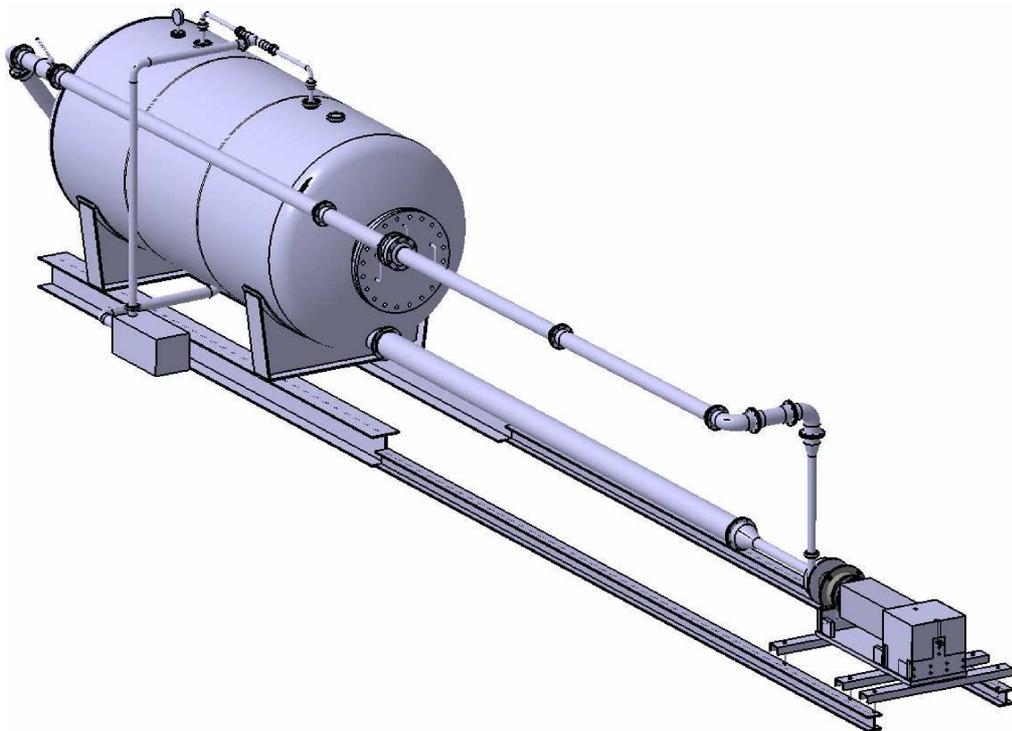


# Aufbau des drehzahlgeregelten Antriebs für den Kreiselpumpenprüfstand

Diplomarbeit

**Karen Beyer**

Matr.-Nr.: 184 37 95



1. Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Franz Vinnemeier  
2. Betreuer: Dipl.-Ing. Jens Brodersen  
Abgabedatum: 21. Februar 2012

## Kurzfassung

Diese Diplomarbeit umfasst die Umbaumaßnahmen des Kreiselpumpenprüfstandes, aufgestellt im Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften, nach einer Vorauslegung durch die Diplomarbeit „Leistungs- und Axialkraftprüfstand für Pumpen“.

Hierbei wird der bisher eingesetzte Wechselstrommotor durch einen drehzahlgeregelten Antrieb mit einem Gleichstromnebenschlussmotor ersetzt und die geplanten Axial-, Drehmoment- und Drehzahlmessungen integriert.

Des Weiteren wird die Aufstellung des Prüfstandes verändert und die dadurch neu entstehende Messstrecke an die geforderten Messbedingungen angepasst.

Karen Beyer  
Lübecker Straße 93  
22087 Hamburg  
Tel.: 0179 / 616 39 27  
E-Mail: Karen.Beyer@haw-hamburg.de

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Der Kreiselpumpenprüfstand</b>	<b>2</b>
2.1	Bisheriger Aufbau des Prüfstandes . . . . .	2
2.2	Funktionsbeschreibung des Kreiselpumpenprüfstandes . . . . .	3
2.3	Planung des Umbaus . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Optimierung der Konstruktion</b>	<b>7</b>
3.1	Auswertung der Diplomarbeit[1] „Leistungs- und Axialkraftprüfstand für Pumpen“ . . . . .	7
3.2	Fertigungsgerechte Anpassung der Konstruktion . . . . .	8
3.3	Bestellung der Bauteile . . . . .	12
3.4	Kostenübersicht . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Umbaumaßnahmen am Prüfstand</b>	<b>14</b>
4.1	Änderung der Messstrecke . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Montage der Motoraufhängung</b>	<b>16</b>
5.1	Montageanleitungen der Baugruppen . . . . .	16
5.1.1	Baugruppe: Tisch ( <i>krp-004-01-00</i> ) . . . . .	17
5.1.2	Baugruppe: Festlagerung ( <i>krp-004-03-00</i> ) . . . . .	19
5.1.3	Baugruppe: Loslagerung ( <i>krp-004-05-00</i> ) . . . . .	20
5.1.4	Baugruppe: Axial- und Drehzahlmessung ( <i>krp-004-06-00</i> ) . . . . .	21
5.1.5	Baugruppe: Kraftaufnehmer ( <i>krp-004-07-00</i> ) . . . . .	23
5.2	Baugruppe: Gesamte Motoraufhängung ( <i>krp-004-00-00</i> ) . . . . .	24
<b>6</b>	<b>Weiterführende Arbeiten</b>	<b>25</b>
6.1	Bestellungen . . . . .	25
6.2	Prüfungen und Mängel . . . . .	25
6.3	Bauliche Tätigkeiten . . . . .	26

7 Zusammenfassung	28
Literatur	29
A Zeichnungsliste	30

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Derzeitiger Aufbau des Kreiselpumpenprüfstandes - <i>kvp-003-00-00</i> . . . .	2
2.2	Aufbau der Motoraufhängung - <i>kvp-003-00-00</i> . . . . .	5
3.1	Gesamtaufbau der Motoraufhängung - <i>krp-004-00-00</i> . . . . .	8
3.2	Stützen für die Lagerböcke und den Kraftaufnehmer - <i>krp-004-03-03</i> . .	8
3.3	Aufbau der Festlagerung - <i>krp-004-03-00</i> . . . . .	9
3.4	Aufbau der Loslagerung - <i>kvp-003-05-00</i> . . . . .	10
3.5	Aufbau der Axial- und Drehzahlmesseinheit - <i>krp-004-06-00</i> . . . . .	11
3.6	Aufbau des Kraftaufnehmers - <i>krp-004-07-00</i> . . . . .	11
4.1	Zukünftiger Aufbau des Kreiselpumpenprüfstandes - <i>krp-004-00-02</i> . . .	15
5.1	Baugruppe: Tisch - Technische Explosionszeichnung mit Stückliste - <i>krp-004-01-14</i> . . . . .	17
5.2	Baugruppe: Tisch - Montageanleitung <i>krp-004-03-20</i> . . . . .	18
5.3	Baugruppe: Tisch - Aufbau der Füße, der Stützen und des Kraftaufnehmers	18
5.4	Baugruppe: Festlagerung - Technische Zeichnung mit Stückliste - <i>krp-004-03-00</i> . . . . .	19
5.5	Baugruppe: Loslagerung - Technische Zeichnung mit Stückliste - <i>krp-004-05-00</i> . . . . .	20
5.6	Baugruppe: Axial- und Drehzahlmessung - Technische Zeichnung mit Stückliste - <i>krp-004-06-00</i> . . . . .	21
5.7	Baugruppe: Kraftaufnehmer - Technische Zeichnung mit Stückliste - <i>krp-004-07-00</i> . . . . .	23
5.8	Gesamtaufbau der Motoraufhängung - <i>krp-004-00-00</i> . . . . .	24

# Tabellenverzeichnis

2.1	Stückliste der Motoraufhängung - <i>kvp-003-00-00</i> . . . . .	5
3.1	Kostenübersicht aller Bauteile . . . . .	13
5.1	Stückliste der Motoraufhängung - <i>krp-004-00-00</i> . . . . .	24
A.1	Liste aller technischen Zeichnungen - Teil 1 . . . . .	30
A.2	Liste aller technischen Zeichnungen - Teil 2 . . . . .	31

# 1 Einleitung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird die Motoraufhängung an dem im Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften aufgestellten Kreiselpumpenprüfstand in Anlehnung an die Diplomarbeit „Leistungs- und Axialkraftprüfstand für Pumpen“ [1] hinsichtlich der Kostenminimierung für die Fertigung überarbeitet.

Der bisher eingebaute Wechselstrommotor wird durch einen Gleichstrommotor mit Drehzahlregelung ersetzt, wobei die Aufhängung des Motors, dessen Versorgung und die dazugehörigen Messsysteme bereits konstruktiv ausgelegt worden sind ( vergleiche [1] ). Die innerhalb der Motoraufhängung geplanten Messinstrumente für Drehzahl und Drehmoment werden, ebenso wie einige in der Aufhängung verwendeten Bauteile, an die neuen Anforderungen angepasst.

Für die Montage ist eine vorläufige Kostenaufstellung anzulegen und eine anschließende Bestellung der konstruierten Bauteile, des Gleichstrommotors und der Messinstrumente vorzunehmen. Der Druckbehälter erhält eine andere Position. Am Rohrsystem wird eine Veränderung vorgenommen, um eine Verbesserung der Bedienbarkeit und Zugänglichkeit zu erzielen und eine anforderungsgerechte Messung des Differenzdruckes der Pumpe zu gewährleisten.

Alle am Kreiselpumpenprüfstand vorgenommenen Veränderungen werden in einer Konstruktion mit dem CAD-Programm CATIA V5 R19 ( *Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application* ) dargestellt.

## 2 Der Kreislumpumpenprüfstand

### 2.1 Bisheriger Aufbau des Prüfstandes

Der Kreislumpumpenprüfstand ist mit einem Wechselstrommotor IEC-Motor Typ B35, 50 Hz von der Firma Rosoma GmbH aufgebaut und erstmals in Betrieb genommen worden. Der Prüfstand besteht aus den drei Hauptgruppen Druckbehälter, Messleitung und Entgasungssystem ( siehe Abbildung 2.1 ). Diese Anlage besitzt derzeit noch keine Messinstrumente, da sie erst nach den geplanten Änderungsmaßnahmen durch das Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen in Eigenarbeit montiert werden sollen.

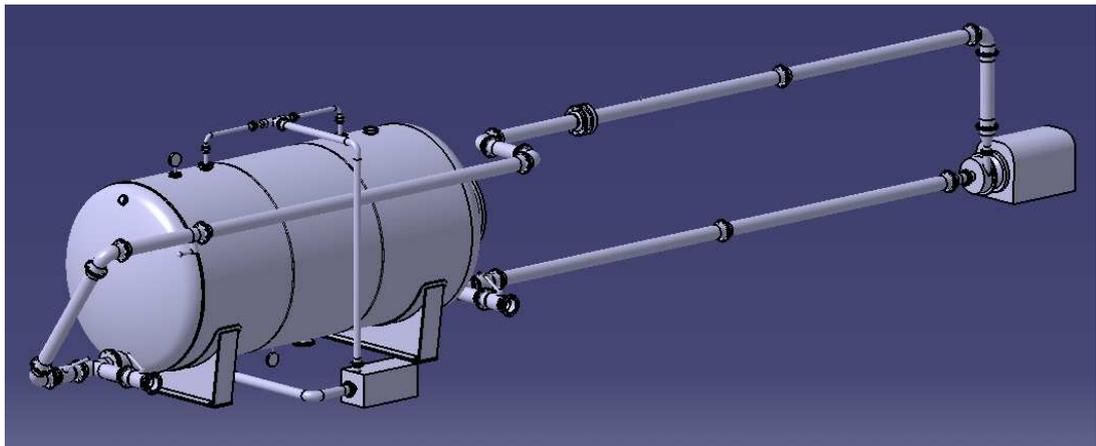


Abbildung 2.1: Derzeitiger Aufbau des Kreislumpumpenprüfstandes - *kvp-003-00-00*

Der Druckbehälter, ein waagrecht gelagerter Wassertank, besitzt ein Fassungsvermögen von 5000 Litern. In seinem Inneren sind zwei Wände eingeschweißt, die im Bereich unterhalb des Wasserspiegels drei Kammern bilden. Ihre Aufgabe ist die Beruhigung der Strömung, damit der Kreiselpumpe gasfreies Wasser geliefert werden kann.

Ein weiterer Bestandteil des Prüfstandes ist das Entgasungssystem. Seine Aufgabe ist die Entgasung des Wassers vor und während des Betriebs der Kreiselpumpe. Das Wasser wird unterhalb des Druckbehälters von einer Umwälzpumpe angesaugt und über das senkrecht verlaufende Steigrohr über zwei Zuläufe dem Behälter oben wieder zurückgeleitet. In diesen beiden Anschlüssen befinden sich Sprinkleranlagen, in denen das Wasser durch integrierte Kugeln ( fachsprachlich Sprühkugeln ) in feine Tropfen zerstäubt wird. Auf diese Weise kann das Gas, das sich im Wasser befindet entweichen und sich im oberen Bereich des Druckbehälters sammeln.

Befindet sich der Prüfstand in Betrieb, wird das im gesamten System enthaltene Wasser von der Kreiselpumpe umgewälzt. Durch die waagrecht verlaufende Rohrleitung der Größe DN100 wird das Wasser aus dem Druckbehälter auf geradem Weg von der

Kreiselpumpe mit dem Wechselstrommotor angesaugt und nach oben über die ebenfalls waagrecht verlaufende Rückleitung ( Größe DN100 ) an der Rückseite wieder in den Druckbehälter eingeleitet. Auf ca. halber Rücklaufstrecke wird die Rohrleitung mit einem Versatz von zweimal  $90^\circ$  um den Druckbehälter herumgeführt. Vor dem Versatz befindet sich ein Drosselgerät in Form einer ISA 1932- Düse, die für die Bestimmung des durch die Leitung strömenden Volumen- oder Massenstroms des Wassers genutzt wird.

Direkt vor und hinter dem Behälter befindet sich im Rohrsystem der Kreiselpumpe je eine Absperrung und eine Abzweigung mit jeweils einem zusätzlichen Absperrventil für die Befüllung und Entleerung ( beide Größe DN25 ). Bei Wartungsarbeiten und Reparaturen an der Rohrleitung oder Austausch der Kreiselpumpe sollen die Absperrungen die vollständige Entleerung des Druckbehälters verhindern.

Nachfolgend sind die wichtigsten Komponenten und technischen Daten des Prüfstandes zusammengefasst [5]:

- Kreiselpumpe: Typ TP3050
- Leistung: 15 kW
- Drehzahl: 2900 U/min
- Material Druckbehälter: 1.4404
- Nennvolumen Druckbehälter: 5000 l
- Druckbereich: -0,5 bis +2 bar
- Temperaturbereich:  $0^\circ\text{C}$  bis  $50^\circ\text{C}$
- Material Messleitung: 1.4301
- Trinkwasserzulauf: DN25
- Wasserablauf: DN100

## 2.2 Funktionsbeschreibung des Kreiselpumpenprüfstandes

Der Prüfstand ist nach DIN EN ISO 5198 [3] als geschlossener Wasserkreislauf ausgelegt und dient zur Prüfung von Kreiselpumpen verschiedener Bauart und Größe.

Ziel ist das Fahren von Kennfeldern, die den gesamten Betriebsbereich einer Pumpe erfassen. Darüber hinaus wird der für die Pumpen erforderliche NPSH-Wert ( *Net Positive Suction Head* ) gemessen, der eine Aussage über die möglicherweise entstehende Kavitation erlaubt.

Als Voraussetzung für alle weiterführenden Messungen wird das Druckverhältnis der Kreiselpumpe in Verbindung mit dem Prüfstand festgestellt. Ein weiterer zu messender Wert ist der Massen- bzw. Volumenstrom, welcher durch eine ISA – 1932 Düse nach DIN EN ISO 5167-1 [4] ermittelt wird. Über das Drosselventil hinter dem Wassertank wird der Massenstrom beeinflusst. Beginnend mit ganz geschlossenem Drosselventil werden die Messungen schrittweise bis zum vollständig geöffneten Ventil durchgeführt. Daraus entsteht dann eine so genannte Drosselkurve. Mehrere Drosselkurven zusammen bilden das Kennfeld einer Kreiselpumpe. Die grafische Darstellung des Kennfeldes zeigt den regulären Betriebsbereich der getesteten Pumpe. Wird eine Pumpe außerhalb ihres Betriebsbereiches zum Einsatz gebracht, kann es zur Überhitzung des Förderguts und zu

mechanischer Überlastung von Laufrädern, Lagern, Wellendichtung und Ventilen führen. Langfristiger Betrieb außerhalb dieses Bereiches sollte daher vermieden werden, um umfangreichen Schäden an der Kreiselpumpe entgegenzuwirken.

Folgende Prüfbedingungen werden von der DIN 5198 vorgeschrieben [2]:

- die Flüssigkeit muss sauber und klar sein
- wenn an der Pumpe Kavitation auftritt, darf an keiner anderen Stelle im Prüfstand Kavitation auftreten
- das durch Kavitation freigesetzte Gas darf die Funktion der Messgeräte, insbesondere des Strömungsmessgerätes nicht beeinflussen
- es müssen Elemente zur Entlüftung oder Entgasung des Behälters vorhanden sein, besonders für niedrige NPSH-Werte
- Eine Entgasung der Flüssigkeit ist aber nur erforderlich, wenn die Pumpe in der Praxis auch mit entgaster Flüssigkeit arbeiten soll
- um Ausgasung von nicht entgasten Flüssigkeiten im geschlossenen Kreislauf zu vermeiden, kann eine Anhebung des Druckniveaus erforderlich sein
- das Drosselventil muss vollständig mit Flüssigkeit gefüllt sein
- der Behälter muss ausreichend groß sein, um ein ungewolltes Eindringen von Gas in die Pumpeneintrittsströmung zu vermeiden
- die Strömung ist deshalb unter einem Wert von  $0,25 \text{ m/s}$  zu halten, dazu ist eine Strömungsberuhigung erforderlich

Für das Entgasungssystem sollte, nach der Norm DIN EN ISO 5198 [3], der Gesamtgasgehalt vor der Prüfung bekannt sein. Mit dem Gesamtgasgehalt ist sowohl das freie als auch das gelöste Gas in der verwendeten Flüssigkeit der Prüfeinrichtung gemeint. Der Gasgehalt wird am Eintritt nahe der Pumpe bestimmt und Entgasung erfolgt mit einer Sprühvorrichtung in Kombination mit Vakuum. Dieser Vorgang soll ca. eine Stunde dauern, in der das Beschickungsgut ( Wasser ) ca. drei bis viermal umgewälzt wird.<sup>1</sup>

### 2.3 Planung des Umbaus

Der Umfang des geplanten Umbaus des Kreiselpumpenprüfstandes bezieht sich einerseits auf den Austausch des Antriebsmotors für die Kreiselpumpe und andererseits auf die Änderung des Rohrsystems nach Umsetzung des Druckbehälters.

Grundlage für den Tausch des Wechselstrommotors asynchroner Bauart zu einem Gleichstrommotor ist die Annahme von vorherrschenden elektrischen Störungen, die überwiegend beim Betrieb und der Regelung des Wechselstrommotors entstehen. Vorteil des Gleichstrommotors ist die einfache und exakte Regelung der Drehzahl, die für die Messung des Kennfeldes einer Kreiselpumpe erforderlich ist [1].

---

<sup>1</sup>Im Sommer 2011 wurde im Rahmen einer Sanierung der Maschinenhalle der Hochschule für Angewandte Wissenschaften der Kreiselpumpenprüfstand von der Firma Rosoma gebaut und aufgestellt. Während meines Hauptpraktikums habe ich diese Umbaumaßnahme betreut und für die Firma Rosoma in Zusammenarbeit mit Herrn Dipl.-Ing. Jens Brodersen und unter Zuhilfenahme der Diplomarbeit „Auslegung eines Pumpenprüfstands“ [2] eine Funktionsbeschreibung des Prüfstandes erstellt. Dieser Abschnitt meiner Diplomarbeit ist daher ein Auszug aus der Betriebsanleitung des Prüfstandes der Firma Rosoma [5].

Um den Gleichstrommotor an den Kreiselpumpenprüfstand anschließen zu können, ist in der Diplomarbeit „Leistungs- und Axialkraftprüfstand für Pumpen“ [1] eine darauf abgestimmte Motoraufhängung ausgelegt und in Form eines CAD-Modells ( mit den CAD-Programm CATIA V5 ) erstellt worden. Da der Prüfstand noch nicht mit den benötigten Messinstrumenten ausgestattet ist, sind die Drehzahl-, die Drehmoment- und die Axialschubmessung in die Planung und Erstellung dieses Konstruktionsmodells integriert worden.

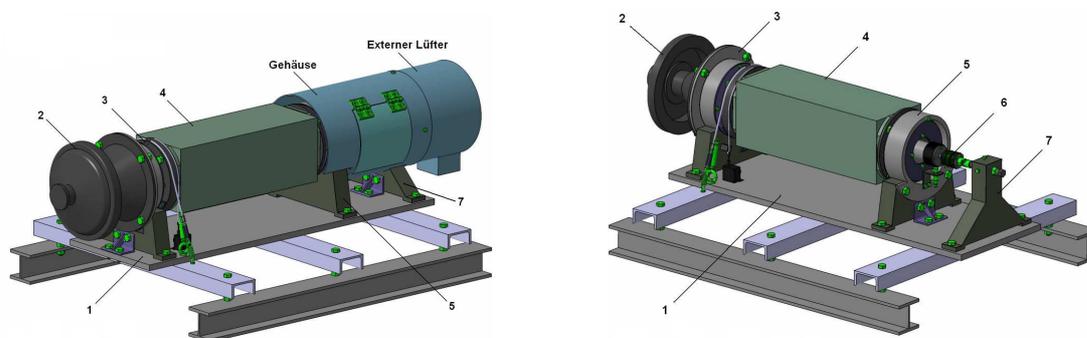


Abbildung 2.2: Aufbau der Motoraufhängung - *kvp-003-00-00*

Die Abbildung 2.2 zeigt das CAD-Modell für die geplante Motoraufhängung. Zum besseren Verständnis folgt die Bezeichnung der Nummerierung:

Nummer	Produktbeschreibung
1	Baugruppe: Tisch
2	Die Kreiselpumpe
3	Baugruppe: Festlagerung
4	Gleichstrommotor
5	Baugruppe: Loslagerung
6	Baugruppe: Axial- und Drehzahlmesseinheit
7	Baugruppe: Kraftaufnehmer

Tabelle 2.1: Stückliste der Motoraufhängung - *kvp-003-00-00*

Der Tisch bildet das Grundgerüst für die Lagerung des Gleichstrommotors und ist über Schraubenverbindungen mit den Trägern des Prüfstandes höhenverstellbar verbunden. Die variable Höheneinstellung ist beim späteren Aufbau der Motoraufhängung ein wichtiges Kriterium für die axiale Ausrichtung und Verbindung der Kreiselpumpe mit dem Rohrsystem.

Der Gleichstrommotor wird durch eine Los- und eine Festlagerung gehalten und sein Gehäuse ist fest mit den Lagern verbunden. Über beidseitig neben dem pumpenseitigen Festlager angebrachte Zugfedern und ein am äußeren Flansch befestigter Zugdraht erlaubt dem Gehäuse im Motorbetrieb ein leichtes Pendeln. Die Drehbewegung wird über einen Wegaufnehmer gemessen und geht in die spätere Leistungsbestimmung der Kreiselpumpe ein. Falls der Zugdraht reißt, ist aus Sicherheitsgründen eine Verdrehsicherung am Fuß der Festlagerung und am Lagerflansch vorgesehen.

Auf der Rückseite des Gleichstrommotors ist die Axial- und Drehzahlmesseinheit am zweiten Wellenende angegliedert. Sie besteht aus einer rippenförmigen Welle, einer Druckmessdose und einer starren Verbindung zum dahinter aufgestellten Kraftaufnehmer. Über eine visuelle Abtastung der rippenförmigen Welle nimmt ein Sensor die Drehzahl des Motors ab. Im Übergang der Welle zur Druckmessdose endet das Mitdrehen des

hinteren Teils der Messeinheit durch eine weitere Lagerung. Die Dose misst ausschließlich den axialen Schub der Motorwelle und somit der Kreiselpumpe. Da der axiale Schub der Kreiselpumpe die Druckmessdose an sich heranzieht, muss sie über die starre Verbindung zum Kraftaufnehmer gehalten werden. Erst dadurch kann die Messung des Schubes stattfinden.

Auf Grund der Betriebssicherheit und um die Axial- und Drehzahlmesseinheit vor Verschmutzung zu schützen, wird ein Gehäuse montiert. Seine Befestigung erfolgt an den Halterungen der Loslagerung und des Kraftaufnehmers. Die Form des Gehäuses wird durch den externen Lüfter bestimmt und die eingebaute Klappe ermöglicht die Zugänglichkeit zur Messeinheit. Die externe Belüftung soll den Gleichstrommotor vor Überhitzung schützen und ist außen am Kraftaufnehmer angebracht.

Für die praktische Umsetzung dieses Modells soll es auf Funktionstüchtigkeit überprüft und die Fertigung im Hinblick auf Kostensenkung umgestaltet werden. In Kapitel 3 auf Seite 7 wird auf dieses Thema näher eingegangen.

Damit die Axialschubmessung des Kreiselpumpenprüfstandes genutzt werden kann, ist eine Modifizierung des Gleichstrommotors nötig. Im Inneren des Motors wird die Welle durch ein Los- und ein Festlager gehalten. Um eine axiale Bewegung der Welle zuzulassen, muss das Festlager durch ein zweites Loslager ersetzt werden. Diese Umbaumaßnahme kann erst nach Anlieferung des Gleichstrommotors erfolgen, da die Abmaße des Lagers nicht vorherbestimmt werden können.

In Kapitel 2.1 auf Seite 2 ist der momentane Aufbau des Kreiselpumpenprüfstandes dargestellt worden. Im Zuge der geplanten Umbaumaßnahmen soll der Druckbehälter versetzt und somit eine Verlängerung des Rohrsystems erzielt werden. Für die Durchführung dieses Vorhabens muss die derzeit bestehende Verrohrung aus Platzgründen demontiert und umgestaltet werden. Da die Messeinheit für die Differenzdruckmessung der Kreiselpumpe noch nicht im Prüfstand integriert ist, soll bei der Konzipierung der Rohre die DIN EN ISO 9906 [6] berücksichtigt werden. Auf Wunsch des Instituts für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen wird der Rohrdurchmesser des Zulaufrohres zur Kreiselpumpe auf den Durchmesser der Druckbehälteröffnung erweitert und die Rücklaufleitung so verändert, dass eine bessere Zugänglichkeit des Prüfstandes entsteht. Auf die Planung des Umbaus wird in Kapitel 4 auf Seite 14 näher eingegangen.

## 3 Optimierung der Konstruktion

Für die praktische Umsetzung der Motoraufhängung wird das Modell der Arbeit[1] hinsichtlich der Funktionstüchtigkeit und des Kostenaufwandes ihrer Fertigung überprüft und gegebenenfalls unter Einbuße der optischen Schönheit verändert. Wichtige Kriterien sind hierbei in erster Linie die Ausführbarkeit einiger herzustellender Bauteile sowie die generelle Notwendigkeit für die Anschaffung aller aufgeführten Elemente dieser Konstruktion.

Im Folgenden werden diese Kriterien auf die Konstruktion der Diplomarbeit[1] angewandt und alle erfolgten Änderungsmaßnahmen erläutert.

### 3.1 Auswertung der Diplomarbeit[1] „Leistungs- und Axialkraftprüfstand für Pumpen“

Die Aufhängung des Gleichstrommotors wird durch eine Stahlkonstruktion realisiert, deren Bauteile durch das Verfahren des Fräsens und des Drehens gefertigt werden sollen. Um eine Beurteilung dieser Konstruktion durchführen zu können, werden folgende Kriterien für die Umsetzbarkeit und Kostenoptimierung bei der Fertigung von Bauteilen festgelegt:

- Gestaltung von einfachen Bauformen, um bei der Fertigung zusätzlich bzw. unnötige Arbeitsschritte zu vermeiden
- Bauteile gleicher Funktion und Form duplizieren, nicht unterschiedlich gestalten
- Herstellung der Bauteile möglichst aus einem Material
- bei der Fertigung mehrerer Teile auf gleiche Wandstärken achten
- Dimensionierung der Bauteile mit Lieferbarkeit des Materials abstimmen

Im Allgemeinen führen diese Kriterien dazu, dass eine Konstruktion vereinfacht und dennoch in ihrer Funktion verbessert werden kann. Abbildung 3.1 auf Seite 8 zeigt eine Gegenüberstellung der Motoraufhängung vor und nach Anwendung der Fertigungskriterien, aus der eine massivere Bauweise nach der Überarbeitung erkennbar ist.

Im Anschluß betrachtet das Kapitel „Fertigungsgerechte Anpassung der Konstruktion“ die Baugruppen Festlagerung, Loslagerung, Kraftaufnehmer und Axial- und Drehzahlmesseinheit sowie die Stützen in einer Gegenüberstellung, um die Änderungen an den einzelnen Teilen zu verdeutlichen. Alle aufgeführten technischen Zeichnungen befinden sich in einem Ordner im Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen.

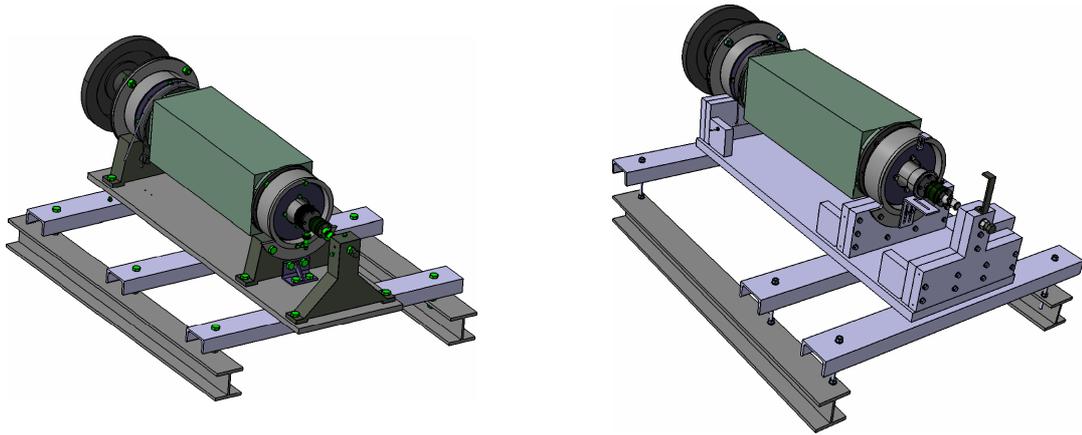


Abbildung 3.1: Gesamtaufbau der Motoraufhängung - *krp-004-00-00*

### 3.2 Fertigungsgerechte Anpassung der Konstruktion

Da bislang kein Material für die Bauteile der Motoraufhängung festgelegt worden ist, wird aus Kostengründen die Edelstahlsorte mit der Werkstoffnummer 1.4301 ( Kurznahme: X39Cr13 nach DIN EN 10088-3 ) gewählt. Hierbei wird berücksichtigt, dass das Material zur spanenden Weiterverarbeitung, wie Fräsen oder Drehen geeignet sein muss. Ebenso erfüllt es die Anforderung der Schweißbarkeit.

Bei der Überprüfung der Lieferbarkeit lässt sich feststellen, daß diese Stahlsorte als Platte bis zu  $30\text{mm}$  Wandstärke angeboten wird. In dem bereits bestehenden CAD-Modell sind die Lagerfüße, der Kraftaufnehmer und der Tisch mit einer Wandstärke von  $60\text{mm}$  vorgesehen. Alle genannten Bauteile werden entsprechend der lieferbaren Materialstärke von  $30\text{mm}$  verändert.

Die folgenden Abbildungen zeigen eine Gegenüberstellung der zu ändernden Baugruppen, wobei sich auf der **linken Seite** die vorausgelegte und auf der **rechten Seite** die nach den neu festgelegten Kriterien optimierte Variante befindet.

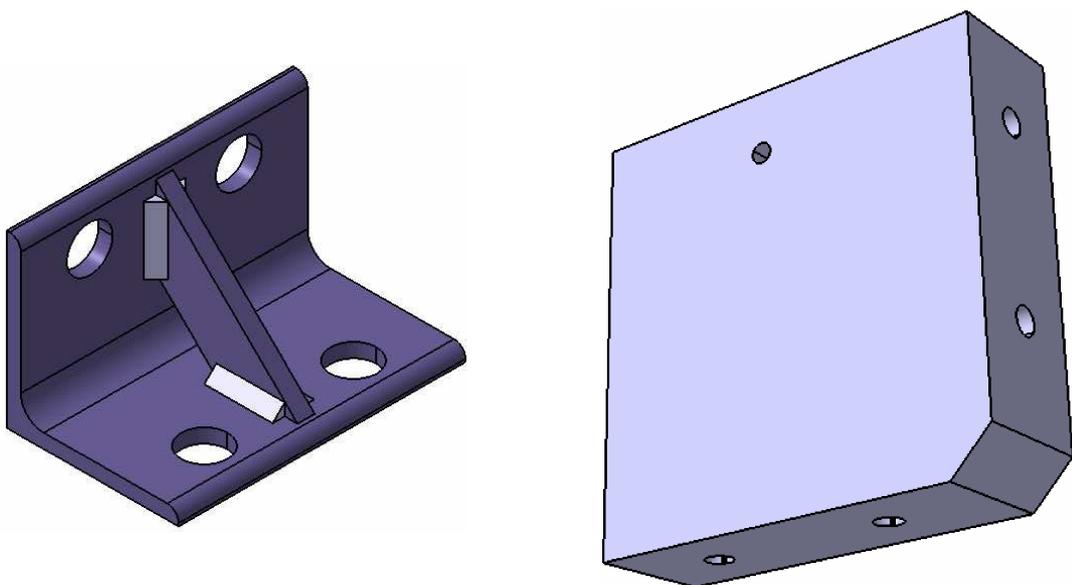


Abbildung 3.2: Stützen für die Lagerböcke und den Kraftaufnehmer - *krp-004-03-03*

Zu Abbildung 3.2:

Die Bauform der Stützen (*krp-004-03-03*) wird grundlegend verändert, damit die Schweißung einer Versteifungsrippe als Gewährleistung der Stabilität unnötig wird. In erster Linie wird hier das Kriterium der einheitlichen Materialstärke und Bauform angewandt, um die Kosten für der Fertigung zu senken. Die Montage der Stützen erfolgt nun nicht mehr von oben und vorn, sondern von unten durch die Tischplatte (*krp-004-01-14*). Es kann dadurch auf zusätzliche Muttern und Unterlegscheiben verzichtet werden. Die massive Auslegung der Stützen als Befestigungselement lässt sich für nachträgliche Anbauten, wie zum Beispiel ein Gehäuse, nutzen.

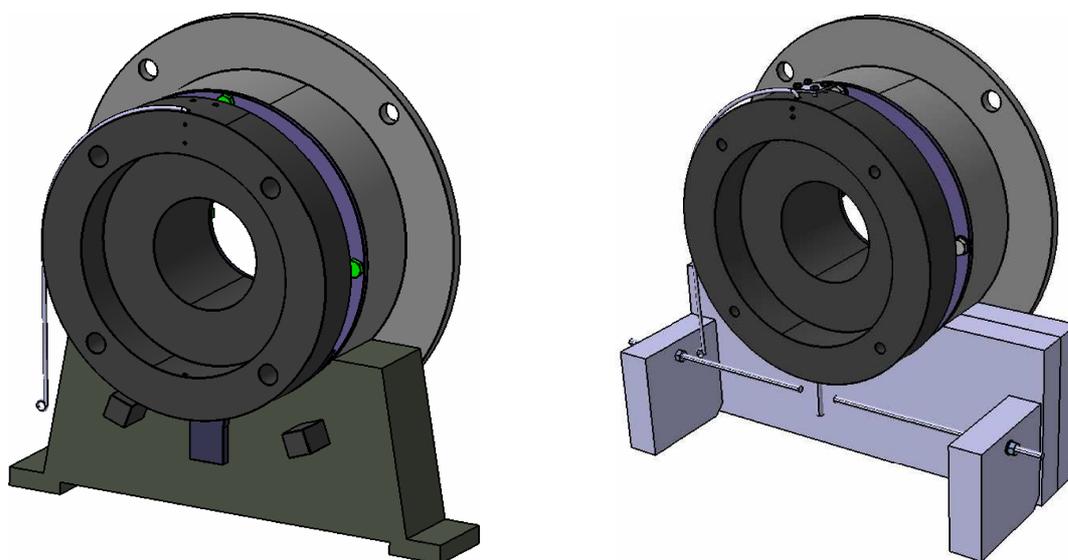


Abbildung 3.3: Aufbau der Festlagerung - *krp-004-03-00*

Zu Abbildung 3.3

Bei Betrachtung der Festlagerung lässt sich ein wesentlicher Unterschied in der Bauform des Fußes feststellen. Auch hier wird ihre Form an die Kostenanforderungen angepasst und vereinfacht. Die Verwendung der einheitlichen Materialstärke macht die doppelte Anfertigung des Fußes notwendig, um auf die geforderte Wandstärke von 60mm zu kommen. Er wird mit zehn Schrauben ebenfalls von unten durch die Tischplatte gesichert (*krp-004-03-01*, *krp-004-03-10-2*).

Sowohl die Verbindung der beiden Fußeile als auch die Verbindung der Füße mit den Stützen wird mit Hilfe von Schrauben hergestellt, wobei die Löcher der hinteren Platte bzw. der Stütze mit Gewinde versehen sind. Auf diese Weise spart man zusätzliche Muttern und Unterlegscheiben.

In Bezug auf die Kosten einer Fertigung des Lagerbockrings wird die Konstruktion des Bauteils insofern verändert, dass er ebenfalls in zwei Teile aufgeteilt wird. Da die Herstellung durch das Drehen eines Flansches dieser Dimension einen großen Materialüberschuss zur Folge hätte, soll der Kragen aus Plattenmaterial, der Hals aus Stangenmaterial hergestellt und miteinander verschweißt werden (*krp-004-03-10-1*, *krp-004-03-10-2*).

Die Verdrehsicherung des Motors ist ein montierter, nach unten zeigender Hebel und befindet sich am Lagerträgerflansch (*krp-004-03-11*) des Festlagers. Er wird durch zwei viereckige Stifte gesichert, die von hinten durch Löcher im Lagerfuß geschoben werden. Die Herstellung dieser Anschläge und der quadratischen Löcher im Fuß bedeuten einen äußerst großen Fertigungsaufwand. Die abgeänderte Konstruktion der Verdrehsicherung sieht die Verwendung von Gewindestangen vor (*krp-004-03-00*). Anstatt des

montierten Hebels wird ein Gewindestück direkt in den Lagerbockring eingeschraubt und mit Muttern gesichert. Die Anschläge in beide Richtungen lassen sich durch längere Gewindestangen realisieren. Sie werden durch die Stützen geschraubt und ebenfalls mit Muttern und Unterlegscheiben fixiert. Um die Anschlagfläche zu vergrößern kann gegebenenfalls ein kleines Blech angeschweißt werden.

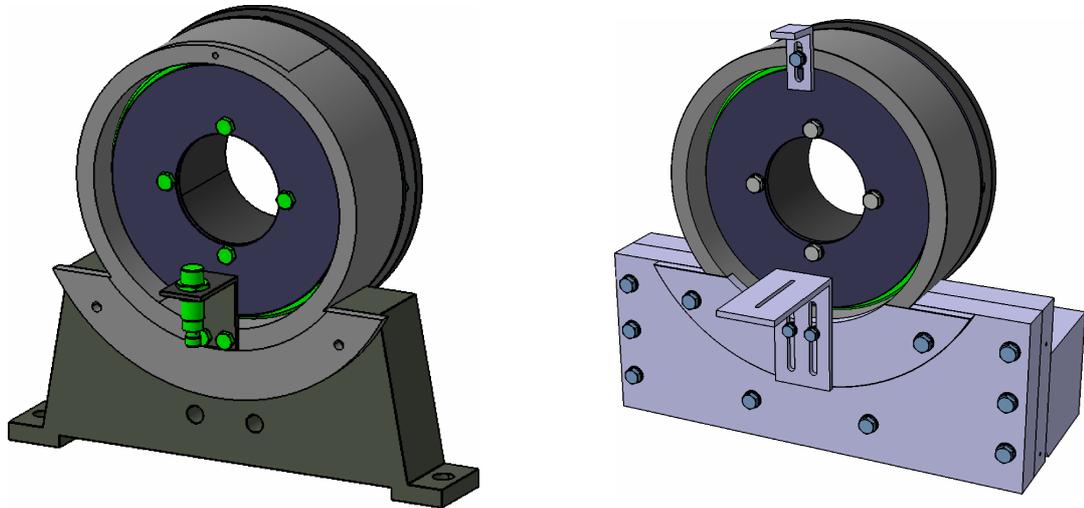


Abbildung 3.4: Aufbau der Loslagerung - *kvp-003-05-00*

Zu Abbildung 3.4:

Bei der Loslagerung gelten in Bezug auf die Gestaltung des Fußes die gleichen Kriterien wie für die Festlagerung. Auch hier besteht der Fuß aus zwei Hälften und wird auf die gleiche Weise montiert (*krp-004-05-00*).

Für die Drehzahlmessung wird eine Erfassung über eine Lichtschranke gewählt, da die Kosten dieser Messeinheit geringer sind, als für die zuvor vorgesehene Variante der optischen Abtastung einer rippenförmigen Welle ( siehe Beschreibung der Axial- und Drehzahlmesseinheit - *krp-004-06-00*). Damit die Halterung des Messinstruments exakt angepasst werden kann, ist sie mit Langlöchern für variable Höhen- und Längeneinstellung versehen (*krp-004-05-10*).

Der Lagerbockring besteht aus einem Flansch mit einem Kragenstück, der am Fuß befestigt wird. Auch hier ist der Aufwand der Fertigung und die Menge an überschüssigem Material zu groß, um ihn aus einem Stück drehen zu lassen. Die Trennung erfolgt am Kragen, der aus Plattenmaterial erstellt werden soll (*krp-004-05-06-1*, *krp-004-05-06-2*). Er muss anschließend über die Verschraubung der Halterung des Drehzahlmessers mit dem Hals des Flansches, hergestellt aus Stangenmaterial, verbunden werden. Für besseren Halt kann die Verbindung der beiden Teile des Lagerbockrings mit einzelnen Schweißpunkten oder einer kompletten Verschweißung verbessert werden.

Die Halterung am oberen Rand des Lagerbockringes (*krp-004-05-13*) wird ebenfalls mit einem Langloch für variable Höheneinstellung versehen. Sie dient ausschließlich der Befestigung des Gehäuses für den Bereich der Axial- und Drehzahlmessung zwischen Loslagerung und Kraftaufnehmer.

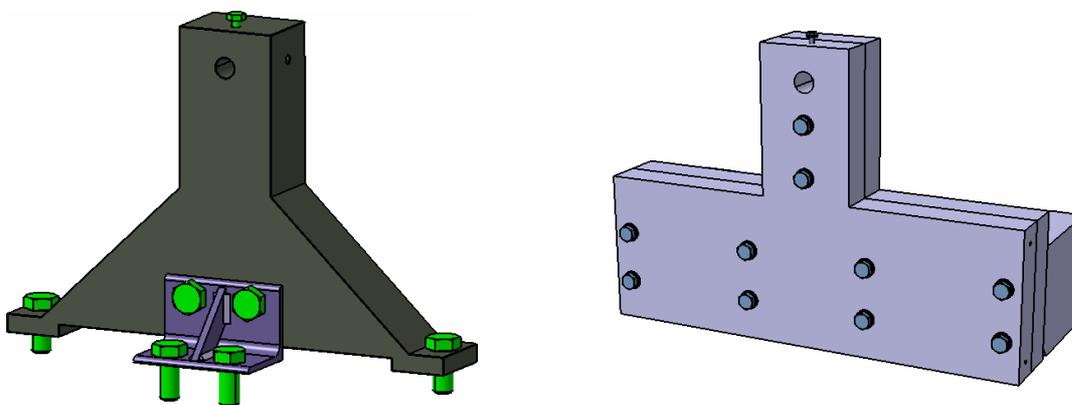
Zu Abbildung 3.5:

Die Einheit der Axial- und Drehzahlmessung (*krp-004-06-00*) bleibt im Wesentlichen in ihrer Konstruktion erhalten.

Da die Herstellung der rippenförmigen Welle äußerst kostenintensiv ist, wird ( wie zuvor erwähnt ) die Variante der Drehzahlmessung über eine Lichtschranke gewählt. Hierfür

Abbildung 3.5: Aufbau der Axial- und Drehzahlmeseinheit - *krp-004-06-00*

wird eine Lochscheibe (*krp-004-06-04*) mit 60 Löchern für die Bestimmung der Drehzahl in Umdrehung pro Minute vorgesehen, die bei der Lichtschranke ein einfaches Signal erzeugt. Die rippenförmige Welle wird durch eine glatte Welle (*krp-004-06-01*) ersetzt und die Lochscheibe zwischen Welle und Wellendeckel eingepasst.

Abbildung 3.6: Aufbau des Kraftaufnehmers - *krp-004-07-00*

Zu Abbildung 3.6:

Wie bei der Los- und Festlagerung gilt auch für den Kraftaufnehmer das Kriterium der Herstellbarkeit und des Kostenaufwandes. Die Bauform wird an die Fertigung angepasst und erhält ein eckiges Aussehen, bestehend aus zwei Teilen (*krp-004-07-01*, *krp-004-07-02*). Die Verschraubung der Teile und der Stützen erfolgt auf die gleiche Weise wie bei den Lagerfüßen, ebenso die Befestigung des Kraftaufnehmers mit der Tischplatte.

Die Halterung des zylinderförmigen Gehäuses wird bei der derzeitigen Konstruktion nach oben, rechts und links über je einen Stahlwinkel abgestützt ( in der Abbildung leider nicht zu sehen ). In der überarbeiteten Variante bleibt der Winkel für die obere Stützung erhalten (*krp-004-07-05*). Das nun kastenförmig gewählte Gehäuse kann an den Kraftaufnehmer geschraubt werden (*krp-004-08-01*). Die neu gewählte Gestaltung gibt mehr Stabilität und spart zusätzliche Winkel für die Befestigung.

Das derzeitige Modell des Leistungs- und Axialprüfstandes sieht eine externe Belüftung vor, die sich vom Motor aus gesehen hinter dem Kraftaufnehmer befindet. Ihre Aufgabe soll die Kühlung des Gleichstrommotors während dessen Betriebes sein. Da der Motor ein geschlossenes Gehäuse besitzt und die Funktion des Lüfters somit nicht erfüllt ist, entfällt er in der Überarbeitung der Motoraufhängung.

Im überarbeiteten Modell der Motoraufhängung bleibt der Aufbau der Drehmoment-

messvorrichtung bestehen. Seine Befestigung über Zugfedern erfolgt an den Stützen der Festlagerung. Für ihre Verbindung wird ein durchgehender Zugdraht verwendet, der über den Lagerträgerflansch läuft und die beiden Federn miteinander verbindet. Eine kleine Platte mit vier Schrauben, die am Lagerträgerflansch befestigt ist, verhindert das Ab- und Durchrutschen des Zugdrahtes.

Die umfassendsten Änderungen betreffen die Lagerfüße, die Stützen und den Kraftaufnehmer. Die Fertigung schlichter Formen ist einfacher und senkt daher ihre Kosten. Dem gegenüber wird in der neuen Konstruktion mehr Material benötigt und die Anzahl der Schraubenverbindungen sowie die dadurch resultierende Anfertigung der Löcher mit und ohne Gewinde hat sich erhöht.

Eine abschließende Beurteilung zur Kostenersparnis kann leider nicht abgelegt werden, da die Anfertigung der Motoraufhängung nicht als Kostenpunkt in der Diplomarbeit „Leistungs- und Axialkraftprüfstand für Pumpen“ [1] aufgeführt worden ist. In Hinblick auf die Stabilität und Funktionalität lässt sich vermuten, daß die überarbeitete Motoraufhängung den zukünftigen Anforderungen eher gerecht wird, als ihre derzeitige ausgelegte Konstruktion.

### 3.3 Bestellung der Bauteile

Die abgeschlossene Überarbeitung der Konstruktion [1] ist Grundlage für die Aufstellung aller zu fertigenden Bauteile, zu bestellenden Fertigteile, aller Messinstrumente und des Gleichstrommotors. In der Diplomarbeit „Leistungs- und Axialkraftprüfstand für Pumpen“ [1] ist bereits eine überschlägige Kostenaufstellung der geplanten Fertigteile angefertigt worden, jedoch muss sie nach verstrichener Frist der Gültigkeitsdauer aktualisiert oder gegebenenfalls angepasst werden.

Mit Hilfe der Kontaktdaten der betreffenden Firmen werden die Angebote für den Motor, die zu bestellenden Bauteile und Messinstrumente erneut angefordert. Nach Klärung aller bestehenden Fragen, sind der Gleichstrommotor und die zu fräsenden Bauteile wie der Tisch, die Füße, der Kraftaufnehmer und die Stützen in Auftrag gegeben, hergestellt und im Laufe einiger Wochen geliefert worden.

### 3.4 Kostenübersicht

In der Tabelle 3.1 lässt sich ein Einblick über den Stand der Bestellung und der Kostenaufteilung aller Bauteile für den Prüfstand ersehen. Für weitere Bestellungen werden die beteiligten Firmennamen genannt. Der Schriftverkehr und die Rechnungen der bereits erteilten Aufträge sind im Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen hinterlegt. Diese Kostenaufstellung ist ebenfalls nur eine Ausblick auf die tatsächlichen Kosten, da sich zum Beispiel der Preis für Stahl ändern und bei Erneuerung von Angeboten stets ein weiterer Aufschlag zum Beispiel für Fertigungskosten hinzukommen kann.

Pos.	Anzahl	Bauteil	Firma	Bearbeitungs- stand	Kosten
1	1	Gleichstrommotor	T-T Electronic Deutschland	geliefert	4309,20 €
2	1	Wegaufnehmer	SELMATEC	geliefert	
3	2	Rillenkugellager	Lippold Hydraulik und Wälzlager GmbH	geliefert	150,00 €
4	1	Kegelrollenlager	Lippold Hydraulik und Wälzlager GmbH	geliefert	498,28 €
5	div.	Frästeile	Päßler GmbH- Technische Dienstleistungen	geliefert	498,28 €
6	div.	Stahlsortiment		ausstehend	
7	div.	Normteile	Baumarkt	ausstehend	
8	2	Scharnier	Otto Ganter GmbH und Co.KG	ausstehend	31,62€
9	2	Zugfedern	Segelbedarf	ausstehend	
10	1	Zugdraht	Segelbedarf	ausstehend	
11	1	Kraftaufnehmer und Zubehör	Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH	ausstehend	1231,00 €
12	div.	Rohrleitungen für die Prüfstrecke	Unterlage nachsehen	ausstehend	

Tabelle 3.1: Kostenübersicht aller Bauteile

## 4 Umbaumaßnahmen am Prüfstand

Im Zuge der neu konzipierten Motoraufhängung wird ebenfalls der Aufbau des Prüfstandes verändert, die Messstrecke verlängert und unter Berücksichtigung der DIN EN ISO 9906 [6] optimiert. Die neue Zusammensetzung der Verrohrung soll die Zugänglichkeit zum Prüfstand verbessern und eine angenehmere Bedienbarkeit der Messinstrumente zulassen.

### 4.1 Änderung der Messstrecke

Der derzeitige Aufbau des Kreiselpumpenprüfstandes besteht aus drei Baugruppen, dem Druckbehälter, die waagrecht verlaufende Messleitung und dem senkrecht am Tank installierten Entgasungssystem mit zugehöriger Pumpe ( siehe Abbildung 2.1, Seite 2 ).

Um die vom Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen gewünschte Verlängerung des Rohrsystems der Kreiselpumpe zu erreichen, werden die Rohre demontiert und der Druckbehälter, mit einem Gewinn von 60cm Abstand zur Pumpe, umgestellt. Hierbei wird der zur Verfügung stehende Platz, inklusive der neuen Verrohrung, vollständig ausgenutzt.

Für die Planung des Rohrsystems zur Messung des Differenzdruckes an der Kreiselpumpe wird die DIN EN ISO 9906 zu Grunde gelegt. Die Prüfanordnung ist in soweit festgelegt, dass der Rohrquerschnitt und die Rohrlänge im Bereich der Messinstrumente vorgegeben ist.

Man erhält „die besten Messbedingungen, wenn die Strömung im Messquerschnitt für die Druckmessung eine axialgerichtete Geschwindigkeitsverteilung erreicht, eine gleichmäßige Verteilung des statischen Drucks und keine durch die Prüfanordnung erzeugte Wirbelbildung“ [6] besteht.

Die DIN 9906 legt den Abstand der Druckmessstelle zum eintrittsseitigen Pumpenflansch auf das zweifache des Rohrquerschnitts der Messstelle fest.

Wird der Rohrverlauf im Messbereich durch ungünstige Querschnittsverteilungen z.B. Rohrkrümmer oder eine Reduzierung des Rohrquerschnitts beeinflusst, entsteht eine Wirbelbildung in der Strömung. Diese ungünstigen Messbedingungen können jedoch umgangen werden, indem der Abstand zwischen Messstelle und Rohrkrümmer oder Reduzierung um mehr als das vierfache des Messquerschnitts erhöht wird.

Im Fall dieses Kreiselpumpenprüfstandes wird für die messrelevante Strecke die zehnfache Länge des Messquerschnitts ( also Rohrquerschnitt an der Messstelle ) definiert, damit der erforderliche Abstand einerseits zum Pumpenflansch und andererseits zur Wirbelbildung gewährleistet ist. Dies wird sowohl auf den Zulauf als auch auf den Ablauf vor und hinter der Pumpe angewandt und ermöglicht einen flexibleren Montagebereich für die Messstellen.

Das zulaufseitige Rohr zur Kreiselpumpe wird hinter der Druckmessstrecke auf den Durchmesser DN150 des Tanksstutzens erweitert und erreicht durch das Umstellen des

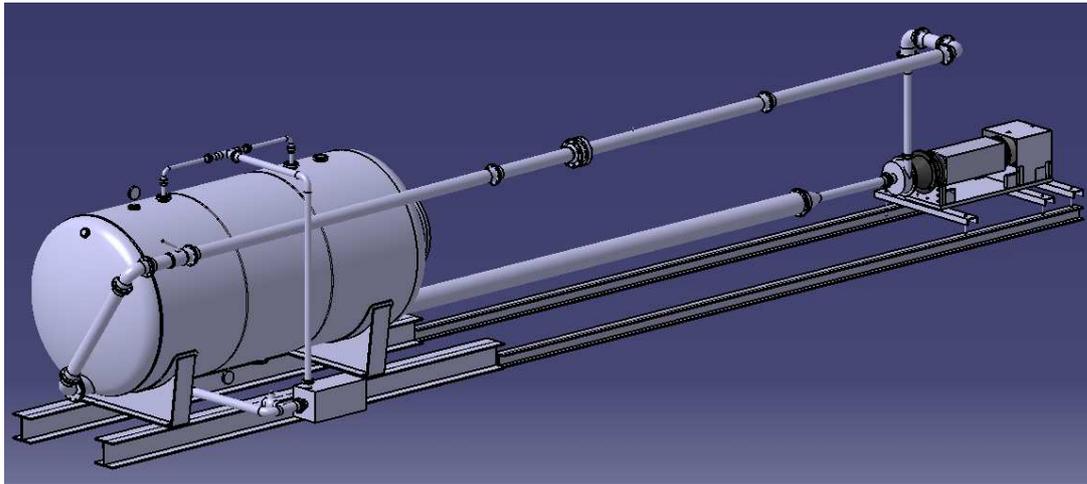


Abbildung 4.1: Zukünftiger Aufbau des Kreiselpumpenprüfstandes - *krp-004-00-02*

Druckbehälters eine Gesamtlänge von 5,85 Metern. Durch die Montage der Motoraufhängung kann der Abstand zum Druckbehälter auf maximal 6 Meter erweitert werden ( siehe Abbildung 4.1 ).

Die Aufstellung des Druckbehälters und die Festlegung der Zulaufstrecke zur Kreiselpumpe bestimmt die Länge für das rückläufige Rohr. Für den Wiederaufbau der Verrohrung werden möglichst viele Rohrabschnitte aus dem derzeitigen Aufbau verwendet. Aus Platzgründen und ungünstiger Position entfällt die Entleerung an der ursprünglichen Stelle und der Flansch wird aus seiner Verbindung mit dem Tank abgetrennt. Für die gewünschte Verbindung zwischen dem schräg verlaufendem Steigrohrabschnitt und dem Tank wird der Flansch am Rohrkrümmer abgetrennt und mit dem Flansch der zuvor abgetrennten Entleerung verschweißt. Hierbei ist auf den nötigen Abstand des Steigrohres zum Boden des Tanks zu achten. Gegebenenfalls muss zwischen Rohrkrümmer und Flansch ein kurzes Rohrstück zwischengesetzt und verschweißt werden.

Hinter dem Steigrohr verläuft das Rohrsystem waagrecht und gerade bis zur Kreiselpumpe ( vergleiche Abbildung 4.1 und 2.1 ). Als Erstes wird eine Absperrung hinter das Steigrohr montiert und anschließend nur gerade Rohrschücke wiederverwendet. An der Kreiselpumpe wird ein Versatz,  $90^\circ$  nach links und  $90^\circ$  nach unten zeigend, mit zwei Rohrkrümmern und geradem Zwischenstück angesetzt und die Verbindung zur ablaufseitigen Druckmessstrecke hergestellt.

Die zuvor eingebauten Entleerungen entfallen aus dem Rohrsystem der Kreiselpumpe. Das Ablassen des Wassers wird nun über einen eingebauten Abfluss vor der Pumpe des Entgasungssystems geregelt. Über das Sichtfenster, das geöffnet werden kann, erfolgt die Befüllung des Druckbehälters mit Hilfe eines flexiblen Schlauches.

## 5 Montage der Motoraufhängung

Um das Zusammenstellen der Motoraufhängung zu erleichtern, wird im folgenden Kapitel zu jeder relevanten Baugruppe eine Montageanleitung verfasst. Die dazugehörigen technischen Zeichnungen befinden sich im Anhang, die integrierten Stücklisten sollen den Aufbau verständlicher machen.

### 5.1 Montageanleitungen der Baugruppen

Grundsätzlich ist vor dem Aufbau der Motoraufhängung die genaue Position des Aufstellungsortes zu klären. Packen Sie die benötigten Einzelteile für Ihren Baustatz aus und prüfen Sie ihn anhand der beigelegten Teilliste auf Vollständigkeit. Sortieren Sie die Teile nach der Reihenfolge des Aufbaus. Alle Bemaßungen der Einzelteile und ihre Bohrungen befinden sich in den jeweiligen Einzelteilzeichnungen im Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen. Die Zeichnungsnummern sind in der Stückliste unter der Spalte „Teilenummer“ wiederzufinden.

#### **Werkzeug:**

1. Wasserwaage
2. Bohrmaschine
3. Bohrer mit dem Durchmesser: Ø2,5 (M3); Ø3,3 (M4); Ø5 (M6); Ø6,8 (M8); Ø8,5 (M10)
4. Schraubenschlüssel der Schlüsselweiten: SW 3, SW 6, SW 8, SW 10
5. Gewindeschneider für metrisches ISO- Gewinde der Größen: M3, M4, M6, M8, M10
6. Gummihammer
7. Stift, auf Metall schreibend

#### **Material**

- Gewindepaste
- Dichtungspaste
- Sicherungslack

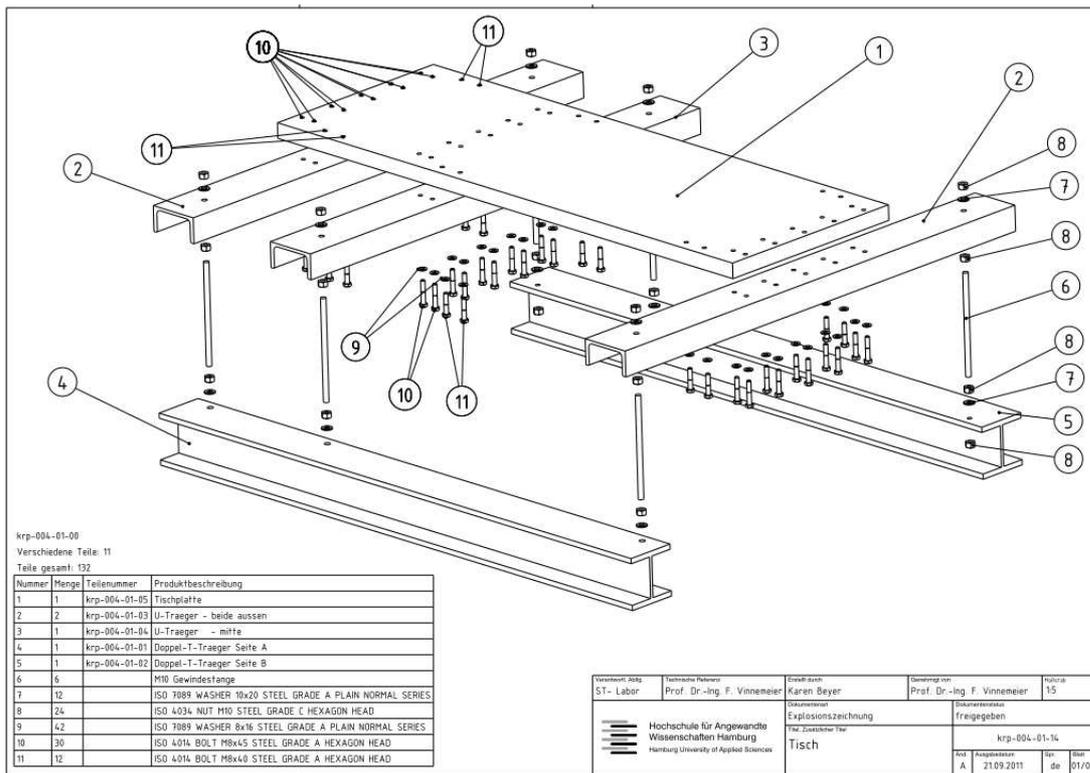


Abbildung 5.1: Baugruppe: Tisch - Technische Explosionszeichnung mit Stückliste - *krp-004-01-14*

### 5.1.1 Baugruppe: Tisch (*krp-004-01-00*)

#### Aufbau der Baugruppe: *krp-004-01-00*

- Bohren Sie die Durchgangslöcher der U- Träger ( Teile 2 und 3 ) nach den vorgegebenen Maßen
- Legen Sie die Position der Tischplatte ( in Abbildung 5.3 dargestellter Doppel-T-Träger Teil 4 ) zum Prüfstand fest und stellen Sie die Bohrung mit Gewinde M10 nach der Zeichnung *krp-004-00-00* her
- Für die Aufstellung des Tisches werden die Teile ( 6, 7 ) und ( 8 ) benötigt, wobei die Höheneinstellung noch nicht vorgegeben ist
- Nach Aufstellung der U-Träger können Sie die Tischplatte ( 1 ) auflegen
- Verbinden Sie nach der Zeichnung *krp-004-03-20* die Füße mit den Stützen und stellen Sie sie **nach Abbildung 5.3** auf. Dabei ist folgende Bezeichnung zu berücksichtigen:
  - Baugruppe: Tisch
  - Baugruppe: Festlagerung
  - Baugruppe: Loslagerung
  - Baugruppe: Kraftaufnehmer
- Schrauben Sie die Füße, die Stützen und den Kraftaufnehmer an der Tischplatte fest, nehmen Sie dafür die Schrauben ( 10, 11 ) und die Unterlegscheiben ( 9 ). Hierbei ist darauf zu achten, dass die Schrauben ( 10 ) den Kraftaufnehmer und die Füße festsetzen und die Schrauben ( 11 ) für die Stützen zu verwenden sind.

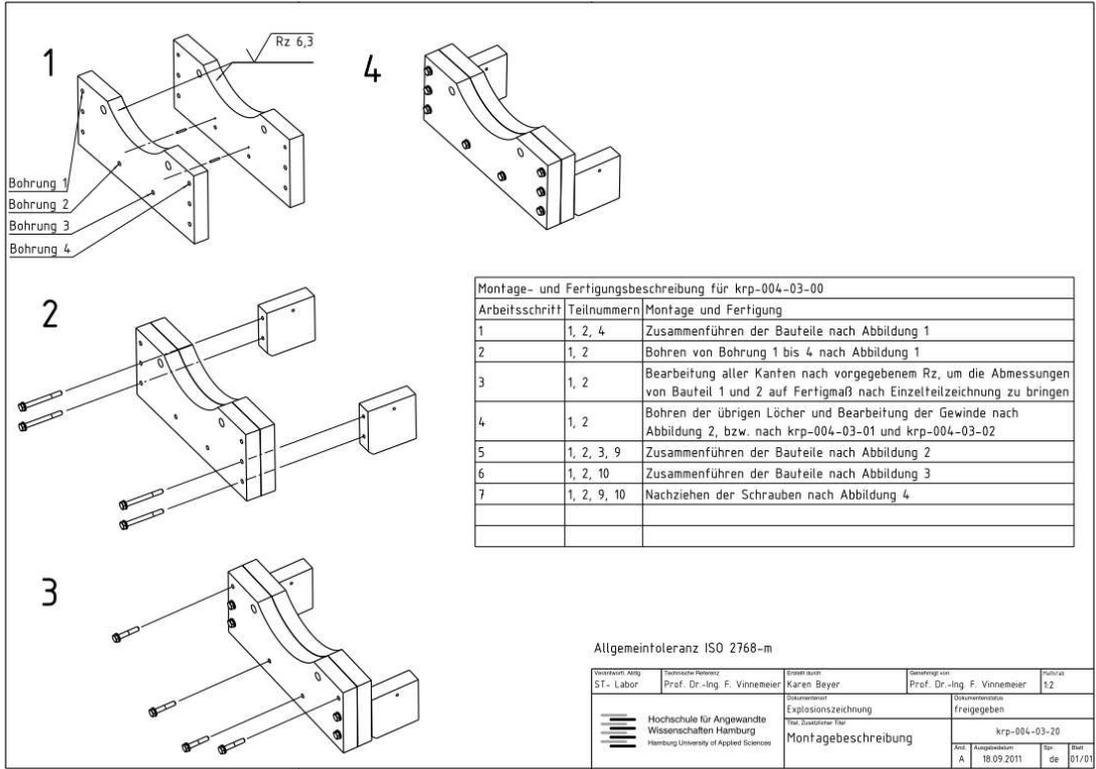


Abbildung 5.2: Baugruppe: Tisch - Montageanleitung *krp-004-03-20*

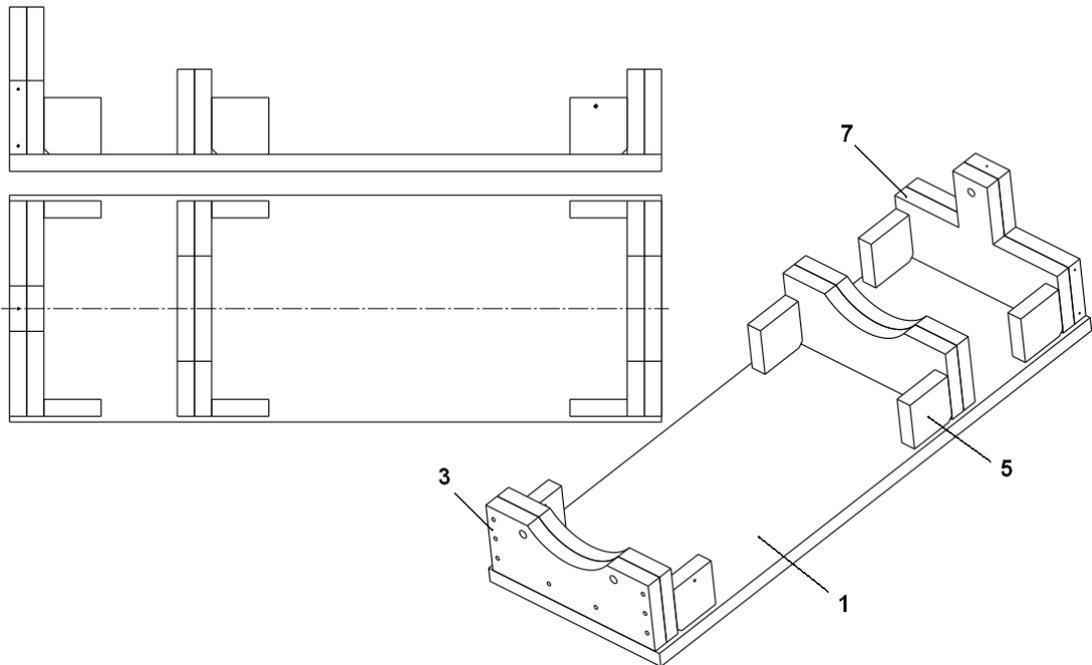
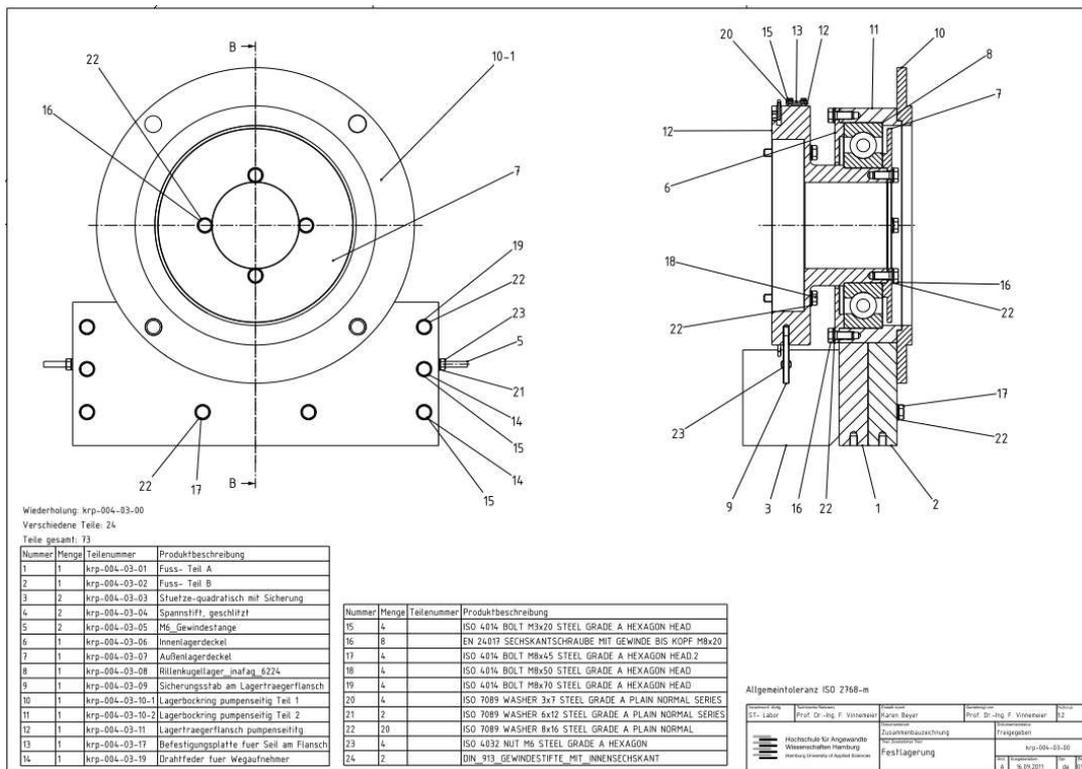


Abbildung 5.3: Baugruppe: Tisch - Aufbau der Füße, der Stützen und des Kraftaufnehmers

5.1.2 Baugruppe: Festlagerung (*krp-004-03-00*)Abbildung 5.4: Baugruppe: Festlagerung - Technische Zeichnung mit Stückliste - *krp-004-03-00*Aufbau der Baugruppe: *krp-004-03-00*

1. Schieben Sie zuerst den Innenlagerdeckel ( 6 ), anschließend das Lager ( 8 ) auf den Lagerträgerflansch ( 12 ) und sichern Sie beides durch Befestigen des Außenlagerdeckels ( 7 ) mit den Schrauben und Unterlegscheiben ( 16 + 22 )
2. Stecken Sie den Lagerträgerflansch ( 11 ) in den Lagerbockring ( 11 ) und stellen ebenfalls eine feste Verbindung mit Hilfe der Teile ( 16 ) und ( 22 ) her
3. Der Lagerbockring ( 10 ) wird später über die Verbindung der Kreiselpumpe am Fuß der Festlagerung ( 1, 2 ) befestigt
4. Befestigen Sie den Sicherungsstab ( 9 ) am vorgesehenen Gewindeloch im Lagerbockring ( 11 )
5. Drehen Sie die Gewindestangen ( 5 ) in die Stützen ( 3 ) und sichern Sie sie nach Einstellung der gewünschten Länge mit den Teilen ( 5 + 23 )
6. Die Führung des Zugdrahtes erfolgt über den Lagerbockring und wird mit einer Platte ( 13 ) und Schrauben sowie Unterlegscheiben ( 15 + 20 ) gegen Durchrutschen gesichert

5.1.3 Baugruppe: Loslagerung (*krrp-004-05-00*)

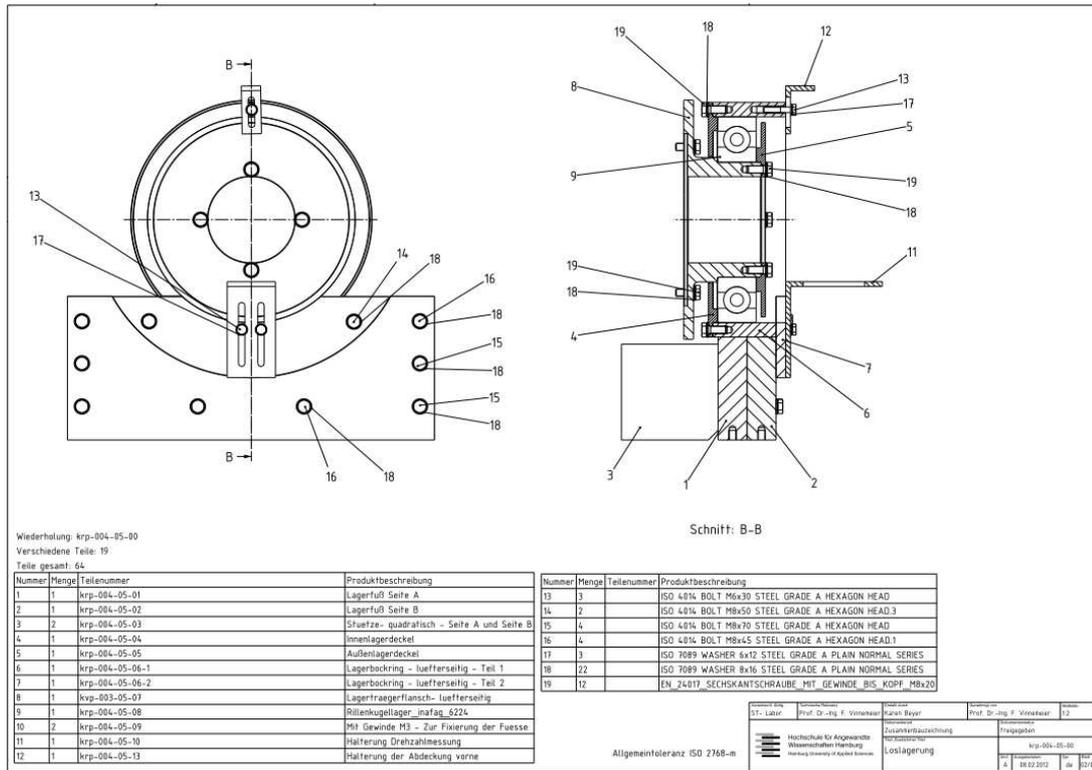


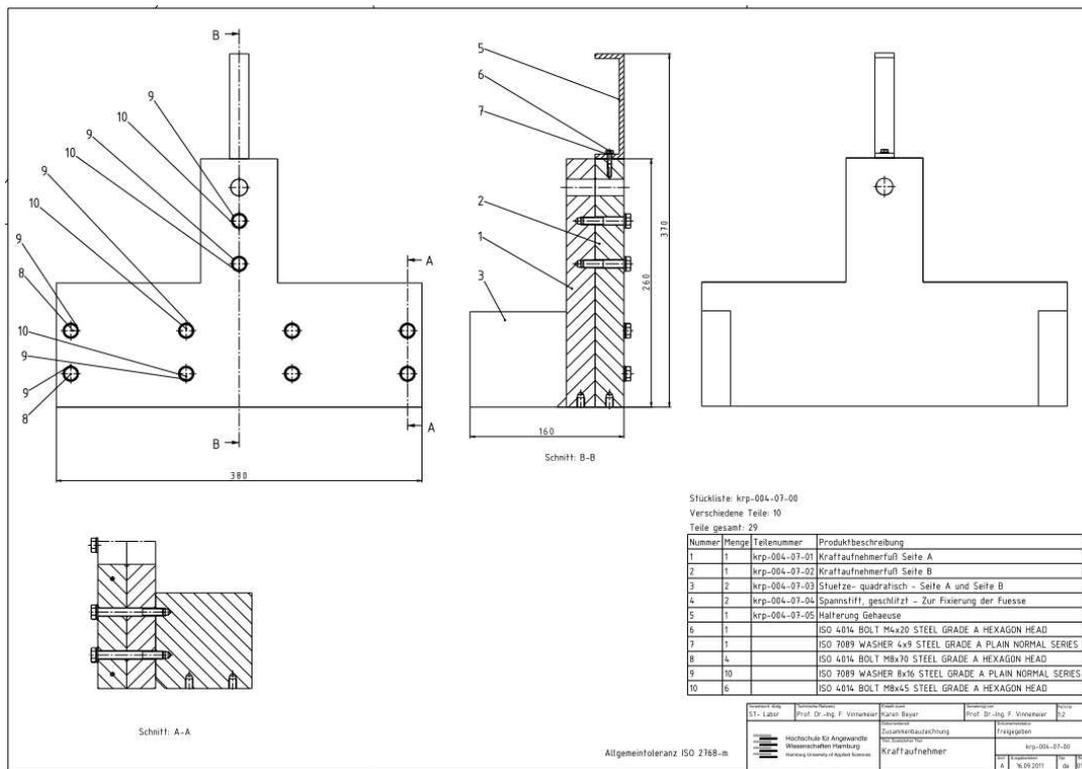
Abbildung 5.5: Baugruppe: Loslagerung - Technische Zeichnung mit Stückliste - *krrp-004-05-00*

**Aufbau der Baugruppe: *krrp-004-05-00***

1. Wie bei der Montage der Festlagerung schieben Sie zuerst den Innenlagerdeckel ( 4 ), anschließend das Lager ( 9 ) auf den Lagerträgerflansch ( 8 ) und sichern sie beides durch befestigen des Außenlagerdeckels ( 5 ) mit den Schrauben und Unterlegscheiben ( 18 + 19 )
2. Stecken Sie den Lagerträgerflansch ( 8 ) in den Lagerbockring ( 6 ) und stellen ebenfalls eine feste Verbindung mit Hilfe der Teile ( 18 ) und ( 19 ) her
3. Der Lagerbockring ( 6 ) wird mit den Schrauben ( 19 ) und Unterlegscheiben ( 18 ) am Fuß der Loslagerung ( 1, 2 ) befestigt
4. Befestigen Sie die Halterung für die Drehzahlmessung ( 11 ) und die Halterung für das Gehäuse ( 12 ) mit den Schrauben und Unterlegscheiben ( 13 + 17 ) an den angegebenen Stellen am Lagerbockring ( 7 ) ( siehe Zeichnung *krrp-004-05-00*)



darauf, dass beide Paare ( 20 + 15 ) zunächst nicht den Kraftaufnehmer berühren sollen. Erst nach der Montage des Gewindebolzens ( 7 ) in Verbindung mit dem Gelenk ( 3 ) wird eine feste Verbindung von ( 20 + 15 ) mit dem Kraftaufnehmer hergestellt.

5.1.5 Baugruppe: Kraftaufnehmer (*krp-004-07-00*)Abbildung 5.7: Baugruppe: Kraftaufnehmer - Technische Zeichnung mit Stückliste - *krp-004-07-00*Aufbau der Baugruppe: *krp-004-07-00*

1. Der Zusammenbau der Kraftaufnehmerfüße ( 1, 2 ) mit den Stützen ( 3 ) erfolgt durch ( 8, 9, 10 ) nach der Zeichnung *krp-004-07-00*, analog zu dem Zusammenbau der Lagerfüße in der Abbildung 5.2
2. Montieren Sie die Halterung des Gehäuses ( 5 ) wird wie in der Zeichnung *krp-004-07-00* dargestellt mit ( 6 + 7 )

## 5.2 Baugruppe: Gesamte Motoraufhängung (*krp-004-00-00*)

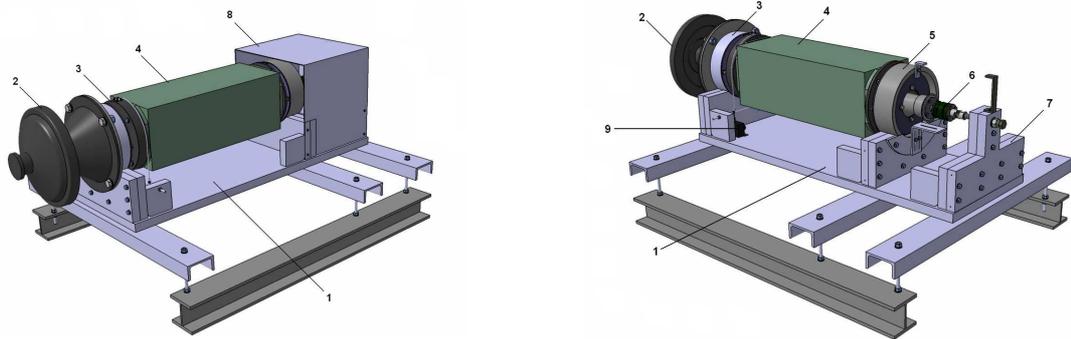


Abbildung 5.8: Gesamtaufbau der Motoraufhängung - *krp-004-00-00*

Nummer	Menge	Teilenummer	Produktbeschreibung
1	1	krp-004-01-00	Baugruppe: Tisch
2	1	krp-004-02-00	Kreiselpumpe
3	1	krp-004-03-00	Baugruppe: Festlagerung
4	1	krp-004-04-00	Gleichstrommotor
5	1	krp-004-05-00	Baugruppe: Loslagerung
6	1	krp-004-06-00	Baugruppe: Axial- und Drehzahlmesseinheit
7	1	krp-004-07-00	Baugruppe: Kraftaufnehmer
8	1	krp-004-08-00	Gehäuse
9	1	kav-003-00	Wegaufnehmer

Tabelle 5.1: Stückliste der Motoraufhängung - *krp-004-00-00*

1. Schieben Sie die fertig montierten Einheiten der Festlagerung auf das dünnere Wellenende des Gleichstrommotors und die der Loslagerung auf das dickere Wellenende
2. Verbinden Sie die Lagerträgerflansche mit den Füßen der jeweiligen Baugruppe durch Schrauben ( siehe Montagebeschreibungen 5.1.2, 5.1.3 ). Dabei ist darauf zu achten, dass die Befestigung des Festlagerflansches über den Flansch der Kreiselpumpe erfolgt
3. Ist der Motor galagert, montieren Sie die Axial- und Drehzahlmesseinheit wie in der Beschreibung unter Abschnitt 5.1.4
4. Befestigen Sie die Kreiselpumpe am Flansch der Festlagerung ( vergleiche Montagebeschreibung 5.1.2 )
5. Montieren Sie das Gehäuse ( 8 ) an den dafür vorgesehen Halterungen an Loslager und Kraftaufnehmer und der Schraubenverbindung rechts und links am Fuß des Kraftaufnehmers
6. Setzen Sie den Wegaufnehmer auf den Tisch und befestigen Sie ihn mit der vorgesehenen Verbindung zum Flansch. Montieren Sie die Gabellichtschränke für die Drehzahlmessung an der Halterung am Loslager und stellen Sie die Lochscheibe in Höhe und Abszand ein

## 6 Weiterführende Arbeiten

Für den Umbau des Kreiselpumpenprüfstandes müssen nach den Stücklisten der Zeichnungen die vorgegebenen Bau- Normteile und Messinstrumente angeschafft werden. In diesem Kapitel werden alle Tätigkeiten beschrieben, die zur Beendigung der Neugestaltung des Prüfstandes führen. Eine tabellarische Übersicht dieser Tätigkeiten befindet sich in einem Ordner im Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen.

### 6.1 Bestellungen

Da die Finazierung im Zeitraum dieser Diplomarbeit leider eingeschränkt ist, müssen viele Teile zu einem anderem Zeitpunkt angeschafft werden. In Abschnitt 3.1 auf Seite 13 befindet sich eine Kostenaufstellung aller Bauteile, in der der aktuelle Bestandsstand aufgeführt ist. Die Tabelle zeigt, dass der Gleichstrommotor, die gefrästen Bauteile, die Lager und der Wegaufnehmer bereits angeliefert wurden. Die Kosten der Verrohrung für die Messstrecke und für das Rohmaterial für die zu drehenden Bauteile können nicht vorherbestimmt werden, da sich der Marktpreis für Stahl permanent ändern kann. Um einen angemessenen Preis für die Stahlteile zu erhalten, werden Angebote von verschiedenen Anbietern eingeholt. Daher sind die Angaben einiger Firmennamen und Kosten als Vorschlag zu betrachten.

### 6.2 Prüfungen und Mängel

Vor der Montage der Motoraufhängung müssen folgende Dinge berücksichtigt und überprüft werden:

- Bei der Anfertigung des Gleichstrommotors ist, auf Grund der baulichen Vorgaben für den Motor, der Durchmesser des zweiten Wellenendes vergrößert worden. Da die Bestellung der Rillenkugellager vor der endgültigen Auftragserteilung des Gleichstrommotors erfolgt ist, muss gegebenenfalls der innere Durchmesser eines dieser Lager mit dem zweiten Wellenende des Motors abgestimmt werden.
- Um die Standsicherheit des Tisches zu erhöhen, kann man die Gewindestangen mit Stahlrohren überziehen. Die Länge dieser Rohre können aber erst gemessen werden, wenn die Höhe des Tisches mit der Pumpe so eingerichtet ist, dass sie in axialer Flucht mit dem Rohrsystem des Prüfstandes ausgerichtet ist.
- Nach Eintreffen des Gleichstrommotors sollte der Übergang von Welle zu Pumpe überprüft werden. Wenn eine direkte Verbindung nicht möglich ist, muss eine Kupplung zwischengefügt werden.
- Der Übergang vom zweiten Wellenende zur Axial- und Drehzahlmessung muss angepasst werden. Da vor Lieferung des Motors nicht vorherzusehen ist, wie der

Übergang zur Aufnahmewelle zu gestalten ist, wird eine Schraubenverbindung eingeplant. Sie könnte bei vorhandener Passfederverbindung durch die Passfeder ersetzt werden, muss jedoch zusätzlich gegen das Abrutschen gesichert sein, damit der Axial Schub der Kreiselpumpe an den Kraftaufnehmer übertragen werden kann.

- Die Zugfedern und der Zugdraht sind in der Kostenaufstellung enthalten, ihre Beschaffung erfolgt durch das Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen. Die genaue Umsetzung der Befestigung entscheidet sich erst beim Kauf dieser Teile.
- Bei der Bestellung der Lager wurde wegen einer bürokratischen Beschränkung auf den Maximalpreis von 400 € geachtet. Für die Montage der Axial- und Drehzahlmessung muss daher nachträglich ein zweites Rillenkugellager bestellt werden.
- Die Dichtungen und Schraubensätze der neu entstehenden Flanschverbindungen müssen gegebenenfalls nachträglich bestellt werden, wenn der Anbieter der Flansche keine Dichtungen und Schrauben bereitstellt.

### 6.3 Bauliche Tätigkeiten

Sind alle Einzelteile eingetroffen, kann die Motoraufhängung nach der Montagebeschreibung unter Kapitel 5 ab Seite 16 aufgebaut werden. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Montage der Aufnahmewelle der Axial- und Drehzahlmessung erst erfolgen, wenn die Bohrung und das Gewinde für die Schraubenverbindung am zweiten Wellenende des Gleichstrommotors hergestellt ist.

Die Änderungen an der Messstrecke erfolgen nach der Konstruktion krp-004-00-02. Sie sind in Kapitel 4 auf Seite 14 zusammengefasst. Im Fall der neu gelieferten Rohrsegmente müssen diese zunächst mit den dazugehörigen Flanschen durch Schweißen miteinander verbunden werden. Für die Befestigung des Rohrsystems werden die Rohrstützen demontiert und an den erforderlichen Stellen neu aufgebaut. Da die Entleerungen aus dem alten Rohrsystem des Kreiselpumpenprüfstandes entfernt werden, muss die Änderung der Ansaugleitung am Entgasungssystem durchgeführt werden. Hierbei wird eine Abzweigung eingefügt und eine feste Verbindung mit dem vorhandenen Abfluss hergestellt. Für ein angemessenes Gefälle kann der Rohrkrümmer am Anschluss des Druckbehälters durch schräges Trennen zwischen Krümmer und gradem Rohrsegment umgearbeitet werden. Mit Ablängen des geraden Rohres und erneutem Zusammenschweißen mit dem Rohrkrümmer entsteht eine Schrägung, die das Wasser zum Abfluss fließen lässt. Hiermit ist eine völlige Entleerung des gesamten Prüfstandes gegeben.

Sind alle Änderungen am Kreiselpumpenprüfstand erfolgt, kann er erstmals wieder in Betrieb genommen werden. Nach Überprüfung der Funktionstüchtigkeit und Dichtigkeit aller Bauteile kann die Modifikation des Gleichstrommotors stattfinden. Es wird mit Hilfe der Beschreibung aus der Diplomarbeit „Leistungs- und Axialkraftprüfstand für Pumpen“ [1] vorgegangen, wobei die Bestellung des Loslagers erst erfolgen kann, wenn der Motor geöffnet worden ist. Durch das Öffnen des Gehäuses und die Änderung an der Lagerung des Gleichstrommotors entfällt automatisch seine Herstellergarantie. Nach Beendigung dieser Modifizierung wird der Prüfstand erneut in Betrieb genommen. Ist der störungsfreie Betrieb ausnahmslos hergestellt, kann die Baugruppe der Axial- und Drehzahlmessung zum Einsatz kommen. Denn erst durch die Modifizierung des Motors lässt die Welle axialen Schub zu, der dann von Kraftmessdose aufgenommen wird.

Nun kann der Einbau der Messinstrumente in der Messstrecke erfolgen. Alle Messeinheiten müssen, wenn erforderlich an die nötige Versorgung angeschlossen werden. Dies gilt

ebenfalls für die Drehzahlregelung des Gleichstrommotors. Sie ist in dieser Diplomarbeit nicht ausgelegt worden und erfolgt erst im Laufe des Aufbaus.

## 7 Zusammenfassung

In dieser Diplomarbeit wurde die Auslegung und Konstruktion der Diplomarbeit „Leistungs- und Axialkraftprüfstand für Pumpen“[1] im Rahmen der geplanten Umbaumaßnahmen gesichtet und überarbeitet. Bei näherer Betrachtung der vorangegangenen Diplomarbeit ließ sich feststellen, dass die Konstruktion teilweise gar nicht oder nur unter hohem Zeit- und Kostenaufwand zu fertigen gewesen wäre. Auch die Umsetzung einiger Messvorrichtungen wurden nicht unter dem Gesichtspunkt der Kostenersparnis gewählt.

Um die Konstruktion der Motoraufhängung beurteilen zu können, kamen Kriterien zur kostengünstigeren Herstellung der Bauteile zum Einsatz. Die Folge war eine Umgestaltung aller zu fräsenden und einiger zu drehender Bauteile sowie die Verwendung einer anderen Variante der Drehzahlmessung.

Während der Erarbeitung dieser Diplomarbeit wurden der Gleichstrommotor, die zu fräsenden Bauteile, die Lochscheibe in zweifacher Ausführung, drei der vier Lager und das Drehmomentmessgerät angeschafft. Für alle weiteren Bauteile wurde für das weitere Vorgehen eine vorläufige Kostenaufstellung und eine Übersicht der noch auszuführenden Tätigkeiten angefertigt.

Für die Verlängerung der Messstrecke zur Kreiselpumpe wurde der Druckbehälter umgesetzt und die Messstrecke für die Differenzdruckmessung nach DIN EN ISO 9906:1999 ausgelegt. Hierbei wurde der Durchmesser der Zulaufstrecke zur Pumpe angepasst und die Rohrführung dahinter so verändert, dass eine möglichst lange gerade Strecke ohne Versatz entsteht. Soweit es die Umgestaltung des Rohrsystems zuließ, konnten die bereits vorhandenen Rohrabschnitte wiederverwendet werden.

Alle Änderungen an der Konstruktion der Motoraufhängung und am Rohrsystem des Kreiselpumpenprüfstandes wurden mit dem CAD-Programm CATIA V5 R19 ( *Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application* ) dargestellt und technische Zeichnungen für die spätere Fertigung angefertigt.

---

# Literaturverzeichnis

- [1] Zoltani, Ahmad Maiwand: Leistungs- und Axialkraftprüfstand für Pumpen, Diplomarbeit, 15. Februar 2011
- [2] Frenjo, Rafael: Auslegung eines Pumpenprüfstands, Diplomarbeit, 28. Januar 2004
- [3] Deutsche Norm: Kreiselpumpen (Radial-, Halbaxial-, Axialkreiselpumpen), Regeln für die Messung des hydraulischen Betriebsverhaltens, Präzisionsklasse, Deutsche Fassung EN ISO 5198:1998
- [4] Deutsche Norm: Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in voll durchströmten Leitungen mit Querschnitt, Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Anforderungen, Deutsche Fassung EN ISO 5198-1:2003
- [5] Rosoma GmbH: Betriebsanleitung für den Kreiselpumpenprüfstand 12-2320-00000. BE10/1, BE10/2, Maschinenhalle, Haus D, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Hamburg.
- [6] Deutsche Norm: Kreiselpumpen - hydraulische Abnahmeprüfung Klassen 1 und 2, Deutsche Fassung EN ISO 9906:1999, August 2002

## A Zeichnungsliste

<b>Zeichnungsnummer</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Format</b>	<b>Art</b>
krp-004-00-00	Gesamtansicht des Motors	A0	G
krp-004-01-00	Tischgestell	A0	Z
krp-004-01-01	Doppel-T-Träger	A3	T
krp-004-01-03	U-Profil	A3	T
krp-004-01-05	Tischplatte	A3	T
krp-004-01-13	Tischplatte mit Füßen und Stützen	A3	Z
krp-004-01-14	Tischplatte mit Füßen und Stützen	A3	E
krp-004-02-00	Kreiselpumpe	A3	Z
krp-004-03-00	Festlagerung	A2	Z
krp-004-03-01	Lagerfuß - Seite A	A3	T
krp-004-03-02	Lagerfuß - Seite B	A3	T
krp-004-03-03	Stütze mit Sicherung	A4	T
krp-004-03-06	Lagerdeckel - Innen	A4	T
krp-004-03-07	Lagerdeckel - Außen	A4	T
krp-004-03-10-1	Lagerbockring - Teil 1	A2	T
krp-004-03-10-2	Lagerbockring - Teil 2	A2	T
krp-004-03-11	Lagerträgerflansch	A2	T
krp-004-03-17	Befestigungsplatte	A4	T
krp-004-03-20	Lagerfuß mit Stützen - Montagebeschreibung	A3	Z / E / T
krp-004-04-00	Motor	A3	Z
krp-004-05-00	Loslagerung	A2	Z
krp-004-05-06-1	Lagerbockring - Teil 1	A3	T
krp-004-05-06-2	Lagerbockring - Teil 2	A3	T
krp-004-05-07	Lagerträgerflansch	A3	T
krp-004-05-10	Halterung für Drehzahlmessung	A4	T
krp-004-05-13	Halterung für Gehäuse	A4	T
krp-004-06-00	Axial- und Drehzahlmessung	A2	Z
krp-004-06-01	Aufnahmewelle	A3	T
krp-004-06-02	Flansch	A4	T
krp-004-06-04	Lochscheibe	A4	T
krp-004-06-05	Lagerachse	A4	T

Legende:

G: Gesamtbauzeichnung

Z: Zusammenbauzeichnung

T: Einzelteilzeichnung

E: Explosionszeichnung

Tabelle A.1: Liste aller technischen Zeichnungen - Teil 1

<b>Zeichnungsnummer</b>	<b>Bezeichnung</b>	<b>Format</b>	<b>Art</b>
krp-004-06-06	Sicherungsscheibe	A4	T
krp-004-06-07	Gewindestange M16 zu m12	A4	T
krp-004-06-08	Kraftaufnehmerflansch - Seite A	A4	T
krp-004-06-09	Kraftaufnehmerflansch - Seite B	A4	T
krp-004-07-00	Kraftaufnehmer	A2	Z
krp-004-07-01	Kraftaufnehmerfuß - Seite A	A3	T
krp-004-07-02	Kraftaufnehmerfuß - Seite B	A3	T
krp-004-07-05	Halterung für Gehäuse	A4	T
krp-004-08-01	Gehäuse	A4	T
Legende: G: Gesamtbauzeichnung Z: Zusammenbauzeichnung T: Einzelteilzeichnung E: Explosionszeichnung			

Tabelle A.2: Liste aller technischen Zeichnungen - Teil 2





Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

*Hamburg University of Applied Sciences*

## Erklärung zur selbständigen Bearbeitung einer ausgeführten Diplomarbeit

Zur Erläuterung des Zwecks dieses Blattes:

§ 27 Abs. 5 der Prüfungs- und Studienordnung M+P vom 13. November 2001 lautet:

„Zusammen mit der Diplomarbeit ist eine schriftliche Erklärung abzugeben, dass die Arbeit — bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit — ohne fremde Hilfe selbständig 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.“

Dieses Blatt mit der folgenden Erklärung ist nach Fertigstellung der Arbeit durch jede/n Kandidat/en/in auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift (keine Ablichtungen !) als letztes Blatt des als Prüfungsexemplar der Diplomarbeit gekennzeichneten Exemplars einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann — auch nachträglich — zur Ungültigkeit der Diplomprüfung führen.

### Erklärung

Hiermit versichere ich,

Name: Beyer Vorname: Karen

dass ich die vorliegende Diplomarbeit — bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit — mit dem Thema

„Aufbau des drehzahlgeregelten Antriebs für den Kreiselpumpenprüfstand“

ohne fremde Hilfe selbständig 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 Diplomarbeit ist erfolgt durch ...

---

Hamburg

Datum

Unterschrift im Original

