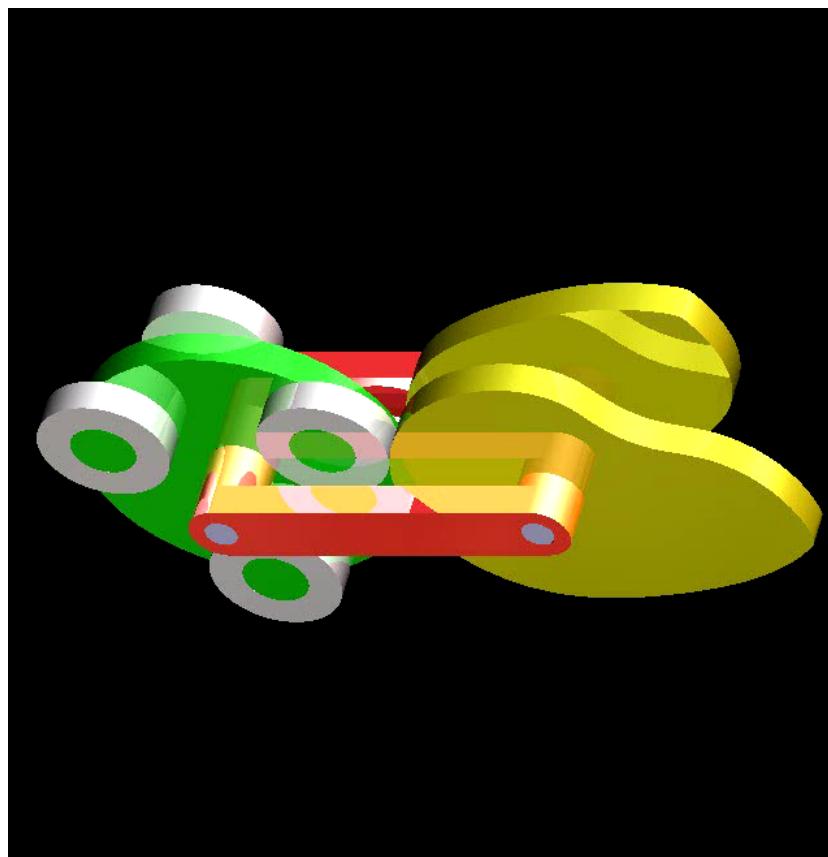


Entwicklung eines dynamischen Simulationsmodells für ebene Kurvenschrittgetriebe



Karsten Schäfer

TU Chemnitz

Maschinenbau/ Produktionstechnik

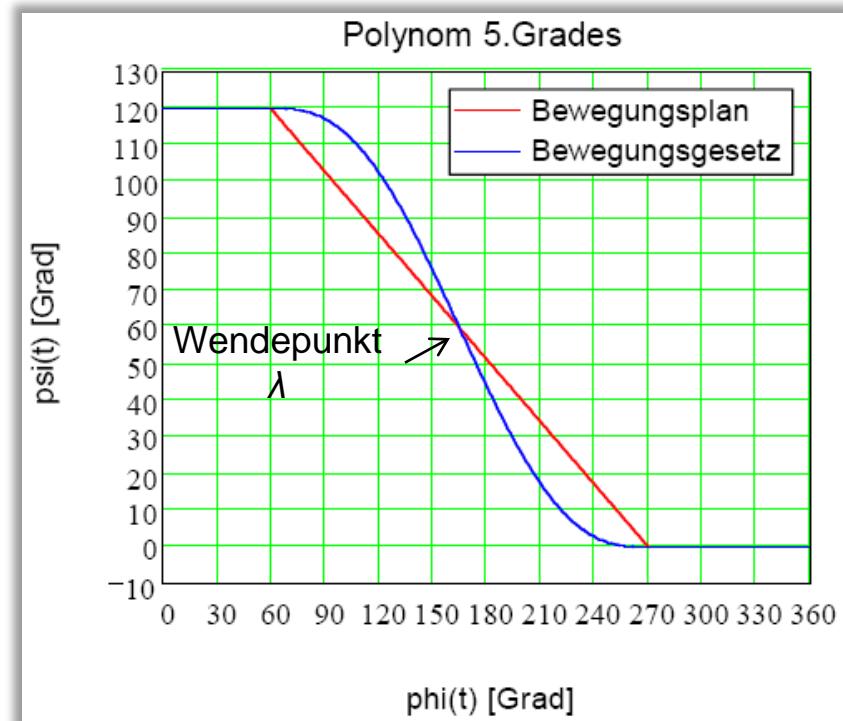
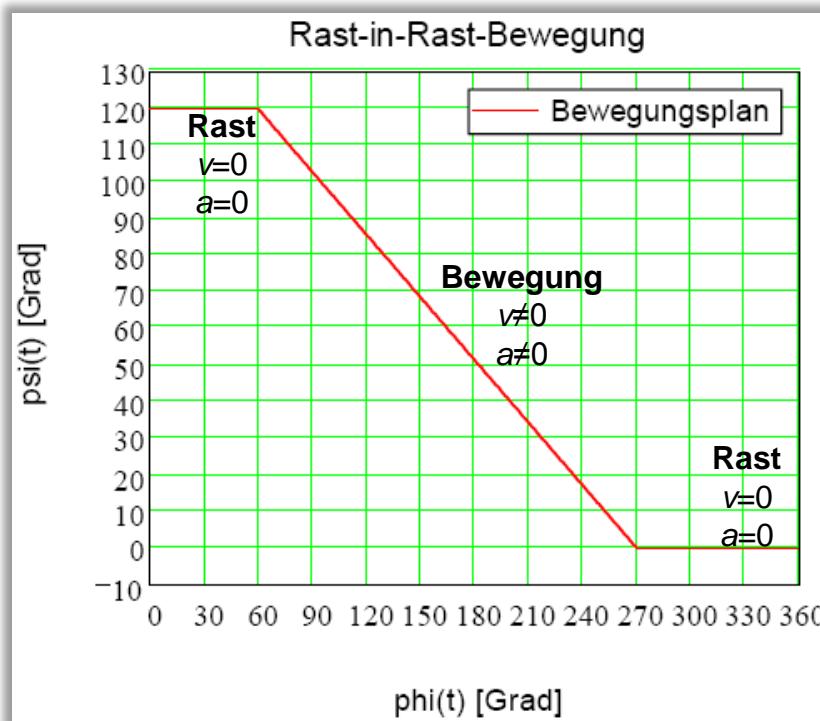
Konstruktions- und Antriebstechnik

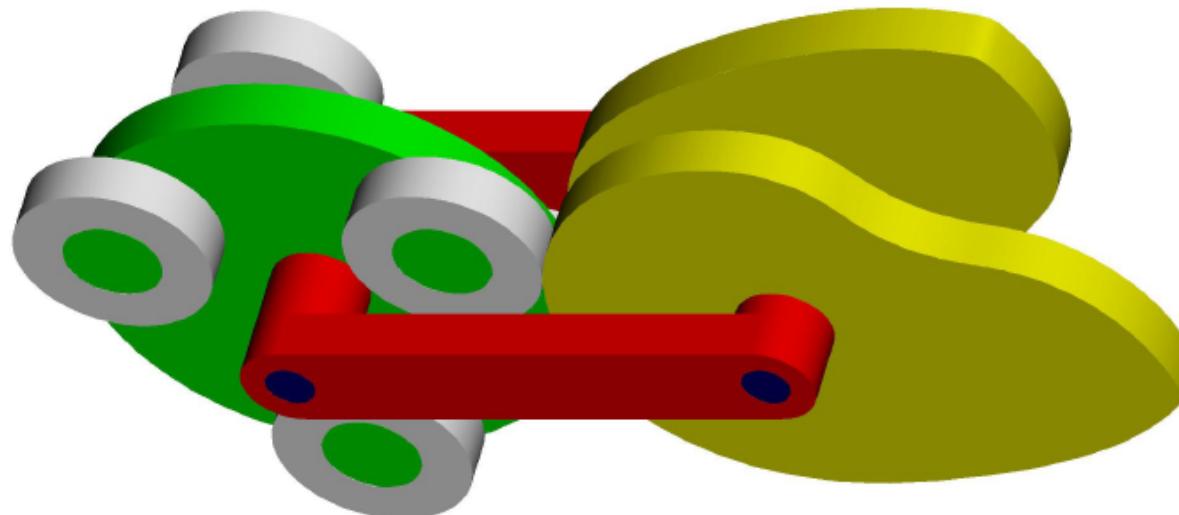
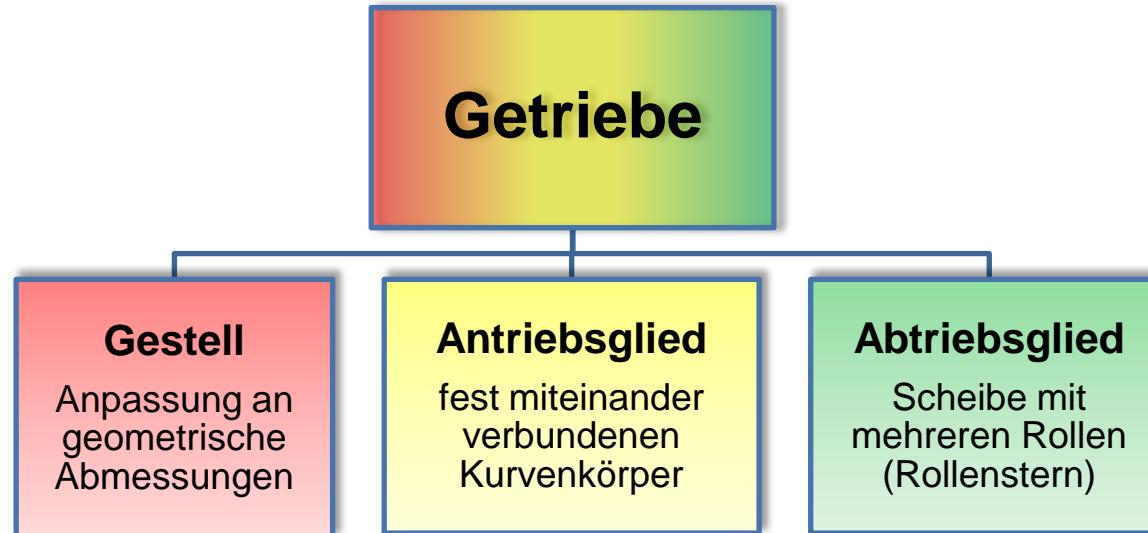
Schwerpunkte:

- Bewegungsgesetze
- Synthese der Kurvenkontur
- Datenaustausch zwischen
Pro/Engineer und Mathcad
- Optimierung des Kurvenprofils
- Mapkeys
- Kinematische / Dynamische Analyse

Bewegungsplan und Bewegungsdiagramm

- Forderungen an die Maschine
- Unterteilung in einzelne Bewegungsabschnitte - Rast, Umkehr, usw.
- Ergänzung zum Bewegungsdiagramm durch Bewegungsgesetze





Synthese der Kurvenkontur

Volmer Schrittgetriebe

- aufbereitete vektorielle Methode
- als einzige mit Grundwinkel

VDI-Richtlinie 2142 Blatt 1

- konventionelle vektorielle Methode
- Routinen, Pole bzw. Polgeraden, viele Rechenschritte

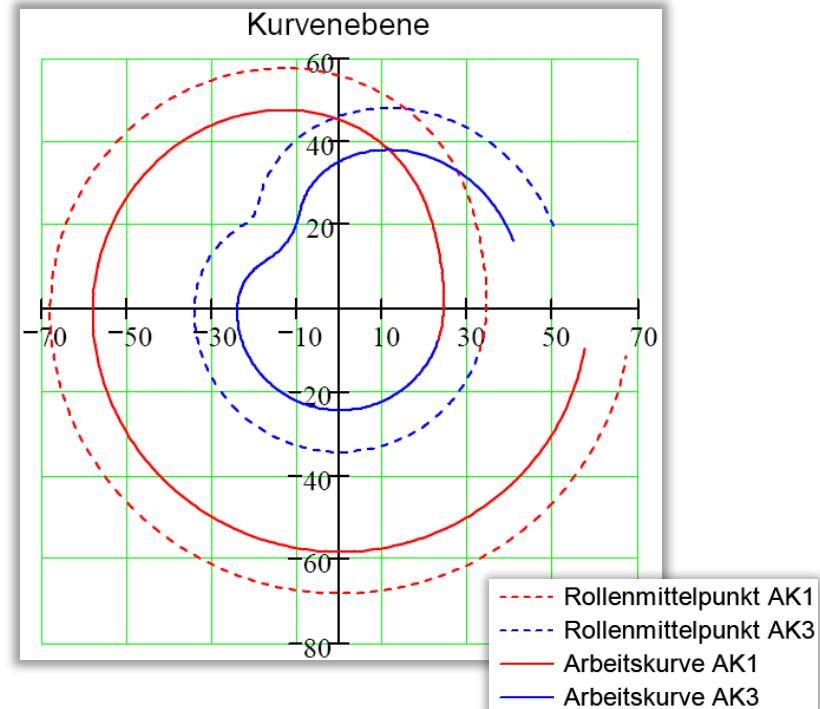
VDI-Richtlinie 2142 Blatt 2

- Methode mit komplexen Zahlen
- Zeiger, Richtungssinn, Rotationsableitungen

VDI-Richtlinie 2729

- Methode mit Berechnungsmodulen
- A-Toolbox, Richtungssinn, rotierende Bezugssysteme

Ergebnis der Synthese:



Fazit:

- alle in Mathcad berechneten Profile nach Import in Pro/Engineer identisch
(Feldpunktanalyse, Krümmungsverlauf, Teilevergleich)

Layout

- nichtparametrische, zweidimensionale Skizze
- Verwendung als Konstruktionsnotizbuch

Geometrische Abmessungen

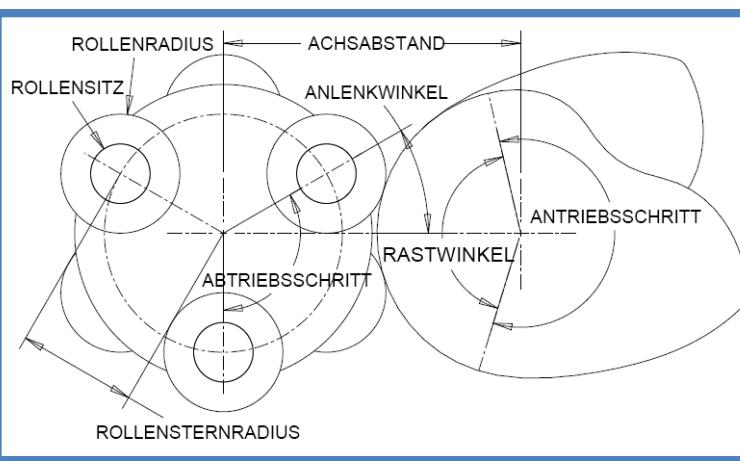
Achsabstand	50.000 mm
Rollensternradius	20.000 mm
Rollenradius	10.000 mm
Schrittwinkel am Antrieb	210.000 Grad
Schrittwinkel am Abtrieb	120.000 Grad

Norm der Kurvenscheibe

Volmer Schrittgetriebe	Nr.1
VDI 2142 (konventionell)	Nr.2
VDI 2142 (komplex)	Nr.3
VDI 2729 (modular)	Nr.4
Auswahl der Nummer	1.000

Bewegungsgesetz fuer Rast-in-Rast

Gerade	Nr.1
Quadratische Parabel	Nr.2
Einfache Sinuslinie	Nr.3
Polynom 5.Grades	Nr.4
Geneigte Sinuslinie	Nr.5
Modifiziertes Beschleunigungstrapez	Nr.6
Modifizierte Sinuslinie	Nr.7
Wendepunktverlagerung 0 <= Lambda <= 1 Symmetrie: Lambda=0.5	0.500
Auswahl der Nummer	4.000



Bedingte Abmessungen

Rollensitz fkt.(Rollenradius)	5.000 mm
Rastwinkel fkt.(Antriebsschritt)	150.000 Grad
Anlenkwinkel fkt.(Abtriebsschritt)	30.000 Grad
Rollenanzahl fkt.(Abtriebsschritt)	6.000 Stk.

Funktionen:

- Konzeptskizze der Baugruppengeometrie
- Erzeugung globaler Parameter
- Festlegen mathematischer Beziehungen

Wichtig:

- Layouts müssen für die entsprechende Baugruppe deklariert werden

Mathcad-Analyse in Pro/Engineer

- Übergabe der, durch das Layout gesteuerten, Parameter
 - Geometrische Abmessungen
 - Norm der Kurvenscheibe
 - verwendetes Bewegungsgesetz
- Kennzeichnung der Variablen in Mathcad
 - Tag: proe2mc, mc2proe
- Zuordnung der Pro/Engineer- und Mathcad-Variablen
 - Auto-Zuordnung bei identischer Benennung



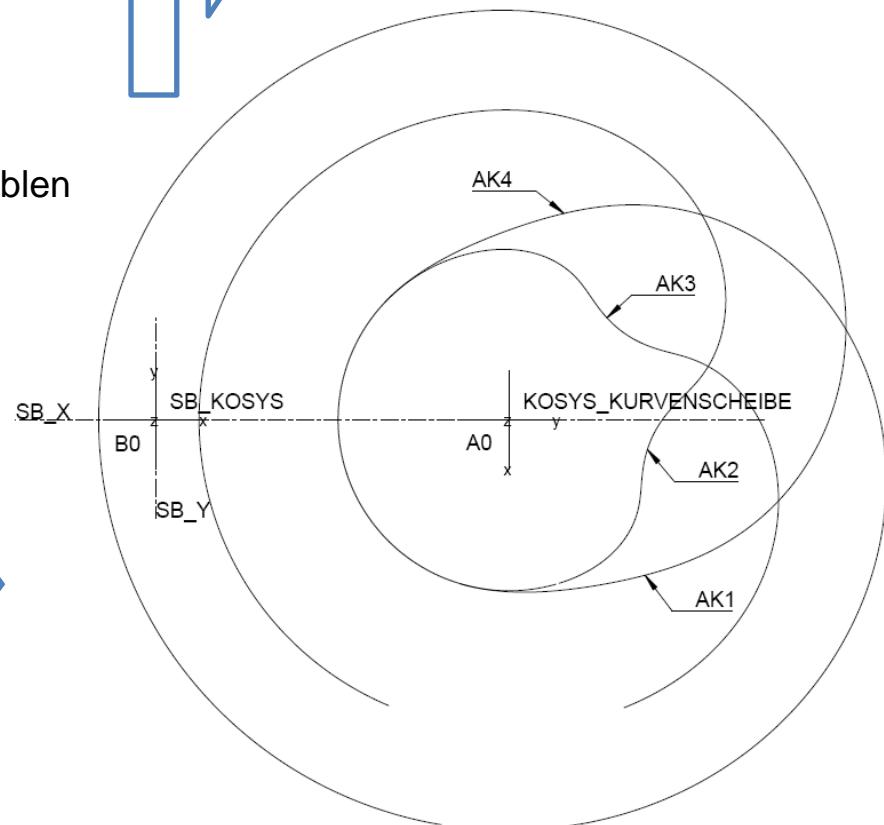
IBL-Datei

- Ausgabe einer gesonderten Datei als Ergebnis der Mathcad-Analyse
- Punktkoordinaten der Kurven
 - jeweils ein Abschnitt pro Kurve
- Einlesen als Bezugskurve in Pro/Engineer



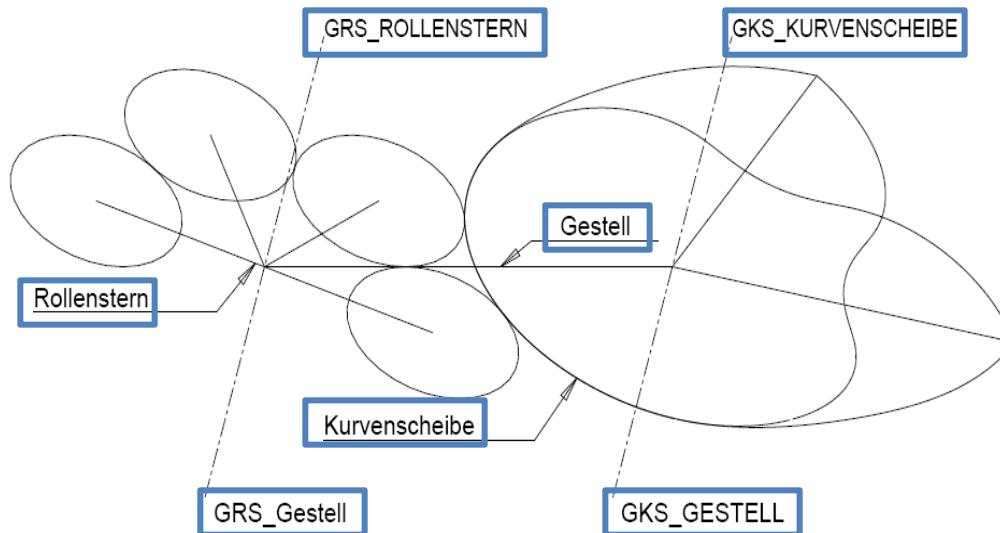
Associative Topology Bus

- assoziatives Referenzieren importierter Geometrie
- Prüfen, Aktualisieren



Motion-Skelett

- Testen der grundlegenden Struktur
- vollständige kinematische Auswertung
- Modellierung von Volumenkörpern



Vorgehen:

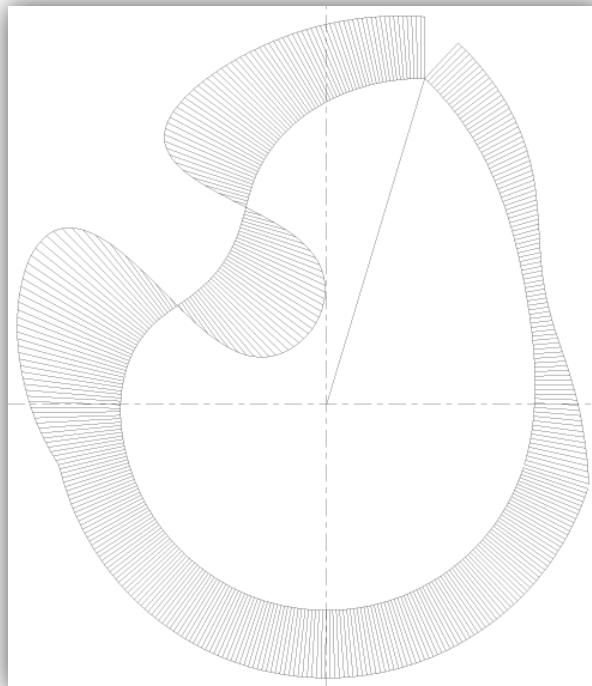
- 1) Konstruktionsskelett skizzieren
 - Gestell:
Gerade als Basiskörper
 - Rollenstern:
vier Rollen für eine Umdrehung ausreichend
 - Kurvenkörper:
Verwenden der Kurven und
Trimmen am Schnittpunkt
- 2) Körperskelette erstellen
 - erster Körper als Basiskörper (Gestell)
 - weitere Körper mit Platzierungsdefinitionen
am Basiskörper
 - Bezugssachsen werden automatisch erzeugt
- 3) Mechanism Design verwenden
 - Kurvenscheibenkopplungs-Verbindungen
 - Servomotor für die Kurvenscheibe
 - Kinematische Analyse

Optimierung des Kurvenprofils

- Fehlschlag der dynamische Analyse sowohl für das Motion-Skelett als auch für das Volumenmodell

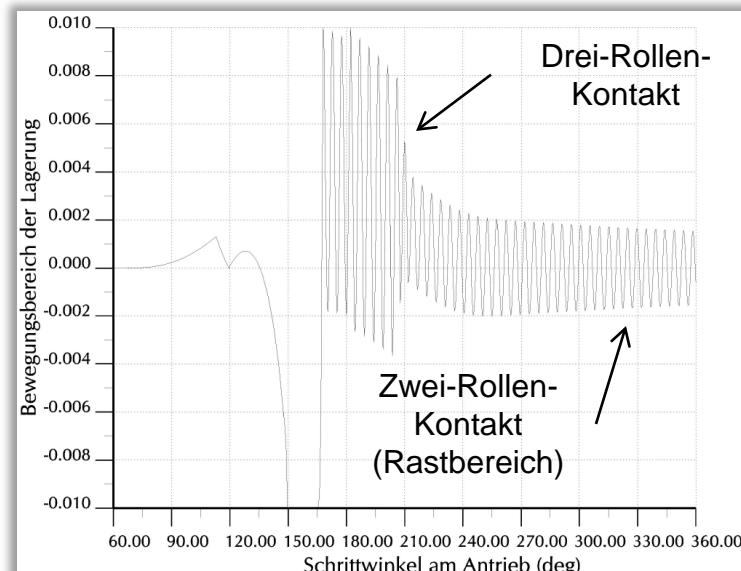
Kurvenanalyse:

- Überprüfung von Qualität und Stetigkeit der Kurven
- Krümmungsverlauf



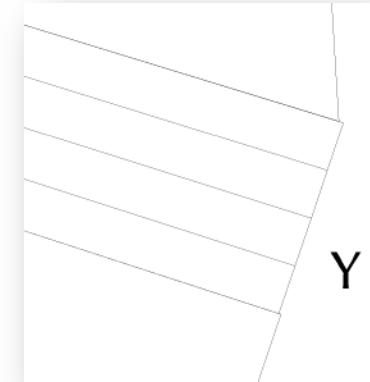
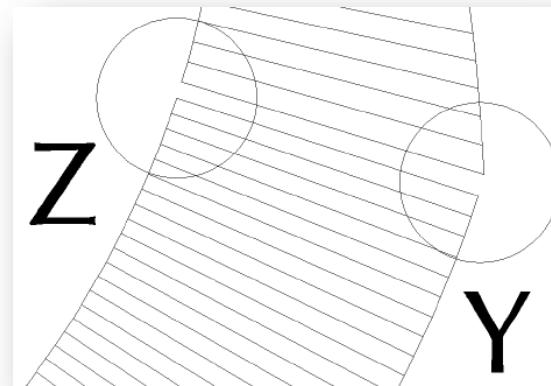
Kontaktstellen

- gleichzeitiger Eingriff von drei Rollen mit Kurven
- 1) Freischneiden
 - gleichzeitiger Eingriff von zwei Rollen
- 2) Reduktion
 - nur eine Rolle im Kontakt
- 3) Federsteifigkeit
 - wechselnder Eingriff von drei Rollen



Fehlstelle

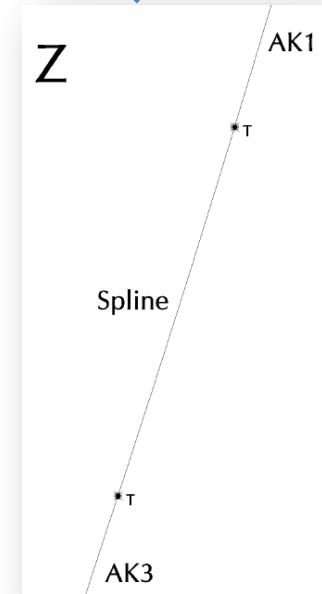
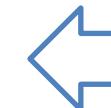
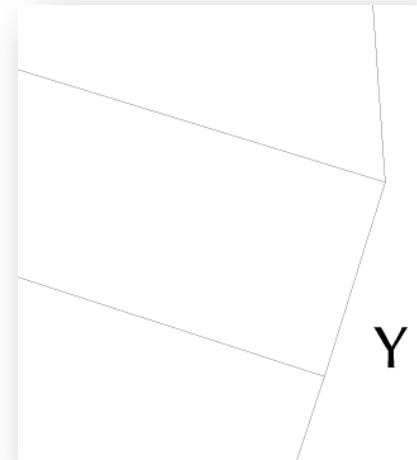
- fehlende Verbindung zwischen den Kurven



Y

Vorgehen:

- schließen der Geometrie formal nicht ausreichend
 - keine stetige Fortsetzung der Krümmung
- 1) Spline mit Tangential-Bedingungen
 - 2) Konvertierung aller Kurventeile zu einem einzigen Spline



Spitze

- Krümmungen weder mit einander verbunden noch mit dem gleichen Betrag

- 1) Spline mit Tangential-
Bedingungen und
Konvertierung

- fester Bereich

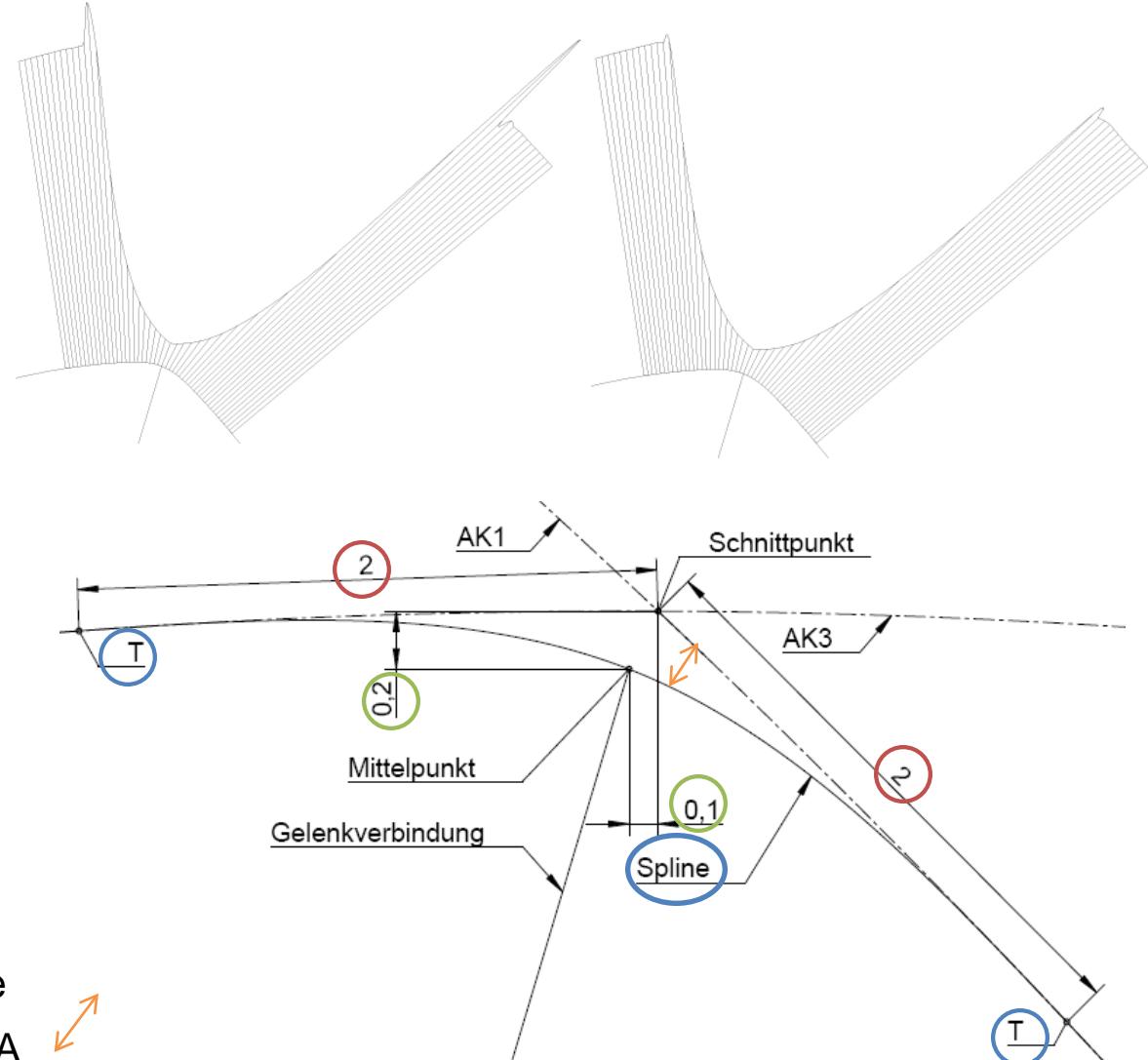


- freie Parameter für
die Optimierung



- 2) Optimierung über
Krümmungsradius
mittels BMX

- Lagebedingung des Spline
über Feldpunkt mittels BDA



Mapkeys

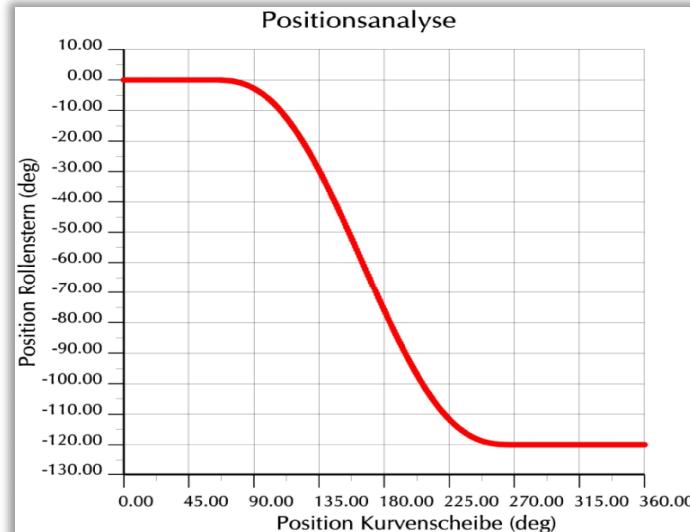
- Aufzeichnung von Tastatureingaben
 - Führung durch die Simulation / Verringerung von Benutzereingaben
- 1) Regeneration nach Änderungen im Layout

```
mapkey $F9 @MAPKEY_LABELRegeneration;~ Command`ProCmdRegenAuto`;\nmapkey(continued) ~ Command `ProCmdRegenAuto` ;~ Command `ProCmdRegenAuto`;\nmapkey(continued) ~ Command `ProCmdTopobusUpd` ;~ Activate `UI Message Dialog` `ok`;\nmapkey(continued) ~ Command `ProCmdRegenAuto`;
```

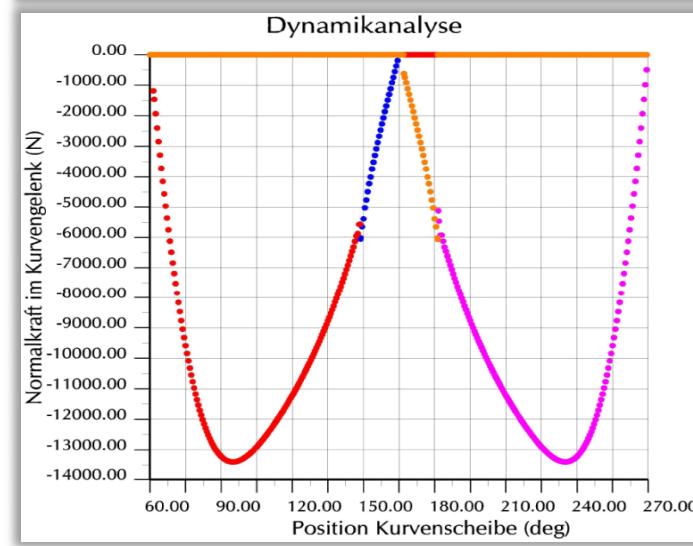
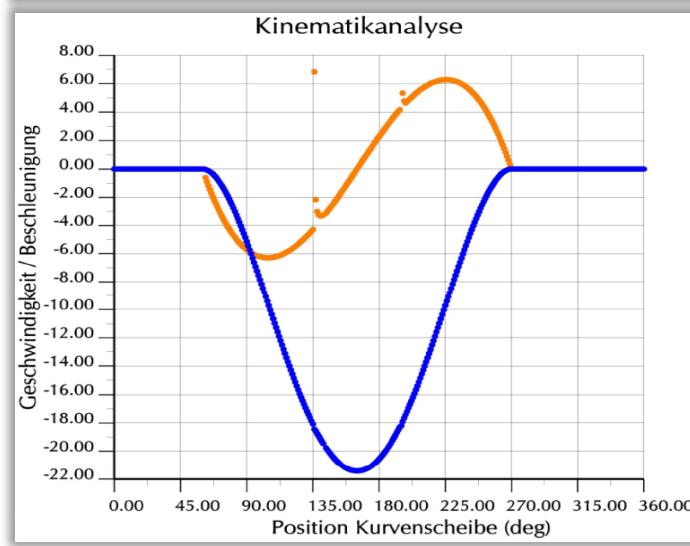
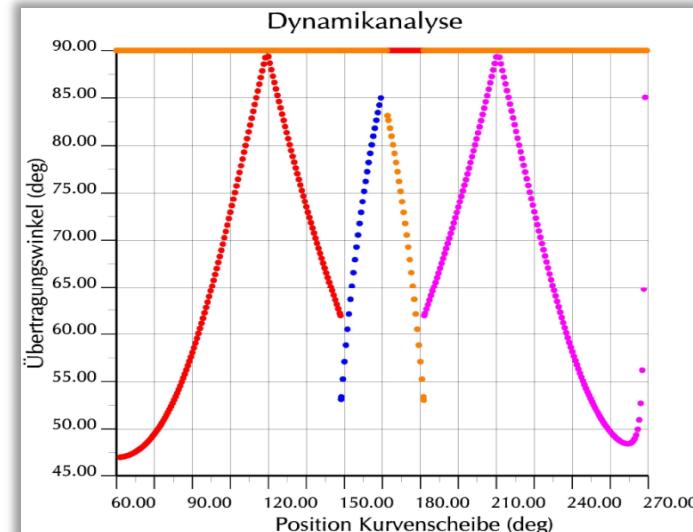
- 2) Reduktion der Kurvenkontur
- 3) Anstoßen einer Optimierungsstudie

```
mapkey $F11 @MAPKEY_LABELOptimierung;~ Command `ProCmdDToolsOptim`;\nmapkey(continued) ~ Activate `optimization` `OpenStudyTB`;\nmapkey(continued) ~ Select `seldstudy` `DesignStudyList`1 `SPITZE_1`;\nmapkey(continued) ~ Activate `seldstudy` `OKButton` ;~ Activate `optimization` `ComputeButton`;\nmapkey(continued) ~ Activate `graph_wnd.2` `graph_wnd.2`;\nmapkey(continued) ~ Activate `graph_wnd.2` `graph_wnd.2` ;~ Close `graph_wnd.2` `graph_wnd.2`;\nmapkey(continued) ~ Activate `optimization` `CloseButton` ;~ Activate `ds_exit` `OKButton`;\nmapkey(continued) ~ Command `ProCmdDToolsOptim` ;~ Activate `optimization` `OpenStudyTB`;\nmapkey(continued) ~ Select `seldstudy` `DesignStudyList`1 `SPITZE_2`;\nmapkey(continued) ~ Activate `seldstudy` `OKButton` ;~ Activate `optimization` `ComputeButton`;\nmapkey(continued) ~ Close `graph_wnd.4` `graph_wnd.4` ;~ Activate `optimization` `CloseButton`;\nmapkey(continued) ~ Activate `ds_exit` `OKButton` ;~ Command `ProCmdRegenAuto`;
```

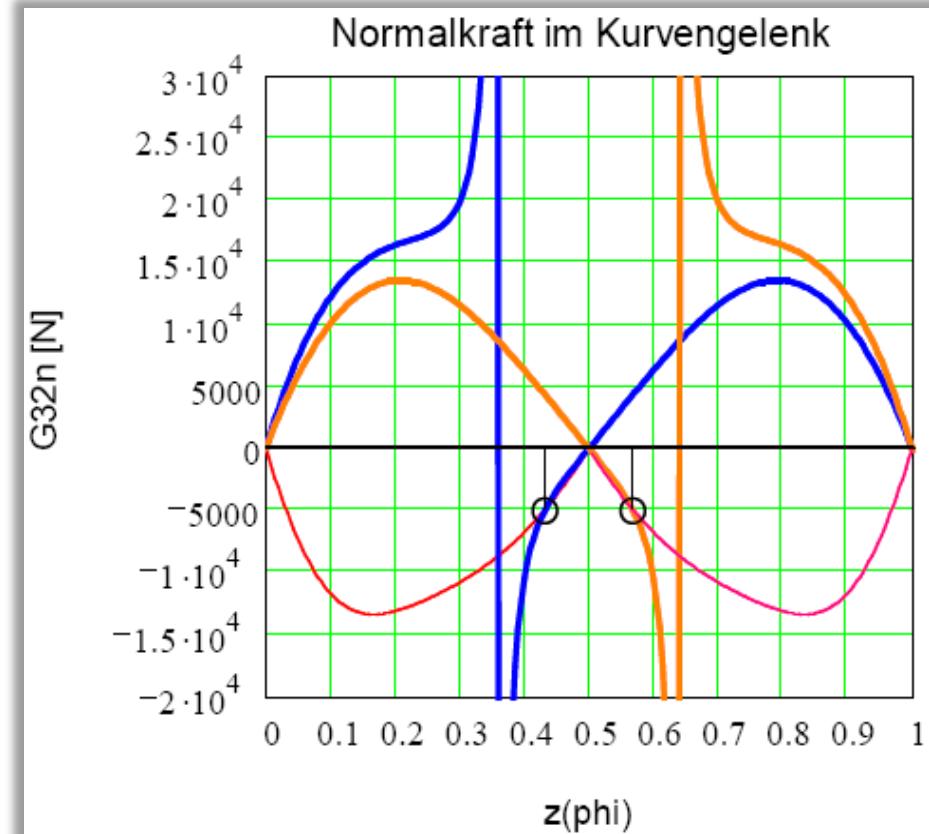
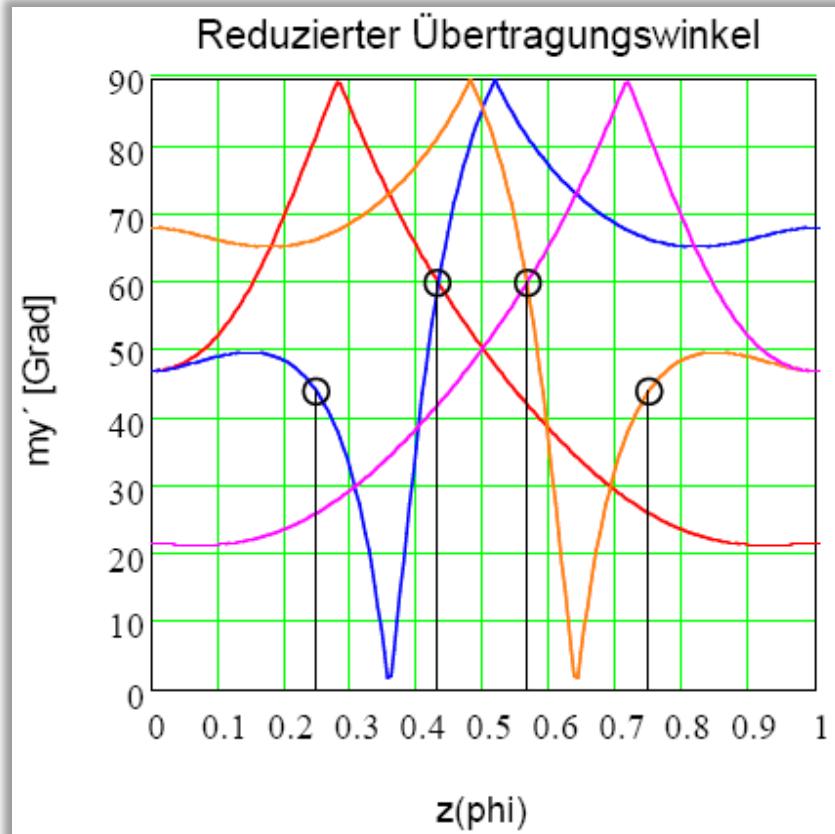
Mechanism Design Extension MDX



Mechanism Dynamics Option MDO



Mathcad-Kontrollrechnung



Abweichungen:

- Optimierung der Kurvenkontur
- Keine Zwangslaufsicherung durch fehlende Kontakte

Fazit:

Ergebnisse aus Pro/Engineer bestätigt!

**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

für weitere Fragen stehe ich Ihnen im
Anschluss gern zur Verfügung