

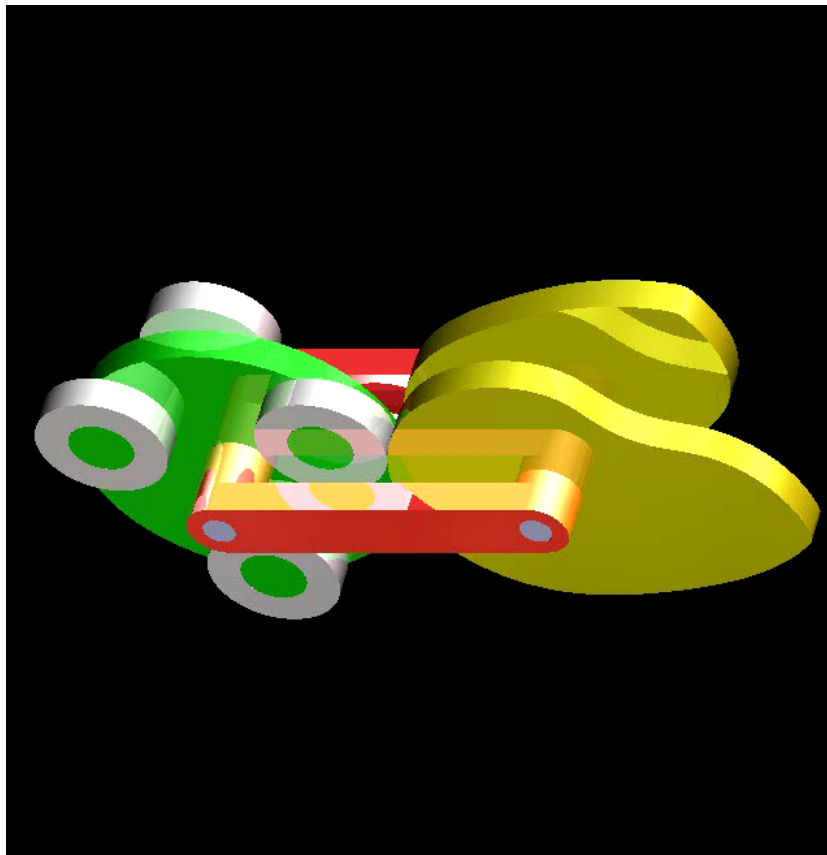
Entwicklung eines dynamischen Simulationsmodells für ebene Kurvenschrittgetriebe

Karsten Schäfer

TU Chemnitz

Maschinenbau/ Produktionstechnik

Konstruktions- und Antriebstechnik

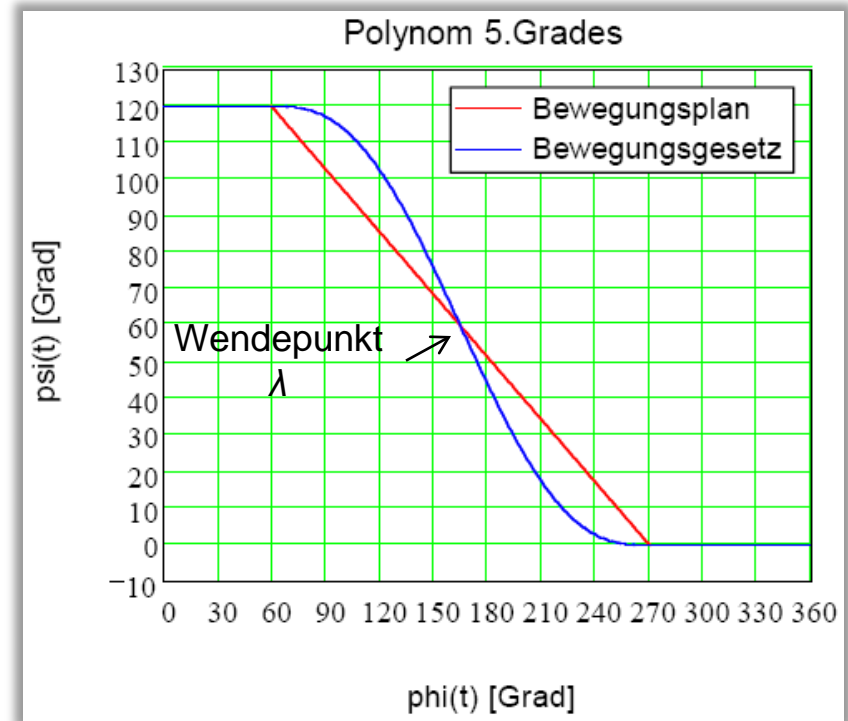
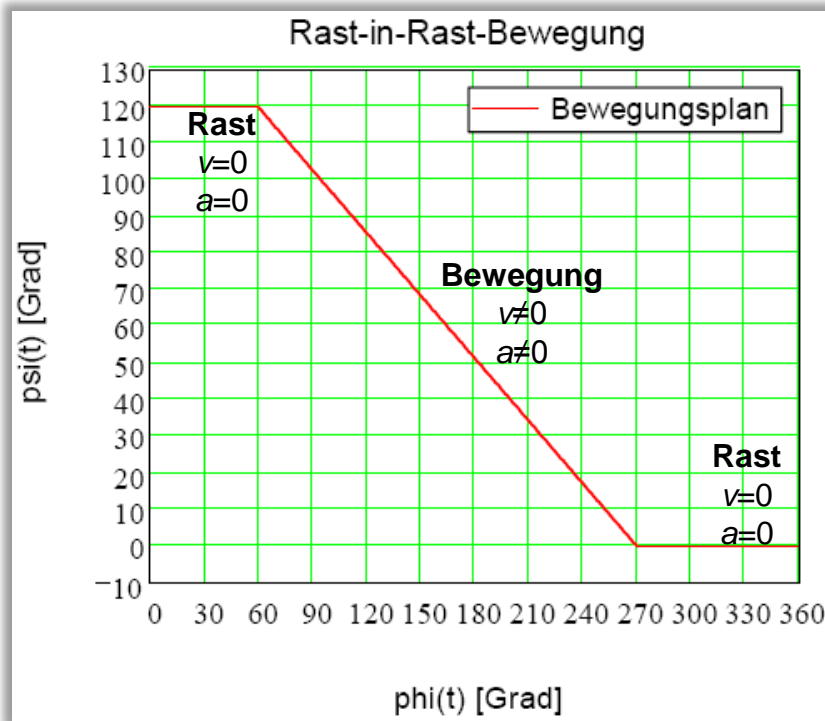


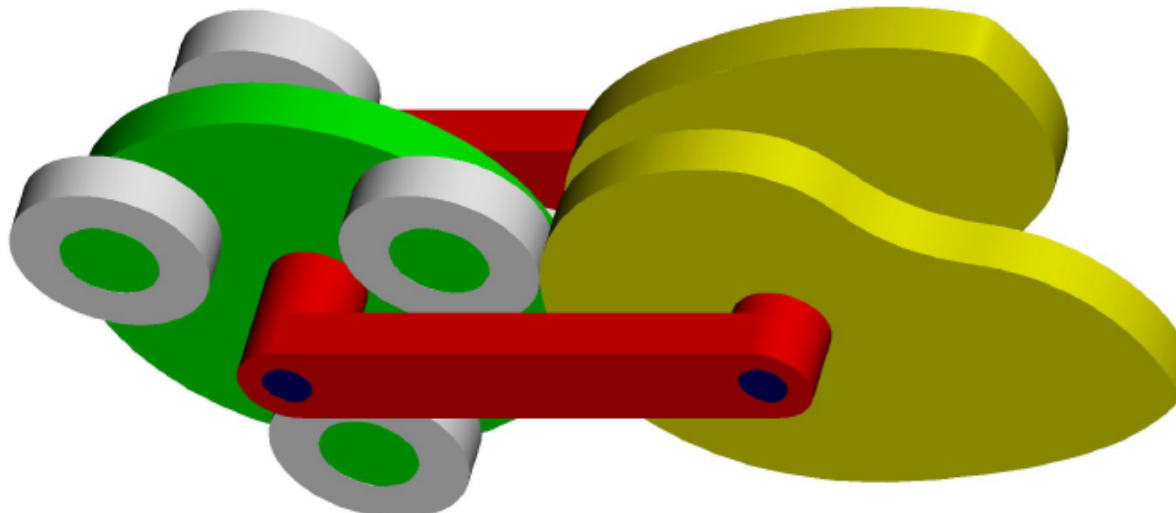
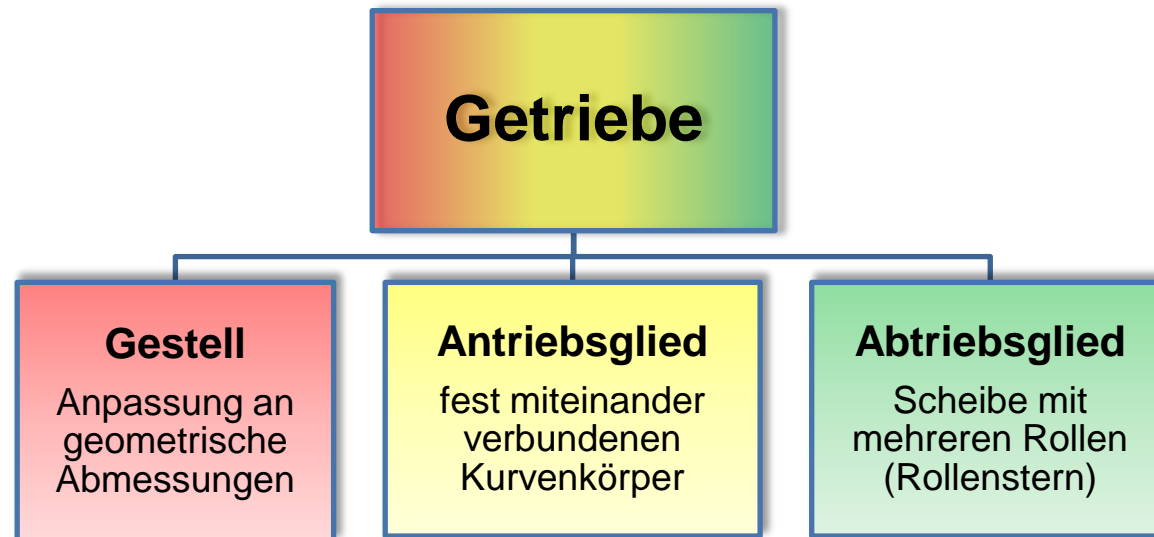
Schwerpunkte:

- 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

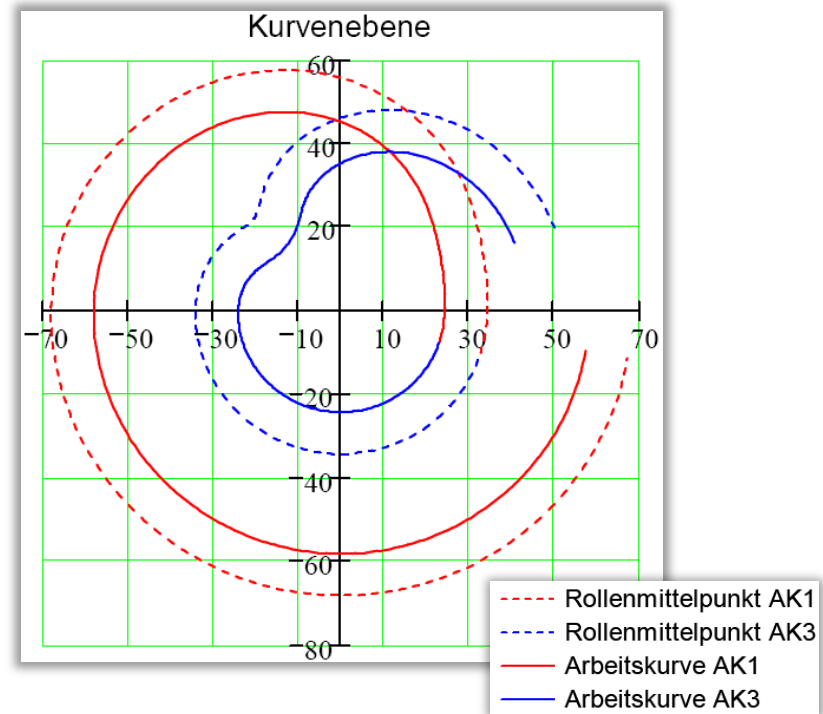
VDI-Richtlinie 2142 Blatt 2

- 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

Funktionen:

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

Wichtig:

- Layouts müssen für die entsprechende Baugruppe deklariert werden

Geometrische Abmessungen		Norm der Kurvenscheibe		Bewegungsgesetz fuer Rast-in-Rast	
Achsabstand	50.000 mm	Volmer Schrittgetriebe	Nr.1	Gerade	Nr.1
Rollensternradius	20.000 mm	VDI 2142 (konventionell)	Nr.2	Quadratische Parabel	Nr.2
Rollenradius	10.000 mm	VDI 2142 (komplex)	Nr.3	Einfache Sinuslinie	Nr.3
Schrittwinkel am Antrieb	210.000 Grad	VDI 2729 (modular)	Nr.4	Polynom 5.Grades	Nr.4
Schrittwinkel am Abtrieb	120.000 Grad	Auswahl der Nummer	1.000	Geneigte Sinuslinie	Nr.5
				Modifiziertes Beschleunigungstrapez	Nr.6
				Modifizierte Sinuslinie	Nr.7
				Wendepunktverlagerung $0 \leq \lambda \leq 1$	0.500
				Symmetrie: $\lambda=0.5$	
				Auswahl der Nummer	4.000

Bedingete 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.

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



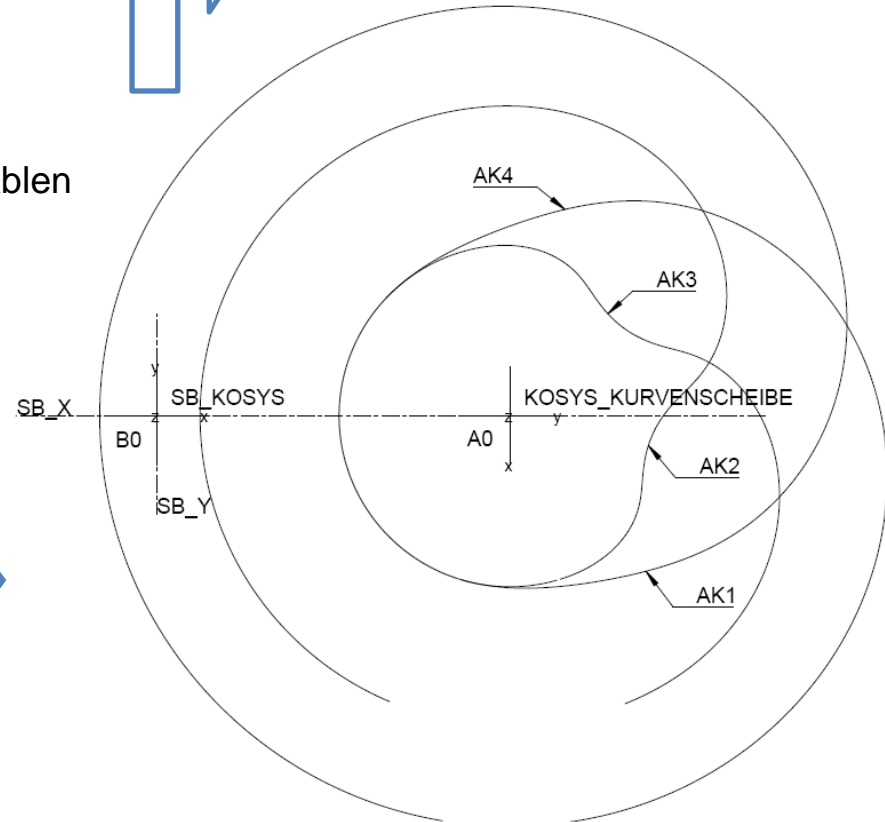
IBL-Datei

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



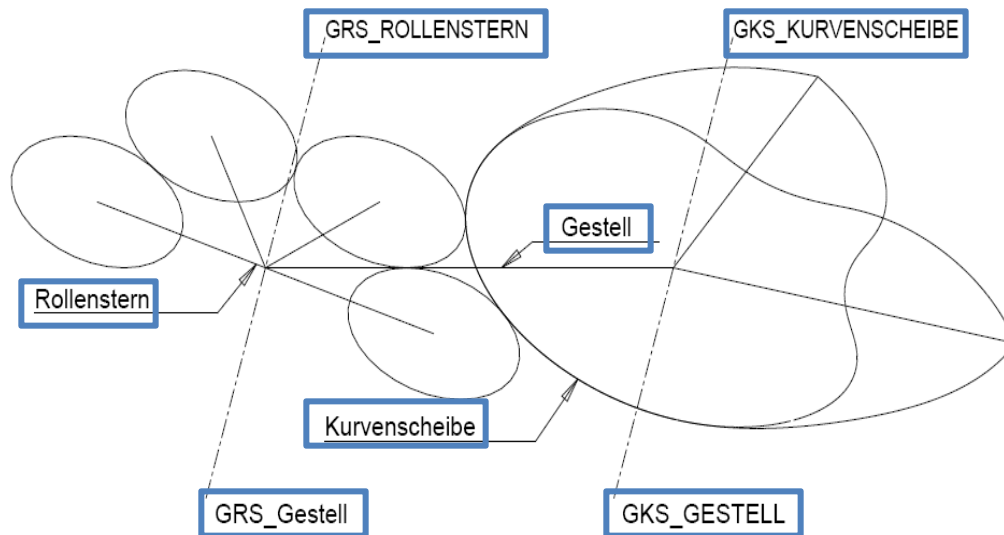
Associative Topology Bus

- assoziatives Referenzieren importierter Geometrie
- Prüfen, Aktualisieren



Motion-Skelett

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



Vorgehen:

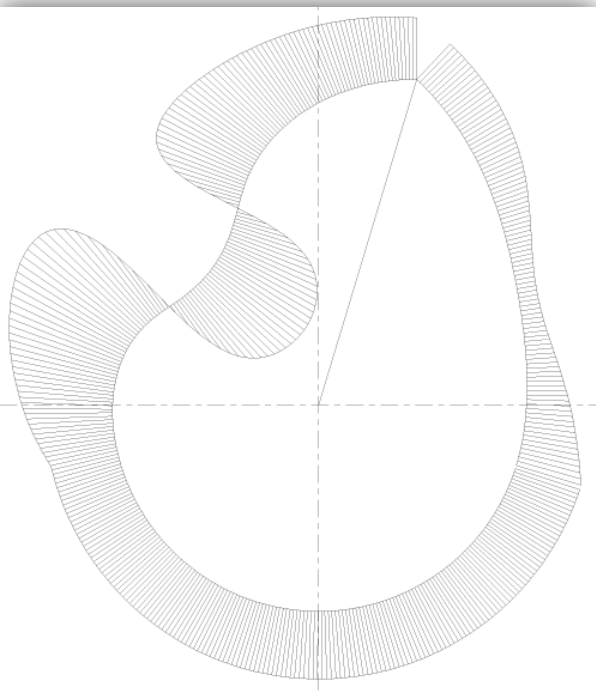
- 1) Konstruktions skelett skizzieren
 - Gestell:
Gerade als Basiskörper
 - Rollenstern:
vier Rollen für eine Umdrehung ausreichend
 - Kurvenkörper:
Verwenden der Kurven und Trimmen am Schnittpunkt
- 2) Körperskelette erstellen
 - erster Körper als Basiskörper (Gestell)
 - weitere Körper mit Platzierungsdefinitionen am Basiskörper
 - Bezugsachsen 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

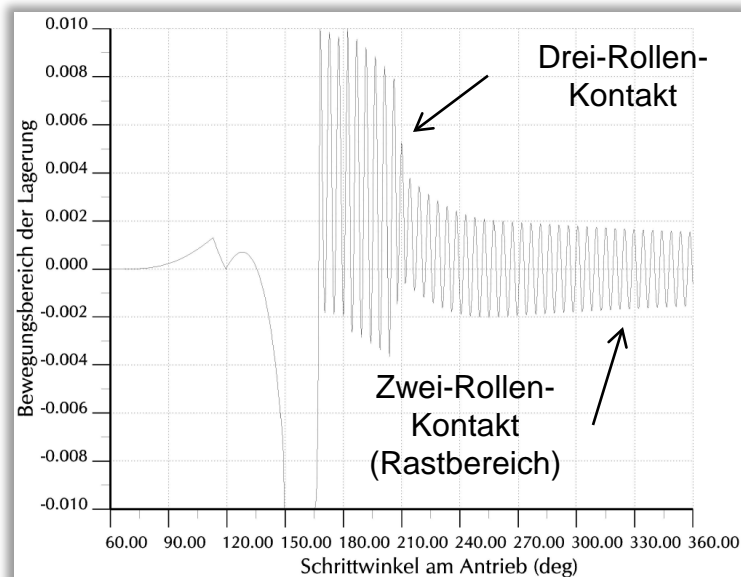
Kurvenanalyse:

- 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

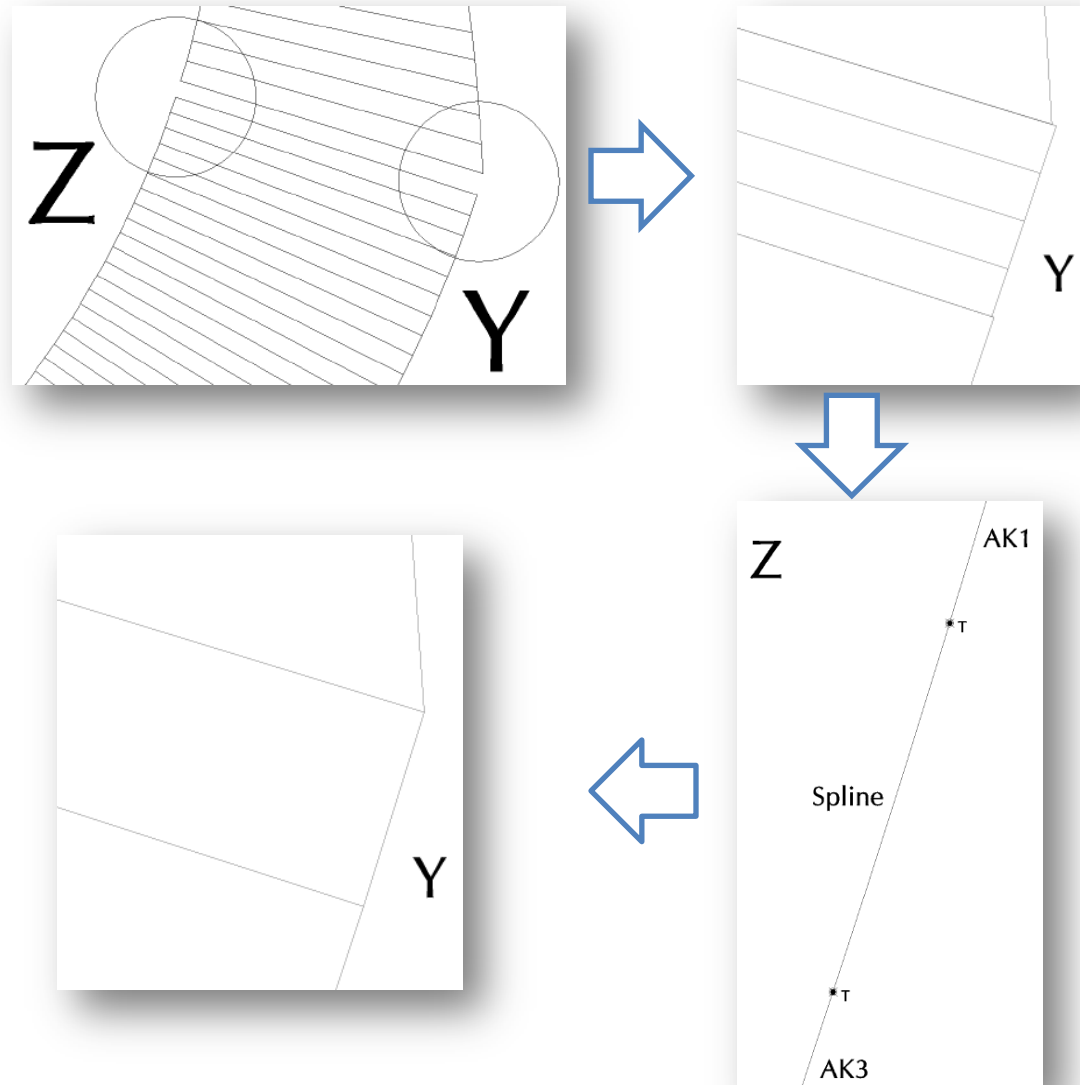


Fehlstelle

- fehlende Verbindung zwischen den Kurven

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

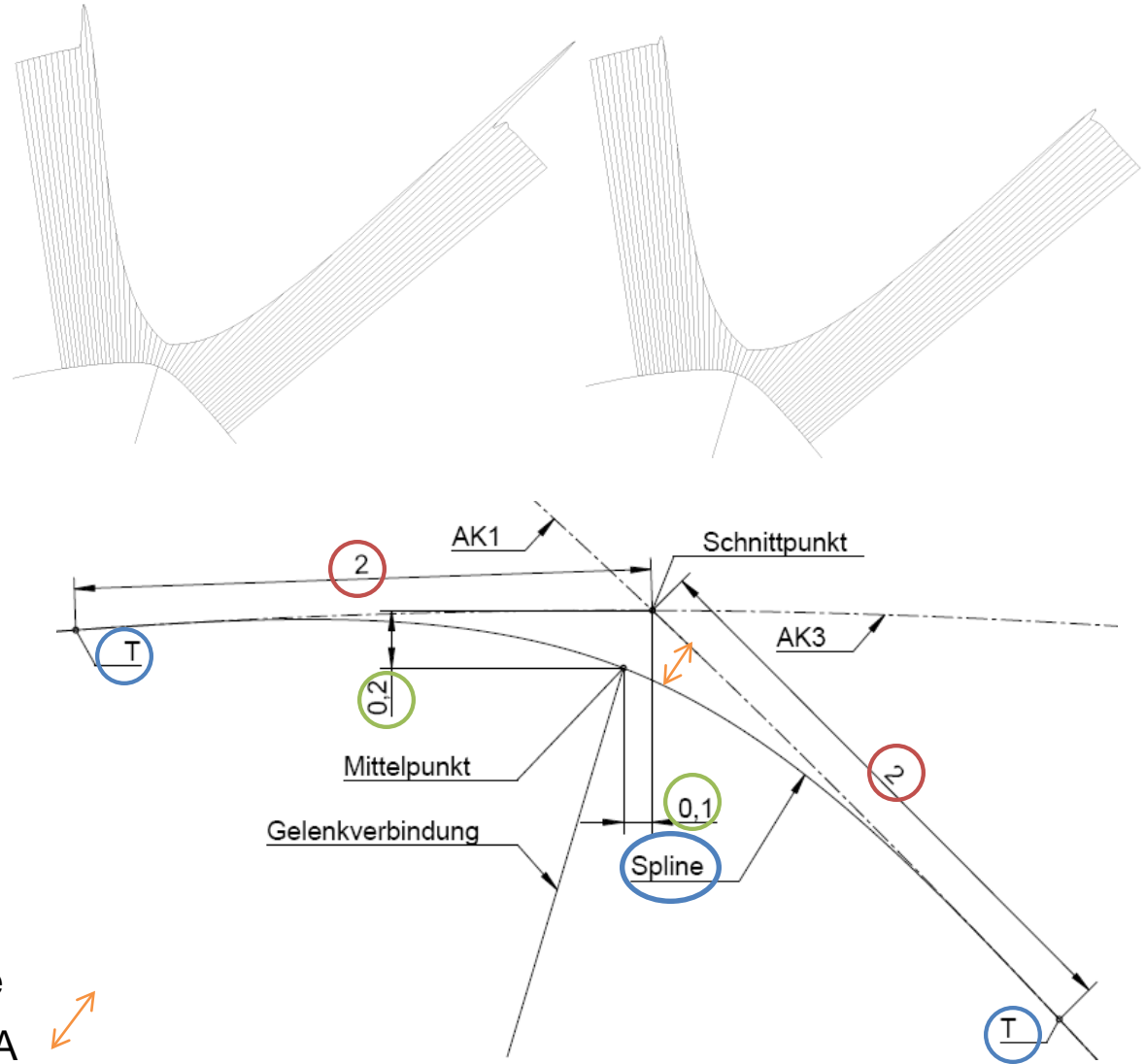
- Krümmungen weder mit einander verbunden noch mit dem gleichen Betrag

- 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` ;\
mapkey(continued) ~ Command `ProCmdRegenAuto` ;~ Command `ProCmdRegenAuto` ;\
mapkey(continued) ~ Command `ProCmdTopobusUpd` ;~ Activate `UI Message Dialog` `ok`; \
mapkey(continued) ~ Command `ProCmdRegenAuto`;
    
```

2) Reduktion der Kurvenkontur

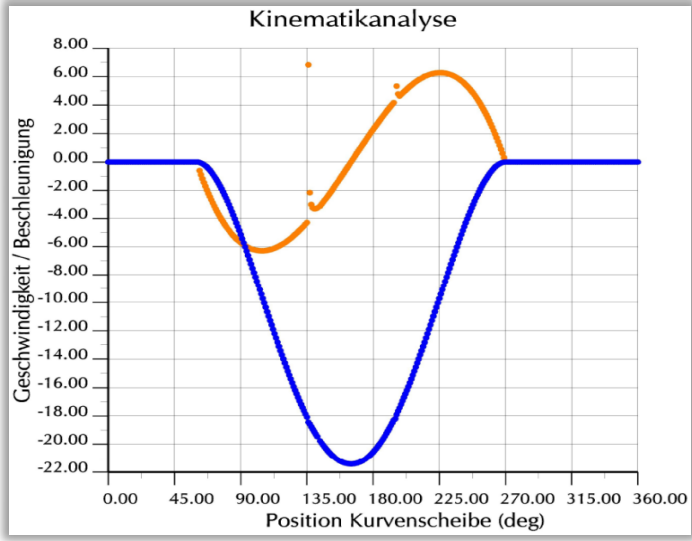
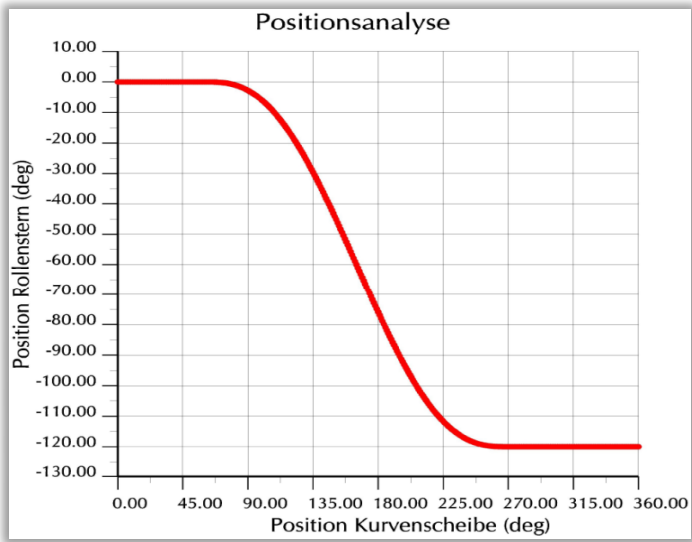
3) Anstoßen einer Optimierungsstudie

```

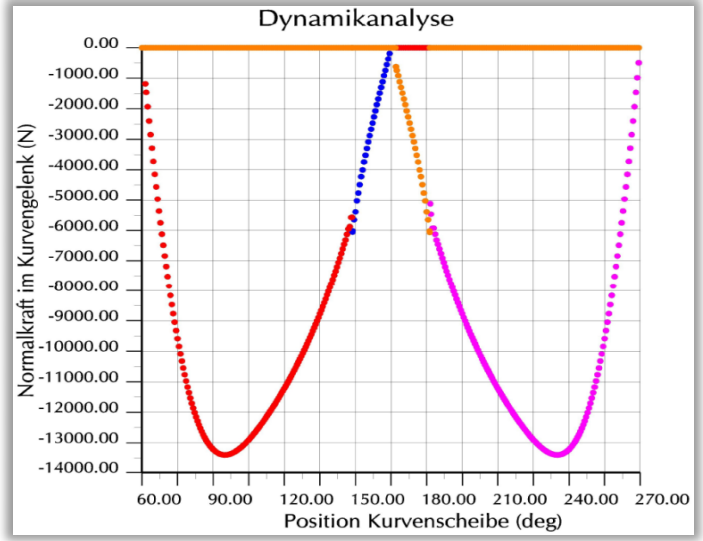
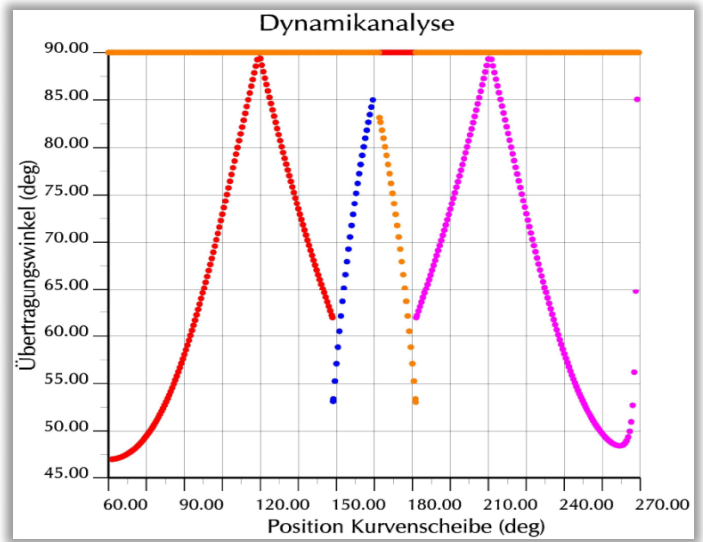
mapkey $F11 @MAPKEY_LABELOptimierung;~ Command `ProCmdDToolsOptim` ;\
mapkey(continued) ~ Activate `optimization` `OpenStudyTB`; \
mapkey(continued) ~ Select `selstudy` `DesignStudyList`1 `SPITZE_1`; \
mapkey(continued) ~ Activate `selstudy` `OKButton`;~ Activate `optimization` `ComputeButton`; \
mapkey(continued)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

Dynamische Simulation ebener Kurvenschrittgetriebe / Karsten Schäfer

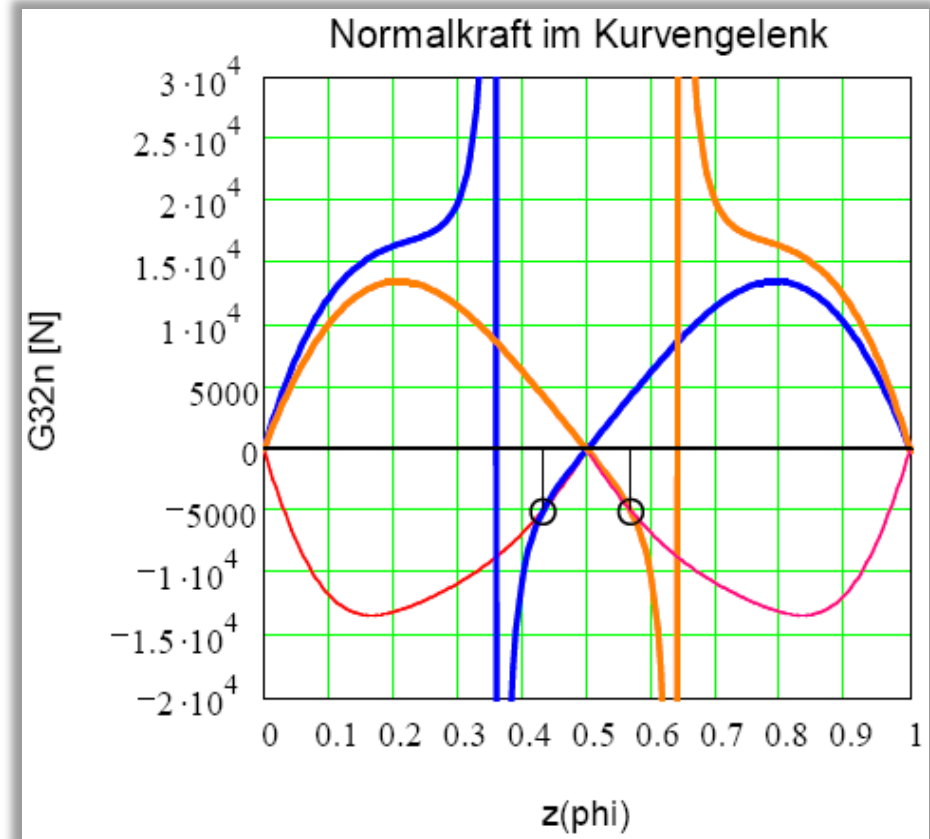
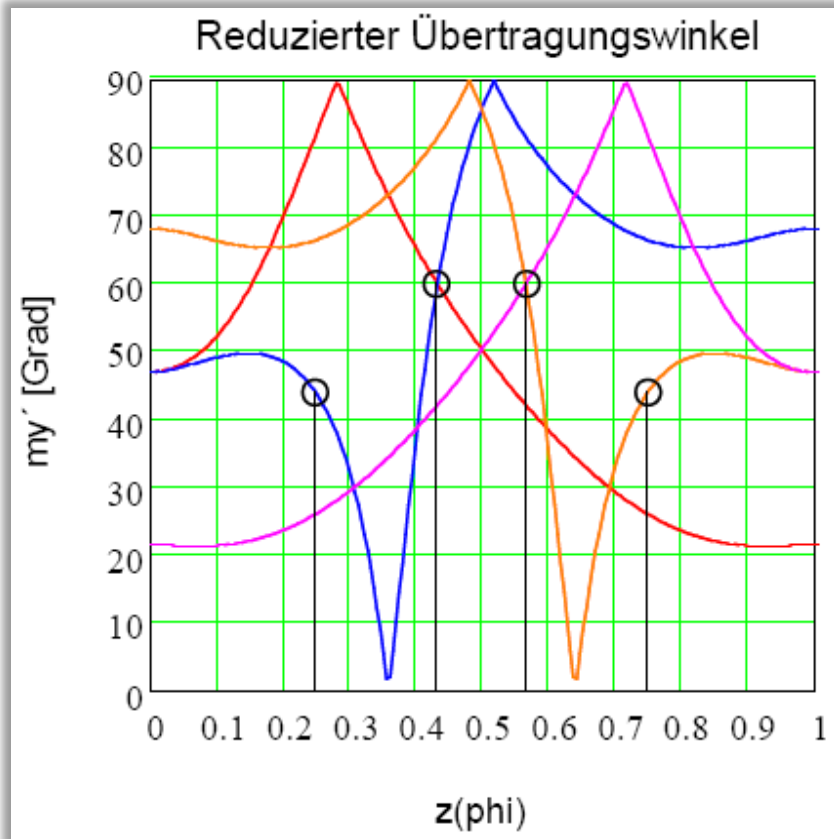
Mechanism Design Extension MDX



Mechanism Dynamics Option MDO



Mathcad-Kontrollrechnung



Abweichungen:

- Optimierung der Kurvenkontur
- Keine Zwanglaufsicherung 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