



## Bahnkurven mit Servoantrieben und Riemen oder Ketten ruckfrei erzeugen

Dipl.-Ing. Dipl.-Inform. Rainer Nolte, Nolte NC-Kurventechnik GmbH, Bielefeld

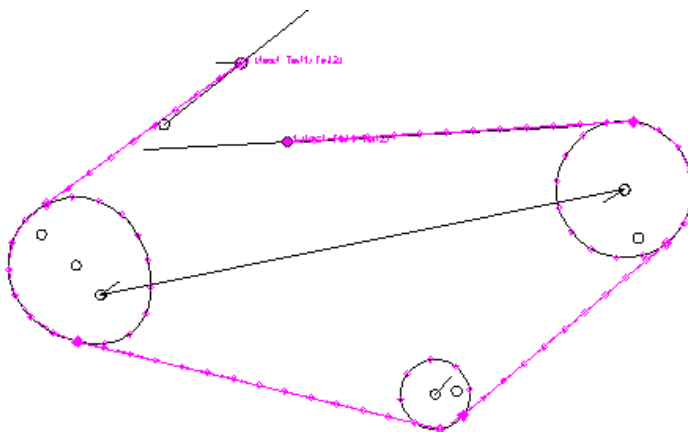
Riemen und Ketten sind beliebte Maschinenelemente, um die Antriebsdrehung eines Motors auf andere Wellen zu übertragen oder in Linearbewegungen umzuwandeln. Durch geschickte Kombination von Riemen oder Ketten mit Koppelgetrieben, Kurvengetrieben oder Servoantrieben können sehr einfache und interessante Konzepte entstehen, um vorgegebene Bewegungsabläufe zu verwirklichen.

Die Software CAD-OPTIMUS MOTUS ® von Nolte NC-Kurventechnik wurde nun um einen Baustein zur ganz allgemeinen kinematischen Modellierung von Riemen- und Kettentrieben (Zugmittelgetrieben) erweitert, mit dem erstmals die ganze Bandbreite des Einsatzes von Riemen und Ketten simulierbar ist.

Ein wichtiger Punkt dabei ist die Kompensation des gefürchteten Polygoneffekts bei Ketten, der bei schnelllaufenden Mechanismen Schwingungen verursacht.

Bei dem neuen Softwarebaustein können Riemen und Ketten

- geschlossen sein wie bei einer Fahrradkette oder offen wie bei einem Seilzug,
- zentrisch kreisrunde, exzentrisch kreisrunde und allgemein unrunde Umlenkungen besitzen,
- beliebig viele Umlenkungen in beliebiger Anordnung besitzen,
- an einem Umlenkrad oder an einem Bolzen bzw. einem Riemenzahn angetrieben werden



Beispiel: offene Kette (pinkfarben) mit zwei kreisrunden und einem unrunderen Umlenkrad



Im folgenden wird der Begriff "Zugmittel" verwendet, wenn Riemen und Ketten gleichermaßen gemeint sind.

Bei allen Zugmitteln wird ein Ende des Zugmittels an einem Anfangs-Teil befestigt, dann das Zugmittel um eine beliebige Anzahl (auch 0) Umlenkungen gewickelt und schließlich mit dem anderen Ende an einem End-Teil befestigt.

Durch die Vor- oder Rückbewegung des Zugmittels wird die Lage aller angekoppelten Teile beeinflusst, d.h. durch das Zugmittel entsteht für alle angekoppelten Teile eine gemeinsame Zwangsbedingung.

Wenn bei einer Kette der Durchmesser eines Teilkreises nicht zur Kettenteilung paßt, sich aus beiden Werten also keine ganze Zähnezah für das Kettenrad ergeben würde, so erhalten Sie eine entsprechende Warnmeldung mit Angabe des Teilungsfehlers an diesem Rad.

Optional berechnet die Software automatisch die Teilkreisdurchmesser der Umlenkräder bei gegebener Kettenteilung und Zähnezah.

An einem Beispiel aus der Praxis soll der Einsatz der Riemenmodellierung veranschaulicht werden (Bild 1):

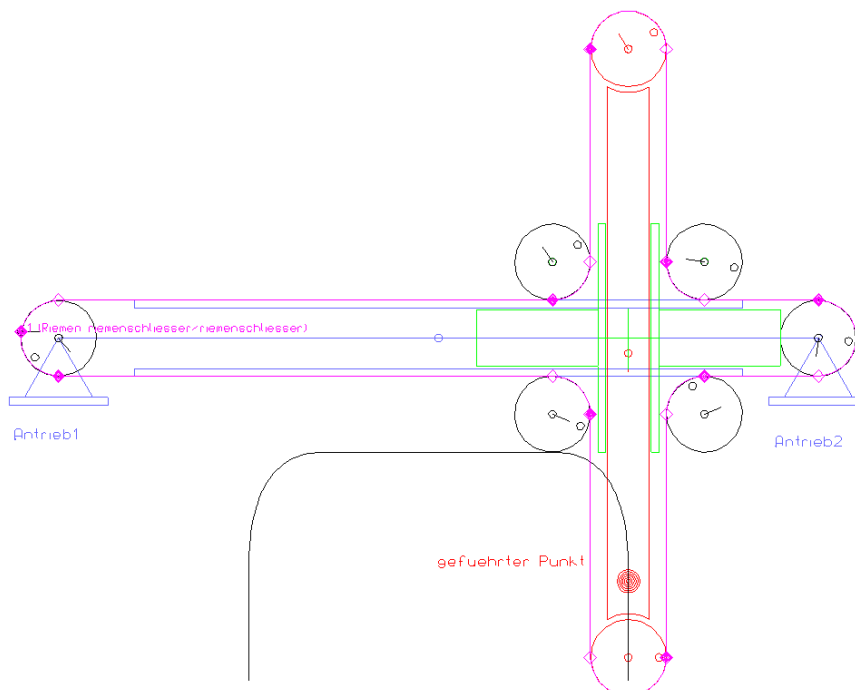


Bild 1: Riemen-Führungsgetriebe mit 2 gestellfesten Servoantrieben und einem Kreuzschlitten



Ein Punkt (rot dargestellt) soll in der Ebene auf einer vorgegebenen Bahn geführt werden. Das geführte Teil soll dabei stets senkrecht bleiben, d.h. es darf nicht verdreht werden.

Im Gestell ist ein Horizontalschlitten gelagert und wird linear in X-Richtung geführt. Auf dem Horizontalschlitten wird der Vertikalschlitten linear in Y-Richtung geführt, so daß ein Kreuzschlitten entsteht.

Auf dem Horizontalschlitten befinden sich außerdem vier frei drehbare Umlenkräder für einen beidseitig verzahnten Riemen.

Auf dem Vertikalschlitten sind zwei Räder befestigt, von denen aber nur eines drehbar gelagert ist. Das andere Rad (hier das untere) dreht sich nicht.

Der Antrieb erfolgt über zwei im Gestell gelagerte Riemenumlenkräder am Ausgang je einer Motor-Getriebekombination und über einen einzigen Riemen, der um alle Umlenkräder gespannt wird. Zur Vereinfachung sollen hier alle Umlenkräder den gleichen Wirkdurchmesser haben.

Den Antrieben 1 und 2 können aber nicht direkt die X- und Y-Bewegungsrichtungen des geführten Punktes auf dem Vertikalschlitten zugeordnet werden.

Dreht man z.B. nur das Antriebsrad 1 im Uhrzeigersinn, während Rad 2 stillsteht, so wird sich der geführte Punkt auf dem Vertikalschlitten diagonal nach links oben bewegen.

Um den Punkt genau waagrecht nach links zu fahren, müssen beide Antriebe in gleicher Weise im Uhrzeigersinn drehen.

Um von den Drehwinkeln an den beiden Antriebsrädern auf die XY-Koordinaten des geführten Punktes zu schließen oder umgekehrt, muß also immer die Überlagerung beider Antriebswinkel aufgelöst werden.

Bild 2 zeigt ein Bewegungsdiagramm mit den vorgegebenen Verläufen  $x(\varphi)$  und  $y(\varphi)$  für eine Übersetzbewegung. In Bild 1 ist dazu die Bahnkurve erkennbar, die der geführte Punkt durchläuft.

Um den Zusammenhang zwischen den Koordinaten  $x/y$  und den Antriebswinkeln  $\text{antrieb1}$  und  $\text{antrieb2}$  zu ermitteln, wird ein geschlossener Riemen modelliert.

Ausgehend von einem Anfangselement, das mit einer Nahtstelle des Riemens vergleichbar ist, wird der Riemen der Reihe nach um alle beteiligten Umlenkungen gelegt. An Hand von Orientierungspunkten (in Bild 1 als kleine Kreise dargestellt) erkennt die Software, ob der Riemen links oder rechts herum um die Umlenkung gelegt wird.

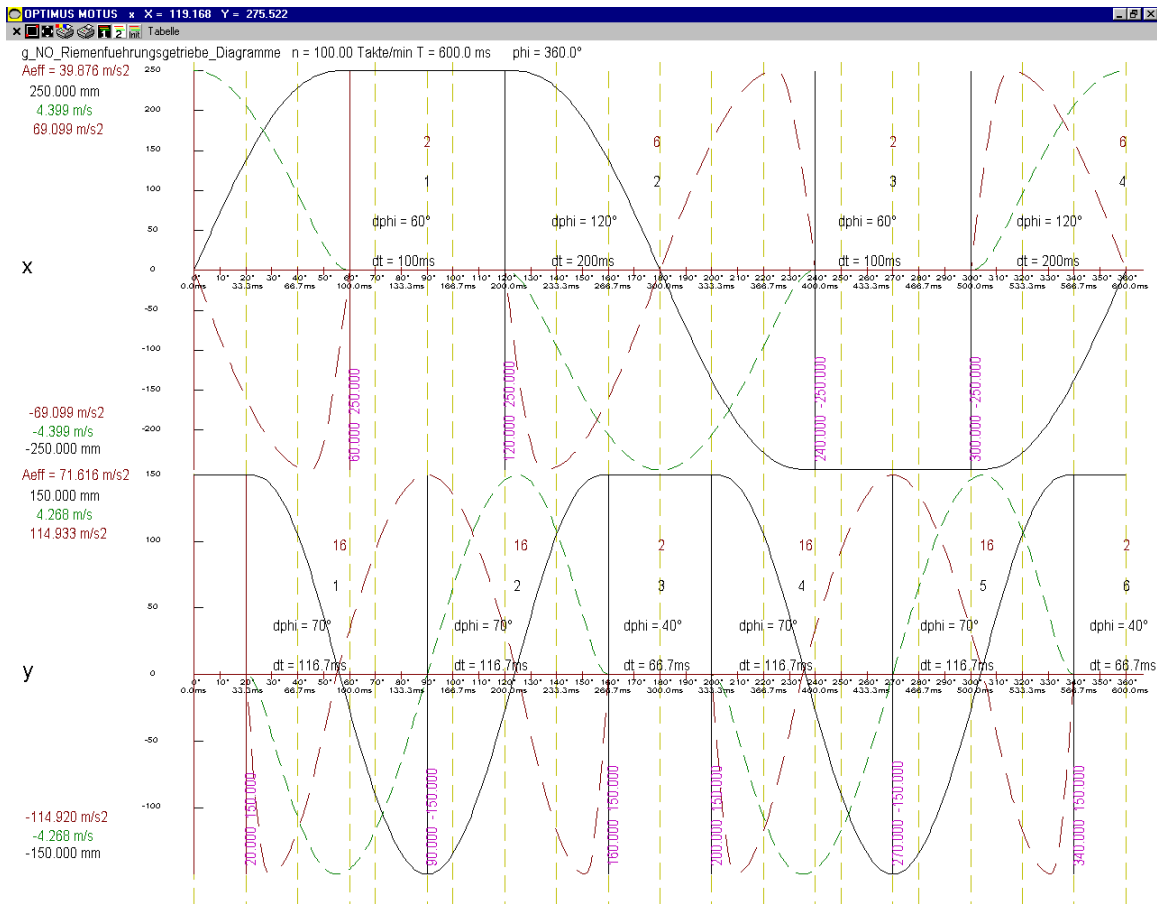


Bild 2: Bewegungsdiagramm am geführten Punkt auf dem Vertikalschlitten (schwarz = Wegfunktion, grün = Geschwindigkeit, rot = Beschleunigung)

Mit Hilfe einer Kopplungslänge, die der Wegstrecke vom Anfangselement bis zum Orientierungspunkt (bzw. dem Lot auf den Wirkradius) entspricht, wird die relative Lage des angekoppelten Bauteils mit der Riemenumlenkung – also des Riemenrades – zum Riemen festgelegt.

Entspricht die gewünschte relative Lage zwischen dem an den Riemen angekoppelten Teil und dem Riemen der Zeichnung, wird die entsprechende Kopplungslänge automatisch aus der Zeichnung übernommen.

Durch die Festlegung der Mechanismengelenke (Drehgelenke in den Antriebsrädern, Linearführungen der Schlitten) und aller Riemenkopplungen ist die relative Lage aller beteiligten Bauteile (Antriebsräder, Umlenkräder, Schlitten) zueinander festgelegt.



Mit der Vorgabe der Bewegungsverläufe  $x(\varphi)$  und  $y(\varphi)$  am Abtrieb des Mechanismus können dann die erforderlichen Antriebsbewegungen berechnet werden.

Bild 3 zeigt die Verläufe dieser Antriebsbewegungen:

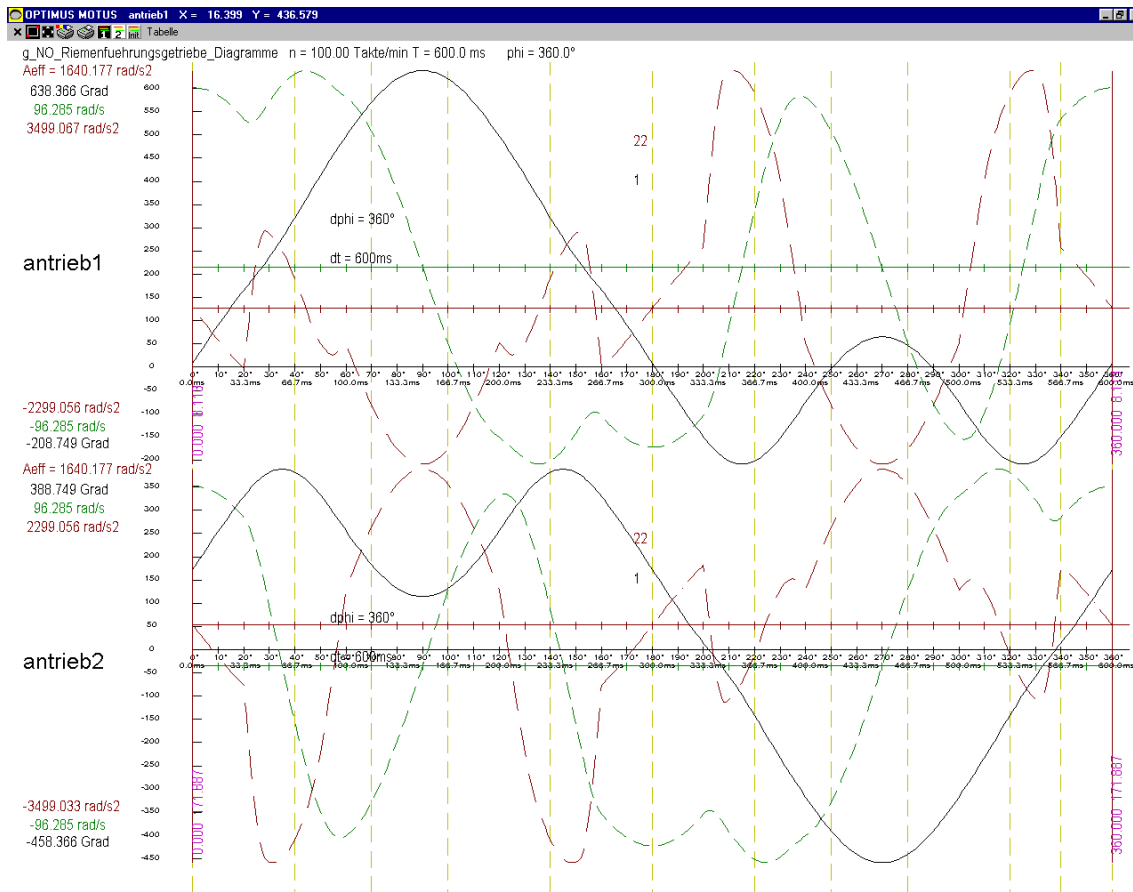


Bild 3: resultierende Bewegungsabläufe an den Servoantrieben mit deutlich erkennbaren Bewegungsüberlagerungen

Deutlich erkennbar sind die großen Unterschiede in den Verläufen  $x(\varphi)$ ,  $y(\varphi)$  und  $\text{antrieb1}(\varphi)$ ,  $\text{antrieb2}(\varphi)$ .

Der gleiche Mechanismus ist auch mit einer Kette statt mit einem Riemen denkbar. Die erforderlichen Wirkdurchmesser für die Kettenräder können bei vorgegebener Kettenteilung und Zähnezah von der Software automatisch berechnet werden. Werden alle Drehpunkte vom Riemen übernommen, so liegen die Kettenabschnitte nicht parallel, sondern unter einem kleinen Winkel zueinander.

Bild 4 zeigt diesen Kettenmechanismus:

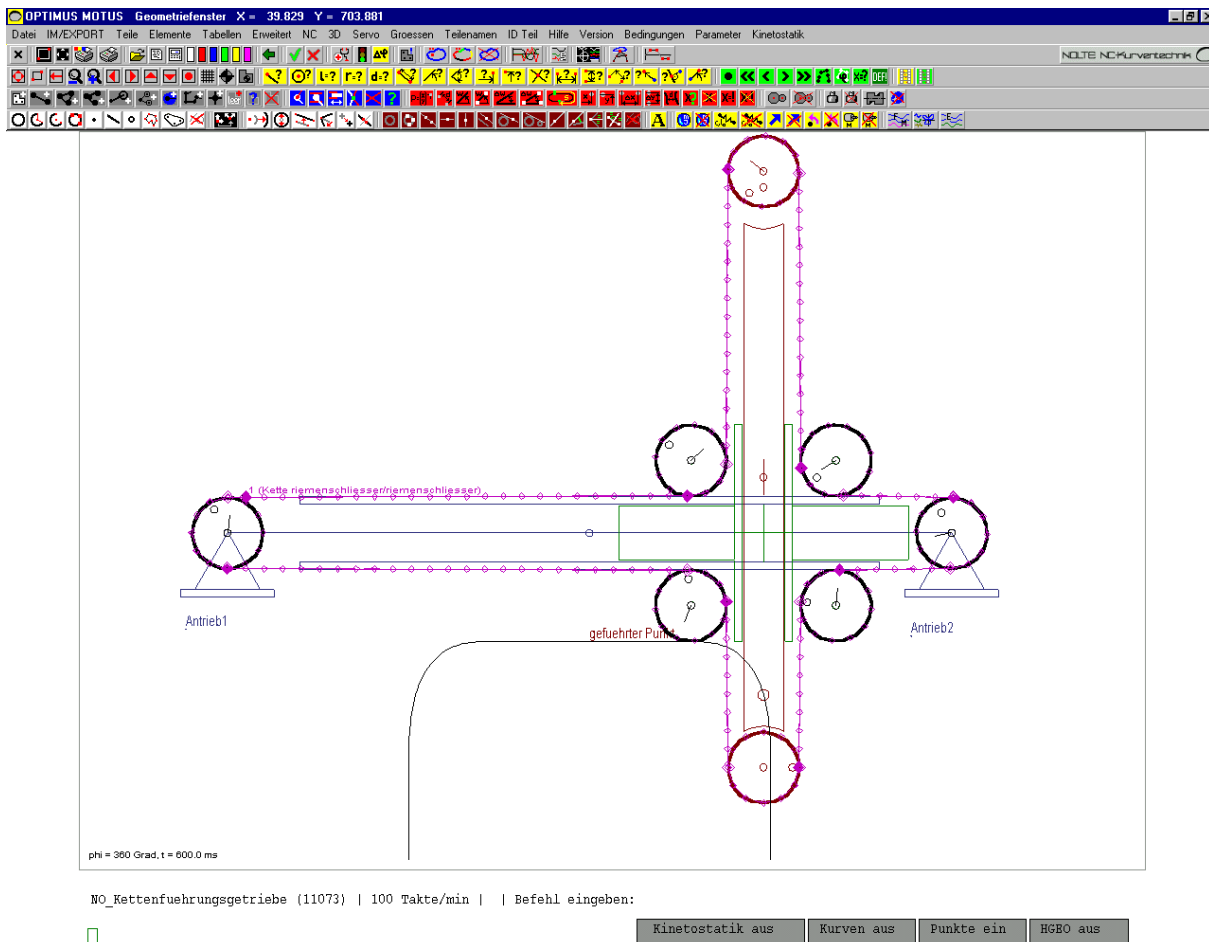


Bild 4: Führungsgetriebe mit Kettentrieb statt mit Riementrieb

In der Simulation dieses Mechanismus sind die leichten Querbewegungen der Kettensegmente erkennbar, die den Polygoneffekt ausmachen.

Der Polygoneffekt ruft kleine, aber für schnelllaufende Mechanismen sehr störende Rucke hervor, die Schwingungen verursachen. Wenn an den Antriebsrädern glatte Bewegungsdiagramme vorgegeben werden, wie dies üblich ist, dann treten die Rucke am geführten Punkt (Abtrieb) auf, wo sie nicht erwünscht sind.

Umgekehrt können die Rucke und damit die Wirkungen des Polygoneffekts vom Abtrieb ferngehalten werden, wenn die Antriebsbewegungen entsprechend modifiziert werden.



Bild 5 zeigt ausschnittsweise ein Diagramm für die erforderlichen Antriebsbewegungen, um den Polygoneffekt für den geführten Punkt zu kompensieren:

NO\_Kettenfuehrungsgetriebe: antrieb1, Taktzahl: 100 U/min, Zykluszeit: 600 ms

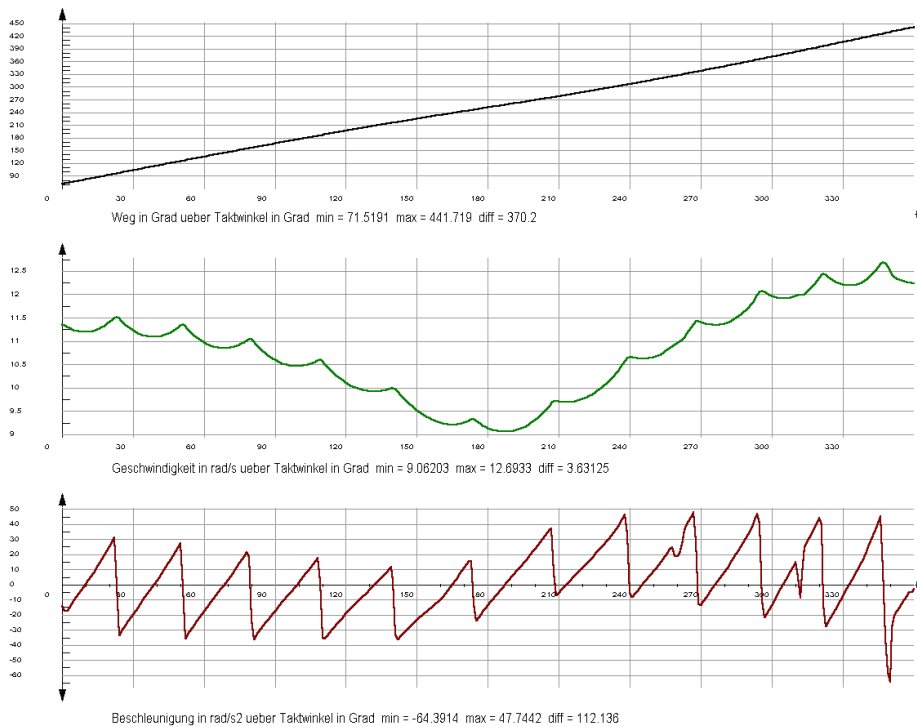


Bild 5: Kompensation des Ketten-Polygoneffekts in der Servoantriebsfunktion

Der Polygoneffekt tritt zwar nun noch am Antrieb auf, aber die kompakte Einheit aus Servomotor und Getriebe ist in der Regel sehr viel steifer als der Riementrieb mit den angehängten Schlitten- und Werkzeugmassen. So ist der Polygoneffekt viel weniger schädlich.

#### Zusammenfassung:

Ein neuer Baustein in der Software OPTIMUS MOTUS ® ermöglicht auf einfache Weise die Simulation von Mechanismen, die in beliebiger ebener Anordnung Riemen oder Ketten enthalten. Diese Funktion kann auch zur einfachen Kompensation von Polygoneffekten genutzt werden.