

## 9. Zusammenfassung

Vor allem im Bereich der Automatisierung von Fertigungs- und Montageprozessen erfüllt die Pneumatik vielfältigste Aufgaben. Hier stellt die Pneumatik, aufgrund ihres unkomplizierten und robusten Aufbaues, häufig den Einstieg in die Automatisierung dar. Der Pneumatikzylinder ist dabei ein verbreitetes Antriebselement zur Erzeugung linearer Bewegungen, wobei mit Mitteln der konventionellen Pneumatik ein Positionieren in offener Steuerkette gegen Endanschläge üblich ist. Zunehmend wird aber eine höhere Flexibilität und Genauigkeit von den Antrieben gefordert, wie sie mit herkömmlichen pneumatischen Systemen nicht erreicht werden kann. Hier wurden deshalb in den letzten Jahren durch den Einsatz hochwertiger servopneumatischer Komponenten, in Verbindung mit komplexeren Regelungsstrukturen, frei regelbare Antriebskonzepte entwickelt und erprobt, deren Verhalten mit der klassischen "Schwarz-Weiß" Pneumatik nicht erreichbar ist.

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit allen wesentlichen Komponenten, die zum Aufbau frei positionierbarer pneumatischer Zylinderantriebe notwendig sind. Beispielhaft behandelt die Arbeit die Entwicklung und Realisierung eines kompakten pneumatischen Antriebsmodules.

Dazu werden zunächst, nach der Konzeption des Antriebsmoduls, neben einem geeigneten kolbenstangenlosen Zylinder als Antriebselement, ein für den Betrieb geeignetes Führungssystem und ein lineares Wegmeßsystem zur Erfassung der Antriebsposition ausgewählt und beschrieben.

Da die Reibkräfte der Dichtungen bei Pneumatikzylindern einen erheblichen Einfluß auf das Bewegungsverhalten haben, wurden ebenfalls verschiedene Dichtungsbauformen und -werkstoffe hinsichtlich ihres Reibverhaltens untersucht und bewertet. Neben den Einflüssen von Bauform und Werkstoff wurde ebenfalls der Einfluß der Schmierungsverhältnisse bei Initialschmierung durch verschiedene Fettschmierstoffe untersucht.

Das elektropneumatische Ventil stellt das Bindeglied zwischen elektronischer Regelung und dem pneumatischen Antriebselement dar. Hier findet die Umsetzung des elektrischen Stell-signalen in die pneumatische Leistung statt. Das verwendete Ventil beeinflusst daher wesentlich die Güte des Antriebes. Allerdings sind technisch hochwertige, stetig verstellbare Pneumatikventile bisher kaum am Markt verfügbar und weisen aufgrund der noch geringen Verbreitung, ein großes Entwicklungspotential auf. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Arbeit, nach der Untersuchung verschiedener Ansteuermethoden für stetige Pneumatikventile, ein Muster eines hochdynamischen, stetigen elektropneumatischen Ventiles entwickelt und untersucht. Dabei wurden die typischen Eigenschaften eines speziell für die

Pneumatik realisierten stetigen Ventiles im Vergleich zu den aus der Hydraulik abgeleiteten Ventilen herausgestellt.

Die dargestellten Komponenten wurden dann zu einem kompakten pneumatischen Antriebsmodul zusammengefaßt, welches alle zum Betrieb notwendigen Komponenten beinhaltet.

Dieses im Lageregelkreis betriebene Antriebsmodul wurde hinsichtlich Führungs- und Störverhalten untersucht, wobei bei einer Positioniergenauigkeit von  $\pm 0,05$  mm eine maximale Verfahrgeschwindigkeit von ca. 4 m/s erreicht wurde. Da die Regelparameter während des Betriebes an geänderte Randbedingungen (z.B. Reibverhältnisse, Druckschwankungen) angepaßt werden müssen, wurde ein Adaptionalgorithmus entwickelt, der das "Expertenwissen" eines geübten Bedieners beschreibt. Im praktischen Versuch konnte die Effektivität dieses Verfahrens nachgewiesen werden.

Als kostengünstige Alternative wurde das gleiche Antriebsmodul ebenfalls durch Schaltventile angesteuert und das hiermit erzielbare Systemverhalten ermittelt. Dabei wurde aufgrund des wirtschaftlichen Vorteils, eine Ventilanordnung mit lediglich zwei Schaltventilen gewählt. Durch Verbesserung des Zeitverhaltens der Schaltventile, indem eine schnelle elektrische Ansteuerung entwickelt wurde, konnte eine Positioniergenauigkeit von bis zu  $\pm 0,05$  mm, bei maximalen Verfahrgeschwindigkeiten von 1,5 m/s erreicht werden.

Vergleichend läßt sich festhalten, daß für gröbere, einfache Positionieraufgaben ein durch Schaltventile angesteuerter Antrieb eine kostengünstigere Alternative zu Antrieben mit hochwertigen, stetigen Ventilen darstellen kann. Antriebe mit stetigen Ventilen weisen jedoch eine höhere realisierbare Genauigkeit bei vergleichsweise höher erreichbaren Verfahrgeschwindigkeiten und universeller Einsetzbarkeit auf.

Die aufgezeigten Lösungen sollen dazu beitragen, pneumatische Antriebe bei steigenden Anforderungen an das Bewegungsverhalten konkurrenzfähig zu halten. Hierbei erscheint es vorteilhaft, wie in der Pneumatik üblich, Komponenten für ein Baukastensystem zur Verfügung zu stellen, mit denen der Anwender "seine" spezielle Aufgabe erfüllen kann. Ein vielfältiges Angebot von Komponenten und Systemen verschiedener Güte und Leistungsklassen wird einen breiten Einsatz ermöglichen.