

VEREIN
DEUTSCHER
INGENIEURE

Konstruktionskataloge
Lösung von Bewegungsaufgaben mit Getrieben
Extreme Schwinggetriebe

VDI 2727
Blatt 6

*Catalogues for machine design
Mechanisms for motion transfer
Mechanisms for extreme oscillating motion*

| Inhalt | Seite |
|---|-------|
| Vorbemerkung | 2 |
| Einleitung | 2 |
| 1 Anwendungsbereich | 2 |
| 2 Formelzeichen. | 5 |
| 3 Theoretische Grundlagen | 5 |
| 3.1 Grundgetriebe und ihre Übertragungsfunktionen | 5 |
| 3.2 Getriebe zur Vergrößerung und Wandlung | 7 |
| 3.3 Schwingbewegung um ideellen Drehpunkt | 11 |
| 4 Erläuterungen zum Konstruktionskatalog „Extreme Schwinggetriebe“. 12 | |
| 4.1 Hauptteil. | 12 |
| 4.2 Gliederungsteil | 12 |
| 4.3 Zugriffsteil | 12 |
| 4.4 Anhang | 13 |
| 5 Konstruktionskatalog „Extreme Schwinggetriebe“. | 14 |
| 6 Beispiel zur Anwendung des Katalogs „Extreme Schwinggetriebe“ . . 34 | |
| 6.1 Ziel | 34 |
| 6.2 Aufgabenstellung | 34 |
| 6.3 Bestimmen der Getriebefunktion | 35 |
| 6.4 Suchen von Lösungen im Konstruktionskatalog | 35 |
| 6.5 Weiteres Vorgehen | 35 |
| 6.6 Ergebnis | 35 |
| 7 Anwendungsbeispiele für extreme Schwinggetriebe | 35 |
| 7.1 Auffaltbarer Baustellenkran. | 35 |
| 7.2 Spulgetriebe für Angelschnur. | 35 |
| 7.3 Vorschubgetriebe für eine Umformmaschine | 37 |
| Anhang | 39 |
| A1 Sammlung von Drehwinkel-Vergrößerern | 39 |
| A2 Sammlung von Schubweg-Vergrößerern | 40 |
| A3 Sammlung von Wandlern | 41 |
| A4 Zusätzliche CD-ROM | 42 |
| Schrifttum. | 43 |

VDI-Gesellschaft Produkt- und Prozessgestaltung (GPP)

Fachbereich Getriebe und Maschinenelemente

VDI-Handbuch Getriebetechnik I: Ungleichförmig übersetzte Getriebe
VDI-Handbuch Produktentwicklung und Konstruktion

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2727.

Einleitung

In den verschiedenen Bereichen des Maschinen- und Gerätebaus werden für Bewegungsaufgaben optimale Konstruktionen verlangt. Mechanismen und Getriebe als Konstruktionsbausteine bieten dafür ein breites Lösungsspektrum. Allerdings ist die Suche nach geeigneten Getriebebauformen vielfach mühsam. Entsprechendes Fachwissen ist zwar in Hunderten von Büchern und Artikeln zu finden, aber Konstrukteuren, die keine Getriebespezialisten sind, schon aus Zeitmangel oft schwer zugänglich.

Die Richtlinienreihe VDI 2727 soll dem Konstrukteur helfen, über systematisch geordnete typische Bewegungsabläufe, denen getriebetechnische Lösungen zugeordnet sind, schneller und sicherer zu geeigneten Lösungen zu kommen. Diese lassen sich durch Beachten der in den Katalogen enthaltenen kennzeichnenden Merkmale und Anwenden von Kriterien aus einem Lösungsfeld herausfiltern.

Die in den Richtlinien VDI 2222 Blatt 1 und Blatt 2 schon gegebenen allgemeinen Empfehlungen wurden hier auf die besonderen getriebetechnischen Problemstellungen angewendet und erweitert.

Durch sinnvollen Gebrauch der Richtlinienreihe VDI 2727 ergibt sich ein breiter wirtschaftlicher Nutzen durch

- Finden besserer Lösungen in kürzerer Zeit,

- Übersichtsinformation über vorhandene getriebetechnische Konstruktionskataloge und
- methodische Wissensdokumentation auch als Vorbedingung der Rechneranwendung.

Es wird dem Konstrukteur ein Weg gezeigt, wie er für seine spezielle Aufgabe geeignete Lösungen findet. Es ist auch derjenige Konstrukteur angesprochen, der mit der Konstruktionsmethodik und der Getriebetechnik nur wenig vertraut ist.

Die vorliegende Richtlinie enthält einen Konstruktionskatalog zu der Aufgabenstellung Umwandlung einer fortlaufend drehenden oder wechselsinnig schiebenden Antriebsbewegung in eine extreme Schwingbewegung.

Zusätzlich zu der systematischen Darstellung der verschiedenen Lösungen im Katalogteil werden in einem gesonderten Abschnitt die theoretischen Grundlagen zum Erzeugen von solchen extremen Schwingbewegungen vermittelt. Der Konstrukteur ist dadurch in der Lage, die verschiedenen möglichen Lösungen leichter an seine spezielle Aufgabenstellung anzupassen. Anhand eines Beispiels wird die Verwendung des Konstruktionskatalogs bei der Lösungssuche und -auswahl demonstriert. Einige Beispiele von konkreten Einsatzfällen verdeutlichen zudem die Anwendungsmöglichkeiten der extremen Schwinggetriebe. Eine beiliegende CD-ROM bietet außerdem die Möglichkeit, die Getriebe des Konstruktionskatalogs in animierter Form zu betrachten.

Diese Richtlinie verwendet die nach der Grammatik männliche Form in einem geschlechtsneutralen Sinn.

1 Anwendungsbereich

Bewegungsaufgabe

In vielen Bereichen der Technik gibt es die Bewegungsaufgabe, aus einer umlaufenden (gleichsinnig drehenden) Antriebsbewegung (Antriebswinkel φ) oder aus einer wechselsinnigen Schubbewegung z. B. durch einen Hydraulikkolben (Antriebsweg w) eine Schwingbewegung am Abtriebsglied zu erzeugen. Diese Schwingbewegung kann sowohl eine wechselsinnige Drehbewegung (Abtriebswinkel ψ) als auch eine wechselsinnige Schubbewegung (Abtriebsweg s) sein. Der zeitliche Ablauf der Schwingbewegung kann periodisch sein, z. B. durch einen kontinuierlich umlaufenden Antrieb, oder sporadisch erfolgen, z. B. durch einen programmgesteuerten Antrieb.

Tabelle 1. Prinzipie und Mittel zum Erzeugen von Schwingbewegungen

| Prinzip | Mittel (Beispiele) | Nr. | Eigenschaften |
|-------------|--|-----|--|
| Mechanisch | Koppelgetriebe, Kurvengetriebe, kombinierte Getriebe | 1 | Hat eine starre Kopplung, ist für schnelle Bewegungen und/oder große Kräfte geeignet. Die Synchronisation mehrerer Bewegungen in einer Maschine ist gesichert möglich. |
| | Summiergetriebe mit zwei Antrieben | 2 | Hat eine starre Kopplung, ist für schnelle Bewegungen und/oder große Kräfte geeignet. |
| Elektrisch | Schrittmotor mit Bewegungssteuerung | 3 | Ist flexibel in der Anwendung, hat geringe Haltekräfte. |
| | geregelter Gleichstrommotor mit Steuerung | 4 | Ist flexibel in der Anwendung; die Regelung ist aufwendig. |
| Hydraulisch | hydraulischer Schrittmotor mit Steuerung | 5 | Ist flexibel in der Anwendung und für schnelle Bewegungen und große Kräfte geeignet. Die Regelung ist sehr aufwendig. Ein hydraulisches Medium muss vorhanden sein. Die Synchronisation mehrerer Bewegungen ist sehr aufwendig und nicht sicher. |
| | hydraulischer Kolben mit Steuerung | 6 | Schafft große Kräfte; die Regelung ist aufwendig. Ein hydraulisches Medium muss vorhanden sein. |
| Pneumatisch | pneumatischer Schrittmotor mit Steuerung | 7 | Ist flexibel in der Anwendung, relativ schnelle Bewegungen, geringe Haltekräfte. Die Regelung ist relativ aufwendig. Druckluft muss vorhanden sein. Die Synchronisation mehrerer Bewegungen ist sehr aufwendig und nicht sicher. |
| | pneumatischer Kolben mit Steuerung | 8 | Hat geringe Kräfte, eine einfache Steuerung oder nur Endlagendämpfung (z.B. Federpakete). Druckluft muss vorhanden sein. |

Lösungsansätze

Die Erzeugung einer Schwingbewegung kann mit unterschiedlichen Prinzipien und Mitteln erfolgen (Tabelle 1).

Inhalt der Richtlinie

In der vorliegenden Richtlinie wird nur das mechanische Prinzip in Tabelle 1 zur Lösung der gegebenen Bewegungsaufgabe benutzt. Demzufolge werden als

Mittel diejenigen Getriebe behandelt, die durch einen kontinuierlichen oder zeitlich gesteuerten Antrieb eine Schwingbewegung erzeugen. Diese ist eine Dreh- oder eine Schubbewegung (Bild 1).

Da einfache Schwingbewegungen durch eine Vielzahl von Getrieben realisiert werden können, sind in dieser Richtlinie nur diejenigen Lösungen aufgeführt, die eine extreme Schwingbewegung erzeugen. Unter „extremen“ Schwinggetrieben sollen im Folgenden verstanden werden:

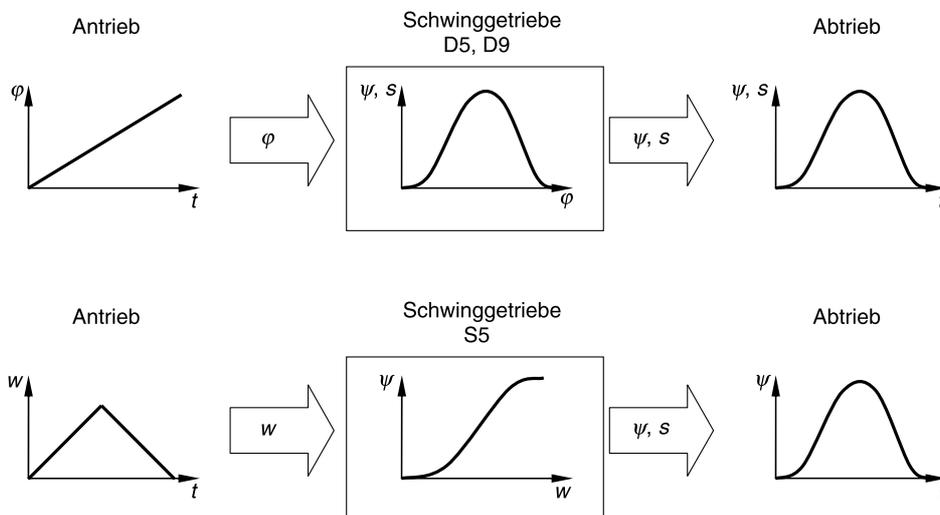


Bild 1. Getriebefunktionen der Schwinggetriebe

- bei Getrieben mit rotatorischem Abtrieb:
 - Getriebe, die mindestens einen Schwingwinkel Ψ_0 von 90° erzeugen oder
 - Kurvengetriebe, bei denen für das Verhältnis von Schwingwinkel Ψ_0 zu Periodenwinkel Φ_0 gilt:

$$\frac{\Psi_0}{\Phi_0} > \frac{1}{\pi}$$

- bei Getrieben mit translatorischem Abtrieb:
 - Getriebe, bei denen für das Verhältnis von Schubweg S_0 zu Antriebsgliedradius r gilt:

$$\frac{S_0}{r} > 2$$

Der darin enthaltene Schubweg S_0 bezieht sich auf eine Umdrehung des Antriebsglieds.

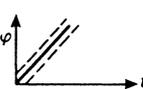
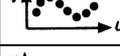
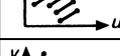
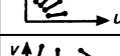
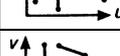
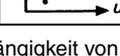
| Häufig vorkommende Bewegungsaufgaben (Abtriebsfunktionen) | | | | Häufig vorkommende Antriebsfunktionen | | |
|--|---|---|---|---|--|-----|
| | | | | Gleichsinnig Drehen | Wechselsinnig Schieben | |
| Häufig vorkommende Bewegungsaufgaben (Abtriebsfunktionen) | | | |  Elektromotoren, Turbinen, Schrittmotoren |  Hydraulikzylinder, Pneumatikzylinder, Linearmotoren | |
| | Bewegungsablauf | Beispiel | Nr. | D | S | |
| Über der Zeit als | Drehen | gleichsinnig  | Kreuzgelenkwelle | 1 | D1 ^{a)} | S1 |
| | | gleichsinnig linear  | Zahnriemengetriebe | 2 | D2 | S2 |
| | | gleichsinnig mit Rast  | Filmtransport | 3 | D3 ^{b)} | : |
| | | gleichsinnig mit Pilgerschritt  | Baumwollkämmmaschine | 4 | : | |
| | | wechselsinnig  | Scheibenwischer | 5 | D5 | S5 |
| | | wechselsinnig mit Rast(en)  | Ladenbewegung einer Webmaschine | 6 | D6 ^{c)} | |
| | | wechselsinnig mit Teilrückdrehung(en)  | Etikettieren | 7 | | |
| Schieben | gleichsinnig  | Transportband | 8 | D8 ^{a)} | | |
| | wechselsinnig  | Rasierapparat | 9 | D9 ^{d)} | | |
| | wechselsinnig mit Rast(en)  | Ventilstößel | 10 | D10 ^{c)} | | |
| | wechselsinnig mit Teilrückdrehung(en)  | Spülmaschine | 11 | | | |
| Auf vorbestimmten Bahnen oder durch vorbestimmte Lagen als | Führen | Punkt auf Kreisbahn  | Drehvorrichtung für Kugeln | 12 | | |
| | | Punkt auf Gerade  | Geradführung | 13 | | |
| | | Punkt auf allgemeiner Bahn  | Koppelpunktbahn durch acht vorgegebene Punkte | 14 | | |
| | | Körper mit Schiebung  | Straßenbahntür | 15 | | |
| | | Körper mit Drehung  | Türscharnier | 16 | | |
| | | Körper mit allgemeiner Bewegung  | Handlingaufgaben | 17 | : | : |
| | | Körper in Lagen positionieren  | Regenschirm, Autositz | 18 | D18 | S18 |

Bild 2. Matrix der Getriebefunktionen in Abhängigkeit von der Bewegungs Aufgabe und einer vorgewählten Antriebsfunktion

a) VDI 2727 Blatt 5

b) VDI 2727 Blatt 3

c) VDI 2727 Blatt 4

d) VDI 2727 Blatt 2

Bei Getrieben mit translatorischer Antriebsbewegung kann eine Schwingbewegung am Abtrieb nur erzeugt werden, wenn der Antrieb wieder zurückfährt (Bild 1 unten), das heißt auch eine Schwingbewegung ausführt. Die Übertragungsfunktion 0. Ordnung ist hierbei im Gegensatz zu Getrieben mit fortlaufendem rotatorischem Antrieb **nichtperiodisch**. Im Katalogteil der Richtlinie sind von diesen Getrieben mit linearer Antriebsschwingbewegung nur diejenigen aufgenommen, deren Übertragungsfunktion nicht vollständig linear ist und die einen rotatorischen Abtrieb besitzen, das heißt die translatorische Schwingbewegung nichtlinear wandeln.

Daher behandelt der Katalog nur extreme Schwinggetriebe der Felder D5, S5 und D9 in der Matrix der Getriebefunktionen (Bild 2, vgl. VDI 2727 Blatt 1).

Getriebe, die eine translatorische Schwingbewegung linear wandeln, (z.B. Zahnstange mit Abtriebsrad) oder Getriebe, die eine Schwingbewegung nur vergrößern (vgl. Abschnitt 3.2) sind in einer eigenen Sammlung im Anhang der Richtlinie zusammengefasst.

Auch Getriebe, die eine Drehung eines Körpers um einen ideellen, das heißt körperlich nicht als technisches Drehgelenk ausgeführten, Drehpunkt erzeugen oder einen Körper entlang einer ideellen Geraden hin und her führen, sind im Katalogteil nicht aufgenommen. Sie gehören zu den Führungsgetrieben und werden durch die Matrixfelder D16 und S16 bzw. D15 und S15 beschrieben.

Die meisten der aufgeführten Lösungen sind Schwinggetriebe mit rotatorischem Abtriebsglied. Diese können im Allgemeinen immer in ein Schwinggetriebe mit translatorischem Abtrieb umgewandelt werden (siehe Abschnitt 3.2, Bild 10). Um die Richtlinie im Umfang zu begrenzen, sind solche Umwandlungen in der Regel nicht zusätzlich im Lösungskatalog enthalten.

Die Lösungen sind in Form eines Konstruktionskatalogs [12] zusammengestellt, der außer den Getrieben eine ordnende Systematik und einen Zugriffsteil hat.

Ziel dieser Richtlinie ist es, dem Anwender zweckmäßige Lösungen in einer übersichtlichen Form verfügbar zu machen (siehe auch VDI 2727 Blatt 1). Dabei stellt der vorliegende Lösungskatalog einen Kompromiss dar. Auf der einen Seite soll ein möglichst vollständiges Spektrum an Lösungen bereitgestellt werden. Da aber eventuell bereits kleine Änderungen der kinematischen Abmessungen relativ große Abweichungen oder andersartige Charakteristiken bei den jeweiligen Übertragungsfunktionen bewirken können, wächst die Anzahl der Lösungen leicht über vertretbare Grenzen hinaus. Werden andererseits einander ähnliche Lösungen immer weiter zusammengefasst, so erhält man zwar eine geringe –

überschaubare – Anzahl abstrakter Lösungsprinzipie, jedoch ist der Weg vom abstrakten Prinzip bis hin zur brauchbaren Realisierung des Getriebes oft nicht einfach zu erkennen und zu durchschreiten.

Der Katalog in der vorliegenden Form soll dem Konstrukteur Anregungen und Denkanstöße geben. Die konkreten Zahlenbeispiele können als Startlösung für eine optimale Anpassung an den jeweiligen Anwendungsfall dienen.

Der Katalog erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit; so werden beispielsweise bei Kurvengetrieben nur die grundsätzlichen Prinzipie aufgeführt. Ausführlich werden diese in den Richtlinien VDI 2142 und VDI 2143 behandelt.

2 Formelzeichen

In dieser Richtlinie werden die nachfolgend aufgeführten Formelzeichen verwendet:

| | |
|-------------|-----------------------------|
| S_0 | Abtriebshubweg |
| S_{V0} | vergrößerter Abtriebshubweg |
| W_0 | Antriebshubweg |
| r | (Kurbel-)Radius |
| s | Abtriebsweg |
| s_V | vergrößerter Abtriebsweg |
| t | Zeit |
| w | Antriebsweg |
| Φ_0 | Totlagenwinkel |
| Ψ_0 | Schwingwinkel |
| Ψ_{V0} | vergrößerter Schwingwinkel |
| μ | Übertragungswinkel |
| ν | Vergrößerungszahl |
| φ | Antriebswinkel |
| ψ | Abtriebswinkel |
| ψ_V | vergrößerter Abtriebswinkel |

3 Theoretische Grundlagen

3.1 Grundgetriebe und ihre Übertragungsfunktionen

Die einfachsten Getriebe zur Umwandlung einer umlaufenden Drehbewegung (Antriebswinkel φ) in eine rotatorische Schwingbewegung (Abtriebswinkel ψ) sind die Kurbelschwinge (Bild 3) und das dreigliedrige Kurvengetriebe mit Rollenhebel (Bild 4). Der Schwingwinkel Ψ_0 der Schwinge bzw. des Rollenhebels ist bei beiden Getrieben sehr begrenzt, wenn eine gewisse Güte der Bewegungsübertragung vom Antrieb zum Abtrieb gewährleistet sein soll. Während bei der Kurbelschwinge der Kurbelwinkel Φ_0 , der den Totlagen der Schwinge zugeordnet ist, nicht wesentlich von 180° abweichen kann, lässt sich beim Kurvengetriebe durch eine entsprechende Gestalt der antreibenden Kurvenscheibe ein größerer Unter-