

Flüssigkeitsgetriebe bei Werkzeugmaschinen

Flüssigkeitsgetriebe bei Werkzeugmaschinen

Von

Dr.-Ing. Hans Krug

Offenbach/M.

Zweite neubearbeitete und erweiterte Auflage

Mit 214 Abbildungen



Springer-Verlag
Berlin/Göttingen/Heidelberg
1959

Alle Rechte insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten
Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet,
dieses Buch oder Teile daraus auf photomechanischem Wege
(Photokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen
Copyright 1951 by Springer-Verlag OHG., Berlin/Göttingen/Heidelberg
ISBN 978-3-642-49070-5 ISBN 978-3-642-94761-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-94761-2
© by Springer-Verlag OHG., Berlin/Göttingen/Heidelberg 1959
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1959

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw.
in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der An-
nahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetz-
gebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften

Vorwort zur zweiten Auflage

Als dieses Buch erstmalig erschien, hatte es bald seinen Leserkreis unter den Studierenden, Betriebsleuten, Konstrukteuren und Wissenschaftlern gefunden, die es mit Anerkennung und Kritik aufnahmen. Es gab ihnen Anregungen und Verbesserungsgedanken. Aber auch der Inhalt eines Fachbuches ist dem stetigen Wandel unserer Technik unterworfen; zwar bleiben die mathematischen und physikalischen Grundlagen, im großen gesehen, unverändert, sie werden nur mit der Zeit verfeinert und ausgebaut. Der konstruktive Aufbau unserer Maschinen jedoch ändert sich mit der fortschreitenden und reifer werdenden Entwicklung beispielsweise der Werkstofftechnik, der Meßtechnik und der Fertigungstechnik.

Der Abschnitt „Steuerung und Regelung“ mußte überarbeitet und in Einklang gebracht werden mit den heutigen Begriffen einer echten Regelung, denn man soll den Ausdruck „Regelung“ nur dann gebrauchen, wenn es sich tatsächlich um einen geschlossenen Regelkreis handelt. Ein solcher Regelkreis kann auch bei hydraulischen Werkzeugmaschinen vorkommen, und es werden in dieser Neuauflage einige charakteristische Beispiele hierfür gebracht.

Bei der Beschreibung der hydraulischen Einzelglieder muß man künftig das Wort „Steuerung“ bevorzugt verwenden, um damit auszudrücken, daß eine Beeinflussung in einer bestimmten Übertragungsrichtung stattfindet. Der Wortstamm „Regel-“ wurde in den meisten Fällen, wo es sich nicht um eine echte Regelung handelt, ausgemerzt und durch das Wort „Verstell-“ oder „Stell-“ ersetzt. Wir sprechen also nicht mehr von einer „Regel-Pumpe“, sondern von einer „Verstell-Pumpe“ und nicht von einem „Regel-Widerstand“, sondern von einem „Stell-Widerstand“. Die Geschwindigkeit einer Schnitt- oder Vorschubbewegung wird nicht mehr „geregelt“, sondern „eingestellt“ oder „verstellt“.

Bei den Erläuterungen über den Druckabfall im Leitungssystem und dem hydraulischen Widerstand von Einzelgliedern erschien es wünschenswert, genauere Angaben über die Widerstandszahl ζ zu machen, soweit diese aus vorliegenden Untersuchungen größtmäßig festgelegt werden konnten.

Die Erwärmung des Triebmittels spielt bei unseren heutigen Werkzeugmaschinen mit ihren hohen Anforderungen an Bearbeitungsgenauigkeit und -güte eine große Rolle. Sie wurde daher, soweit möglich,

zahlenmäßig errechnet, und es wurden Anleitungen für die Gestaltung von ausreichenden Kühleinrichtungen gegeben.

Bei den Förderpumpen wurde als neueres Erzeugnis die Schraubepumpe hinzugenommen. Außerdem wurden Beispiele von Hydraulikspeichern eingefügt, die sich in letzter Zeit insbesondere bei automatischen Werkzeugmaschinen bewährt haben, und die als Sicherheitselement für Spanneinrichtungen dienen, aber auch in der Pressenhydraulik einen unumgänglichen Bestandteil darstellen.

Schließlich wurden die Ausführungsbeispiele von Kolbenschiebern als Steuerungsglieder erweitert und hierbei die Frage der Überdeckung zwischen der Schieberbüchse und dem Schieber mit mehrteiligen Druckkammern rechnerisch ausgewertet.

Zu den Beispielen von spangebenden Werkzeugmaschinen kamen die Nachformmaschinen und die Kopiereinrichtungen in ihrem Zusammenhang mit der Regeltechnik neu hinzu.

Ferner wurden aufgenommen die hydraulischen Maschinen der Umformtechnik, das sind also Tiefziehpressen, Biege- und Abkantmaschinen, Schneidpressen sowie allgemeine Maschinen der Blechbearbeitung.

Herrn Professor Dr.-Ing. O. KIENZLE, Hannover, habe ich zu danken für seine wertvollen Ratschläge und Anregungen bei der Neubearbeitung dieses Buches; außerdem möchte ich an dieser Stelle Herrn Oberingenieur W. BRÜSSOW für seine eifrige Mitarbeit meinen aufrichtigen Dank sagen.

Offenbach a. M., August 1959

Hans Krug

Vorwort zur ersten Auflage

Das Rohmaterial jedes wissenschaftlichen Werkes ist eine zunächst wirre Anhäufung von Gedanken, Vorstellungen, Beobachtungs- und Erfahrungswerten. Will man daraus ein Ganzes formen — wie man etwa aus einer Unzahl von Steinblöcken ein Bauwerk entstehen läßt —, so müssen die Einzelstücke gesammelt und gesichtet werden. Gleichartige Teile werden zusammengefaßt und in Gruppen eingeteilt. So bildet sich eine Systematik und eine Ordnung.

Das Geordnete erst gibt Überblick, läßt Eigentümlichkeiten und Grundregeln erkennen.

Schon beim Sammeln wird klar, daß jedes Wissensfach seine eigene Geschichte hat, und es kann nur dann wirklich verstanden werden, wenn man recht sorgfältig seinen Werdegang verfolgt.

Beim Sichten des gesammelten Materials enthüllen sich Gedanken, die längst vergessen waren, und die, nunmehr wieder freigelegt, mannigfache Anregungen bieten.

Und so wird aus der reinen Wiedergabe von Vorhandenem über das Systematisieren und Ordnen ein schöpferisches Unternehmen.

In diesem Sinne wurde das vorliegende Buch gestaltet.

Nach jahrelangem Sammeln konnte ich der Anregung des verstorbenen Baurates Dipl.-Ing. ERNST PRÄGER folgen und das vorhandene Wissensgut in geschlossener, und wie ich hoffen möchte, erschöpfender Form der Fachwelt vorlegen.

Selbstverständlich mußte unter dem verfügbaren Bild- und Textmaterial eine Auswahl getroffen und charakteristische Beispiele ausgesucht werden. Mit dieser Auswahl ist aber kein Werturteil über die übrigen, nicht veröffentlichten Erzeugnisse gefällt.

Das Buch sollte sich nicht nur auf den Deutschen Werkzeugmaschinenbau beschränken, sondern auch die Arbeiten des Auslandes würdigen. In den vergangenen zehn Jahren war jedoch der Zugang zu dem ausländischen Schrifttum nahezu vollkommen versperrt. Es ist zu hoffen, daß mit der Zeit sich die Wege zu den anderen Industrieländern wieder für uns öffnen und ein allseitig befruchtender Gedanken- und Erfahrungsaustausch möglich wird. Dann sollen auch die etwa noch vorhandenen Lücken in der vorliegenden Darstellung ausgefüllt werden.

Frankfurt a. M., Ende 1950

Hans Krug

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Kurzzeichen für hydraulische Schaltpläne	XI
Formelzeichen	XI
1. Grundlagen	
1.1 Der Flüssigkeitsstromkreis	1
1.11 Allgemeines	1
1.12 Zusammenhang zwischen Druck, Durchflußmenge und Widerstand	2
1.13 Schaltungen	5
1.2 Die Steuerung und das Einstellen des Flüssigkeitsgetriebes	8
1.21 Steuerung des Bewegungsablaufes	8
1.211 Allgemeines	8
1.212 Steuerung der Vorschubbewegung	8
1.212.1 Anlaufperiode	8
1.212.2 Arbeitsgang	10
1.212.3 Auslaufperiode	11
1.212.4 Umsteuerung	12
1.213 Umstevorgang	14
1.213.1 Unmittelbare Umsteuerung ohne Vorsteuerorgan	15
1.213.2 Mittelbare Umsteuerung mit Vorsteuerorgan	17
1.213.3 Mittelbare Umsteuerung mit Vorsteuerorgan und einstellbarer Umstevorgeschwindigkeit	19
1.22 Einstellen des Flüssigkeitsgetriebes	20
1.221 Allgemeines	20
1.222 Stellbereich	22
1.222.1 Stellbereich bei kreisförmiger Bewegung	22
1.222.2 Stellbereich bei geradliniger Bewegung	23
1.223 Pumpenverstellung	24
1.224 Motorverstellung	25
1.225 Verbundverstellung	25
1.226 Meßpumpenverstellung	26
1.227 Drosselverstellung	27
1.3 Die Schwingungen im Leitungssystem	35
1.4 Das Triebmittel	41
1.41 Erwärmbarkeit	41
1.42 Zähigkeit (Viskosität)	49
1.43 Oxydations- und Alterungsbeständigkeit	51
1.44 Entmischungsfähigkeit bei Emulsionsbildung	51
1.45 Luft im Triebmittel	51
1.46 Zusammendrückbarkeit des Triebmittels	52
1.5 Die Leistungsverluste und der Wirkungsgrad	54
1.51 Leerlaufverluste (Strömungsverluste)	54
1.511 Schichten- oder Laminarströmung	55
1.512 Turbulente oder Wirbelströmung	55
1.513 Kritische Geschwindigkeit	56

	Seite
1.52 Mechanische Reibungsverluste	59
1.53 Schlupfverluste	59
1.531 Spaltverluste	60
1.532 Füllungsverluste	61
1.54 Wirkungsgrad bekannter Flüssigkeitsgetriebe	62
2. Elemente des Flüssigkeitsgetriebes	
2.1 Die Förderpumpe	63
2.11 Allgemeines	63
2.12 Zahnradpumpen	64
2.121 Aufbau	64
2.122 Berechnung	67
2.123 Ausführungsbeispiele	68
2.13 Schraubenpumpen	73
2.131 Aufbau	73
2.132 Berechnung	74
2.133 Ausführungsbeispiele	75
2.14 Flügelzellenpumpen	79
2.141 Aufbau	79
2.142 Berechnung	84
2.143 Ausführungsbeispiele	86
2.15 Kolbenzellenpumpen	94
2.151 Aufbau	94
2.152 Berechnung	96
2.153 Ausführungsbeispiele	97
2.2 Der Flüssigkeitsmotor	106
2.21 Allgemeines	106
2.22 Schubkolbentrieb	107
2.221 Allgemeine Gestaltung, Anordnung, Werkstoffe und Be-	
arbeitung, Dichtungsmittel	107
2.222 Berechnung	117
2.23 Zellengetriebe	120
2.231 Allgemeine Betrachtung	120
2.232 Berechnung eines Kolbenzellengetriebes	123
2.233 Ausführungsbeispiele	125
2.3 Rohrleitungen	135
2.31 Bemessungen und Werkstoffwahl	136
2.32 Ausführungen von Leitungen aus: Stahlrohren, Schieberrohren, biegsamen Schläuchen	137
2.33 Verbindungen von Gewinderohren, Anschlußverschraubungen, Kupplungen	139
2.4 Filtergeräte	146
2.41 Ansaugsiebe und Saugkörbe	146
2.42 Spaltfilter	146
2.5 Hydraulik-Speicher	151
2.51 Allgemeines	151
2.52 Ausführungsbeispiele	152
2.53 Anwendungsmöglichkeiten	156
2.6 Einrichtungen zum Einstellen und Steuern des Flüssigkeitskreislaufes	159
2.61 Stellglieder	159
2.611 Drosselhähne, -ventile und -schieber	159
2.612 Überdruck- und Sicherheitsventile	162
2.613 Ventile zur Gegendruck- und Gleichangeinstellung	165
2.62 Steuerorgane	170
2.621 Absperrhähne und Abschaltventile, Rückschlagventile	170

	Seite
2.622 Umsteuerventile	172
Handbetätigte Umsteuerschieber	174
Mechanisch betätigte Umsteuerorgane	179
Hydraulisch betätigte Umsteuerorgane	185
Elektromagnetische Umsteuerorgane	197
3. Spangebende Werkzeugmaschinen mit Flüssigkeitsgetriebe	
3.1 Abriß über die historische Entwicklung des hydraulischen Antriebes bei spanenden Werkzeugmaschinen	201
3.2 Bohrmaschinen	205
3.21 Senkrechtbohrmaschinen	206
3.211 Tieflochbohrmaschinen	206
3.212 Mehrspindelbohrmaschinen, senkrechte Bauart	207
3.213 Mehrwegebohrmaschinen	210
3.22 Radialbohrmaschinen	213
3.23 Feinbohrmaschinen	220
3.3 Drehmaschinen	225
3.31 Spitzendrehmaschinen	226
3.311 mit hydraulischem Vorschubantrieb	226
3.312 mit hydraulischem Spindelantrieb	228
3.32 Nachform-Drehmaschinen	230
3.33 Revolverdrehmaschinen	239
3.4 Wälzfräsmaschinen	243
3.41 Waagerecht-, Plan- und Langfräsmaschinen	243
3.42 Nachform-Fräsmaschinen	245
3.43 Wälzfräsautomaten	253
3.5 Hobelmaschinen	256
3.6 Stoßmaschinen	260
3.61 Senkrecht-Stoßmaschinen	262
3.7 Räummaschinen	262
3.71 Waagerecht-Räummaschinen	263
3.72 Senkrecht-Räummaschinen	264
3.8 Sägemaschinen	269
3.81 Kaltkreissägen	269
3.9 Schleifmaschinen	273
3.91 Flachsleifmaschinen	273
3.92 Außen-Rundschleifmaschinen	275
3.93 Sonderschleifmaschinen	286
4. Hydraulische Werkzeugmaschinen der Umformtechnik	
4.1 Pressen (Tiefziehpressen)	290
4.2 Biege- und Abkantpressen, Schneidpressen	304
4.3 Allgemeine Maschinen der Blechbearbeitung	308
Anhang	311
Schrifttumverzeichnis	320
Sachverzeichnis	325

Kurzzeichen für hydraulische Schaltpläne

<i>P</i>	Pumpe	<i>GV</i>	Gleichgangventil
<i>EP</i>	Eilgangpumpe	<i>RV</i>	Rückschlagventil
<i>HP</i>	Hochdruckpumpe	<i>SV</i>	Sicherheitsventil
<i>MP</i>	Meßpumpe	<i>SchV</i>	Schnüffelventil
<i>NP</i>	Niederdruckpumpe	<i>StV</i>	Steuerventil
<i>RP</i>	Verstellpumpe	<i>VV</i>	Vorsteuerventil, Vorspannventil
<i>VP</i>	Vorschubpumpe	<i>ÜV</i>	Überdruckventil
<i>ZP</i>	Zahnradpumpe	<i>UV</i>	Umsteuerventil
<i>M</i>	Flüssigkeitsmotor (Schubkolbengetriebe oder Zellengetriebe)	<i>USchV</i>	Umschaltventil
<i>SM</i>	Servomotor	<i>Sch</i>	Schieber
<i>B</i>	Behälter	<i>SpSch</i>	Spannschieber
<i>AV</i>	An- und Abstellventil	<i>USch</i>	Haupt- oder Umsteuerschieber
<i>DAV</i>	Druckausgleichventil	<i>VSch</i>	Vorsteuerschieber
<i>DV</i>	Differenzdruckventil	<i>DSch</i>	Druckschalter
<i>DRV</i>	Verstellventil	<i>MSch</i>	Magnetschieber
<i>D</i>	Drosselventil	<i>WSch</i>	Wahlschieber
<i>EV</i>	Eilgangventil	<i>MV</i>	Maximaldruckventil
		<i>DSp</i>	Druckspeicher

Formelzeichen

<i>a</i>	Weglänge	mm	<i>M</i>	Drehmoment	kgm
<i>h</i>	Hublänge	mm	<i>N</i>	Leistung	kW, PS
<i>l</i>	Länge	mm, m	<i>A</i>	Arbeit	kgm
<i>b, B</i>	Breite	mm	<i>p</i>	Druck	kg/cm ²
<i>r</i>	Halbmesser	mm	<i>Q</i>	Flüssigkeitsmenge	l/min
<i>d, D</i>	Durchmesser	mm	η	Zähigkeitszahl (absolute Zähigkeit)	kg s m ⁻²
<i>e</i>	Verstellweg (Exzentrizität)	mm	<i>v</i>	kinematische Zähigkeit	m ² s ⁻¹
<i>F</i>	Fläche (Querschnitt, Oberfläche)	mm ² , m ²	ζ	Widerstandsbeiwert (Widerstandszahl eines einzelnen Hindernisses)	
<i>V</i>	Rauminhalt, Flüssigkeitsvolumen	mm ³ , m ³	μ	mechanische Reibungszahl	
<i>y</i>	Durchbiegung	mm	<i>f</i>	Hebelarm der rollenden Reibung	
<i>z, i</i>	Zahl		<i>Re</i>	REYNOLDSSche Zahl	
<i>G</i>	Gewicht	kg	<i>E</i>	Elastizitätszahl	kg mm ⁻²
<i>m</i>	Masse	kg s ² m ⁻¹	<i>c</i>	Federsteife	kg mm ⁻¹
γ	Wichte	kg m ⁻³	<i>c_w</i>	spezifische Wärme	kcal/kg und °C
ρ	Dichte = γ/g	kg s ² m ⁻⁴	<i>t</i>	Temperatur	°C
δ	Spaltbreite	mm, cm	<i>Q_w</i>	Wärmemenge	kcal
<i>J</i>	Trägheitsmoment	mm ⁴	β	Preßziffer	cm ² kg ⁻¹
<i>n</i>	Drehzahl	U/min	η_{vol}	volumetrischer Liefergrad	
<i>v</i>	Geschwindigkeit	mm s ⁻¹ , m s ⁻¹	η	Wirkungsgrad, mechanischer	
<i>b</i>	Beschleunigung	m s ⁻²	Δ	Unterschied, Abfall, z. B.	
<i>g</i>	Fallbeschleunigung = 9,81 m s ⁻²		Δp	Druckunterschied, Druckabfall	kg/cm ²
<i>v_{krit}</i>	kritische Strömungsgeschwindigkeit	m s ⁻¹	Δt	Temperaturunterschied	°C
ω	Kreisfrequenz	s ⁻¹	ΔV	Volumenverminderung	mm ³ , m ³
<i>f₀</i>	Eigenfrequenz	s ⁻¹	Δl	Längenunterschied	mm
<i>P</i>	Vorschubkraft, Schnittkraft	kg	<i>U</i>	elektr. Spannung	Volt
<i>K</i>	Trägheitskraft	kg	<i>J</i>	Stromstärke	Ampere
			<i>R</i>	elektr. Widerstand	Ohm
			ρ	spez. Leitungswiderstand	
			<i>q</i>	Leitungsquerschnitt	mm ²