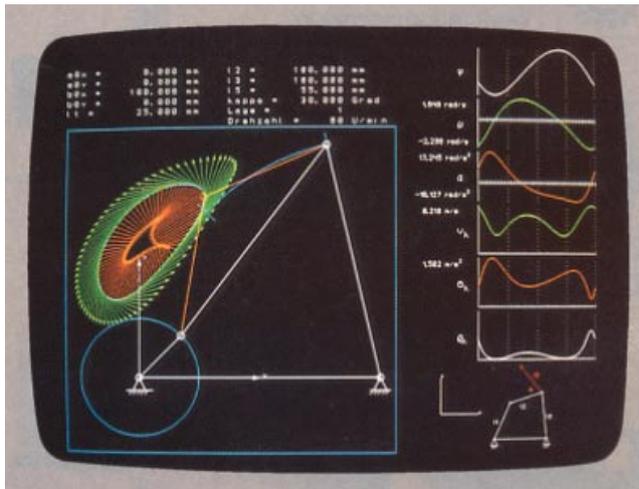


## Flimmerfrei aus dem Rechner

Maschinenmarkt 95 Ausgabe 36 - 1989

### Bewertung und Simulation von Viergelenkgetrieben und Schubkurbeln mittels Rechnerprogramm



Mit einem Rechnerprogramm läßt sich die Kinematik von Viergelenkgetrieben und Schubkurbelgetrieben sehr genau auslegen. Außerdem ermöglicht es das Bewerten der erzielten Kurvenverläufe im Vergleich mit der Vorgabe. Die Geschwindigkeiten und die Beschleunigungen des Koppelpunktes in jedem Punkt der Koppelkurve kann man sich grafisch und tabellarisch ausgeben lassen. Zum Abschluß erstellt das Kinematikprogramm in einem Simulationslauf einen flimmerfreien Film über den Ablauf des Gelenkgetriebes.

Bild 1: Koppelkurven und Bewegungsdiagramme eines Viergelenkgetriebes sowie Darstellung von Geschwindigkeiten und Beschleunigungen als Vektoren.

Ein Programm zum Berechnen und Simulieren von Kurven- und Gelenkgetrieben unterstützt den Konstrukteur beim Realisieren von ungleichförmigen Bewegungen an Maschinen. Das Programm berechnet die Koppelkurven und die entsprechenden Bewegungsdiagramme (Bild 1) aufgrund der Eingabedaten. Die Geschwindigkeit und die Beschleunigung sind auch als Vektoren darstellbar. Dieses Programm gliedert sich in vier Ausbaustufen [1]. Rechnerprogramme vereinfachen die aufwendige Konstruktion von Gelenkgetrieben wesentlich [2]. Die einfachste Ausbaustufe dieses Programms ist auf Viergelenkgetriebe und Schubkurbeln zugeschnitten. Die Vorgehensweise am Bildschirm wird in [3] anhand eines Viergelenkgetriebes, das über eine Strecke von mindestens 100 mm eine Gerade fahren soll, demonstriert. Es ergab sich ein Viergelenkgetriebe gemäß Bild 2, das relativ nahe an der Startvorgabe [1] liegt. Die Abweichung von der Geradföhrung ist allerdings nicht gleich Null, sondern lediglich minimal in bezug auf die optimierten Parameter.

## Geradföhrungsfehler ist direkt ablesbar

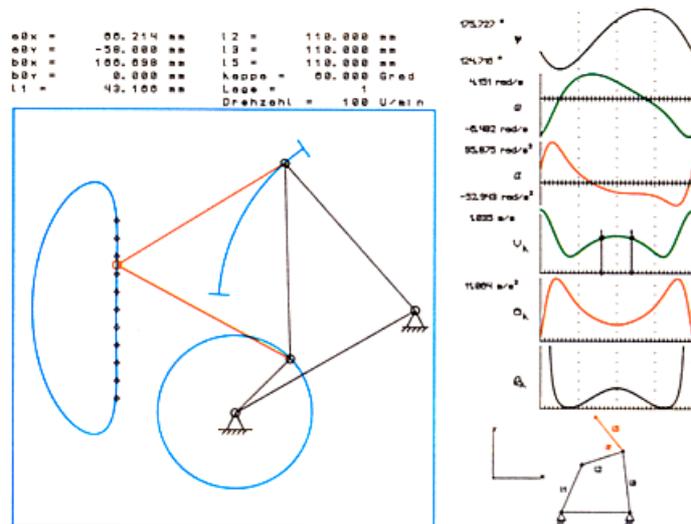
**Tafel 1: Auswahlmenü für Schwinghebelkurvengetriebe**

Menüpunkt	Menü für Hebelkurve
a	Bildschirmfenster
b	Ausgabe auf Peripherie
c	Eingabe oder Änderung
d	Analyse
e	Simulation
f	Tabelle
g	Laden
h	Speichern
i	Ende

Um einen genauen Überblick über die Abweichung von der Geradföhrung zu bekommen, zieht man am besten Tafel 1 heran, die intern dem Menüpunkt "i" des Programms [1] zugeordnet ist. In dieser Tafel sind der Schwingwinkel  $\psi$  und die Koordinaten des Koppelpunktes mit der entsprechenden Geschwindigkeit für die vorgegebene Drehzahl in Abhängigkeit vom Kurvendrehwinkel  $\phi$  aufgelistet. Weil der Koordinatenursprung in die Mitte der Geradföhrung gelegt wurde, kann man den Geradföhrungsfehler im Bereich

$-50 \text{ mm} < Y < +50 \text{ mm}$  direkt als X-Koordinate ablesen. In diesem Bereich ist  $-0,191 \text{ mm} < X < 0,230 \text{ mm}$ , die Toleranz von  $\pm 0,5 \text{ mm}$  hält dieses Getriebe also ein. In der Tat ist die Geradföhrung nach dieser Festlegung auf jeder Seite 4 mm länger als gefordert, die man zunächst als Sicherheit betrachten kann. Die Fehler in positiver und negativer X-Richtung sind nicht gleich groß, weil der Abstand der Referenzpunkte von der Koppelkurve zum Quadrat eingeht. Durch Verschieben des Getriebes um 0,02 mm nach links (-X) gleicht sich die

Fehlercharakteristik aus. Ein Vergleich der größten und kleinsten Auslenkung der Koppelkurve in Y ergibt, daß die waagerechte Mittellinie bei  $Y = 0,02 \text{ mm}$  liegt. Um die Koppelkurve optimal auszunutzen, müßte man das gesamte Getriebe um 0,02 mm nach unten (-Y) verschieben. Diese geringen Abweichungen röhren von den Vereinfachungen bei der Vergabe der Synthesebedingungen her, weil eine Variation in Y-Richtung ausgeklammert wurde.



**Bild 2: Optimiertes Viereckengetriebe, das relativ nahe an der Startvorgabe liegt [1].**

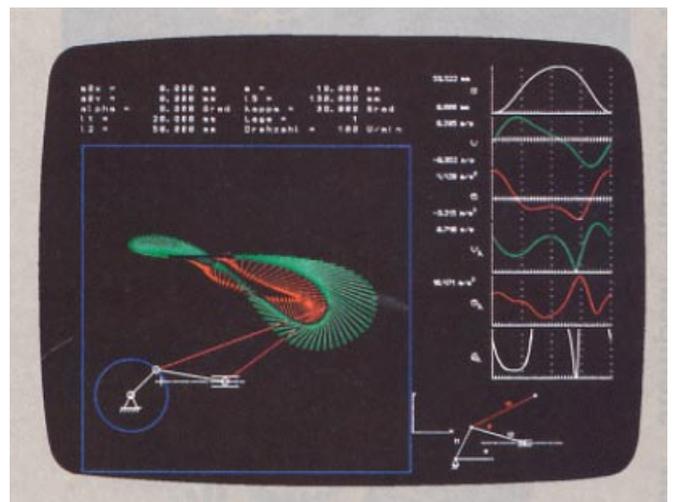
## Bewegte Gelenkgetriebe flimmerfrei darstellen

Die Geschwindigkeit  $v_K$  des Koppelpunktes K kann im Bereich der Geradführung, der als mittlerer Bereich im Diagramm des Bildes 1 von zwei senkrechten Markierungsstrichen gekennzeichnet ist, als hinreichend genau konstant betrachtet werden. Die in diesem Bereich trotzdem auftauchende Beschleunigung ist im wesentlichen eine Radialbeschleunigung, die aufgrund der Restkrümmung der Koppelkurve auftritt. In der Tat stellt sich heraus, daß sich der prinzipielle Verlauf der Geschwindigkeit durch Variation irgendeiner Getriebeabmessung kaum verändern läßt. Der "Geschwindigkeitsberg" im Bereich der Geradführung bleibt bei geringfügiger Änderung aller Parameter erhalten.

Das gefundene Getriebe kann also als Lösung der Aufgabenstellung akzeptiert werden. Abschließend wird der Remi-Punkt  $f$  (Simulation) der Tafel 1 aufgerufen. Hier erstellt das Kinematikprogramm einen Film von dem laufenden Viergelenkgetriebe, der anschließend flimmerfrei dargestellt wird.

Die zweite Gruppe der Getriebe, die von dieser einfachsten Ausbaustufe des Kinematikprogramms behandelt werden, sind die Schubkurbelgetriebe. Für diesen Getriebetyp stehen die gleichen Möglichkeiten der Eingabe, Optimierung und Simulation zur Verfügung wie für die Viergelenkgetriebe. Deshalb kann sich die Darstellung an diesem Punkt auf eine Bildschirmaufnahme (Bild 3) beschränken.

Bei dieser Zeichnung sind die Vektoren für die Geschwindigkeit in grüner und für die Beschleunigung in roter Farbe mit ausgegeben worden.



**Bild 3: Schubkurbelgetriebe**

## Schrifttum

- 1] Nolte, Rainer: Programm zum Auslegen eines Kurvengetriebes mit Schwinge oder Stößel. Maschinenmarkt 95 (1989) 21, Seiten 72 bis 76.
- 2] Nolte, Rainer: Rechnerprogramm vereinfacht das Auslegen von Kurvengetrieben. Maschinenmarkt 91 (1985) 82, Seiten 1603 bis 1604.
- 3] Nolte, Rainer: Computerunterstütztes Auslegen der Kinematik von Viergelenkgetrieben. Maschinenmarkt 95 (1989) 26, Seiten 44 bis 49.