



Ermittlung thermischer Einflüsse auf Eisen- und Stahlgusswerkstoffe anhand von Prüfkörpern – Scheibentest

INHALT 1 Allgemeines **S.1** | 2 Begriffsbestimmung zur Versuchsdurchführung **S.2** | 3 Herstellung der Prüfkörper **S.2** | 4 Prüfung **S.3** | 5 Zeichnungsangabe **S.7** | 6 Normative Verweise **S.7**
7 Literatur **S.7** | Anhang A – Prüfkörper **S.8** | Anhang B – Prüfprotokoll und Diagramme **S.10**
Anhang C – Aufbau Prüfstand **S.12** | Anhang D – Diskushalter **S.13** | Anhang E – Prüfkammer **S.14**

1 Allgemeines

Dieses Merkblatt gilt zur Prüfung des Verhaltens von Eisen- und Stahlgusswerkstoffen bei zyklischer hochthermischer Belastung nach dem Scherrer-Verfahren¹. Das temperaturabhängige Riss-, Deformations- und Oxidationsverhalten eines Eisen- oder Stahlgusswerkstoffes wird dabei an einem speziell entwickelten und praxisrelevanten Prüfkörper, der sog. Scherrer-Scheibe, ermittelt.

Die Prüfkörper dienen sowohl zum Vergleich der Werkstoffeigenschaften untereinander hinsichtlich des Riss-, Deformations- und Oxidationsverhaltens als auch gegenüber einem Referenzwerkstoff.

Gussteile aus Eisen- (GJS, GJV, GJL) oder Stahlguss (GX) die im Heißgasbereich eingesetzt werden und z.B. im Automotive-Sektor Anwendung finden, sind starken Temperaturschwankungen ausgesetzt.

Beispielsweise durchlaufen beim Aufheizen und Abkühlen ferritische Werkstoffe – wenn sie höher als ihr AC1 Umwandlungspunkt aufgeheizt werden – mehrmals die Phasenumwandlung Alpha/Gamma bzw. Ferrit/Austenit. Dies hat immer wiederkehrende Volumensprünge des Materials zur Folge was einerseits zur Deformation des Bauteils und andererseits zur Rissbildung führen kann. Austenitische Werkstoffe zeigen in der Regel keine Phasenumwandlungen aber auch hier sind Gefügeveränderungen möglich.

¹ Scherrer, F.: „Neues Prüfverfahren für Eisen- und Stahlguss im Heißgaswechselbetrieb“, Giesserei 1/2011, Rubrik Technologie & Trends



Durch die wärmebedingte Volumenzunahme und die ungleiche Wärmezunahme im Bauteil kommt es zu thermischen Spannungen im Bauteil. Überschreiten diese Spannungen die von der Temperatur abhängige Festigkeit des Gusswerkstoffes, so werden diese Spannungen durch Kriechen und/oder Rissbildung abgebaut.

Deformationen und Rissbildung entstehen aus der Überlagerung von physikalischen und chemischen Werkstoffeigenschaften, von geometrischen Einflüssen aus dem Bauteildesign und einer unsymmetrischen Belastung der Bauteile.

Deformationen und Rissbildung sind vom dem Material und von dem Design des Teils abhängig, wobei das Design – nach Erfahrung – einen wesentlich höheren Einfluss hat, ob ein Bauteil den Temperaturschwankungen standhält.

2 Begriffsbestimmung zur Versuchsdurchführung

Scherrer-Verfahren *nachfolgend „Prüfung“*
Scherrer-Scheibe *nachfolgend „Scheibe“ oder „Prüfkörper“*

CP *Rissposition (Crack position)*
S *Fläche (Surface)*
R *Rundheit (Roundness)*
PK *Prüfkörper*

3 Herstellung der Prüfkörper

Hinweis: Bei der Herstellung eines Prüfkörpers ist in Bezug auf ggf. auftretende Volumenfehler die Gütestufe 2, geprüft nach DIN EN 12681 anzustreben.

Die Prüfkörpergeometrie ist so gestaltet, dass sie bei thermischer Belastung Risse und Deformation begünstigt (vgl. Bild 1 und Anhang A).

Die gießtechnische Herstellung der Scheiben obliegt der Verantwortung des Gussherstellers. Die Flächen S1-S4 werden an der Oberseite des Prüfkörpers mechanisch bearbeitet, die Flächen auf der Unterseite des Prüfkörpers bleiben mechanisch unbearbeitet. Die Herstellung und Bearbeitung der Prüfkörpers erfolgt entsprechend den Zeichnungen im Anhang A.1 und Anhang A.2.

Die Scheiben sind an einer der radial außen liegenden Flächen (siehe Bild 1) thermisch beständig zu kennzeichnen (z. B. durch Schlagzahlen).

Die Lage der Kennzeichnung definiert die weitere Benennung der Risspositionen (CP) und Flächen (S), (siehe Bild 1).

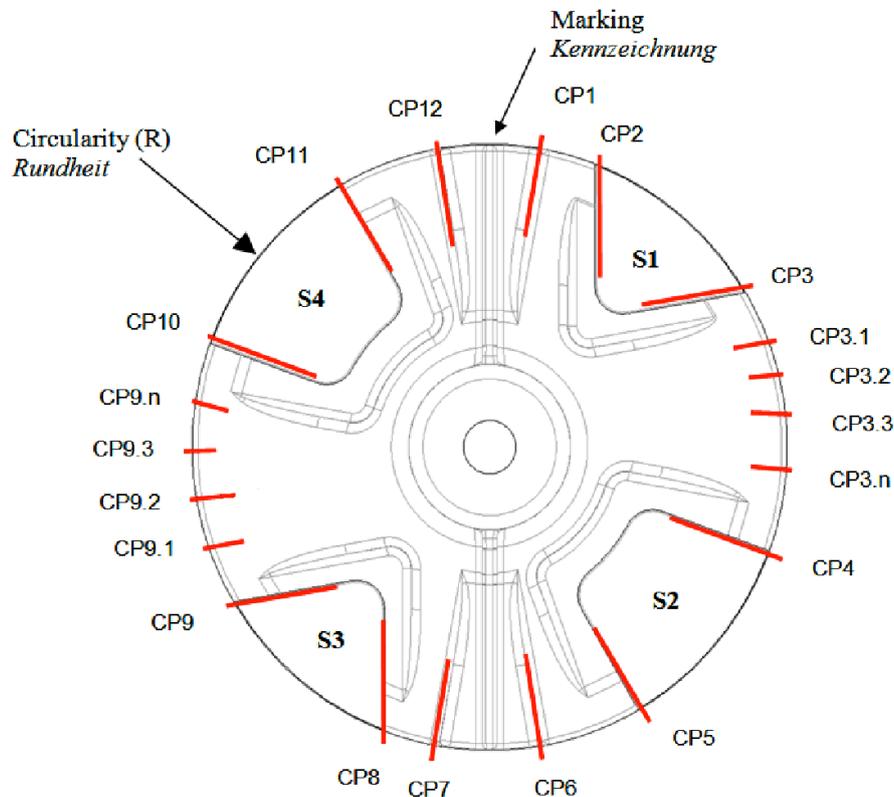


Bild 1: Kennzeichnung des Prüfkörpers, Risspositionen und Ebenen

Fixpositionen CP1 - CP12; Variable Risspositionen CP*.1 - CP*.n

4 Prüfung

4.1 VERMESSEN DER PRÜFKÖRPER VOR VERSUCHSBEGINN

Der Ausgangszustand der Scheibe wird vor der Versuchsausführung an den definierten Stellen gemessen (siehe Bild 1) und die Werte entsprechend Anhang B dokumentiert.

4.1.1 Rundheit

Die Rundheit der Scheibe ist zwischen den Messpunkten CP2-CP5 sowie CP8-CP11 zu messen.

4.1.2 Ebenheit

Die Ebenheit der Einzelflächen (S1 bis S4) sowie die Ebenheit über alle 4 Einzelflächen sind zu vermessen.



4.2 VERSUCHSAUFBAU

Pro Versuchszyklus werden zeitgleich zwei Scheiben in einer Vorrichtung geprüft. Die Scheiben werden parallel zueinander und verdrehsicher eingebaut.

Die dicksten Stellen der Prüfkörper stehen dabei parallel zueinander und quer zum Gasstrom, wodurch ein erhöhter Strömungswiderstand erreicht wird. Die vier bearbeiteten Flächen (S1 bis S4) zeigen nach „Außen“, die unbearbeiteten Flächen der beiden Prüfkörper nach „Innen“ (siehe Bild 2).

Durch die spiegelbildliche Anordnung der Prüfkörper und den gerichteten Gasstrom entlang der Mittelachse der Prüfkammer erhitzt sich die jeweils unbearbeitete Innenseite der Prüfkörper schneller als die Außenseite. Bei der Abkühlung kühlen die Innenseiten schneller ab, als die Außenseiten. Die entstehenden Thermospannungen im Probekörper begünstigen Risse und Deformationen.

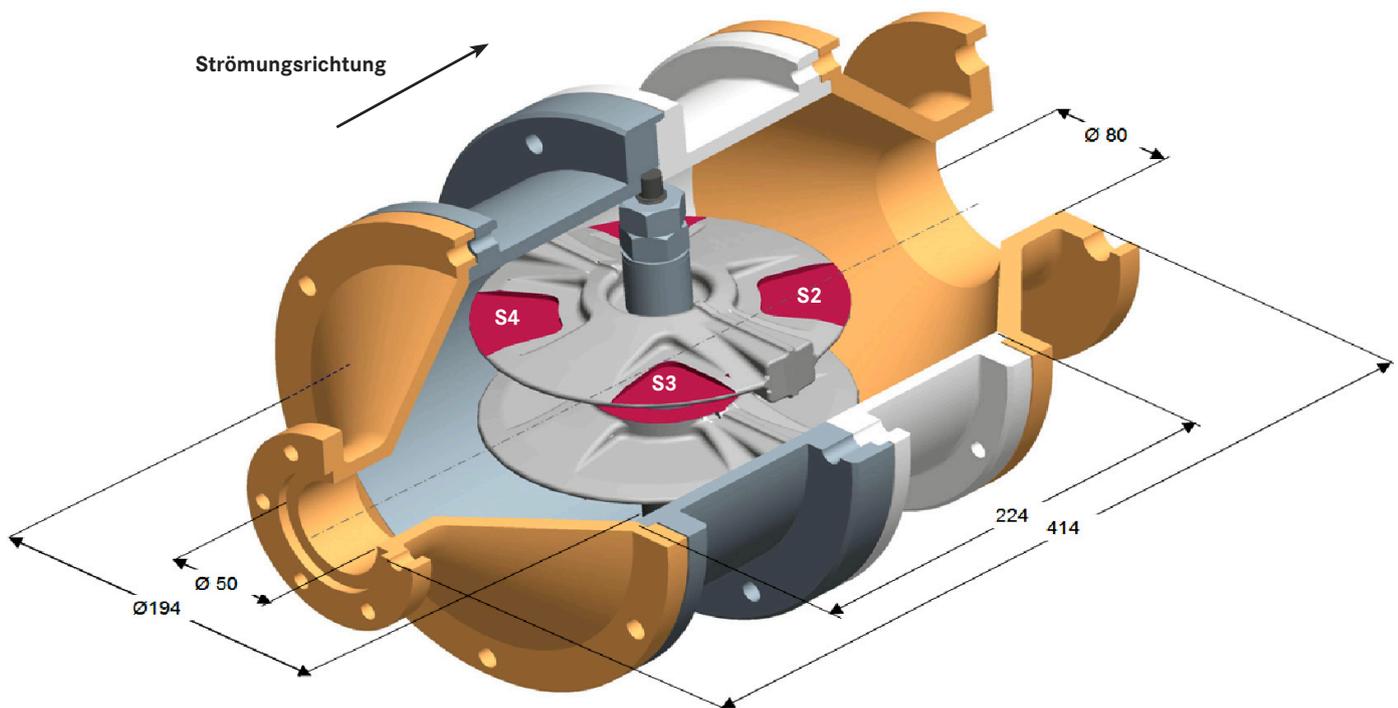


Bild 2: Prüfstand



4.3 ANGABEN ZUM HEISSGASPRÜFSTAND

Der Heißgasprüfstand wird mit einem Erdgas-Luft-Brenner betrieben. Das zu verwendende Erdgas ist ein handelsübliches und getrocknetes (vgl. DVGW-Arbeitsblatt G 260, 2. Gasfamilie). Der Lambda-Wert stellt sich bei gegebenen Betriebsbedingungen zwischen 2 und 3 ein. Die Einzelteilzeichnungen des Heißgas-Prüfstandes (Bild 2) sind im Anhang E ersichtlich.

Tabelle 1: Massenstromwerte (zur Information)

Heißgasphase		Kühlphase	
Temperatur vor Behältereintritt [°C]	Massenstrom* [kg/s]	Temperatur vor Behältereintritt [°C]	Massenstrom* [kg/s]
800	0,40	150	0,050
850	0,40	150	0,050
900	0,37	150	0,050
950	0,35	150	0,050
1000	0,33	150	0,052
1050	0,30	150	0,061

* **Richtwerte**; Toleranzen auf Temperaturen (**Empfehlung**): $\pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

4.4 TESTDURCHFÜHRUNG

Die Prüfkörper werden durch die zyklische Beaufschlagung von Heißgas und Kaltluft in der Prüfkammer belastet. Die Zyklusdauer ist von der vollständigen Angleichung der Prüfkörpertemperatur an die jeweilige Temperatur der Heißgas- bzw. Kaltluftphase abhängig. Bei gegebenem Versuchsaufbau und Massestromwerten (vgl. Tabelle 1) entspricht dies einer Zykluszeit von 7 Minuten für die Heißgasphase und von 7 Minuten für die Kaltluftphase.

Die Umstellung von der Heißgasphase auf die Kaltluftphase und umgekehrt hat so zu erfolgen, dass innerhalb von 30 Sekunden 200 - 150 °C beim Abkühlen bzw. 85 - 90 % der entsprechenden Gastemperatur beim Aufheizen erreicht sind.

Die Versuchsdauer beträgt insgesamt 150 Stunden. Danach sind keine wesentlichen Änderungen des Werkstoffverhaltens mehr zu erwarten. Der Versuch kann nach jeweils 50 Stunden für eine Zwischenprüfung unterbrochen werden, um den Fortschritt der Rissbildung und Deformation zu prüfen und zu dokumentieren.

Andere Beaufschlagungen für andere Anwendungen können individuell vereinbart werden.

4.5 VERMESSUNG DER SCHEIBEN NACH DER PRÜFUNG

Die Deformation der Scheibe, die Anzahl, Position und Länge von Rissen sowie die Härte wird an definierten Stellen gemessen (siehe Bild 1 und Anhang A.2).



4.5.1 Rissbildung

Die Anzahl, Position und Länge der Risse wird gemessen. Treten Risse zwischen den CP auf, werden diese mit CP*.n bezeichnet.

* = Fixposition (vgl. Bild 1)

4.5.2 Rundheit

Die Rundheit der Scheibe ist zur Beurteilung des Kriecheffektes zu vermessen.

4.5.3 Ebenheit

Die Ebenheit der Einzelflächen (S1 bis S4) sowie die Ebenheit über alle 4 Einzelflächen sind zu vermessen.

4.5.4 Härte

Die Härte eines Prüfkörpers ist auf der dafür vorgesehenen Härteprüffläche (S5; vgl. Anhang A.2) nach DIN EN ISO 6506-1 zu messen. Die Prüfung ist nach folgenden Prüfparametern durchzuführen: HBW 5/750.

4.5.5 Metallographische Untersuchung

Als Basis für die Schlifferstellung wird ein Schnitt ca. 1 cm vom äußeren Rand senkrecht zum Verlauf des Speiserverlaufs (gegenüber der Kennzeichnung) gewählt.

Am Schliff sind die Gefügeveränderungen, die Oxidationsschicht und bei Eisengusswerkstoffen die Graphitveränderung zu bewerten.

4.6 AUSWERTUNG

Die Auswertung erfolgt anhand der Prüfprotokolle und Diagramme (siehe Anhang B).

Die Differenz der Messwerte vor, während und nach dem Test entspricht dem Schädigungsverlauf der untersuchten Eigenschaften der Prüfkörper. Ein Vergleich der Fehlerwerte unterschiedlicher Werkstoffe gegenüber einem Referenzwerkstoff stellt das Werkstoffverhalten vergleichend gegenüber.

4.7 ERGEBNISDOKUMENTATION

Als Ergebnis der Prüfung werden die Rissanzahl, deren Position und Länge sowie die Änderung der Ebenheit und Rundheit in Diagramme aufgetragen.

Die Dicke und Stabilität der Oxidationsschicht wird anhand von metallographischen Schliffen dokumentiert. Die Stabilität der Oxidschicht ist nach dem Test visuell an einer Scheibe feststellbar.

Der Vergleich der Diagramme für Risslängen und Position sowie das Diagramm der Ebenheitsänderung wird in unterschiedlichen Darstellungen und Zusammenhängen ausgewertet (siehe Anhang B).



5 Zeichnungsangabe

Folgende Angabe muss in einer Zeichnung vorhanden sein:
„Prüfkörper nach BDG-Richtlinie (VDG-Merkblatt) P 360“

6 Normative Verweise

DVGW-Arbeitsblatt G 260, 2. Gasfamilie

Sicherheitsdatenblatt, gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH), § 6 GefStoffV – Erdgas, getrocknet

DIN EN 12681 (2003-06)	Gießereiwesen – Durchstrahlungsprüfung
DIN EN ISO 6506-1 (2006-03)	Metallische Werkstoffe – Härteprüfung nach Brinell – Teil 1: Prüfverfahren
DIN EN ISO 8062-3 (2008-09)	Geometrische Produktspezifikationen (GPS) – Maß-, Form- und Lagetoleranzen für Formteile – Teil 3: Allgemeine Maß-, Form- und Lagetoleranzen und Bearbeitungszugaben für Gussstücke

7 Literatur

Scherrer, F.: „Neues Prüfverfahren für Eisen- und Stahlguss im Heißgaswechselbetrieb“, Giesserei 1/2011, Rubrik Technologie & Trends



Anhang B

PRÜFPROTOKOLL UND DIAGRAMME

B.1: Prüfprotokoll

DEFORMATION

Vorher

Prüfkörper Nr.	Temp. °C	S1 mm	S2 mm	S3 mm	S4 mm	S1-S4 mm	R mm	Härte HBW
1								
n								

Nachher

Prüfkörper Nr.	Temp. °C	S1 mm	S2 mm	S3 mm	S4 mm	S1-S4 mm	R mm	Härte HBW
1								
n								

Differenz zwischen Vorher und Nachher

Prüfkörper Nr.	Temp. °C	S1 mm	S2 mm	S3 mm	S4 mm	S1-S4 mm	R mm	Härte HBW
1								
n								

RISSIGKEIT

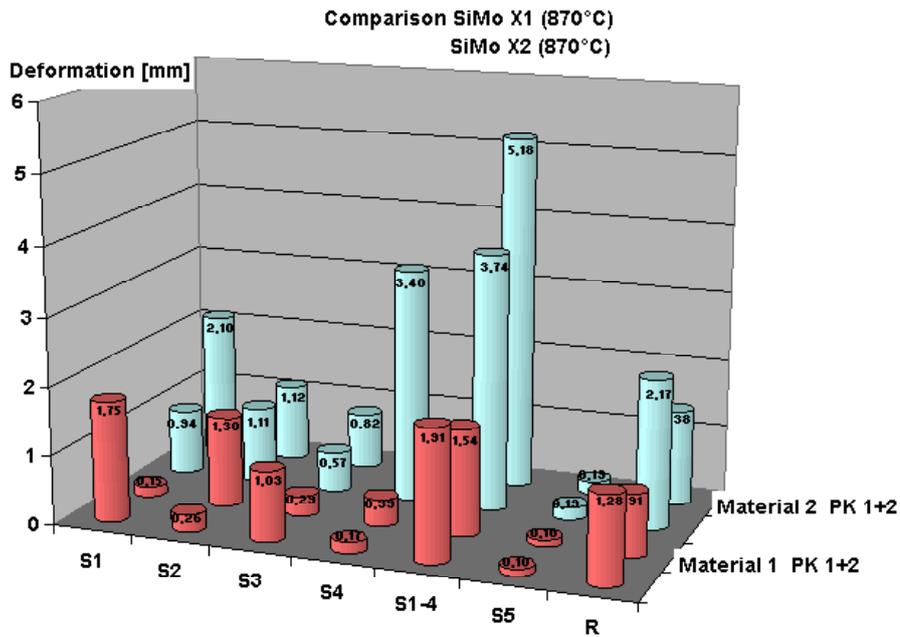
Prüfkörper 1

Laufzeit h	CP1 mm	CP2 mm	CP3 mm	CP3.1 mm	CP4 mm	CP5 mm	CP6 mm	CP7 mm	CP8 mm	CP9 mm	CP9.1 mm	CP10 mm	CP11 mm	CP12 mm

Prüfkörper n

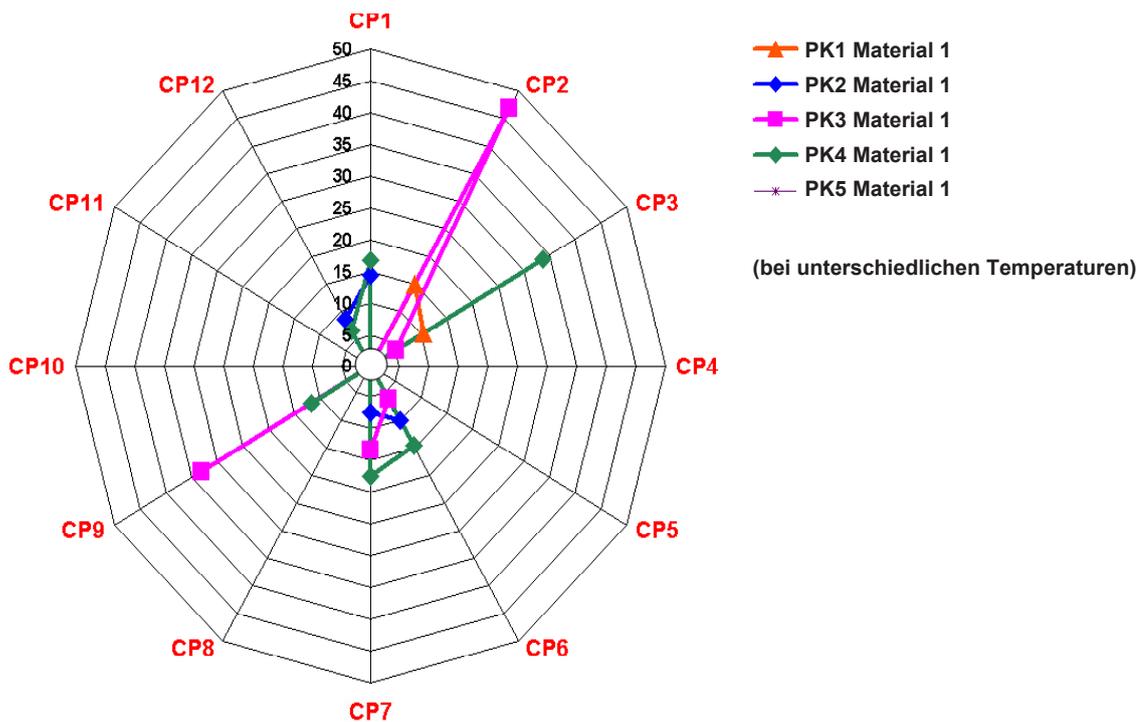
Laufzeit h	CP1 mm	CP2 mm	CP3 mm	CP3.1 mm	CP4 mm	CP5 mm	CP6 mm	CP7 mm	CP8 mm	CP9 mm	CP9.1 mm	CP10 mm	CP11 mm	CP12 mm

B.2: Vergleich von Deformation und Rissverhalten – Beispiel



Risslänge [mm] an Risspositionen (CP)

Crack length [mm] at crack positions (CP)

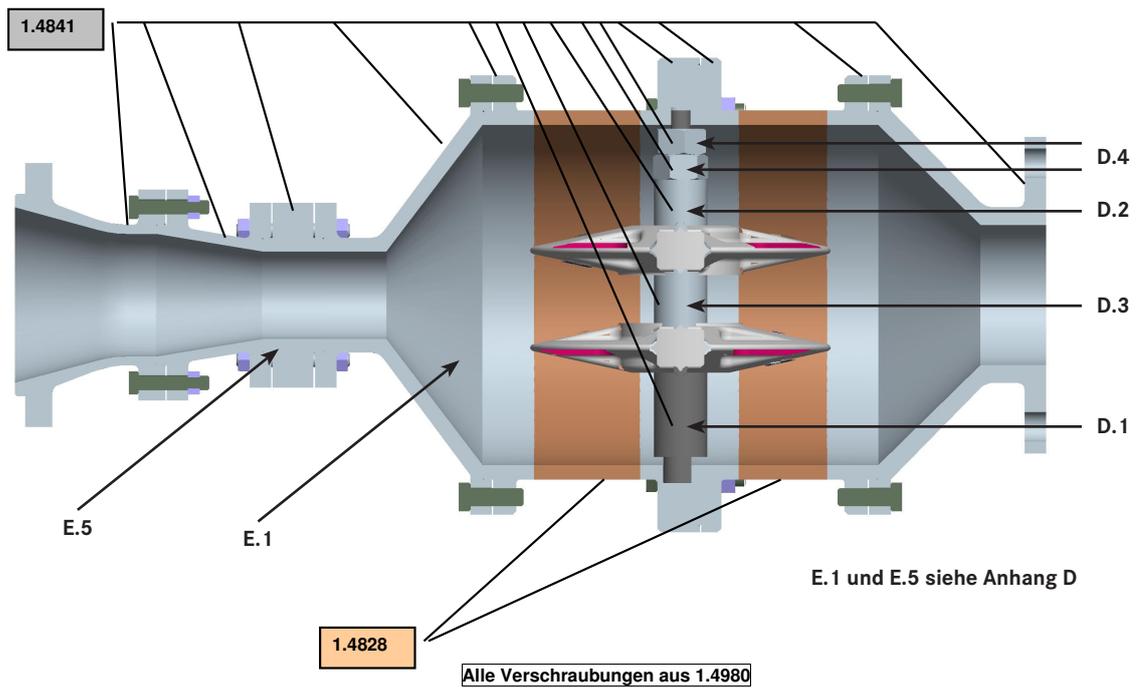




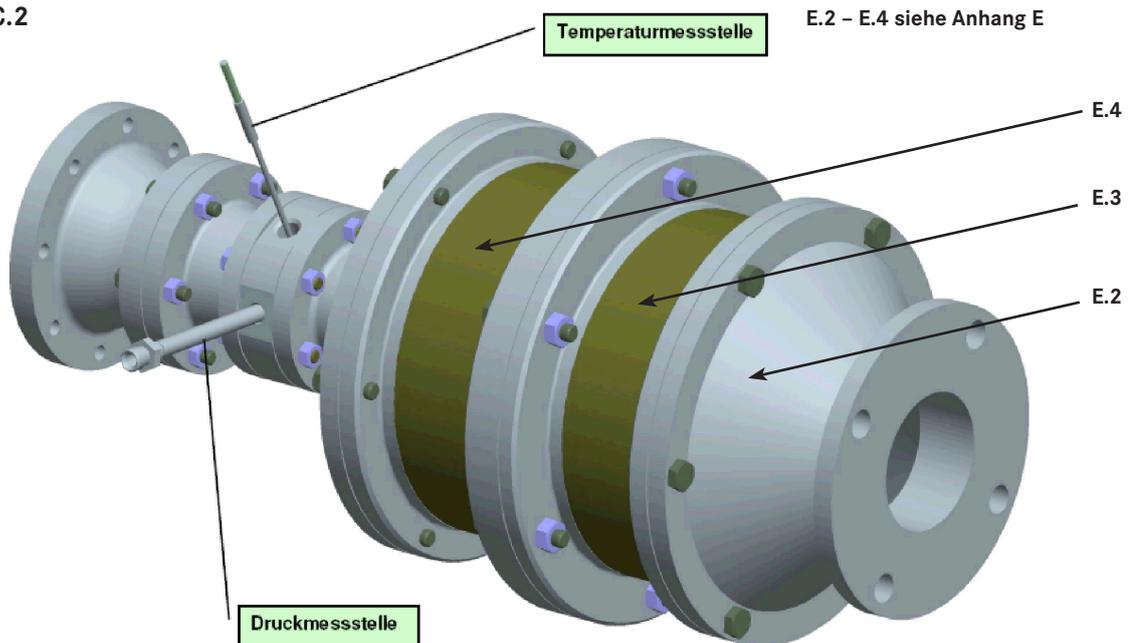
Anhang C

C.1 AUFBAU PRÜFSTAND

Angeführte Werkstoffe sind als Vorschläge anzusehen, da sie in ihren Eigenschaften den Versuchsparametern genügen. Die Verwendung andere Werkstoffe ist denkbar.



C.2

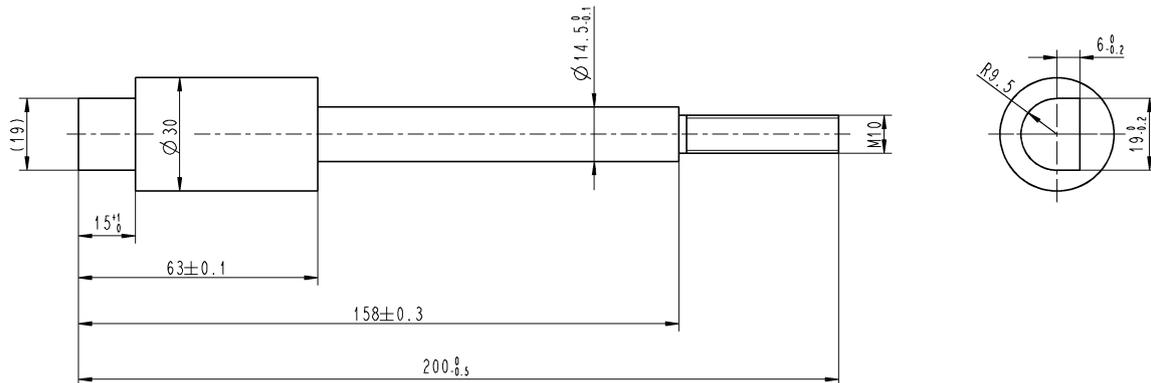




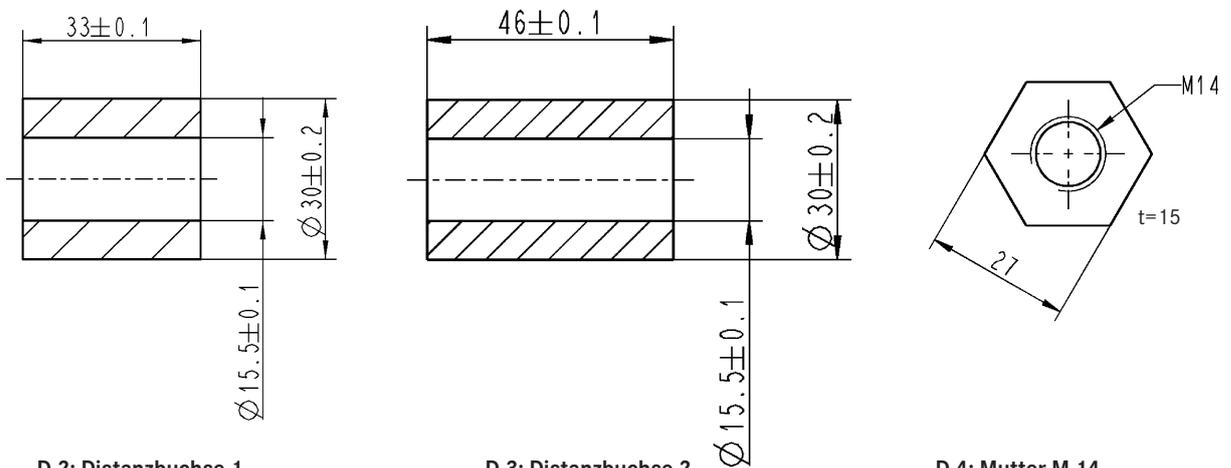
Anhang D

DISKUSHALTER

ZSB bzw. Einbauzustand siehe Anhang C.



D.1: Diskushalter



D.2: Distanzbuchse 1

D.3: Distanzbuchse 2

D.4: Mutter M 14

D.5 HAFTUNGSAUSSCHLUSS

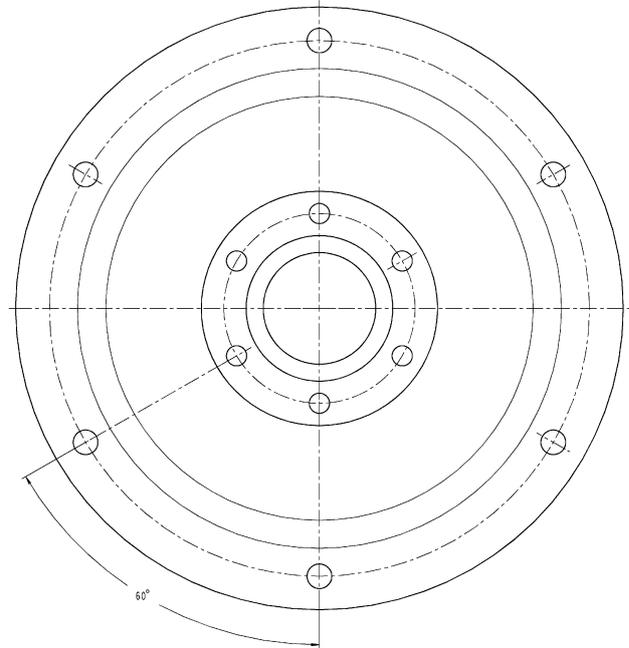
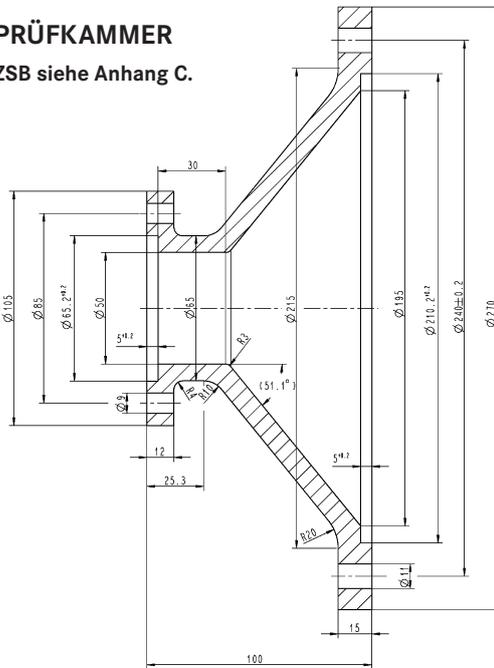
Die unter D aufgeführten Bauteile dürfen ausschließlich für die in diesem Merkblatt dargestellten Zwecke eingesetzt werden. Für die Konstruktion übernimmt der BDG keine Haftung. Die prozessgerechte Ausführung obliegt dem Hersteller.



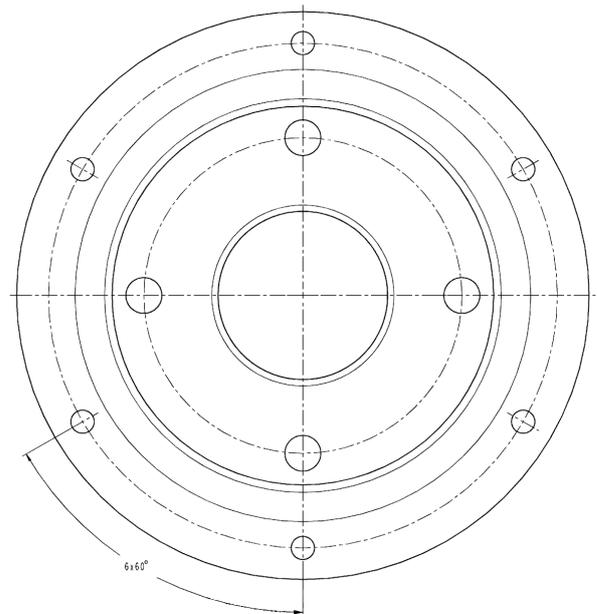
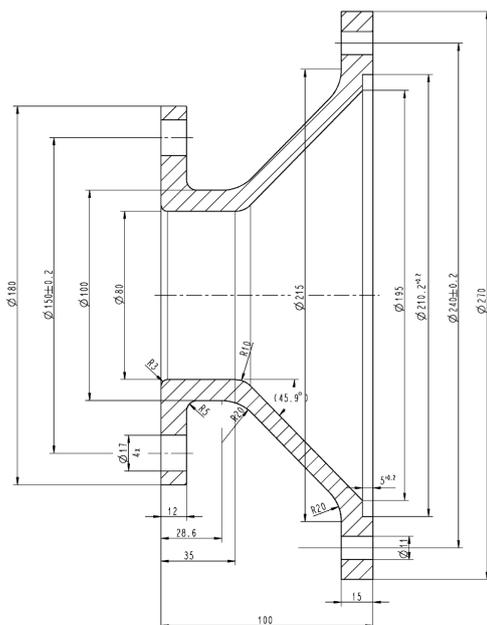
Anhang E

PRÜFKAMMER

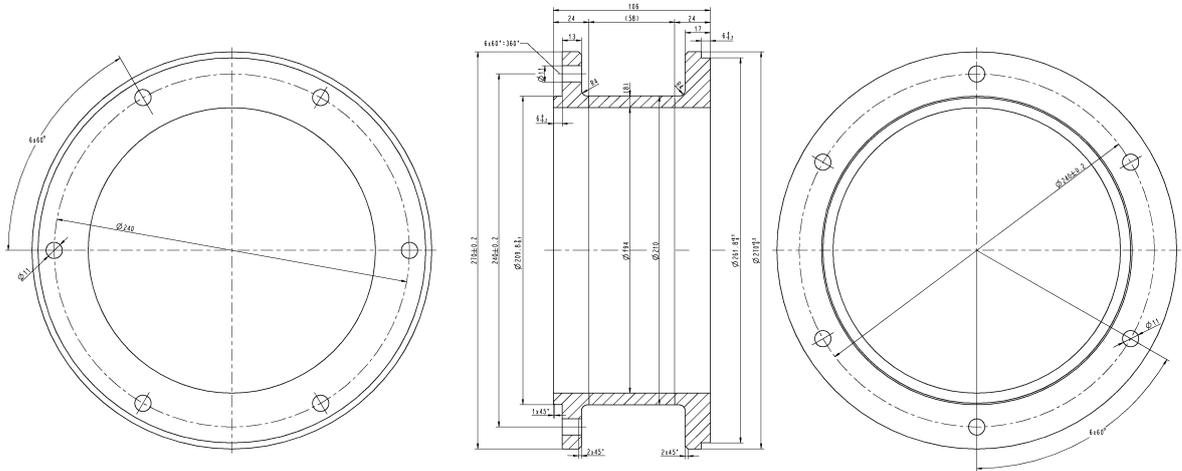
ZSB siehe Anhang C.



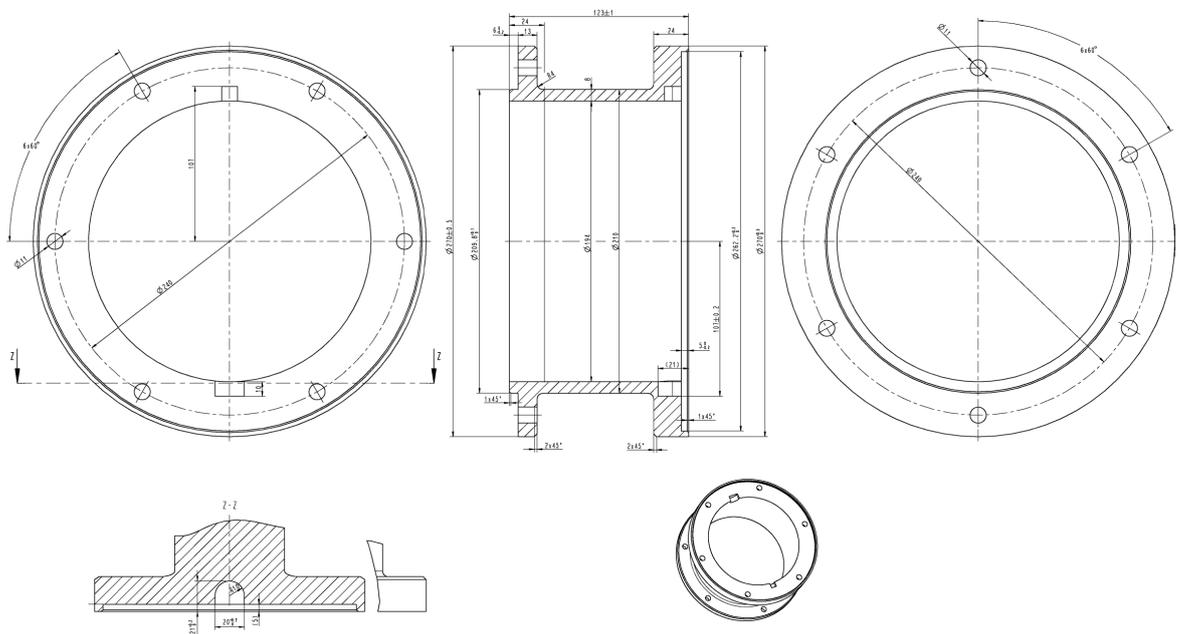
E.1: Adapter Kanal-Eintritt



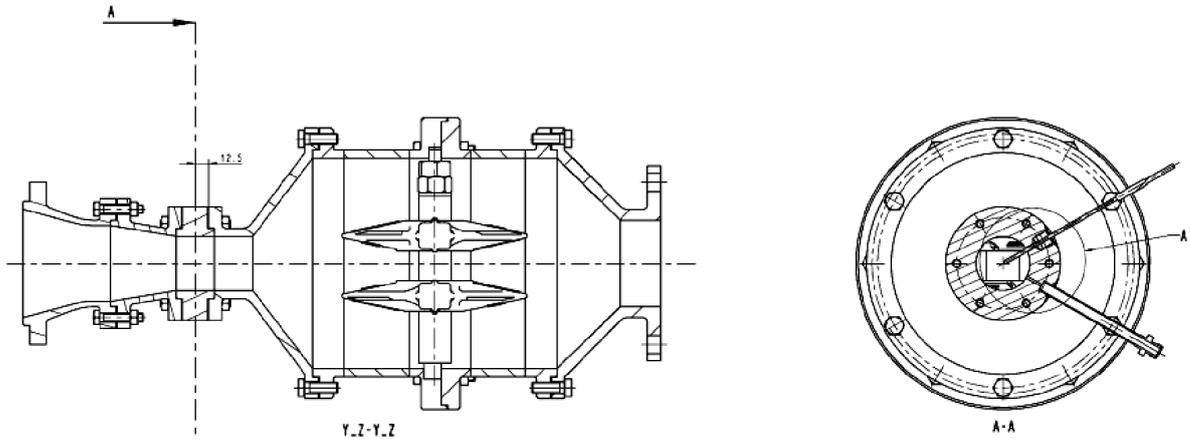
E.2: Adapter Kanal-Austritt



E.3 Diskuskanal R



E.4 Diskuskanal L



E.5 Messflansch

E.6 HAFTUNGSAUSSCHLUSS

Die unter E aufgeführten Bauteile dürfen ausschließlich für die in diesem Merkblatt dargestellten Zwecke eingesetzt werden. Für die Konstruktion übernimmt der BDG keine Haftung. Die prozessgerechte Ausführung obliegt dem Hersteller.