

Bauteilkonturen berücksichtigt

Maschinenmarkt Ausgabe 2 - 1990

Kinematische Analyse ebener Mechanismen mit beliebigen Flanken im Eingriff

Kinematikprogramme sind eine wesentliche Hilfe, um das Know-How des Ingenieurs in eine konkrete Fertigungsunterlage umzusetzen. Ein mehrstufiges Mechanismenprogramm dient in seiner dritten Ausbaustufe der Analyse ebener Mechanismen. Dabei können beliebige Flankenkonturen miteinander im Eingriff stehen. Der Mechanismus und die Bauteilkontur werden definiert. Der Programmpunkt "Struktur" erläutert die Getriebefunktion. In der Funktion "Durchlauf" läßt sich der Bewegungsablauf simulieren.

In industriellen Maschinen sind häufig ungleichförmige Bewegungen zu erzeugen, damit im Endeffekt die gewünschte Funktion entsteht. Beispiele sind Verpackungsmaschinen, Druckmaschinen, Webstühle, Textilmaschinen, Nähautomaten und Pressen. Um entsprechende Getriebe konstruieren zu können, muß der Ingenieur die Maschinenteknologie beherrschen und die aufgabenspezifischen Bewegungsabläufe kennen und berechnen können.

Bei dieser Aufgabe können auf Computern anwendbare Kinematikprogramme eine wesentliche Hilfe sein. Ein Bielefelder Softwarehaus hat ein Programm entwickelt, das als Werkzeug zu sehen ist, mit dem der Ingenieur sein Know-How möglichst effizient in eine konkrete Fertigungsunterlage umsetzen kann. Das Programmpaket umfaßt vier Ausbaustufen, von denen die beiden ersten bereits beschrieben wurden (1 bis 3). Die dritte Ausbaustufe umfaßt die kinematische Analyse und Bewertung ebener Mechanismen, bei denen beliebige Flankenkonturen miteinander im Eingriff stehen.

Dieses Modul ist für die Bereiche Automobilbau, Handhabungstechnik und ähnliche Anwendungen auf der Basis von Anregungen aus diesen Bereichen konzipiert und entstanden. Die Arbeitsweise des Bewertungsprogramms soll am Beispiel eines Hebels (Bild 1) vorgeführt werden. Die Fragestellung dabei lautet: Welcher Bewegungsverlauf ergibt sich am rot dargestellten Schwinghebel, wenn die schwarz eingezeichnete Kurvenscheibe kontinuierlich umläuft? Die Kurvenscheibe ist vereinfachend als exzentrisch gelagerte, kreisrunde Scheibe angenommen. Ihr Durchmesser beträgt 160 mm, die Exzentrizität ist mit 50 mm festgelegt.

Zunächst startet man das Mechanismenprogramm mit dem Befehl om1c (Return). Auf dem Grafikbildschirm erscheint das Arbeitsmenü. Das Mechanismenprogramm wird über ein grafisches Tablett bedient, über das sämtliche Programmfunktionen aufrufbar sind.

Zahlenwerte lassen sich mit einem Tablettstift auf einem Zahlenfeld unterhalb des Arbeitsmenüs eingeben.

Vor der Untersuchung ist das Kurvengetriebe zu definieren. Das Mechanismenprogramm berücksichtigt die betrachteten Glieder mit ihren Konturen. Darin unterscheidet es sich von üblichen Getriebeanalyseprogrammen, in denen nur mit Strichmodellen gerechnet wird. Im Mechanismenprogramm wird nur mit Kurvengelenken gearbeitet, die dann vorliegen, wenn zwei Bauteilflanken im Eingriff sind. Im allgemeinen verfügen Kinematikprogramme nur über Drehgelenke und Schubgelenke.

Alle Teile, die sich im Getriebe bewegen, definiert das Programm als Bauteile. Unter der Voraussetzung, daß nur ebene Getriebe behandelt werden, weißt jedes Getriebe drei Freiheitsgrade aus, und zwar Bewegung in X- und Y-Richtung sowie Drehung in der XY-Ebene.

Jedes Bauteil kann beliebig viele Konturen annehmen. Eine Kontur ist eine Folge von Geraden und Kreisbögen. Die Konturen werden außerhalb des Programms definiert, beispielsweise in einem CAD-System. Ein Mechanismus entsteht im Rechenmodell in der Weise, daß Konturen verschiedener Bauteile im Eingriff sind. Sich gegenseitig berührende Konturen ergeben ein Konturenpaar. Zwei Bauteile, die sich mit jeweils einer Kontur berühren, sollen ein Bauteilpaar ergeben. Es ist möglich, daß innerhalb eines Bauteilpaars mehrere Konturenpaare auftreten, das heißt, die Bauteile berühren sich in mehr als einem Flankenpaar. In diesem Falle ist aber im allgemeinen nur ein Konturenpaar wirksam, die anderen befinden sich nicht im Eingriff.

Der erste Schritt zur Definition eines Mechanismus ist das Erzeugen der entsprechenden Bauteile mit der Funktion "neues Bauteil". Die neuen Bauteile erhalten damit einen Speicherplatz im einem Fenster des Monitors und einen Namen, der das entsprechende Fenster kennzeichnet (Bild1). Im Beispiel heißen die Bauteile "Kurve" und "Hebel".

Anschließend folgt für jedes Bauteil die Definition der Bauteilkontur. Dazu ruft man die Funktion "Neue Kontur" auf. Auch die Konturen erhalten zur Unterscheidung Namen. Unter diesem Menüpunkt wird ein Programm, beispielsweise ein CAD-System, aufgerufen, mit dem sich Konturen definieren lassen.

Dieses Programm erzeugt über geometrische Funktionen die Umrisse der Bauteile und übergibt sie als zusammenhängende Konturelementenfolge an das Mechanismenprogramm.

Die Übergaberoutine verlangt zur zeichnerischen Darstellung die Angabe einer bestimmten Farbe für jede Kontur. Nach der Definition der Kontur "Außenflanke" des Bauteils "Kurve" und der Kontur "Umriß" des Bauteils "Hebel" erscheinen in den Bildschirmfenstern die Konturen der entsprechenden Bauteile, wie in Bild 1 und 2 oben links zu sehen. Als nächstes sind die Bauteile in der Zeichenebene zu plazieren, das heißt die Werte für die Lage der Bauteilnullpunkte und die Richtung der X-Achsen werden vorgelegt. Dazu ruft man die Funktion "Plazieren", gekennzeichnet von drei Doppelpfeilen, auf. Mit Hilfe des Grafiktablets gibt der Benutzer die notwendigen Koordinatenwerte ein. Diese plazierten Bauteile stellt der Bildschirm in der Zeichenebene dar (Bild2).

Um dem Mechanismenprogramm die Funktionsweise des Betriebes zu erklären, ist die Funktion "Struktur" aufzurufen. Sie umfaßt eine Reihe von Auswahlmenüs zur Definition von Freiheitsgraden, Antrieben und Konturenpaaren sowie für Hilfsfunktionen. Für eine Simulation des Getriebes ist zunächst die Definition aller Freiheitsgrade erforderlich. Im Beispiel ist die Kurvenscheibe drehbar im Koordinatenursprung gelagert, besitzt also den Freiheitsgrad "Winkellage". Die beiden anderen in Frage kommenden Größen zur Definition der Bauteillage, die Koordinaten X und Y des Bauteilnullpunktes, stehen fest.

Auch der Hebel ist drehbar gelagert und zwar im Hebeldrehpunkt. Der Bauteilnullpunkt des Hebels liegt im Hebeldrehpunkt, so daß auch hier der Freiheitsgrad "Winkellage" zu definieren ist. Darüber hinaus sind die möglichen Antriebe anzugeben. Weil die Kurvenscheibe kontinuierlich umlaufen soll, ist der Lagewinkel der Kurve zweckmäßigerweise als Antrieb festzulegen. Der Zusammenhang zwischen Hebel und Kurve ergibt sich abschließend daraus, daß zwischen der Kontur "Außenflanke" am Bauteil "Kurve" und der Kontur "Umriß" am Bauteil "Hebel" ein Konturpaar definiert wird. Damit ist die Getriebestruktur definiert und man kann die Funktion "Struktur" verlassen.

Ab jetzt läßt sich die Lage des Schwinghebels vom Computer berechnen, sofern man den Drehwinkel an der Kurve vorgibt. Diese Vorgabe entspricht dem Lagewinkel der Kurve, so daß der Schwingwinkel immer für die dargestellte Kurvenlage bestimmt wird. Ruft man zu diesem Zeitpunkt die Funktion "Einzelstellung" auf, bestimmt das Mechanismenprogramm den Schwingwinkel des Hebels für den Kurvendrehwinkel 0° (Bild 1). Das Berechnen geschieht iterativ, jeder Iterationsschritt erscheint grafisch auf dem Bildschirm. Die vorgelegten Werte für die Freiheitsgrade, die nicht gleichzeitig Antrieb sind, dienen als Startwerte für die Iteration.

Um den Verlauf des Schwingwinkels für eine volle Kurvenumdrehung zu erhalten, wird die Funktion "Durchlauf" aufgerufen. Für den Antrieb an der Kurvenwelle werden Startwert, Endwert und Schrittweite vorgegeben. Für jeden Zwischenwert, der den Lagewinkel der Kurve definiert, iteriert das Mechanismenprogramm die momentane Lage des Schwinghebels. Die Ergebnisse speichert das Programm in einer Datei "Schwingwinkel.tab" ab. Sie lassen sich mit der Funktion "FA" (Funktionsanalysierer) weiterverarbeiten. Die Funktion "FA" beinhaltet einen Kommandoprozessor, mit dem Funktionsverläufe geladen, gespeichert, generiert, modifiziert, analysiert, grafisch dargestellt und aufgelistet werden können. Für den Schwingwinkelverlauf selbst ergibt sich die grafische Darstellung in Bild 3. Auf der Abszisse ist der Kurvendrehwinkel aufgetragen, auf der Ordinate der Schwingwinkel des Hebels. Beide Kurvenverläufe sind in der Einheit Grad festgelegt. Bild 4 zeigt die Beschleunigung über dem Kurvendrehwinkel. Die Beschleunigung hat die Einheit Grad/Grad².

Es ist zu sehen, daß die Bewegungscharakteristik nichts mehr mit dem sinusförmigen Hub an der Kurvenscheibe zu tun hat. Wenn statt des ausgehöhlten Kurvenhebels ein Stößel mit einer kleinen Tastrolle verwendet würde, ergäbe sich für den Abtriebshub fast eine einfache Sinuide. Auch für einen langen Hebel mit einer kleinen Tastrolle ist das Gesetz der einfachen Sinuide deutlich erkennbar. Die starke Verzerrung im Beispiel entsteht dadurch, daß gewissermaßen eine sehr große konkave Rolle verwendet wird, und der Anlagepunkt des Hebels auf der Hebelkurve in sehr weiten Grenzen wandert. Während der Ausführung der Funktion "Durchlauf" wird jede berechnete Stellung grafisch angezeigt. Das Wandern des Eingriffspunktes zwischen Kurve und Hebel von einem Ende der Höhlung bis zum anderen ist dabei deutlich erkennbar. Die effektive Hebellänge, der Abstand zwischen Eingriffspunkt und Hebeldrehpunkt, das heißt die momentane Übersetzung zwischen Kurvenhub und Hebelschwingwinkel ändert sich während des Kurvenumlaufs sehr stark.

Das Kinematikprogramm verfügt über einige Hilfsfunktionen, die die Analyse von Getrieben erleichtern. So läßt sich mit der Funktion "Window" (Fensterfunktion, gekennzeichnet von einem Achsenkreuz) der dargestellte Ausschnitt der Zeichenebene verändern. Zum Beispiel kann man kritische Punkte im Getriebe in der Vergrößerung betrachten.

Mit der Funktion "Abstand" ist der Abstand zwischen zwei Konturen bestimmbar, falls die Konturen sich nicht überschneiden. Eine senkrecht zu den Konturen liegende Brücke markiert die engste Stelle (Bild 5).

Wenn die Konturen sich überschneiden oder berühren, kennzeichnen Punkte die Schnittstellen (Bild 2). Mit CAD-Funktionen können über eine CAD-Schnittstelle Konturdefinitionen geladen und vollständig generiert oder berechnete Stellungen an das CAD-System zurückgegeben werden. Weiterhin gibt es die Funktion "Plot" die es erlaubt, einzelne Bilder auf dem Plotter auszugeben sowie eine Taschenrechnerfunktion (rechts oben im Funktionsmenü).

Das vorgestellte Mechanismenprogramm weicht in seiner Konzeption stark ab von anderen bekannten Kinematikprogrammen. Es ist für besondere Analysen gedacht, wie Kurvenscheibenanalyse, rechnerische Kollisionsprüfung, Simulation von Riegelmechanismen und ähnliche Aufgabenstellungen.

Schrifttum

- (1) Nolte, Rainer: Modular aufgebautes Programm zum Auslegen von Kurvengetrieben für gleichförmige Bewegungen. Maschinenmarkt 95 (1989) 21, Seiten 72 - 76
- (2) Nolte, Rainer: Computerunterstützte Synthese der Kinematik von Viergeleketrieben. Maschinenmarkt 95 (1989) 26, Seiten 44 - 48
- (3) Nolte, Rainer: Bewertung und Simulation von Viergelenkgetrieben und Schubkurbeln mittels Rechnerprogramm. Maschinenmarkt 95 (1989) 36, Seiten 236 - 237

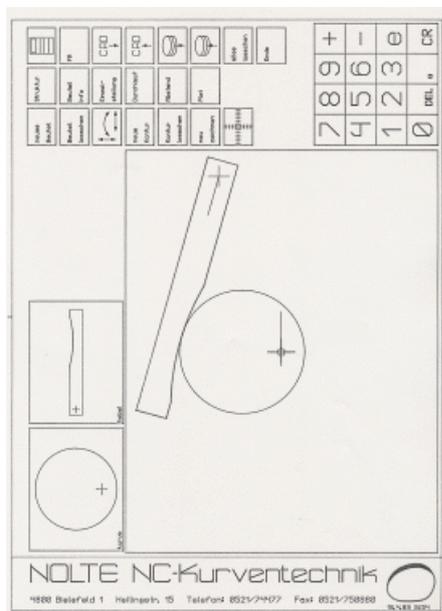


Bild 1

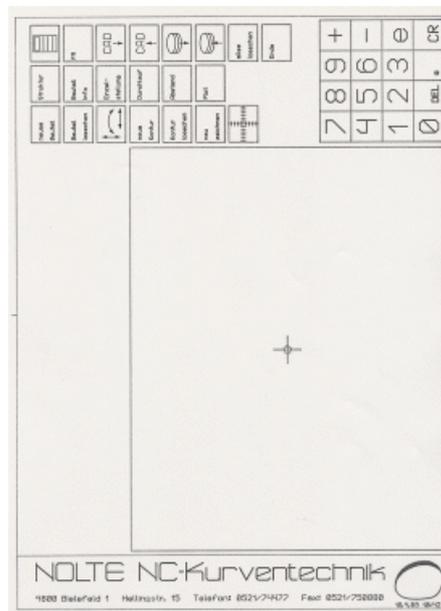


Bild 2

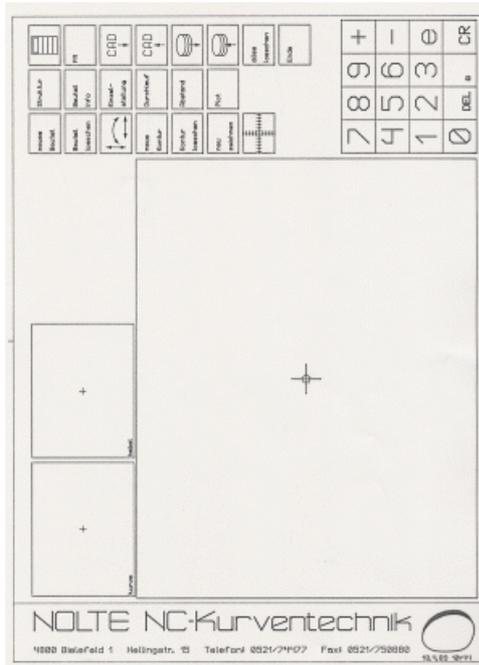


Bild 3

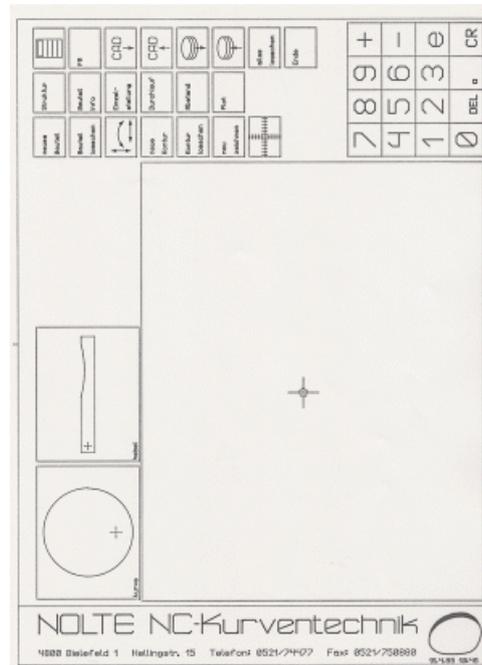


Bild 4

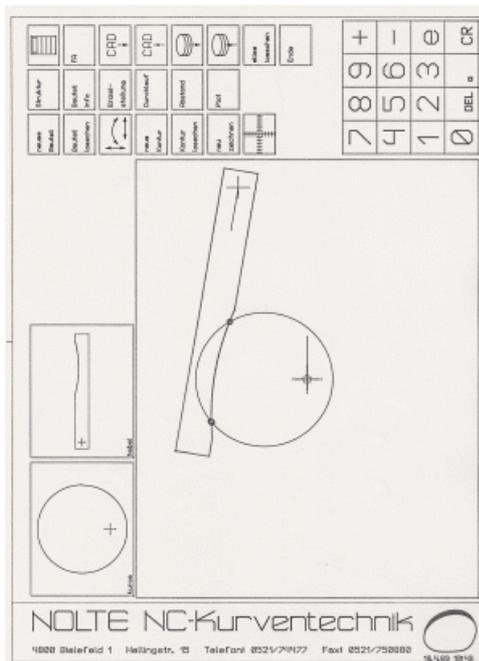


Bild 5

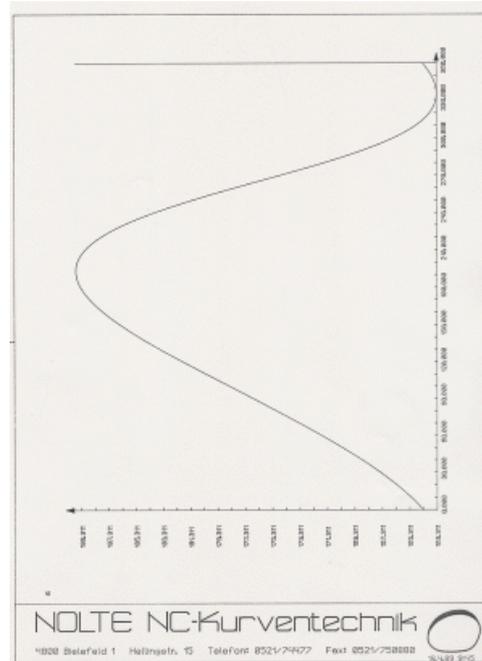


Bild 6

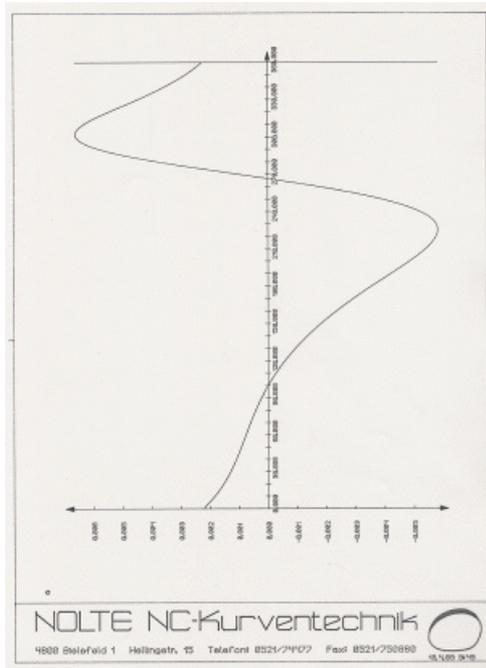


Bild 7

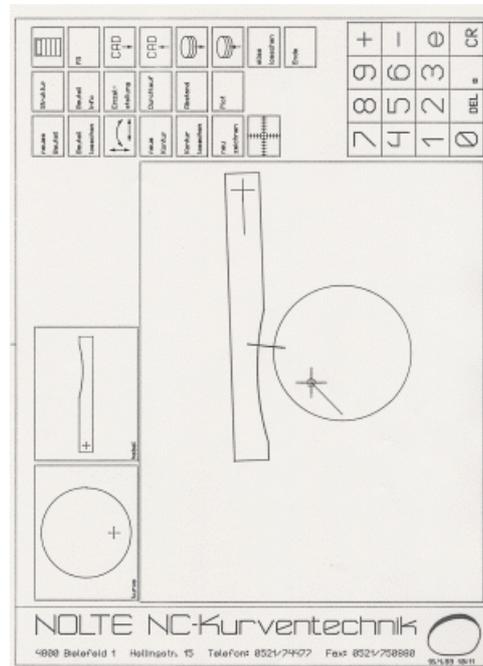


Bild 8

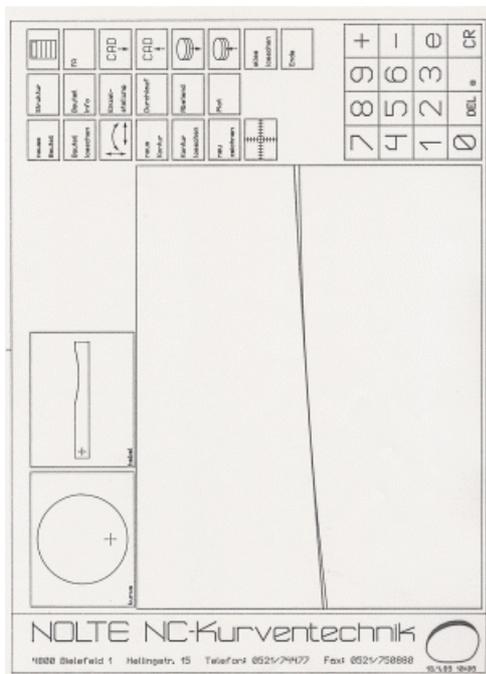


Bild 9