

8. Zusammenfassung

Zur zeitlich begrenzten Unterstützung des Herzens kann eine extrakorporal gelegene Blutpumpe verwendet werden. Eine derartige Blutpumpe hätte auch als Bypass-Pumpe bei Operationen, in Herz-Lungen Maschinen oder in künstlichen Nieren ein großes Einsatzgebiet. Von besonderem Interesse ist, daß bei ihrer Entwicklung Probleme untersucht und gelöst werden müssen, die auch bei der Entwicklung von künstlichen Herzen bestehen.

Ziel dieser Arbeit war es, Möglichkeiten zum Antrieb einer Blutpumpe für extrakorporale Anwendungen aufzuzeigen. Ausgehend von den physiologischen Gegebenheiten des natürlichen Organismus wurde die Anforderung an eine solche Blutpumpe erarbeitet.

Mit Hilfe einer Konstruktionssystematik ergaben sich mehrere *technisch realisierbare* Lösungsmöglichkeiten, die zum Teil schon von anderen Arbeitsgruppen untersucht werden. Eine günstige Möglichkeit stellt der elektro-fluidische Servoregelkreis dar, mit dessen Hilfe sich die Pumpfunktion in weitem Bereich den Erfordernissen entsprechend einstellen läßt, da diese im wesentlichen durch die vorgegebene Führungsfunktion bestimmt ist.

Das entwickelte Servoantriebssystem wird elektrisch gesteuert, um durch Rückführung physiologischer Meßgrößen (Blutdruck, Blutstrom oder EKG) den natürlichen Kreislauf mit in den Servoregelkreis einbeziehen zu können. Der Antrieb wird mit Druckluft betrieben, da Druckluft ein umweltfreundliches, sauberes Medium mit hoher Energiespeicherefähigkeit ist. Die eigentliche Pumpbewegung wird entweder indirekt über ein flüssiges Übertragungsmedium (Antriebssystem mit Verdränger-einheit) oder direkt durch Beaufschlagung des Ventrikels mit Druckluft (direktes pneumatisches Antriebssystem) erzeugt.

Bei der Auswahl der Führungsfunktion des Servoregelkreises ist zu beachten, daß die Pumpparameter Ventrikeldruck, Schlagfrequenz und Ventrikelvolumen durch den peripheren Widerstand des natürlichen Kreislaufes *miteinander verbunden und nicht unabhängig voneinander*

sind. Geht man davon aus, daß der periphere Widerstand eine durch den Körperzustand vorgegebene Größe ist, so bestehen die grundsätzlichen Möglichkeiten einer Volumenregelung und einer Druckregelung. Entsprechend der zur Ausgabe der Antriebsfunktion verwendeten Triggergröße ergibt sich eine zeitabhängige, volumenabhängige bzw. druckabhängige Regelung.

Alle Möglichkeiten wurden im Modellkreislauf auf ihr statisches und dynamisches Verhalten hin untersucht. Es zeigte sich, daß beim Antriebssystem mit Verdrängereinheit die Volumenregelung gut zu realisieren ist, während die Druckregelung nicht zufriedenstellend arbeitet. Auf Grund dieses Ergebnisses wurde das Konzept des direkten pneumatischen Antriebssystems entwickelt. Kernstück dieses Antriebssystems ist ein speziell entwickeltes, miniaturisiertes Servoventil, das ein elektrisches Eingangssignal in einen proportionalen Druck umwandelt.

Bei der Entwicklung des Servoventils wurde ebenfalls mit Hilfe einer Konstruktionssystematik versucht, aus der Vielzahl der Lösungsmöglichkeiten die für diesen Anwendungsfall günstigste Lösung zu erarbeiten. Das Ergebnis war ein elektropneumatisches Druck-Servoventil mit einer Vorsteuerung nach dem Tauchspulenprinzip und einem Schieberventil als pneumatische Hauptstufe. Durch eine sehr kleine, kompakte Bauweise ergibt sich bereits beim Prototypen ein Gewicht von 64 g bei einem Einbauvolumen von 13,5 cm³. Die Vorteile dieses Antriebskonzeptes sind:

- Durch die geringe Größe kann das Servoventil direkt in das Ventrikelgehäuse integriert werden. Es ist durch Druck- und Abluftleitung mit dem Druckerzeuger verbunden.
- Die Verbindungsleitungen zwischen Antriebssystem und Druckerzeuger können dünne flexible Leitungen sein, da sie außerhalb des Regelkreises liegen und somit keinen Einfluß auf das dynamische Verhalten des Antriebssystems haben.
- Der Soll-Istwert Vergleich wird direkt im Servoventil durchgeführt. Dadurch ist kein zusätzlicher Sensor zur Erfassung des Istwertes des Ventrikeldruckes erforderlich.

Das statische und dynamische Verhalten sowohl der einzelnen Bauelemente als auch des gesamten Antriebssystems wurde untersucht. Messungen im Modellkreislauf zeigten, daß ein physiologischer Verlauf sowohl des Ventrikeldruckes als auch des Aortendruckes und des Volumenstromes in der Aorta bei den geforderten Schlagfrequenzen erreicht werden kann.