



## **Lastenheft**

**Entwicklung einer Carbonwickelmaschine für den HTW-Motorsport**

Christian , Felix , Marius

28. Oktober 2016

Version	Datum	Autoren	Änderungsgrund / Bemerkung
0.1	17.10.2016	Felix	Layout, Einleitung, Ausgangssituation
0.2	19.10.2016	Christian	Anforderungen angefangen
0.3	20.10.2016	Felix , Marius , Christian	Anforderungen in tabellenform, Inhalte überarbeitet,

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Ausgangssituation</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Zielstellung</b>	<b>4</b>
3.1	Ziele . . . . .	4
3.2	Arbeitsweise . . . . .	4
3.3	Soll-Workflow . . . . .	5
3.4	Zeitliche Grobplanung . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Funktionale Anforderungen</b>	<b>6</b>
4.1	Konstruktive Anforderungen . . . . .	6
4.2	Software Anforderungen . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Nicht funktionale Anforderungen</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Benutzeroberfläche</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Abnahmekriterien</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Wer hat was gemacht</b>	<b>10</b>

# 1 Einleitung

Das Motorsport-Team der HTW Berlin benötigt für die immer härter werdende Konkurrenz neben dem Know-How auch die notwendigen Mittel, um ein Boliden mit Siegerpotenzial auf die Strecke zu stellen. Dabei spielt das Gewicht eine ganz entscheidende Rolle, da die Stecken äußerst kurvenreich sind und die Querbeschleunigung sich antiproportional zum Gewicht verbessert.

Nach heutigem Stand der Technik ist Karbon an vielen Bauteilen der vielversprechendste Werkstoff, hat allerdings den Nachteil der hohen Preise bei Fertigteilen. Dazu kommt, dass die Karbonteile oft nicht in der Form und Größe angeboten werden, die für den Einsatz im HTW-Motorsport optimal wären.

Aus diesem Grund möchte sich das Team aus Karbonfaser mittels einer Vorrichtung in der heimischen Werkstatt diese meist runden Formteile selbst herstellen.

Die Vorrichtung, ihre Spezifikationen und Abnahmekriterien werden durch das Lastenheft definiert.

# 2 Ausgangssituation

Zur Zeit existiert keine Maschine zum Wickeln von Karbonrohren. Wenn welche benötigt werden, müssen diese teuer eingekauft und auf die benötigte Länge zugeschnitten werden. Dadurch sind wir allerdings auch in Durchmesser, Wandstärken und Formen durch die Hersteller begrenzt.

Spezielle Formen werden bisher wie folgt hergestellt: Karbonmatten werden trocken um oder in die Form gelegt, das Ganze wird in Folie eingepackt, um darin ein Vakuum zu erzeugen, und anschließend wird durch einen Schlauch das Harz hineingezogen.

Karbonfäden kommen dabei bisher nur sehr selten zum Einsatz. Ein Beispiel, wo dies geschah, ist ein Teil der Airbox (ein runder Trichter), bei der die Form in den Akkuschräuber eingespannt wurde, um den Faden dort aufzuwickeln. Die Nachteile sind dabei, dass der trockene Karbonfaden leicht verrutschen und nicht reproduzierbar gefertigt werden kann.

## **3 Zielstellung**

### **3.1 Ziele**

- Kostenreduzierung beim Einkauf von Karbonhalbzeugen
- Herstellung individueller Bauteile
- Erarbeitung und Weitergabe von Wissen
- Erweiterung der Palette an Maschinen
- Unabhängigkeit von Lieferanten
- Abbildung mit state-of-the-art Technologie
- Skalierbarkeit
- Anbindung an Drittsysteme

### **3.2 Arbeitsweise**

Die Maschine soll Karbonteile wickeln können, indem der Faden auf das sich drehende Trägerbauteil gewickelt wird während ein Schlitten ein Karbonfaden führt. Der Schlitten soll verfahrbar sein, um den Winkel der einzelnen Lagen über das Verhältnis von Umfangsgeschwindigkeit des Trägerbauteils und Verfahrgeschwindigkeit des Schlittens einstellen zu können.

Der Karbonfaden soll am Trägerbauteil befestigt werden und darüber auf das Bauteil gezogen werden. Bevor der Karbonfaden auf das Bauteil gezogen wird, soll er mit Harz getränkt werden, damit eine Infusion nach dem Wickeln entfällt. Dabei muss der Faser-Volumen-Anteil eingestellt werden können, indem das überschüssige Harz abgestreift wird.

Die Bauteile sind überwiegend zylindrische Bauteile, es sind allerdings auch Bauteile denkbar, die nicht prismatisch oder rotationssymmetrisch sind, wie z.B. Kegel oder strömungsoptimierte Bauteile.

### 3.3 Soll-Workflow

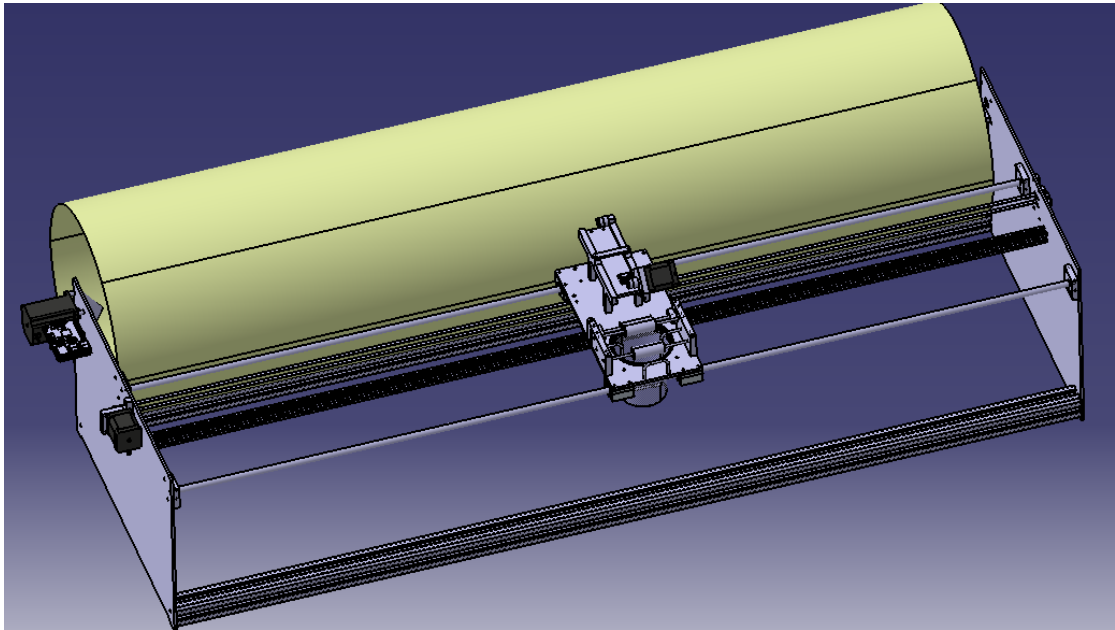


Abbildung 1: Modell einer Karbonwickelmaschine

1. Trägerbauteil in die Vorrichtung einspannen
2. Maschine einschalten
3. Karbonfaser einspannen und am Trägerbauteil befestigen
4. Einstellen des Faservolumenanteils über Stellschrauben
5. Epoxidharz in den Becher einfüllen
6. Bauteil mittels Oberfläche in der Software definieren oder laden
7. Vorgang via Oberfläche starten
8. Ende des Vorgangs wird in der Oberfläche angezeigt
9. Karbonfaser trennen und entnehmen
10. Trägerbauteil inkl. Bauteil entnehmen und zum Trocknen abstellen
11. Überflüssiges Harz entsorgen und Maschine reinigen
12. Maschine ausschalten

### 3.4 Zeitliche Grobplanung

Nr.	Anforderungen	Termin
1	Fertigstellung Lastenheft	28.10.2016
2	Fertigstellung Pflichtenheft, mechanischer Bau und Projektplan	25.11.2016
3	Fertigstellung der Maschine samt Programmierung als funktionaler Prototyp	10.02.2016

## 4 Funktionale Anforderungen

Jede Anforderung wird priorisiert, um festzulegen wie wichtig sie für das Endprodukt ist. "Hoch" bedeutet dabei, dass die Anforderung umgesetzt werden muss. "Mittel" bedeutet, dass die Anforderung umgesetzt werden sollte, es allerdings kein K.O.-Kriterium ist, wenn es nicht getan wurde. "Niedrig" heißt, dass es umgesetzt werden sollte, falls am Ende noch genug Zeit übrig ist.

### 4.1 Konstruktive Anforderungen

Nr.	Beschreibung	Priorität
1.1	Die Maschine muss in der Lage sein, Karbonteile 100mm und 1000mm Länge zu wickeln.	hoch
1.2	Die Maschine muss in der Lage sein, Karbonfäden um ein Trägerbauteil zu wickeln.	hoch
1.3	Die Maschine muss mit einem NOT-AUS-Schalter versehen sein, der die Motoren stoppt, falls er betätigt wird.	hoch
1.4	Die Maschine muss über das normale 230V-Stromnetz versorgt werden können.	hoch
1.5	Der Karbonfaden soll, bevor er gewickelt wird, mit Harz getränkt werden.	mittel
1.6	Falls der Faden mit Harz getränkt wird, muss der Faser-Volumen-Anteil (Verhältnis von Carbon zu Harz) eingestellt werden können.	mittel
1.7	Die Maschine sollte mit Griffen ausgestattet sein, um sie ggf. leichter tragen zu können.	mittel
1.8	Die Maschine muss nach dem Wickeln eines Bauteils leicht zu reinigen sein.	mittel
1.9	Der Karbonfaden soll immer so nah wie möglich am Bauteil geführt werden, um den Ausschuss zu verringern.	mittel
1.10	Es soll möglich sein, Bauteile wickeln zu können, die nicht rotations-symmetrisch sind.	niedrig
1.11	Es soll möglich sein, auch Bauteile zu wickeln, die nicht prismatisch sind.	niedrig

## 4.2 Software Anforderungen

Nr.	Beschreibung	Priorität
2.1	Die Länge der zu wickelnden Bauteile muss einstellbar sein in minimaler und maximaler Länge.	hoch
2.2	Der Durchmesser der zu wickelnden Bauteile muss variabel gehalten werden. Er müssen zwischen 10mm Innendurchmesser und 350mm Außendurchmesser eingestellt werden können.	hoch
2.3	Die Software muss erkennen können, wenn der NOT-AUS-Schalter betätigt wird und dies Anzeigen	hoch
2.4	Wenn der NOT-AUS-Schalter wieder gelöst wird, darf die Maschine nicht einfach weiterfahren. Der Benutzer muss ein Weiterfahren bestätigen oder ein neues Bauteil definieren.	hoch
2.5	Der Länge des Ausschusses am Ende eines Bauteils muss errechnet werden können und beim Einstellen der Länge berücksichtigt werden.	hoch
2.6	Die Wickelgeschwindigkeit muss variabel gehalten werden, um die Qualität der Bauteile anpassen zu können.	hoch
2.7	Die Anzahl der Lagen, die gewickelt werden sollen, muss eingestellt werden können mit einer geraden Anzahl von Lagen.	hoch
2.8	Die Anzahl der Lagen, die gewickelt werden sollen, muss eingestellt werden können mit einer ungeraden Anzahl von Lagen.	niedrig
2.9	Der Winkel, in dem die Karbonfasern gewickelt werden sollen, lässt sich für jede Lage separat definieren.	hoch
2.10	Die Maschine muss so programmiert sein, dass Parameter, die sich erst über Erfahrungswerte finden lassen, einstellbar bleiben.	hoch
2.11	Allgemeine Parameter sind: Dicke des Karbonfadens, Breite des Karbonfadens, maximale Wickelgeschwindigkeit bezogen auf den Karbonfaden, maximale Winkeländerung des Karbonfadens (Grad / mm Umfang)	hoch
2.12	Bauteilspezifische Parameter sind: Länge, Innendurchmesser (bei zylindrischen Bauteilen), Anzahl Lagen, Winkel jeder Lage, Länge Überstand (wie viel Länger als nötig gewickelt werden soll)	hoch
2.13	Es muss sichergestellt werden, dass der Karbonfaden sich innerhalb einer Lage möglichst wenig überlappt. Er darf maximal 2mm überlappen, darf aber keine Lücken bilden.	mittel
2.14	Es soll einen Modus geben, mit dem sich Parameter finden lassen. Dazu sollte für jeden Parameter ein Ablauf geschrieben werden, mit dem sich ein Parameter verändern und separat testen lässt. Ob der Wert noch gut ist, muss vom Bediener entschieden werden.	mittel
2.15	Allgemeine Parameter sollen gespeichert und wieder geladen werden können, um den Zeitaufwand zu reduzieren.	mittel
2.16	Bauteilspezifische Parameter sollen gespeichert und geladen werden können, falls das gleiche Bauteil mehrfach hergestellt werden soll.	niedrig

## 5 Nicht funktionale Anforderungen

Nr.	Beschreibung	Priorität
3.1	Die Maschine soll mit einem aktuellen PC mit aktueller Software bedient werden können.	hoch
3.2	Die Maschine muss für jemanden nach kurzer Einweisung bedienbar sein.	hoch
3.3	Die Bedienung muss so intuitiv gehalten werden, dass sie ohne technische Spezifikation verstanden werden kann - entsprechende Kenntnisse in der Karbonverarbeitung vorausgesetzt. Ggf. soll eine Art Tooltip zu der entsprechenden Funktion oder dem Parameter vorhanden sein.	hoch
3.4	Die Maschine muss ein Bauteil in angemessener Zeit wickeln können.	hoch
3.5	Parameter, die nicht für jedes Bauteil neu eingestellt werden müssen, sollen separat von bauteilspezifischen Parametern angepasst werden können.	mittel
3.6	Es soll in % angezeigt werden, wie weit das Bauteil bereits fertiggestellt ist.	mittel
3.7	Der Fortschritt, wie weit das Bauteil fertiggestellt ist, soll in 3D animiert werden, ähnlich der Anzeige bei vielen 3D-Druckern.	niedrig



## 6 Benutzeroberfläche

Die folgende Grafik dient als erste Vorstellung einer Oberfläche, mit der die Maschine bedient werden kann.

carbon wickelvorrichtung

Allgemeine Parameter

Dicke

0.3

mm

Breite

10

mm

Winkeländerung/Länge

2

grad/mm

Speichern

Laden

Neu

Bauteil

Step-Datei hochladen : suchen

Innendurchmesser :

mm

Anzahlager :

Lage 1	Winkel 1:
Lage 2	Winkel 2:
Lage 3	Winkel 3:

Neu

Speichern

Laden

Außendurchmesser :

mm

Stärke :

mm

START

Fehlermeldung:

Abbildung 2: Benutzeroberfläche

## 7 Abnahmekriterien

Voraussetzung für die Abnahme sind die folgenden Bedingungen:

1. Das Programm läuft stabil auf jedem aktuellen Computer mit aktueller Software, der dieses ausführt.
2. Alle Anforderungen mit der Priorität "hoch" müssen erfüllt sein.
3. Zu jeder Komponente müssen ein oder mehrere automatisierte Tests geschrieben werden, die überprüfen, ob sie ordnungsgemäß arbeitet.
4. Ein Bauteil mit zwei Lagen (einmal hin und wieder zurück), einem Meter Länge und 50mm Durchmesser soll in unter 20 Minuten gewickelt werden können. Optimal wäre eine Zeit von unter 5 Minuten.
5. Die Maschine stoppt durch Betätigen des NOT-AUS-Schalters.

## 8 Wer hat was gemacht

Autor	Aufgabe	Anteil
Christian	Einleitung	40%
Christian	Ausgangssituation	100%
Christian	Ziele	50%
Christian	Arbeitsweise	100%
Christian	Soll-Workflow	50%
Christian	Abnahmekriterien	40%
Christian	Funktionale Anforderungen	50%
Christian	Nichtfunktionale Anforderungen	50%
Christian	Abnahmekriterien	30%
Felix	Deckblatt	100%
Felix	Einleitung	60%
Felix	Ziele	50%
Felix	Soll-Workflow	50%
Felix	Funktionale Anforderungen	40%
Felix	Nichtfunktionale Anforderungen	50%
Felix	Abnahmekriterien	70%
Marius	Funktionale Anforderungen	10%
Marius	Benutzeroberfläche	100%