

**2. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
25. bis 26. Feb. 1999 in
Darmstadt**



„Digitale Druckregelung eines Beatmungsgerätes“

I. Jenayeh, F. Simon, F. Wienand, H. Rake
Institut für Regelungstechnik, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

ISBN: 318318317x
Pages: 41-42

Digitale Druckregelung eines Beatmungsgerätes

I. Jenayeh, F. Simon, F. Wienand und H. Rake

Institut für Regelungstechnik der RWTH Aachen, D-52056 Aachen

1. Einleitung

Der Beitrag beschreibt die Ergebnisse einer Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Regelungstechnik (IRT) der RWTH Aachen und der Dräger Medizintechnik GmbH, Lübeck zur Realisierung eines digitalen Regelungskonzeptes für ein Beatmungsgerät. Der Ersatz der lebenswichtigen natürlichen Atmung durch eine technische Einrichtung, z.B. im Rahmen der Anästhesie oder Intensivmedizin, bedingt höchste Ansprüche an die Funktionsweise der eingesetzten Geräte. Ein Vergleich der Vorgänge bei natürlicher und maschineller Beatmung zeigt schnell auf, daß die Sicherstellung der maschinellen Beatmung große Anforderungen an die eingesetzte Regelung und Steuerung stellt.

Der Ersatz des physiologischen Mechanismus der Atmung durch eine Maschine ist nicht unproblematisch. Wollte man den Ablauf der natürlichen Atmung nachahmen, was prinzipiell möglich ist, so entsteht eine technisch sehr aufwendige Lösung. Die Realisierung wird wesentlich einfacher, wenn das Einatmen durch zwangsweises Einströmen von Atemgas erreicht wird. Das Ausatmen kann passiv durch die Entspannung des Brustkorbs erfolgen. Bei dieser Lösung stellt sich allerdings ein im Vergleich zur natürlichen Atmung umgekehrter Druckverlauf ein. Einatmen geht mit Druckanstieg und Ausatmen mit Druckabfall einher. Wegen der hohen Bedeutung des Lungeninnendrucks für die eine nicht dem Patienten gefährdende Beatmung gerade bei einer Umkehrung der natürlichen Verhältnisse dem Verlauf des Druckes besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Erschwerend kommt hinzu, daß die beiden physiologisch bedeutsamen Größen Atemvolumen und Lungendruck nicht unabhängig voneinander beeinflusst werden können, sondern über die individuellen Eigenschaften der Patientenlunge fest miteinander gekoppelt sind. Es ergibt sich also die Aufgabe, die maschinelle Beatmung unter den gegebenen Randbedingungen so durchzuführen, daß die Sicherheit des Patienten garantiert ist und die Beatmung in der bestmöglichen Weise erfolgt.

2. Aufbau des Beatmungsgerätes

Die Beatmung wird im wesentlichen durch Hin- und Herbewegen eines elektrisch angetriebenen Kolbens realisiert. Durch Vorgabe von Sollwerten für die Kolbenposition werden Atemvolumen, Volumenstrom und damit in der Patientenlunge festgelegt. Bild 1 zeigt den Aufbau der mikrocontrollergestützten Steuerung des Beatmungsgerätes. Ein erster Mikrocontroller übernimmt die Überwachungs- und Monitoring-Aufgabe. Über eine serielle Schnittstelle kommuniziert er mit einem weiteren Mikrocontroller, der die Regelungs- und Steuerungsaufgaben durchführt. Als Meßwerte stehen die zu regelnde Position über einen inkrementalen Drehgeber sowie Kolbendruck und Motorstrom zur Verfügung. Durch die A/D-Umsetzer des Reglercontrollers werden die Meßgrößen für die Regelungs-, Steuerungs- und Überwachungsaufgaben digital umgesetzt.

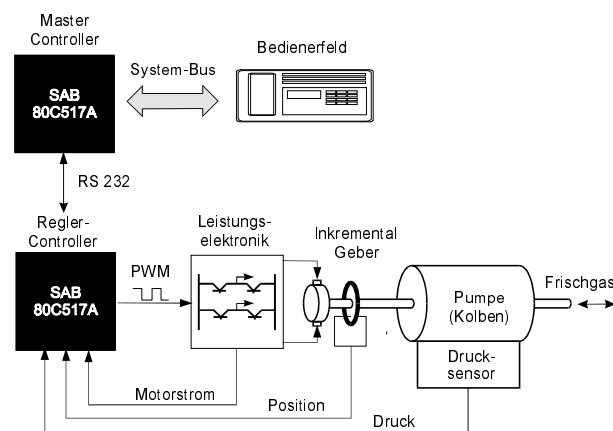


Bild 1: Aufbau des Beatmungsgerätes

3. Beatmungsablauf

Bei der volumengesteuerten Beatmung besteht die wesentliche Aufgabe darin, ein vorgegebenes Positionsprofil für den Kolben nachzufahren. Hierzu wurde bisher eine P-PI Kaskadenregelung eingesetzt, die Motordrehzahl und Position regelt. Die Problematik der volumengesteuerten Beatmung liegt darin, daß der sich durch das Positionsprofil einstellende Lungendruck zwangsbestimmt ist und von Patient zu Patient verschieden sein kann. Daher muß der in der Patientenlunge entstehende Druck überwacht werden. Beim Verlassen eines vorgegebenen Druckbereichs wird die Positionsregelung deaktiviert und durch eine Druckregelung ersetzt, die die Einhaltung der Ober- bzw. Untergrenze des Druckes gewährleistet. In Bild 2 ist der Verlauf von Kolbenposition und Druck bei der volumenbasierten Beatmung mit und ohne aktive Drucküberwa-

chung dargestellt. Bisher wurde beim Verlassen des Druckbereiches (vergl. Phase II) nur ein Alarmsignal ausgelöst. Der Bediener mußte dann die entsprechenden Maßnahmen bei der Einstellung des Beatmungsgerätes treffen. Die aktive Drucküberwachung den Bediener entlastet, weil die Geschwindigkeit des Kolbens automatisch angepaßt wird, wenn der zulässige Bereich verlassen wird. Für Testzwecke wurde der zulässige Bereich zwischen 5 mbar und 25 mbar gewählt. Der Druckverlauf zeigt am Ende der Flow-Phase (ca. 9. Sekunde) eine hohe, durch den Strömungswiderstand bedingte und für den Patienten gefährliche Druckspitze. Bei eingeschalteter Druckregelung in Phase IV wird der zulässige Maximaldruck von 25 mbar eingehalten, wobei die Kolbenposition entsprechend nachgeführt wird.

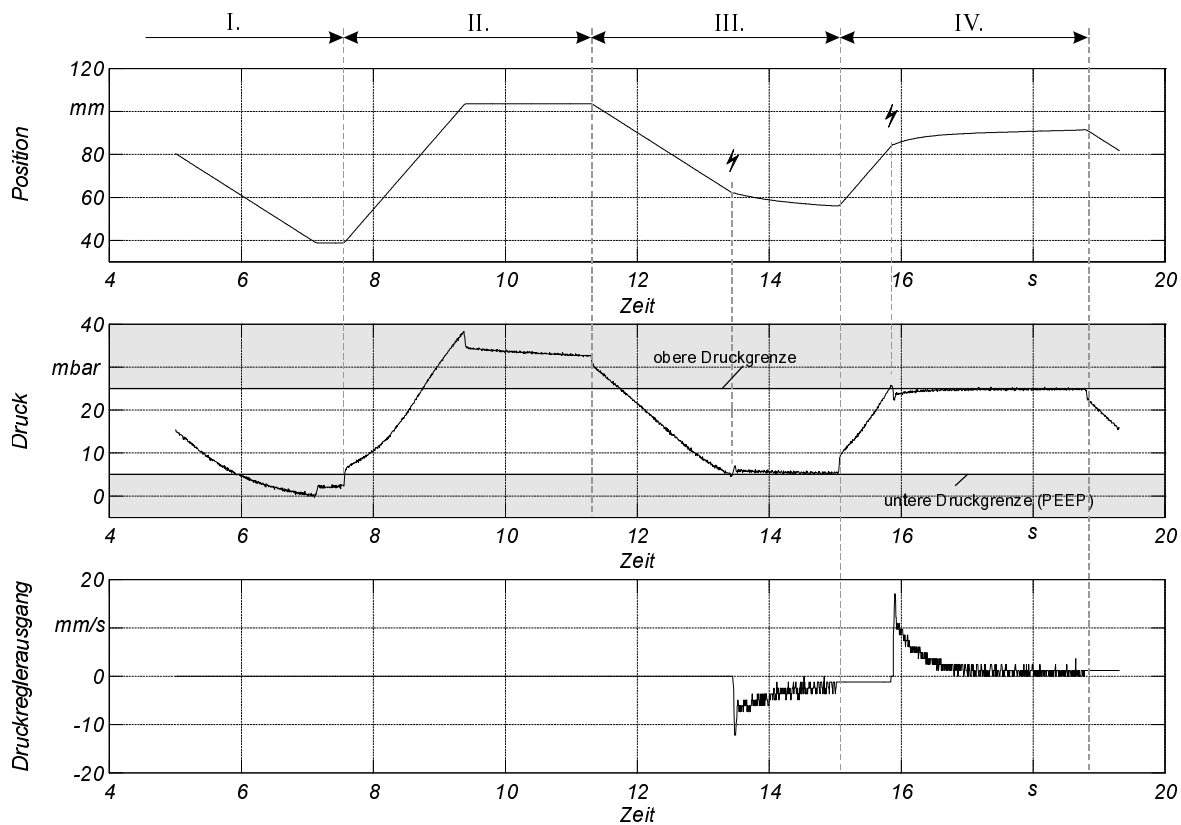


Bild 2: Volumengesteuerte Beatmung mit überlagerter Drucküberwachung

4. Zusammenfassung

Das vorgestellte Regelungskonzept erhöht die Sicherheit bei der maschinellen Beatmung durch Regelung und Überwachung der physiologisch bedeutsamen Größen Beatmungsvolumen und Lungendruck. Für den Anwender ergibt sich der Vorteil,

von sicherheitsrelevanten Überwachungsaufgaben entbunden zu werden.