Betriebsverhalten vorgesteuerter 2-Wege-Stromregelventile unterschiedlicher Bauform

Y. H. Lu,
R. M. Trudzinski

Seit Jahren ist bei hydrostatischen Baueinheiten die Tendenz zu größeren Antriebsleistungen sowie zu erhöhten Anforderungen an das Steuer- und Regelverhalten festzustellen. Die vorliegende Untersuchung greift diese Entwicklung für 2-Wege-Stromregelventile auf, indem vorgesteuerte Baueinheiten, deren Konstruktion auch für große und sehr große Volumenströme geeignet ist, eingehend geprüft werden.
Als Versuchsobjekte wurden je ein Stromregelventil nach dem Prinzip der Differenzdruckregelung an einer Meßblende und nach einem neuen Regelkonzept mit Volumenstromsensor und Kraftrückführung, ausgewählt. Die Meßergebnisse des statischen und dynamischen Verhaltens beider Versuchsobjekte werden vorgestellt und diskutiert.

Seit fast einhundert Jahren werden Stromregelventile erfolgreich zur stufenlosen, lastunabhängigen Geschwindigkeits- oder Drehzahlsteuerung eingesetzt. Während die konstruktive Gestaltung dieser Ventile in diesem Zeitraum ständig verbessert wurde, blieb ihr Grundprinzip, das auf den britischen Ingenieur Fleeming Jenkin (1833–1885) zurückgeht, unverändert erhalten. Die Weiterentwicklung der konstruktiven Gestaltung ist allerdings inzwischen so weit fortgeschritten, daß sich die direktwirkenden Serienstromregelventile der verschiedenen Hersteller zum Teil nur noch in Details unterscheiden. Dies deutet darauf, daß diese Bauform mit ihren verbesserten Konstruktionsdaten einen brauchbaren Kompromiß im Hinblick auf die vielfältigen Einsatzfälle darstellt.

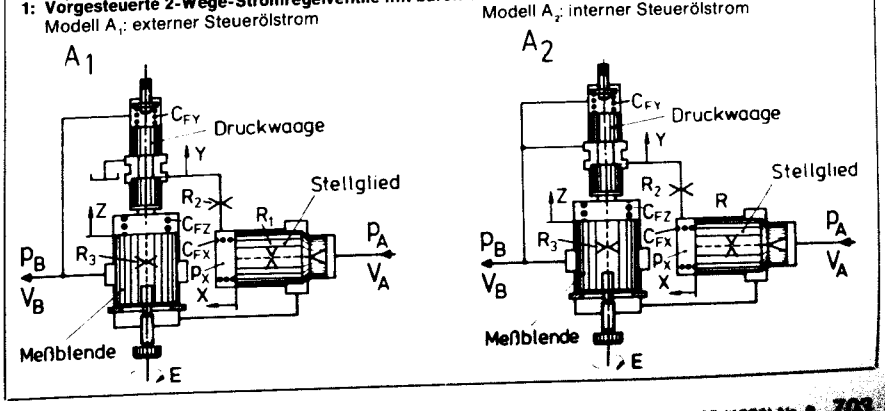
Stromregelventil mit Differenzdruckregelung an einer Meßblende

Das Grundprinzip des konventionellen Stromregelventils sei zunächst – insbesondere, um die Unterschiede zwischen den hier untersuchten Ventilen zu verdeutlichen – kurz beschrieben.
An einer Meßblende wird der über das Stromregelventil strömende Volumenstrom in eine Druckdifferenz gewandelt, die für den nachgeschalteten Differenzdruckregelkreis die Regelgröße darstellt. Dieser Regelkreis besteht aus einem Differenzdrucksensor, einem Vergleichsglied zwischen Soll- und Istwert sowie einem Stellglied. Die komplexen Regelaufgaben werden bei direktwirkenden Stromregelventilen durch einen federbelasteten Kolben mit integriertem hydrostatischen Widerstand erfüllt.
Für große Volumenstromwerte $Q > 100$–$150\,l/min$ reicht die übliche Meßblendendruckdifferenz von 5–15 bar nicht aus, um den Einfluß der auf das Vergleichsglied und das Stellglied wirkenden Strömungskräfte so weit zu verringern, daß hierdurch keine bemerkenswerte Verschlechterung der Regelcharakteristik des Stromregelventils hervorgerufen wird. Deshalb werden hierfür vorgesteuerte Ventile eingesetzt, bei denen das Differenzdrucksignal – das an der Meßblende erzeugt wird und ein Maß für den Volumenstrom des Ventils darstellt – zunächst verstärkt wird, bevor es zur Ansteuerung des Stellgliedes verwendet wird. Diese Verstärkerfunktion kann mechanisch, elektrisch oder hydraulisch erfolgen.
Aus der Vielzahl möglicher Bauformen, wie sie in [1] vorgestellt werden, soll im folgenden auf das in **Bild 1** gezeigte Ventil näher eingegangen werden. Es besteht aus zwei in Reihe geschalteten 2-Wege-Einbauventilen, von denen das zweite mit einer Stellschraube gegen die im Steuerraum angeordnete Feder verlagert werden kann. Dieses Element erfüllt in der Konstruktion die Aufgabe der Meßblende. Die Druckdifferenz an dieser Meßblende wirkt auf den Vorsteuerkolben und bestimmt damit den Steuerquerschnitt des Vorsteuerventils. Hiervon abhängig stellt sich der Steuerdruck ein, der auf den Steuerdruckanschluß des Stellglieds wirkt. Die Druck- und Federkräfte auf das Stellglied bedingen hierbei den Steuerquerschnitt der Hauptstufe.
Der Unterschied zwischen Modell A_1 und A_2 betrifft die Steuerölstromführung. Während Modell A_1 über einen externen Tankanschluß für den Steuerölstrom verfügt, wird dieser bei Modell A_2 zusätzlich zum geregelten Volumenstrom zum Verbraucher geleitet. Neben der Einsparung einer separaten Tankleitung weist Modell A_2 zudem beim Anfahrsprung den Vorteil auf, daß das Stellglied für $\Delta p = p_A - p_B = 0$ geschlossen ist, während – gleiche Betriebsbedingungen vorausgesetzt – bei Modell A_1 das Stellglied sich in Öffnungsposition befindet. Daß sich hierdurch die Stromüberhöhungen, d. h. die Abweichung zwischen Soll- und Istwert des Volumenstromsignals, beträchtlich unterscheiden, ist verständlich. Dagegen ist Modell A_1 in den Fällen einzusetzen, in denen der Stromregler in weiteren Funktionen verbessert werden soll, z. B. in der Konstantstromfunktion.

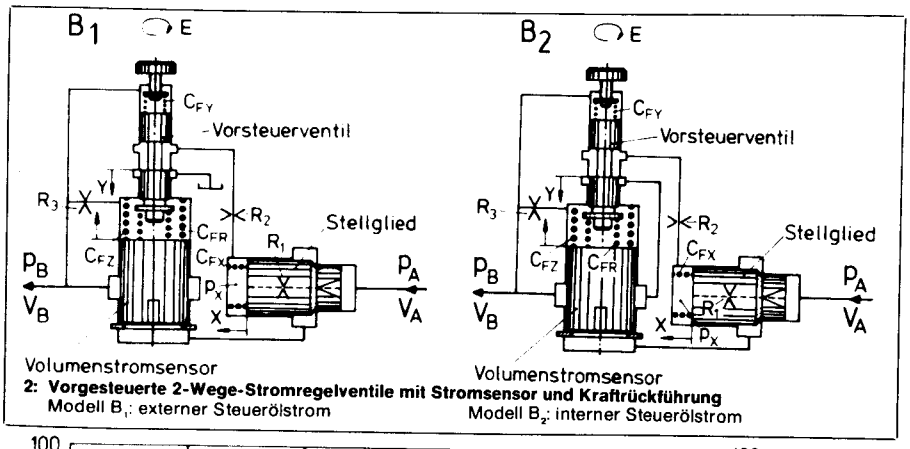
Stromregelventil mit Volumenstromsensor und Kraftrückführung

Das statische und dynamische Verhalten dieses Ventils soll nun mit dem Verhalten eines in [2] vorgestellten, neuentwickelten Stromregelventils verglichen werden (**Bild 2**). Im Gegensatz zum 2-Wege-Stromregelventil mit barometrischer Ansteuerung der Druckwaage, wird hierbei der Volumenstrom des Ventils mit einem Volumenstromsensor gemessen. Hierbei stellt die Hubänderung des Volumenstromsensors, der – wie das Stellglied – als 2-Wege-Einbauventil ausgeführt ist, ein Maß für die Abweichung zwischen vorgegebenem und tatsächlichem Volumenstromwert dar.
Die Feder, die zwischen dem Volumenstromsensor und dem Vorsteuerventil angebracht ist, bewirkt bei einer Abweichung des Stromsensors, von dem vorgegebenen Hub eine Kraftänderung auf den Vorsteuerschieber, der bei zu großem Ist-Volumenstrom in der Weise auslenkt, daß der Steuerquerschnitt der Vorsteuerung zum Verbraucher vermindert wird, wodurch der Steuerdruck ansteigt und das Stellglied in Schließrichtung auslenkt. Für zu geringe Volumenstromwerte, d. h. der Volumenstrom zum Verbraucher unterschreitet die Volumenstromvorgabe, wird der Volumenstromsensor nur einen relativ geringen Hub aufweisen; die Federkraft auf den Vorsteuerschieber wird demnach relativ klein sein. Hieraus resultiert eine Verlagerung des Steuerkolbens, die den Steuerquerschnitt der Vorsteuerstufe vergrößert. Der Steuerdruck p_x sinkt und das Stellglied wird in der Weise ausgelenkt, daß der Steuerquerschnitt am 2-Wege-Einbauventil vergrößert wird. Diese Vorgänge sind abgeglichen, sobald sich über das Stellglied und den Volumenstromsensor der vorgegebene Volumenstrom einstellt.

1: Vorgesteuerte 2-Wege-Stromregelventile mit barometrischer Ansteuerung der Druckwaage
Modell A_1: externer Steuerölstrom — Modell A_2: interner Steuerölstrom

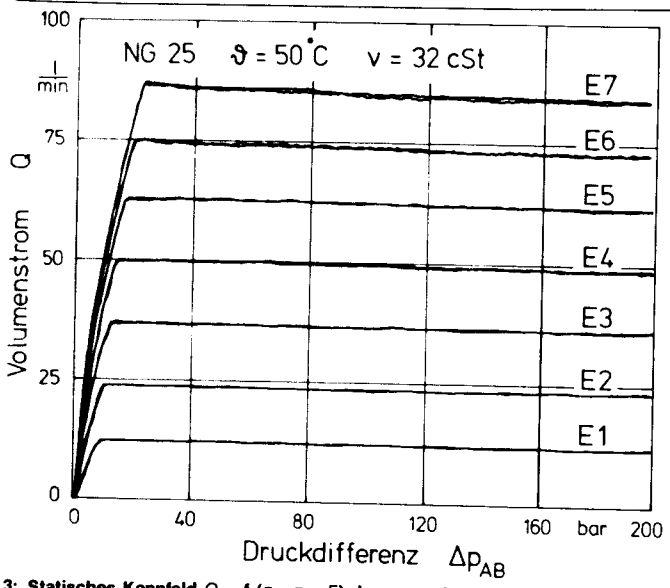


Dr.-Ing. Y. H. Lu ist Dozent für Hydraulik an der Chekiang Universität Hangchow/VR China. Seit 2 Jahren besucht er als Stipendiat der Alexander von Humboldt-Stiftung die Bundesrepublik und arbeitet als wiss. Mitarbeiter am Institut für hydraulische und pneumatische Antriebe und Steuerungen der RWTH Aachen.
Dr.-Ing. R. M. Trudzinski war bis 1. 9. 1980 wiss. Mitarbeiter am o. a. Institut. Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Backé

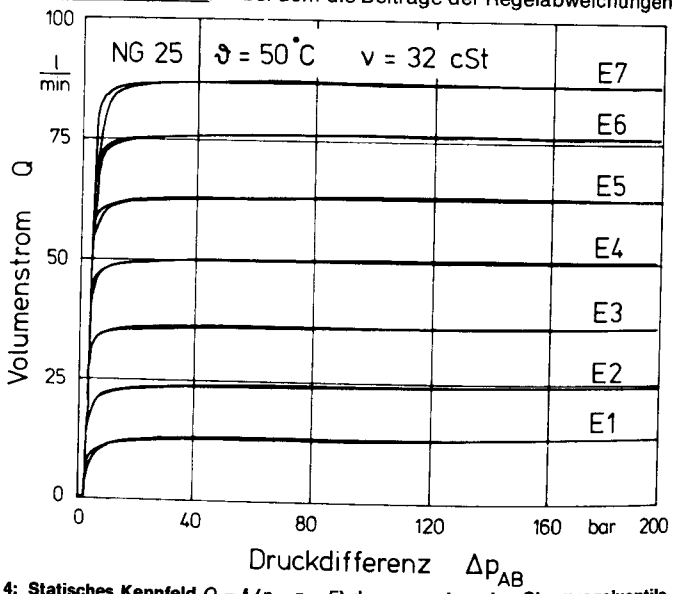


2: Vorgesteuerte 2-Wege-Stromregelventile mit Stromsensor und Kraftrückführung
Modell B_1: externer Steuerölstrom — Modell B_2: interner Steuerölstrom

Ein Blick auf das statische Kennfeld $Q = f(p_A - p_B, E)$ des Modells B_1 (**Bild 4**), zeigt demgegenüber gewisse Unterschiede.
Im Regelbereich, d. h. in dem Bereich des statischen Kennfeldes, der durch weitgehende Konstanz des Volumenstromes ausgezeichnet ist, stellt sich für Modell A_1 ein negativer Volumenstromkoeffizient $\lambda = \partial Q/\partial p_B$ ein, während dieser für Modell B_1 für kleine Volumenstromsignale ein positives und für große ein negatives Vorzeichen aufweist. Für mittlere Volumenströme ist bei diesem Modell im Regelbereich der Lasteinfluß auf das Gleichstromverhalten praktisch zu vernachlässigen. Damit weist Modell B_1 – bis auf den Bereich kleiner Volumenstromwerte $10 \leq Q \leq 25$ l/min, bei dem die Beiträge der Regelabweichungen



3: Statisches Kennfeld $Q = f(p_A - p_B, E)$ des vorgesteuerten Stromregelventils mit barometrischer Ansteuerung der Druckwaage (Modell A_1)



4: Statisches Kennfeld $Q = f(p_A - p_B, E)$ des vorgesteuerten Stromregelventils mit Volumenstromsensor und Kraftrückführung (Modell B_1)

Untersuchung des statischen Verhaltens

Die **Tafel** gibt eine Übersicht über die wichtigen Konstruktionsdaten der Ventile A_1 und B_1, die für die nachfolgenden Untersuchungen eingesetzt wurden.
Bild 3 zeigt das gemessene statische Kennlinienfeld $Q = f(p_A - p_B, E)$ des Versuchsmodells A_1. Das Gleichstromverhalten dieses Ventils ist als zufriedenstellend zu bezeichnen. Für kleine Volumenstromwerte $10 \cdot Q \cdot 50$ l/min sind praktisch kaum Abweichungen von der Vorgabe festzustellen. Bei großen Volumenstromwerten $Q \geq 50$ l/min ist dagegen eine geringe Verminderung des Volumenstromsignals mit steigender Druckdifferenz $p_A - p_B$ am Stromregelventil festzustellen. Für einen eingestellten Volumenstrom von nahezu 90 l/min führt das zum Beispiel zu einer Volumenstromänderung ΔQ von 3 l/min bei einer Lastdruckänderung $\Delta p_B = 200$ bar, so daß sich hierfür der Lastgradient $\lambda = \partial Q/\partial p_B$ zu $\lambda = 3/200 = 1{,}5 \cdot 10^{-2}$ l/min · bar) ergibt. Die Mindestdruckdifferenz Δp_{min} ist mit 10 bar für kleine und 23 bar für große Volumenströme relativ hoch.

Tafel: Wichtige Parameter der Versuchsobjekte

Parameter / Modell	Modell A_1	Modell B_1
c_{FR}	–	5,72
c_{FZ}	6,8	4,8
c_{FX} (N/mm)	3,5	3,5
c_{FY} (N/mm)	6,32	4,0
B_Y	2 x Ø 2,5 Kreisquerschnitt	2 x Ø 2,5 Kreisquerschnitt
B_X	2 x Δ Dreiecksquerschnitt	2 x Δ Dreiecksquerschnitt
B_Z (mm)	4 x 4,25	4 x 4,25
$d_{R2}; d_{R3}$ (mm)	1,4	1,4
d_{R1} (mm)	1,0	1,0
D_Y (mm)	6,0	6,0
AX' AZ	1,0	1,0
D_X, D_Z (mm)	26,0	26,0
Nenngröße	NG 25	NG 25

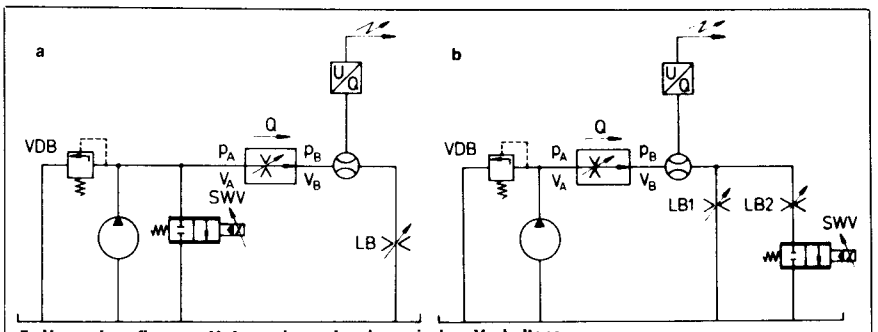
vergleichbar sind – ein günstigeres Regelverhalten auf.
Der Vergleich der beiden Bauformen A_1 und B_1 im Hinblick auf die zweite Kenngröße zur Beurteilung des statischen Verhaltens – die Mindestdruckdifferenz – fällt ebenso zugunsten des Modells B_1 aus. Für Modell A_1 beträgt sie bei kleinen Volumenstromwerten $\Delta p_{min} = 10$ bar, für große Volumenstromwerte $\Delta p_{min} = 23$ bar; für Modell B_1 hingegen nur $\Delta p_{min} = 8$ bar bzw. $\Delta p_{min} = 16$ bar.
Die dritte Kenngröße des statischen Verhaltens, die die Abhängigkeit des Volumenstroms von der Öltemperatur ϑ bezeichnet, ist für die Bauform B_1 näher untersucht. Hiernach ergibt sich bei einer Temperaturänderung von $\Delta\vartheta = 40$ °C eine Volumenstromänderung von $\Delta Q = 1{,}6$ l/min, d. h. der temperaturspezifische Volumenstromkoeffizient $\mu = \partial Q/\partial\vartheta$ ergibt sich zu $\mu \triangleq 4 \cdot 10^{-2}$ l (min °C) [2].

Untersuchung des dynamischen Verhaltens

Für die Untersuchung des dynamischen Verhaltens der beiden Ventile dient ein Prüfstand, mit dem sowohl die sprungförmige Änderung des Lastdruckes p_B als auch die des Versorgungsdruckes p_A ermöglicht werden. **Bild 5** zeigt schematisch die jeweilige Verschaltung der Prüfstandselemente Pumpe, Druckbegrenzungselement, Volumenstromsensor, Lastblenden und Schnellschaltventil. Durch die parallel geschalteten Lastblenden lassen sich mit diesem Prüfstand in gleicher Weise Anfahrsprünge und Lastsprünge im Regelbereich ausführen.

Zuerst sei eine Sprungantwort des Versuchsobjektes A_1 bei sprungförmiger Druckänderung von p_A – also des Druckes am Zulaufanschluß – vorgeführt, wie sie **Bild 6** zeigt. Der Prüfstand entspricht hierbei Bild 5a.

Zum Zeitpunkt $t < 0$ ist das Schnellschaltventil in Durchlaßstellung geschaltet, so daß sich im Volumen V_A nur ein geringer Druck p_A einstellt, der hauptsächlich von dem Pumpenförderstrom, dem vorgegebenen Volumenstrom des Stromregelventils und der Auslegung der Steuerquerschnitte des Schnellschaltventils abhängt. Da die Druckdifferenz $p_A - p_B$ am Stromregelventil für $t < 0$ geringer ist als die Mindestdruckdifferenz Δp_{min}, beträgt der Volumenstrom über dem Stromregelventil nur einen Bruchteil der Volumenstromvorgabe. Der Kolben des Stellgliedes ist zu diesem Zeitpunkt relativ weit ausgefahren. Sobald zum Zeitpunkt t_0 das Schnellschaltventil schaltet, bewirkt der Pumpenförderstrom im Volumen V_A den deutlich erkennbaren Drucksprung von p_A. Gleichzeitig steigt der Volumenstrom, um nach wenigen Millisekunden den vorgegebenen Volumenstrom $Q_{soll} = 62$ l/min um 37 l/min zu übersteigen. Während des Druckanstiegs von p_A – und hierdurch bedingt – ist zudem eine leichte Auslenkung des Stellgliedes zu beobachten, bis die schnell anwachsende Druckdifferenz an der Druckwaage und die hieraus sich ergebende Verschiebung des Vorsteuerkolbens, der zu einer Steuerdruckerhöhung führt, eine fast gleichförmige Schließbewegung des Stellglieds einleitet. Neben der konstruktiven Gestaltung des Stromregelventils wird dieser Vorgang auch von den Betriebsgrößen, d. h. eingestelltem Volumenstrom am Stromregelventil sowie dem Druckniveau von p_A und p_B mitbestimmt. Als weitere Einflußgrößen auf diese Sprungantwort sind noch der vorgegebene Pumpenförderstrom, die Volumina V_A und V_B sowie das statische und dynamische Verhalten des Druckventils zu nennen. So ist in Bild 6 deutlich die Sprungüberhöhung des Druckventils zu erkennen. Statt bei etwa $p_A = 85$ bar den Druck zu begrenzen, reagiert das Ventil erst bei 100 bar. Für das Stromregelventil ergibt sich hieraus ein Zuwachs der Druckdifferenz $p_A - p_B$, der durch eine weitere Schließbewegung des Stellgliedes – d. h. über den statischen Endwert von $x = 3{,}2$ mm hinaus – ausgeregelt werden soll. Sobald die Druckbegrenzung im Volumen V_A wirksam wird – bei $t = 370$ ms – und der Druck p_A in den vorgegebenen Sollwert einschwingt, führt dieser Druckabfall der Druckdifferenz am Stromregelventil zu einem Unterschreiten des vorgegebenen Volumenstromes, so daß erst nach geringem Öffnen des Stellglieds der erwünschte Volumenstromwert von $Q = 62$ l/min erreicht wird.



5: Versuchsaufbau zur Untersuchung des dynamischen Verhaltens
a) Prüfstandsaufbau zur sprungförmigen Änderung des Versorgungsdruckes p_A
b) Prüfstandsaufbau zur sprungförmigen Änderung des Lastdruckes p_B

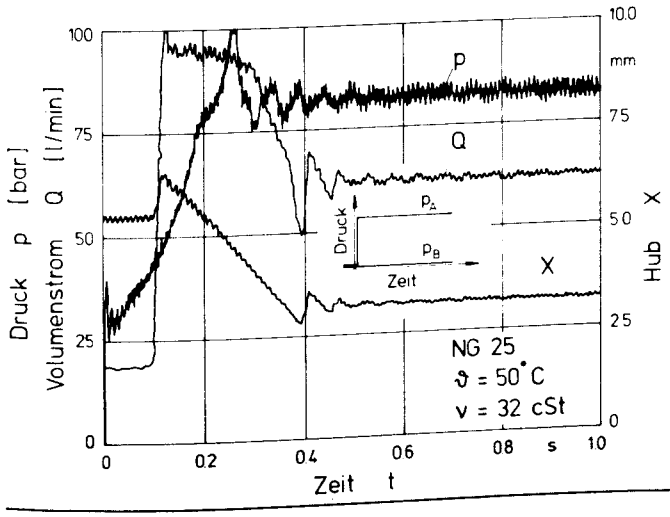
Für das Ventil B_1 zeigt **Bild 7** die Sprungantwort bei vergleichbaren Betriebsgrößen. Zum Zeitpunkt $t < 0$ beträgt der Volumenstrom durch das Stromregelventil gut 20 l/min, der Druck p_A etwa 3 bar. Sobald bei $t = 0$ das Schnellschaltventil von der Durchlaß- in die Sperrstellung wechselt, steigt der Druck p_A. Die Einschwingzeit beträgt etwa 10 ms. Zugleich wächst der Volumenstrom, um nach 32 ms erstmalig den statischen Endwert von 62 l/min zu erreichen. Obgleich auch in diesem Bild die Sprungantwort des Druckventils zu erkennen ist, stellt sich eine erheblich geringere wechselseitige Beeinflussung von Druck- und Stromregelventil ein. Hinzu kommt, daß die bei Ventil A_1 vorhandene Stromüberhöhung bei Modell B_1 wegen des beim Anfahrsprung geschlossenen Stellgliedes nicht auftritt. Dies verursacht auch den erheblich schnelleren Druckaufbau.

Ähnlich sind die Ergebnisse der sprungförmigen Lastdruckänderung p_B, wie sie sich mit dem Prüfstandsaufbau entsprechend Bild 5b ausführen läßt. Für den hier vorgestellten Anfahrsprung wird die Blende LB 1 geschlossen und LB 2 bis zum Anschlag geöffnet. Die zugehörigen Sprungantworten der beiden Versuchsobjekte A_1 und B_1 sind in den **Bildern 8** und **9** gezeigt. Zum Zeitpunkt t_0 schaltet das Wegeventil und der Lastdruck p_B sinkt innerhalb weniger Millisekunden nahezu sprungförmig von $p_B = 80$ bar auf fast Null bar. Gleichzeitig registriert das Volumenstrom-Meßgerät neben dem Dekompressionsölstrom den sehr schnell anwachsenden Volumenstrom über dem Stromregelventil. Die Stromüberhöhung (Bild 8) $\Delta Q = \max(Q_{ist}(t) - Q_{soll})$ beträgt etwa 50 % des vorgegebenen Volumenstromes Q_{soll}. Dieser erhebliche Volumenstrom führt zu einem deutlichen Einbruch des Versorgungsdruckes p_A. Nur allmählich, mit dem Einregeln des Stromregelventils in die statische Regelposition, steigt der Versorgungsdruck p_A wieder an, während gleichzeitig das Fehlersignal des Volumenstroms abnimmt. Nach etwa 300 ms ist der Einschwingvorgang, der hier ebenfalls – wenn auch in erheblich geringerem Ausmaß als in Bild 6 – von dem Druckventil beeinflußt wird, abgeschlossen und der statische Betriebswert von $Q = 60$ l/min erreicht.

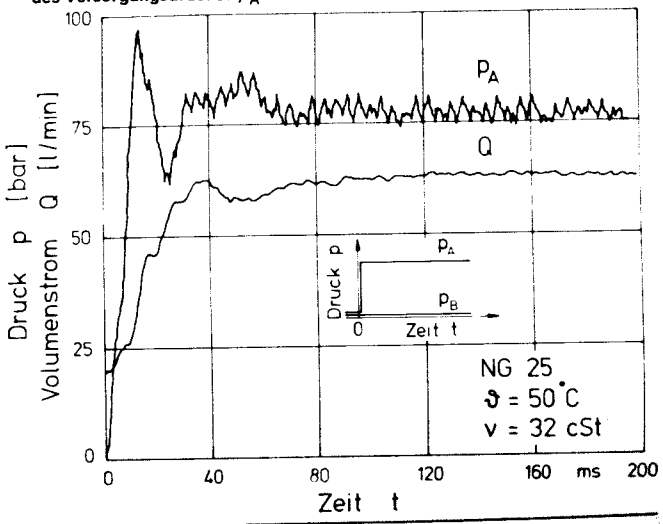
Zum Vergleich hierzu nun die Sprungantwort des Stromregelventils B_1 (Bild 9):

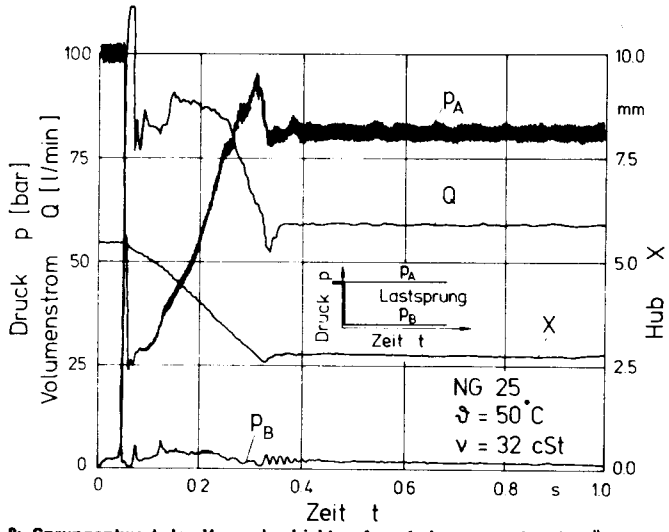
Vor dem Schalten des Schnellschaltventils stellt sich, da der Tankanschluß gesperrt ist, im Volumen V_A und V_B der am Druckbegrenzungsventil eingestellte Versorgungsdruck $p_A = p_B = 100$ bar ein. Unmittelbar nach dem Schalten des Wegeventils stellt sich eine fast sprungförmige Lastdruckänderung von p_B ($t < 0$) = 100 bar zu p_B ($t = 0$) ≙ 0 bar ein. Das Stellglied, dessen Hub x in Bild 9 eingetragen ist, bleibt zunächst für $0 < t < 10$ ms in Schließposition, um dann nach einer kurzen Einschwingphase von 30 ms den erforderlichen Steuerquerschnitt zum Verbraucher freizugeben. Das Volumenstrom-Meßgerät registriert in den ersten 20 ms nach dem Schalten des Wegeventils den Dekompressionsölstrom, der beim Druckabfall im Volumen V_B auftritt. Nach etwa 15 ms ist dieser Vorgang abgeschlossen und das Stromregelventil öff-

6: Sprungantwort des Versuchsobjektes A_1 auf eine sprungförmige Änderung des Versorgungsdruckes p_A

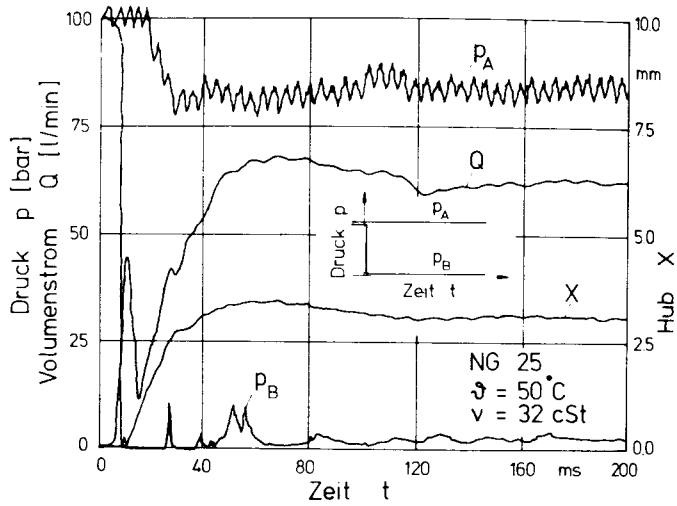


7: Sprungantwort des Versuchsobjektes B_1 auf eine sprungförmige Änderung des Versorgungsdruckes p_A





8: Sprungantwort des Versuchsobjektes A_1 auf eine sprungförmige Änderung des Lastdruckes p_B (Anfahrsprung)



9: Sprungantwort des Versuchsobjektes B_1 auf eine sprungförmige Änderung des Lastdruckes p_B (Anfahrsprung)

net, um nach 40 ms nahezu ohne Stromüberhöhung den vorgegebenen Volumenstrom zu erreichen.

Zum Abschluß wird das dynamische Verhalten bei kleinen Lastdruckänderungen, die innerhalb des Regelbereiches der Versuchsobjekte erfolgen, anhand von zwei Sprungantworten diskutiert.

Für das Stromregelventil A_1 zeigt **Bild 10** die Lastdruckänderung von $p_B = 25$ bar auf $p_B = 57$ bar bzw. von $p_B = 57$ bar auf $p_B = 25$ bar. Bis zum Zeitpunkt $t = t_0$ ist das Ventil in der den Betriebsgrößen entsprechenden Regelposition. Die Druckdifferenz $p_A - p_B$ am Versuchsobjekt beträgt hierbei $\Delta p = p_A - p_B = 62$ bar. Der Volumenstrom ist auf $Q = 62$ l/min eingestellt. Schaltet zum Zeitpunkt $t = t_0$ das Wegeventil von der Durchlaß- in die Sperrstellung, wächst der Lastdruck innerhalb von 30 ms um $\Delta p_B = 32$ bar. Durch die geringe Druckänderungsgeschwindigkeit $\dot{p}_B$ ist das Ventil bei dieser Lastdruckänderung in der Lage, die Druckänderung weitgehend auszuregeln, so daß nur kurzfristig eine geringe Abweichung zwischen Soll- und Istwert des Volumenstromes entsteht. Dagegen erfolgt die Lastdruckänderung von $p_B = 57$ bar auf $p_B = 25$ bar mit wesentlich größerer Druckänderungsgeschwindigkeit $\dot{p}_B$, so daß sich hierfür eine deutliche Regelabweichung $\Delta Q = Q_{ist}(t) - Q_{soll}$ einstellt. Hinzu kommt, daß die Schließbewegung des Stellglieds langsamer erfolgt als die Öffnungsbewegung, da die Bewegung des Stellgliedes in Öffnungsrichtung hauptsächlich durch Druckdifferenzen am Stellglied hervorgerufen wird, während in Schließrichtung – die Druckkräfte sind hierbei weitgehend ausgeglichen – die relativ geringe Federkraft in der Kräftebilanz am Stellglied den größten Einfluß ausübt. Außerdem ist die schwache Dämpfung des Versuchsobjektes A_1, insbesondere bei Druckänderungen zu niedrigen Lastdrücken, zu ersehen. Ähnliche Ergebnisse ergeben sich mit dem Anwachsen der Druckdifferenz $p_A - p_B$ am Stromregelventil.

Für das Stromregelventil B_1 zeigt **Bild 11** eine vergleichbare Lastdruckänderung. Ebenso wie in Bild 10 erfolgt hier zum Zeitpunkt $t = t_0$ eine positive Lastdruckänderung zu einem höheren Lastdruck p_B und anschließend zum Zeitpunkt $t = t_1$ eine negative Lastdruckänderung, bei der p_B abgesenkt wird. Die Druckänderungsgeschwindigkeit $\dot{p}_B$ erweist sich hier – ebenso wie in Bild 10 – als zu gering, um eine bemerkenswerte Abweichung zwischen Soll- und Istwert des Volumenstromes hervorzurufen. Dagegen erfolgt die negative Lastdruckänderung mit einer so großen Druckänderungsgeschwindigkeit $\dot{p}_B$, daß das Ventil etwa 100 ms benötigt, um das vorhandene Fehlersignal des Volumenstroms auszuregeln. Für die Bauvariante B_1 ist außerdem noch festzustellen, daß das Fehlerintegral $\int_0^{\infty} (Q_{ist}(t) - Q_{soll}(E))\, dt$ bei gleicher Sprungerregung um etwa 50 % geringer ist als beim Stromregelventil A_1.

Zusammenfassung

Seit Jahren ist bei hydrostatischen Baueinheiten die Tendenz zu größeren Antriebsleistungen sowie zu erhöhten Anforderungen an das Steuer- und Regelverhalten festzustellen. Die vorliegende Untersuchung greift diese Entwicklung für 2-Wege-Stromregelventile auf, indem vorgesteuerte Baueinheiten, deren Konstruktion auch für große und sehr große Volumenströme geeignet ist, eingehend untersucht werden.

Als Versuchsobjekte wurden ein Stromregelventil, das auf dem Prinzip der Differenzdruckregelung an einer Meßblende basiert (A_1), und ein Stromregelventil, das nach einem neuen Regelkonzept mit Volumenstromsensor und Kraftrückführung arbeitet (B_1), ausgewählt. Die Meßergebnisse des statischen und dynamischen Verhaltens beider Versuchsobjekte wurden vorgestellt und eingehend diskutiert. Beim Vergleich des Regelverhaltens beider Versuchsmodelle weist das Versuchsobjekt B_1 bessere Kennwerte auf als Modell A_1.

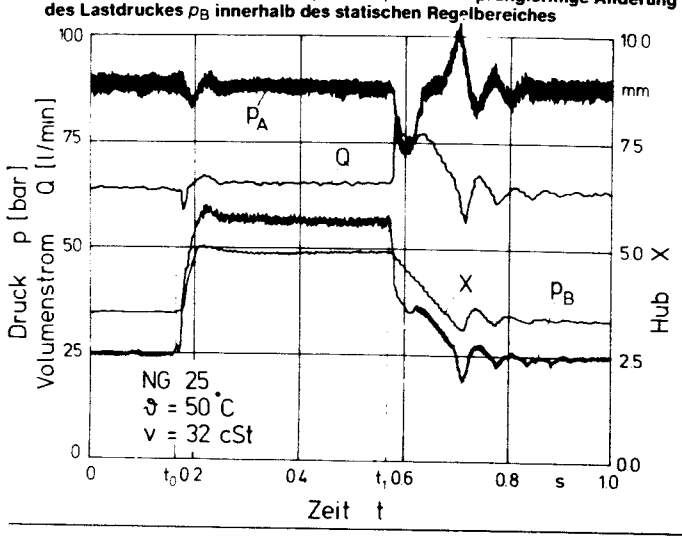
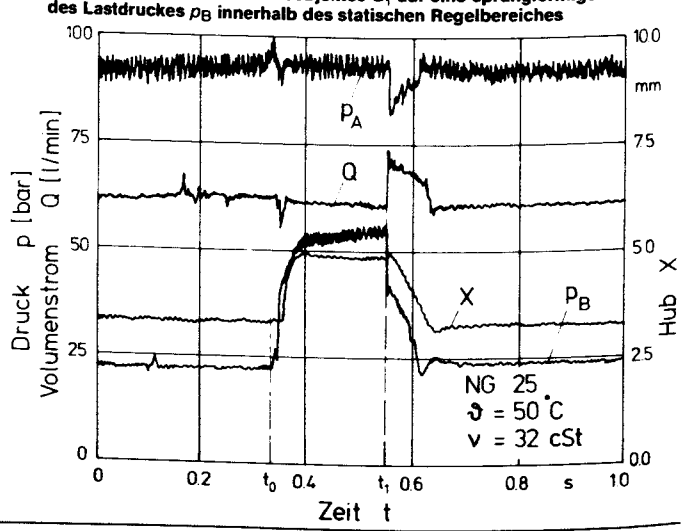
Literaturhinweise:

[1] *Trudzinski, R. M.*: Experimentelle und analytische Bestimmung des Betriebsverhaltens von direktwirkenden und vorgesteuerten 2-Wege-Stromregelventilen. Dissertation TH Aachen, 1980

[2] *Lu, Y. H.*: Entwicklung vorgesteuerter Proportionalventile mit 2-Wege-Einbauventil als Stellglied und mit geräteinterner Rückführung. Dissertation TH Aachen, 1981

Bildnachweis: Verfasser

10: Sprungantwort des Versuchsobjektes A_1 auf eine sprungförmige Änderung des Lastdruckes p_B innerhalb des statischen Regelbereiches



11: Sprungantwort des Versuchsobjektes B_1 auf eine sprungförmige Änderung des Lastdruckes p_B innerhalb des statischen Regelbereiches