Die Mitte der Gauß – Verteilung senkte sich um ca. 30%, von 220 Nm auf 160 Nm. Auffällig ist die Tatsache, daß in beiden Verteilungen Ventile mit einem Drehmoment unter 100 Nm fehlen. Dies resultiert aus der Tatsache, daß vor der Drehmomentprüfung die Dichtigkeitsprüfung stattfindet. So fallen bereits vor der Drehmomentmessung alle Absperrklappen heraus, die nicht über die mindestens geforderte Eindringtiefe der Scheibe in den Elastomer verfügen.

Ebenso auffällig ist die Tatsache, daß die Mitte der Gauß – Verteilung nach der Optimierung wesentlich breiter ist, als vor der Optimierung.
Vor der Optimierung wurde der Gestaltung der Scheiben kein hoher Stellenwert eingeräumt. Folge davon waren unterschiedlichste Gestaltungen der Scheibenkonturen, je nach Lieferant und Lieferdatum. Daraus ergaben sich unterschiedlichste Drehmomente, was sich auch in den Kontrollwerten widerspiegelt.

Die gleiche Kombination wurde auch in den anderen Nennweiten eingeführt und führte zu ähnlich guten Ergebnissen, wie bei der Nennweite 200. Insbesondere in den kleineren Nennweiten (< DN 80), bei denen die Betätigungsmomente bisher nicht allzu wichtig waren, sind die Optimierungsmöglichkeiten sehr groß.
In einem ebenfalls genau untersuchten Fall einer Absperrklappe DN 50 eines anderen Herstellers konnte das Drehmoment um mehr als 50% gesenkt werden. Hierbei handelte es sich um eine Absperrklappe für Lackieranlagen, die silikonfrei ausgeführt werden muß. Auch bei dieser Armatur kam es früher zu Ausfällen, die durch Antriebe mit zu kleinem Drehmoment verursacht worden sind.
Auch in diesem Fall wurde die in dieser Arbeit herausgestellte Kombination verwendet.

Die Erkenntnisse, die in dieser Arbeit erarbeitet worden sind, ermöglichen es, die Vorgänge, die bei der Reibung von Metall auf Elastomer entstehen, besser zu verstehen. Im hier genau untersuchten Fall einer Absperrklappe wurde herausgestellt, welche Faktoren für das Zusammenspiel der Reibungskraft zu der Flächenpressung an der Kontaktstelle verantwortlich sind.
Das bisher nicht untersuchte Verhalten wurde auf eine wissenschaftliche Basis gestellt und ermöglicht es, die Gestaltung solcher Armaturen gezielter vorzunehmen.

In einem praktischen Beispiel konnten die Betätigungsmomente von Absperrklappen in allen Nennweiten (DN50 – DN 300) durchgehend um ca. 30% gesenkt werden. Damit ist die Richtigkeit der Erkenntnisse bewiesen.

Die Betätigungsmomente werden minimiert, ohne die Herstellkosten zu erhöhen, oder sonstige Parameter der Absperrklappe zu verschlechtern. Die minimierten Betätigungsmomente können zu mehr Sicherheit bei der Antriebsauslegung dienen und damit die Ausfallrate reduzieren. Die andere Möglichkeit ist, die Antriebsauslegung „Null auf Null“, also ohne Sicherheit beizubehalten. Hierbei können kleinere Antriebe eingesetzt werden, was zu geringeren Herstellkosten der Einheit „angetriebene Absperrklappe“ führt. Ein Teil dieser Kostensenkung kann dazu verwendet werden, strategische Ziele im Markt durchzusetzen.

Durch diese Tatsachen ist in vielen Fällen ein Ausfall der Absperrklappen vorprogrammiert. Die bei weitem häufigste Ausfallursache pneumatisch betätigter Absperrklappen ist mit ca.70% ein zu schwach dimensionierter Antrieb.

Die Betätigungsmomentoptimierung von Absperrklappen wird durch die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse auf eine wissenschaftliche Basis gestellt. Es ist jetzt möglich, die Momente zu optimieren, ohne die sonstigen Leistungen der Armatur negativ zu beeinflussen.

Die hier errechneten Optimierungen wurden in der Serie eingeführt. Es wurden in der Serie von jeder Absperrklappe die Betätigungsmomente aufgenommen. Der Vergleich dieser Kontroll - Werte vor der Änderung und nach der Änderung zeigt, daß die Optimierung erfolgreich war(**Abb.8.1**).

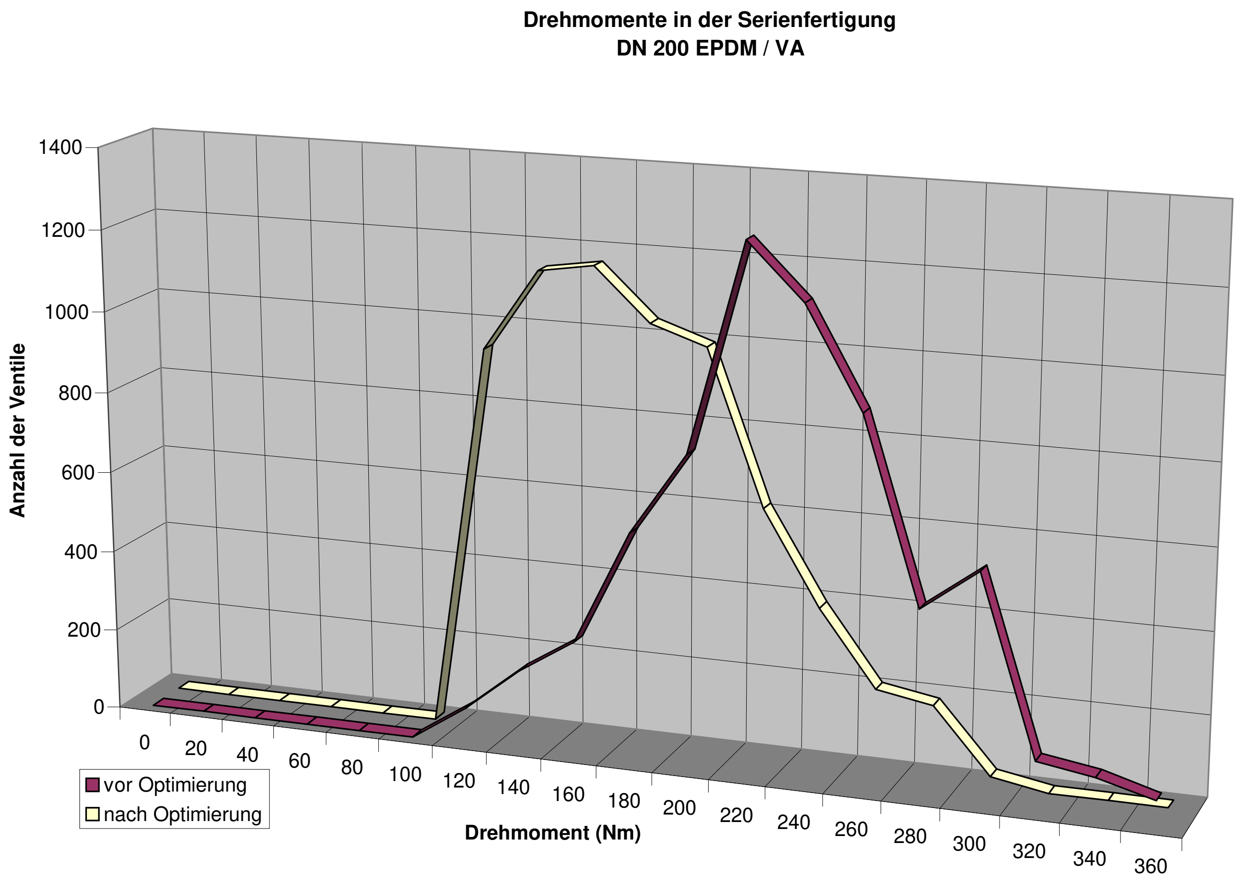

Abb.8.1. Vergleich Der Betätigungsmomente von Absperrklappen vor und nach der Optimierung. Werte aufgenommen in der Serienfertigung.

Im Diagramm (Abb.8.1) wurden die Meßwerte aus der Serienfertigung von jeweils ca. 6500 Absperrklappen vor und nach der Optimierung aufgetragen. Diese Anzahl der Klappen wird bei diesem Hersteller ca. in einem Jahr gebaut. Jedes Bauteil der Klappen entstammt dabei mindestens vier Fertigungschargen, so daß eine ähnliche Streuung auch über mehrere Jahre zu erwarten ist.
Vor der Optimierung lagen 1310 Ventile über dem maximal zulässigen Drehmomentwert von 370 Nm, also ca. 20% der Ventile.

Nach der Optimierung sind es nur noch 205 Ventile, also ca. 3%.

8. Anwendung in der Serie

Im praktischen Fall wird bereits von vielen Herstellern ein Elastomer der Härte von 70° ShoreA (+5° Shore A Toleranz) benutzt. Diese Elastomerhärte hat sich im letzten Kapitel als optimal erwiesen.

Auch die Einschränkung, daß ein gewisser Prozentsatz von Absperrklappen ein Drehmoment besitzt, das außerhalb der vorgegebenen Toleranz liegt, ist in der Praxis tolerierbar. Diese Absperrarmaturen werden mit Handantrieben ausgerüstet, bei denen ein höheres Drehmoment keine Rolle spielt.

In dieser Arbeit wurde die Scheibe mit der Kontur 0,8 F 45° als optimal herausgestellt. Unter anderen Bedingungen, als die im letzten Kapitel genannten, können kleine Abweichungen von dieser Kontur sinnvoll sein. So kann z.B. die Breite der Außenkante geringfügig vergrößert werden. Große Abweichungen von dieser Kontur führen zwangsläufig zur Erhöhung des Drehmomentes der Absperrklappe. In diesem Punkt unterscheidet sich die gängige Praxis von der Empfehlung dieser Arbeit. Von sehr vielen Herstellern wird z.B. die Wahl der Scheibenaußenkante dem Bearbeiter der Scheiben überlassen. So wird z.B. zugelassen, daß die Scheibenaußenkante mit einer Fase oder einem Radius bearbeitet werden darf. Selbst die Größe der Fase und des Radius ist sehr grob toleriert (z.B. Radius $R1^{+2}$ Fase 1^{+2} x 45°). Die Breite der Scheibenkante wird bei vielen Herstellern zum Teil gar nicht beachtet, oder es wird angenommen, daß es um so vorteilhafter ist, je breiter die Scheibenaußenkante ist. Selbst Scheibenkanten mit einer Breite von 15mm sind üblich. Wie wenig die Gestaltung der Scheibe beachtet wird, erkennt man allein an der Tatsache, daß bei vielen Herstellern die verschiedensten Konturen der Scheibe gleichzeitig Verwendung finden.
Nach den Erkenntnissen, die in dieser Arbeit gewonnen wurden, wird aber deutlich, daß gerade die Gestaltung der Scheibenaußenkante entscheidend ist für die Größe des Drehmomentes der Absperrklappe.

Das geringe Drehmoment der Absperrklappe ist entscheidend für den Verkaufserfolg. Technologische Verbesserungen im Bereich der weichdichtenden (mit Elastomermanschette) Absperrklappen haben seit Jahrzehnten nicht mehr stattgefunden. Fast jedes Maß (Baulänge DIN 3202 [139], Flanschmaße DIN 2501 [140], Antriebsanschluß DIN 3337 [141], etc.) wird durch Normen vorgegeben. Die Lieferung und Prüfung ist ebenfalls detailliert durch Normen vorgeschrieben DIN 3230 [142]. Praktisch jeder Hersteller dieser Art der Armaturen bietet technisch einwandfreie Produkte, die sich nur sehr wenig voneinander unterscheiden.

Dementsprechend kann beim Kunden ausschließlich mit dem Preis argumentiert werden. Der Preis einer solchen Absperrarmatur hängt aber im wesentlichen von der Größe des Antriebes ab. Ausgenommen den Fall einer manuell betätigten Armatur, ist der Antrieb immer teurer, als die zu betätigende Absperrklappe.

Die Größe des Abtriebes wird wiederum durch das Drehmoment bestimmt, das zur Betätigung der Armatur notwendig ist. Sehr oft werden Kombinationen ausgelegt und ausgeliefert, die nur „auf dem Papier“ funktionieren. Es ist allgemein üblich, die am häufigsten verwendeten, pneumatischen Antriebe ohne jegliche Sicherheitsfaktoren auf die Klappe abzustimmen. Der einzige „Sicherheitsfaktor“ ist die Annahme, daß die Medien schmierend sind (Wasser führt auch zu geringeren Betätigungsmomenten). Auf diese Weise ist es möglich, die Absperrklappen günstig anzubieten.