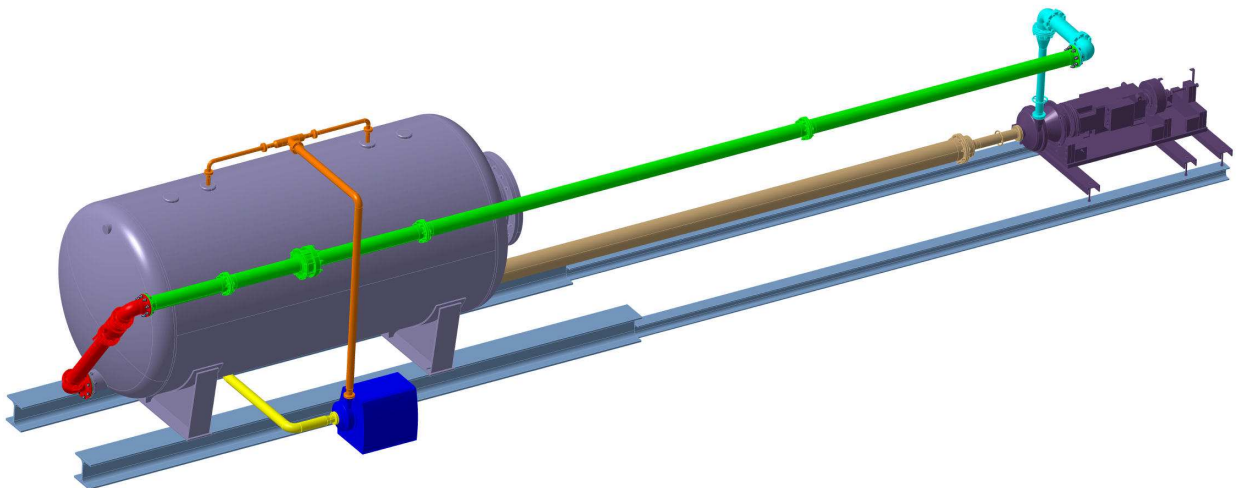


Optimierung der Auslegung des Kreiselpumpenprüfstands und sicherheitstechnische Überarbeitung

Bachelor-Arbeit

Bercan Tuna

Matr.-Nr.: 197 24 79



1. Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Franz Vinnemeier
2. Betreuer: Dipl.-Ing. Elena Nitze
Abgabedatum: 8. September 2014

Kurzzusammenfassung

Bercan Tuna, 197 24 79

Thema der Bachelorarbeit

Optimierung der Auslegung des Kreiselpumpenprüfstands und sicherheitstechnische Überarbeitung

Stichworte

Antriebsmotor, Kreiselpumpe, Prüfstand, Druckbehälter

Kurzfassung

In der vorliegenden Bachelorarbeit geht es um die endgültige Auslegung der Motoraufhängung und die Änderung und Optimierung der Messleitungen nach DIN EN ISO 9906 Klasse 1. Dabei werden alle offenen und unklaren Punkte geklärt, sodass alle nach zu fertigenden Bauteile angefertigt werden können, und der Aufbau des Kreiselpumpenprüfstand einwandfrei in Betrieb gehen kann.

Zudem wird der Druckbehälter des Kreiselpumpenprüfstandes in Hinblick der Standfestigkeit betrachtet und geprüft. Der Druckbehälter soll in seinem Betriebsbereich soweit erweitert werden, dass auch hier ein Versagen des Druckbehälters auszuschließen ist.

Abstract

Bercan Tuna, 197 24 79

Title of the paper

Optimization the design of centrifugal pumps test rig and safety revision

Keywords

drive motor, centrifugal pump, test bench, pressure vessel

Abstract

The present thesis deals with the final design of the engine mount and the modification and optimization of the measuring cable to DIN EN ISO 9906 Class 1. Resolving all open and non-specific points, all unfinished components can be customized and the construction of the centrifugal pump test rig properly can start.

In addition, the pressure vessel of the centrifugal pump test rig is considered in terms of stability and verified. The pressure vessel is to be so far extended in its operating range, that a failure of the pressure vessel is excluded.

Bercan Tuna

Hinterm Teich 36

21217 Seevetal

Matr.-Nr.: 197 24 79

Tel.: 0174/3 26 14 10

E-Mail: bercan.tuna@haw-hamburg.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Prüfstandbeschreibung	2
2.1	Aufbau des Prüfstandes	2
2.1.1	Aufgaben und Wirkprinzip des Kreiselpumpenprüfstandes	4
2.2	Derzeitiger Zustand	5
2.2.1	Erforderliche Arbeiten für den Umbau	5
2.3	Verwirklichung der Struktur im Rechner	8
2.3.1	Ansaugleitung	9
2.3.2	Gesamtkonstruktion der Druckleitung	11
2.4	Notwendige Modifizierung	13
3	Sicherheitstechnische Grundlagen	14
3.1	Europäische Richtlinie für Druckbehälter	14
3.1.1	Allgemein	14
3.1.2	CE-Kennzeichnung	16
3.1.3	Benannte Stelle	17
3.1.4	Produktsicherheitsgesetz	17
3.1.5	Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz	17
3.1.6	14. ProdsV - Druckgeräteverordnung	18
3.2	Druckgeräterichtlinie DGRL (97/23/EG)	19
3.2.1	Geltungsbereich und Begriffsbestimmung	19
3.2.2	Einstufung von Druckgeräten - Gefahrenpotential	20
3.2.3	Konformitätsvermutung	21
3.2.4	Konformitätsbewertung	21
3.3	Grundlegende Sicherheitstechnische Anforderungen	23
3.3.1	Allgemeines	23
3.3.2	Entwurf	24
3.3.3	Fertigung	25

3.3.4	Abnahme	26
3.3.5	Kennzeichnung und Etikettierung	26
3.3.6	Leitlinien	26
3.3.7	Rechtsstatus der Leitlinien	26
3.4	Normen zur Erfüllung der Beschaffenheitsanforderungen	28
3.4.1	Normen	28
3.4.2	AD 2000-Merkblatt	28
3.4.3	Harmonisierte Normen	32
4	Entwurfsprüfung	33
4.1	Druckbehälterberechnung nach AD 2000	33
4.1.1	Zylinderschale unter inneren Überdruck	33
4.1.2	Zylinderschale gewölbter Boden mit Stützen	35
4.1.3	Zylinderschale unter äußerem Überdruck	40
4.1.4	Auswertung	42
4.2	Tatsächlicher Betriebsbereich	43
4.2.1	Maximaler annehmbarer Betriebsdruck	43
4.2.2	Minimaler annehmbarer Betriebsdruck	44
4.3	Prüfbescheinigungen	45
4.3.1	Abnahmeprüfzeugnis	45
4.4	Zusammenfassung	46
5	Aufbau des Antriebsmotors	47
5.1	Bedingung	47
5.2	Modifikation des Motors	47
5.2.1	Lösungsvariante 1	50
5.2.2	Lösungsvariante 2	50
5.2.3	Lösungsvariante 3	51
5.3	Bewertung der Lösungsvarianten	53
5.4	Planung des Umbaus	54
5.5	Konstruktive Umsetzung	55
6	Umbaumaßnahmen am Prüfstand	58
6.1	Veränderung der Rohrleitungen	58
6.2	Offene Punkte	61
7	Zusammenfassung	65

Literatur	66
A ANHANG I Abnahme von Druckgeräten	68
B ANHANG II Konformitätsbewertungsdiagramm	77
C ANHANG III Konformitätsbewertungsverfahren - Module	87
D ANHANG Abnahmeprüfzeugnis - Werkstoffbescheinigung	91
E Technische Zeichnungen	93

Abbildungsverzeichnis

2.1	Derzeitiger Aufbau des Kreiselpumpenprüfstands [3]	3
2.2	Darstellung der Messstelle im Aufbau [2]	3
2.3	Aufbau der Zeichnungs- und Teilenummern	9
2.4	Aufbau der Struktur	10
2.5	Ordnerverzeichnis der Baugruppe Ansaugleitung (<i>krp-005-01</i>)	11
2.6	Ordnerverzeichnis der Baugruppe DruckleitungA (<i>krp-005-02</i>)	12
2.7	Ordnerverzeichnis der Baugruppe DruckleitungB (<i>krp-005-03</i>)	13
2.8	Ordnerverzeichnis der Baugruppe DruckleitungC (<i>krp-005-04</i>)	13
3.1	Unterschied bei der Herstellung und dem Betrieb [6]	15
3.2	Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz [6]	18
3.3	Allgemeine und spezifische Anforderungen [6]	23
3.4	Normen zur Erfüllung der Anforderungen [6]	28
4.1	gewölbter Boden [12]	36
4.2	scheiben- und rohrförmige Verstärkung [14]	37
4.3	Berechnungsschema für kugelige Grundkörper [14]	40
5.1	Gleichstromnebenschlussmotor LAK 4112-B (<i>krp-005-12-01-00</i>)	48
5.2	Gleichstromnebenschlussmotors LAK 4112-B - Seite B	49
5.3	Darstellung des Zusammenbaus des Zusatzblocks (<i>krp-005-12-04-04</i>)	50
5.4	Lageranschluss	51
5.5	Isometrische Darstellung der Lösungsvariante 2 der Motoraufhängung	51
5.6	Schnittdarstellung des überarbeiteten Lagerträgerflansches	52
5.7	Gesamtaufbau der Motoraufhängung	52
5.8	Zeichnerische Darstellung der Festlagerung (<i>krp-005-12-02-00</i>)	55
5.9	Zeichnerische Darstellung der Loslagerung (<i>krp-005-12-03-00</i>)	56
5.10	Zeichnerische Darstellung der Axial- und Drehzahlmessung	56
6.1	Aufbau des überarbeiteten Kreiselpumpenprüfstands	58

6.2	Darstellung des Pumpenanschlusses der Saugseite (<i>krp-005-01-02-00</i>) . . .	59
6.3	Darstellung des Pumpenanschlusses der Druckseite (<i>krp-005-02-01-00</i>) .	60
A.1	ANHANG I Abnahme von Druckgeräten	76
B.1	ANHANG II Konformitätsbewertungsdiagramme	86
C.1	Modul A	87
C.2	Modul A1, D1, E1	88
C.3	Modul B1+D, B1+F	88
C.4	Modul B+E, B+C1	88
C.5	Modul H	89
C.6	Modul G	89
C.7	Modul B+D, B+F	89
C.8	Modul H1	90
D.1	Abnahmeprüfzeugnis - Werkstoffbescheinigung	92

Tabellenverzeichnis

2.1	Komponenten und technische Daten des Prüfstandes [2]	4
2.2	Gesamtzeichnungsliste der Rohrleitungen	7
2.3	Gesamtzeichnungsliste der Rohrleitungen - Fortsetzung	8
3.1	Inhalt der Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz	18
3.2	Artikel der Druckgeräterichtlinie [7]	19
3.3	Konformitätsbewertungsdiagramme	21
3.4	Betriebsbedingungen Druckbehälter	22
4.1	Berechnungskennwerte Zylinderschale unter inneren Überdruck	34
4.2	Berechnungskennwerte Zylinderschale gewölbter Boden	35
4.3	Berechnungskennwerte Stützen	35
4.4	Berechnungskennwerte Zylinderschale unter äußerem Überdruck	41
4.5	Ergebnisse der berechneten inneren Drücke in Übersicht	43
4.6	Ergebnisse der berechneten äußeren Drücke in Übersicht	43
4.7	Arten der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204	45
5.1	Daten des Gleichstromnebenschlussmotors	49
6.1	Gesamtzeichnungsliste mit den neuen bzw. überarbeiteten Baugruppen .	62
6.2	Gesamtzeichnungsliste mit den neuen bzw. überarbeiteten Baugruppen - Fortsetzung	63
6.3	Gesamtzeichnungsliste mit den neuen bzw. überarbeiteten Baugruppen - Fortsetzung	64

Formelzeichen, Symbole, Index und Abkürzungen

Formelzeichen, Symbole

A_p	mm^2	druckbelastete Fläche
A_σ	mm^2	tragende Querschnittsfläche
b	mm	mittragende Breite
C_1	mm	Minustoleranz
C_2	mm	Abnutzung
D_a	mm	Außendurchmesser Behälter
d_a	mm	Außendurchmesser Stutzen
DN	mm	Nennweite
E	N/m^2	Elastizitätsmodul
h	–	aufgeschweißte Verstärkungsscheibe
l_s	m	Vorhandene mittragende Stutzenlänge
L	mm	Abstand der benachbarten Stutzen
m	mm	Innerer Überstand des Stutzens
n	$1/s$	Drehzahl
n	–	Anzahl der Beulwellen
P	W	Leistung
p_a	mm	minimaler Betriebsdruck, Druck zur Umgebung
p_i	mm	maximaler Betriebsdruck
p_r	mm	fiktiver Druck bei voller Ausnutzung der Spannung
PS	bar	zulässiger Druck
r	mm	innere Krempe radius
s	mm	gewählte Wanddicke
S_i	–	Sicherheit
s_e	mm	erforderliche Wandstärke
S_k	–	Sicherheit gegen elastisches Einbeulen
$s_{Kalotte}$	mm	erforderliche Wandstärke im Bereich der Kalotte
s_{Krempe}	mm	gewählte Wandstärke im Bereich der Krempe
S_p	–	Sicherheit gegen plastisches Verformen
t_B	$^\circ C$	Berechnungstemperatur
T	K	Temperatur
TS	K	zulässige Temperatur
u	%	Unrundheit
v	–	Schweißnahtwertigkeit
\dot{V}	m^3/s	Volumenstrom
v_a	–	Verschwächungsbeiwert
Z	–	Beiwert
β	$1/K$	isochorer Ausdehnungskoeffizient

Index

<i>a</i>	außen
<i>elas</i>	elastisches Einbeulen
<i>i</i>	innen
<i>min</i>	Minimal
<i>max</i>	Maximal
<i>plas</i>	plastisches Verformen
<i>prüf</i>	Prüfen
<i>r</i>	Fiktiv; unter Wechselbeanspruchung
<i>gew</i>	gewölbten Bodens
<i>zyl</i>	Zylindrisch

Abkürzungen

ZET	Zentrum für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen
DIN	deutsches Institut für Normung
EN	Europäische Norm
HAW	Hochschule für Angewandte Wissenschaft
Pos	Positionsnummer
DGRL	Druckgeräterichtlinie, EU-Richtlinie 97/23/EG
EWR	Europäischen Wirtschaftsraumes
CE	Communautés Européennes (Europäische Gemeinschaft)
VDI	Verein deutscher Ingenieure
ProdSV	Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Druckgeräteverordnung)
Art	Artikel
Abs	Absatz
CSPRS	gesteuerte Sicherheitseinrichtung
SRMCR	mess- und regeltechnische Schutzeinrichtung
QS	Qualitätssicherung
AD	Ausschuss Druckbehälter
CEN	Europäisches Komitee für Normung
CENELEC	Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung
QM	Qualitätsmanagement
Tb.	Tabelle
Abb.	Abbildung

1 Einleitung

In dieser Arbeit geht es um die Fertigstellung des Kreiselpumpenprüfstands im Institut für erneuerbare Energien und energieeffiziente Anlagen an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg in Fortsetzung an die Diplomarbeit „Aufbau des drehzahlgeregelten Antriebs für den Kreiselpumpenprüfstand“ [1] angesichts der Optimierung der Konstruktion für die spätere Fertigung.

Der Prüfstand wird für Lehrveranstaltungen konzipiert, womit den Studierenden eine praktische Veranschaulichung der theoretisch erlernten Grundlagen der Strömungsmechanik ermöglicht wird. Hierbei wird der grundlegende Aufbau eines Pumpenprüfstands dargelegt und die Kennlinienermittlung durch Messung von Förderhöhe, Volumenstrom, Massenstrom und Differenzdruck der Kreiselpumpe und die Bestimmung des *NPSH*-Wertes (Net positive Suction Head) vorgestellt.

Der bisher als Antriebsmotor der Kreiselpumpe vorgesehene Wechselstrommotor wird durch einen Gleichstrommotor mit Drehzahlregelung ausgetauscht. Für die Konzipierung des Prüfstands mit Wechselstrommotor wurden bereits die Motoraufhängung, dessen Versorgung und die Messinstrumente konstruktiv ausgelegt [1].

In dieser Arbeit werden die Aufhängung des Motors und die dazugehörigen Messsysteme für Drehzahl und Drehmoment den aktuell geltenden Anforderungen angepasst, sowie die Bauelemente der Motoraufhängung fertigungstechnisch optimiert bzw. neu konzipiert. In Kapitel 5 werden die Anforderungen an den Antriebsmotor aufgeführt.

Durch das Umstellen des Druckbehälters und die überarbeitete Motoraufhängung werden Veränderungen an der Messleitung gemäß DIN EN ISO 9906 Klasse 1 vorgenommen. Zudem werden durch die Umbaumaßnahmen, eine bessere Bedienbarkeit und Zugänglichkeit der Anlage z.B. bei Wartungsarbeiten und Inspektion gewährleistet.

Die Konstruktion aller am Kreiselpumpenprüfstand vorgenommenen Veränderungen der Bauelemente sind mit dem CAD-Programm CATIA V5 R21 der Firma Dassault Systems für die spätere Fertigung anzufertigen.

Diese Arbeit beinhaltet zudem, sowohl die Entwurfsprüfung des Druckbehälters als auch die Berechnung des tatsächlich annehmbaren maximalen und minimalen Drucks, dem der Druckbehälter standhält.

Ziel dieser Arbeit ist die Modifizierung der Motoraufhängung und die endgültige Auslegung der Messleitung, sodass der Aufbau und Betrieb des Prüfstandes einwandfrei erfolgen kann.

2 Prüfstandbeschreibung

2.1 Aufbau des Prüfstandes

Vonseiten des Herstellers besteht der Aufbau des kompletten Kreiselpumpenprüfstands aus drei verschiedenen Systemen, die miteinander verbunden sind. Der Kreiselpumpenprüfstand setzt sich aus folgenden Systemen zusammen:

- Behälter
- Systementgasung und
- Messleitung.

In den bisherigen Arbeiten wurde bereits eine Struktur eingeführt. Diese Struktur wird in dieser Arbeit fortgeführt. Dazu später mehr siehe Kapitel 2.3.

Zu Beginn dieser Arbeit ist der komplette Prüfstand in 11 Baugruppen unterteilt. Dazu gehören:

1.	krp-005-01-00	Ansaugleitung	(Farbe: Beige)
2.	krp-005-02-00	DruckleitungA	(Farbe: Grau)
3.	krp-005-03-00	DruckleitungB	(Farbe: Grün)
4.	krp-005-04-00	DruckleitungC	(Farbe: Rot)
5.	krp-005-05-00	Behälter	(Farbe: Dunkelgrau)
6.	krp-005-06-00	Entgasungssystem	(Farbe: Orange)
7.	krp-005-07-00	Anschlussstück Entgasung	(Farbe: Gelb)
8.	krp-005-08-00	Entgasungssystem Pumpe	(Farbe: Blau)
9.	krp-005-09-00	Grundrahmen	(Farbe: Hellblau)
10.	krp-005-10-00	Kreiselpumpe	(Farbe: Lila)
11.	krp-005-11-00	Motor-Tisch	(Farbe: Türkis)

In Abbildung 2.1 ist der bisherige Aufbau des Kreiselpumpenprüfstands mit einem Wechselstrommotor IEC-Motor Typ B35, 50 Hz dargestellt.

Der Prüfstand wurde 2010 von der Firma Rosoma GmbH aufgebaut und erst mal in Betrieb genommen [2].

Der **Druckbehälter** (*krp-005-05-00*) ist ein waagrecht gelagerter Tank, welcher zur Wasseraufnahme (Befüllung ca. $3/4$ voll) dient und aus dem die zu untersuchende Kreiselpumpen über die Ansaugstrecke (*krp-005-01-00*) ansaugt. Der Druckbehälter besitzt ein Volumen von 5000 l und ist für einen Druckbereich von $-0,5 \text{ bar}$ bis 2 bar und einem Temperaturbereich von 0° bis 50° ausgelegt.

Der gesamte Prüfstand wird aus korrosionsbeständigem Edelstahl der Güten 1.4301/1.4404 gefertigt.

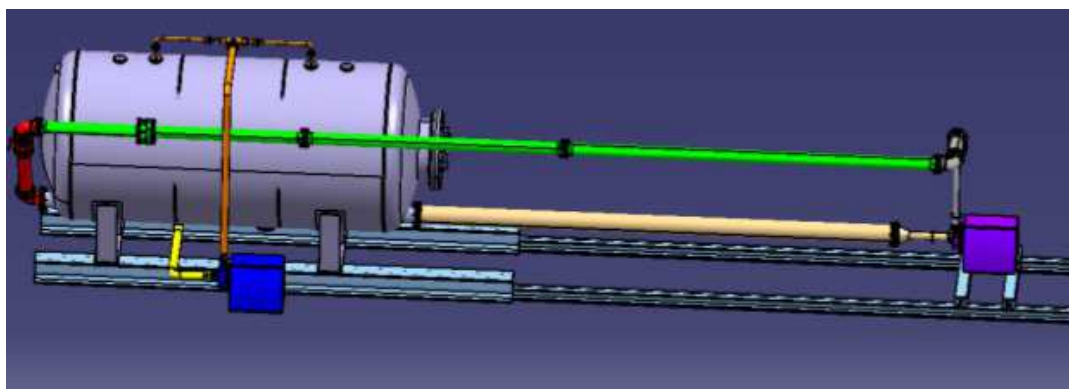


Abbildung 2.1: Derzeitiger Aufbau des Kreislumpenprüfstandes [3]

Im Inneren des Druckbehälters sind zwei Innenwände eingeschweißt, welche im Bereich unterhalb des Wasserspiegels drei Kammern bilden. Sie dienen der Strömungsberuhigung, um der Kreislumpen eine gasfreie Wasserzufuhr mit homogenem Geschwindigkeitsprofil zu liefern. Außerdem dienen die Innenwände zur Verstärkung des Druckbehälters. Siehe dazu Kapitel 4.

Ein weiteres System des Prüfstandes ist das **Entgasungssystem**. Es setzt sich aus drei Baugruppen (*krp-005-06-00*, *krp-005-07-00*, *krp-005-08-00*) zusammen. Es dient der Entgasung des Wassers vor und während des Betriebs der Kreislumpen. Zur Entgasung des Wassers wird das Wasser über zwei Sprühdüsen fein verteilt und in dem Behälter umgewälzt. Dieser steht dabei unter einem hohen Vakuum, dass von einer Vakuumpumpe aufrecht erhalten wird.

In Abbildung 2.1 ist zum besserem Verständnis der Aufbau der Messstelle dargestellt.

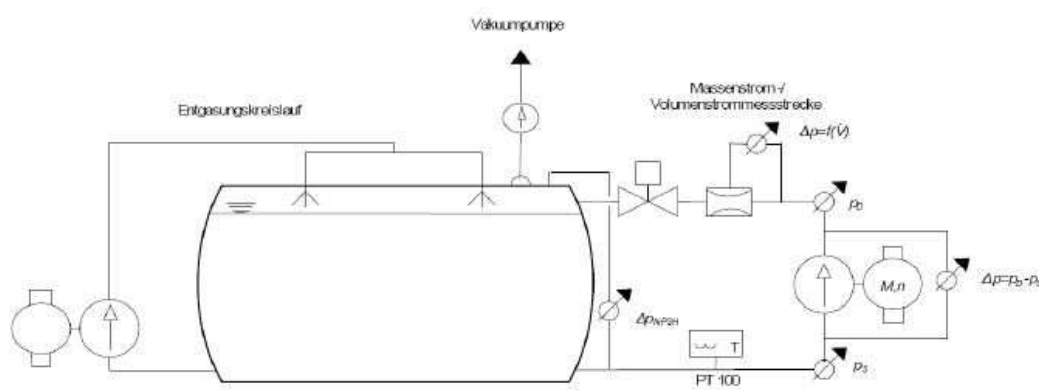


Abbildung 2.2: Darstellung der Messstelle im Aufbau [2]

Auf der anderen Seite wird das Wasser unterhalb des Druckbehälters von einer Umwälzpumpe (*krp-005-08-00*) angesaugt und das senkrecht verlaufende Steigrohr über zwei Zuläufe dem Behälter oberhalb zu geführt (*krp-005-06-00*) (Siehe Abbildung 2.2). Diese beiden Anschlüsse beinhalten zwei Sprengleranlagen, in denen das Wasser durch feine Kugeln (Sprühkugeln) in feine Tropfen versprüht wird. Auf dieser Weise kann das Gas, welches sich im Wasser befindet, entweichen und sich im oberen Bereich des Druckbehälters sammeln.

Während sich der Prüfstand in Betrieb befindet, wird das Wasser über die zu untersuchende Kreislumpen (*krp-005-05-00*) umgewälzt, die durch den Gleichstrommotor

Kreiselpumpe:	Typ TP3050
Leistung:	18,5 kW
Drehzahl:	2900 U/min
Material Druckbehälter	1.4404
Nennvolumen:	5000 l
Druckbereich:	– 0,5 bar bis 2 bar
Temperatur:	0° bis 50°
Material Messleitung:	1.4301 / 1.4404

Tabelle 2.1: Komponenten und technische Daten des Prüfstandes [2]

angetrieben wird. Die Kreiselpumpe saugt das Wasser im Druckbehälter über die waagrecht verlaufende Ansaugleitung (*krp-005-01-00*) der Größe DN 150 \Rightarrow DN 66 an und pumpt es zunächst senkrecht nach oben und über die ebenfalls waagrecht verlaufende Druckleitung (*krp-005-02-00*, *krp-005-03-00*, *krp-005-04-00*) der Größe DN 100 zurück in den Druckbehälter ab.

Das Wasser wird senkrecht über der Kreiselpumpe mit einem Versatz von zweimal 90° zurück zum Druckbehälter geführt. Ungefähr im letzten Drittel der Druckleitung liegt ein Drosselgerät in Form einer ISA 1932-Düse (*krp-005-03-03-03*), mit der durch die Leitung fließenden Volumen- und Massenstrom gemessen wird. Das Drosselventil befindet sich hinter der Massenstrommessstrecke im Rücklauf zum Tank (*krp-005-05-00*).

In Tabelle 2.1 sind die wesentlichsten Komponenten und die technischen Daten des Prüfstands aufgeführt [2].

2.1.1 Aufgaben und Wirkprinzip des Kreiselpumpenprüfstandes

Der Prüfstand ist nach DIN EN ISO 5198 [4] als geschlossener Wasserkreislauf ausgelegt und dient zur Prüfung von Kreiselpumpen verschiedener Bauart und Größe.

Die Aufgabe des Prüfstands besteht darin, Kennfelder zu ermitteln, die den gesamten Betriebsbereich der Pumpe enthalten. Des Weiteren wird durch den Prüfstand, der durch die Pumpe erreichte NPSH-Wert erfasst. Der Begriff NPSH-Wert stammt aus den USA und steht für „Net positive Suction Head“. Es stellt ein Maß für die auftretende Kavitation dar.

Die Zu- und Abströmleitung enthält die Druckmessstellen für die Messung der Druck-erhöhung durch die Kreiselpumpe.

Weiterhin wird der Massen- bzw. Volumenstrom über eine ISA-1932 Düse nach DIN EN ISO 5167-1 gemessen [5].

Durch Öffnen des Drosselventils hinter dem Druckbehälter — beginnend mit vollständig geschlossenem schrittweise bis zum vollständig geöffnetem Ventil — werden die Messungen durchgeführt, wodurch sich eine Drosselkurve bildet. Mehrere Drosselkurven zusammen stellen das Kennfeld der Kreiselpumpe dar.

Bei Überschreitung des Betriebsbereichs der Pumpe, kann es zur Überhitzung des Förderguts und folglich zur mechanischen Überlastung von Laufrädern, Lagern, Wellendichtring und Ventilen kommen. Um derartige Schäden vorbeugen zu können, ist ein langfristiger Betrieb der Kreiselpumpe außerhalb des Betriebsbereich zu vermeiden.

Im Folgenden sind die, gemäß DIN ISO 5198, vorgeschriebenen Prüfbedingungen aufgeführt [4]:

- Die Flüssigkeit muss sauber und klar sein.
- Bei Auftreten der Kavitation in der Pumpe darf an keiner weiteren Stelle des Prüfstands Kavitation entstehen.
- Das durch Kavitation freigesetzte Gas darf die Funktion der Messgeräte nicht beeinflussen.
- Es müssen Elemente zur Entlüftung oder Entgasung des Behälters vorhanden sein, insbesondere für niedrige NPSH-Werte.
- Eine Entgasung der Flüssigkeit ist nur erforderlich, wenn die Pumpe in der Praxis auch mit entgaster Flüssigkeit arbeiten soll.
- Um Ausgasungen 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.

„Der Gesamtgasgehalt sollte für das Entgasungssystem nach DIN EN ISO 5198 bekannt sein. Das Gesamtgasgehalt beschreibt sowohl das freie als auch das gelöste Gas in der Flüssigkeit, welches sich in der Prüfanlage befindet“ [4].

In dem Prüfstand wird der Gasgehalt am Eintritt der Pumpe bestimmt.

2.2 Derzeitiger Zustand

Der Druckbehälter ist auf die richtige Position umgestellt. Dafür mussten alle Verrohrungen aus Platzgründen demontiert werden.

Der obere Teil des Entgasungssystems, also die zwei Sprenkleranlagen, sind bereits an den Druckbehälter angebracht.

Derzeit steht noch der alte Wechselstrommotor auf dem Prüfstand, welcher durch den neuen Gleichstrommotor ersetzt wird. In Kapitel 5 wird auf dieses Thema näher eingegangen.

Der Aufbau des Kreiselpumpenprüfstand kann erst nach endgültiger Auslegung der Motoraufhängung, Umgestaltung der Messleitung und nach Lieferung der fehlenden Bauelemente erfolgen.

2.2.1 Erforderliche Arbeiten für den Umbau

Der Ausmaß der erforderlichen Arbeiten setzt sich zusammen aus:

- der Optimierung der Konstruktion der Drehteile der Motoraufhängung
- der Überarbeitung der Zuströmleitungen vom Druckbehälter zur Kreiselpumpe einschließlich Beschaffung und Fertigung und
- der Überarbeitung der Druckleitung wegen der geänderten Rohrleitungslänge.

Der Behälter (*krp-005-05-00*) und das Entgasungssystem (*krp-005-06-00*) wurden bereits in einer vorangegangene Arbeit behandelt und werden hier nicht weiter aufgeführt.

Das Rohrsystem des Kreiselpumpenprüfstandes wurde in der Bachelorarbeit [3] ausgelegt und in Form eines CAD-Modells mit dem CAD-Programm CATIA V5 R21 erstellt. Diese Dateien werden auf Richtigkeit überprüft, korrigiert und weiter optimiert.

Da die Motoraufhängung noch nicht fertig ausgelegt ist, erfolgt die endgültige Umgestaltung der Messleitung erst nach Auslegung der Motoraufhängung. Dadurch wird das Integrieren der Messleitung an die Konstruktionsmodelle der Motoraufhängung gewährleistet und ein Übertragen des Motortisches auf den Doppel-T-Trägern vermieden. (Siehe Abbildung 2.1).

Zum endgültigem Auslegen des Prüfstands wird es somit erforderlich sein, alle technischen Zeichnungen der Messleitungen für die spätere Fertigung in Rahmen dieser Arbeit aufzuarbeiten.

Alle bisherigen Zeichnungen müssen auf die derzeit fertigen Bauelemente, wie Rohrstücke, Flansche u.s.w. abgestimmt und auf Vollständigkeit und Richtigkeit überprüft werden, um einen kompletten Zeichnungssatz für die spätere Fertigung vorliegen zu haben. Außerdem sollten Fehler in der Konstruktion frühzeitig aufgedeckt und vermieden werden, um einen minimalen Arbeits- und optimalen Zeitaufwand in der späteren Fertigung gewährleisten zu können.

Dabei wurden alle wesentlichen Maße der fertigen Bauteile anhand eines Messschiebers, Zollstocks und Messbands gemessen und auf den Zeichnungen entsprechend verbessert. Diese Maße wurden als Anhaltspunkt verwendet, um alle weiteren Maße der Komponenten des Prüfstands anpassen zu können. Während der Überprüfung der Konstruktion der Messleitung auf normgerechte und sinnvolle Auslegung mussten dabei die Maße des gesamten Prüfstandes im Auge behalten werden.

In den Tabellen 2.2 und 2.3 ist eine Zusammenstellung aller überarbeiteten Zeichnungen aller Rohrleitungen aufgeführt:

Zeichnungsnummer	Bezeichnung	Typ	Format
krp-005-01-00	Ansaugleitung	G	A3
krp-005-01-01-00	Rohrstück_1	Z	A3
krp-005-01-01-01	Bundflansch DN150	E	A4
krp-005-01-01-02	Rohr DN150	E	A4
krp-005-01-02-00	Pumpenanschluss Saugseite	Z	A3
krp-005-01-02-01	Ring1	E	A4
krp-005-01-02-02	Bundstutzen DN66	E	A4
krp-005-01-02-03	Rohr DN66	E	A4
krp-005-01-02-04	Nutflansch DN150	Z	A4
krp-005-01-02-05	Nutmutter DN70	E	A4
krp-005-01-02-06	Reduzierstück_1	E	A4
krp-005-01-02-07	O Ring DN156	Z	A4
krp-005-01-02-08	Rohrring_1	E	A4
krp-005-02-00	DruckleitungA	G	A3
krp-005-02-01-00	Pumpenanschluss Druckseite	Z	A3
krp-005-02-01-01	Bundstutzen DN50	E	A4
krp-005-02-01-02	Nutmutter DN50	E	A4
krp-005-02-01-03	Rohr DN50	E	A4
krp-005-02-01-04	Ring2	E	A4
krp-005-02-01-05	Reduzierstück_2	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-07	Rohrring_2	E	A4
krp-005-02-02-00	Bogenstück	Z	A3
krp-005-02-02-01	Bogen 90° DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-02-03-00	Rohrstück_2	Z	A3
krp-005-02-02-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-03-00	DruckleitungB	G	A3
krp-005-03-01-00	Rohrstück_3	Z	A3
krp-005-03-01-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-03-02-00	Rohrstück_4a	Z	A3
krp-005-03-02-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4

Legende:
G: Gesamtbauzeichnung
Z: Zusammenbauzeichnung
E: Einzelteilzeichnung

Tabelle 2.2: Gesamtzeichnungsliste der Rohrleitungen

Zeichnungsnummer	Bezeichnung	Typ	Format
krp-005-03-03-00	Messstell	Z	A3
krp-005-03-03-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-03-03-02	Messflansch_Plus	E	A4
krp-005-03-03-03	Düse	E	A4
krp-005-03-03-04	Messhülse	E	A4
krp-005-03-03-05	Messflansch_Minus	E	A4
krp-005-03-03-06	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-03-03-07	O Ring DN156	E	A4
krp-005-03-04-00	Rohrstück_4b	Z	A3
krp-005-03-04-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-04-00	DruckleitungC	G	A3
krp-005-04-01-00	Kugelhahn	Z	A3
krp-005-04-01-01	Kugelhahn DN100	E	A4
krp-005-04-01-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-04-01-03	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-04-02-00	Rohrstück_5	Z	A3
krp-005-04-02-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-04-03-00	Rohrbogen Tankeingang	Z	A3
krp-005-02-02-01	Bogen 90° DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-04-04-01	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-04-04-00	Bogenstück	Z	A3
krp-005-02-02-01	Bogen 90° DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4

Legende:
 G: Gesamtbauzeichnung
 Z: Zusammenbauzeichnung
 E: Einzelteilzeichnung

Tabelle 2.3: Gesamtzeichnungsliste der Rohrleitungen - Fortsetzung

2.3 Verwirklichung der Struktur im Rechner

Der Kreiselpumpenprüfstand steht im Zentrum für Energiesysteme (ZET). Es gilt als verantwortliche Abteilung. Jede Baugruppe und Unterbaugruppe beinhaltet eine Zusammenbauzeichnung mit Stückliste. Anhand dieser ist eine Zuordnung der Einzelbauzeichnung eindeutig. Alle Einzelbauzeichnungen sind aufgeführt.

Die Hauptbezeichnung *krp-005-00-00* stellt das komplette Modell des Prüfstands dar.

Alle Baugruppen, Unterbaugruppen und Einzelbauteile tragen die Kennzeichnung *krp-005-...*.

In Abbildung 2.3 ist der Aufbau der Zeichnungs- und Teilenummern beschrieben.

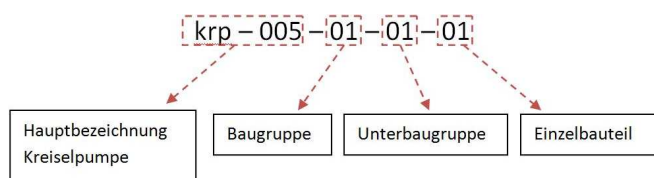


Abbildung 2.3: Aufbau der Zeichnungs- und Teilenummern

Die Kennzeichnung stellt sich aus maximal vier „Markiersteinen“ zusammen, wobei immer der letzte schlagkräftige Markierstein darüber entscheidet, ob es sich um eine Baugruppe, Unterbaugruppe oder um ein Einzelbauteil handelt.

In Abbildung 2.3 ist als letzten Markierstein eine „01“ aufgeführt und stellt daher das Beispiel einer Bezeichnung eines Einzelbauteils dar. Es handelt sich um das Einzelbauteil *Bundflansch DN150* der Baugruppe Ansaugleitung (*krp-005-01*) und der Unterbaugruppe Rohrstück_1 (*krp-005-01-01*).

Sobald eine „00“ am Ende der Bezeichnung steht, handelt es sich nicht mehr um ein Einzelbauteil, sondern um eine Unterbaugruppe. Das gleiche gilt, wenn der vierte und der dritte Markierstein mit einer „00“ gekennzeichnet ist. In dem Fall stellt die Bezeichnung eine Baugruppe dar. Analog dazu handelt es sich bei *krp-005-00(-00-00)* um den gesamten Prüfstand. Somit ist für die Einstufung des Bauelementes immer die letzte Zahl entscheidend ausgenommen der Nullen.

In Abbildung 2.4 ist eine Übersicht des Aufbaus der Struktur anhand eines Organigramms dargestellt.

Damit ein späteres „Wiederfinden“ aller Modelle und Zeichnungen der Baugruppen und Einzelbauteile ermöglicht wird, ist in Kapitel 2.3.1 und 2.3.2 eine Beschreibung aufgeführt.

Die Komponenten des Prüfstands befinden sich in dem Verzeichnis *krp-005*, abgespeichert auf dem Server im Zentrum für Energiesysteme (ZET).

2.3.1 Ansaugleitung

Die Baugruppe *krp-005-01* der Ansaugleitung (siehe Abbildung 2.5) befindet sich im Verzeichnis

krp-005-00/krp-005-01.

Wie in Abbildung 2.5 ersichtlich, liegen in diesem Ordner weitere Unterordner mit den entsprechenden Unterbaugruppen, das Modell, eine Zusammenbauzeichnung (Drafting-Datei), die Stücklisten sowie eine PDF-Datei der Gesamtkonstruktion der Ansaugleitung. Zudem befinden sich die Normteile, wie Sechskantschraube, Scheibe und Sechskantmutter in diesem Ordner.

Rohrstück

Im dem Unterordner *krp-005-01-01-00* befinden sich der Zusammenbau und die Einzelbauteile der Baugruppe Rohrstück_1. Dazu gehören:

- *krp-005-01-01-00* Rohrstück_1

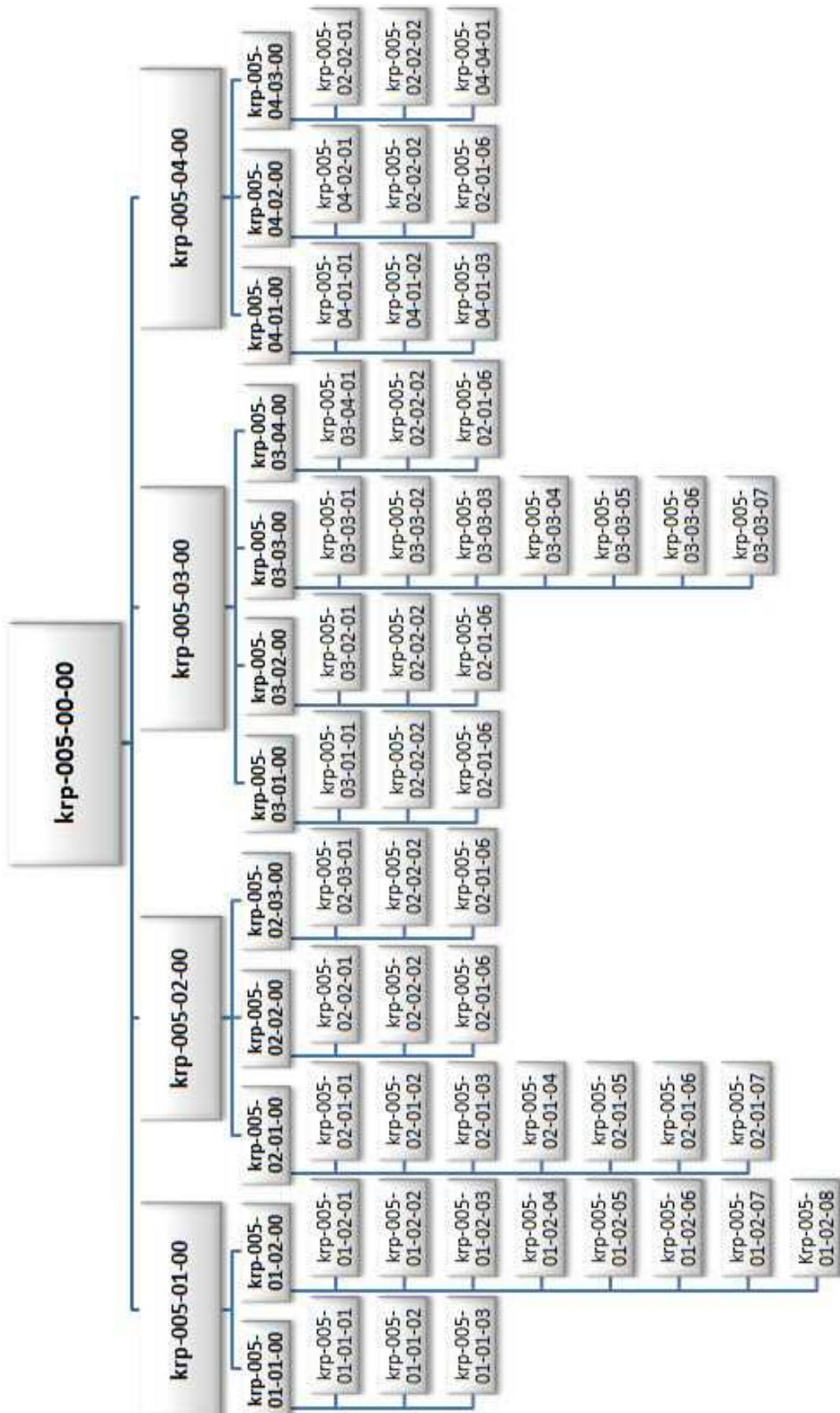


Abbildung 2.4: Aufbau der Struktur

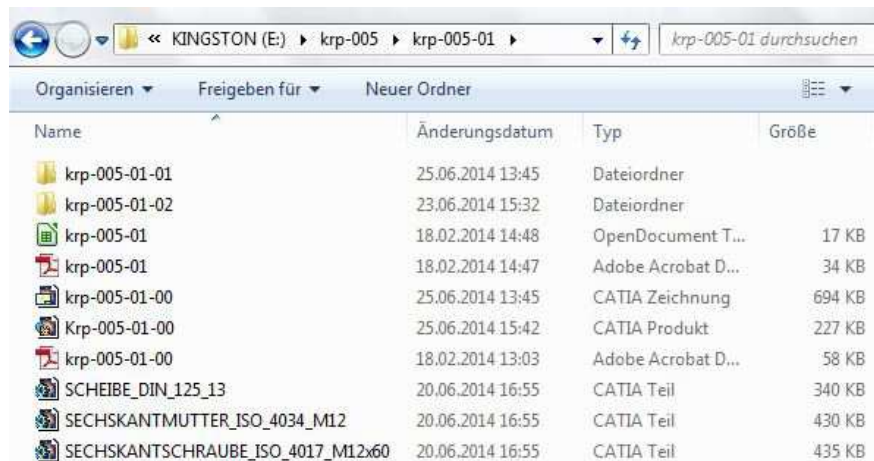


Abbildung 2.5: Ordnerverzeichnis der Baugruppe Ansaugleitung (*krp-005-01*)

- *krp-005-01-01-01* Bundflansch DN150
- *krp-005-01-01-02* Rohr DN150
- *krp-005-01-01-03* Nutflansch DN150

Die Unterbaugruppe *Rohrstück_1* und die Einzelbauteile sind jeweils als Modell, Drawing und als PDF-Datei zu finden.

Pumpenanschluss Saugseite

Der Ordner *krp-005-01-02-00* beinhaltet die Dateien zu der Baugruppe **Pumpenanschluss Saugseite**:

- *krp-005-01-02-00* Pumpenanschluss Saugseite
- *krp-005-01-02-01* Ring1
- *krp-005-01-02-02* Bundstutzen DN66
- *krp-005-01-02-03* Rohr DN66
- *krp-005-01-02-04* Nutflansch DN150
- *krp-005-01-02-05* Nutmutter DN70
- *krp-005-01-02-06* Reduzierstück_1
- *krp-005-01-02-07* O Ring DN156
- *krp-005-01-02-08* Rohrring_1

2.3.2 Gesamtkonstruktion der Druckleitung

Die Druckleitung ist aufgeteilt in drei Baugruppen, welche weiter in Unterbaugruppen eingeteilt sind:

- *krp-005-02-00* DruckleitungA

- *krp-005-03-00* DruckleitungB
- *krp-005-04-00* DruckleitungC.

Die Baugruppen der Druckleitung sind analog zu Kapitel 2.3.1 aufgebaut und befindet sich ebenfalls im Verzeichnis *krp-005-00*.

DruckleitungA

Die Baugruppe DruckleitungA befindet sich im Verzeichnis

krp-005-00/krp-005-02.

In Abbildung 2.6 ist der Inhalt des Ordnerverzeichnisses der Baugruppe *krp-005-02* dargestellt. Es zeigt ebenfalls alle Unterbaugruppen, Stücklisten und PDF-Dateien der

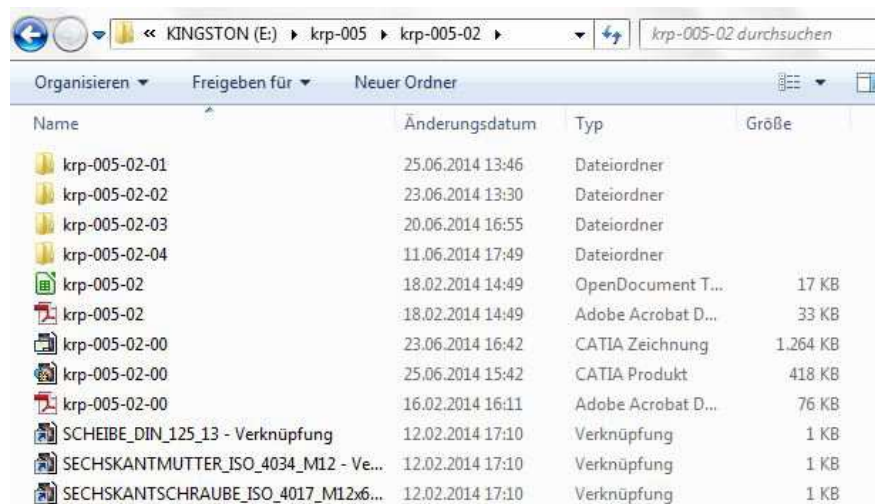


Abbildung 2.6: Ordnerverzeichnis der Baugruppe DruckleitungA (*krp-005-02*)

Gesamtkonstruktion des DruckleitungA an. In den Ordner der Unterbaugruppen sind ebenfalls von allen Konstruktionen Modelle, Zeichnungen, und PDF-Dateien enthalten.

DruckleitungB

Der Aufbau der Baugruppe *krp-005-03* wird analog zu Kapitel 2.3.1 und 2.3.2 fortgeführt. Die Abbildung 2.7 stellt den Inhalt des Ordnerverzeichnisses *krp-005-03-00* dar.

DruckleitungC

Die Baugruppe *krp-005-04-00* schließt die Gesamtkonstruktion der Druckleitung ab. Im Verzeichnis *krp-005-004* sind alle Dateien, ebenfalls eingeteilt in Baugruppen und Unterbaugruppe, zu finden. Auch hier liegen von allen Baugruppen und Einzelbauteilen Modelle, Zeichnungen, Stücklisten sowie PDF-Dateien vor. Abbildung 2.8 verschafft einen Überblick.

Name	Änderungsdatum	Typ	Größe
krp-005-03-01	01.08.2014 12:23	Dateiordner	
krp-005-03-02	20.08.2014 12:05	Dateiordner	
krp-005-03-03	01.08.2014 15:09	Dateiordner	
krp-005-03-04	20.08.2014 12:05	Dateiordner	
krp-005-03-00	01.08.2014 13:32	CATIA Zeichnung	1.033 KB
Krp-005-03-00	20.08.2014 12:05	CATIA Produkt	392 KB
krp-005-03-00	25.06.2014 18:12	Adobe Acrobat D...	125 KB
krp-005-03-03-05	18.02.2014 03:12	CATIA Zeichnung	484 KB
SCHEIBE_DIN_125_13 - Verknüpfung	12.02.2014 19:38	Verknüpfung	1 KB
SECHSKANTMUTTER_ISO_4034_M12 - Ve...	12.02.2014 19:38	Verknüpfung	1 KB
SECHSKANTSCHRAUBE_ISO_4015_M14x1...	20.06.2014 16:55	CATIA Teil	415 KB
SECHSKANTSCHRAUBE_ISO_4017_M12x6...	12.02.2014 19:38	Verknüpfung	1 KB
stl-krp-005-03	01.08.2014 15:32	OpenDocument T...	43 KB
stl-krp-005-03	01.08.2014 15:32	Adobe Acrobat D...	43 KB

Abbildung 2.7: Ordnerverzeichnis der Baugruppe DruckleitungB (*krp-005-03*)

Name	Änderungsdatum	Typ	Größe
krp-005-04-01	01.08.2014 15:10	Dateiordner	
krp-005-04-02	20.08.2014 12:05	Dateiordner	
krp-005-04-03	01.08.2014 15:10	Dateiordner	
krp-005-04-04	01.08.2014 15:10	Dateiordner	
krp-005-04-00	25.06.2014 18:30	CATIA Zeichnung	2.773 KB
krp-005-04-00	20.08.2014 12:05	CATIA Produkt	281 KB
krp-005-04-00	25.06.2014 18:30	Adobe Acrobat D...	1.694 KB
SCHEIBE_DIN_125_13 - Verknüpfung	12.02.2014 20:28	Verknüpfung	1 KB
SECHSKANTMUTTER_ISO_4034_M12 - Ve...	12.02.2014 20:28	Verknüpfung	1 KB
SECHSKANTSCHRAUBE_ISO_4017_M12x6...	12.02.2014 20:28	Verknüpfung	1 KB
stl-krp-005-04	30.06.2014 14:04	OpenDocument T...	44 KB
stl-krp-005-04	30.06.2014 14:04	Adobe Acrobat D...	42 KB

Abbildung 2.8: Ordnerverzeichnis der Baugruppe DruckleitungC (*krp-005-04*)

2.4 Notwendige Modifizierung

Um die Integration des Gleichstrommotors im Kreiselpumpenprüfstand zu gewährleisten, wurde in der Diplomarbeit [1] eine abgestimmte Motoraufhängung ausgelegt und in Form eines CAD-Modells erstellt. Die nötigen Messinstrumente zur Axialschub-, Drehzahl- und Drehmomentmessung sind nicht in die Planung der erstellten Konstruktionsmodelle angepasst.

Die in dieser Arbeit konstruierte Motoraufhängung soll Messungen der Axialschubkräfte, der Drehzahl und des Drehmomentes erlauben.

Zudem werden die Ansaug- und Druckleitungen nach DIN EN ISO 9906 Klasse 1 der endgültigen Motoraufhängung angepasst.

In dem Kapitel 5 wird auf das Thema näher eingegangen.

3 Sicherheitstechnische Grundlagen

In diesem Kapitel wird auf die sicherheitstechnischen Grundlagen einer benannten Stelle eingegangen und der Ablauf vom Inverkehrbringen bis hin zur wiederkehrenden Prüfung erläutert.

Kapitel 3.1 befasst sich mit der Europaweite Regelung für Druckgeräte und den ausschlaggebenden Gründen für die Einführung des „neuen“ Konzeptes. Außerdem sind in Kapitel 3.1 einige Begrifflichkeiten aufgeführt, auf welche im folgenden detaillierter eingegangen wird.

Im Kapitel 3.2 geht es um den Aufbau und den Inhalt der Druckgeräte Richtlinie 97/23/EG. An der Stelle wird auf einige wichtige Artikel der Richtlinie eingegangen, anhand derer ein Druckgerät ordnungsgemäß hergestellt und betrieben wird.

Kapitel 3.3 konkretisiert alle grundlegenden Sicherheitsanforderungen, die nach der europäischen Druckgeräte Richtlinie beachtet werden müssen.

Kapitel 3.4 beschreibt die gängigsten Normen zur Auslegung eines Druckgerätes. Im Anschluss folgen alternative Normen, welche ebenfalls Verwendung finden.

3.1 Europäische Richtlinie für Druckbehälter

3.1.1 Allgemein

Früher hatte überwiegend jeder Staat nationale, in sich geschlossene Regelwerke für Produkte. Diese machten die Vorgaben über die Herstellung **und** den Betrieb. In Deutschland war die Druckbehälterverordnung gültig. Heute gilt für die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union:

- gleiche Vorgaben für die **Herstellung**, aber
- nationale (unterschiedliche) Vorgaben für den **Betrieb**.

Siehe Bild 3.1.

Die Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments und der Rat der europäischen Union legt im Rahmen des Vertrages zur Gründung der Europäischen Union die Anforderungen an die Druckgeräte für das Inverkehrbringen von Druckgeräten innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraumes fest.

Die Druckgeräte Richtlinie 97/23/EG richtet sich an alle europäischen Richtlinien, macht sie aber nicht automatisch für alle Mitgliedstaaten rechtskräftig. Jeder Mitgliedstaat muss (EU-)Richtlinien national gültig machen. Dies geschieht heute in Deutschland durch die Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz. Es gilt als Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt.

Hersteller	Betreiber
	
Europäische Gemeinschaft	Bundesrepublik Deutschland
Richtlinie (Druckgeräterichtlinie)	Gesetze (z.B. Arbeitsschutzgesetz)
Normen (z.B. EN 13445 für Druckbehälter)	Betriebssicherheitsverordnung (BetrSV) Technische Regeln für Betriebssicherheit (TRBS)
Gefahrenanalyse/Risikobeurteilung	Gefährdungsbeurteilung
CE-Zeichen (für Produkte) Konformitätserklärung Bedienungsanleitung	Betriebsanweisung
	

Abbildung 3.1: Unterschied bei der Herstellung und dem Betrieb [6]

Ziel des neuen Konzeptes:

Das Ziel ist die Umsetzung eines „einheitlichen Zeichens“. Dadurch ist ein freier Warenverkehr innerhalb der EU-Länder ermöglicht und Handelshemmnisse verhindert.

Aus dem Grundgesetz:**Konsequenzen für das „Einheitliche Zeichen“**

- **Einheitliche Rechtslage**
EU-Richtlinien sind von den Mitgliedsstaaten in nationales Recht umzusetzen
- **Einheitliches Wirtschaftsraum**
Ein Produkt wird für alle EU-Mitgliedsstaaten zugelassen
- **Einheitliche Kennzeichnung**
Alle verkehrsfähigen Produkte tragen die CE-Kennzeichnung (Siehe Kapitel 3.1.2)
- **Einheitliche Konformitätsbewertungsverfahren**
Die Konformitätsbewertungsverfahren erfolgt nach dem „Modulsystem“ (Siehe Kapitel 3.2.4)
- **Einheitliche technische Vorgaben**
Zum Nachweis der Konformität werden „harmonisierte“ Normen geschaffen (Siehe Kapitel 3.4.3).

Inverkehrbringen:

Inverkehrbringen ist die erstmalige entgeltliche oder unentgeltliche Bereitstellung eines Produktes auf dem Markt aus Gründen für den Vertrieb, dem Verbrauch und zur Benutzung auf dem Markt der Europäischen Union im Rahmen der Gemeinschaft. Sobald ein Produkt erstmalig auf den Markt in den Verkehr gebracht und in Betrieb genommen wird, muss es den nach dem Konzept verfassten Richtlinien entsprechen.

Alle Mitgliedsstaaten sind verpflichtet:

- in Verkehr gebrachten und in Betrieb genommenen Produkten, die nach dem Konzept entsprechend verfassten Richtlinien erfüllen, nicht zu verbieten, zu beschränken oder zu behindern
- alle notwendigen Maßnahmen zu ergreifen, um sicherzustellen, nur Produkte, welche keine Gefahr für die Sicherheit und Gesundheit von Personen darstellen, in Verkehr zu bringen und in Betrieb zu nehmen, sofern sie ordnungsgemäß gebaut, installiert, gewartet und ihrem Zweck entsprechend benutzt werden.

Konformitätserklärung

In der Konformitätserklärung erklärt der Hersteller, dass sein Produkt den Anforderungen der EG-Richtlinie und somit alle grundlegenden Sicherheitsanforderungen erfüllt. Folglich geht jeder Mitgliedstaat bei Versehen der Druckgeräte und/oder Baugruppen mit der CE-Kennzeichnung gemäß Artikel 15 und der Konformitätserklärung gemäß Anhang VII der DGRL [7] davon aus, dass sämtliche Bedingungen der Richtlinie erfüllt sind, einschließlich der Konformitätsbewertung (siehe Absatz 3.2.4).

Inhalt der Konformitätserklärung:

In der Konformitätserklärung sind folgenden Angaben aufgeführt:

- Name und Anschrift des Herstellers
- Beschreibung des Druckgerätes oder der Baugruppe
- Konformitätsbewertungsverfahren
- ggf. Name und Anschrift der benannten Stelle
- ggf. Verweis auf die EG-Baumusterprüfbescheinigung, EG - Entwurfsprüfbescheinigung oder EG-Konformitätsbescheinigung
- ggf. Fundstelle der angewandten harmonisierten Normen
- ggf. Verweis auf andere angewandte Normen und Spezifikationen
- Angaben zum Unterzeichner

3.1.2 CE-Kennzeichnung

Das CE-Kennzeichen belegt, dass ein Produkt den dem Hersteller auferlegten Anforderungen der Europäische Union entspricht.

Der Hersteller stellt durch das Anbringen der CE-Kennzeichnung durch eigene Verantwortung sicher, dass sein Produkt alle für die CE-Kennzeichnung dem Gesetz entsprechenden Bedingungen erfüllt und gewährleistet damit die Abgabe des Produktes zum Vertrieb, Verbrauch oder zur Verwendung innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraumes, umfasst aber auch die EFTA-Mitgliedsländer Island, Norwegen und Liechtenstein sowie die Türkei. Dies gilt auch für Produkte, welche in Drittländern hergestellt werden und innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums und der Türkei verkauft werden sollen [6].

Die CE-Kennung darf nur auf Produkten angebracht werden, für die sie gesetzmäßig vorgeschrieben ist. Dafür gibt es 25 Produktgruppen, diese sind u.a. Spielzeuge, Elektroartikel, persönliche Schutzausrüstungen, Aufzüge, Medizinprodukte und Maschinen.

Eine genaue Beschreibung der Produkte und die Anforderungen liefert die Produktrichtlinie.

Des weiteren erklärt der Hersteller durch Anbringen der CE-Kennzeichnung [6], dass:

- das Produkt allen vorgeschriebenen Gemeinschaftsvorschriften entspricht und
- das vorgeschriebene Konformitätsbewertungsverfahren (z.B. Gefährdungsanalyse, Überprüfung der Normenkonformität, Risikobewertung) durchgeführt werden.

Die Konformität wird durch das Anbringen der CE-Kennzeichnung auf dem Produkt — in Ausnahmefällen an die Verpackung — nach außen hin sichtbar gemacht. Das CE-Kennzeichen ist somit der technische Reisepass innerhalb des EWR. Ohne dies ist es nicht erlaubt, das Produkt zu transportieren.

Die CE-Kennzeichnung wird nicht vom DIN gesteuert, und ist auch kein Normenkonformitätszeichen, sondern ein EU-Richtlinien-Konformitätszeichen. Es dient dazu, den Aufsichtsbehörden in der EWR-Ländern die Kontrolle über das erstmalige Bereitstellen eines Produktes auf dem Markt (Inverkehrbringen) zu erleichtern [8].

CE (Communautés Européennes) steht für Europäische Gemeinschaft.

3.1.3 Benannte Stelle

Eine benannte Stelle ist eine anerkannte unabhängige Prüf- und Zertifizierungsstelle, wie z.B. der TÜV Nord.

Die Hauptaufgabe einer benannten Stelle besteht darin, Produkte auf Einhaltung der grundlegenden sicherheitstechnischen Anforderungen zu überprüfen und bei Feststellung der Mängelfreiheit eine entsprechende Prüfbescheinigung auszustellen.

Die benannten Stellen werden im Amtsblatt der Europäischen Union veröffentlicht.

3.1.4 Produktsicherheitsgesetz

Sobald ein Produkt erstmals in Deutschland vermarktet wird oder überwachungsbedürftige Anlagen eingerichtet und in Betrieb genommen werden, gilt das Gesetz der Produktsicherheit. Es bietet vor allem im Bereich der Marktüberwachung verbesserte Anforderungen. Dies gewährleistet ein hohes Sicherheitsniveau der Produkte auf dem Markt und trägt zugleich zu einem fairen Wettbewerb zwischen den Herstellern bei [9].

Unterliegt ein Produkt einer Rechtsverordnung, darf es nur auf den Markt bereitgestellt werden, wenn es die darin vorgesehenen Anforderungen erfüllt. Ebenso darf das Produkt die Sicherheit und Gesundheit von Personen oder sonstige aufgeführte Rechtsgüter bei bestimmungsgemäßer oder vorhersehbarer Verwendung nicht gefährden [8].

3.1.5 Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz

Die Veröffentlichung einer (EU-)Richtlinie macht sie in den Mitgliedsstaaten nicht automatisch rechtswirksam. Jeder Mitgliedsstaat muss (EU-)Richtlinien national rechtskräftig machen. In Deutschland erfolgt dies durch die Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz.

Tabelle 3.1 führt den Inhalt der Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz [9] auf.

In Bild 3.2 ist dargestellt, gemäß welcher Richtlinie bzw. Produktsicherheitsverordnung die Herstellung bzw. das Inverkehrbringen von Druckgeräten erfolgt.

Verordnungen zum Produktsicherheitsgesetz:

1.ProdSV	Verordnung über die Bereitstellung elektrischer Betriebsmittel zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen auf dem Markt
6.ProdSV	Verordnung über die Bereitstellung von einfachen Druckbehältern auf dem Markt
7.ProdSV	Gasverbrauseinrichtungsverordnung
8.ProdSV	Verordnung über die Bereitstellung von persönlichen Schutzausrüstungen auf dem Markt
9.ProdSV	Maschinenverordnung
10.ProdSV	Verordnung über die Bereitstellung von Sportbooten
11.ProdSV	Explosionsschutzverordnung
12.ProdSV	Aufzugsverordnung
13.ProdSV	Aerosolpackungsverordnung
14.ProdSV	Druckgeräteverordnung

Tabelle 3.1: Inhalt der Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz

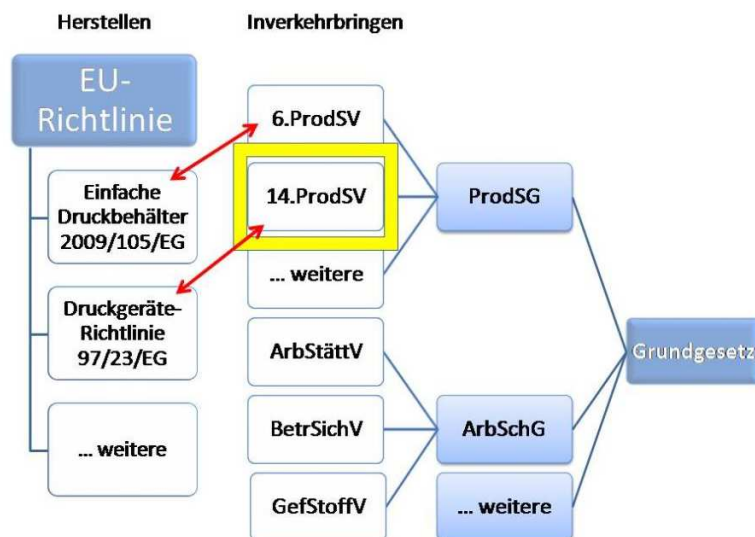


Abbildung 3.2: Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz [6]

3.1.6 14. ProdSV - Druckgeräteverordnung

Die 14. ProdSV stellt die juristische „Kupplung“ für die Gültigkeit der Druckgeräterichtlinie (97/23/EG) dar.

Sie beinhaltet:

- dass Druckgeräten und Baugruppen der Kategorien I bis IV eine Dokumentation sowie eine Betriebsanleitung in deutscher Sprache und
- dass Druckgeräten nach Art. 3 Abs. 3 ausreichende Benutzungsanweisungen in deutscher Sprache beizufügen sind.

Anwendungsbereich:

1. Diese Verordnung gilt im Rahmen der europaweiten Vereinheitlichung der Bereitstellung, Ausstellung und der erstmaligen Verwendung von Druckgeräten und

Baugruppen mit einem maximalen zulässigen Druck über 0,5 bar auf dem Markt. Da Geräte, welche einem Druck von höchstens 0,5 bar ausgesetzt sind, über keine bedeutenden Druckrisiken verfügen, ist der freie Verkehr in der Gemeinschaft ohne Behinderungen gestattet und würde folglich nicht dem Gesetz der Richtlinie unterliegen. Ebenfalls besitzt das Gesetz Gültigkeit für Einrichtung und Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen [6].

2. Diese Verordnung gilt nicht für:
 1. Fernleitung aus einem Rohr oder einem Rohrsystem für die Durchleitung von Fluiden oder Stoffen von einer Anlage.
 2. Netze für die Versorgung, die Verteilung und den Abfluss von Wasser und ihre Geräte.
 3. Geräte, die zum Betrieb von Fahrzeugen vorgesehen sind [7].

3.2 Druckgeräterichtlinie DGRL (97/23/EG)

Tabelle 3.2 führt die Artikel der Druckgeräterichtlinie auf, auf welche im Folgenden teilweise eingegangen wird:

Artikel 1	Geltungsbereichsbestimmung und Begriffsbestimmung
Artikel 2	Marktüberwachung
Artikel 3	Technische Anforderungen
Artikel 4	Freier Warenverkehr
Artikel 5	Konformitätsvermutung
Artikel 6	Ausschuß für Normung und technische Vorschriften
Artikel 7	Ausschuß Druckgeräte
Artikel 8	Schutzklausel
Artikel 9	Einstufung von Druckgeräten
Artikel 10	Konformitätsbewertung
Artikel 11	Europäische Werkstoffzulassung
Artikel 12	Benannte Stelle
Artikel 13	Anerkannte unabhängige Prüfstelle
Artikel 14	Betreiberprüfstellen
Artikel 15	CE - Kennzeichnung
Artikel 16	Zu Unrecht vorgenommene CE - Kennzeichnung

Tabelle 3.2: Artikel der Druckgeräterichtlinie [7]

3.2.1 Geltungsbereich und Begriffsbestimmung

Die Druckgeräterichtlinie gilt für den Bereich der Auslegung, der Fertigung und der Konformitätsbewertung von Druckgeräten und deren Baugruppen mit einem maximalen zulässigen Druck von über 0,5 bar.

In der Richtlinie [7] enthalten sind Definitionen zu „Druckgeräte“, „Behälter“, „Rohrleitungen“, „Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion“ und „druckhaltende Ausrüstungsteile“.

Druckgeräte umfassen auch alle gegebenenfalls an drucktragenden Teilen angebrachten Elemente wie z.B. Flansche, Stützen, Kupplung, Tragelemente usw.

Zitiert aus der DGRL [7]: „

Behälter:

Behälter ist ein geschlossenes Bauteil, das zur Aufnahme von unter Druck stehenden Fluiden ausgelegt und gebaut ist, einschließlich der direkt eingebrachten Teile bis hin zur Vorrichtung für den Anschluß an andere Geräte. Ein Behälter kann mehrere Druckräume aufweisen.

Rohrleitungen:

Rohrleitungen zur Durchleitung von Fluiden bestimmte Leitungsbauteile, die für den Einbau in ein Drucksystem miteinander verbunden sind.

Zu Rohrleitungen zählen insbesondere Rohre oder Rohrsysteme, Rohrformteile, Ausrüstungsteile, Ausdehnungsstücke, Schlauchleitung oder ggf. andere druckhaltende Teile. Wärmetauscher aus Rohren zum Kühlen und Erhitzen von Luft sind Rohrleitungen gleichgestellt.

Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion:

Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion sind Einrichtungen, die zum Schutz der Druckgeräte bei einem Überschreiten der zulässigen Grenze bestimmt sind. Diese Einrichtungen umfassen:

- Einrichtung zur unmittelbaren Druckbegrenzung wie Sicherheitsventile, Berstscheibenabsicherung, Knickstäbe, gesteuerte Sicherheitseinrichtung (CSPRS) und
- Begrenzungseinrichtungen, die entweder Korrekturvorrichtungen auslösen oder ein Abschalten oder ein Abschalten und Sperren bewirken, wie Druck-, Temperatur- oder Fluidniveauschalter sowie mess- und regeltechnische Schutzeinrichtung (SRM-CR).

Druckhaltende Ausrüstungsteile:

Druckhaltende Ausrüstungsteile bezeichnen Einrichtungen mit einer Betriebsfunktion, die ein druckbeaufschlagtes Gehäuse aufweisen. Druckgeräte umfassen auch alle gegebenenfalls an drucktragenden Teilen angebrachte Elemente, wie Flansche, Stützen, Kupplungen und Tragelemente usw.“

3.2.2 Einstufung von Druckgeräten - Gefahrenpotential

Die in Artikel 3 der Richtlinie aufgezählten Druckgeräte werden entsprechend Anhang II dieser Arbeit im Hinblick auf das Gefahrenpotential in Kategorien eingestuft.

Für diese Einstufung werden die Fluide gemäß den Nummern 2.1 und 2.2 in zwei Gruppen eingeteilt:

2.1 Zur Gruppe 1 gehören gefährliche Stoffe in der Richtlinie 67/548/EWG, welche folgende Eigenschaften vorweisen:

- explosionsgefährlich
- hochentzündlich
- leichtentzündlich
- entzündlich (wenn die maximal zulässige Temperatur den Flammpunkt überschreitet)

- sehr giftig / giftig
- brandfördernd

2.2 Zur Gruppe 2 gehören alle anderen, in der Richtlinie (97/23/EG) nicht als „gefährlich“ bezeichneten Fluide.

Für die Einstufung von Druckgeräten sind nach [6]:

- der zulässige Druck PS und
- das maßgebende Volumen V bzw. die Nennweite DN und
- die Gruppe des Fluides, für die sie bestimmt sind

entscheidend.

3.2.3 Konformitätsvermutung

Gemäß Artikel 5 der Druckgeräterichtlinie [7] gehen die Mitgliedsstaaten davon aus, dass Druckgeräte und Baugruppen, die:

- mit der CE-Kennzeichnung und
- der Konformitätserklärung

versehen sind, **sämtliche Bestimmungen dieser Richtlinie erfüllen.**

3.2.4 Konformitätsbewertung

Die Einstufung von Druckgeräten in Kategorien steht in direkten Zusammenhang mit dem Konformitätsbewertungsverfahren.

Nach Tabelle 3.2.4 wird das zutreffende Konformitätsbewertungsdiagramm für Behälter bzw. Rohrleitung ausgewählt.

Diagramm 1:	Behälter für Gase/Dämpfe der Gruppe 1
Diagramm 2:	Behälter für Gase/Dämpfe der Gruppe 2
Diagramm 3:	Behälter für Flüssigkeiten der Gruppe 1
Diagramm 4:	Behälter für Flüssigkeiten der Gruppe 2
Diagramm 5:	Druckgeräte (Dampf- und Heißwassererzeuger)
Diagramm 6:	Rohrleitungen für Gase/Dämpfe der Gruppe 1
Diagramm 7:	Rohrleitungen für Gase/Dämpfe der Gruppe 2
Diagramm 8:	Rohrleitungen für Flüssigkeiten der Gruppe 1
Diagramm 9:	Rohrleitungen für Flüssigkeiten der Gruppe 2

Tabelle 3.3: Konformitätsbewertungsdiagramme

Im Anhang II sind in Anlehnung der Tabelle 3.2.4 alle Konformitätsbewertungsdiagramme aufgeführt.

Die Einstufung des Druckgerätes im Konformitätsbewertungsdiagramm legt das Konformitätsbewertungsverfahren fest.

Der Hersteller von Druckgeräten ist verpflichtet, jedes Druckgerät vor dem Inverkehrbringen einem gemäß Anhang III dieser Arbeit beschriebenen Konformitätsbewertungsverfahren zu unterziehen. Die Auswahl des Konformitätsbewertungsverfahrens richtet sich nach der Kategorie, in die das Gerät gemäß Artikel 9 eingestuft wird. Die Richtlinie 97/23/EG sieht 4 Kategorien von Druckgeräten nach zunehmendem Druckrisiko vor. Für jede Kategorie stehen dem Hersteller mehrere Konformitätsbewertungsverfahren zu Verfügung, nach dem er das Druckgerät auslegen und herstellen muss. Dem Hersteller steht es frei, sich auch für ein Verfahren höherer Kategorie zu entscheiden, sofern es eine solche gibt.

Die römischen Ziffern in den Diagrammen gemäß ANHANG II entsprechen folgenden Modulkategorien:

I = Modul A

II = Module A1, D1, E1

III = Module B1 + D, B1 + F, B + E, B + C1, H

IV = Module B + D, B + F, G, H1

Der Druckbehälter des Kreiselpumpenprüfstands ist laut Hersteller (Rosoma GmbH) für die Betriebs- und Einsatzbedingungen nach Tabelle 3.4 ausgelegt.

Druckbereich:	$-0.5 \text{ bar} / 2 \text{ bar}$
Temperaturbereich:	$0^\circ / 50^\circ \text{C}$
Volumen:	5000 l
Fluid 1 :	Wasser
Fluid 2:	Luft

Tabelle 3.4: Betriebsbedingungen Druckbehälter

Bei Wasser als Medium tritt gemäß Anhang II Diagramm 4 zu.

Folglich ist der Druckbehälter bei $PS = 2 \text{ bar}$ und $V = 5000 \text{ l}$ gemäß Art. 3 Abs. 3 nach „guter Ingenieurpraxis“ auszulegen und herzustellen.

Die **gute Ingenieurpraxis** muss einen sicheren Betrieb der Druckgeräte sicherstellen. Die Auslegung und Herstellung muss alle sicherheitsrelevanten Faktoren der gesamten Lebensdauer berücksichtigen. Der Hersteller muss den Druckgeräten und/oder der Baugruppe eine ausreichende Benutzungsanweisung zur Verfügung stellen und sie müssen eine Kennzeichnung tragen anhand derer der Hersteller ermittelt werden kann.

Bei Verwendung von Luft als Fluid wird der Druckbehälter gemäß 3.2.4 nach Diagramm 2 eingestuft. Für $PS = 2 \text{ bar}$ und $V = 5000 \text{ l}$ ist Kategorie III festgelegt. In Kategorie III sind folgende Konformitätsbewertungsverfahren vorgeschrieben. Anhand einer der vorgeschriebenen Konformitätsbewertungsverfahren der Kategorie III muss der Hersteller den Druckbehälter auslegen und herstellen:

III = Modul B1+D, B1+F, B+E, B+C1.

Die genaue Definition der einzelnen Konformitätsbewertungsverfahren ist Anhang III zu entnehmen.

Da von beiden Einstufungen die höhere Kategorie zu wählen ist, hat der Hersteller den Druckbehälter gemäß Anhang II, nach Kategorie III, Modul G ausgelegt und hergestellt.

Dieses Modul beschreibt das Verfahren, bei dem der Hersteller gewährleistet, dass der Druckbehälter die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllt. Der Hersteller bringt an den Druckbehälter die CE-Kennzeichnung an und stellt eine Konformitätserklärung aus. Der Hersteller wählt eine benannte Stelle und beantragt eine Entwurfsprüfung jedes einzelnen Druckgerätes.

Die benannte Stelle nimmt Untersuchungen und Prüfungen durch Kontrolle und Erprobungen jedes einzelnen Druckgerätes vor, um die Übereinstimmung des Gerätes mit den entsprechenden Anforderungen der Richtlinie zu prüfen. Der benannten Stelle sind die Technischen Unterlagen vorzulegen, damit eine Prüfung des Entwurfes, der Fertigung und der Funktionsweise des Druckbehälters möglich ist.

Wäre der Druckbehälter nur nach der „guten Ingenieurpraxis“ ausgelegt und hergestellt, dürfte er die in Art. 15 [7] genannte CE-Kennzeichnung nicht tragen.

3.3 Grundlegende Sicherheitstechnische Anforderungen

3.3.1 Allgemeines

Um die technische Entwicklung von Produkten zu gewährleisten, muss der Anwendungsbereich der Richtlinie auf einer allgemeinen Festlegung des Begriffes „Druckgerät“ basieren.

Damit die Sicherheit von Druckgeräten sichergestellt werden kann, ist es außerordentlich wichtig, dass die grundlegenden sicherheitstechnischen Anforderungen erfüllt werden, wobei diese in allgemeine und spezifische Anforderungen unterteilt sind. Von besonderer Bedeutung sind die spezifischen Anforderungen, wobei besondere Druckgeräte berücksichtigt werden.

In Abbildung 3.3 ist der Unterschied allgemeiner und spezifischer Anforderungen dargestellt.

← Anhang →		
Allgemeine Anforderungen	Spezifische Anforderungen	
Artikel 3 Absatz 3	Kategorie	Kategorien bis V
-/-	CE	CE Benannte Stelle
-/-	Konformitätserklärung (Hersteller)	
Benutzungsanweisung	Bedienungsanleitung	
		Konformitätsbescheinigung Benannte Stelle

Abbildung 3.3: Allgemeine und spezifische Anforderungen [6]

Alle Druckgeräte, welche unter der Nummer 1.1, 1.2, 1.3 und 1.4 im Folgenden, gemäß Art. 3 [7] aufgelistet sind, müssen die grundlegenden Anforderungen erfüllen.

- 1.1 Behälter
- 1.2 befeuerte oder beheizte überhitzungsgefährdete Druckgeräte zur Erzeugung von Dampf oder Heizwasser
- 1.3 Rohrleitungen
- 1.4 Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion und druckhaltende Ausrüstungsteile
- 2 Baugruppe

Gefahrenanalyse

Der Hersteller ist verpflichtet, eine Gefahrenanalyse vorzunehmen, um die von seinem Gerät ausgehenden druckbedingten Gefahren zu ermitteln. Der Hersteller muss das Gerät unter Berücksichtigung seiner Analyse auslegen und herstellen.

Die Vorgehensweise bei der Erstellung einer Gefahrenanalyse oder einer Risikobeurteilung ist so zu wählen, dass eine übersichtliche, strukturierte und nachvollziehbare Gefahrenanalyse entsteht. Das Risiko wird abgeschätzt, Schutzziele festgelegt und Maßnahmen ausgewählt.

3.3.2 Entwurf

Eine benannte Stelle prüft und bestätigt, dass der Entwurf eines Druckgeräts den geltenden Vorschriften der eben beschriebenen Richtlinie entspricht.

- **Auslegung auf erforderliche Belastbarkeit**

Druckgeräte sind auf Belastung auszulegen, welche der beabsichtigten Anwendung der vorhersehbaren Betriebsbedingungen entsprechend angepasst ist. In erster Linie sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Innen- und Außendruck
- Umgebungs- und Betriebstemperaturen
- statischer Druck
- Korrosion und Materialermüdung

- **Vorkehrungen für die Sicherheit in Handhabung und Betrieb**

Die Bedienungseinrichtungen müssen so geartet sein, dass ihre Bedienung keine vorhersehbare Gefahr mit sich bringt. Bei Öffnung und Verschluss des Druckgerätes ist eine Beachtung besonders von Vorteil.

- **Vorkehrungen für die Inspektion**

Der Hersteller ist verpflichtet, Druckgeräte so zu entwerfen, dass alle erforderlichen Sicherheitsinspektion ohne Einschränkungen durchgeführt werden können.

- **Entleerungs- und Entlüftungsmöglichkeiten**

Es müssen geeignete Vorrichtungen zur Entleerung und Entlüftung der Druckgeräte angebracht werden, um Schaden wie Wasserschlag, Vakuumeinbruch und chemische Reaktionen zu vermeiden und um, falls erforderlich, Betriebs- und Prüfzustände insbesondere Druck ausgleichen zu können.

- **Korrosion und andere chemische Einflüsse**

Um Korrosion und andere chemische Einflüsse vorzubeugen, sind entsprechende Zuschläge bei der Wanddickenberechnung oder angemessene Schutzvorrichtungen vorzusehen.

- **Füllen und Entleeren**

Der Hersteller stellt ein sicheres Füllen und Entleeren durch angemessene Auslegung des Druckgerätes und eventuelles Ausstatten mit Ausrüstungsteilen sicher. Hierbei ist auf folgende Gefahren zu achten:

- beim Füllen:
Ein zu hoher Druck, insbesondere im Hinblick auf den Füllungsgrad und den Dampfdruck bei der Begrenzungs-temperatur sowie ein Überfüllen
- beim Entleeren:
Beim Entleeren unter Druck stehenden Fluiden ein unkontrolliertes freisetzen.
- beim Füllen und Entleeren:
Ein gefährliches An- und Abkoppeln.

- **Schutz vor Überschreiten der zulässigen Grenzen des Druckgerätes**

Im Falle, dass die vorhersehbaren Bedingungen die zulässigen Grenzen überschreiten könnten, ist das Druckgerät mit geeigneten Schutzvorrichtungen auszustatten. Zu den geeigneten Schutzvorrichtungen gehören:

- Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion
- geeignete Überwachungseinrichtungen wie Anzeigen oder Warnvorrichtungen, welche eine automatische oder von Hand bedienbare Maßnahme für die Einhaltung der zulässigen Grenze ermöglichen.

3.3.3 Fertigung

Der Hersteller muss die kenntnisreiche Ausführung der in der Entwurfsphase festgelegten Anordnungen gewährleisten, indem er die dafür nötige Techniken und entsprechende Verfahren verwendet. Hierbei gilt dies für folgende Punkte:

- **Vorbereitung der Bauteile**

Bei der Vorbereitung der Bauteile, wie Formen und Schweißnahtvorbereitung darf es nicht zu Beschädigungen der Oberfläche oder Veränderungen der mechanischen Eigenschaften kommen. Die Sicherheit des Druckgerätes darf nicht vermindert werden.

- **Dauerhafte Werkstoffverbindung**

Die dauerhaften Werkstoffverbindungen dürfen sowohl an der Oberfläche als auch im Inneren keine Mängel vorweisen, die die Sicherheit des Druckgerätes beschränken. Die dauerhaften Werkstoffverbindungen der Teile sind bei Druckgeräten von qualifiziertem Personal nach fachlich annehmbaren Arbeitsverfahren auszuführen. Die Zulassung des Arbeitsverfahrens und des qualifizierten Personals erfolgt bei Druckgeräten der Kategorie II, III und IV durch eine zuständige unabhängige, benannte Stelle.

- **Zerstörungsfreie Prüfungen**

Bei Druckgeräten sind zerstörungsfreie Prüfungen an dauerhaften Verbindungen von qualifiziertem Personal durchzuführen. Bei Druckgeräten der Kategorie III und IV muss die Qualität des Personals durch eine benannte Stelle anerkannt und genehmigt werden.

- **Wärmebehandlungen**

Eine Wärmebehandlung ist durchzuführen, wenn die Gefahr besteht, dass sich durch Veränderung der Fertigungsverfahren die Werkstoffeigenschaften so stark verändern, dass hierdurch die Sicherheit des Druckgerätes beeinträchtigt wird.

- **Rückverfolgbarkeit**

Von allen drucktragenden Teilen von Druckgeräten sind Werkstoffbescheinigungen zur Rückverfolgung vom Materialeingang über den Herstellungsprozess bis hin zur Endabnahme des hergestellten Druckgerätes vorzulegen.

3.3.4 Abnahme

Druckgeräte müssen der im Anhang I dieser Arbeit beschriebenen Abnahme von Druckgeräten, gemäß der Richtlinie 97/23/EG unterzogen werden.

3.3.5 Kennzeichnung und Etikettierung

Für alle Druckgeräte gilt, entweder auf dem Druckgerät oder an ihm fest angebrachten Typenschild folgende Punkte mit aufzuführen:

- CE-Kennzeichnung mit Kennnummer der benannten Stelle, des Herstellers und Lieferanten
- Herstellungsjahr
- Fabriknummer
- die wesentlichen Grenzwerte, z. B. Druck
- weitere Angaben, soweit zur Gewährleistung der Sicherheit erforderlich

3.3.6 Leitlinien

Um eine homogene Verwendung der Druckgeräterichtlinie zu gewährleisten, werden von der Arbeitsgruppe „Dampf“ Leitlinien verfasst und abgestimmt.

Die Arbeitsgruppe besteht aus Vertretern der Mitgliedsstaaten, der europäischen Verbände und des Forums benannter Stelle. Den Vorsitz führt ein Vertreter der Dienststelle der Kommission [6].

3.3.7 Rechtsstatus der Leitlinien

Leitlinien sind keine obligatorischen Auslegungen der Richtlinie. Obligatorisch bleibt weiterhin alleine der Text der Richtlinie 97/23/EG. Er bezieht sich lediglich auf die Richtlinie, wodurch eine homogene Anwendung der Richtlinie durch alle Betroffenen

gewährleistet werden soll. Sie leitet somit alle Betroffenen zu einer gemeinsamen Anwendung. Die Leitlinien stellen Übereinstimmung der Experten der Mitgliedstaaten dar, soweit in den einzelnen Texten keine anderen Angaben gegeben sind [8].

Nummerierung der Leitlinie

Die Nummerierung der Leitlinie [8] erfolgt nach dem **Muster x/y**. Die erste Zahl x kennzeichnet das Thema, die zweite Zahl y ist eine fortlaufende Nummerierung.

Die **Zahl x** bezieht sich auf folgende **Themen**:

1. Anwendungsbereich der Richtlinie und Ausnahmen
2. Einstufung und Kategorien
3. Baugruppen
4. Bewertungsverfahren
5. Interpretation der grundlegenden Anforderungen an den Entwurf
6. Interpretation der grundlegenden Anforderungen an die Fertigung
7. Interpretation der grundlegenden Anforderungen an Werkstoffe
8. Interpretation sonstiger grundlegender Anforderungen
9. Verschiedenes
10. Allgemeines/Querschnittsthemen.

Im Folgenden ist ein Beispiel aus der Reihe der Leitlinienthemen „Anwendungsbereich der Richtlinie und Ausnahme“ wiedergegeben [8].

„Leitlinie 1/8: druckhaltende Ausrüstungsteile

Frage: Was ist ein druckhaltendes Ausrüstungsteil?

Antwort:

Nach der Definition ist ein druckhaltendes Ausrüstungsteil ein Gerät mit einer Betriebsfunktion, welches ein druckbeaufschlagtes Gehäuse aufweist, d.h. die Einrichtung besitzt noch eine Funktion zusätzlich zur Druckhaltung.

Das druckhaltende Ausrüstungsteil kann beispielsweise durch Schrauben, Hartlöten, Weichlöten oder Schweißen an andere Druckgeräte angebracht werden. Ein druckhaltendes Ausrüstungsteil hat eine spezifische Betriebsfunktion. Darunter fallen z.B.:

- Messen,
- Änderung einer mechanischen Eigenschaft des Fluids,
- Probennahme,
- Entfernen von Gas.

Ein druckhaltendes Ausrüstungsteil besitzt nicht notwendigerweise bewegliche Teile.

Typische Beispiele sind: Ventile, Druckregler, Messkammern, Manometer, Wasserstandmesser, Filter u.s.w.

Ausgeschlossen sind: Sicherheitsventile (Ausrüstungsteil mit Sicherheitsfunktion), Verschlussdeckel, Ringbund, Dichtungen, Flansche, Bolzen, Sichtgläser mit Rahmen (Bauteile von Druckgeräten).

3.4 Normen zur Erfüllung der Beschaffenheitsanforderungen

3.4.1 Normen

Grundlegend steht es jedem Hersteller frei, die Norm nach der gefertigt wird, selbst zu wählen. In vielen Fällen gibt auch der Besteller bzw. Kunde die Norm vor.

In Deutschland hat sich über Jahrzehnte das AD-Regelwerk bewährt. Das AD-Regelwerk ist an die Anforderungen der Druckgeräte-Richtlinie angepasst und heißt seitdem **AD 2000**. Es ist international anerkannt und erfüllt die Anforderungen der Richtlinie 97/23/EG vollinhaltlich.

Die gewählte Norm muss nachvollziehbar sein und dem Stand der Technik entsprechen.

Alternativ zum AD 2000-Regelwerk kann noch auf andere Normen (im Englischen „Standards“) zur Erfüllung der in der Richtlinie formulierten Anforderungen zurückgegriffen werden.

Es wird unterschieden zwischen:

- harmonische Normen
- (nicht harmonische) Normen und
- andere Spezifikationen.

In Abbildung 3.4 ist eine Übersicht der Normen zur Erfüllung der Anforderung veranschaulicht.

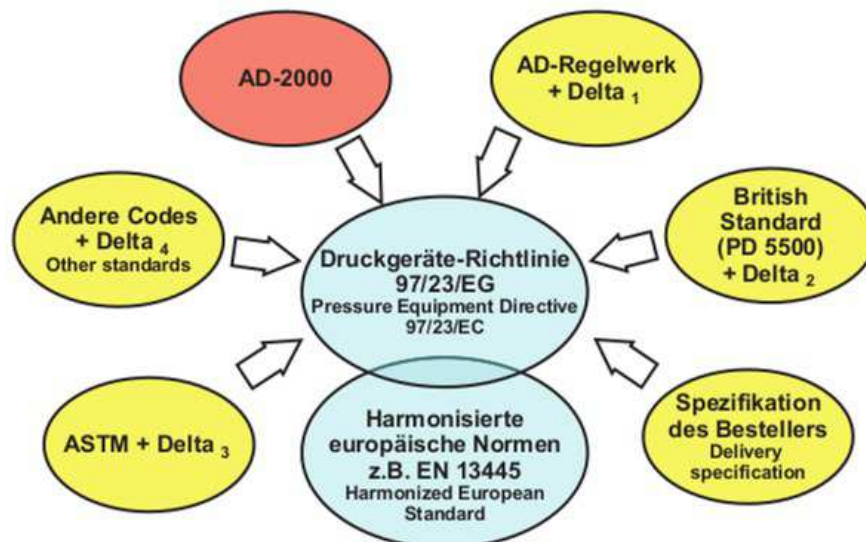


Abbildung 3.4: Normen zur Erfüllung der Anforderungen [6]

3.4.2 AD 2000-Merkblatt

In Deutschland wird vorzugsweise nach dem AD 2000-Regelwerk ausgelegt und hergestellt.

Die Auslegung und Herstellung von Druckgeräten kann zur Erfüllung der Sicherheitsanforderungen der Druckgeräterichtlinie (97/23/EG) nach dem AD 2000-Regelwerk vorwiegend für die Konformitätsbewertung nach den Modulen „G“, „B + F“ (B1 + F) erfolgen. Bei allen anderen Modulen, kann das AD 2000-Regelwerk weiterhin sinngemäß angewandt werden. Die Prüfständigkeit richtet sich nach den Vorgaben des jeweiligen Rechtsgebietes. Die sicherheitstechnischen Voraussetzungen für die Festlegung der Prüfzeiten sind bei Anwendung des AD 2000-Regelwerk gegeben.

Struktur AD 2000 Merkblatt:

A	Ausrüstung, Aufstellung, Kennzeichnung
B	Berechnung
G	Grundsätze
H	Herstellung und Prüfung
N	Nichtmetallische Werkstoffe
S	Sonderfälle
W	Metallische Werkstoffe
Z	Zusätzliche Hinweise

Inhalt der AD 2000-Merkblätter

Ausrüstung, Aufstellung und Kennzeichnung

- **Merkblatt A1** „Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung; Berstsicherungen“
- **Merkblatt A2** „Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung; Sicherheitsventil“
- **Merkblatt A4** „Gehäuse von Ausrüstungsteilen“
- **Merkblatt A401** „Ausrüstung der Druckbehälter; Kennzeichnung“
- **Merkblatt A403** „Ausrüstung der Druckbehälter; Einrichtungen zum Erkennen und Begrenzen von Druck und Temperatur“
- **Merkblatt A404** „Ausrüstung der Druckbehälter; Ausrüstungsteile“
- **Merkblatt A5** „Öffnungen, Verschlüsse und Verschlusselemente“
- **Merkblatt A5 Anlage 1** „Hinweise für die Anordnung von Mannlöchern und Besichtigungsöffnungen“
- **Merkblatt A5 Anlage 2** „Richtlinie für die Bauteilprüfung von Klammerschrauben“
- **Merkblatt A6** „Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung; PLT-Sicherheitseinrichtungen“

Berechnung

- **Merkblatt B0** „Berechnung von Druckbehältern“
- **Merkblatt B1** „Zylinder- und Kugelschalen unter innerem Überdruck“
- **Merkblatt B1 Anlage 1** „Berechnungen von Rohrbiegungen und Bögen“

- **Merkblatt B2** „Kegelförmige Mäntel unter innerem und äußerem Überdruck“
- **Merkblatt B3** „Gewölbte Boden unter innerem und äußerem Überdruck“
- **Merkblatt B4** „Tellerböden“
- **Merkblatt B5** „Ebene Boden und Platten nebst Verankerung“
- **Merkblatt B5/1** „Berechnung von glatten Vierkantrohren und Teilkammern“
- **Merkblatt B6** „Zylinderschalen unter äußerem Überdruck“
- **Merkblatt B7** „Schrauben“
- **Merkblatt B8** „Flansche“
- **Merkblatt B9** „Ausschnitte in Zylindern, Kegeln und Kugeln“
- **Merkblatt B10** „Dickwandige zylindrische Mäntel unter innerem Überdruck“
- **Merkblatt B13** „Einwandige Balgkompensatoren“

Grundsätze

- **Merkblatt G1** „AD 2000-Regelwerk; Aufbau; Anwendung und Verfahrensrichtlinie“
- **Merkblatt G2** „Zusammenstellung aller im AD 2000-Regelwerk zitierten Normen“

Herstellung und Prüfung

- **Merkblatt HP 0** „Allgemeine Grundsätze für Auslegung, Herstellung und damit verbundenen Prüfungen“
- **Merkblatt HP 1** „Auslegung und Gestaltung“
- **Merkblatt HP 30** „Durchführung von Druckprüfungen“
- **Merkblatt HP 100 R** „Rohrleitungen“
- **Merkblatt HP 511** „Entwurfsprüfung“
- **Merkblatt HP 512** „Schlussprüfung und Druckprüfung“
- **Merkblatt HP 512 R** „Entwurfsprüfung, Schlussprüfung und Druckprüfung von Rohrleitungen“
- **Merkblatt HP 801** „Besondere Druckbehälter“

Nichtmetallische Werkstoffe

- **Merkblatt N 1** „Druckbehälter aus textilglasverstärkten duroplastischen Kunststoff (GFK)“
- **Merkblatt N 2** „Druckbehälter aus Elektrographit und Hartbrandkohle“
- **Merkblatt N 4** „Druckbehälter aus Glas“
- **Merkblatt N 4 Anlage 1** „Beurteilung von Fehlern in Wandungen von Druckbehältern aus Glas“

Sonderfälle

- **Merkblatt S 1** „Vereinfachte Berechnung auf Wechselbeanspruchung“
- **Merkblatt S 2** „Berechnung auf Wechselbeanspruchung“
- **Merkblatt S 3/0** „Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter; Grundsätze“
- **Merkblatt S 3/1** „Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter; Behälter auf Standzargen“
- **Merkblatt S 3/2** „Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter; Nachweis auf liegende Behälter auf Sätteln“
- **Merkblatt S 3/3** „Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter; Behälter mit gewölbten Böden auf Füßen“
- **Merkblatt S 3/4** „Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter; Behälter mit Tragpratzen“
- **Merkblatt S 3/5** „Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter; Behälter mit Ringlagerung“
- **Merkblatt S 3/6** „Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter; Behälter mit Stützen unter Zusatzbelastung“
- **Merkblatt S 3/7** „Allgemeiner Standsicherheitsnachweis für Druckbehälter; Berücksichtigung von Wärmespannungen bei Wärmeaustauschern mit festen Rohrlatten“
- **Merkblatt S 4** „Bewertung von Spannungen bei rechnerischen und experimentellen Spannungsanalysen“
- **Merkblatt S 5** „Berechnung von Druckbehältern; Experimentelle Auslegungsmethode“
- **Merkblatt S 6** „Zeitstandbeanspruchung für Stähle“

Metallische Werkstoffe

- **Merkblatt W 0** „Allgemeine Grundsätze für Werkstoffe“
- **Merkblatt W 1** „Flacherzeugnisse aus unlegierten und legierten Stählen“
- **Merkblatt W 2** „Austenitische und austenitisch-ferritische Stähle“
- **Merkblatt W 3/1** „Gusseisenwerkstoffe; Gusseisen aus Lamellengraphit (Grauguss), unlegiert und niedriglegiert“
- **Merkblatt W 3/2** „Gusseisenwerkstoffe; Gusseisen mit Kugelgraphit, unlegiert und niedriglegiert“
- **Merkblatt W 3/3** „Gusseisenwerkstoffe; Austenitisches Gusseisen mit Lamellengraphit“
- **Merkblatt W 4** „Rohre aus legierten und unlegierten Stählen“
- **Merkblatt W 5** „Stahlguss“

- **Merkblatt W 6/1** „Aluminium und Aluminiumlegierungen; Knetwerkstoffe“
- **Merkblatt W 6/2** „Kupfer und Kupfer-Knetlegierungen“
- **Merkblatt W 7** „Schrauben und Muttern aus ferritischen Stählen“
- **Merkblatt W 8** „Plattierte Stähle“
- **Merkblatt W 9** „Flansche aus Stahl“
- **Merkblatt W 10** „Werkstoffe für tiefe Temperaturen; Eisenwerkstoffe“
- **Merkblatt W 12** „Nahtlose Hohlkörper aus unlegierten und legierten Stählen für Druckbehältermäntel“
- **Merkblatt W 13** „Schmiedestücke und gewalzte Teile aus unlegierten und legierten Stählen“

Zusätzliche Hinweise

- **Merkblatt Z 1** „Leitfaden zur Erfüllung der grundlegenden Sicherheitsanforderungen der DGRL bei Anwendung der AD 2000-Merkblätter für Druckgeräte, Rohrleitungen und Ausrüstungsteile“
- **Merkblatt Z 2** „Leitfaden für systematische Durchführung einer Gefahrenanalyse“

3.4.3 Harmonisierte Normen

Harmonisierte Normen sind europäische Normen, die von europäischen Normenorganisationen wie z.B. CEN und CENELEC erarbeitet sind. Die europäische Normenorganisationen sind für den Inhalt der harmonisierten Normen verantwortlich.

Die Harmonisierung von Normen wird im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft veröffentlicht und löst die **Konformitätsvermutung** aus. Es ist zum Erlangen der Richtlinienkonformität nicht zwingend erforderlich, die harmonisierten Normen einzuhalten. Es erleichtert jedoch den Anerkennungsprozess erheblich.

Beispiele für harmonisierte Normen:

- **EN 12952** - Wasserrohrkessel
- **EN 12953** - Großwasserraumkessel
- **EN 13445** - unbefeuerte Druckbehälter
- **EN 13480** - metallische industrielle Rohrleitung

Diese Normen bestehen in der Regel aus mehreren Teilen. Nicht jedes Teil ist automatisch harmonisiert.

4 Entwurfsprüfung

In diesem Kapitel wird anhand der im Kapitel 3 erläuterten Druckgeräterichtlinie nachgewiesen, ob der Druckbehälter in Betrieb genommen werden darf und welchen maximalen Betriebsdruck der Druckbehälter aufnehmen kann.

Anschließend werden die annehmbaren Drücke der Schwachstellen des Druckbehälters berechnet. Dazu wird der Druckbehälter inneren und äußeren Belastungen ausgesetzt. Eine weitere Schwächung liegt im Bereich des gewölbten Bodens, welcher in Kapitel 4.1 näher betrachtet wird.

Ziel dieses Kapitels ist die Überprüfung des TÜV-Gutachtens. Ebenso soll der Aufbau und Inhalt der wichtigsten Abnahmeprüfzeugnisse verdeutlicht werden.

4.1 Druckbehälterberechnung nach AD 2000

Ein Großteil der technischen Bauteile werden durch einen inneren Überdruck beansprucht, um ein eventuelles Versagen der beanspruchten Bauteile vorzubeugen.

Zu dem erfolgt eine Beanspruchung durch einen äußeren Überdruck.

Ein Versagen des Behälters durch Innendruck bzw. Außendruck führt zu gravierende Schäden. Daher ist ein ausführlicher und sorgfältiger Festigkeitsnachweis aus Sicherheitsgründen von enormer Wichtigkeit.

4.1.1 Zylinderschale unter inneren Überdruck

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem Festigkeitsnachweis zunächst nur unter Innendruck. Die Berechnung erfolgt nach den AD 2000-Merkblättern B0 und B1 ([10], [11]).

In Tabelle 4.1 sind die wichtigsten Kennwerte aufgelistet.

Die Berechnung der maximalen erforderlichen Wanddicke incl. Zuschläge erfolgt durch:

$$s_{e^*} = \frac{p D_a}{20 \frac{K}{S_i} v + p} + C_1 + C_2 \quad (4.1)$$

$$s_{e^*} = 1,33 \text{ mm} \leq s_e$$

Die Wandstärke mit $s_{e^*} = 1,33 \text{ mm}$ gibt die mindest erforderliche Wandstärke an, um ein Versagen des Druckbehälters unter Innendruck zu vermeiden. Folglich muss die erforderliche Wandstärke kleiner als die gewählte Wandstärke sein:

$$s_{e^*} \leq s_e.$$

	Benennung	Werte - Tabelle	Bemerkung
1	Berechnungsüberdruck innen	$p_i = 2,0 \text{ bar}$	
2	Betriebstemperatur	$t = 50^\circ \text{C}$	
3	Berechnungstemperatur	$t_B = 50^\circ \text{C}$	
4	Bauteilform	Zylindrischer Bauteil aus Blech	
5	Stahlmarke des Bauteiles	1.4301 - X5CrNi 18-10	
6	Sicherheitswert Festigkeit	$S_i = 1,5$	
7	Festigkeitswert bei $t = 20^\circ \text{C}$	$K_{20^\circ} = 250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
8	Festigkeitswert bei $T = 50^\circ \text{C}$	$K = 250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$	
9	Außendurchmesser	$D_a = 1400 \text{ mm}$	
10	Zuschläge Minustoleranz Abnutzung	$C_1 = 0,4 \text{ mm}$ $C_2 = 0 \text{ mm}$	Bei austenitischen Stählen nur bei Innendruckbelastung unberücksichtigt [10]. Bei austenitischen Stählen immer $C_2 = 0$ [10].
11	Schweißnahtwertigkeit	$v = 0,9$	In der Verfahrensprüfung festgelegt!
12	gewählte Wanddicke:	$s_e = 5,00 \text{ mm}$	

Tabelle 4.1: Berechnungskennwerte Zylinderschale unter inneren Überdruck

Die Bedingung ist erfüllt und somit wird weiter mit der angenommenen Wandstärke von $s_e = 5 \text{ mm}$ gerechnet.

Da die Wanddicke des Behälters bzw. der Rohrleitung gegenüber ihrem Außendurchmesser relativ klein ist, wird die Tangentialspannung in der Behälterwand als konstant angesehen.

Aus Gründen des Geltungsbereichs zwischen dünnwandigen und dickwandigen Behältern ist das Durchmesser Verhältnis zu überprüfen. Die nachstehende Berechnungsbedingungen gelten für glatte Zylinder- und Kugelschalen als Druckbehältermäntel unter innerem Überdruck für dünnwandige Behälter:

Zylinderschale:

$$\frac{D_a}{D_i} = 1,007 \leq 1,2$$

Rohr:

1. Bedingung $D_a \leq 200$
2. Bedingung $\frac{D_a}{D_i} \leq 1,7$

Alle Bedingungen sind erfüllt.

Bei einer verfügbaren Festigkeitsdicke von $e = s_e - C_1 - C_2$ ergibt sich für den berechneten maximale Innendruck durch Umformen von Gleichung 4.2 [10], [11]:

$$p_{max} = \frac{20 \frac{K}{S_i} v (s_e - C_1 - C_2)}{D_a - s_e + C_1 + C_2} \quad (4.2)$$

$$p_{max} = 10,75 \text{ bar}$$

Der fiktiver Berechnungsdruck für Wechselbeanspruchung berechnet sich nach AD 2000 S1 analog zu Gleichung 4.2 berechnen. Hierbei brauchen Minustoleranz C_1 nicht und

Abnutzungszuschläge C_2 nur zu 50 % berücksichtigt zu werden.

$$p_r = \frac{20 \frac{K}{S_i} v (s_e - \frac{C_2}{2})}{D_a - s_e + \frac{C_2}{2}} \quad (4.3)$$

$$p_r = 10,75 \text{ bar}$$

Erst bei einem Betriebsdruck von $p = 10,75 \text{ bar}$ ist mit einem Versagen des Druckbehälters durch inneren Überdruck zu rechnen. Da der maximal zulässige Betriebsdruck unterhalb dieser Grenze bei $p_{zul} = 2 \text{ bar}$ liegt, ist an der Stelle ein Versagen des Druckbehälters auszuschließen.

4.1.2 Zylinderschale gewölbter Boden mit Stutzen

Im Rahmen der Funktion müssen Behälter für diverse Öffnungen durchlöchert werden, wie z.B. für Mannlöcher, Besichtigungsöffnungen, Stutzen und für Messeinrichtungen. Folglich haben solche Öffnungen einen enormen Einfluss auf die Festigkeit. Es ist daher wichtig, diese Schwächungen der meist runden Ausschnitte zu ermitteln.

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit dem Festigkeitsnachweis im Bereich des gewölbten Bodens mit Stutzen [12].

Hierbei handelt es sich um einen Klöpperboden. Der Stutzen ist eingeschweißt ohne Innenüberstand ($m = 0$). Es ist konstruktiv immer zu prüfen, ob der Stutzen den Krepfenbereich berührt oder nicht.

In den Tabellen 4.2 und 4.3 sind die wichtigsten Kennwerte für die Berechnung der Bereiche gewölbter Boden und Stutzen aufgelistet.

	Benennung	Werte - Tabelle	Bemerkung
1	Stahlmarke des Bauteiles	1.4306 - X2CrNiN 18-9	
2	Festigkeitswert bei $T = 20^\circ$	$K_{20^\circ C} = 240 \frac{N}{mm^2}$	
3	Festigkeitswert bei t_b	$K = 240 \frac{N}{mm^2}$	
4	Schweißnahtwertigkeit	$v = 1$	
5	Zuschläge Minustoleranz Abnutzung	$C_1 = 0 \text{ mm}$ $C_2 = 0 \text{ mm}$	Minustoleranzen bleiben austenitischen Stählen bei nur bei Innenbelastungen unberücksichtigt [10]!

Tabelle 4.2: Berechnungskennwerte Zylinderschale gewölbter Boden

	Benennung	Werte - Tabelle	Bemerkung
1	Außendurchmesser Stutzen	$d_a = 508 \text{ mm}$	
2	Stahlmarke des Bauteiles	1.4301 - X5CrNiN 18-10	
3	Festigkeitswert bei $T = 20^\circ$	$K_{20^\circ C} = 250 \frac{N}{mm^2}$	
4	Festigkeitswert bei t_b	$K = 250 \frac{N}{mm^2}$	
5	Stutzenlänge	$l_S = 150 \text{ mm}$	

Tabelle 4.3: Berechnungskennwerte Stutzen

Für Klöpperböden gilt folgender Geltungsbereich:

- $R = D_a$

- $r = 0,1 \cdot D_a$
- $0,001 \leq \frac{s_e - C_1 - C_2}{D_a} \leq 0,1$

Krempenbereich:

Die erforderliche Wanddicke der Krempe wird über die Gleichung für Kugelschalen bestimmt:

$$s = \frac{D_{a,Zyl} \cdot p_i \cdot \beta}{40 \cdot \frac{K}{S} \cdot v + p_i} + C_1 + C_2 \quad (4.4)$$

Annahme: $s_{e,Krempe} = 7 \text{ mm}$

Bei Klöpperböden ist der Außendurchmesser des Behälters gleich der zylindrischen Zarge:

$$D_a = D_{a,Zyl} = 1400 \text{ mm.}$$

Der Berechnungsbeiwert β ist für Krempe von Klöpperböden [12] in Abhängigkeit von $\frac{s_e - C_1 - C_2}{D_a}$ ab zu lesen. Der Durchmesser ist der zylindrischer Zarge wie in Bild 4.1 dargestellt.

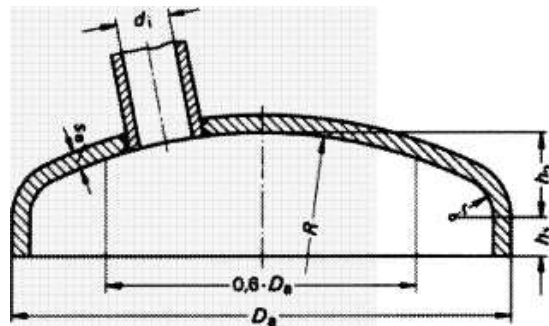


Abbildung 4.1: gewölbter Boden [12]

Da der Bereich außerhalb von $0,6D_a$ nicht durch Ausschnitte geschwächt wird, gilt $\frac{d_i}{D_a} = 0$.

Bei $\frac{s_e - C_1 - C_2}{D_a} = 0,00357$ abgelesen, ergibt sich für $\beta = 3,7$ [12].

Die Bestellung gibt keine entsprechende Anforderung der Erzeugungsklassen vor, daher werden die Erzeugnisse nach Festlegung der Klasse A geliefert. An dieser Stelle ist mit $C_1 = 0,4$ zu rechnen. Die erforderliche Wanddicke im Krempebereich errechnet sich nach Gleichung 4.4 und beträgt:

$$s_{e,Krempe*} = 2,02 \text{ mm} \leq s_{e,Krempe}$$

Da die erforderliche Wanddicke kleiner ist als die vorhandene, ist die Bedingung erfüllt.

Die Wanddicke des Stutzens lässt sich bei Zylinderschalen ebenfalls durch die Gleichung 4.4 berechnen:

$$s_{s*} = \frac{d_a \cdot p \cdot \beta}{20 \cdot \frac{K}{S} \cdot v} + C_1 + C_2 \quad (4.5)$$

und beträgt:

$$s_{s^*} = 0,35 \text{ mm}$$

Die Bedingung lautet:

- $s_{s^*} \leq s_S \leq 2s_{e, \text{Krempe}}$.

Für die Wanddicke des Stutzen wird $s_s = 5 \text{ mm}$ gewählt.

Beim Einsatz von Klöpperboden gilt, dass am Scheibenrand der Bereich $0,8D_a$ nicht überschritten werden darf.

Kalottenbereich:

Die Abbildung 4.2 stellt eine scheiben- und rohrförmige Verstärkung dar.

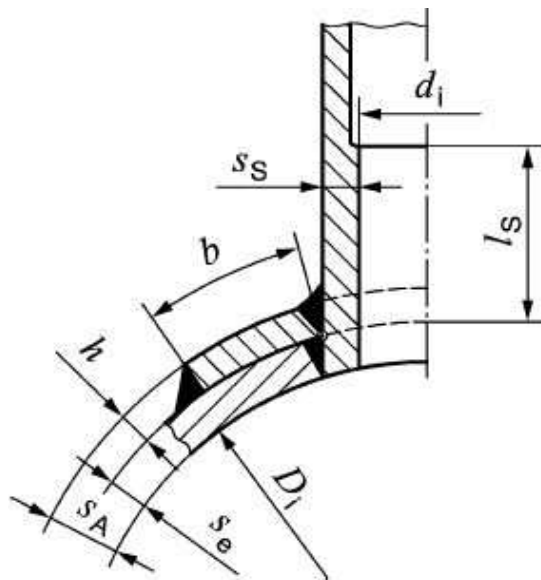


Abbildung 4.2: scheiben- und rohrförmige Verstärkung [14]

Annahme: gewählte Wandstärke $s_{e, \text{Kalotte}} = 6 \text{ mm}$.

Im Kalottenbereich gilt: $D_a = R = 1400 \text{ mm}$.

Die Wanddicke des Kalottenteils des gewölbten Bodens ist nach Gleichung:

$$D_{a \text{ Kalotte}} = 2(R + s_e) \quad (4.6)$$

zu bestimmen und ergibt sich zu:

$$D_{a \text{ Kalotte}} = 2812 \text{ mm}$$

Da auch hier keine entsprechende Anforderung der Erzeugungsklassen gegeben ist, werden die Erzeugnisse nach Festlegung der Klasse A geliefert. Es wird für C_1 ebenfalls 0,4 angenommen. Die erforderliche Wanddicke berechnet sich nach

$$s = \frac{D_{a \text{ Kalotte}} \cdot p_i}{40 \cdot \frac{K}{S} \cdot v + p_i} + C_1 + C_2 \quad (4.7)$$

und beträgt im Kalottenbereich:

$$s_{e,Kalotte*} = 1,28 \text{ mm} \leq s_{e,Kalotte}$$

Die Bedingung ist erfüllt.

Prüfstand:

Zur Bestimmung des hydrostatischen Prüfdrucks sind zwei Bedingungen durchzuführen und mit der größeren von beiden weiter zu rechnen.

- das **1,43 fache** des maximal zulässigen Drucks (PS)
- bzw. das **1,25 fache** des Wertes der maximalen Belastung im Betrieb unter Berücksichtigung von maximal zulässigem Druck und maximal zulässiger Temperatur.
- $p_{pruef,1} = 1,43 \cdot p = 2,86 \text{ bar}$
- $p_{pruef,2} = 1,25 \cdot p \cdot \frac{K_{20^\circ}}{K} = 2,5 \text{ bar}$

Der größere Prüfdruck mit $p_{pruef} = 2,86 \text{ bar}$ wird gewählt.

Als nächstes erfolgt die Berechnung der erforderlichen Wanddicke im Bereich der Kreppe und der Kalotte mit dem neuen Prüfdruck. Es wird geprüft, ob die gewählten Wanddicken dem standhalten:

Krempenbereich:

$$s_{e,Kremppe,pruef} = e + C_1 + C_2 = 2,71 \text{ mm} \leq s_{e,Kremppe}$$

Kalottenbereich:

$$s_{e,Kalotte,pruef} = e + C_1 + C_2 = 1,66 \text{ mm} \leq s_{e,Kalotte}$$

Die Bedingungen sind erfüllt.

Die Schwächung durch Ausschnitte wird in der Regel durch Verschwächungsbeiwerte v_A berücksichtigt. Für senkrechte Stutzen wird der Ausschnittsdurchmesser bei zylindrischen Grundkörpern aus dem Bild 7 und bei kugeligen Grundkörpern aus dem Bild 8 entnommen [14].

Da keine aufgeschweißte Verstärkungsscheibe vorhanden ist, gilt $h = 0$ und somit $s_e = s_a$. Siehe Abbildung 4.2.

$$\frac{s_e + h}{D_a - 2 \cdot s_e} = 0,010$$

Somit wird der Verschwächungsbeiwert v_A bei scheiben- und rohrförmiger Verstärkung aus dem Bild 8b [14] in Abhängigkeit vom bezogenen Ausschnittsdurchmesser $\frac{d_i}{D_i}$ und dem Wanddickenverhältnis $\frac{s_s - C_1 - C_2}{s_A - C_1 - C_2}$ entnommen.

Bei einem Ausschnittsdurchmesser von $\frac{d_i}{D_i} = 0,716$ und einem Wanddickenverhältnis von $\frac{s_s - C_1 - C_2}{s_A - C_1 - C_2} = 0,833$ bei

$$v_A = 0,54.$$

Da die ausgeführte Wanddicke s_e des Mantels geringer ist als die erforderliche Wanddicke am Ausschnitt s_A , gilt für die maximale mittragende Breite:

$$b = \sqrt{(D_i + s_A - C_1 - C_2)(s_A - C_1 - C_2)} \quad (4.8)$$

$$b_{max} = 129 \text{ mm.}$$

Die minimale mittragende Breite rechnet sich durch

$$b_{min} = 3 \cdot s_A$$

und beträgt:

$$b_{min} = 91,26 \text{ mm.}$$

Als mittragende Länge l_S darf für den Stutzen folgende Gleichung eingesetzt werden:

$$l_S = f_S \sqrt{(d_i + s_S - C_1 - C_2)(s_S - C_1 - C_2)}. \quad (4.9)$$

Bei Kugelschalen mit $f_S = 1$ lässt sich eine Stutzenlänge von $l_S = 50,15 \text{ mm}$ berechnen.

Eine gegenseitige Beeinflussung von Ausschnitten kann vernachlässigt werden, wenn der Abstand der benachbarten Stutzen

$$L \geq 2 \cdot \sqrt{(D_i + s_A - C_1 - C_2) \cdot (s_A - C_1 - C_2)} \quad (4.10)$$

ist.

Der Abstand der benachbarten Stutzen ergibt sich aus den Zeichnungen und liegt bei $L = 260 \text{ mm}$.

Der maximal zulässige Stutzenabstand von Bodenmitte bis zur Achse des Stutzens ohne gegenseitige Beeinflussung der Stutzen beträgt:

$$l_{max} \geq 182,90 \text{ mm.}$$

Damit die Stutzen sich nicht gegenseitig beeinflussen, muss l_{max} kleiner sein als der vorhandene Abstand L . Das trifft zu, daher ist ein gegenseitiges Beeinflussung der Stutzen auszuschließen.

Der zulässige Innendruck im Bereich des Bodens mit Stutzen berechnet sich durch:

$$\frac{p}{10} \cdot \left(\frac{A_p}{A_\sigma} + \frac{1}{2} \right) \leq \frac{K}{S}. \quad (4.11)$$

Die Berechnung der Querschnittsflächen A_p und A_σ ergeben sich aus Bild 4.3.

Anhand Gleichung 4.11 ergibt sich die Gleichgewichtsbedingung, anhand derer der Innendruck betrachtet wird [15]:

$$\left(\frac{K}{S} - 0,05 p \right) \cdot A_{\sigma,0} + \left(\frac{K_1}{S} - 0,05 p \right) \cdot A_{\sigma,1} + \left(\frac{K_2}{S} - 0,05 p \right) \cdot A_{\sigma,2} \geq 0,1 p \cdot A_p. \quad (4.12)$$

Durch Umstellen der Gleichgewichtsbedingung 4.12 beträgt der maximaler Druck im Bereich des Bodens und Stutzens:

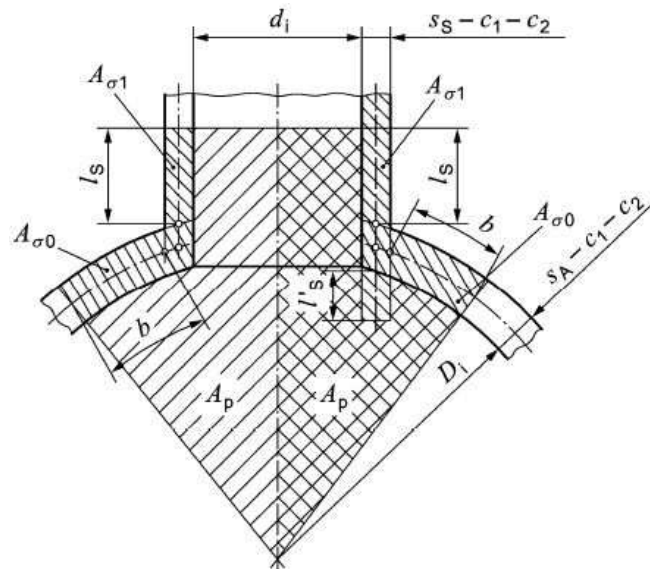


Abbildung 4.3: Berechnungsschema für kugelige Grundkörper [14]

$$p_{max} = 5,71 \text{ bar.}$$

Analog Gleichung 4.3 lässt sich der fiktiver Berechnungsdruck der Verstärkung für Wechselbeanspruchung nach Modul AD 2000-Merkblatt S1 berechnen und beträgt:

$$p_r = 5,73 \text{ bar.}$$

Die Bedingung ist erfüllt.

Die Verstärkung ist völlig ausreichend. Es ist keine zusätzliche Verstärkung für Boden und Stutzen nötig.

4.1.3 Zylinderschale unter äußerem Überdruck

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Berechnung des maximal annehmbaren Betriebsdruckes bei Außendruck. Dafür werden zunächst alle Kennwerte zur Berechnung gegen elastisches Einbeulen und im Anschluss gegen plastisches Verformen ermittelt. Die berechneten äußeren Drücke müssen den Berechnungsüberdruck außen überschreiten.

Geltungsbereich:

Glatte Zylinderschalen und Rohre unter äußeren Überdruck.

Eine Auflistung der wichtigsten Berechnungskenngrößen ist in der Tabelle 4.4 aufgeführt.

Der Wert der Unrundheit wird mit $u = 1.5 \%$ angenommen.

Die Berechnung ist gegen elastisches Einbeulen und gegen plastisches Verformen durchzuführen.

Die im folgenden aufgeführten Sicherheitsbeiwerte dem AD 2000-Merkblatt entnommen [13]:

- Sicherheitsbeiwert für den Werkstoff 1.4301 bei Walz- und Schmiedestählen (gegen plastische Verformung): $S_p = 1,6$

	Benennung	Werte - Tabelle	Bemerkung
1	Berechnungsüberdruck außen	$p_a = 0,5 \text{ bar}$	
2	Betriebstemperatur	$t = 50^\circ C$	
3	Berechnungstemperatur	$t = 50^\circ C$	
4	Stahlmarke des Bauteiles	1.4301 - X5CrNi 18-10	
5	Außendurchmesser Zylinder	$D_a = 1.400,00 \text{ mm}$	
6	gewählte Wanddicke	$s = 5,00 \text{ mm}$	
7	Zuschläge Minustoleranz Abnutzung	$C_1 = 0,4 \text{ mm}$ $C_2 = 0 \text{ mm}$	Bei austenitischen Stählen immer $C_2 = 0$ [AD B0].
8	Sicherheitswert Festigkeit	$S = 1,5$	
9	Schweißnahtwertigkeit	$v = 0,85$	
10	Länge	$L = 859 \text{ mm}$	Entfernung zwischen zwei wirksamen Versteifungen
11	Festigkeitswert bei $T = 50^\circ C$	$K = 177 \frac{N}{mm^2}$	

Tabelle 4.4: Berechnungskennwerte Zylinderschale unter äußerem Überdruck

- Sicherheitsbeiwert unabhängig vom Werkstoff (gegen elastische Verformung):
 $S_K = 3,0$
- Querkontraktionszahl: $\nu = 0,3$
- Elastizitätsmodul: $E = 193.750 \text{ Pa}$

Berechnung gegen elastisches Einbeulen:

Zur Berechnung des Außendruckes gegen elastisches Einbeulen muss als erstes der Beiwert Z ermittelt werden:

$$Z = 0,5 \pi \frac{D_a}{L} \quad (4.13)$$

$$Z = 2,56$$

Als nächstes wird die Beulwellenzahl n bestimmt.

$$n = 1,63 \sqrt[4]{\frac{D_a^3}{L^2 (s_e - C_1 - C_2)}} \quad (4.14)$$

$$n = 8,53$$

Der Beiwert Z und die Beulwellenzahl n werden so gewählt, dass der Außendruck p_a, elas zum kleineren Wert wird. Für die Beulwellenzahl wird $n = 9$ festgesetzt.

Prüfung der Bedingungen:

- n ganzzahlig
- $n \geq 2$
- $n > Z$

Alle Bedingungen sind erfüllt.

Somit kann als nächstes der Außendruck bestimmt werden [13]:

$$p_1 = \frac{E}{S_K} \left\{ \frac{20}{n^2-1(1+\frac{n^2}{z^2})^2} \frac{s_e-C_1-C_2}{D_a} + \frac{80}{12(1-\nu^2)} \left[n^2-1 + \frac{2n^2-1-\nu}{1+(\frac{n}{z})^2} \right] \left[\frac{e-C_1-C_2}{D_a} \right]^3 \right\} \quad (4.15)$$

und beträgt:

$$p_1 = 2,25 \text{ bar} = p_{a,elas}$$

Die vorhandene Sicherheit lässt sich durch 4.16

$$S_{vor,elas} = S_K \cdot 2 \cdot p_1 \quad (4.16)$$

berechnen und beträgt

$$S_{vor,elas} = 13,5.$$

Berechnung gegen plastisches Verformen:

Der Außendruck im Bereich der plastischen Verformung wird gemäß AD 2000-Merkblatt B6 aufgeführten Gleichung (4) ermittelt:

$$p_2 = \frac{20 K(s_e - C_1 - C_2)}{S_i D_a} \frac{1}{1 + \frac{1,5 u (1 - 0,2 \frac{D_a}{L}) D_a}{100 (s_e - C_1 - C_2)}} \quad (4.17)$$

$$p_2 = 1,388 \text{ bar} = p_{a,plas}$$

Analog Gleichung 4.16 zur Berechnung der vorhandenen Sicherheit gegen elastisches Verformen erfolgt auch hier die Berechnung der Sicherheit im Bereich des plastischen Verformens:

$$S_{vor,plas} = S_p \cdot 2 \cdot p_2 \quad (4.18)$$

und beträgt

$$S_{vor,plas} = 4,44 .$$

Ausschlaggebend ist hier der kleinere Wert der beiden berechneten Drücke p_1 und p_2 , welcher den äußeren Berechnungsdruck überschreiten muss.

Bedingung: $p_{1,2} > p_a$.

Somit ist die Bedingung erfüllt.

4.1.4 Auswertung

Anhand der Unterlagen wurde der Druckbehälter einer Prüfung unterzogen. Dabei wurde festgestellt, dass alle berechneten Drücke den maximalen vom Hersteller angegebenen Betriebsdruck von $p_{max} = 2 \text{ bar}$ überschreiten. Der Druckbehälter erfüllt somit alle sicherheitstechnischen Anforderungen der Druckgeräterichtlinie und ist nach dem AD 2000-Regelwerk ausgelegt und hergestellt. Die Prüfung erfolgte in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG und den Prüfgrundlagen und ergab keine Beanstandung. Der Betrieb des Druckbehälters ist in dem vorgegebenen Betriebsbereich zulässig.

Verschwächungsbereich	berechneter Druck [bar]	Quelle
Zylinderschale unter Innendruck	$p_i = 10,75 \text{ bar}$	AD-2000 B0 und B1
Zylinderschale unter Innendruck unter Wechselbeanspruchung	$p_{i,r} = 10,75 \text{ bar}$	AD-2000 S1
gewölbter Boden mit Stützen	$p_{gew} = 5,71 \text{ bar}$	AD-2000 B0, B1 und B9
gewölbter Boden mit Stützen unter Wechselbeanspruchung	$p_{gew,r} = 5,73 \text{ bar}$	AD-2000 S1

Tabelle 4.5: Ergebnisse der berechneten inneren Drücke in Übersicht

Im Folgenden sind alle Ergebnisse der Innendrucke entsprechend ihrer Beanspruchung in Tabelle 4.5 zusammenzutragen.

Die Ergebnisse erlauben eine quantitative Aussage, bezüglich dem tatsächlich erlaubten maximalen Betriebsdruck des Druckbehälters. Dafür ist der kleinste berechnete Wert der Tabelle 4.5 ausschlaggebend. Erst nach Überschreitung des kleinsten Wertes, tritt an der Stelle ein erstes Versagen auf. Dieser würde in dem Fall bei $p_{gew} = 5,71 \text{ bar}$ im Bereich des gewölbten Bodens mit Stützens liegen. Folglich gilt für den tatsächlich annehmbaren, maximalen Betriebsdruck:

$$p_{max} < p_{gew}$$

In Kapitel 4.2.1 wird auf die Schlussfolgerung genauer eingegangen.

In Tabelle 4.6 sind die Ergebnisse der Außendrucke aufgeführt.

Verschwächungsbereich	berechneter Druck [bar]	Quelle
Zylinderschale unter Außendruck gegen elastisches Einbeulen	$p_{a,elas} = 2,25 \text{ bar}$	AD-2000 B6
Zylinderschale unter Außendruck gegen plastisches Verformen	$p_{a,plas} = 1,38 \text{ bar}$	AD-2000 B6

Tabelle 4.6: Ergebnisse der berechneten äußeren Drücke in Übersicht

Der maßgebende annehmbare Außendruck liegt laut Tabelle 4.6 bei $p_{a,plas} = 1,38 \text{ bar}$. Auch hier wird auf die Schlussfolgerung in Kapitel 4.2.2 näher eingegangen.

4.2 Tatsächlicher Betriebsbereich

Dieser Kapitel beschreibt den tatsächlichen annehmbaren maximalen und minimalen Betriebsdruck des Druckbehälters mit dem er gefahren und in Betrieb genommen werden kann. Dabei werden Berechnungsschritte nicht weiter aufgeführt, sondern nur die wesentlichen Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus den Berechnungen zusammengetragen.

4.2.1 Maximaler annehmbarer Betriebsdruck

In diesem Kapitel geht es um die Bestimmung des tatsächlich annehmbaren maximalen Betriebsdrucks.

Ein quantitatives Ergebnis wurde bereits anhand der berechneten Ergebnisse in Kapitel 4.1.4 abgeleitet. In diesem Kapitel wird dieser Wert auf Standfestigkeit überprüft.

Zur Ermittlung des minimalen Betriebsdrucks wird zunächst an der Stelle für den Sicherheitsbeiwert $S_i = 1$ angenommen.

Nach Gleichung 4.2 beträgt der maximal annehmbare Druck bei Vernachlässigung der Sicherheit:

$$p_{max} = 16,13 \text{ bar.}$$

Dieser Wert liegt weit über dem, vom Hersteller angebenen maximalen Druck und ist aus Sicherheitsgründen nicht plausibel.

Um den in Kapitel 4.1.4 angenommenen Betriebsdruck belegen zu können, erfolgt an dieser Stelle eine weitere Überprüfung der Standfestigkeit des Druckbehälters.

Die Bedingung aus der Schlussfolgerung der bisherigen Berechnungen lautet:

$$p_{max} < p_{gew}.$$

Somit wird ein maximaler Betriebsdruck von $p_{max} = 5,7 \text{ bar}$ festgesetzt. Die Berechnung des Druckbehälters unter innerer Belastung und die der im Bereich des gewölbten Bodens erfolgt analog zu Kapitel 4.1.1 und 4.1.2. Alle erforderlichen Angaben sind ebenfalls aus den entsprechenden Tabellen zu entnehmen.

Alle Bedingungen sowohl bei Berechnung der Zylinderschale unter Innenbelastung als auch im Bereich des gewölbten Bodens mit Stützen sind erfüllt.

Schlussfolgernd ist festzuhalten, dass der Druckbehälter einen Betriebsdruck von

$$p_{max} = 5,7 \text{ bar}$$

standhält.

4.2.2 Minimaler annehmbarer Betriebsdruck

Dieses Kapitel beschreibt den minimalen Betriebsdruck.

Auch hier wird eine Orientierung an Kapitel 4.1.3 vorausgesetzt. Der maßgebende annehmbare Außendruck liegt bei $p_{a,plas} = 1,38 \text{ bar}$. Auch hier wird im Folgenden auf weitere Berechnungsschritte verzichtet, sondern nur die Schlussfolgerungen zusammengetragen.

Aus Gründen der möglicherweise auftretenden Kavitation an der Kreiselpumpe wird der Druckbehälter nicht dem vollen berechneten Außendruck ausgesetzt, sondern es wird für den Berechnungsdruck außen $p_{a^*} = -0,6 \text{ bar}$ festgelegt.

Bei einem Berechnungsdruck außen von $p_{a^*} = -0,6 \text{ bar}$ sind alle Bedingungen erfüllt.

Der Druckbereich des Druckbehälters kann somit anstandslos auf einen minimalen Druck von

$$p_{min} = 0,6 \text{ bar}$$

zur Umgebung erweitert werden.

Art	Bezeichnung	Inhalt	Prüfungsart	Bestätigung der Bescheinigung durch
2.1	Werksbescheinigung	Bestätigung der Übereinstimmungen mit der Bestellung ohne Prüfungsergebnisse	Nicht spezifisch	den Hersteller
2.2	Werkszeugnis	Bestätigung der Übereinstimmungen mit der Bestellung mit Prüfungsergebnissen	Nicht spezifisch	den Hersteller
3.1	Abnahmeprüfzeugnis 3.1	Bestätigung der Übereinstimmungen mit der Bestellung mit spezifischen Prüfungsergebnissen	Spezifisch	den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers
3.2	Abnahmeprüfzeugnis 3.2	Bestätigung der Übereinstimmungen mit der Bestellung mit spezifischen Prüfungsergebnissen	Spezifisch	den von der Fertigungsabteilung unabhängigen Abnahmebeauftragten des Herstellers und den vom Besteller oder den in den amtlichen Vorschriften genannten Abnahmebeauftragten

Tabelle 4.7: Arten der Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204

4.3 Prüfbescheinigungen

„Die Prüfbescheinigung muss die in DIN EN 10028-1 geforderten Angaben enthalten. Außerdem ist in jeder Prüfbescheinigung die der Lieferung zugrunde liegende Technische Lieferbedingung und Technische Regel [16] anzugeben“ [17].

Tabelle 4.7 gibt eine Übersicht der Arten der Prüfbescheinigung [18] wieder.

4.3.1 Abnahmeprüfzeugnis

Mit dem Abnahmeprüfzeugnis bestätigt der Hersteller die Erfüllung der „Liefervereinbarungen“.

Es gilt die Norm EN 10204 im Zusammenhang zu den Vorgaben für ein bestimmtes Erzeugnis, in der die technischen Lieferbedingungen vorgegeben sind. Die Norm gibt den Inhalt der Prüfbescheinigung vor.

Zwecks Rückverfolgung der Werkstoffe ist es erforderlich, Abnahmeprüfzeugnisse (Werkstoff-Bescheinigungen) vorzulegen. Für die wichtigsten drucktragenden Teile von Druckgeräten der Kategorien II, III und IV sind spezifische Prüfungen nötig. Die Prüfbescheinigungen werden nach der jeweiligen durchgeführten Art der Prüfung eingeteilt.

Der Inhalt des Abnahmeprüfzeugnisses setzt sich aus den wesentlichen Aspekten zusammen:

- Angaben zum Hersteller
- Angaben des Kunden
- Werkstoff/e und der/n dazugehöriger/n Norm/en
- chemische Zusammensetzung
- Schmelzen Nummer

- mechanische Eigenschaften und
- Wärmebehandlung

Zur besseren Vorstellung ist im Anhang ein Abnahmeprüfzeugnis mit aufgeführt.

4.4 Zusammenfassung

Die Berechnung der Standfestigkeit des Druckbehälters wurde vorgeführt. Der Druckbehälter erfüllt alle sicherheitstechnischen Anforderungen der Richtlinie 97/23/EG in Übereinstimmung der Prüfgrundlagen und darf in dem vom Hersteller angegebenen Druckbereich von $-0,5 \text{ bar bis } 2 \text{ bar}$ betrieben werden.

Außerdem wurden die bisherigen Berechnungen betrachtet und ausgewertet. Dabei wurde festgestellt, dass der Druckbehälter überdimensioniert ist und der Druckbereich des Druckbehälters ohne konstruktive Eingriffe auf $-0,6 \text{ bar bis } 5,7 \text{ bar}$ erweitert werden kann.

5 Aufbau des Antriebsmotors

In diesem Kapitel geht es um die endgültige Auslegung der Halterung des Antriebsmotors und seiner Integration in den Prüfstand.

Nach Vereinbarung und Begründung soll der schon angeschaffte Gleichstrommotor zum Einsatz kommen.

Der Grund des Austausches ist die Annahme, dass durch den asynchronen Wechselstrommotor beim Betrieb und Regelung elektrische Störungen entstehen.

5.1 Bedingung

Wie in Kapitel 2.1.1 beschrieben soll in dem Prüfstand zur Vermessung von Kennfeldern, die Drehzahl geregelt werden können.

Die Problematik bei einem Wechselstrommotor ist die Drehzahl, welche sich nur durch Frequenzänderung der Versorgungsspannung ändern lässt.

Der Gleichstrommotor bietet durch Veränderung der Stromspannung U_A am Rotor problemlos eine gute, einfache und exakte Drehzahlregelung an.

Ein weiteres Auswahlkriterium ist die zu übertragende Leistung. Der Antriebsmotor muss eine Drehzahl von $n = 2900 \text{ min}^{-1}$ und die Leistung von $P = 15 \text{ kW}$ übertragen können.

Da der Gleichstrommotor alle Bedingungen erfüllt und im Vergleich zum asynchronen Wechselstrommotor eine bessere Alternative bietet, wird der Wechselstrommotor durch einen Gleichstrommotor ausgetauscht.

Demzufolge wurde eine Gleichstromnebenschlussmaschine des Typs LAK 4112-B der Firma T-T Electric gewählt.

Bild 5.1 zeigt eine zeichnerische Darstellung des gewählten Antriebsmotors mit der Zeichnungsnummer *krp-005-12-01-00*.

In Tabelle 5.1 sind alle wesentlichen Daten des gewählten Antriebsmotors aufgeführt.

5.2 Modifikation des Motors

Wie in der zeichnerischen Darstellung (Abb. 5.1) des Antriebsmotor zu sehen ist, weist der Antriebsmotor nur auf der Seite A ein Flansch zum Anschließen einer Lagerung auf, welches für eine Axial- und Drehzahlmessung nötig wäre. Zudem ist auf dem Antriebsmotor ein radialer Belüftungsmotor angebracht.

Da die Seite B keinen Anschluss für eine zweite Lagerung bietet (Abb. 5.2) und die Modifikation vonseiten des Herstellers aus Gründen der Gewährleistung nicht übernommen

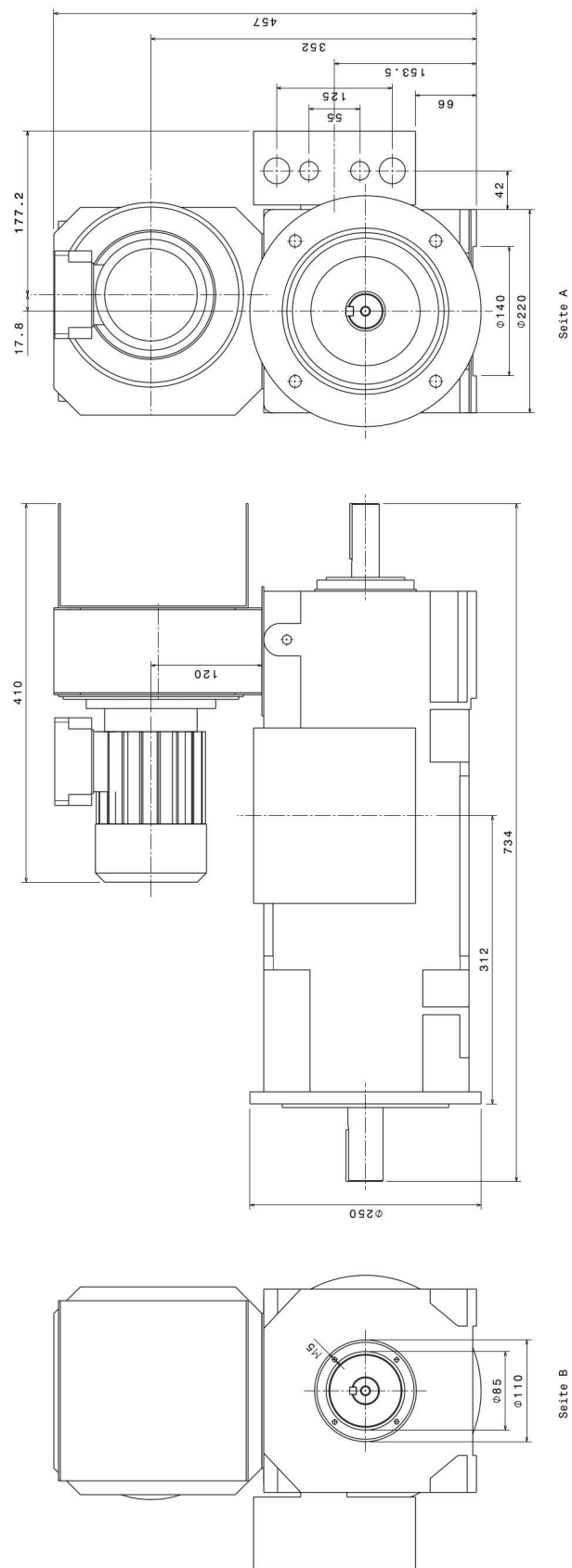


Abbildung 5.1: Gleichstromnebenschlussmotor LAK 4112-B (*krp-005-12-01-00*)

Hersteller	T-T Electric Deutschland
Kennzeichnung	Gleichstromnebenschlussmotor LAK 4112-B
Leistung	20 <i>KW</i>
Nenn Drehzahl	3000 <i>min</i> ⁻¹
Ankerspannung	400 <i>V</i>
Ankerstrom	57 <i>A</i>
Feldspannung	310 <i>V</i>
Feldstrom	1,90 <i>A</i>
Trägheitsmoment	0,050 <i>kg m</i> ²
Gewicht	118 <i>kg</i>

Tabelle 5.1: Daten des Gleichstromnebenschlussmotors

wurde, wird die endgültige Modifikation des Antriebsmotors in dieser Arbeit dargelegt.

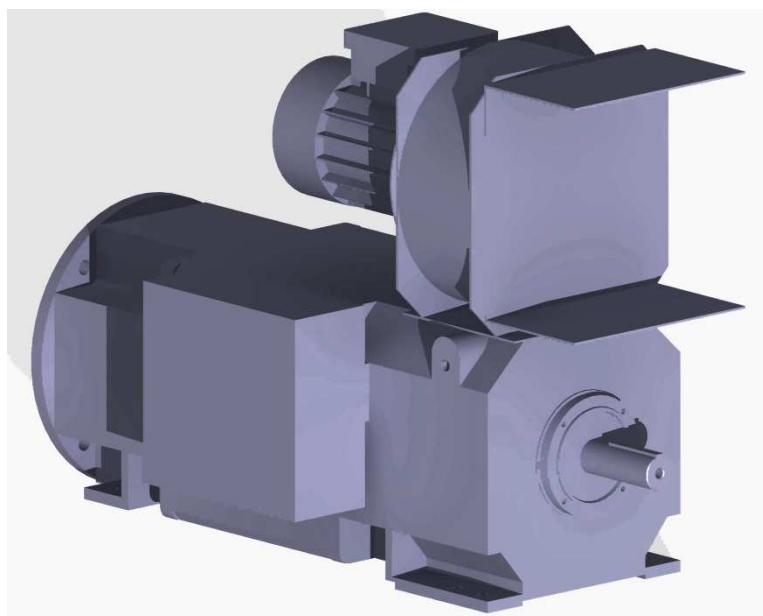


Abbildung 5.2: Gleichstromnebenschlussmotors LAK 4112-B - Seite B

Der Tisch bildet den kompletten Aufbau für die Lagerung des Gleichstrommotors.

Da der Tisch bereits vor Lieferung des Gleichstrommotors gefertigt wurde, wird angenommen, dass er etwas zu groß ist und eine Nachbearbeitung des Motortisches erforderlich ist. Ziel dieses Kapitels ist es daher, eine kostengünstige und fertigungsgerechte Alternative zu konzipieren.

Der Tisch steht derzeit im Zentrum für Energiesysteme (Gebäude D - Maschinenhalle) und soll möglichst ohne Nachbearbeitung Verwendung finden. Dafür ist entweder die Konstruktion der Lagerung umzumodellieren oder Zusatzteile zu entwerfen. Das Konzept wird in Anlehnung an die Diplomarbeit [1] aufgestellt und bewertet.

Damit ist für die Messung von Axialschub, Drehzahl und Drehmoment eine Modifikation des Antriebsmotors erforderlich.

Zum Ausgleich des Problems werden im Folgenden drei Lösungsvarianten vorgestellt.

5.2.1 Lösungsvariante 1

Die erste Lösungsvariante wird in Anschluss an das Lernprojekt im Sommersemester 2013 zunächst ausgewertet und in Hinblick der Funktionstüchtigkeit und des Kostenaufwandes ihrer Fertigung überprüft. Wichtige Kriterien sind hierbei in erste Linie die Ausführbarkeit der Variante und die Vermeidung von Nacharbeiten am Motortisch.

Der Zusammenbau des Zusatzblocks (*krp-005-12-04-04*) setzt sich zusammen aus:

1. einer Grundplatte,
2. einer Seitenplatte,
3. einem Flansch,
4. und zwei Querstreben.

Abbildung 5.5 liefert zum besseren Verständnis eine Darstellung des Zusammenbaus des Zusatzblocks.

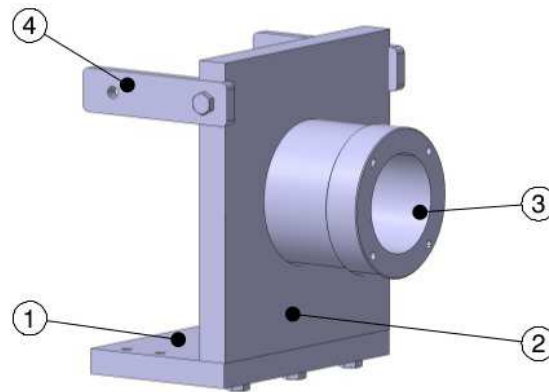


Abbildung 5.3: Darstellung des Zusammenbaus des Zusatzblocks (*krp-005-12-04-04*)

Zunächst wird die Motorbefestigung durch drei Sechskantschrauben und Unterlegscheiben an die Seitenplatte geschraubt. Die vier weiteren Bohrungen an der Motorbefestigung werden später für die Montage an den Motor genutzt. Auch die zwei Querstreben werden durch zwei Schrauben und Scheiben an der Seitenplatte gefestigt.

Die beiden freien Bohrungen der Querstreben dienen ebenfalls zur seitlichen Befestigung des Zusammenbaus des Zusatzblocks an den Motor.

Der Flansch wird dabei mit der Seitenplatte verschweißt. Es bietet die vier für den Anschluss der Lagerung erforderlichen, Gewindebohrungen.

Außerdem wurde der Zusatzblock durch eine Stahlkonstruktion realisiert.

Wie in der Beschreibung ersichtlich, wurde die Lösungsvariante nicht nach den Gesichtspunkten der Kostenminimierung konzipiert.

5.2.2 Lösungsvariante 2

In der zweiten Variante wird ein Extrateil —Lageranschluss (*krp-005-12-01-04*)— entwickelt. Dieser Lageranschluss wird zunächst durch vier Sechskantschrauben mit Unterlegscheiben an den Lagerträgerflansch-lüfterseitig (*krp-005-12-03-07*) angeschraubt. Im

Anschluss wird der Lagerträgerflansch mit Lageranschluss an die Seite B ebenfalls durch vier Sechskantschrauben nach DIN ISO 4017 - M5x20 mit Unterlegscheiben direkt an den Motor montiert.

Abbildung 5.4 stellt den Zusatzteil „Lageranschluss“ (*krp-005-12-01-04*) dar.

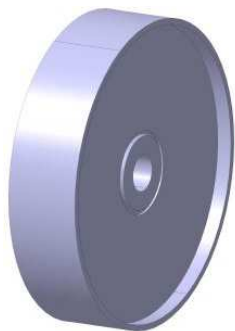


Abbildung 5.4: Lageranschluss

Der Lageranschluss hat einen Durchmesser von $d = 250 \text{ mm}$ und eine Breite von $b = 65 \text{ mm}$. In der Mitte des Lageranschlusses sind die Einschnitte für die Zentrierung des Bauelements. Die Zentrierung dient der einfacheren und genaueren Montage des Lageranschlusses mit dem Motor. Siehe Abbildung 5.4.

Zur besseren Vorstellung ist in Abbildung 5.5 der komplette Aufbau der Motoraufhängung samt Zusatzteil dargestellt.

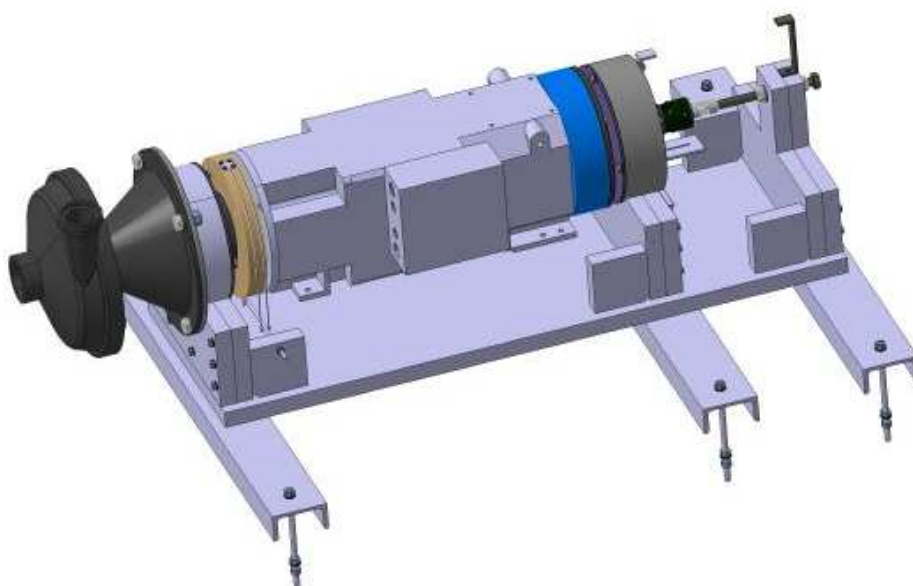


Abbildung 5.5: Isometrische Darstellung der Lösungsvariante 2 der Motoraufhängung

5.2.3 Lösungsvariante 3

Dieser dritten Variante wird im Hinblick der Optimierung der Lagerträgerflansch (*krp-005-12-03-07*) weiter betrachtet. Die zweite Variante bietet entscheidende Vorteile, aber auch einen Nachteil. Ein Zusatzteil bringt zusätzliche Arbeitsschritte mit sich. Daher wird an der Stelle weiter optimiert und eine dritte Variante in Erwägung gezogen.

Ziel dieser Lösungsvariante ist es, aus dem Lageranschluss (*krp-005-12-01-04*), wie in Punkt 5.2.2 beschrieben, und dem Lagerträgerflansch ein Teil zu machen. Dafür wird der Lagerträgerflansch umdimensioniert. Siehe dazu Abbildung 5.6.

Ungefähr in der Mitte weist er eine 20 mm Breite Einkerbung vor, an der er durch vier Außensechskantschrauben und Unterlegscheiben direkt an den Motor montiert wird. Die Einkerbung, vorne an dem Lagerträgerflansch, dient zur Zentrierung an den Motor.

In Abbildung 5.6 ist eine Schnittdarstellung des überarbeiteten Lagerträgerflansches aufgeführt.

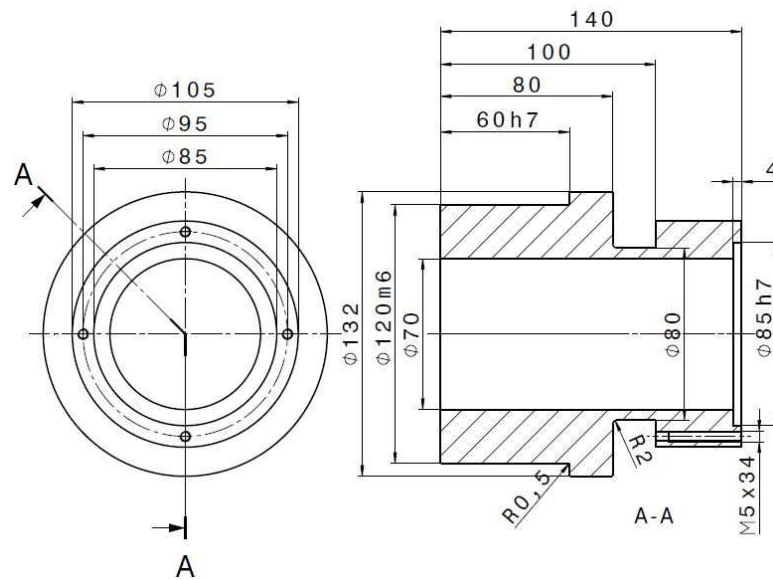


Abbildung 5.6: Schnittdarstellung des überarbeiteten Lagerträgerflansches

Abbildung 5.7 stellt den fertigen Aufbau der Motoraufhängung mit den Positionsnummern der Unterbaugruppen dar.

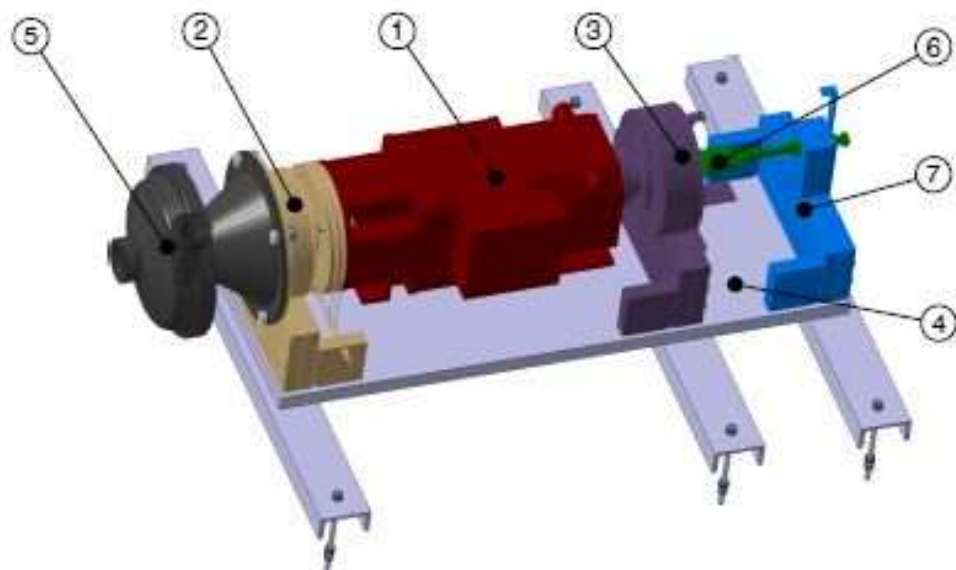


Abbildung 5.7: Gesamtaufbau der Motoraufhängung

Die Motoraufhängung (*krp-005-12-00*) setzt sich aus folgenden Baugruppen zusammen.

1. *krp-005-12-01-00* Antriebsmotor
2. *krp-005-12-02-00* Festlagerung
3. *krp-005-12-03-00* Loslagerung
4. *krp-005-12-04-00* Tisch
5. *krp-005-12-05-00* Kreiselpumpe
6. *krp-005-12-06-00* Axial- und Drehzahlmesseinheit
7. *krp-005-12-07-00* Kraftaufnehmer.

Analog zu der Bezeichnungsstruktur der Messleitung (siehe Kapitel 2.3) erfolgt auch hier die Nummernvergabe. Alle Modelle, Zeichnungen, PDF-Dateien und Stücklisten der Baugruppen sind ebenfalls im Verzeichnis *krp-005* zu finden.

5.3 Bewertung der Lösungsvarianten

In diesem Kapitel geht es um die kritische Bewertung der Lösungsvarianten. Dafür werden alle Vorteile und Nachteile der Lösungsvarianten in Betracht gezogen und ausgewertet.

Dazu werden im Folgenden die wichtigsten Kriterien für die Umsetzbarkeit und Kostenoptimierung bei der Fertigung der zu konzipierenden Bauteile festgelegt:

- Einfache und übersichtliche Gestaltung von Bauteilen, um zusätzliche Kosten und Arbeitsschritte bei der Fertigung zu vermeiden
- Herstellung der Bauteile aus einem Material
- Bei der Konstruktion darauf achten, mehrere Teile auf eine homogene Wandstärke zubringen
- Dimension der Bauteile so wählen, dass der Materialüberschuss bei der Fertigung auf ein Minimum verringert wird.
- Weiterverarbeitung sollte möglich sein, aber möglichst vermieden werden.

Diese Kriterien dienen in erster Linie der Vereinfachung der Gestaltung und der Verbesserung der Funktionalität.

Bei der ersten Variante fallen, wie in der Beschreibung ersichtlich sowohl zusätzliche Materialkosten für Bau- und Normteile, als auch zusätzliche Arbeitsschritte an.

Die Fertigung der Bauteile des Zusatzblocks ist durch die Verfahren des FräSENS und des Drehens in der Fakultätswerkstatt an der HAW-Hamburg möglich. Auch ließe sich die Motoraufhängung durch den Zusatzblock auf die Länge des Motortisches anpassen.

Dennoch erfüllt die Variante nicht alle Bedingungen und wird daher verworfen.

Die zweite Variante bietet ebenfalls den Vorteil, dass durch den Lageranschluss die Länge des Motors mit Lagerung auf die Länge des Tisches angepasst ist und so kein Ausgleichen

erforderlich ist. Außerdem werden Normteile zur Montage verwendet. Dadurch werden die Kosten auf ein Minimum reduziert.

Die zweite Lösungsvariante erfüllt zwar einige wichtige Bedingungen, bringt aber auch einen entscheidenden Nachteil mit sich. Die Fertigung eines neuen Zusatzteils ist immer verbunden mit zusätzlicher Arbeitszeit und zusätzlichen Materialkosten, die so gering wie möglich zu halten sind. Da die zweite Variante noch Verbesserungsmöglichkeiten bietet, wird an der Stelle auf die dritte und letzte Lösungsvariante verwiesen.

Das Neumodellieren des Lagerträgerflanschs ermöglicht die Zusammenstellung von zwei Bauelementen zur einer, welches problemlos an den Drehmaschinen in der Werkstatt an der HAW-Hamburg gefertigt werden kann.

Der Lagerträgerflansch (Abb. 5.6) stellt sowohl den Sitz des Loslagers als auch den Anschluss an den Motor sicher. Durch den etwa mittigen Einschnitt und den kleineren Absatz erfüllt dieser Lagerträgerflansch alle erforderlichen Bedingungen.

Vorne an dem kleineren Absatz ist eine für die Zentrierung an den Motor erforderliche Einkerbung angebracht. Des Weiteren sind vier Bohrungen zu sehen, welche durch vier Schrauben und Scheiben von dem mittleren Einschnitt aus, an den Motor geschraubt werden können.

Für die Konstruktion der Motoraufhängung wird somit die dritte Lösungsvariante vorgesehen (Abb. 5.7).

5.4 Planung des Umbaus

Die Planung des Umbaus des Kreiselpumpenprüfstand erfolgt in Anlehnung an die Diplomarbeit [1]. In diesem Kapitel werden nur die überarbeiteten Punkte der Konstruktion aufgeführt. Alle weiteren noch gültigen Anforderungen werden in dieser Arbeit nicht weiter vorgetragen.

Der Gleichstrommotor (*krp-005-12-01-00*) (Abb. 5.1) ist auf beiden Seiten durch entsprechende Lagerungen gehalten. Beide Lagerungen sind fest am Gehäuse verbunden. Auf der Seite A (pumpenseitig) wird ein Festlager (*krp-005-12-02-00*) angebracht, welches zusätzlich über die Innenlagerung mit dem Motor fest verbunden ist. Siehe dazu Abbildung 5.7.

Die angebrachten Zugfedern (Pos. 13) (*krp-005-12-02-19*) und die beiden am Lagerbockring pumpenseitig_2 (Pos. 10b) (*krp-005-12-02-22*) befestigten Zugdrähte erlauben dem Gehäuse ein leichtes Pendeln (siehe Abb. 5.8). Diese Pendelbewegung wird durch einen Wegaufnehmer gemessen, aus der im Anschluss die Leistung bestimmt werden kann.

Der eine Zugdraht wird über eine Befestigungsplatte (Pos. 12) (*krp-005-12-02-17*) mit jeweils vier Sechskantschrauben und Unterlegscheiben befestigt. Der zweite Zugdraht wird durch zwei Schrauben im oberen Bereich in Front des Lagerbockrings (Pos. 10b) (*005-12-02-22*) gehalten.

In Abbildung 5.8 ist der Festlager abgebildet.

Zur besseren Befestigung der beiden Zugdrähte wird auf dem Lagerbockring pumpenseitig_2 (Pos. 10b) jeweils zwei 4 mm breite Schnitte eingedreht. Dadurch ist ein passender Sitz für die Zugdrähte geschaffen.

Um ein Verdrehen des Motors zu vermeiden, finden Gewindestangen (Pos. 5) Verwendung. Eine Gewindestange (*krp-005-12-02-5*) nach DIN 913 mit Innensechskant wird direkt unterhalb des Lagerträgerflansch_1 (Pos. 11a) (*krp-005-12-02-11*) eingeschraubt

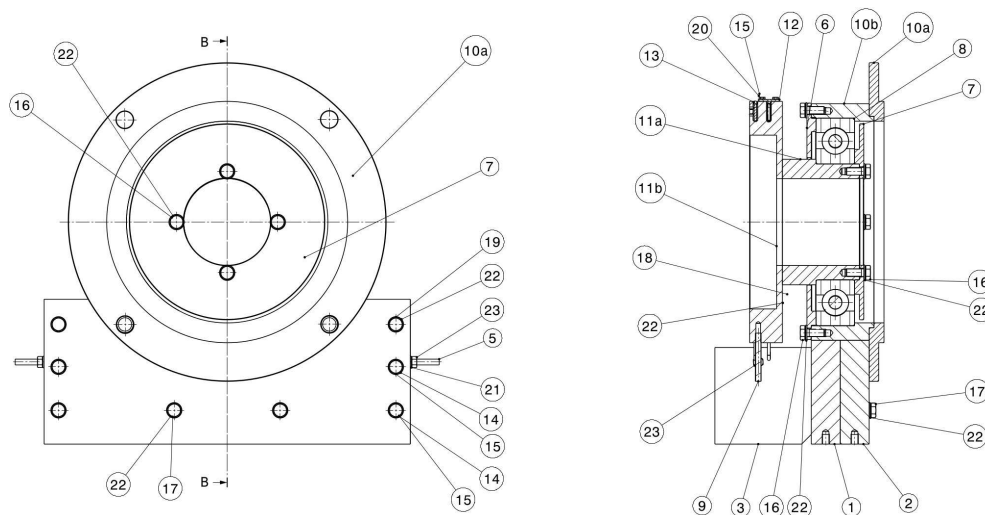


Abbildung 5.8: Zeichnerische Darstellung der Festlagerung (*krp-005-12-02-00*)

und mit Muttern gesichert. Als Anschlagfläche dienen ebenfalls zwei etwas längere Sicherungsstäbe (Pos. 9) (*krp-005-12-02-09*), die waagrecht durch die Stutzen (Pos. 3) (*krp-005-12-02-03*) geschraubt und mit Muttern und Unterlegscheiben befestigt werden. Der Abstand der beiden waagerechten Gewindestangen definiert die Anschlagfläche.

5.5 Konstruktive Umsetzung

Aus Gründen der Kosteneinsparung werden die Konstruktionen der Lagerung optimiert.

Die Konstruktion des Lagerträgerflanschs der Festlagerung wird insofern geändert, dass er in zwei Teile aufgeteilt wird. Da die Herstellung eines Flansches dieser Dimension einen extremen Materialabfall zur Folge hätte, wird der in Lagerträgerflansch_1 (Pos. 11a) (*krp-005-12-02-11*) und der Lagerträgerflansch_2 (Pos. 11b) (*krp-005-12-02-21*) jeweils als ein einzelnes Bauelement gefertigt und anschließend miteinander verschweißt.

In Abbildung 5.8 ist die Konstruktion der Festlagerung abgebildet.

In erster Linie wurde auf die Verwendung von Normteilen großen Wert gelegt, um zusätzliche Arbeitsschritte für speziell Anfertigungen zu vermeiden und so die Konstruktion kostengünstig zu gestalten.

Ein weiteres wichtiges Kriterium ist die Anwendung homogener Materialstärke. Dadurch wird eine Kostensenkung in der Fertigung ermöglicht, da weniger Halbzeug mit unterschiedlichen Maßen beschafft werden muss.

Alle anzufertigenden Bauteile werden mit Rücksprache der Herstellbarkeit durch Dreh- und/oder Fräsverfahren an den Maschinen der Fakultätswerkstatt der HAW Hamburg angefertigt.

Bei der Fertigung der Loslagerung (*krp-005-12-03-00*) gelten im Bezug auf die Gestaltung des Lagerbockrings ähnliche Kriterien.

Ursprünglich sollte der Lagerbockring (Pos. 6) (*krp-005-12-03-06*) aus einem Flansch mit Krageneinschnitt bestehen, um eine Befestigung am Fuß (Pos. 1) (*krp-005-12-03-01*) zu ermöglichen. Im genaueren Betrachten wird dies auch durch einen Lagerbockring (Pos. 6) ohne Krageneinschnitt, d.h. auch durch eine direkte Verbindung zum Fuß geschaffen. Die neue Konstruktion spart zusätzliche Arbeitsmaßnahmen und es wird eine

einfache und übersichtliche Konstruktion konzipiert. Die Verschraubung der Halterung (Pos. 12) (*kpr-005-12-03-13*) für das Messinstrument mit dem Gehäuse erfolgt weiterhin durch eine kragenförmige Platte. Der zweite Teile des Lagerbockrings (Pos. 7) (*kpr-005-12-03-17*) wird mit Schrauben, Muttern und Unterlegscheiben verbunden.

In Abbildung 5.9 wird das Loslager dargestellt.

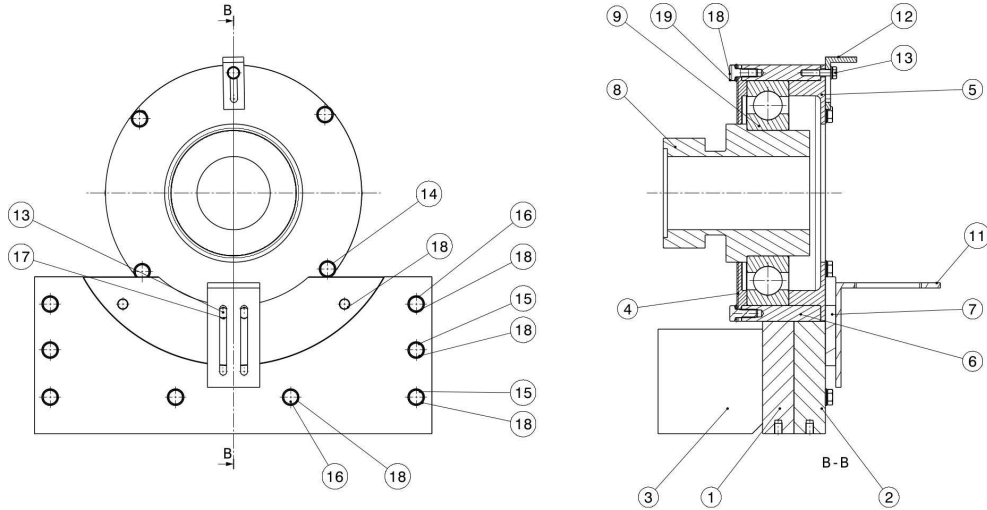


Abbildung 5.9: Zeichnerische Darstellung der Loslagerung (*kpr-005-12-03-00*)

Die obere Halterung (Pos. 11) (*kpr-005-12-03-10*) des Lagerbockrings (Pos. 6) dient zur Befestigung der Loslagerung mit dem Kraftaufnehmer (*kpr-005-12-07-00*) für die Axialkraft- und Drehzahlmessung (*kpr-005-12-06-00*).

Um die Lagerung und die Axialkraft- und Drehzahlmessung vor Verschmutzungen zu schützen, werden die Dimension des Innen- und Außenlagerdeckel soweit verändert, dass sie jeweils die beiden Lagerungen komplett bedecken. Dazu werden die Lagerdeckel an das Gehäuse montiert.

In Abbildung 5.10 ist die Axial- und Drehzahlmesseinheit dargestellt.

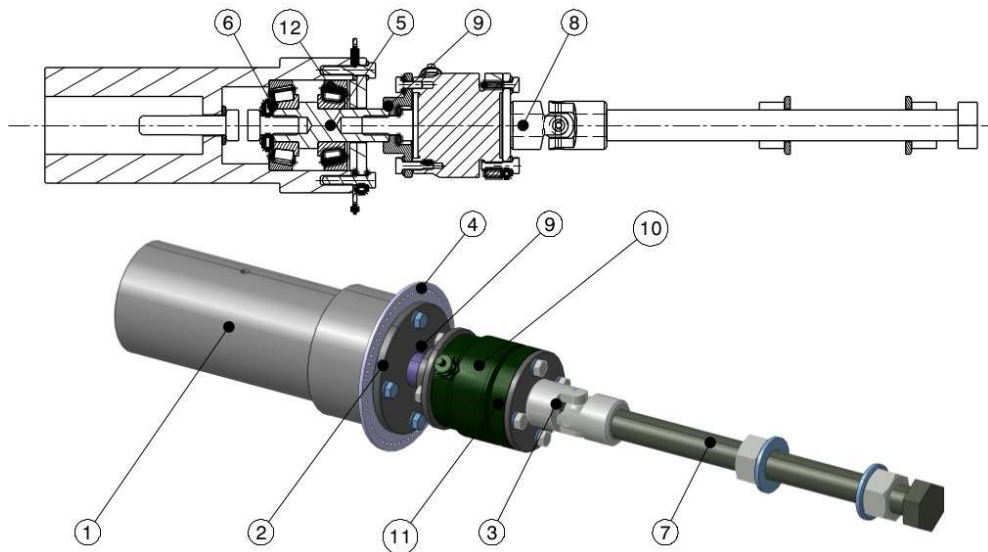


Abbildung 5.10: Zeichnerische Darstellung der Axial- und Drehzahlmessung

Die Konstruktion der Axial- und Drehzahlmesseinheit (*kzp-005-12-06-00*) bleibt im Wesentlichen erhalten.

Die Länge der Aufnahmewelle (Pos. 1) (*kzp-005-12-06-01*) der Messeinheit ist so gewählt, dass eine Behinderung der Halterung (*kzp-005-12-03-13*) der Messinstrumente durch den Kraftaufnehmermessgerät (Pos. 2) (*kzp-005-12-06-02*) auszuschließen ist.

6 Umbaumaßnahmen am Prüfstand

Wie in Kapitel 2 angedeutet wird in Zusammenhang der neu aufgearbeiteten Motoraufhängung die Rohrleitungen abgeändert und unter Berücksichtigung der DIN EN ISO 9906 Klasse 1 optimiert. Die neue Konzipierung der Rohrleitung sorgt für eine bessere Zugänglichkeit zum Prüfstand, auch bei Wartungsarbeiten und Inspektion.

Für die Planung der Zuström- und Abströmleitungen wird zur Messung des Differenzdruckes an der Kreiselpumpe die DIN EN ISO 9906 Klasse 1 in Betracht gezogen. Die Norm gibt den Querschnitt und die Länge des Rohres mit den erforderlichen Druckmessstellen vor.

Durch die Prüfanordnung [4] werden „die besten Messbedingungen erzielt, wenn die Strömung im Messquerschnitt:

- eine axialgerichtete symmetrische Geschwindigkeitsverteilung,
- eine gleichförmige Verteilung des statischen Drucks und
- keine durch die Installation erzeugte Wirbelbildung aufweist“.

6.1 Veränderung der Rohrleitungen

Wie bereits erwähnt ist im Rahmen der Umbaumaßnahme der Druckbehälter (*krp-005-05-00*) versetzt, und damit hat sich eine Verlängerung der Rohrleitungen ergeben. Dafür mussten alle Verrohrungen aus Platzgründen demontiert und umgestaltet werden.

In Abbildung 6.1 ist der überarbeitete Kreiselpumpenprüfstand abgebildet.

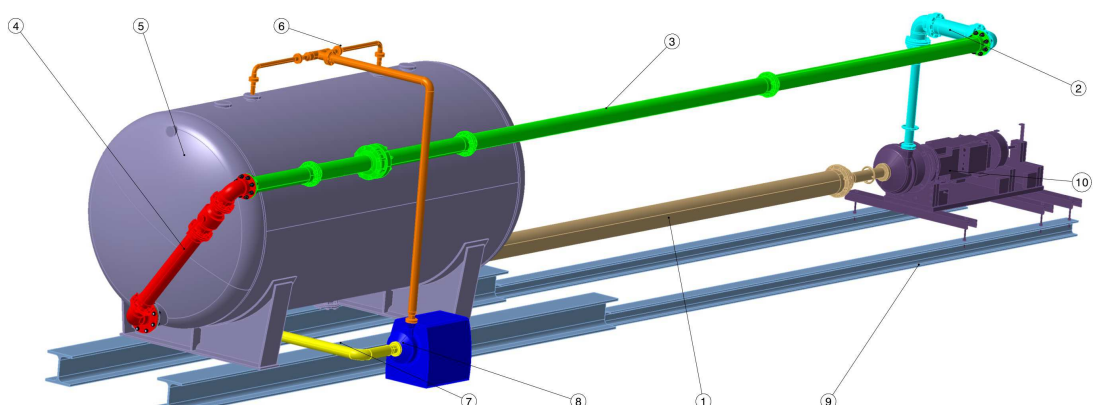


Abbildung 6.1: Aufbau des überarbeiteten Kreiselpumpenprüfstands

Der überarbeitete Kreiselpumpenprüfstand setzt sich nun aus folgenden 10 Baugruppen zusammen:

1. krp-005-01-00 Ansaugleitung
2. krp-005-02-00 DruckleitungA
3. krp-005-03-00 DruckleitungB
4. krp-005-04-00 DruckleitungC
5. krp-005-05-00 Behälter
6. krp-005-06-00 Entgasungssystem
7. krp-005-07-00 Anschlussstück Entgasung
8. krp-005-08-00 Entgasungssystem Pumpe
9. krp-005-09-00 Grundrahmen
10. krp-005-12-00 Motoraufhängung

Da die Messeinheit der Differenzdruckmessung am Aus- und Eintritt der Kreiselpumpe (*krp-005-12-05-00*) (Abb. 5.7) noch nicht auf den Prüfstand angepasst ist, werden die Verrohrungen gemäß der DIN EN ISO 9906 Klasse 1 angepasst.

Nach Vereinbarung wird der Rohrdurchmesser der Ansaugleitung (Pos. 1) zur Kreiselpumpe auf den Durchmesser der Druckbehälteröffnung vergrößert. Außerdem wird die Druckleitung (Pos. 2, 3, 4) so verändert, dass eine bessere Wiederverwendbarkeit der vorhandenen Rohrstücke entsteht, wenn die zu prüfende Pumpe gewechselt wird. Siehe dazu Bild 6.1.

In Anlehnung an DIN [4] wird die Unterbaugruppe Pumpenanschluss Saugseite (*krp-005-01-02*) der Ansaugleitung soweit geändert, dass eine Wirbelbildung in der Strömung verhindert wird. Dazu wird das für die Beeinflussung des Rohrverlaufs verantwortliche Reduzierstück_1 (Pos. 6) in seiner Form geändert (Abb. 6.2). Die kantigen Ränder werden durch runde ersetzt. Dadurch werden bessere Querschnittsverläufe erzielt und ungünstige Messbedingungen umgangen.

Der Durchmesser der Ansaugleitung (Pos. 1) wird auf *DN150* erweitert und anschließend vor der Pumpe auf *DN66* reduziert (Abbildung 6.1).

In Bild 6.2 ist die Konstruktion der überarbeiteten Pumpenansaugleitung dargestellt.

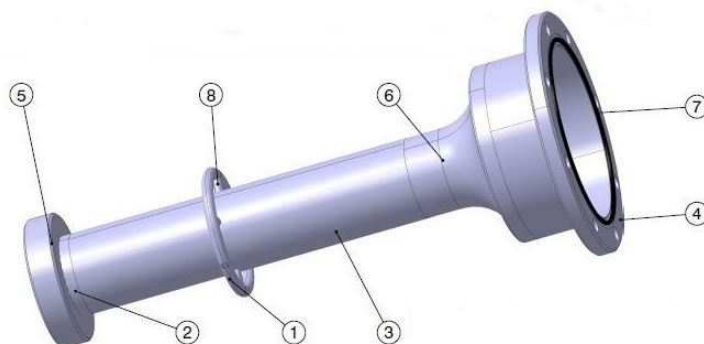


Abbildung 6.2: Darstellung des Pumpenanschlusses der Saugseite (*krp-005-01-02-00*)

Im Folgenden sind die Einzelbauteile der Unterbaugruppe Pumpenanschluss Saugseite (*krp-005-01-02-00*) entsprechend ihrer Positionsnummer aufgelistet.

1. *krp-005-01-02-01* Ring1
2. *krp-005-01-02-02* Bundstutzen DN66
3. *krp-005-01-02-03* Rohr DN66
4. *krp-005-01-02-04* Nutflansch DN150
5. *krp-005-01-02-05* Nutmutter DN70
6. *krp-005-01-02-06* Reduzierstück_1
7. *krp-005-01-02-07* O Ring DN156
8. *krp-005-01-02-08* Rohrring_1

Die Konstruktion der Abströmleitung aus der Pumpe wurde ebenfalls entsprechend der DIN [4] geändert und der Länge der Ansaugleitung angepasst. Der Pumpenanschluss der Druckseite (*krp-005-02-01-00*) wurde aus Gründen der besseren Messbedingungen und Strömungsverteilungen abgeändert.

Die Kreiselpumpe pumpt das Wasser über den Pumpenanschluss der Druckseite (*krp-005-02-01-00*) mit einem Durchmesser von $DN50$, welcher sich im Anschluss auf den Durchmesser $DN100$ erweitert. (Siehe dazu Abbildung 6.3).

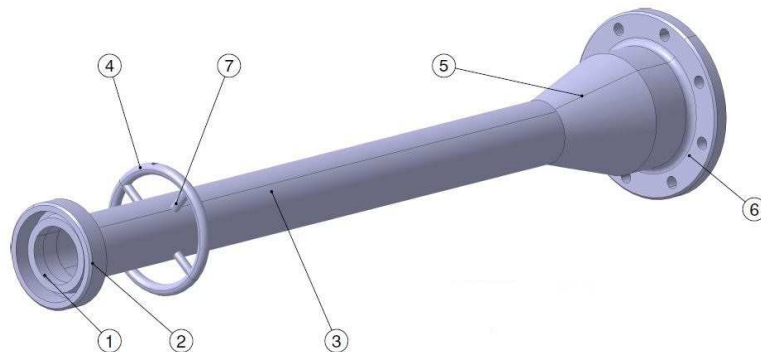


Abbildung 6.3: Darstellung des Pumpenanschlusses der Druckseite (*krp-005-02-01-00*)

Auch hier werden im Folgenden die Einzelbauteile der Unterbaugruppe Pumpenanschluss Druckseite (*krp-005-02-01-00*) entsprechend ihrer Positionsnummer aufgeführt.

1. *krp-005-02-01-01* Bundstutzen DN50
2. *krp-005-02-01-02* Nutmutter DN50
3. *krp-005-02-01-03* Rohr DN50
4. *krp-005-02-01-04* Ring2
5. *krp-005-02-01-05* Reduzierstück_2
6. *krp-005-02-01-06* Bundflansch DN100
7. *krp-005-02-01-07* Rohrring_2

Der Prüfstand erreicht durch das Versetzen des Druckbehälters eine Gesamtlänge von 9,325 m.

Die Anordnung des Druckbehälters und die Auslegung des Ansaugleitung (Pos. 1) bestimmt die Länge für die Druckleitung (Pos. 2, 3, 4). Zudem wird die Druckleitung soweit geändert, dass beim Aufbau der Rohrleitung möglichst viele Rohrstücke aus den vorhandenen Bauelementen verwendet werden. Daher setzt sich die DruckleitungB statt aus drei nun aus vier Unterbaugruppen zusammen. Siehe Abbildung 6.1.

Die T-Stücke in der Ansaug- und in der Druckleitung unmittelbar am Tank werden in Zukunft nicht verwendet und entfallen daher. Das Ablassen des Wassers wird nun über einen eingebauten Abfluss vor der Pumpe des Entgasungssystems geregelt. Diese Leitung ist nicht Gegenstand dieser Arbeit und wird daher nicht weiter erwähnt.

Die Befüllung des Druckbehälters erfolgt über das Sichtfenster mit Hilfe eines Schlauchs. Das Sichtfenster kann dazu problemlos geöffnet werden.

6.2 Offene Punkte

Da jetzt alle Bauteile konstruiert wurden und Fertigungszeichnungen vorliegen, können die Teile entsprechend den Zeichnungen bestellt und gefertigt werden. Der Aufbau des Prüfstandes kann jetzt erfolgen.

Nachdem die Motoraufhängung modifiziert und der Prüfstands aufgebaut werden kann, kann die Anlage in Betrieb genommen werden. Der fertige Prüfstand ermöglicht nun die Axialschub-, Drehzahl- und Drehmomentmessung.

Die axialen Kräfte der Motorwelle und somit der Kreiselpumpe werden von der Kraftmessdose aufgenommen und gemessen. Da der Axialschub der Kreiselpumpe die Kraftmessdose (*krp-005-12-06-11*) an sich heranzieht, muss sie über die starre Verbindung zum Kraftaufnehmer gehalten werden. Dann erst kann die Messung des axialen Schubs erfolgen.

Nach Überprüfung der Funktionstüchtigkeit erfolgt eine weitere Modifizierung des Motors.

Im Inneren des Motors wird die Welle durch ein Los- und ein Festlager gehalten. Diese Konstruktion lässt keine Bewegung in axialer Richtung zu. Daher soll im nächsten Schritt das Festlager durch ein zweites Loslager ersetzt werden. Dieser Umbau erfolgt erst nach Überprüfung des Prüfstands auf Funktionalität. Dadurch ist eine eventuelle Fehlerlokalisierung einfacher zu bewerkstelligen.

Weiterhin fehlen noch die Anschlüsse für die Druck- und Temperaturmessung. Diesbezügliche Umrüstungen sind zu einem späteren Zeitpunkt mit relativ geringem Aufwand durchführbar und deshalb nicht Gegenstand dieser Arbeit.

In den Tabelle 6.1, 6.2 und 6.3 sind alle neuen bzw. geänderten Baugruppen und Einzelbauteile aufgelistet.

Zeichnungsnummer	Bezeichnung	Typ	Format
krp-005-01-00	Ansaugleitung	G	A3
krp-005-01-01-00	Rohrstück_1	Z	A3
krp-005-01-01-01	Bundflansch DN150	E	A4
krp-005-01-01-02	Rohr DN150	E	A4
krp-005-01-02-00	Pumpenanschluss Saugseite	Z	A3
krp-005-01-02-01	Ring1	E	A4
krp-005-01-02-02	Bundstutzen DN66	E	A4
krp-005-01-02-03	Rohr DN66	E	A4
krp-005-01-02-04	Nutflansch DN150	Z	A4
krp-005-01-02-05	Nutmutter DN70	E	A4
krp-005-01-02-06	Reduzierstück_1	E	A4
krp-005-01-02-07	O Ring DN156	Z	A4
krp-005-01-02-08	Rohrring_1	E	A4
krp-005-02-00	DruckleitungA	G	A3
krp-005-02-01-00	Pumpenanschluss Druckseite	Z	A3
krp-005-02-01-01	Bundstutzen DN50	E	A4
krp-005-02-01-02	Nutmutter DN50	E	A4
krp-005-02-01-03	Rohr DN50	E	A4
krp-005-02-01-04	Ring2	E	A4
krp-005-02-01-05	Reduzierstück_2	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-07	Rohrring_2	E	A4
krp-005-02-02-00	Bogenstück	Z	A3
krp-005-02-02-01	Bogen 90° DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-02-03-00	Rohrstück_2	Z	A3
krp-005-02-02-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-03-00	DruckleitungB	G	A3
krp-005-03-01-00	Rohrstück_3	Z	A3
krp-005-03-01-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-03-02-00	Rohrstück_4a	Z	A3
krp-005-03-02-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4

Legende:
G: Gesamtbauzeichnung
Z: Zusammenbauzeichnung
E: Einzelteilzeichnung

Tabelle 6.1: Gesamtzeichnungsliste mit den neuen bzw. überarbeiteten Baugruppen

Zeichnungsnummer	Bezeichnung	Typ	Format
krp-005-03-03-00	Messstell	Z	A3
krp-005-03-03-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-03-03-02	Messflansch_Plus	E	A4
krp-005-03-03-03	Düse	E	A4
krp-005-03-03-04	Messhülse	E	A4
krp-005-03-03-05	Messflansch_Minus	E	A4
krp-005-03-03-06	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-03-03-07	O Ring DN156	E	A4
krp-005-03-04-00	Rohrstück_4b	Z	A3
krp-005-03-04-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-04-00	DruckleitungC	G	A3
krp-005-04-01-00	Kugelhahn	Z	A3
krp-005-04-01-01	Kugelhahn DN100	E	A4
krp-005-04-01-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-04-01-03	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-04-02-00	Rohrstück_5	Z	A3
krp-005-04-02-01	Rohr DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-04-03-00	Rohrbogen Tankeingang	Z	A3
krp-005-02-02-01	Bogen 90° DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-04-04-01	Bundflansch DN100	E	A4
krp-005-04-04-00	Bogenstück	Z	A3
krp-005-02-02-01	Bogen 90° DN100	E	A4
krp-005-02-02-02	Nutflansch DN100	E	A4
krp-005-02-01-06	Bundflansch DN100	E	A4
Legende: G: Gesamtbauzeichnung Z: Zusammenbauzeichnung E: Einzelteilzeichnung			

Tabelle 6.2: Gesamtzeichnungsliste mit den neuen bzw. überarbeiteten Baugruppen - Fortsetzung

Zeichnungsnummer	Bezeichnung	Typ	Format
krp-005-12-00	Motoraufhängung	G	A0
krp-005-12-01-00	Antriebsmotor	Z	A3
krp-005-12-01-01	Hauptmotor	Z	A3
krp-005-12-01-02	Lüftungsmotor	Z	A3
krp-005-12-02-00	Festlagerung	Z	A2
krp-005-12-02-06	Innenlagerdeckel	E	A4
krp-005-12-02-07	Außenlagerdeckel	E	A4
krp-005-12-01-10	Lagerbockring pumpenseitig_1	E	A2
krp-005-12-02-22	Lagerbockring pumpenseitig_2	E	A2
krp-005-12-02-11	Lagerträgerflansch pumpenseitig_1	E	A2
krp-005-12-01-21	Lagerträgerflansch pumpenseitig_2	E	A4
krp-005-12-03-00	Loslagerung	Z	A2
krp-005-12-03-04	Innenlagerdeckel	E	A4
krp-005-12-03-05	Außenlagerdeckel	E	A4
krp-005-12-03-06	Lagerbockring Lüfterseitig_1	E	A4
krp-005-12-03-17	Lagerbockring Lüfterseitig_2	E	A2
krp-005-12-03-07	Lagerträgerflansch Lüfterseitig	E	A4
krp-005-12-06-00	Axial- und Drehzahlmessung	Z	A2
krp-005-12-06-01	Aufnahmewelle	E	A4
krp-005-12-06-07	Gewindebolzen	E	
Legende: G: Gesamtbauzeichnung Z: Zusammenbauzeichnung E: Einzelteilzeichnung			

Tabelle 6.3: Gesamtzeichnungsliste mit den neuen bzw. überarbeiteten Baugruppen - Fortsetzung

7 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde die Auslegung und Konstruktion des Antriebsmotors überarbeitet.

Der im Rahmen der Axialschub- und Drehzahlmesseinheit erforderliche Lageranschluss, wurde auf unterschiedlicher Weise entwickelt und optimiert. Im Anschluss wurden die neu konzipierten Lösungsvarianten in Anbetracht des Zeit- und Kostenaufwandes ausgewertet. Es wurde die dritte Variante für den Prüfstand vorgesehen.

Der Druckbehälter wurde aus Gründen der Verlängerung der Ansaugleitung umgestellt. Ebenso wurde die Messleitung nach DIN EN ISO 9906 Klasse 1 und entsprechend der Motoraufhängung ausgelegt. Hierbei wurden die Pumpenanschlüsse der Saug- und der Druckseite insofern geändert, dass eine bessere Strömungsverteilung im Rohrquerschnitt sichergestellt wird. Vorzugsweise wurde die Konstruktion so gewählt, dass die bereits vorhandenen Rohrstücke Verwendung finden.

Alle Änderungen an der Konstruktion sowohl der Motoraufhängung als auch der Messleitung wurden mit dem CAD-Programm (*Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application*) CATIA V5 R19 dargestellt. Hierbei wurden für die künftige Fertigung von allen Konstruktionselementen technische Zeichnungen angefertigt.

Zum besseren Verständnis der vorhandenen technischen Unterlagen und zur Sicherstellung des TÜV-Gutachtens wurde die Berechnung der Standfestigkeit des Druckbehälters durchgeführt. Schlussfolgernd ist festzuhalten, dass der Druckbehälter alle sicherheitstechnischen Anforderungen der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG in Übereinstimmung der Prüfgrundlagen erfüllt. Der Druckbehälter darf in dem vom Hersteller angegebenen Betriebsbereich von $-0,5 \text{ bar bis } 2 \text{ bar}$ betrieben werden.

Außerdem wurde festgestellt, dass der Druckbehälter in seinem Betriebsbereich ohne konstruktive Eingriffe erweitert werden kann. Der Druckbehälter kann einen Betriebsdruck von $-0,6 \text{ bar bis } 5,7 \text{ bar}$ standhalten, ohne dass dieser auseinanderbricht bzw. zusammenklappt.

Die Beurteilung der Festigkeit des Druckbehälters erlaubt einen größeren Betriebsbereich. Aus Sicherheitsgründen sollte beim TÜV-Nord eine Erweiterung der Betriebserlaubnis des Druckbehälters für den Druckbereich von $-0,6 \text{ bar bis } 5,7 \text{ bar}$ beantragt werden.

Dem Aufbau und Betrieb des Kreiselpumpenprüfstands steht nun nichts mehr im Weg.

Literaturverzeichnis

- [1] Diplomarbeit: Aufbau des drehzahlgeregelten Antriebs für den Kreiselpumpenprüfstand; Karen Beyer, HAW Hamburg 2012
- [2] Rosoma GmbH: Betriebsanleitung für den Kreiselpumpenprüfstand 10-2320-00000; BE10/1, BE10/2. Berlin, Juni 2010
- [3] Diplomarbeit: Optimierung des Kreiselpumpenprüfstands; Mohammed Benkebir HAW Hamburg 2014
- [4] DIN EN ISO 9906: Kreiselpumpen - hydraulische Abnahmeprüfung Klasse 1 und 2; Deutsche Fassung EN ISO 9906:1999. Beuth Verlag, Berlin, 2002
- [5] DIN EN ISO 5167-1: Durchflussmessung von Fluiden mit Drosselgeräten in volldurchströmten Leitungen mit Querschnitt; Teil 1: Allgemeine Grundlagen und Anforderungen; Deutsche Fassung EN ISO 5167-1. Beuth Verlag, Berlin, 2003
- [6] TÜV Nord: Technische und sicherheitstechnische Grundlagen; Druckgeräterichtlinie 97/23/EG. TN Systems, Hamburg, Januar 2013
- [7] Druckgeräterichtlinie: Die Europäische Druckbehälternorm EN 13445; EN 13445 unter der europäischen Druckgeräterichtlinie 97/23/EG. Beuth Verlag, Berlin, 2011
- [8] Europa:ec.europa.eu/enterprise/sectors/pressure-and-gas/documents/ped/guidelines/index_de.htm
- [9] Produktsicherheitsverordnung: <http://www.bmas.de/DE/Themen/Arbeitsschutz/Meldungen/produktsicherheitsgesetz.html>
- [10] VdTÜV: AD 2000-Regelwerk; AD 2000-Merkblatt B0; Berechnung von Druckbehältern; Taschenbuch Ausgabe 2013. Beuth Verlag, Berlin, 8. Auflage, 2014
- [11] VdTÜV: AD 2000-Regelwerk; AD 2000-Merkblatt B1; Zylinder- und Kugelschalen unter innerem Überdruck; Taschenbuch Ausgabe 2013. Beuth Verlag, Berlin, 8. Auflage, 2014
- [12] VdTÜV: AD 2000-Regelwerk; AD 2000-Merkblatt B3; Gewölbter Boden unter innerem und äußerem Überdruck; Taschenbuch Ausgabe 2013. Beuth Verlag, Berlin, 8. Auflage, 2014
- [13] VdTÜV: AD 2000-Regelwerk; AD 2000-Merkblatt B6; Zylinderschalen unter äußerem Überdruck; Taschenbuch Ausgabe 2013. Beuth Verlag, Berlin, 8. Auflage, 2014

- [14] VdTÜV: AD 2000-Regelwerk; AD 2000-Merkblatt B9; Ausschnitte in Zylindern, Kegeln und Kugeln; Taschenbuch Ausgabe 2013. Beuth Verlag, Berlin, 8. Auflage, 2014
- [15] Walter Wagner: Festigkeitsberechnung im Apparate- und Rohrleitungsbau. Vogel Business Media; Berlin, 7. Auflage, Dezember 2006
- [16] VdTÜV: AD 2000-Regelwerk; AD 2000-Merkblatt W1; Flanscherzeugnisse aus unlegierten und legierten Stählen; Taschenbuch Ausgabe 2013. Beuth Verlag, Berlin, 8. Auflage, 2014
- [17] DIN EN 10028-1: Flacherzeugnisse aus Druckbehälterstählen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 10028-1:2007 Beuth Verlag, Berlin, 2009
- [18] DIN EN 10204: Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen; Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204; Werkstoffe und Halbzeuge; Deutsche Fassung EN 10204:2004 Beuth Verlag, Berlin, 2005
- [19] Herbert Wittel; Dieter Muhs; Dieter Jannasch; Joachim Voßiek: Maschinenelemente-Normung; Berechnung; Gestaltung. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 19. Auflage, 2009

A ANHANG I Abnahme von Druckgeräten

**Abnahme von Druckgeräten /
Druckgeräteteilen und Baugruppen
gemäß RL 97/23/EG**

Zusammenfassung

Die Zusammenstellung dient dem Ziel, Abnahmen von Druckgeräten/ Druckgeräteteilen und Baugruppen gemäß RL/97/23/EG vorzunehmen und in den entsprechenden Prüfberichten zu dokumentieren.

Inhaltsverzeichnis

1	Ziel /Zweck	2
2	Begriffe und Definitionen	2
3	Verantwortung und Befugnisse	2
4	Prozessbeschreibung	2
4.1	Abnahme von Druckgeräten/Druckgeräteteilen	2
4.1.1	Prüfung der Voraussetzungen und Unterlagen.....	2
4.1.2	Schlussprüfung	3
4.1.3	Druckprüfung	6
4.1.4	Halbamtlicher Stempel	7
4.2	Abnahme von Baugruppen	7
4.2.1	Prüfung der Voraussetzungen und Unterlagen.....	7
4.2.2	Schlussprüfung	7
4.2.3	Druckprüfung / Dichtheitsprüfung.....	8
4.2.4	Halbamtlicher Stempel	8
5	Dokumentation	8

**Abnahme von Druckgeräten /
Druckgeräteteilen und Baugruppen
gemäß RL 97/23/EG**

1 Ziel /Zweck

Diese Zusammenstellung dient dem Ziel, Abnahmen von Druckgeräten/ Druckgeräteteilen und Baugruppen gemäß RL/97/23/EG vorzunehmen und in den entsprechenden Prüfberichten zu dokumentieren.

Zweck diesem Anhang I ist ein einheitlicher Standard für die Abnahmen von Druckgeräten/Druckgeräteteilen und Baugruppen festgelegt.

2 Begriffe und Definitionen

Abnahmen sind Prüfungen an Druckgeräten im Sinne der RL 97/23/EG. Sie bestehen aus Schlussprüfungen und Druckprüfungen. Bei Baugruppen umfasst die Abnahme auch eine Prüfung der Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktion.

Standardfälle sind Prüfungen nach AD 2000, EN 13445, TRD/EN 12953.

Nicht Standardfälle sind z.B. Zertifizierungen im Rahmen von Großprojekten, Zertifizierungen von Großkesseln nach EN 12952, Zertifizierungen von Druckgeräten nach anderen Regelwerken.

3 Verantwortung und Befugnisse

Prüfungen an Druckgeräten, Druckgeräteteilen und Baugruppen erfolgen ausschließlich durch Mitarbeiter, die für das jeweilige Arbeitsgebiet gemäß Befugnisssystem registriert und von der Prüflaboratoriumsleitung durch Unterschriftsvermerk bestätigt worden sind.

4 Prozessbeschreibung

4.1 Abnahme von Druckgeräten/Druckgeräteteilen

Abnahmen sind anhand des Prüfplanes des Fachzertifizierers, bzw. bei Standardfällen anhand der Checkliste der zentral vorgegebenen Prüfberichte durchzuführen.

4.1.1 Prüfung der Voraussetzungen und Unterlagen

Anhand der Art des Druckgerätes (z.B. Druckbehälter) der Fluidgruppe, des Aggregatzustandes des Fluids und des Druckinhaltsprodukts bzw. Drucknennweitenprodukts sind die **Kategorie** und das ausgewählte Konformitätsbewertungsverfahren (**Modulkombination**) gemäß Druckgeräterichtlinie zu überprüfen.

Neben der RL 97/23/EG ist die **Prüfgrundlage** festzulegen (z.B. AD 2000 oder harmonisierte Normen).

Es ist zu überprüfen, ob die gemäß Modulkombination nötigen vorlaufenden Prüfungen abgeschlossen sind und die entsprechenden Prüfberichte/ Zertifikate vorliegen.

- Für Modul F ist je nach Kombination eine EG-Baumusterprüfung (B+F) bzw. eine EG-Entwurfprüfbescheinigung (B1+F) nötig.

**Abnahme von Druckgeräten /
Druckgeräteteilen und Baugruppen
gemäß RL 97/23/EG**

- Für Abnahmen nach Modul G und Modul B ist als vorlaufende Prüfung die Prüfung des Entwurfes vorgesehen (ohne Zertifikat).
- Für eine Prüfung nach Modul C1 ist nur eine EG-Baumusterprüfung als vorlaufende Prüfung möglich.
- Modul A1 fordert keine vorlaufenden Prüfungen durch eine benannte Stelle.

Prüfberichte über Entwurfsprüfungen werden in den Akten zur Entwurfsprüfung abgelegt. Im Bedarfsfall kann über die Prüfberichtsnummer, die auf dem Prüfbericht zur Abnahmeprüfung aufgeführt ist, eine Zusammenführung der Akte zum Zertifizierungsvorgang vorgenommen werden.

Entwurfsprüfungsberichte anderer Benannter Stellen müssen in der Akte des Zertifizierungsvorganges abgelegt werden.

4.1.2 Schlussprüfung

Die Schlussprüfung des Druckgerätes/Druckgeräteteiles ist anhand der geprüften Zeichnung durch Sichtprüfung und Kontrolle der Unterlagen gemäß Anhang I 3.2.1 der RL 97/23/EG vorzunehmen. Insbesondere sind folgende Punkte zu prüfen:

- **Art der Werkstoffzulassung**

Es ist zu prüfen welche der 3 möglichen Formen der Werkstoffzulassung angewendet worden ist (Werkstoffe nach harmonisierten Normen, Werkstoffe mit Einzelgutachten, Werkstoffe mit Europäischer Werkstoffzulassung).

Es ist hier auch zu prüfen, ob die gewünschte Prüfgrundlage eingehalten wurde (z.B. Prüfgrundlage AD 2000 bedingt auch die Auswahl von Werkstoffen nach AD 2000).

Hinweis: Alle Werkstoffe nach AD/AD 2000, die nicht Werkstoffe nach harmonisierten Normen sind, gelten unter vollständiger Anwendung der Prüfgrundlage AD 2000 als einzelbegutachtet und bedürfen unseres Stempels „Einzelgutachten“ auf dem entsprechenden Zeugnis.

- **Rückverfolgbarkeit der Werkstoffe**

Es müssen für alle Werkstoffe Bescheinigungen vorliegen, durch die die Übereinstimmung mit einer gegebenen Vorschrift bescheinigt wird. Für die wichtigsten drucktragenden Teile von Druckgeräten der Kategorien II, III und IV muss diese die spezifische Prüfung der Produkte bescheinigen.

Wendet ein Werkstoffhersteller ein geeignetes, von einer zuständigen Stelle zertifiziertes QM-System an, das in Bezug auf die Werkstoffe einer spezifischen Bewertung unterzogen wurde, so wird davon ausgegangen, dass die Herstellerbescheinigungen den Nachweis der Übereinstimmung mit den entsprechenden Anforderungen dieses Abschnitts bieten (3.1 bzw. alt **3.1. B Zeugnis**).

Höhere Anforderungen der jeweiligen Prüfgrundlagen sind jedoch zu berücksichtigen (z.B. 3.2 bzw. alt 3.1.C Zeugnisse gemäß AD 2000 für bestimmte Werkstoffe).

**Abnahme von Druckgeräten /
Druckgeräteteilen und Baugruppen
gemäß RL 97/23/EG**

Eine Liste der Werkstoffe mit Angabe der Werkstoffhersteller und der Werkstoffzeugnisnummern ist in der Akte des Zertifizierungsvorganges abzulegen.

- **Betriebliche Voraussetzungen**

Die betrieblichen Voraussetzungen für die Prüfgrundlage AD 2000 sind im HP0 Abschnitt 3 zusammengefasst. Mit der HP0-Zulassung sind diese Voraussetzungen nachgewiesen. Ein Einzelnachweis des Abschnittes 3 in Verbindung mit dem Nachweis der **DIN EN ISO 3834ff (alt EN 729-3)** erfüllt ebenfalls die Anforderungen nach AD 2000.

Für die Prüfgrundlage EN 13445 gelten die in **DIN EN ISO 3834ff (alt EN 729-3)** festgelegten Anforderungen an die Schweißqualität als Mindestanforderungen.

- **Eignungsfeststellung für Schweißzusätze**

Die Eignung der Schweißzusätze ist nachzuweisen, z.B. durch Einzelnachweis im Rahmen der Verfahrensprüfung oder durch Werkstoffblätter.

- **Qualifikation des Fügepersonals**

Gemäß AD 2000 HP 3 erfolgt die Prüfung der Schweißer bei Stahl nach EN 287-1, bei Aluminium + Alulegierungen nach EN 287-2, bei Kupfer + Kupferlegierungen nach EN ISO 9606-3, bei Nickel + Nickellegerungen nach EN ISO 9606-4 und bei Titan + Titanlegierungen nach EN ISO 9606-5.

Gemäß harmonisierten EN-Normen (EN13445, EN 12952, EN 12953) müssen Schweißer und Bedienpersonal von Schweißeinrichtungen nach EN 287-1 bzw. EN 1418 anerkannt sein.

Damit die eingesetzten Schweißer dem jeweiligen Zeugnis zugeordnet werden können, muss die Nummer/Kennung der Schweißer im Prüfbericht oder auf einer separaten Liste vermerkt werden.

Dokumentationen von Schweißerprüfungen, die nicht durch die Benannte Stelle der TNS vorgenommen wurden, sind in der Akte des Zertifizierungsvorganges abzulegen. Alternativ zur Ablage der Zeugnisse ist die Liste der eingesetzten Schweißer um die Angabe der Zertifikatsnummer sowie der ausstellenden Benannten Stelle bzw. anerkannten Prüfstelle zu ergänzen.

- **Qualifikation der Fügeverfahren**

Gemäß AD 2000 HP2/1 erfolgt die Feststellung der Eignung der Schweißverfahren durch Verfahrensprüfungen nach EN 288-3 für Stahl und nach EN 288-4 für Aluminium+ Alulegierungen.

Gemäß harmonisierten EN-Normen (EN13445, EN 12952, EN 12953) müssen die Schweißverfahren nach **DIN EN ISO 15614-1 (alt EN 288-3)** anerkannt sein oder es muss eine Prüfung vor Fertigungsbeginn nach **DIN EN ISO 15613 (alt EN 288-8)** erfolgen.

**Abnahme von Druckgeräten /
Druckgeräteteilen und Baugruppen
gemäß RL 97/23/EG**

Die Dokumentation der Verfahrensprüfungen, die durch die Benannte Stelle der TNS erfolgen, können weiterhin in der jeweiligen Region abgelegt werden.

Bei Verfahrensprüfungen, die durch andere Benannte Stellen vorgenommen wurden, muss eine Kopie der Dokumentation in die Akte aufgenommen werden.

Alternativ ist eine Liste mit Angabe der Zertifikatsnummer sowie der ausstellenden Benannten Stelle bzw. anerkannten Prüfstelle im Zertifizierungsvorgang abzulegen.

- **Arbeitsprüfungen**

Art und Umfang der erforderlichen Arbeitsprüfungen sind für die Prüfgrundlage AD 2000 in HP 5/2 Tafel 1 festgelegt.

Die Anforderungen an Arbeitsprüfungen gemäß harmonisierten EN-Normen sind in EN 13445-8, EN 12952-6 und EN 12953-5 geregelt.

- **Nachweis über ZfP-Personal**

Gemäß AD 2000 HP4 müssen Prüfaufsicht und Prüfer von ZfP ein Zertifikat nach EN 473 besitzen, das von einer anerkannten unabhängigen Prüfstelle nach Art. 13 der DGR ausgestellt wurde. Die Prüfaufsicht, die den Prüfbericht unterzeichnet, muss dabei mindestens über EN 473 Stufe 2 verfügen.

Gemäß harmonisierten EN-Normen muss ZfP-Personal nach EN 473 zertifiziert sein (vgl. EN 12952-6 9.2, EN 12953-5 5.2.2, EN 13445-5 6.6.3.7).

- **Nachweis über zerstörungsfreie Prüfungen (ZfP)**

Art und Umfang der zerstörungsfreien Prüfungen sind für AD 2000 in der HP 5/3 geregelt.

Art und Umfang der ZfP nach EN 13445 in Abhängigkeit von der Prüfgruppe legt Tabelle 6.6.2-1 fest, nach EN 12952 gilt Teil 6 Nr.9., nach EN 12953-5 gilt Tabelle 5.5-1.

Im Prüfbericht ist zu vermerken, ob die ZfP „objektgebunden“, bzw. „nicht objektgebunden“ vorgenommen wurden.

Sofern die Prüfung „objektgebunden“ an dem Prüfobjekt vorgenommen wurde,

ist der Prüfbericht über die ZfP in der Akte des Zertifizierungsvorganges abzulegen.

- **Wärmebehandlungsbelege**

Die Wärmebehandlung hat im Rahmen der Prüfgrundlage AD 2000 nach HP7/2 für ferritische Stähle, nach HP 7/3 für austenitische Stähle und nach 7/4 für Aluminium+ Alulegierungen zu erfolgen. Die Bedingungen für den Verzicht auf Wärmebehandlung nach dem Schweißen sind in den Übersichtstafeln nach HP0 festgelegt. Gemäß EN 13445 erfolgt die Wärmebehandlung nach Abschnitt 10, Tabelle

**Abnahme von Druckgeräten /
Druckgeräteteilen und Baugruppen
gemäß RL 97/23/EG**

10.1-1, gemäß EN 12952-5 nach Abschnitt 10 und gemäß EN 12953-4 nach 5.16.

- **Die Kalibrierung der Meß- und Prüfeinrichtungen**
ist zu überprüfen (z.B. Manometer für Druckprüfungen, EN 13445-5 Abs. 9)
- **Kennzeichnung**
Die Kennzeichnung des Druckgerätes ist entsprechend der jeweiligen Prüfgrundlage zu überprüfen (z.B. DGRL Anhang I Abs. 3.3)
- **Gefahrenanalyse**
Bei der Konformitätsbewertung von Druckgeräten durch eine benannte Stelle muss eine Gefahrenanalyse vorliegen.
- **Betriebsanleitungen**
Bei der Konformitätsbewertung von Druckgeräten durch eine benannte Stelle müssen Betriebsanleitungen vorliegen und inhaltlich geprüft werden.
- **Reparaturen und Abweichungen**
Nachweise über Reparaturen während der Fertigung und Abweichungen von der geprüften Zeichnung sind zu dokumentieren.
Bei Änderungs- und Ausbesserungsarbeiten im Rahmen von AD 2000 ist HP0 Abschnitt 6, im Rahmen der EN 13445-4 ist Abschnitt 11 und im Rahmen von EN 12952-5 ist Abschnitt 8.5 zu beachten.
- **Konformitätserklärung**
Ein Entwurf der Konformitätserklärung des Herstellers ist auf Richtigkeit der Angaben insbesondere der Angaben über die benannte Stelle zu prüfen.

4.1.3 Druckprüfung

Es ist eine Druckfestigkeitsprüfung, normalerweise in Form eines hydrostatischen Druckversuches mit dem in der Entwurfsprüfung angegebenen Prüfdruck vorzunehmen. Bei Anwendung der harmonisierten EN-Normen ist zusätzlich zum Prüfmedium auch die Haltezeit anzugeben. Im Prüfbericht ist die Nummer des bei der Prüfung verwendeten kalibrierten Manometers anzugeben.

4.1.4 Halbamtlicher Stempel

Zum Zeichen der Abnahme, ist das Druckgerät entsprechend der lokalen Zugehörigkeit des Prüfers mit dem halbamtlichen Stempel zu kennzeichnen (z.B. TÜV 8 für Hannover).

**Abnahme von Druckgeräten /
Druckgeräteteilen und Baugruppen
gemäß RL 97/23/EG**

4.2 Abnahme von Baugruppen

4.2.1 Prüfung der Voraussetzungen und Unterlagen

Anhand der Kategorien der Einzelkomponenten (z.B. Druckbehälter) sind die **Kategorie** und das ausgewählte Konformitätsbewertungsverfahren (**Modulkombination**) der Baugruppe gemäß Druckgeräteverordnung zu überprüfen.

Hinsichtlich der **Prüfgrundlage** und der **vorlaufenden Prüfungen** gilt sinngemäß 5.1.1 gemäß Anhang I der DGRL.

4.2.2 Schlussprüfung

Die Schlussprüfung der Baugruppe ist anhand der geprüften Zeichnung durch Sichtprüfung und Kontrolle der Unterlagen gemäß Anhang I 3.2.1 und 3.2.3 der RL 97/23/EG vorzunehmen. Insbesondere sind folgende Punkte zu prüfen:

- **Bewertung der einzelnen Druckgeräte**

Gemäß RL 97/23/EG ist eine Bewertung jedes einzelnen Druckgerätes vorzunehmen, aus denen die Baugruppe zusammengesetzt ist und die zuvor keinem getrennten Konformitätsbewertungsverfahren (mit CE-Kennzeichnung) unterzogen wurden. Das Bewertungsverfahren richtet sich nach der Kategorie jedes einzelnen dieser Druckgeräte (z.B. Druckbehälter, Rohrleitungen).

- **Bewertung des Zusammenbaus**

Es ist eine Bewertung des Zusammenbaus der verschiedenen Einzelteile der Baugruppe gemäß Anhang I der DGRL Abschnitte 2.3 (Vorkehrungen für die Sicherheit in Handhabung und Betrieb), 2.8 (Baugruppen), 2.9 (Füllen und Entleeren). Die Bewertung ist entsprechend der höchsten Kategorie der betreffenden Druckgeräte durchzuführen, wobei Ausrüstungsteile mit Sicherheitsfunktionen nicht berücksichtigt werden.

- **Die Bewertung des Schutzes der Baugruppe vor Überschreiten der zul. Betriebsgrenzen**

ist gemäß Anhang I der DGRL Abschnitte 2.10 (Schutz vor Überschreiten der zul. Grenzen des Druckgerätes) und 3.2.3 (Prüfung der Sicherheitseinrichtungen) durchzuführen. Die Bewertung ist entsprechend der höchsten Kategorie der zu schützenden Druckgeräte durchzuführen.

- **Kalibrierung der Mess- und Prüfeinrichtungen, Kennzeichnung, Betriebsanleitung und Konformitätserklärung**

Es gelten sinngemäß die Festlegungen aus 5.1.2 gemäß Anhang der DGRL.

4.2.3 Druckprüfung / Dichtheitsprüfung

Unter der Voraussetzung, dass alle Einzelkomponenten bereits einer Festigkeitsprüfung unterzogen wurden und die Verbindungselemente hinsichtlich Eignung

**Abnahme von Druckgeräten /
Druckgeräteteilen und Baugruppen
gemäß RL 97/23/EG**

und Dimensionierung bewertet wurden, kann die Druckprüfung der Baugruppe durch eine Dichtheitsprüfung ersetzt werden.

4.2.4 Halbamtlicher Stempel

Es gelten sinngemäß die Festlegungen aus 4.1.4 diesem Anhang.

5 Dokumentation

Die Ergebnisse der Prüfungen sind in den entsprechenden Prüfberichten zu dokumentieren. Prüfberichte werden von den fachlich verantwortlichen, im Prüflaboratorium für die entsprechenden Befugnisse gelisteten Prüfern unterschrieben. Links neben der Unterschrift wird auf den Prüfberichten mit dem Kennnummer-Notified Body der Benannten Stelle gestempelt.

Nach Abschluss der Prüfung werden die unterschriebenen Prüfberichte und die zugehörigen Prüfunterlagen zur Zertifizierung an den zuständigen Fachzertifizierer weitergeleitet.

Abbildung A.1: ANHANG I Abnahme von Druckgeräten

B ANHANG II

Konformitätsbewertungsdiagramm

Im Folgenden sind alle Konformitätsbewertungsdiagramme gemäß Anhang II der Druckgeräterichtlinie 97/23/EG [7] aufgeführt.

Die römischen Ziffern in den Diagrammen entsprechen folgenden Modulkategorien:

I = Modul A

II = Module A1, D1, E1

III = Module B1 + D, B1 + F, B + E, B + C1, H

IV = Module B + D, B + F, G, H1

▼B

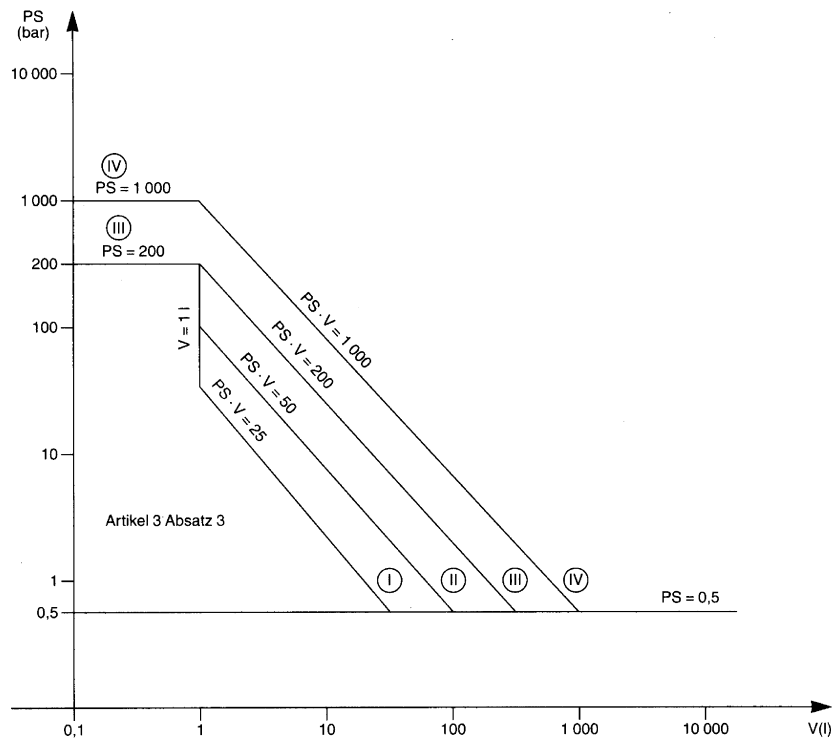


Diagramm 1

Behälter gemäß Artikel 3 Nummer 1.1 Buchstabe a) erster Gedankenstrich

Als Ausnahme hiervon sind Behälter, die für ein instabiles Gas bestimmt sind und nach Diagramm 1 unter die Kategorie I oder II fallen, in die Kategorie III einzustufen.

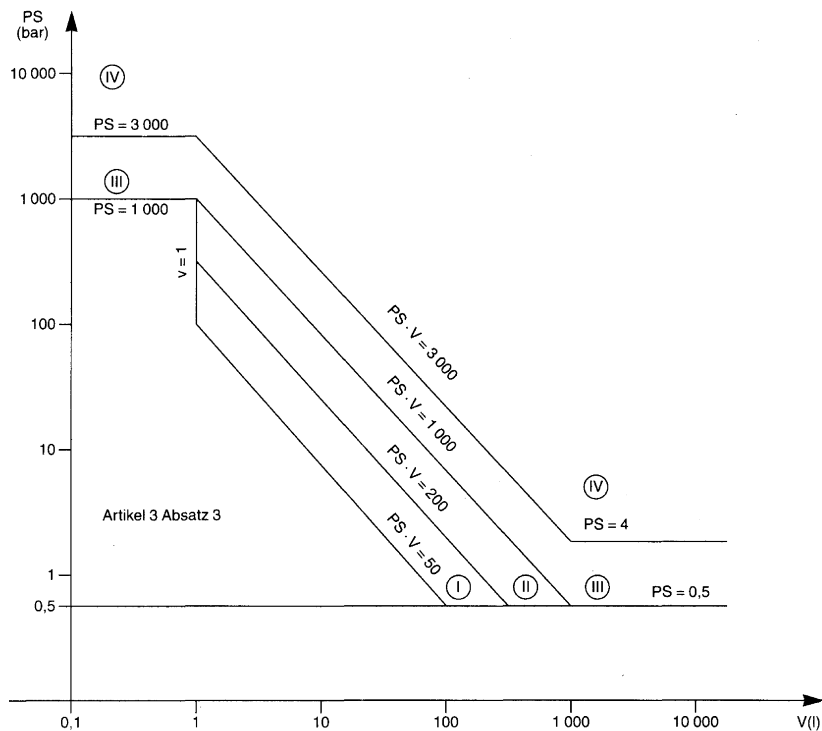
▼ **B**

Diagramm 2

Behälter gemäß Artikel 3 Nummer 1.1 Buchstabe a) zweiter Gedankenstrich

Als Ausnahme hiervon sind tragbare Feuerlöscher und Flaschen für Atemschutzgeräte mindestens in die Kategorie III einzustufen.

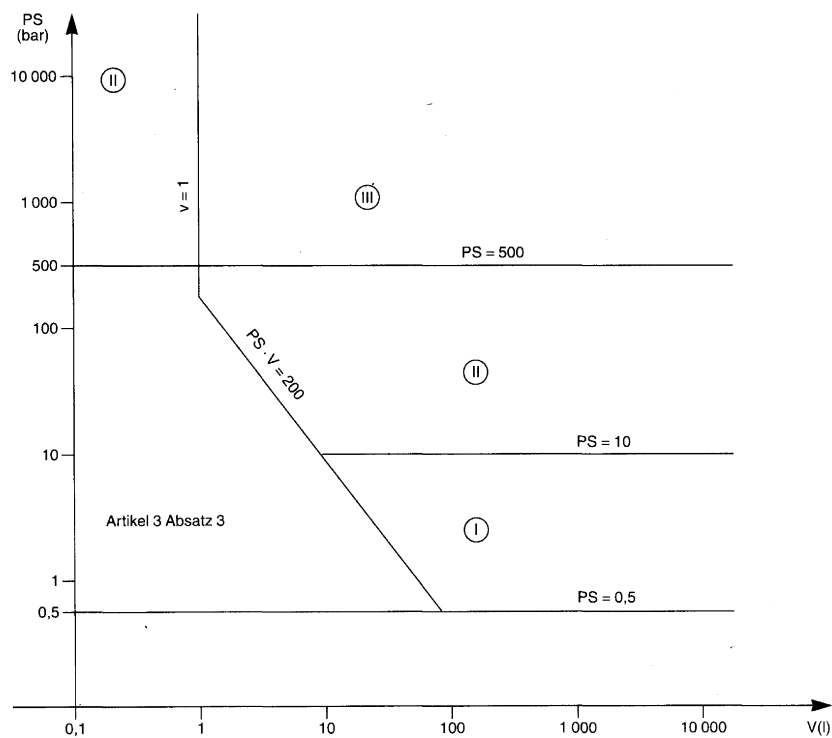
▼B

Diagramm 3

Behälter gemäß Artikel 3 Nummer 1.1 Buchstabe b) erster Gedankenstrich

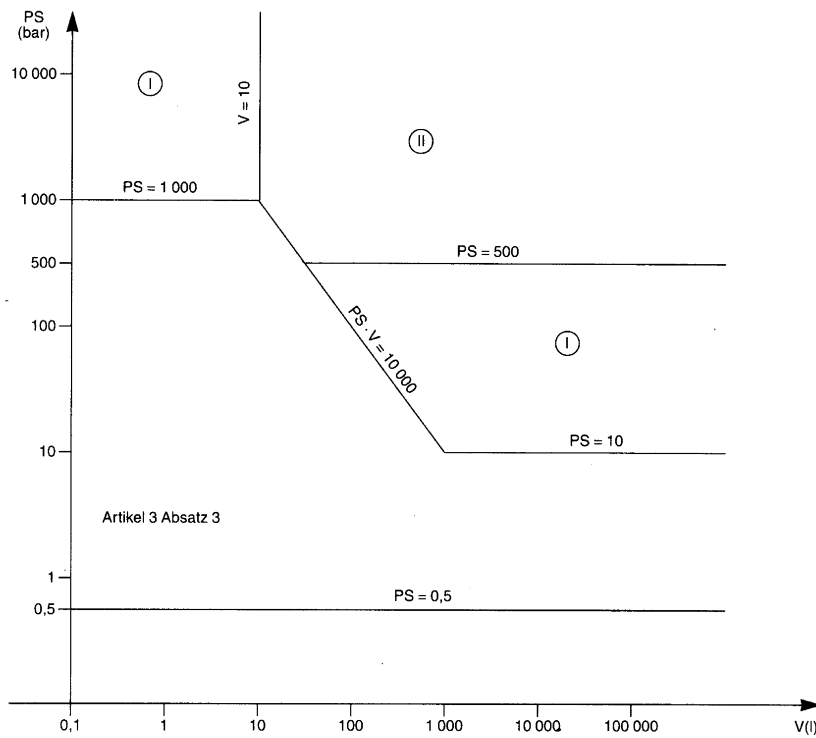
▼ B

Diagramm 4

Behälter gemäß Artikel 3 Nummer 1.1 Buchstabe b) zweiter Gedankenstrich

Als Ausnahme müssen Baugruppen für die Erzeugung von Warmwasser nach Artikel 3 Nummer 2.3 entweder einer EG-Entwurfsprüfung (Modul B1) im Hinblick auf ihre Konformität mit den grundlegenden Anforderungen des Anhangs I Nummern 2.10, 2.11, 3.4, 5 Buchstabe a) und 5 Buchstabe d) oder einer umfassenden Qualitätssicherung (Modul H) unterzogen werden.

▼B

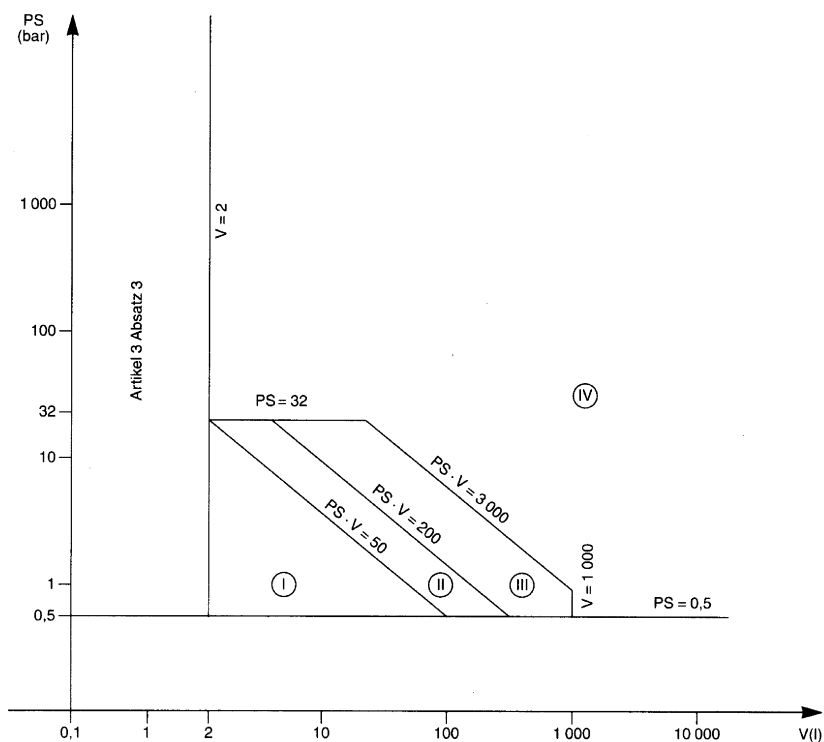


Diagramm 5

Druckgeräte gemäß Artikel 3 Nummer 1.2

Als Ausnahme hiervon unterliegen Schnellkochtöpfe einer Entwurfskontrolle nach einem mindestens einem der Module der Kategorie III entsprechenden Prüfverfahren.

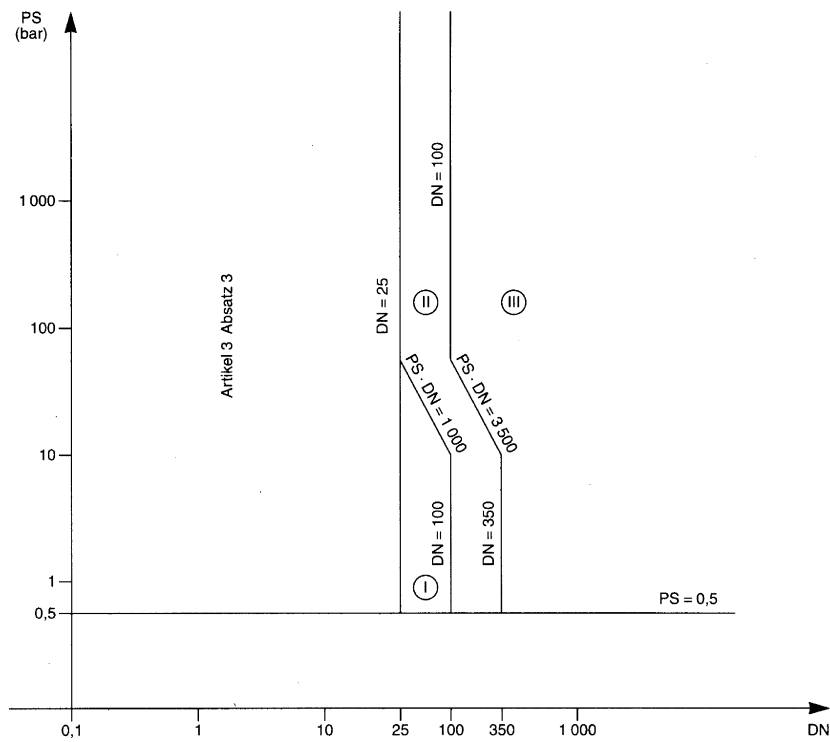
▼ B

Diagramm 6

Rohrleitungen gemäß Artikel 3 Nummer 1.3 Buchstabe a) erster Gedankenstrich

Als Ausnahme hiervon sind Rohrleitungen, die für instabile Gase bestimmt sind und nach Diagramm 6 unter die Kategorie I oder II fallen, in die Kategorie III einzustufen.

▼B

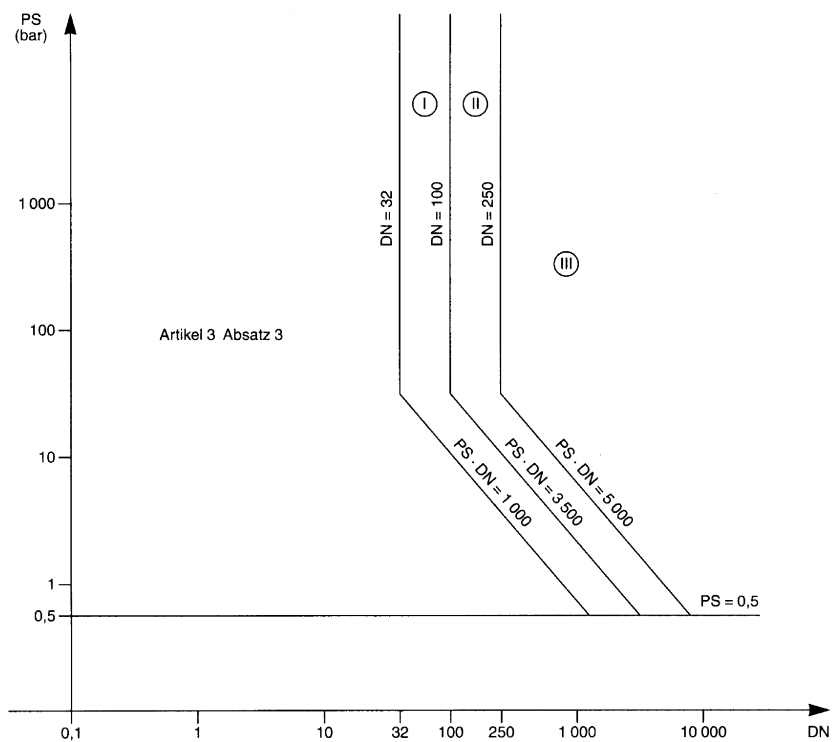


Diagramm 7

Rohrleitungen gemäß Artikel 3 Nummer 1.3 Buchstabe a) zweiter Gedankenstrich

Als Ausnahme hiervon sind Rohrleitungen, die Fluide mit Temperaturen von mehr als 350 °C enthalten und nach Diagramm 7 unter die Kategorie II fallen, in die Kategorie III einzustufen.

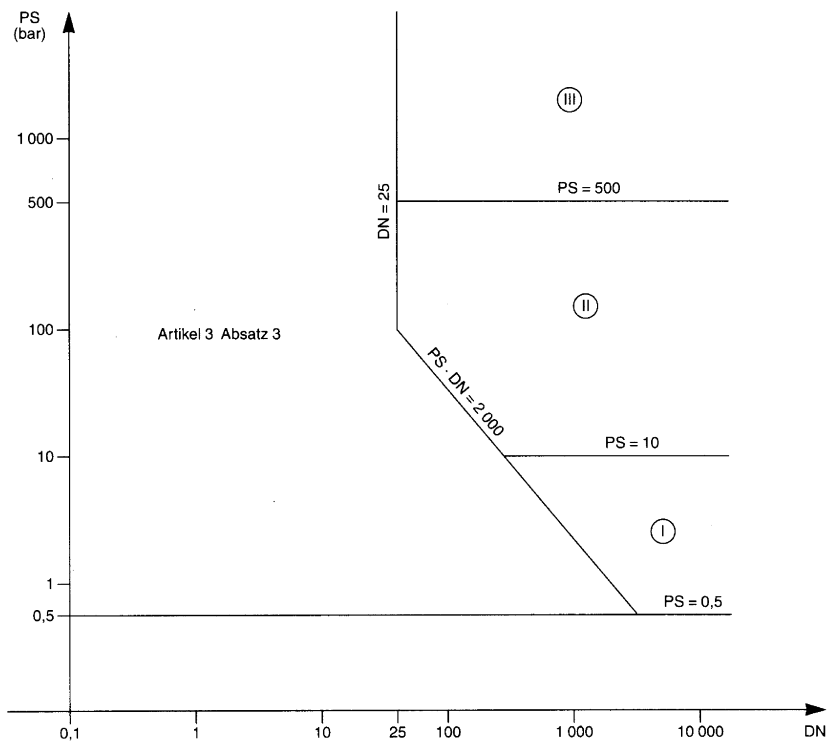
▼ B

Diagramm 8

Rohrleitungen gemäß Artikel 3 Nummer 1.3 Buchstabe b) erster Gedankenstrich

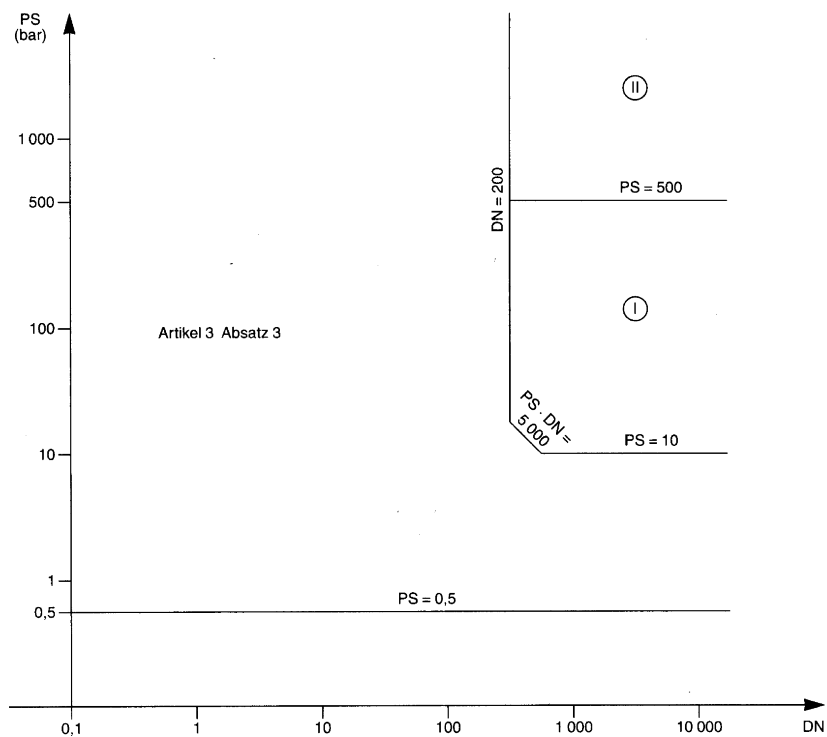
▼B

Diagramm 9

Rohrleitungen gemäß Artikel 3 Nummer 1.3 Buchstabe b) zweiter Gedankenstrich

Abbildung B.1: ANHANG II Konformitätsbewertungsdiagramme

C ANHANG III

Konformitätsbewertungsverfahren - Module

Dieser Anhang bietet die genauen Definitionen aller Konformitätsbewertungsverfahren dar.

Kategorie	Modul	Konformitätsprüfung durch
I	A	<u>Interne Fertigungskontrolle</u> Der Hersteller stellt sicher und erklärt, dass die Druckgeräte die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen

Abbildung C.1: Modul A

Kategorie	Modul	Konformitätsprüfung durch
II	A1	<u>Interne Fertigungskontrolle mit Überwachung der Abnahme</u> Der Hersteller stellt sicher und erklärt, dass die Druckgeräte die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen. Die Benannte Stelle führt Überwachungen durch.
	D1	<u>Qualitätssicherung Produktion</u> Der Hersteller stellt sicher und erklärt, dass die Druckgeräte die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen und verfügt über ein QS-System für Herstellung und Endabnahme.. Die Benannte Stelle bewertet und überwacht das QS-System.
	E1	<u>Qualitätssicherung Produkt</u> Der Hersteller stellt sicher und erklärt, dass die DG die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen und verfügt über ein QS-System für die Endabnahme. Die Benannte Stelle bewertet und überwacht das QS-System.

Abbildung C.2: Modul A1, D1, E1

Kategorie	Modul	Konformitätsprüfung durch
III	B1 + D	<u>(Serienfertigung mit QS-System- QS:Produktion-)</u> EG-Entwurfsprüfung durch Benannte Stelle (B1) Der Hersteller verfügt über ein QS-System und stellt sicher und erklärt, dass die Druckgeräte die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen (D). Die Benannte Stelle bewertet und überwacht QS-System (D).
	B1 + F	<u>(Einzelfertigung ohne QS-System)</u> EG-Entwurfsprüfung durch Benannte Stelle (B1) Der Hersteller stellt sicher und erklärt, dass das Druckgerät die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllt. Die Benannte Stelle nimmt Untersuchungen und Prüfungen durch Kontrolle und Erprobung <u>jedes einzelnen Druckgerätes</u> vor, um die Übereinstimmung des Gerätes mit den entsprechenden Anforderungen der Richtlinie zu prüfen (F).

Abbildung C.3: Modul B1+D, B1+F

Kategorie	Modul	Konformitätsprüfung durch
III	B + E	<u>(Serienfertigung mit QS-System – QS:Produkt-)</u> EG-Baumusterprüfung durch Benannte Stelle (B) Der Hersteller verfügt über ein QS-System für die Endabnahme und stellt sicher und erklärt, dass die Druckgeräte die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen (E). Benannte Stelle bewertet und überwacht QS-System (E).
	B + C1	<u>(Serienfertigung ohne QS-System)</u> EG-Baumusterprüfung durch Benannte Stelle (B). Der Hersteller stellt sicher und erklärt, dass die Druckgeräte die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen (C1). Benannte Stelle überwacht stichprobenweise die Abnahme (C1).

Abbildung C.4: Modul B+E, B+C1

Kategorie	Modul	Konformitätsprüfung durch
III	H	<p><u>(Einzelfertigung QS-System)</u> <u>„Umfassende Qualitätssicherung“</u></p> <p>Der Hersteller verfügt über ein QS-System für den <u>Entwurf</u>, Herstellung, Endabnahme und Prüfungen und stellt sicher und erklärt, dass die Druckgeräte die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen.</p> <p>Benannte Stelle bewertet und überwacht QS-System</p>

Abbildung C.5: Modul H

Kategorie	Modul	Konformitätsprüfung durch
IV	G	<p><u>(Einzelfertigung ohne QS-System)</u></p> <p>Der Hersteller stellt sicher und erklärt, dass die Druckgeräte die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen.</p> <p>Die Benannte Stelle prüft den Entwurf und die Konstruktion <u>jedes einzelnen Druckgerätes</u>.</p> <p>Benannte Stelle nimmt Untersuchungen und Prüfungen durch Kontrolle und Erprobung <u>jedes einzelnen Druckgerätes</u> vor, um die Übereinstimmung des Gerätes mit den entsprechenden Anforderungen der Richtlinie zu prüfen.</p>

Abbildung C.6: Modul G


Kategorie	Modul	Konformitätsprüfung durch
IV	B + D	<p><u>(Serienfertigung mit QS-System - QS:Produktion-)</u></p> <p>EG-Baumusterprüfung durch Benannte Stelle Der Hersteller verfügt über ein QS-System und stellt sicher und erklärt, dass die Druckgeräte die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen. Benannte Stelle bewertet und überwacht QS-System</p>
	B + F	<p><u>(Serienfertigung ohne QS-System)</u></p> <p>EG-Baumusterprüfung durch Benannte Stelle. Der Hersteller stellt sicher und erklärt, dass die Druckgeräte die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen. Benannte Stelle nimmt Untersuchungen und Prüfungen durch Kontrolle und Erprobung <u>jedes einzelnen Druckgerätes</u> vor, um die Übereinstimmung des Gerätes mit den entsprechenden Anforderungen der Richtlinie zu prüfen.</p>


Abbildung C.7: Modul B+D, B+F


Kategorie	Modul	Konformitätsprüfung durch
IV	H1	<p><u>(Einzelfertigung mit QS-System)</u> <u>„Umfassende Qualitätssicherung mit Entwurfsprüfung und besonderer Überwachung der Abnahme“</u></p> <p>Der Hersteller unterhält ein QS-System für Entwurf, Herstellung, Endabnahme und andere Prüfungen und sicher und erklärt, dass die Druckgeräte die geltenden Anforderungen der Richtlinie erfüllen.</p> <p>Er beantragt bei der Benannten Stelle die Prüfung des Entwurfs. Die Benannte Stelle prüft den Entwurf und stellt eine EG-Entwurfsprüfbescheinigung aus.</p> <p>Benannte Stelle bewertet und überwacht das QS-System. Die Benannte Stelle führt eine verstärkte Überwachung der Abnahme durch.</p>

Abbildung C.8: Modul H1

D ANHANG Abnahmeprüfzeugnis - Werkstoffbescheinigung









Bödenpresswerk Daaden GmbH
 Betzdorfer Straße 77a
 D-57567 Daaden (Germany)
 www.bodenpresswerk.de

TAB GmbH
 Werkstr. 3
 18069 Rostock

Abnahmeprüfzeugnis 3.1 nach EN 10204 über kaltumgeformte Böden
 Test certificate 3.1 concerning cold formed heads

Hersteller: Bödenpresswerk Daaden GmbH **Auftrags-Nr.:** 8028165 **Bestell-Nr.:** tel.
 Manufacturer: Com.-Nr.: Order-Nr.:

Prüfgrundlage: AD 2000-Merkblatt HP 8/1
 Inspection based on:

Zulassungen: Werkstoffhersteller nach DGR 97/23/EG durch TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
 Approvals: Manufacturer of materials in accordance to PED 97/23/EG by TIS of TÜV-Rheinland Group
 AD 2000-Merkblatt W0/TRD 100, HPO/TRD 201 durch TÜV Rheinland Industrie Service GmbH
 AD 2000-Merkblatt W0/TRD 100, HPO/TRD 201 by TIS of TÜV-Rheinland Group

Bodenform und Abmessung						Kennzeichnung / Stempelung				
Pos	Stück	Form / DIN Shape of the head	Außen- durchm. / outside diam. (mm)	EWD dicke / init thickn. (mm)	Kante edge bevel preparation	Werkstoff Material	Schmelze Heat No.	Probe Test No.	Herstell- stempel Manufact- urer- stamp	TUV Prüf-Nr. Remarks
1	1	Klöpper/28011 Torispherical head	1400	5,0	VA	1.4301	017013	43	PWD	

Daten der verwendeten Bleche: -
 We used plates as per attached certificate:

Prüfbescheinigung nach EN 10204 (s. Anlage) Test certificate acc. To EN 10204 (see enclosure)						
Pos	Abmessungen (mm) Measurements (mm)	Hersteller Manufacturer	Art Sort	Aussteller Executed by	Prüf-Nr. Test-No.	Datum date
1	5 x 2000 mm	Arcelor Mittal	3.1	Hersteller / Manufacturer		

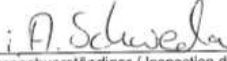
Die Kennzeichnung der Bleche wurde, soweit erforderlich, übertragen und mit dem Stempel
 The marking of the plates has been, if it is required, transferred and with the stamp PWD stamped.
PWD gegengestempelt.

Die Bleche wurden, soweit erforderlich, vor der Umformung zusammengeschweißt
 Before manufacturing the heads, the plates had been welded together as far as it was necessary
Lage der Schweißnaht: -
 Position of the welding seam:

Die Böden sind durch Kaltumformung hergestellt und soweit erforderlich wärmebehandelt.
 The heads are cold formed and if it is required heat treated.
Durchgeführte Wärmebehandlung
 Heat treatment:
Glühtemperatur: Haltezeit:
 Annealing temperature: Holding period:
Abkühlung:
 Cooling:

Prüfung der fertigen Böden:
 Testing of finished heads:
 (Bescheinigungen, Protokolle und Berichte über die durchgeführten Prüfungen liegen beim Hersteller vor)
 (Documents, approvals and reports are available by the manufacturer)

1. Besichtigung und Maßprüfung. Visual inspection and control of dimensions
2. Werkstoffprüfung. Material test.
3. Bei geschweißten Böden. If the heads are welded.
- 3.1 Oberflächenrisssprüfung. Dye penetrant test.
- 3.2 Durchstrahlungsprüfung. X-ray test.


 Werkssachverständiger / Inspection department

Daaden, 16.07.2010

Anlage / enclosure
 Rev. 1.2 vom 01.09.2009 7_5032a

Abbildung D.1: Abnahmeprüfzeugnis - Werkstoffbescheinigung

E Technische Zeichnungen



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

Erklärung zur selbständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der die/der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „—bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs.1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)]— 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.“

Quelle § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift (keine Ablichtungen !) als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Bachelorarbeit einzubinden.

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

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: Tuna

Vorname: Bercan

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

Optimierung der Auslegung des Kreiselpumpenprüfstands und sicherheitstechnische
Überarbeitung

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 Bachelorarbeit ist erfolgt durch . . .

Ort

Datum

Unterschrift im Original