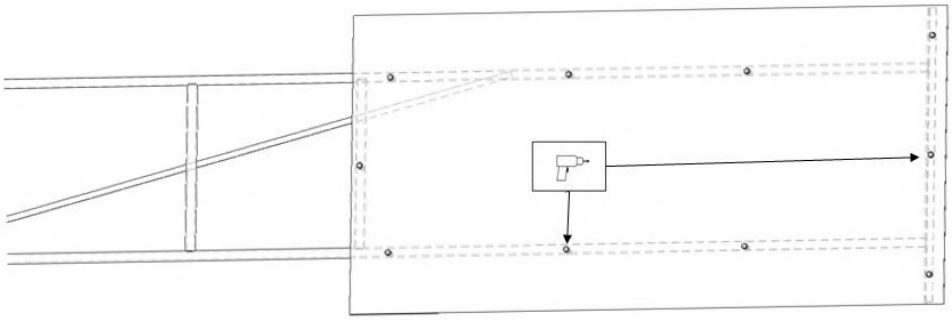


Abbildung Bohren der Löcher ins Steuerfahnengestell

Verschrauben des Steuerfahnenbleches mit dem Arm

6. Nachdem die Löcher gebohrt sind, kann das Gestell mit dem Steuerfahnenblech verschraubt werden. Hierfür werden kurze Schrauben [3.1 - 12] am L-Profil verwendet und am Rohr die längeren Schrauben [3.1 -13].

Um die Korrosion zu verringern, kann man vor dem Verschrauben Silicon-Stränge auf die Berührungslinien

- zwischen Blech und Rohr und
- zwischen Winkel und Fläche anbringen.

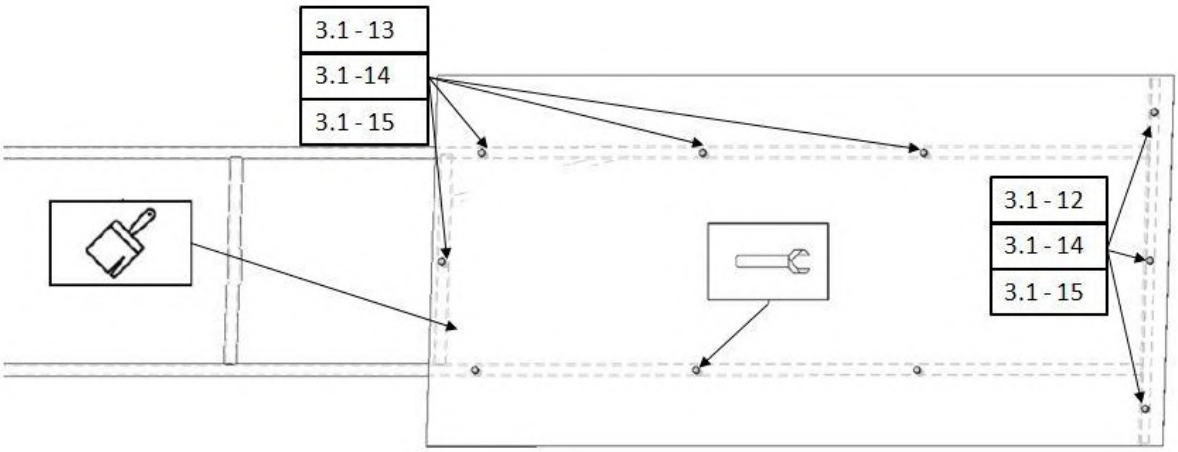


Abbildung Verschrauben des Steuerfahnenbleches mit dem Gestell

7. Im letzten Schritt ist die Diagonalstrebe [3.1-10] an das Gestell zu schweißen. Dabei muss darauf geachtet werden, dass diese von der oberen Gondelhalterung zur Fahne nach unten verläuft.

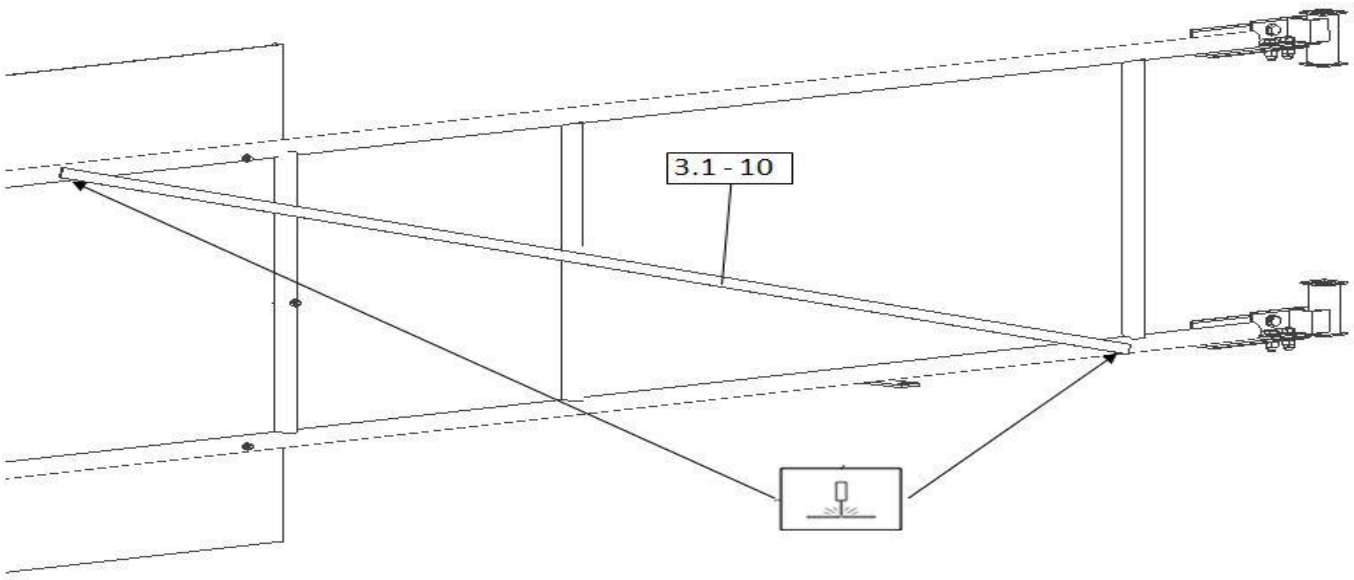


Abbildung Verschweißen der Versteifung

Diese Abbildung zeigt die Steuerfahne von der hinteren Seite. Montiert wird sie um 180Grad gedreht.
Nach der Montage des Bleches muss die gesamte Steuerfahne lackiert werden.

4.1.3.2. Seitenfahne

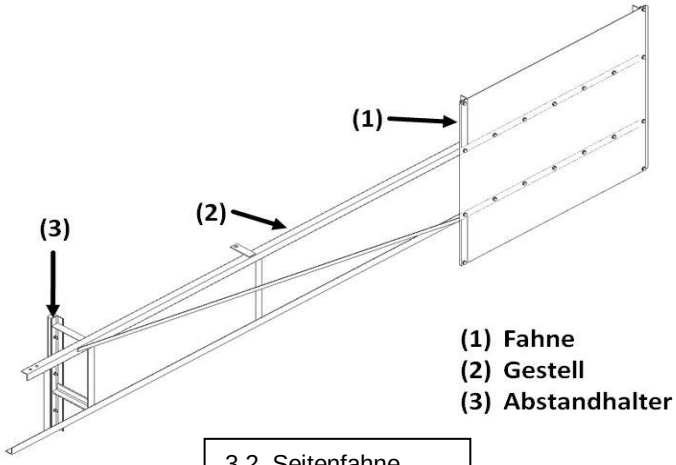
3.2.

Beschreibung der Steuerung

Die Seitenfahne der KUKATE34 ist ein Bestandteil der mechanischen Sicherung. Diese Sicherung dient zum Schutz des Rotors bei starken Windgeschwindigkeiten oder Stürmen.

Bei hohen Windgeschwindigkeiten ist die Kraft ihres Drehmomentes größer als die Gewichtskraft, die die Steuerfahne in ihrer Grundposition hält.

Das Gewicht wird angehoben und die – Steuerfahne bewegt sich auf die Seitenfahne zu.



3.2. Seitenfahne

Dabei wird die Gondel mit dem Rotor aus dem Wind gedreht. Der Rotor wir seitlich vom Wind angeströmt. Die Rotorleistung sinkt.

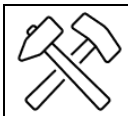
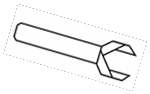
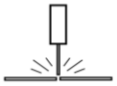
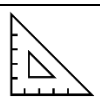
Die Seitenfahne schwenkt auf die Steuerfahne zu. Der Abstandhalter (3) in einer bestimmten Position gehalten. Seitenfahne, Steuerfahne und die Rotorfläche liegen in dieser Stellung (Sturmstellung) fast parallel in der Windrichtung. Der Rotor wird sehr schräg angeströmt und hat so wenig Widerstand.

Sobald die Windkraft auf die Fahnenflächen nachlässt, schwenkt sich die Seitenfahne - gezogen durch das Regelgewicht - in die Ausgangsposition. Der Rotor wird wieder frontal vom Wind angeströmt. Der Betrieb der Pumpe wird wiederaufgenommen. Die Größe des Gegengewichts ist ausschlaggebend dafür, bei welcher Windgeschwindigkeit die Seitenfahne den Rotor aus dem Wind schwenkt.

Die Seitenfahnenfläche (1) muss seitlich neben dem Rotor installiert sein. Auf diese Weise wird die Seitenfahnenfläche vom Wind komplett angeströmt. Die Funktionsfähigkeit der mechanischen Steuerung ist damit gewährleistet. Das Gestell der Seitenfahne positioniert die Fahnenfläche neben den Rotor. Von vorne gesehen.

Im normalen Betrieb ist die Fahne der frontalen Windströmung ausgerichtet. Das durch ihren Strömungswiderstand entstehende Drehmoment wird durch das Drehmoment der komplett ausgeschwenkten Steuerfahnenfläche kompensiert.

Werkzeuge

						
	9;11	SW 13; 16		90°		Metall

Material

Stückliste 3.2 Seitenfahne

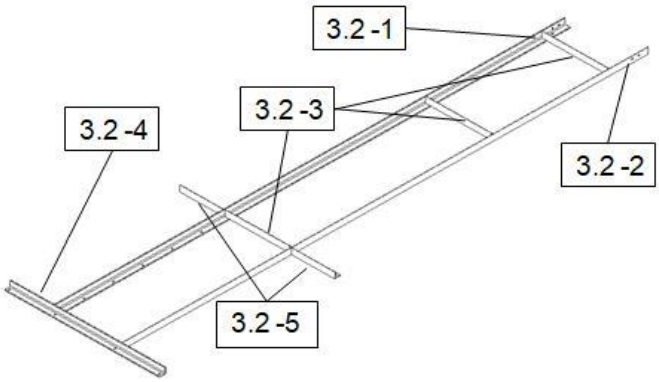
Pos		Rohmaterial	Bezeichnung	Norm	Maße	Menge	Material
3.2	**-1**	**R - 28**	L-Profil	DIN EN 10056-1	40x40x4x3300mm	1	**3.2**
	-2	**R - 28**	L-Profil	DIN EN 10056-1	40x40x4x3400mm	1	
	-3	**R - 28**	L-Profil	DIN EN 10056-1	40x40x4x424mm	3	
	-4	**R - 28**	L-Profil	DIN EN 10056-1	40x40x4x1000mm	1	
	-5	**R - 28**	L-Profil	DIN EN 10056-1	40x40x4x280mm	2	
	-6	**R - 28**	L-Profil	DIN EN 10056-1	40x40x4x207mm	2	
	-7	**R - 28**	L-Profil	DIN EN 10056-1	40x40x4x685mm	1	
	-8	**R - 28**	L-Profil	DIN EN 10056-1	40x40x4x1450mm	1	
	-9	**R - 29**	Flach	DIN EN 10058	20x3x1920mm	1	
	-10	**R - 31**	Blech (*Stahl /2mm Aluminium*)	EN 10051	1x1000x1000mm	1	
	-11		Sechskantschraube	DIN ISO 4017	M10x20-8.8	14	
	-12		Sechskantschraube	DIN ISO 4017	M10x30-8.8	8	
	-13		Sechskantmutter, Klemmteil	ISO 7040	M10-8.8	22	
	-14		Unterlegscheibe	ISO 7089	M10	44	
	-15		Sechskantschraube	DIN ISO 4017	M8x30-8.8	1	
	-16		Sechskantmutter, Klemmteil	ISO 7040	M8-8.8	4	
	-17		Unterlegscheibe	ISO 7089	8	8	
	-18	**R - 28**	L-Profil	DIN EN 10056-1	40x40x4x685mm	1	
	-19	**R - 28**	L-Profil	DIN EN 10056-1	40x40x4x220mm	2	
	-20		Holzbalken		ca. 30x40x685	1	
	-21		Sechskantschraube	DIN ISO 4017	M8x50-8.8	3	
	-22	**R - 29**	Flach	EN 10278	20x3x120mm	1	
	-23		Flach	EN 19278	20x3x850mm		

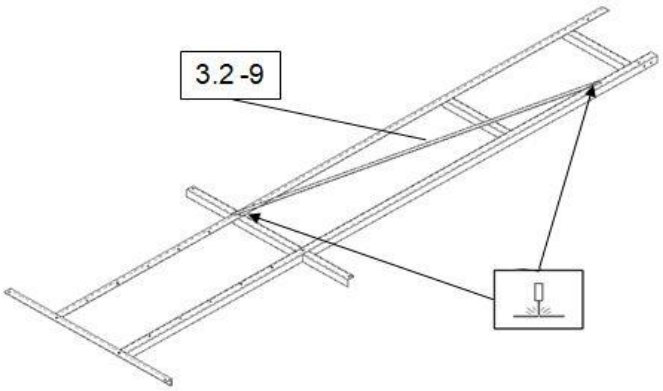
Konstruktion

Bau des Seitenfahnenarmes

1. Zuerst werden alle Bauteile gesägt und gebohrt. Dann sind die Längsstreben [3.2-1, 3.2-2] parallel auszurichten und die Querstreben [3.2-3] einzusetzen. Ebenso ist darauf zu achten, dass die längere Längsstrebe [3.2-2] an der unteren Gondelhalterung montiert wird.

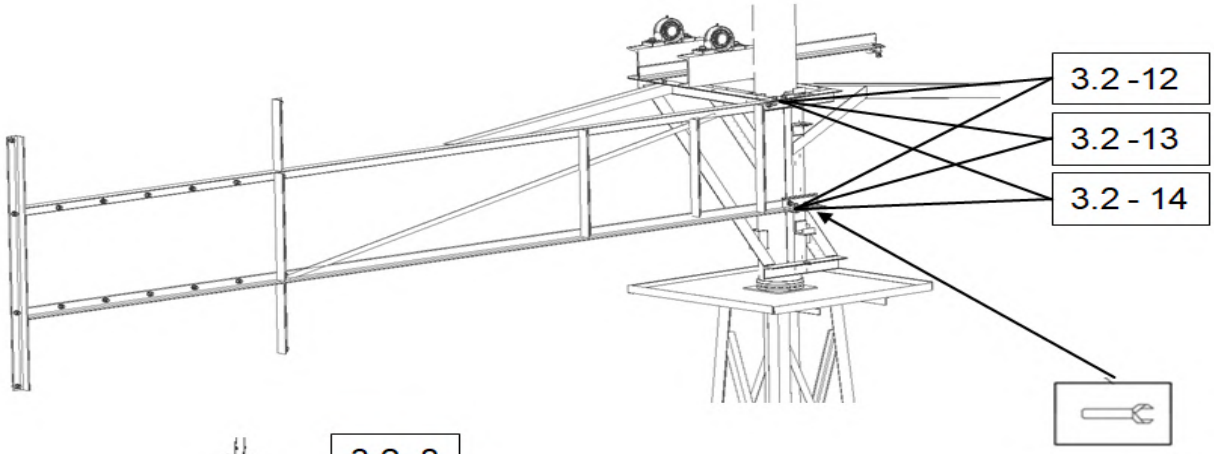
Jetzt werden die einzelnen Streben zuerst punktweise und danach fertig geschweißt. Danach ist das Gestell um 180 Grad zu drehen, um die Diagonalstrebe auszulegen und zu verschweißen. Dabei ist zu beachten, dass die Strebe [3.2-9] oben von der Gondel nach unten zur Fahne verläuft (Zugkräfte aufnimmt..

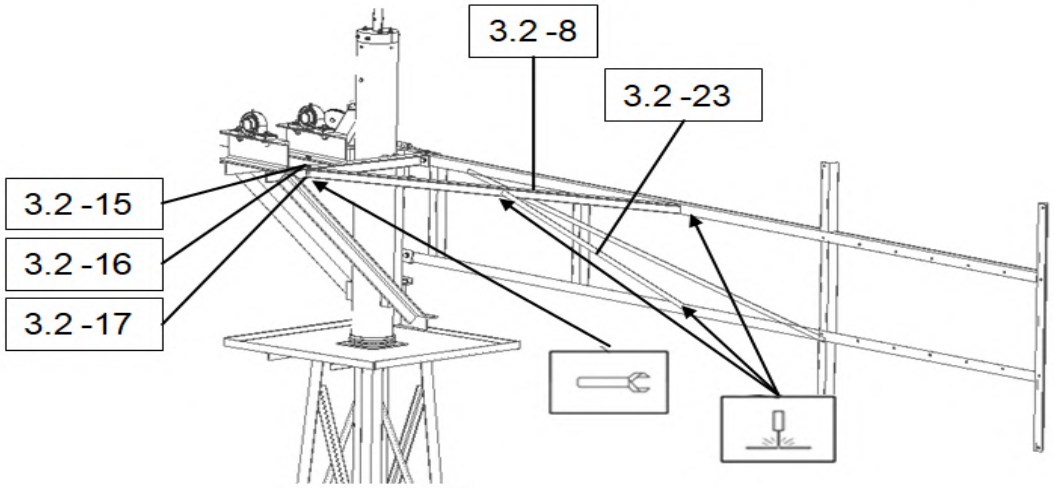




Montage und Anpassen der Diagonalstreben zwischen Gondel und Arm

2. Im nächsten Schritt ist das Gestell an die Gondel [2.2] zu montieren. Ebenso ist das L-Profil [3.2-8] an die Gondel zu schrauben und so auszurichten, dass es mit dem oberem L-Profil [3.2-1] des Fahnengestells verschweißt werden kann.





Das Flacheisen [3.2-23] wird oben auf der halben Länge auf der Strebe [3.2.-8] positioniert. Es wird dort und an seinem unteren Ende an die zweiten Querstrebe [3.2-2] geschweißt.

Nachdem alle Schweißverbindungen fertig sind, ist das Gestell wieder von der Gondel abzunehmen.

Seitenfahnenblech zuschneiden und entgraten

3. Das Blech für die Seitenfahne der KUKATE34 [3.2 – 10] ist ein 1mm dickes Stahlblech oder ein 2mm starkes Aluminiumblech, mit dem Maßen 1m x 1m. Es muss an den scharfen Kanten entgratet und an den Ecken etwas abgerundet werden. Das verringert ein Verletzungsrisiko.

Bohren und montieren

4. Zum Bohren des Bleches und des Gestelles wird das Gestell auf das Blech gelegt und ausgerichtet. Die Löcher werden dann durch das Gestell ins Blech gebohrt. Danach können die Schrauben eingesetzt und festgezogen werden. Bei dem vorderen mittleren L-Profil müssen M10x30 Schrauben [3.2 – 12] verwendet werden. Der Rest wird mit M10 x20 Schrauben [3.2 – 11] festgezogen.

Um die Korrosion zu verringern, kann man vor dem Verschrauben Silicon-Stränge auf die Berührungslinien zwischen Winkel und Fläche und um die Schraubenlöcher anbringen.

Das Blech wird nach der Montage lackiert, um es gegen Korrosion zu schützen.

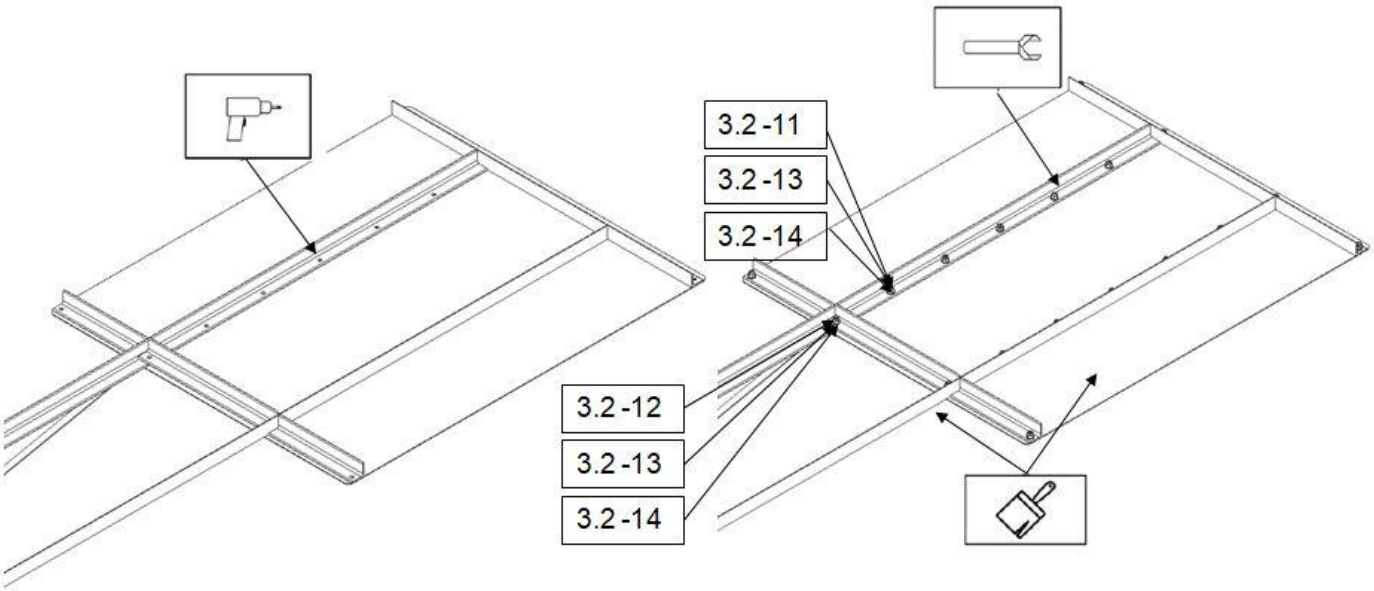


Abbildung Montage des Seitenfahnenbleches an dem Gestell

Abstandhalter fertigen

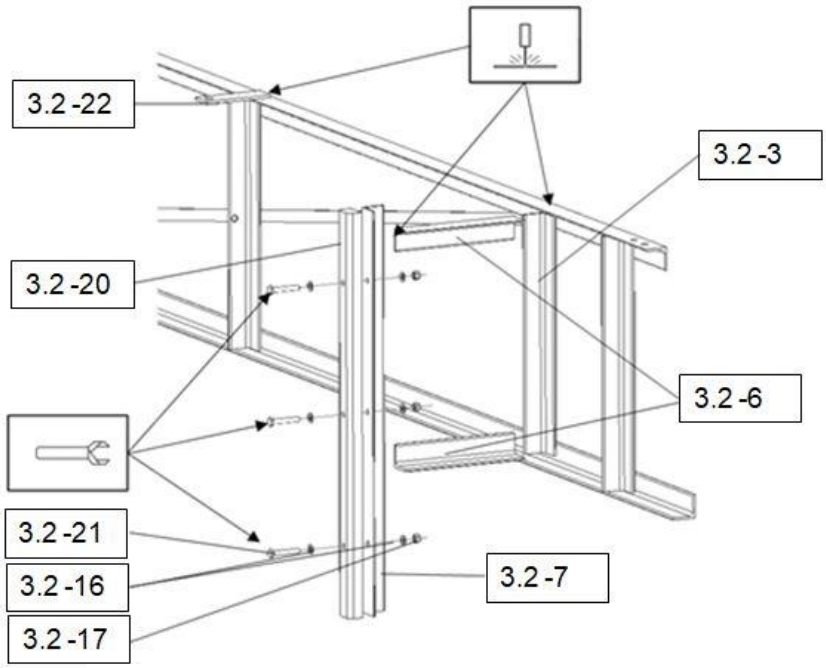


Abbildung: Anbringen des Abstandshalters

5. Im letzten Schritt ist der Abstandhalter (Anschlag) zwischen Steuerfahne und Seitenfahne zu fertigen. Dazu ist das L-Profil [3.2-3] zwischen die Längsstreben der Seitenfahne einzulegen, aufzurichten und punktweise zu schweißen.
Danach sind die L-Profile [3.2-6] im rechten Winkel anzulegen und ebenfalls punktweise anzuschweißen.
Das L-Profil [3.2-7] ist dann an die Querstreben [3.2-6] zu schweißen.
Wichtig ist es, den Anschlag so auszurichten, dass die Steuerfahne beim Anschlagen nicht auf die Schrauben trifft.

Der Arm der Seitenfahne soll in der Sturmstellung auf die komplette Breite des Holzbalkens [3.2-20] treffen. Darum ist das Profil des Holzbalkens für diesen Zweck schräg zu hobeln.

Nach dem Lackieren der Armes und Anschlages wird der Holzbalken [3.2-20] verschraubt.