Lediglich für die Kontur der Scheibenaußenkante konnte ein allgemein gültiges Optimum herausgearbeitet werden. Für alle anderen Parameter konnte kein allgemeingültiges Optimum gefunden werden, vielmehr hängt die optimale Kombination von einigen Faktoren ab, die die Absperrklappe erfüllen muß, wie z.B.:

- geforderter Betriebsdruck
- geforderter Prüfdruck
- Nennweite

Weiterhin ist für die Optimierung die Festlegung zusätzlicher Werte notwendig, die für die Serienfertigung wichtig sind. Die Toleranzbreite jeder für das Drehmoment wichtigen Merkmale, wie z.B.:

- Scheibendurchmesser
- Elastomerdurchmesser
- Elastomerhärte
- etc.

muß festgelegt werden. Zudem muß festgelegt werden, welcher Ausschuß tolerierbar ist, sowohl bei der Dichtigkeit der Armaturen, als auch bei deren Drehmoment. Diese Festlegung muß jeder Hersteller solcher Armaturen selbst treffen.

Für die Suche der optimalen Kombination wurde ein Flußdiagramm entwickelt, in welchem alle notwendigen Schritte aufgeführt sind, die für die Optimierung notwendig sind.

Es konnte gezeigt werden, daß durch die rein konstruktive Umgestaltung der Absperrklappen, die Drehmomente um ca. 30% gesenkt werden konnten. Dabei wurden keinerlei Abstriche, weder bei der Dichtigkeit, noch bei den Herstellkosten, in Kauf genommen.
Die gemäß dieser Arbeit optimierten Armaturen werden mit dem gleichen Aufwand, sowohl in der Teileherstellung, als auch in der Endmontage, hergestellt.

Bis zur Fertigstellung dieser Dissertation konnten keinerlei negative Einflüsse der Optimierung auf die Funktion der Absperrklappen entdeckt werden. Die Vorteile liegen auf der Hand:

- weniger Ausschuß
- kleinere Antriebe
- kleinerer Gesamtpreis des Paketes : angetriebene Absperrklappe, dadurch Wettbewerbsvorteil

In einem kleinen Versuch wurde gezeigt, daß der Verschleiß der Armaturen nicht von der Scheibenkontur abhängt. Es ist zukünftig zu beobachten, ob der Verschleiß der Armaturen in der Anwendung durch die geänderte Scheibenkontur steigt. Ebenso ist zu beobachten, ob die Drehmomente der Armaturen nach längerem Stillstand der Absperrklappen in der geschlossenen Stellung, steigen. Diese Ergebnisse aus den Anwendungen werden aber erst nach mehreren Jahren der Überwachung und Auswertung der Reklamationen vorliegen.
Diese Problemstellungen empirisch oder in einer FEM – Simulation zu lösen, sollte die nächste Aufgabe sein.

9. Zusammenfassung, Ausblick

Die Bauweise des Absperrorgans Absperrklappe ist mindestens seit der Zeit der Ägypter bekannt. Sie vereint einige wichtige Vorteile, die für die weite Verbreitung dieser Armaturenbauweise ausschlaggebend waren und immer noch sind. Das generelle Konstruktionsprinzip hat sich nicht geändert, so haben jedoch steigende Anforderungen insbesondere an Dichtigkeit, höhere Drücke und längere Standzeiten zu großen Detailverbesserungen geführt. Im wesentlichen besteht eine Klappen aus einem Stück Rohrleitung und einer in dieser Rohrleitung drehbar gelagerten Scheibe. Steht diese Scheibe parallel zur Rohrleitungsachse, wird praktisch der gesamte Querschnitt der Rohrleitung freigegeben, wird dagegen die Scheibe quer zur Rohrleitungsachse gestellt, wird die Rohrleitung mehr oder weniger gut abgesperrt. Mit dem Gebrauch von Naturkautschuk und Gußeisen im 19. Jahrhundert ist man in der Lage dichte Klappen für hohe Drücke herzustellen

Durch die immer wichtiger werdende Automatisierung in allen Anlagen, werden die Armaturen mehr und mehr mit Antrieben ausgerüstet.
Weil ein Antrieb in der Regel wesentlich teurer ist, als die Armatur selbst, sind die Kosten des Antriebes wichtiger als die Kosten der Armatur. Die Größe und damit auch der Preis des Antriebes hängt ausschließlich von dem Drehmoment ab, welches nötig ist, um die Armatur zu betätigen. Deswegen wird es immer wichtiger, Armaturen herzustellen, die möglichst geringe Drehmomente während der Betätigung benötigen. Eine deutliche Reduzierung der Herstellkosten einer Klappeneinheit kann daher nur durch die Minimierung des notwendigen Antriebsdrehmomentes erreicht werden.

Die Minimierung dieses Drehmomentes war das Ziel dieser Arbeit.

Mit einem einfachen Versuchsaufbau konnte die Richtigkeit der in der Literatur vorhandenen und in FEM – Programmen angewendeten mathematischen Modelle für die Elastomerbeschreibung nachgewiesen werden.
In einem FEM - Modell wurde der Versuchsaufbau simuliert und mit sehr guter Übereinstimmung nachvollzogen.

Mit einem weiteren FEM – Modell wurde die Reibung zwischen der Metallscheibe und dem Elastomer simuliert. Hierbei wurde auf die in der Literatur vorhandenen Meßergebnisse der Reibwerte zwischen Elastomer und Metall zurückgegriffen.
Die Ergebnisse der FEM – Berechnung wurden mit einem Versuchsaufbau nachgeprüft. Die Unterschiede zwischen der Simulation und der Messung sind größer als in dem vorhergehenden Modell, die Abweichungen sind aber gering.

Mit Hilfe der im Experiment und im FEM – gewonnenen Daten können die günstigsten Kombinationen zwischen folgenden konstruktiven Merkmalen gewählt werden:

- Scheibenkontur
- Scheibenkantenbreite
- Elastomerdicke
- Elastomerhärte
- Eindringtiefe der Metallscheibe in den Elastomer