

Bewegungsmelder Komplexe Kinematiken für Durchlaufteile effizient simulieren



Bild 1: Dieser komplexe Gesamtbewegungsablauf kann in OPTIMUS MOTUS[®] mit dem Konzept der Durchlaufteile vereinfacht werden

Für die Entwicklung schnell laufender kurven- oder servogesteuerter Maschinen ist die Simulation und die anschließende dynamische Optimierung der Bewegungsabläufe sehr wichtig (Bild 1).

Die Bewegungsabläufe der Arbeitsorgane werden in geeigneter Weise grafisch dargestellt, so daß geprüft werden kann, ob die bewegten Teile und die Produkte untereinander oder mit gestehenden Teilen kollidieren. Parallel optimiert man durch gezielte Eingriffe das Bewegungsdiagramm so lange, bis man die dynamische Belastung aller Mechanismen (Kräfte, Momente, Pressungen, Beschleunigungen, Schwingungen) so weit ausgeglichen und verringert hat, daß die Leistung der Maschine theoretisch nicht mehr wesentlich gesteigert werden kann.

In der Praxis läuft diese Optimierung so ab, daß das Bewegungsdiagramm schrittweise variiert und der Gesamtmechanismus neu simuliert wird. Oft benötigt man mehrere Dutzend Iterationsschritte, bis das Bewegungsdiagramm endgültig optimiert ist. Die Leistungsfähigkeit und Laufruhe einer Maschine mit kurven- oder servogesteuerten Bewegungen hängt hauptsächlich davon ab, wie konsequent die Kollisionsoptimierung zu Ende geführt wird. Die Produkte laufen immer an einer Stelle in die Simulation ein, wandern dann von Station zu Station und verlassen die Simulation an einer anderen Stelle. Sie werden dabei durch Schieber, Greifer oder Riemen immer wieder weitergereicht und folgen somit immer anderen Bewegungsverläufen aus dem Bewegungsdiagramm.

Durchlaufprodukt mit der Umgebung simulieren

Bild 2 zeigt ein Beispiel mit rechteckig dargestellten Produkten (rechts unten), die durch einen Rechen in einen Faltschacht geschoben werden. Ein Paar aus Unter und Oberstempel stößt das Produkt durch einen Folienabschnitt und legt es mit dem Folienabschnitt auf einem Unterfalterpaar ab. Das Unterfalterpaar wartet geöffnet, bis der Unterstempel nach oben gelaufen ist, und schließt sich dann schnell unter dem Produkt. Ein Ausschieber schiebt das Produkt auf der Abgabehöhe nach links aus, wo

Um die Modellierung des Produktdurchlaufes zu vereinfachen, der für eine anschauliche Darstellung des Gesamtbewegungsablaufs wichtig ist, wurden in der Software OPTIMUS MOTUS® (Schutzmarke) von Nolte NC-Kurventechnik GmbH das Konzept der Durchlaufteile eingeführt,

Die Bewegung eines Produkt-Teils beginnt dabei am Anfang der Simulation in einem Startzustand 0. Dem Produkt-Teil werden dabei X-, Y- und Lagewinkel-Koordinaten zugeordnet. Wenn eine durch eine Formel dargestellte Bedingung erfüllt ist, die den Übergang zum nächsten Referenz-Bauteil beschreibt, dann geht das Produkt-Teil in den nächsten Bewegungszustand über und folgt bis auf weiteres dem neuen Referenz-Bauteil. Diese Mit-Bewegung wird ebenfalls durch X-, Y- Lagewinkel-Koordinaten beschrieben. Sowohl innerhalb der Bedingungs-Formeln als auch innerhalb der Formeln für die X-, Y- und Lagewinkel-Koordinaten für die Produktbewegung können Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung aller Referenzbauteile verwendet werden.

Durch weitere Übergangsbedingungen und Koordinatenformeln kann das Produkt in immer neue Bewegungszustände überführt werden, so daß eine komplexe Abfolge von Bewegungszuständen entsteht. Bei Bewegungsbeschreibung mit Koordinaten-Formeln muß man sich nur mit dem einzelnen Bewegungszustand befassen und kann direkt die Bewegung der jeweiligen Referenz-Beuteile nutzen.

Das Produkt 1 beginnt bei den Koordinaten x_{p1} , y_{p1} und dem Lagewinkel w_{p1} , die im Simulationsmodell als Bewegungsgrößen definiert sind. In diesem speziellen Fall sind x_{p1} , y_{p1} und w_{p1} die aus der kinematischen Analyse gewonnenen Bewegungskoordinaten am Eingangsrechen. Wenn die Geometrie des Rechens im Rahmen der Optimierung verändert wird, so wird dies bei der Definition der Durchlaufteile automatisch berücksichtigt.

Wenn dann der Rechen die linke Endlage erreicht ($x_{p1} < x_{ref} + 0,1$), dann geht das Produkt in den nächsten Bewegungszustand über. Es bleibt links ($x = x_{ref}$) und auf der unteren Auflage ($y = auflage_unten$), dann folgt das Produkt in Vertikalrichtung dem Unterstempel ($y = y_{p2}$). Koordinatendefinitionen, die sich nicht ändern, müssen nicht wiederholt werden.

Wenn der Unterstempel die obere Auflageebene nach unten wieder verläßt ($y_{p2} < auflage_oben$ und $y_{p2} \leq 0$), dann bleibt das Produkt auf der oberen Auflagefläche liegen ($y = auflage_oben$). Wenn schließlich der Ausschieber an das Produkt stößt ($x_{p3} < x_{ref}$), dann folgt das Produkt horizontal dem Ausschieber ($x = x_{p3}$).

Mehrfachsimulation durch zweiten Bewegungsablauf

Wird ein Produkt-Teil mehrfach innerhalb einer Simulation benötigt, so wird einfach eine zweite Bewegungsabfolge-Definition des gleichen Teils angegeben. Selbst die grafische Darstellung eines Durchlaufteils kann variabel sein und von Formatparametern und den Bewegungen der Organe abhängen.

Bei vielen Simulationen, beispielsweise mit Ketten, Riemen oder feststehenden Kurven, sollen viele gleichartige Teilmechanismen mit gleichem, aber zeitversetztem Bewegungsablauf simuliert werden. Bild 3 zeigt das Beispiel einer Kette mit 20 Kettengliedern, von der 20 Finger gezogen werden. An jedem Finger ist ein Rollenhebel befestigt, dessen Rolle in eine gemeinsame Kurvenbahn eingreift. Alle Finger haben den gleichen Bewegungsablauf, nur eben jeweils zeitlich um eine Kettenteilung versetzt. In der Regel muß in einem Kinematikmodul jedes Kettenglied und jeder Finger in das kinematische Berechnungsmodell einbezogen werden, das heißt es werden dann 40 bewegte Teile mit insgesamt 120 (2D) beziehungsweise 240 (3D) Freiheitsgraden durchgerechnet. Im Rahmen eines komplexen 3D-CAD-Modells kommt es so auch auf schnellen PC's leicht zu Berechnungszeiten von mehreren Minuten für einen Simulationdurchlauf, auch bei relativ grobem Berechnungsraster von 120 Schritten je Durchlauf.

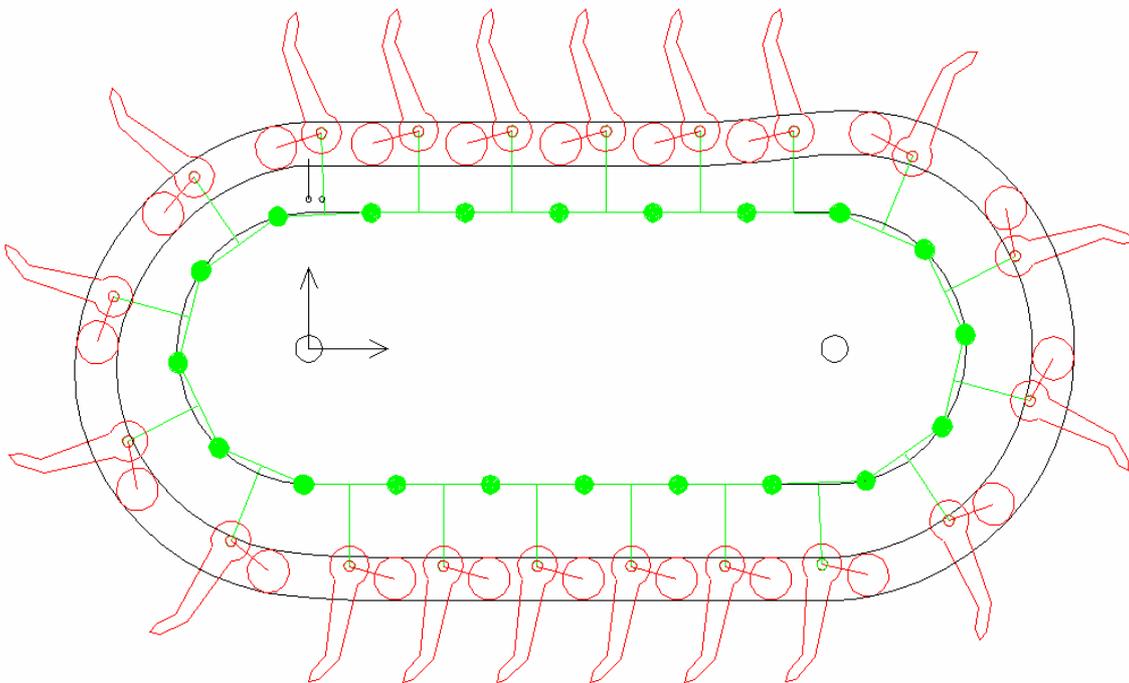


Bild 3: Beispiel einer Kette mit 20 Kettengliedern, von der 20 Finger gezogen werden.

Für solche und ähnliche Berechnungsaufgaben wurde in OPTIMUS MOTUS® das Konzept der Animationsteile eingeführt. Es wird dabei nur einer der gleichartigen Teilmechanismen wirklich für die Berechnung modelliert. Für den Mechanismus in Bild 3 wird also nur ein Kettenglied mit seinem Finger und seinem Rollenhebel benötigt. Die Berechnung umfaßt so nur zwei bewegte Teile mit insgesamt sechs Freiheitsgraden. Die Berechnung läuft in diesem Beispiel also mindestens um den Faktor 20 schneller.

Für die auf dem Bildschirm ablaufende Animation werden dann N-1 zeitversetzte Kopien der Originalteile grafisch dargestellt. Aus den Ergebnissen der kinematischen Analyse des einen Original-Teilmechanismus läßt sich die Lage der N-1-Kopien leicht berechnen.