

Simulation und Kennwerte von Gelenkarmmechanismen

Zur Bewegung großer Lasten und zur mobilen Erzeugung hoher Kräfte werden hydraulisch angetriebene Bewegungsmechanismen eingesetzt, deren Struktur als Gelenkarmmechanismus (Manipulator) bezeichnet wird (Abb. 1a). Beispiele sind Reinigungssysteme für Flugzeuge und Schiffe, Rettungssysteme für den Katastrophenfall und Be- und Entladesysteme für den Luft- und Wasserfrachtverkehr [1, 2, 3]. Wichtige Kenngrößen von Gelenkarmmechanismen sind Ausleger-schwenkwinkel, Reichweite, Positionier- und Wiederholgenauigkeit sowie Freiheiten in der Raumorientierung.

Bauformen und Gütekennwerte

Der Armantrieb eines Gelenkarmmechanismus erfolgt über einen Umlenkmechanismus, der eine definierte Schwenkbewegung der Arme relativ zueinander gewährleistet und die translatorische Antriebs- in eine rotatorische Abtriebsbewegung umwandelt. Hierzu sind die sechsgliedrigen Koppelgetriebe nach Stephenson und Watt besonders geeignet (Abb. 1a,b). Elektrohydraulisch gesteuerte Hydraulikzylinder erzeugen die lineare Antriebsbewegung [4, 5].

Zur Beurteilung der Güte der Bewegungs- und Kraftübertragung von Mechanismen ist der Übertragungswinkel μ nach Alt bekannt [6, 7]. Nicht berücksichtigt wird hierbei die Beeinflussung der Bewegungsgüte durch Reib- oder Trägheitskräfte sowie die Schwerkraft. Ohne Zusatzkräfte ist eine Bewegungsübertragung für $\mu = 0^\circ$ nicht möglich. Da aus den genannten Gründen der Übertragungswinkel kein geeignetes Maß zur Gütebeurteilung der Bewegung von Umlenkmechanismen ist [8], werden alternative Kenngrößen vorgeschlagen.

Linearitätsgrad und Effektivkraftverhältnis

Zur Optimierung des Übertragungsverhaltens und zur Gütebeurteilung der Bewegungsübertragung wird der Kennwert Linearitätsgrad (L) eingeführt [9]. Der Linearitätsgrad beschreibt das

momentane Verhältnis aus Schwenkwinkel des Auslegerarmes κ zur momentanen Hublänge des Hydraulikzylinders z_{Hub} :

$$L = \frac{\kappa}{z_{\text{Hub}}} \left[\frac{^\circ}{\text{mm}} \right].$$

Der Linearitätsgrad kennzeichnet die Linearität zwischen Schwenkwinkel und Hub während der Bewegung der Ausleger. Angestrebt wird ein möglichst großer Zahlenwert und ein konstanter Verlauf, um das dynamische Verhalten des Manipulators zu verbessern und mechanismenbedingte Beschleunigungsvorgänge zu vermeiden. Mit der Größe des Linearitätsgrades wird die Übersetzung gekennzeichnet, die den Schwenkwinkel je mm Zylinderhub angibt. Die Mittelwertbildung über den gesamten Schwenkwinkelbereich ist ein Maß für den mit dem jeweiligen Umlenkmechanismus erreichbaren Schwenkwinkel.

Zur Beurteilung der Güte der Kraftübertragung wird als Kennwert das Effektivkraftverhältnis E_v eingeführt [9]. Es bezeichnet die momentane Zylinderkraft F_K bezogen auf die momentane Effektivkraft F_{eff} :

$$E_v = \frac{F_K}{F_{\text{eff}}}.$$

Als Effektivkraft wird die Kraftkomponente bezeichnet, die mit dem Hebelarm das Antriebsmoment des Auslegers bildet.

Für Umlenkmechanismen ist ein möglichst kleines Effektivkraftverhältnis vorteilhaft, d.h. eine geringe Zylinderkraft bei gleichzeitig großer Effektivkraft. Im Gegensatz zum Effektivkraftverhältnis ist beim Linearitätsgrad ein möglichst großer Wert, d.h. ein hoher Schwenkwinkel bei kleinem Hub anzustreben.

Die Schwenkwinkeloptimierung der sechsgliedrigen Koppelgetriebe nach Watt, Stephenson und einer Variante mit Doppelgelenk und der anschließende Vergleich der Gütekennwerte zeigen, dass das Koppelgetriebe nach Stephenson

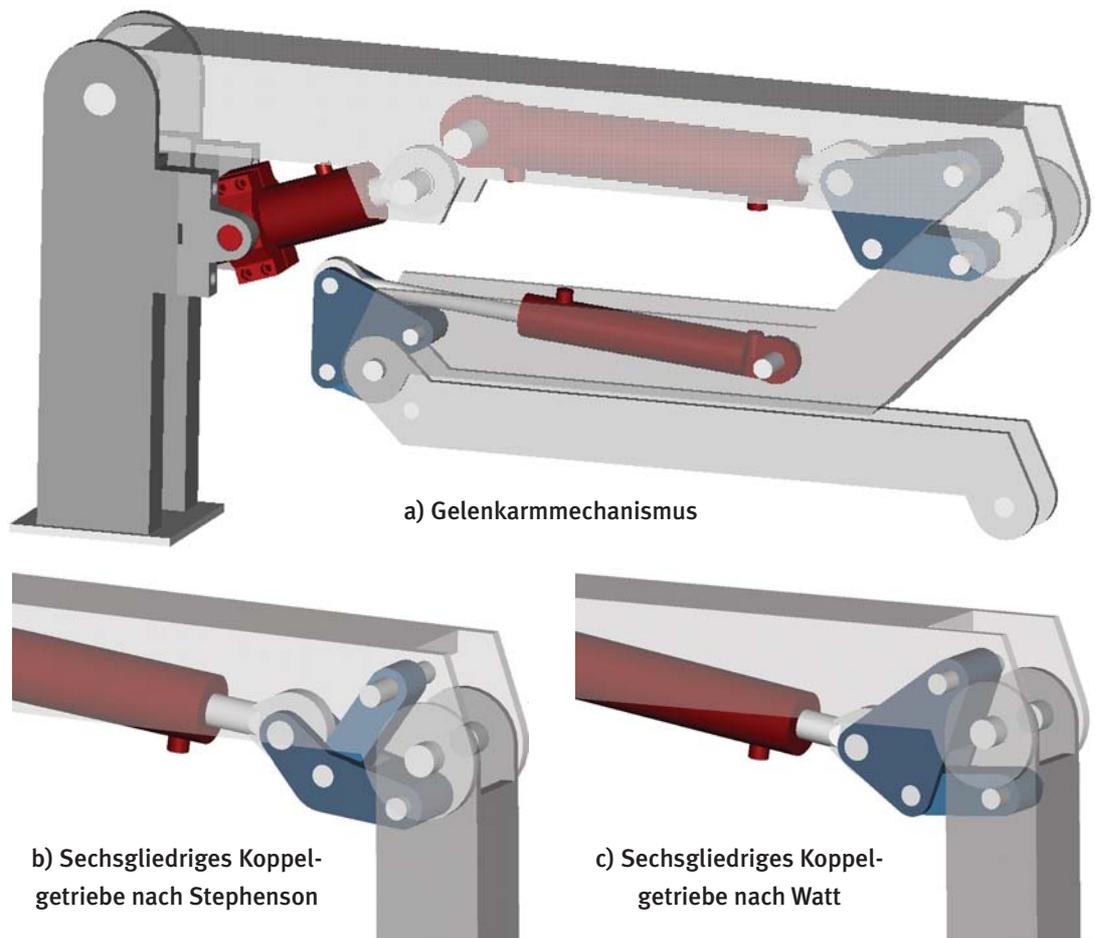
KEY-Words:

sechsgliedriges Koppelgetriebe – elektrohydraulisch gesteuerte Hydraulikzylinder – Gütebeurteilung – Kennwert Linearitätsgrad – Effektivkraftverhältnis – effektive Kraftübertragung

KONTAKT:

Dr. Udo Gnasa
Techn. Leiter Rechenzentrum
RheinAhrCampus der
FH Koblenz
Südalle 2
53424 Remagen
T 02642 932-314
gnasa@rheinahrcampus.de

Abbildung 1:
Gelenkarmmechanismus und Koppelgetriebe nach Watt und Stephenson



die besten Kennwerte aufweist. D.h. es hat gegenüber den anderen Umlenkmechanismen den Vorzug, einen größeren Schwenkwinkel realisieren zu können und weist eine effektivere Kraftübertragung auf [9].

Bei diesem Beitrag handelt es sich um wissenschaftliche Erkenntnisse aus der Dissertation des Autors, der seine Promotion im Sommer 2001 erfolgreich abgeschlossen hat.

Literatur:

- [1] Engeln, W.: Rechnergestützte Auslegungsverfahren für Großmanipulatoren mit Gelenkarmkinematik, IPA-IAO Forschung und Praxis, 206, Springer-Verlag, 1995
- [2] Hiller, M., Schneider, M.: Zwischenbericht für den Zeitraum 4.11.91 bis 1.7.93 im DFG-Vorhaben Hi 370/6-1 „Regelung von Großrobotern“, Universität -GH- Duisburg, Fachgebiet Mechatronik, August 1993
- [3] Gnasa, U.; Modler, K.-H.; Richter, E.-R.: Computerintegrierte Entwicklung nichtlinearer Bewegungsvorgänge durch Mechanismen mit elektrohydraulischen Antrieben; 41. IWK TU-Ilmenau, 1996
- [4] Grün, J.: Mikroelektronische Steuerung offener Mechanismenkettens durch direkte Auslegerwinkelzuordnung, Diplomarbeit, TU Dresden 1995
- [5] Grün, J.: Ein Beitrag zur Steuerung offener Mechanismenkettens mit hydraulischem Antrieb, Dissertation, TU Dresden 2000
- [6] Alt, H.: Der Übertragungswinkel und seine Bedeutung für das Konstruieren periodischer Getriebe. Werkstatttechnik 26 (1932) 4, S. 61 - 64
- [7] Luck, K; Modler, K.-H.: Getriebetechnik. Springer-Verlag, Wien/New York, 1990
- [8] Volmer, J.: Getriebetechnik. Vieweg Verlag, Braunschweig, 1978
- [9] Gnasa, U.: Virtuelle Entwicklung von Gelenkarmmechanismen, Dissertation, TU Dresden 2001