

Hoka Gesellschaft für Lüftungsformteile aus Kunststoff mbH



Ressourceneffizientes Herstellen von Kleinserien in der Kunststoffspritzgusstechnologie

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 31779/01-21 von der Deutschen
Bundesstiftung Umwelt

gefördert durch



Deutsche
Bundesstiftung Umwelt

www.dbu.de

Von
Markus Schorn
März 2017

06/02		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	31779/01-21	Referat	Technologie	Fördersumme	113.500,00 €
Antragstitel		Ressourceneffizientes Herstellen von Kleinserien in Kunststoffspritzgusstechnologie			
Stichworte					
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
24	05.01.2015				
Zwischenberichte	alle 6 Monate Kurzbericht				
Bewilligungsempfänger			Tel 02242-92510		
Hoka GmbH Reutherstraße 12 53773 Hennef			Fax 02242-925120		
GF: Peter Müller			Projektleitung Herr Müller / Herr Schorn		
			Bearbeiter Herr Schorn		
Kooperationspartner	Keine Projektpartner				
 Zielsetzung und Anlass des Vorhabens In den kommenden Jahren wächst der Bedarf, einbaufertige Kunststoffteile trotz vieler Varianten und kleiner Losgrößen im Kunststoffspritzguss ressourceneffizient und mit kurzen Lieferzeiten herzustellen. Ziel des geplanten Vorhabens ist es, weltweit erstmalig vielfältige Produktvarianten von Absperrklappen aus Kunststoff in einem Grundwerkzeug mit wenigen auswechselbaren Elementen materialeffizient und wirtschaftlich im Spritzgussverfahren herzustellen. Durch eine Fertigung in Kunststoffspritzgusstechnologie könnten bei den beispielhaft betrachteten Absperrklappen aus Kunststoff im Mittel 45% des heute erfolgreich Werkstoffeinsatzes eingespart werden. Durch die zu entwickelnde Werkzeugtechnologie soll der präzise und produktive Kunststoffspritzguss auch für mittlere und kleine Serien wirtschaftlich nutzbar gemacht werden. Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden 1. Konzeption neuartiger Absperrklappen als Demonstrationsvorhaben 2. Grundlegende Werkzeugentwicklung 3. Fertigung einer Prototypkonfiguration zur Erprobung segmentierter Spritzgusswerkzeuge 4. Applikation und Erprobung 5. Dokumentation der Ergebnisse					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

Inhalt

Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken	4
Verzeichnis von Tabellen	4
Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen	5
1. Zusammenfassung	6
2. Einleitung.....	7
3. Ist Zustand	7
4. Projektdurchführung	9
4.1 Vorgehensweisen	9
4.2 Konzept neue Klappe	10
4.2.1 Beschreibung Teller.....	10
4.2.2 Klappenaufbau.....	13
4.2.3. Klappenfunktion	14
4.3. Herstellung Prototyp Version 1	15
4.3.1. Konstruktion der einzelnen Bauteile als Spritzgießartikel	16
4.3.2. Teller	17
4.3.3. Welle	19
4.3.4. Haltemuffe	20
4.3.5. Hebel	20
4.3.6. FEM-Analyse	22
4.4. Herstellung Prototyp 2	24
4.5. Konzept Spritzgießformen	26
5. Auftretende Problemstellung	26
6. Fazit	27
7. Literaturverzeichnis	27
8. Anhänge.....	27

Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken

Abbildung 1: Prüfprotokoll nach DIN EN 1751	9
Abbildung 2: Prüfstand nach DIN EN 1751	10
Abbildung 3: Darstellung Klappenblatt inklusive Dichtungslippe	11
Abbildung 4: Prototyp Absperrklappe Explosionsdarstellung	13
Abbildung 5: Absperrklappe in geöffnetem Zustand	14
Abbildung 6: Absperrklappe in geschlossenem Zustand	15
Abbildung 7: Prüfergebnisse eines Prototyp 1 DA200	16
Abbildung 8: Klappengehäuse hergestellt im Spritzguss	16
Abbildung 9: Detailansicht der Wellendurchführung inklusive Befestigungsdome	17
Abbildung 10: Teller im 2 Komponenten Spritzgießverfahren	17
Abbildung 11: Welle gespritzt	19
Abbildung 12: Montierte Welle an Teller	19
Abbildung 13: Haltemuffe	20
Abbildung 14: Hebel	20
Abbildung 15: Sperrhebel	21
Abbildung 16: Funktion Hebelmechanismus	21
Abbildung 17: Belastungskurve Lastfall 1	22
Abbildung 18: Modellergebnisse Lastfall 1	23
Abbildung 19: FEM-Analyse	23
Abbildung 20: Belastungskurve A, Lastfall 2	23
Abbildung 21: Belastungskurve B, Lastfall 2	23
Abbildung 22: Modellergebnis Lastfall 2	24
Abbildung 23: Wellendurchführung zum anschweißen	25
Abbildung 24: Prüfergebnisse eines Prototyp 2 DA200	25

Verzeichnis von Tabellen

Tabelle 1: Investitionsvergleich Varianten Teller (geschätzt), jeweils für 8 Größen	18
---	----

Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

DIN 1946-4:	Raumluftechnik – Teil 4: Raumluftechnische Anlagen in Gebäuden und Räumen des Gesundheitswesens
DIN EN 1751:	Lüftung von Gebäuden; Geräte des Luftverteilungssystems Aerodynamische Prüfungen von Drossel- und Absperelementen
2-K:	Das Mehrkomponenten-Spritzgießen dient der Herstellung von Spritzgussteilen, die aus zwei oder mehreren verschiedenen Kunststoffen bestehen. (https://de.wikipedia.org)
Poka Yoke	Der japanische Ausdruck Poka Yoke (jap. ポカヨケ, dt. „unglückliche Fehler vermeiden“) bezeichnet ein aus mehreren Elementen bestehendes Prinzip, welches technische Vorkehrungen bzw. Einrichtungen zur sofortigen Fehlerrückmeldung und -verhinderung umfasst. Als Erfinder des Prinzips gilt Shigeo Shingo. (https://de.wikipedia.org)
FEM-Analyse	Die Finite-Elemente-Methode (FEM), auch „ Methode der finiten Elemente “ genannt, ist eine weitverbreitete numerische Lösungsmethode im Bereich wissenschaftlich technischer Aufgabenstellungen. Mit der FEM können physikalische Vorgänge (beispielsweise Kraftwirkungen auf deformierbare Festkörper) simuliert werden, deren Verlauf sich nicht oder nur sehr aufwendig mit anderen Mitteln bestimmen lässt. (https://de.wikipedia.org)
Vergleichsspannung nach von Mises	Die Vergleichsspannung ist ein Begriff aus der Festigkeitslehre und bezeichnet eine fiktive einachsige Spannung, die dieselbe Materialbeanspruchung darstellt Die Vergleichsspannung ist ein Begriff aus der Festigkeitslehre und bezeichnet eine fiktive einachsige Spannung, die dieselbe Materialbeanspruchung darstellt wie ein realer, mehrachsiger Spannungszustand. Damit kann der wirkliche dreidimensionale Belastungszustand im Bauteil, bestehend aus Normal-Spannungen und Schub-Spannungen in alle drei Raumrichtungen, direkt mit den Kennwerten aus dem einachsigen Zugversuch (Material-Kennwerte, z. B. Streckgrenze oder Zugfestigkeit) verglichen werden. (https://de.wikipedia.org)

1. Zusammenfassung

In den kommenden Jahren wächst der Bedarf, einbaufertige Kunststoffteile trotz vieler Varianten und kleiner Losgrößen im Kunststoffspritzguss ressourceneffizient und mit kurzen Lieferzeiten herzustellen.

Ziel des geplanten Vorhabens ist es, weltweit erstmalig vielfältige Produktvarianten von Absperrklappen aus Kunststoff in einem Grundwerkzeug mit wenigen auswechselbaren Elementen materialeffizient und wirtschaftlich im Spritzgussverfahren herzustellen. Durch eine Fertigung in Kunststoffspritzgusstechnologie könnten bei den beispielhaft betrachteten Absperrklappen aus Kunststoff im Mittel 45% des heute erfolgreich Werkstoffeinsatzes eingespart werden. Durch die zu entwickelnde Werkzeugtechnologie soll der präzise und produktive Kunststoffspritzguss auch für mittlere und kleine Serien wirtschaftlich nutzbar gemacht werden.

In diesem Bericht wird beschrieben, wie das Vorgehen der Entwicklung abgelaufen ist. Maßgeblich liegt der Schwerpunkt im konstruktiven Teil der benötigten Absperrklappen. Hier wird die Funktion erläutert und die daraus resultierenden Vorteile. Die Prototypen Erstellung bis zu Auswertungen ob die Konstruktion für den Einsatzbereich geeignet ist.

2. Einleitung

Die HoKa GmbH ist seit ihrer Gründung im Jahr 1986 auf Lüftungsformteile aus Kunststoff spezialisiert. Zum Produktspektrum gehören unter anderem Luftmengenregulierklappen zur Anpassung der Volumenströme in Lüftungsanlagen. Absperrklappen nach DIN 1946-4 zur vollständigen Absperrung werden bislang (aus fertigungstechnologischen Gründen) nicht im Spritzgussverfahren gefertigt. Alle Bauteile werden bis heute spanend aus Halbzeugen hergestellt.

Mit dem Spritzgießen lassen sich (nach gängiger Lehrmeinung) komplexe Werkstück Geometrien mit hoher Genauigkeit als Massenprodukte mit kurzen Fertigungszeiten herstellen. Die Kosten für die Formwerkzeuge machen einen großen Teil der notwendigen Investitionen aus. Dadurch wird bis heute (selbst bei einfachen Werkzeugen) die Schwelle der Wirtschaftlichkeit erst bei tausenden von Teilen erreicht. Andererseits können die Werkzeuge jedoch für die Herstellung mehrerer Millionen Teile verwendet werden (Quelle Wikipedia).

Ziel des geplanten Vorhabens ist es, weltweit erstmalig Absperrklappen (nach DIN EN 1751) trotz kleiner bis mittlerer Stückzahlen so wirtschaftlich zu produzieren, dass sie zum Preis heutiger Luftmengenregulierklappen vermarktet werden können. Die Anforderungen der Kunden bzw. die immer strengeren ökologischen Vorschriften zeigen den Trend zum Wechsel von der klassischen Luftmengeneinstellklappe zur Absperrklappe. Grund ist der sichere und flexible Betrieb der Lüftungsanlage. Dazu soll eine von der Firma HoKa patentierte Werkzeugtechnologie auf den hier betrachteten Produktbereich adaptiert werden. Durch deutliche Verringerung der Werkzeugkosten, Vermeidung der heute üblichen Materialverluste und deutliche Steigerung von Formgenauigkeit und Produktivität soll langfristig die Fertigung am Standort Deutschland erfolgen können.

3. Ist Zustand

Absperrklappen aus Kunststoff werden bis heute handwerklich gefertigt. Das präzisere und produktivere Spritzgussverfahren wurde bislang zur Herstellung von Absperrklappen für die Lüftungstechnik nicht eingesetzt, da die Kosten für konventionelle Einzweckformwerkzeuge aufgrund der Vielzahl von Produktvarianten und der kleinen Losgrößen dieses Fertigungsverfahren vollkommen unwirtschaftlich machen (siehe hierzu Pkt. 5.3). Zusätzlich sprechen die hohen unproduktiven Nebenzeitanteile zum Wechseln und Einrichten der Einzweckwerkzeuge aufgrund der geringen Stückzahlen gegen den Spritzguss als Fertigungstechnologie.

Ziele des geplanten Vorhabens sind daher:

- Umstellung der Gehäusefertigung von handwerklicher Herstellung aus Rohrhalfzeug auf das Spritzgussverfahren. Dadurch entfällt der Verschnitt vollständig.
- Das heute anfallende Zerspanvolumen gibt es bei einer Spritzgussfertigung nicht mehr. Darüber hinaus können fehlerhafte Werkstücke durch Granulierung sofort wieder in den Produktionsprozess zurückgeführt werden.

- Der Teller soll zukünftig nicht mehr aus einer quadratischen Platte ausgefräst sondern ebenfalls im Spritzguss gefertigt werden. Neben dem Verschnitt beim Aufteilen der Halbzeugplatten werden die „Ecken“ (siehe Bild 3) und die Späne nicht mehr als Abfall entsorgt.
- Beim Spritzguss kann mit entsprechendem Aufwand eine Elastomerdichtung (EPDM u. Viton) integriert werden. Damit sind die Anforderungen der Güteklasse 4 nach DIN EN 1751 (siehe Anlage 1) sicher und reproduzierbar zu erfüllen.
- Zur Produktion von Absperrklappen im Durchmesserbereich von 75 bis 400 mm aus 6 verschiedenen Thermoplasten (mit 3-fach unterschiedlichem Schrumpfverhalten) sollen 6 segmentierte Formwerkzeuge als Alternative zu 84 Einzweckwerkzeugen entwickelt werden. Die daraus resultierende Verringerung der Investitionskosten für Formwerkzeuge macht die Spritzgusstechnologie auch für kleine und mittlere Stückzahlen wirtschaftlich. Zusätzlich würde dies zu stark verringerten Rüstzeiten führen, da zur Fertigung von Produktvarianten nur einzelne Segmente ausgetauscht werden müssen.

4. Projektdurchführung

4.1 Vorgehensweisen

Als ersten Schritt ist es notwendig eine Absperrklappenkonstruktion zu entwickeln die den Anforderungen nach der DIN EN 1751 gerecht wird. Hier gibt es mehrere Ansatzpunkte und auch Lösungsvorschläge die Ausführung entsprechend zu gestalten.

Nachdem die Konstruktion fertig gestellt ist muss mit entsprechenden Prototypen (diese werden vollständig spanend hergestellt) getestet werden ob die Konstruktion den Anforderungen auch gerecht wird. Hierzu werden alle gefertigten Prototypen auf dem eigenen Prüfstand (nach DIN EN 1751) getestet.

Abbildung 1: Prüfprotokoll nach DIN EN 1751

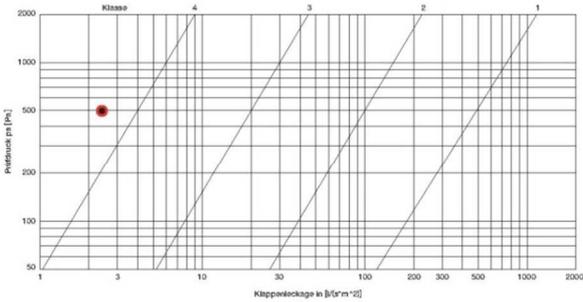
PRÜFPROTOKOLL NACH DIN EN 1751



Gesellschaft für Lüftungsteile mbH

Auftrags Nummer:	Musterklappe 001 - 160		
Positions Nummer:			
Material:	PPs		
Durchmesser:	160 mm	Wandstärke:	3,0 mm
Prüfdruck:	500 Pa		
Umgebungstemperatur:	20 °C		
gemessener Volumenstrom bei geschlossener Klappe:	0,070 l/s		
Leckage Prüfstand:	0,025 l/s		
Klappenleckage:	2,4 l/s·m ²		

Klassifizierung der Leckage bei geschlossener Klappe nach DIN EN 1751



Anforderung „luftdicht“ nach DIN EN 1751, Klasse 4 erfüllt.

Datum
Unterschrift

www.hoka.de

Abbildung 2: Prüfstand nach DIN EN 1751



Sind die Dichtigkeitstests der Prototypen erfolgreich abgeschlossen muss in Zusammenarbeit mit einem entsprechenden Dienstleister die Konstruktion soweit abgeändert werden, sodass hieraus entsprechende Teile abgeleitet werden die mit der Spritzgießfertigung konform sind sodass diese auch in diesem Herstellungsverfahren produziert werden können. Nach dieser Konstruktionsänderung wird noch einmal exemplarische eine Nenngröße als Prototyp gefertigt. Auch hier werden die Einzelteile die später im Spritzgießprozess hergestellt werden noch einmal durch fräsen hergestellt. Dieser Prototyp wird dann auch auf unserem Prüfstand ausgiebig getestet.

Nach Freigabe des letzten Prototyps wird ein entsprechender Dienstleister im Bereich Werkzeugbau ausfindig gemacht der die Ideen und Vorgaben in Zusammenarbeit mit den Projektmitgliedern der Hoka GmbH verwirklichen soll.

4.2 Konzept neue Klappe

4.2.1 Beschreibung Teller

Die Absperrklappe ist so vorgesehen, dass die Schwenkachse versetzt zur Klappenebene und außermittig zur Längsmittelachse der Rohrleitung angeordnet ist und sich die Absperrklappe in der Verschlussstellung in einem Winkel kleiner als etwa 45° zur Querebene der Rohrleitung erstreckt. Dadurch lässt sich erreichen, dass ein größerer Flächenanteil der Absperrklappe in Schließrichtung von dem Fluid beaufschlagt wird, so dass die Klappe von dem anströmenden Fluid in Schließrichtung gedrückt wird.

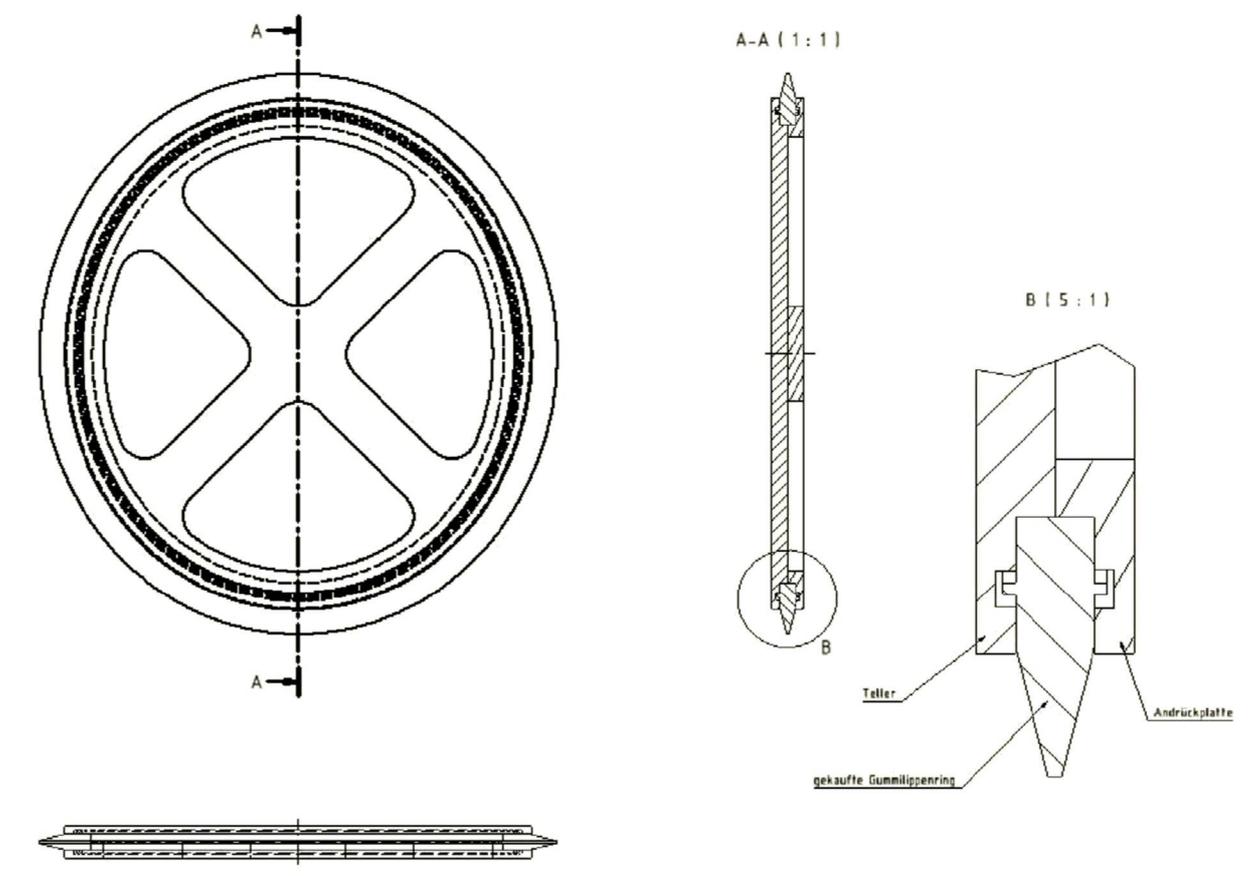
In der Verschlussstellung in einem Winkel kleiner als etwa 30° zur Querebene der Rohrleitung. Versuche mit Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung haben ergeben, dass bei kleineren Schließwinkeln geringere Kräfte zum Dichtschließen der Absperrklappe aufzuwenden sind. Bei zu kleinen Schließwinkeln besteht wiederum die Gefahr, dass sich eine am Umfang der Absperrklappe befindliche Dichtung an der Rohrwandung verklemmt und dann auch ein wesentlich erhöhter Kraftaufwand entsteht,

um die Absperrklappe wieder zu öffnen. Daher sind Schließwinkel von beispielsweise im Bereich von etwa 40° bis 25° , insbesondere von etwa 30° bis etwa 25° zur Querebene der Rohrleitung besonders vorteilhaft.

Es ist vorgesehen, dass an dem äußeren Umfang des Klappentellers eine Dichtlippe angeordnet ist, welche eine Materialstärke aufweist, die geringer ist als die Materialstärke des Klappentellers im Bereich ihres äußeren Umfangs. In diesem Fall lassen sich konstruktive Ausführungsvarianten schaffen, bei denen eine längere Haltbarkeit der Dichtlippe gegeben ist, bei gleichzeitig dauerhaft guter und vollständiger Abdichtung der Rohrleitung.

Zur Stabilisierung der Dichtlippe wird diese im Randbereich des Tellers, an deren äußerem Umfang, beispielsweise in eine Nut oder eine Aufnahme eingelegt. In diesem Fall ist beispielsweise die Dichtlippe mit einem radial inneren Teil fest in einem mechanisch stabilen, harten thermoplastischen Material des Tellers aufgenommen und gehalten, während ein radial äußerer Teil der Dichtlippe gegenüber dem thermoplastischen Material der Absperrklappe nach radial außen hin vorsteht und so in der Absperrstellung unter elastischer Verformung an einer inneren Umfangsfläche der Rohrleitung zur Anlage kommt und dort abdichtet. Durch den harten thermoplastischen Formstabilen Teil der Absperrklappe wird die Dichtlippe so mechanisch stabilisiert.

Abbildung 3: Darstellung Klappenblatt inklusive Dichtungslippe



Wenn die Dichtlippe lösbar in dem formstabilen Teil der Absperrklappe befestigt ist, kann sie bei Abnutzung ausgetauscht werden. Beispielsweise kann man den Teller

dreiteilig ausbilden, wobei sie einen sich im Wesentlichen über die Ebene, die der Teller absperrt, erstreckenden Teller umfasst, eine zu dem Teller etwa parallele Andrückplatte mit Aussparungen, die sich in der Absperrebene erstrecken, sowie eine zwischen dem Teller und der Andrückplatte in deren äußeren Randbereichen aufgenommene und/oder an Teller und/oder Andrückplatte befestigte Dichtlippe, die in einem axial mittleren Bereich der Absperreplatte Teller und Andrückplatte nach radial außen hin überragt. Der Teller hat dabei die Aufgabe, den Querschnitt der Rohrleitung abzusperren. Da dieser Teller durch die Andrückplatte verstärkt wird, kann man den Teller mit einer geringeren Materialstärke ausbilden, womit eine Materialersparnis einhergeht und das Gewicht der Absperreplatte reduziert wird. Die Andrückplatte muss sich nicht über die gesamte Fläche des Tellers erstrecken, kann letzteren aber dadurch verstärken, dass sie wenigstens einen in radialer Richtung verlaufenden, den Teller aussteifenden Steg aufweist. Beispielsweise kann man wenigstens zwei etwa von einem zentralen Bereich ausgehende Stege an der Andrückplatte vorsehen, zum Beispiel in einer in der Draufsicht etwa kreuzförmigen Anordnung, wobei zwischen zwei in Umfangsrichtung Stegen jeweils Aussparungen verlaufen. Damit wird die mechanische Belastbarkeit der Absperreplatte insgesamt erhöht und diese ausgesteift, wobei jedoch der Materialaufwand so gering wie möglich gehalten wird.

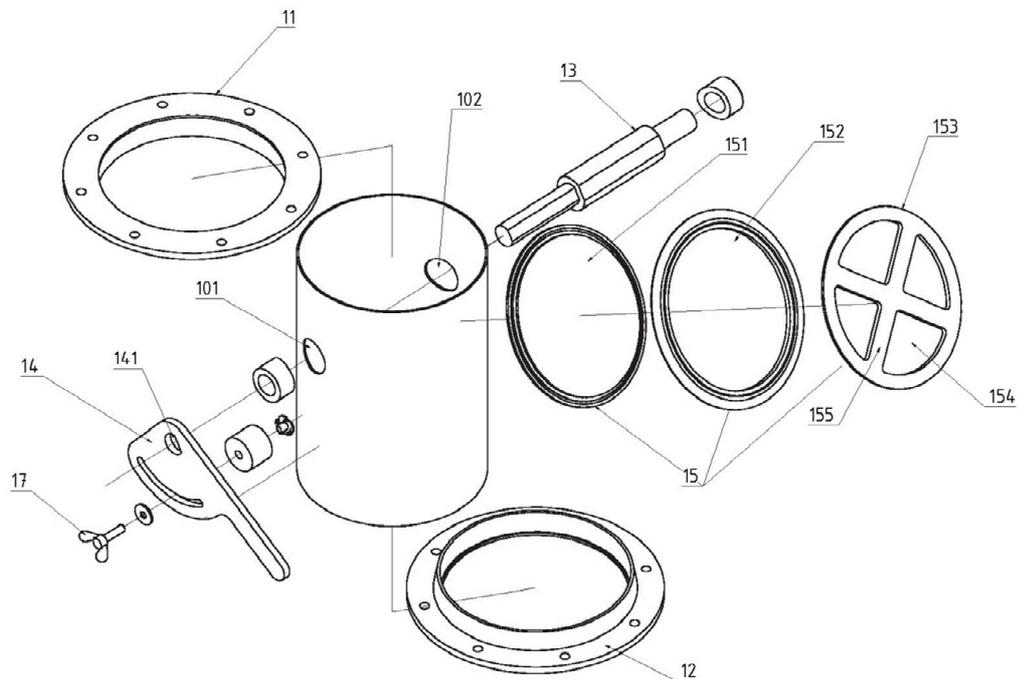
Bei diesem Aufbau der Absperreplatte kann die Dichtlippe oberseitig in einer umlaufenden Nut der Andrückplatte und/oder unterseitig in einer umlaufenden Nut des Tellers, das heißt zwischen Andrückplatte und Teller, befestigt werden. Es ist in der späteren Spritzgießfertigung auch vorgesehen den Teller, Andrückplatte und Dichtlippe im Zwei-Komponenten-Spritzguss herzustellen. Anstelle einer dreiteiligen Ausbildung kommt eher eine vereinfachte Alternative in Betracht.

In der weitergehenden Konstruktion soll es so sein, dass die Absperreplatte mittels einer außenseitig an der Rohrleitung angebrachten Verstelleinrichtung manuell oder alternativ motorisch aus der Offenstellung in die Verschlussstellung bewegbar ist.

Um ein ungewolltes Zurückschwenken und sich Öffnen der Absperreplatte aus der Verschlussstellung heraus zu verhindern, wird ein exzentrisch gelagerter Verstellhebel vorgesehen, der in der Verschlussstellung mittels einer Feststelleinrichtung lösbar festlegbar ist.

4.2.2 Klappenaufbau

Abbildung 4: Prototyp Absperrklappe Explosionsdarstellung

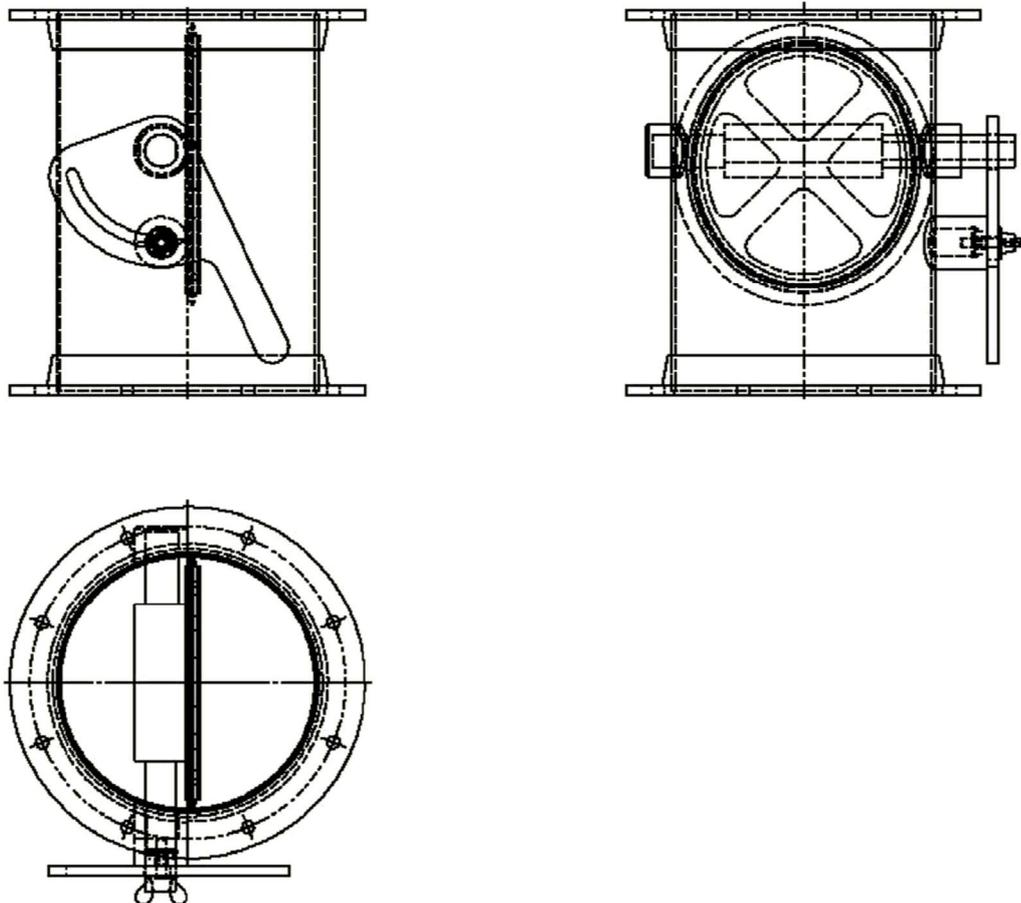


Der Klappenkörper 10 wird in Querrichtung von einer Schwenkachse 13 durchsetzt, an der der Teller 15 angebracht werden kann, so dass sie um die Schwenkachse schwenkbar ist und aus einer Offenstellung in eine Verschlussstellung bewegt werden kann. Für die Verstellung der Absperrklappe dient ein exzentrisch gelagerter Verstellhebel 14, der an der Schwenkachse 13 befestigt wird und sich in der montierten Position, tangential außenseitig an dem Rohrstutzen 10 erstreckt.

Der Klappenteller 15 besteht noch aus drei miteinander verbundenen Bauteilen und ebenfalls explodiert dargestellt (151), der das eigentliche Absperelement bildet, einer Dichtlippe 152, die zur Abdichtung am inneren Umfang des Rohrstutzens 10 dient und einer Andrückplatte 153, die die Dichtlippe 152 an den Teller 151 andrückt. Die Andrückplatte ist nicht über die gesamte Absperebene durchgängig, sondern hat Durchbrechungen 154. Sie dient dazu, den Teller 151 auszusteifen und die Dichtlippe 152 zu befestigen, welche zwischen dem Teller 151 und der Andrückplatte 153 aufgenommen wird. Im Funktionszustand sind die drei vorgenannten Bauteile 151, 152 und 153 miteinander zu einem einzigen Bauteil verbunden und bilden den Teller 15.

4.2.3. Klappenfunktion

Abbildung 5: Absperrklappe in geöffnetem Zustand

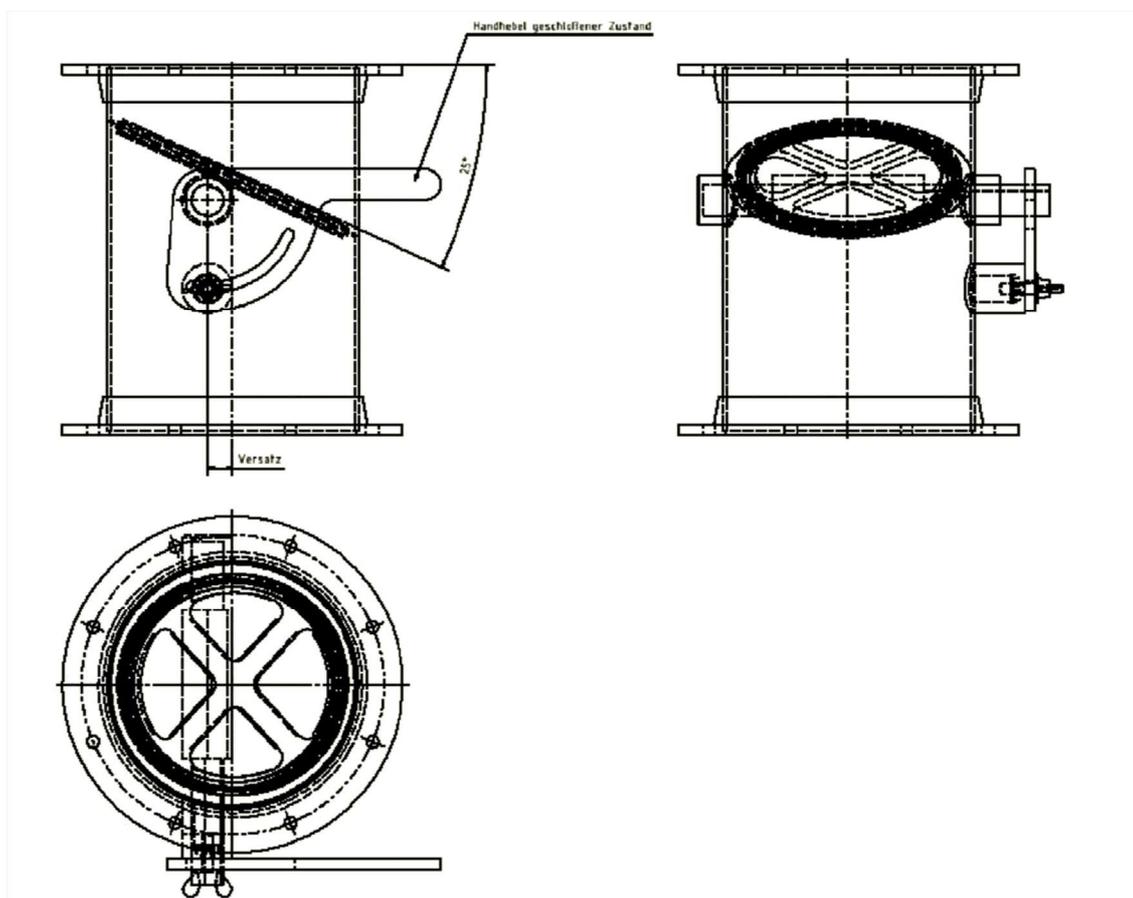


Das Klappenblatt ist hier in Längsrichtung, d.h. in Achsrichtung der Rohrleitung ausgerichtet und ermöglicht so einen maximalen Durchstrom des durch den Rohrstutzen strömenden Fluides, in der Regel Abluft, die beispielsweise mit giftigen oder ätzenden Gasen oder Flüssigkeiten belastet sein kann. Man sieht, dass sich der Teller in dieser Offenstellung nahezu, aber nicht mittig in der Rohrleitung befindet. Die Schwenkachse ist außermittig in dem Rohrstutzen schwenkbar gelagert und befindet sich seitlich neben dem Teller, welche an der Schwenkachse angebracht ist. Das Verstellen des Tellers erfolgt mittels des Verstellhebels, der außen tangential an dem Rohrstutzen angebracht ist und dessen Schwenkweg bestimmt wird durch einen kreisbogenförmigen Schlitz, in dem eine Schraube beim Schwenken der Absperrklappe geführt ist. Die Details der Elemente zur Befestigung des Verstellhebels ergeben sich aus der Explosionsdarstellung gemäß Abbildung 4: Prototyp Absperrklappe Explosionsdarstellung. Die Schwenkachse erstreckt sich durch ein Loch des Verstellhebels hindurch und ist in zwei Löchern in der Wandung des Rohrstutzens gelagert. mittels einer Schraubverbindung kann der Verstellhebel in der jeweils gewählten Stellung des Tellers an dem Rohrstutzen festgelegt werden.

In Abbildung 5: Absperrklappe in geöffnetem Zustand, kann man recht gut erkennen, dass der Teller eine elliptische Umrissform hat, da man hier rechtwinklig (in Richtung der Normale) auf den Teller schaut. Weiterhin erkennt man hier die Durchbrechungen der Andrückplatte. Letztere besteht aus einem äußeren umlaufenden Ring, der mit zwei jeweils in radialer Richtung verlaufenden, sich in der Mitte der Andrückplatte kreuzenden, Stegen verbunden ist. Diese Stege dienen zur Aussteifung der Absperrklappe. Zwischen den Stegen in kreuzförmiger Anordnung liegen insgesamt vier jeweils Sektor förmige Aussparungen, die eine Materialersparnis bewirken. Die Absperrung der Querebene der Rohrleitung geschieht durch den Teller der Absperrklappe, der sich durchgehend über die Fläche des Tellers erstreckt. (Absperrvorrichtung, 2014)

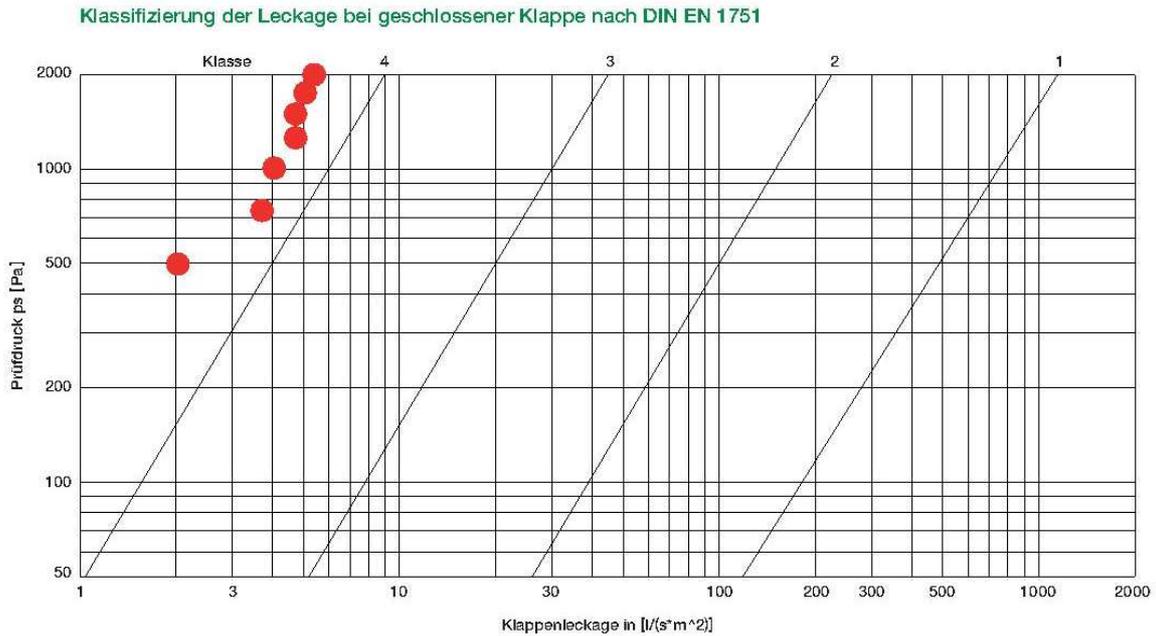
4.3. Herstellung Prototyp Version 1

Abbildung 6: Absperrklappe in geschlossenem Zustand



Der erste Prototyp nach dieser Konstruktion wurde vorerst noch in den bekannten spanenden Verfahren hergestellt um die Machbarkeit zu ermitteln, mit dieser Konstruktion eine dauerhaft dichte Absperrklappe zu produzieren, die alle Voraussetzungen erfüllen kann, mit im Spritzguss hergestellten Komponenten die gleichen Ergebnisse zu erzielen.

Abbildung 7: Prüfergebnisse eines Prototyp 1 DA200



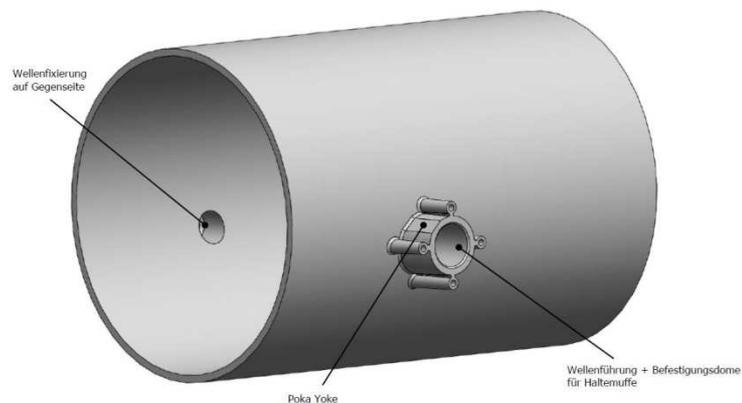
Anhand der Prüfergebnisse wurde bewiesen, dass die Klappenkonstruktion den Anforderungen von gängigen Lüftungssystemen gerecht wird. Somit kann begonnen werden mit diesen Komponenten entsprechende Spritzgießartikel zu konstruieren.

4.3.1. Konstruktion der einzelnen Bauteile als Spritzgießartikel

4.4.1. Gehäuse

Dem Bestreben alle Bauteile dieser Konstruktion im Spritzgießverfahren herzustellen, wurde in der Referenzgröße DA200 alle Komponenten neu designt. Hier die Aufstellung der einzelnen Komponenten mit Erläuterung.

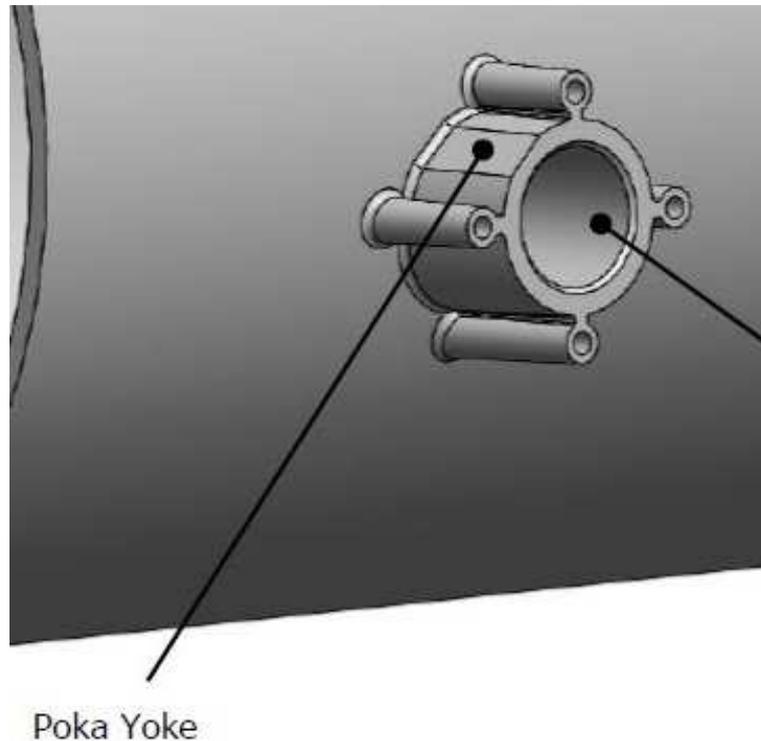
Abbildung 8: Klappengehäuse hergestellt im Spritzguss



Das Gehäuse beinhaltet hier die hintere Kappe um den Teller zu führen und eine Grundauführung der Wellendurchführung um den Teller zu halten und eine Anbindung

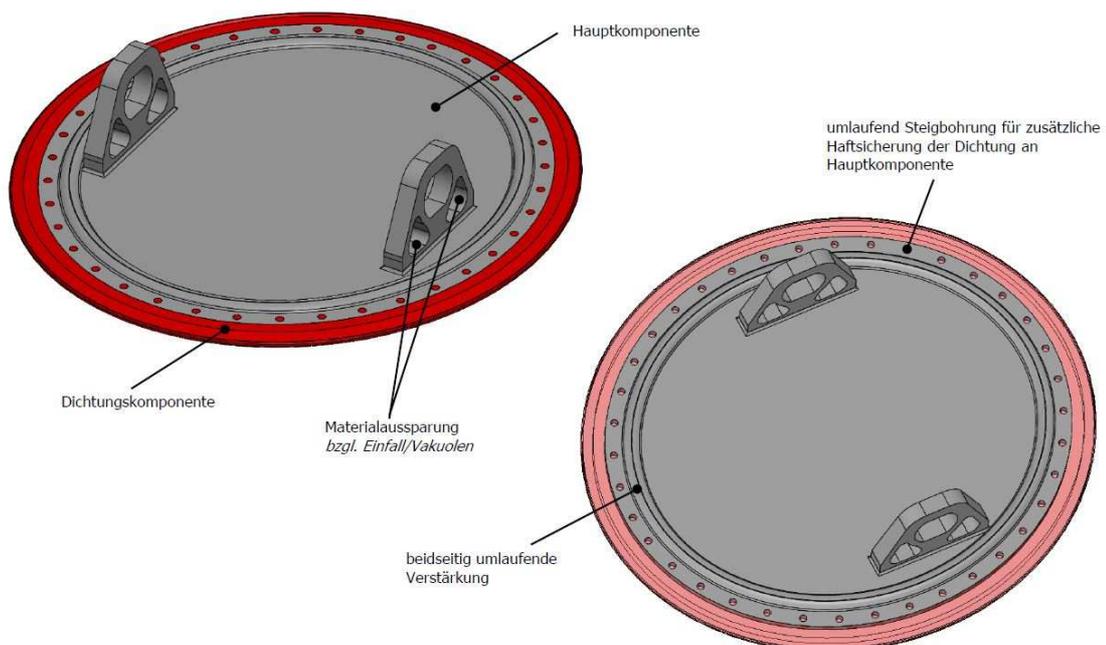
der Welle zu dem Griff oder den Varianten für elektrische oder pneumatische Stellantriebe zu schaffen.

Abbildung 9: Detailansicht der Wellendurchführung inklusive Befestigungsdomme



4.3.2. Teller

Abbildung 10: Teller im 2 Komponenten Spritzgießverfahren



Der Teller ist weiterhin oval ausgeführt, was in der Abbildung 10: Teller im 2 Komponenten Spritzgießverfahren leider nicht gut zu erkennen ist. Eine umlaufende Wulst wurde beidseitig angeformt, um die Materialstärke im gesamten gering zu halten,

jedoch eine ausreichende Steifigkeit des Tellers zu gewährleisten. Die Aufnahmen für die Welle werden in Ihrer Anzahl und Anordnung an den jeweiligen Nenndurchmessern angepasst. In diesem Referenzobjekt handelt es sich um zwei Aufnahmen. Auch hier wird auf Materialersparnis mittels Aussparungen gesetzt. Dies hat zwei Vorteile. Zum einen müssen keine großen Anschnitte in die Spritzgießform integriert werden was zusätzlichen materialverbrauch bedeuten würde. Zweitens an diesen Stellen keine Materialanhäufung zu finden ist die zum einfallen des Materials neigt. Solche Einfallstellen werden kundenseitig immer wieder als Qualitätsmangel interpretiert.

Die Dichtlippe ist hier nicht mittels zusätzlichem Bauteil in den Teller integriert, sondern wird entweder mittels zweitem Spritzaggregat im ursprünglichen Spritzprozess des Tellers, jedoch in einem zusätzlichen Prozessschritt eingespritzt (Variante 1) oder über einen zweiten separaten Prozess (Variante 2).

Für Variante 1 würde es bedeuten in das beschriebene Zusatzaggregat zu investieren und in ein 2-Komponenten-Spritzgießwerkzeug. Dies würde wiederum dazu beitragen, dass das Spritzgießwerkzeug kaum noch mit verschiedenen Wechseleinsätzen konstruiert werden kann, da die benötigte Werkzeugtechnik nicht in dem benötigten Maß umgebaut werden kann.

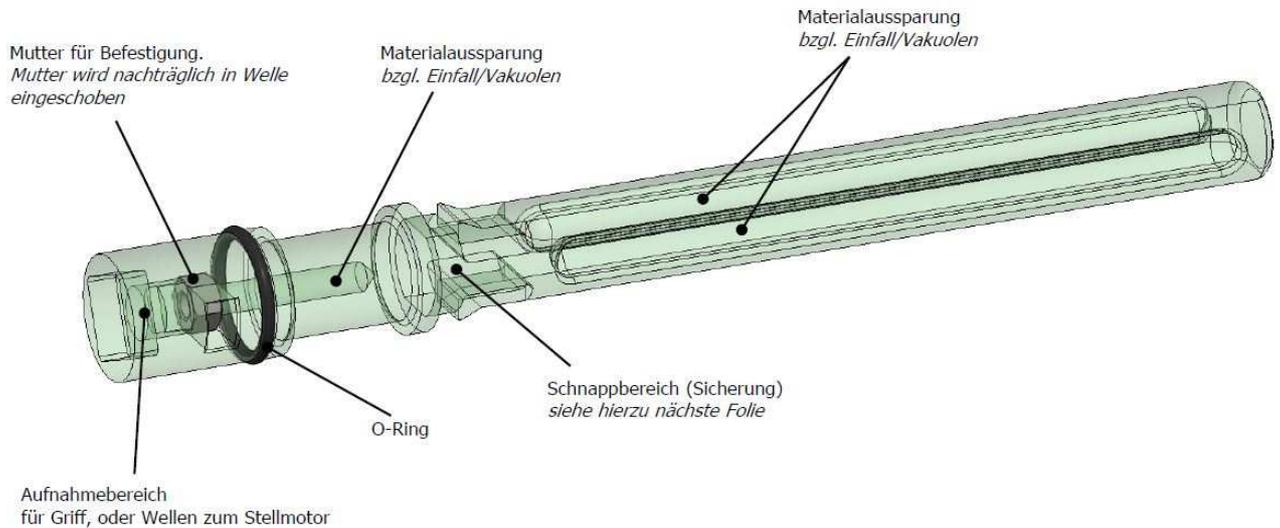
Für Variante 2 würde es bedeuten zwei unterschiedliche Spritzgießwerkzeuge zu bauen. Eines für den Teller ohne Dichtung. Das zweite nur für die Dichtung, jedoch muss im zweiten Prozess der gespritzte Teller aus Prozess 1 in das zweite Werkzeug eingelegt werden.

Tabelle 1: Investitionsvergleich Varianten Teller (geschätzt), jeweils für 8 Größen

	Variante 1 (2-K)	Variante 2
Stammwerkzeug Teller	480.000,00 €	80.000,00 €
Stammwerkzeug Dichtung	-	25.000,00 €
Einsatz Teller	-	48.000,00 €
Einsatz Dichtung	-	48.000,00 €
Spritzaggregat	25.000,00 €	-
Summen	505.000,00 €	201.000,00 €

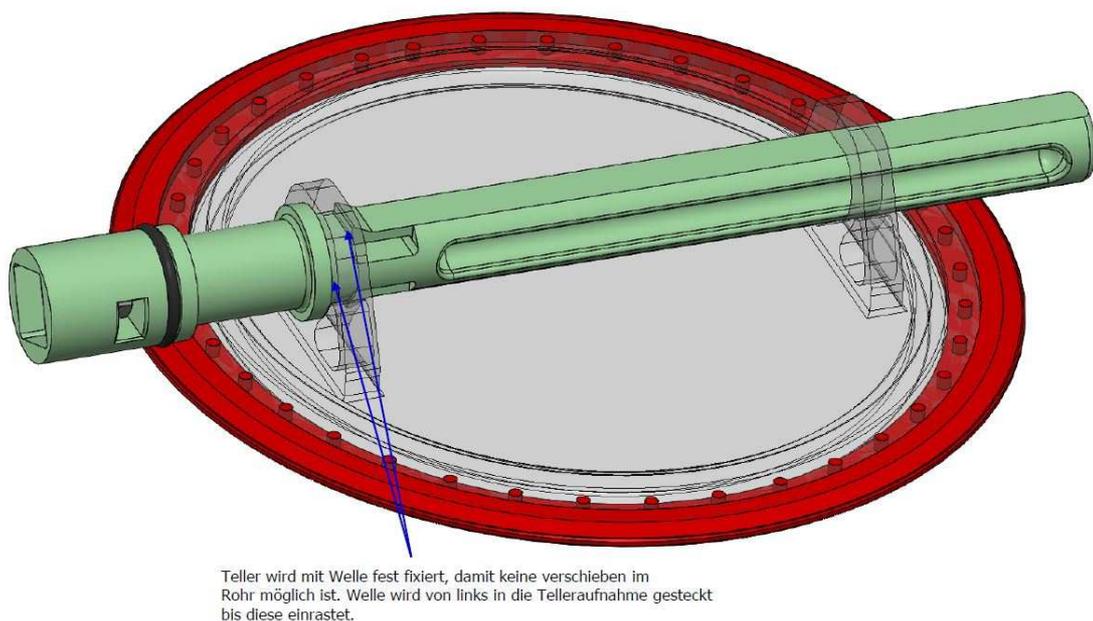
4.3.3. Welle

Abbildung 11: Welle gespritzt



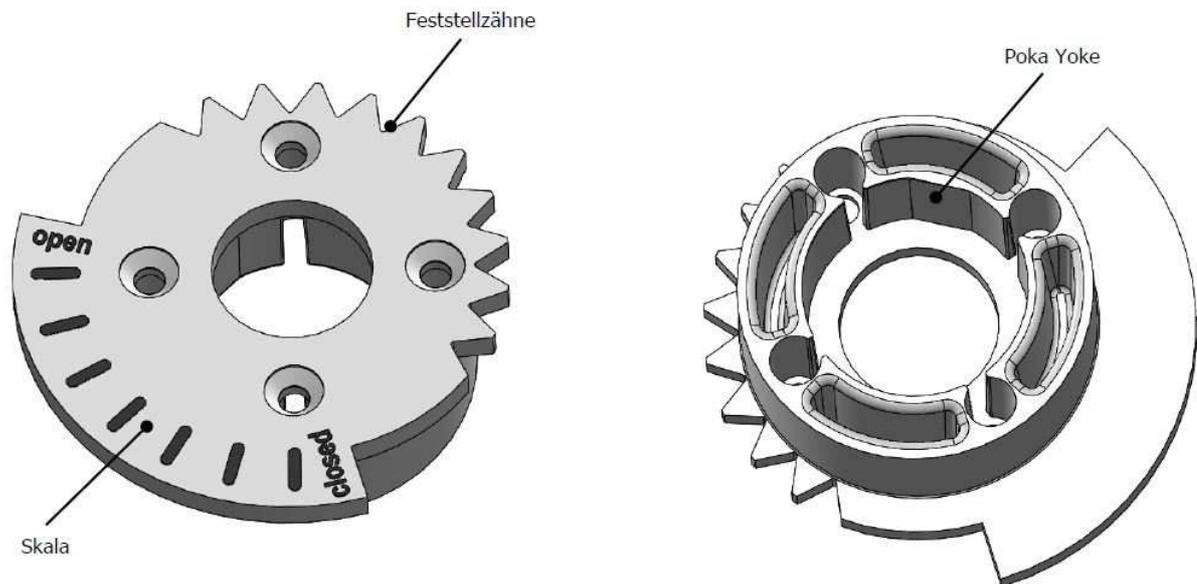
Auch die Welle ist weitestgehend Materialeinsparend ausgelegt. Zusätzlich beinhaltet Sie weitere Funktionen die für den Aufbau der Klappe essentiell ist. Der Aufnahmebereich ist so ausgebildet, dass die neuen Anbauteile wie Griff oder Wellenstümpfe in die Welle greifen und somit die Bewegung des Tellers sicherstellen. Weiter wird eine Mutter im Bereich der Aufnahme eingelegt um den Handgriff zu sichern. Eine umlaufende Nut nimmt eine genormte O-Ringsichtung auf um sicher zu stellen, dass keine Luft aus dem Inneren der Klappe in die Umgebungsluft gelangen kann. Ein Anschlag mit gegenüberliegendem Schnappverschluss sorgt dafür, dass der eingeschobene Teller an der Wellenaufnahme einrastet und im Klappengehäuse nicht mehr quer zur Längsachse verschoben werden kann. Dies gibt der Konstruktion die benötigte Sicherheit um den Anforderungen unter Betriebsbedingungen gerecht zu werden.

Abbildung 12: Montierte Welle an Teller



4.3.4. Haltemuffe

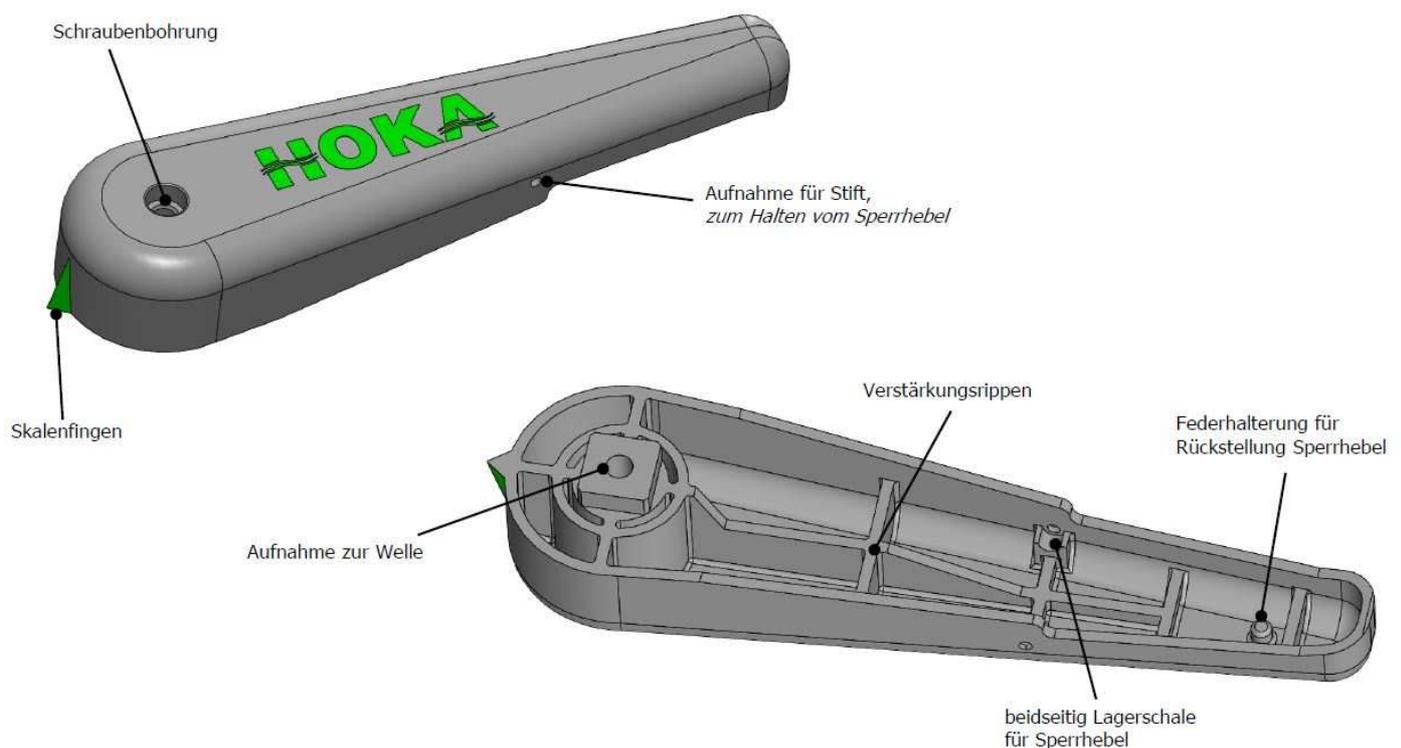
Abbildung 13: Haltemuffe



Die Haltemuffe ist das Halteglied zwischen Welle und der Wellendurchführung. Weiter wird der Handhebel über das Raster in der entsprechenden Position gehalten. Hier ist auch das Gegenstück zum Poka Yoke eingefasst. Sie wird über vier Schrauben in den Domen der Wellendurchführung befestigt.

4.3.5. Hebel

Abbildung 14: Hebel



Der Hebel ist eine Konstruktion aus dem Hebel (Vorderteil) und einem Sperrhebel. Diese Beiden Teile werden über einen Stift verbunden. Durch einen Federmechanismus wird der Sperrhebel in die Verzahnung der Haltemuffe gedrückt und ist so gegen das Verstellen durch den Luftstrom gesichert.

Abbildung 15: Sperrhebel

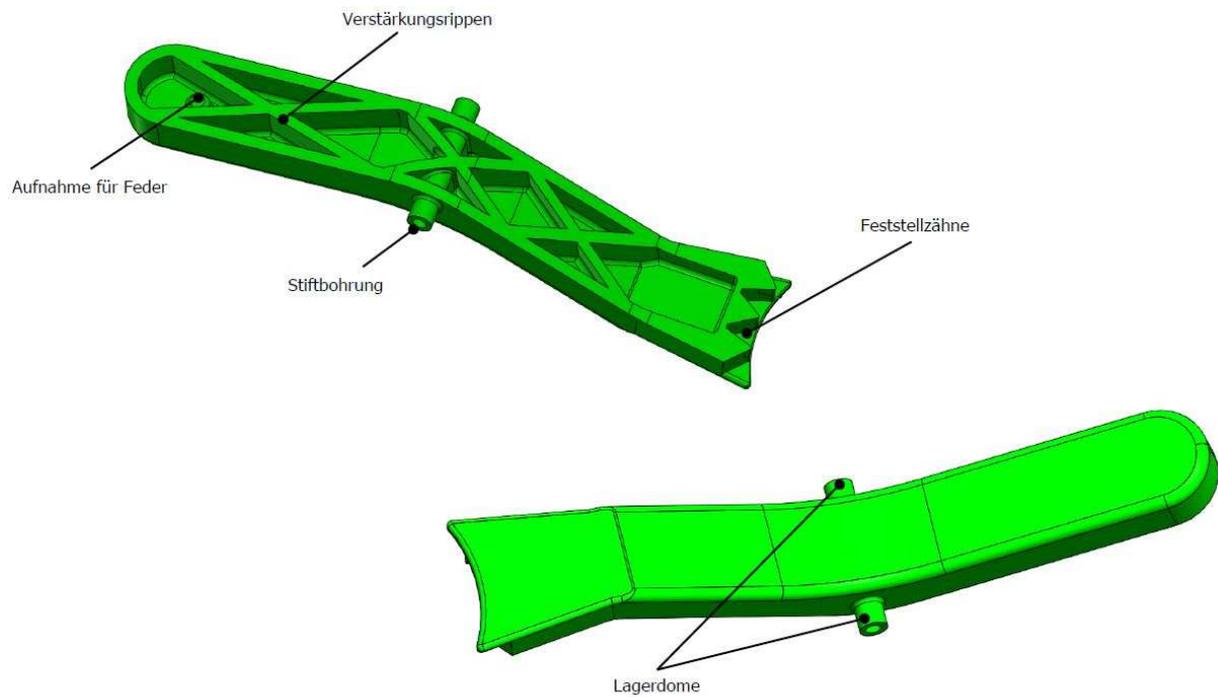
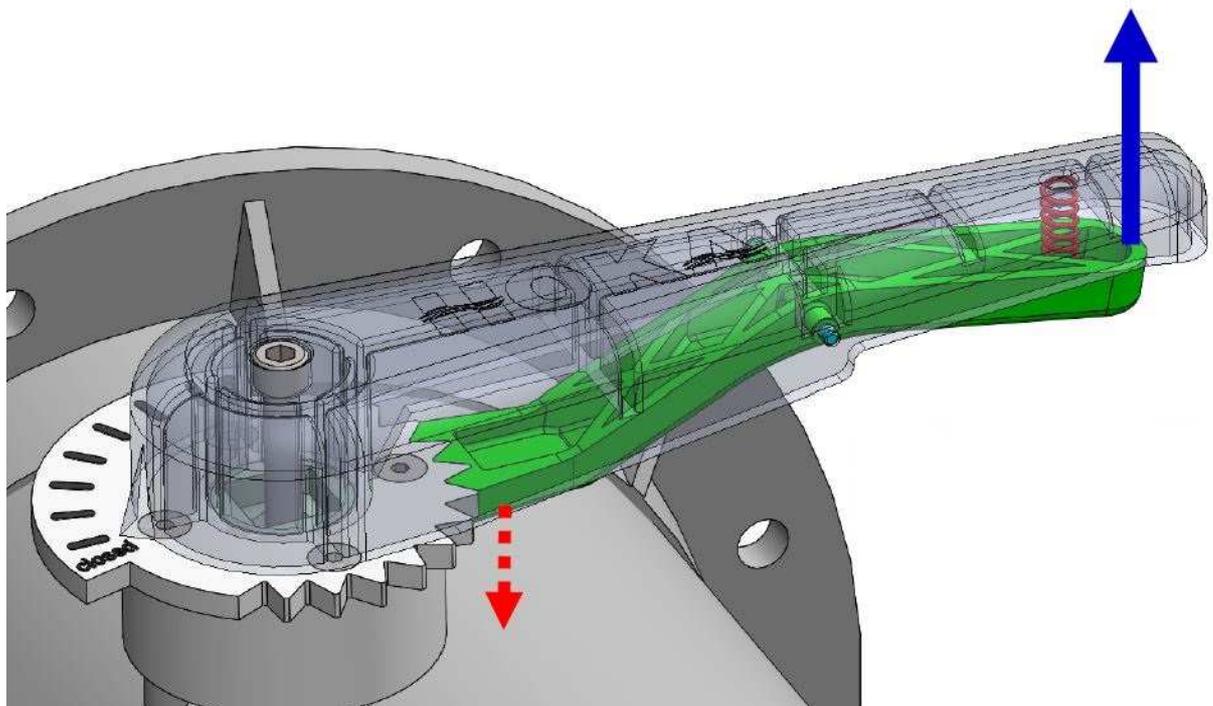


Abbildung 16: Funktion Hebelmechanismus



4.3.6. FEM-Analyse

Um die Festigkeit der einzelnen Bauteile und der neuen Absperrklappe im gesamten zu gewährleisten wurde eine FEM-Analyse durchgeführt. Diese zeigt, dass zu den definierten Kräften nach DIN EN 1751 (2000 Pa) die Klappenkonstruktion den Belastungen auch dauerhaft standhalten wird.

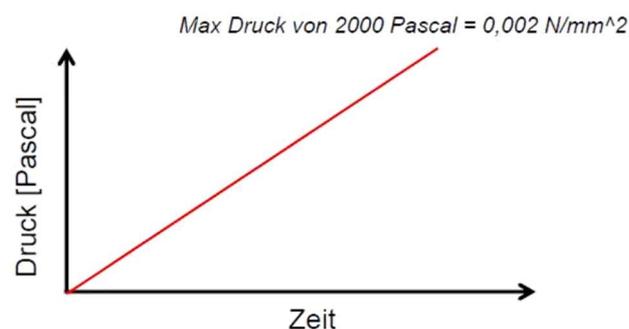
Die Analyse ist ein numerisches Berechnungsverfahren und als solches ein mathematisches Näherungsverfahren, das methodenbedingt im Rahmen einer gewissen Genauigkeit angenäherte Ergebnisse liefert.

Die verwendeten Materialmodelle bilden das reale physikalische Werkstoffverhalten mathematisch ab. Diese Modelle beschreiben das reale Verhalten zum Teil nur näherungsweise. Die Materialmodelle basieren auf unter Normbedingungen ermittelten Messreihen.

- Lastfall 1: Halten die Bauteile wenn das System geschlossen unter einer Vakuumlast von 2000 Pascal steht
- Lastfall 2: Halten die Bauteile wenn das System vom geschlossen in den geöffneten Zustand unter einer Vakuumlast von 2000 Pascal übergeht
- Einspanndefinition: Die beiden Ränder vom Rohr wurden komplett fixiert

Beide Lastfälle wurden nichtlinear-statisch gerechnet, hierdurch werden auch geometrische Nichtlinearitäten erfasst. Das Vakuum wird über eine Belastungskurve aufgebracht.

Abbildung 17: Belastungskurve Lastfall 1



Die Ergebnisse (Vergleichsspannung nach von Mises) wurden zur Verdeutlichung auf 2 N/mm² skaliert

Abbildung 18: Modellergebnisse Lastfall 1

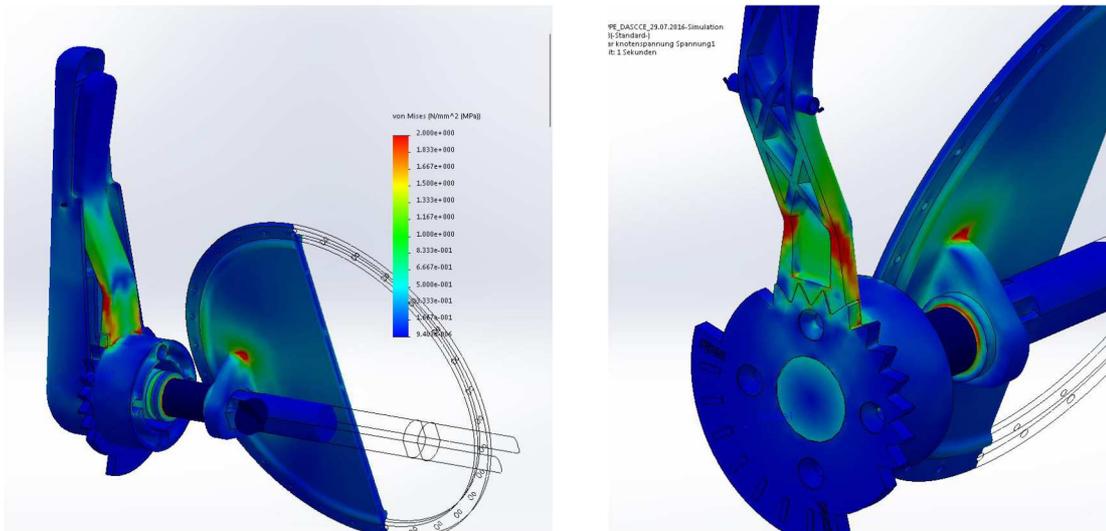


Abbildung 19: FEM-Analyse

In Lastfall 2 wird die Zwangsöffnung über einen Zwangswinkel von 6 Grad definiert. Die beiden Lasten werden getrennt voneinander aktiviert. Zuerst wird das Vakuum erzeugt, danach wird der Hebel um 6 Grad gedreht.

Abbildung 20: Belastungskurve A, Lastfall 2

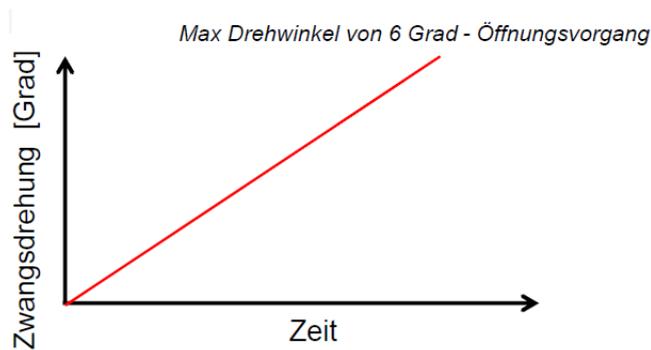


Abbildung 21: Belastungskurve B, Lastfall 2

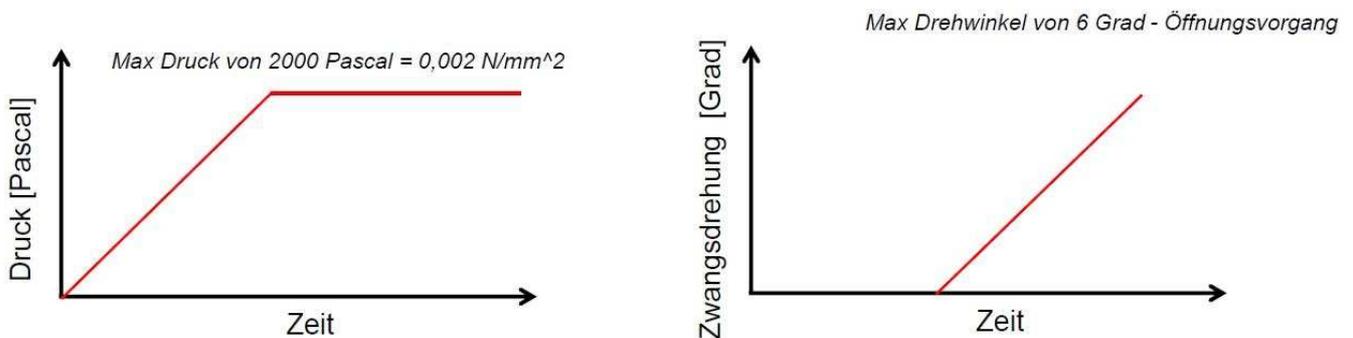
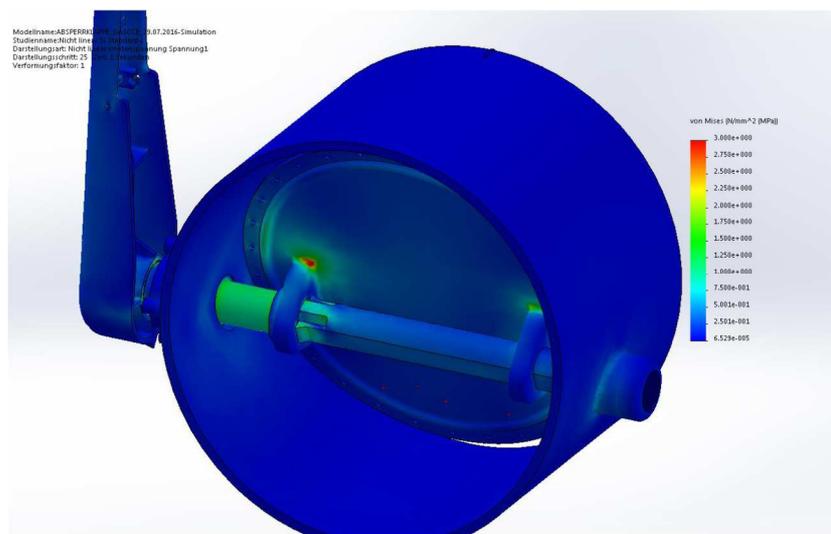


Abbildung 22: Modellergebnis Lastfall 2



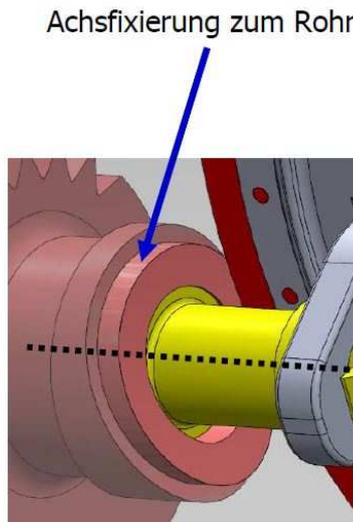
Die ausgewiesene Belastung von 2.000 Pascal Unterdruck stellt für die Baugruppe Absperrklappe keinerlei Probleme dar. Es kommt zu maximalen Spannungen von 3-5 N/mm², diese Belastung ist für alle innerhalb der Baugruppe verwendeter Materialien innerhalb der definierten Grenzwerte.

Bei ggf. höheren Belastungen könnte man die Welle steifer auslegen, es kommt sonst zu Verkantungen.

4.4. Herstellung Prototyp 2

Die Herstellung der zweiten Prototypen gestaltet sich in Bezug auf das Gehäuse sehr schwierig. Für diesen Prototypen ist es nicht möglich das Gehäuse, so wie es im Spritzguss geplant ist zu fräsen. Da jedoch der praktische Versuch und die dazu gehörigen Dichtigkeitstests unumgänglich sind wird die Konstruktion für den Prototypen leicht abgeändert. Für die Wellendurchführung und die Kappe wird eine einzelnes „Spritzgießteil“ entwickelt, welches für den Prototypen spanend hergestellt werden kann. Die Wellendurchführung erhält einen Radius mit Absatz, um in einem normalen Lüftungsrohr montiert werden zu können.

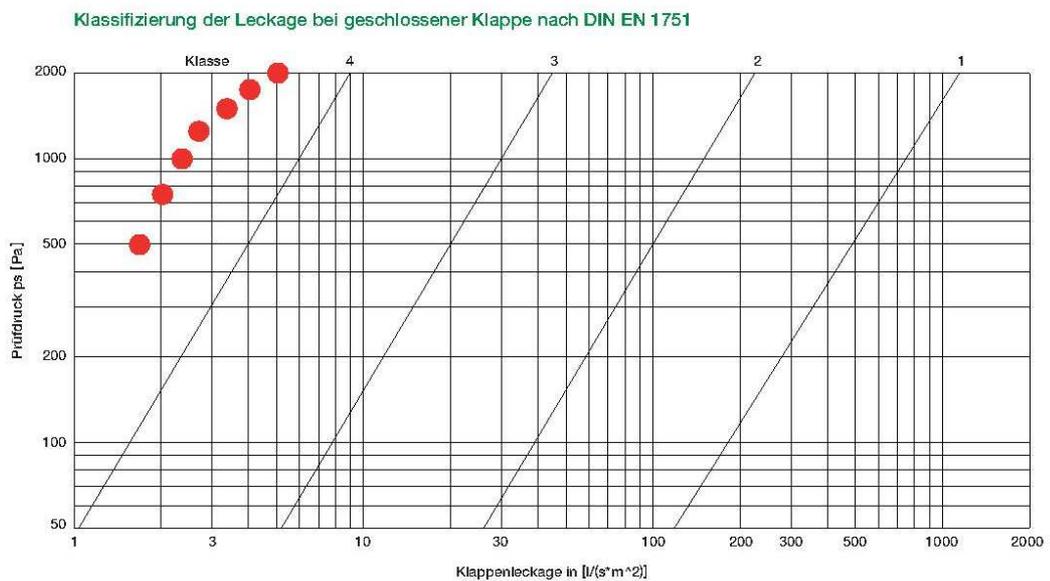
Abbildung 23: Wellendurchführung zum anschweißen



Nach dieser Optimierung werden alle Bauteile als auf der eigenen CNC Fräse hergestellt. Der Zusammenbau ist relativ simpel, erfordert jedoch einen hohen Grad an Genauigkeit.

Nach dem Zusammenbau geht auch dieser Prototyp auf den Prüfstand. Die positiven Ergebnisse sind in folgendem Diagramm festgehalten:

Abbildung 24: Prüfergebnisse eines Prototyp 2 DA200



Anforderung „luftdicht“ nach DIN EN 1751, Klasse 4 erfüllt.

4.5. Konzept Spritzgießformen

Die Idee hinter den Spritzgießformen sieht im Einzelnen so aus, dass eine Stammform weitestgehend für alle benötigten Spritzteile entwickelt werden soll. Aufgrund der einzelnen Bauteilgrößen kann es jedoch sein, dass die zur Verfügung stehenden Maschinen und deren Parameter so aufgestellt sind, dass dies nicht durchgängig möglich ist. Somit es anzustreben die Anzahl der Stammformen so gering wie möglich zu halten.

Weiter soll der Werkzeugaufbau so gestaltet sein, dass die Formeinsätze auf der Maschine mit möglichst wenigen Handgriffen zu tauschen sind. Dies reduziert weiter die Rüst- und Umbaukosten und trägt mit dazu bei, dass eine kostengünstige Herstellung in Kleinserien umgesetzt werden kann.

5. Auftretende Problemstellung

Durch die Komplexität des Klappengehäuses, mit angespritzter Kappe und Wellendurchführung, ist es notwendig die Spritzgießformen mit entsprechender Menge an Schiebern auszustatten. In Gesprächen mit entsprechenden Dienstleistern hat sich ergeben, dass das angestrebte Konzept so nicht umsetzbar ist. Es ist zwar möglich das Prinzip der Stammform durchzuführen, jedoch nicht in der angestrebten Anzahl und Größenaufteilung. Somit würde es nur für die Klappengehäuse drei Stammformen geben mit den dazu gehörigen Formeinsätzen. Diese Herangehensweise ist für das Projekt so nicht tragbar. Die Investitionskosten nur für die Klappengehäuse liegt geschätzt bei ca. 1,2 Mio. €.

Somit wird vorerst das Prinzip der Prototypenklappe 2 weiter verfolgt (siehe

Abbildung 23: Wellendurchführung zum anschweißen). Die Kappe und auch die Wellendurchführung werden in den Größenvarianten konstruiert, was in einer einfachen Spritzgießform unter Berücksichtigung der oben genannten Voraussetzungen erfüllt werden kann.

Das Gehäuse der Klappen soll in weiteren Versuchsreihen durch Verwendung von Kunststoffrohren erfolgen. Hierzu sind im Vorfeld alle anderen Einzelkomponenten im Spritzguss zu fertigen um die hier zu ermittelnden Erkenntnisse nicht durch weitere Faktoren zu beeinflussen.

6. Fazit

Die im Vorfeld geplanten Projektziele wurden in der vorgegebenen Projektzeit, obwohl diese verlängert wurde, leider nicht vollständig erreicht. Die Suche nach entsprechend geeigneten Dienstleistern im Konstruktionsbereich und die zusätzlich durchgeführten Versuche mit den entsprechenden Prototypen haben hier maßgeblich zu den Verzögerungen geführt.

Rückblickend ist jedoch festzuhalten, dass das Gesamtprojekt für die Fa. Hoka Gesellschaft für Lüftungsformteile mbH und somit auch für die Deutsche Bundesstiftung Umwelt positiv zu werten ist. Es liegen Angebote von entsprechenden Werkzeugmachern vor, die die Investition in die Spritzgießwerkzeuge weiterhin rechtfertigen würden. Somit wird kurzfristig die Entscheidung insofern positiv getroffen, in die Spritzgießformen zu investieren und das Projekt unabhängig der DBU fertig zu stellen.

7. Literaturverzeichnis

GbR, P. (2014). *Patentnr. 10 2014 108 379.2*. Deutschland.

<https://de.wikipedia.org>. Abgerufen am März 2017

8. Anhänge

Anhang 1: Zertifikat Prüfstand..... 28

Anhang 1: Zertifikat Prüfstand

 <p>Hochschule Aachen I.F.I. Institut für Industrieaerodynamik GmbH Institut an der Fachhochschule Aachen</p>	<p>Bestätigung zum Prüfbericht Nr.</p> <p>YGR12-03-1</p>	<p>I.F.I. Institut für Industrieaerodynamik GmbH Welkenrather Straße 120 52074 Aachen</p> <hr/> <p>Notifizierte Prüf-, Überwachungs- und Zertifizierungsstelle Nr. 1368 nach dem Bauproduktengesetz</p>
--	--	---

Auftraggeber: **HoKa Gesellschaft für Lüftungsformteile mbH**
Reutherstraße 12
53773 Hennef

Es wird bestätigt, dass dieser

**Prüfstand zur Leckagemessung an
Absperr- und Drosselklappen nach
DIN EN 1751**

durch I.F.I. Institut für Industrieaerodynamik GmbH entwickelt und aufgebaut wurde. Es können Baugrößen von DN 75 bis DN 600 geprüft werden. Dabei werden die Klassifizierung der Leckage der geschlossenen Klappe (Klasse 1 bis 4) und die Klassifizierung der Gehäuseleckage (Klasse A, B, C) durchgeführt.

Aachen, den 23.10.2012



Prof. Dr.-Ing. Reinhard Grundmann