

**Problem:**

- Ersetzen einer defekten Nockenwelle, z.B. in einer Druckmaschine
- die zur Herstellung nötigen Kurvenkonturdaten sind nicht vorhanden

**Lösung:**

Vermessen der defekten Nockenwelle zur Ermittlung der Konturdaten

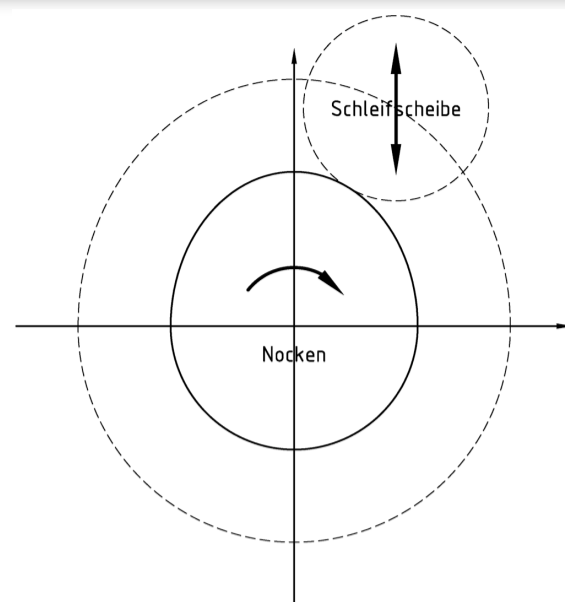
↓

Inverse Kurvengetriebeberechnung  
Ermittlung der Antriebsfunktionen:

**Werkzeug:** linear verfahrenende Schleifscheibe  
**Werkstück:** rotierende Nockenwelle

↓

Bearbeitung des Ersatzteils auf einer Präzisionsbearbeitungsmaschine



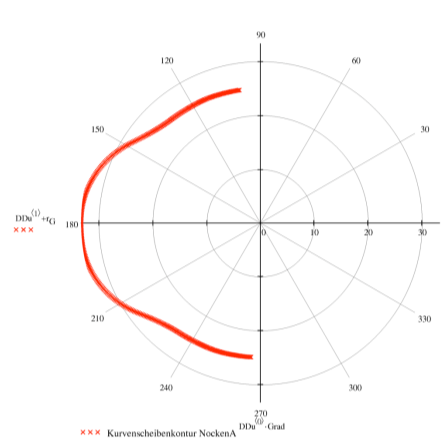
**konkrete Aufgabenstellung:**

- Erzeugen eines Importmoduls zur Verarbeitung unterschiedlicher Ausgangsdaten auf ein einheitliches Datenformat
- Aufbereitung und Vergleich mathematischer Funktionen (z.B. Interpolation mittels einer Spline Funktion oder Approximation mittels einer Fourierreihe) zur Beschreibung der Punktmenge und deren Ableitungen
- Berechnung des Krümmungsradius der Kurvenkontur
- Ermittlung der Antriebsfunktion für das Werkzeug (Schleifscheibe) und das Werkstück (Nockenwelle)
- Optimierung der Werkstückantriebsfunktion
- Bearbeitung von sieben vorgegebenen unterschiedlichen Kurvenkonturen: Druckwalze1, Druckwalze2, Nocken, NockenA, NockenE, Polygon, Pumpennocken

## 1. Importmodul

**Einlesen der Ausgangsdaten in Mathcad**

Winkel / Grad	Abweichung / mm
99.0000	0.000000
99.5000	0.000015
100.0000	0.000123
100.5000	0.000412
101.0000	0.000968
101.5000	0.001869
102.0000	0.003186
102.5000	0.004979
103.0000	0.007295
103.5000	0.010171
104.0000	0.013627
104.5000	0.017671
105.0000	0.022295
105.5000	0.027479
106.0000	0.033186
106.5000	0.039369
107.0000	0.045968

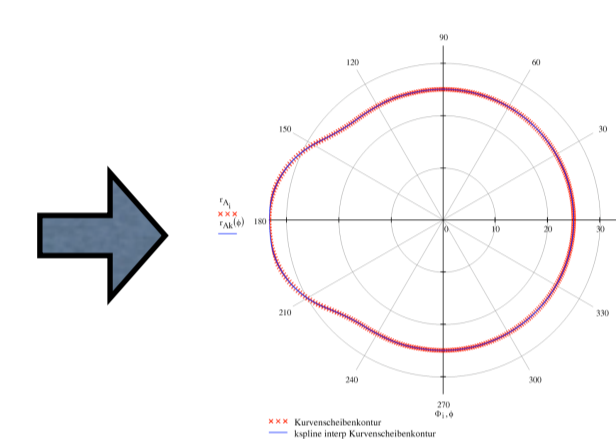


Vervollständigung der Ausgangsdaten bei Unvollständigkeit

Erzeugen eines gleichmäßigen, selbstdefinierten Winkelabstandes

DD =

	0	1
95	95	0
96	96	0
97	97	0
98	98	0
99	99	0
100	100	1.23·10 <sup>-4</sup>
101	101	9.68·10 <sup>-4</sup>
102	102	3.186·10 <sup>-3</sup>
103	103	7.295·10 <sup>-3</sup>
104	104	0.014
105	105	0.022
106	106	0.033
107	107	0.046
108	108	0.06
109	109	0.075
110	110	0.09



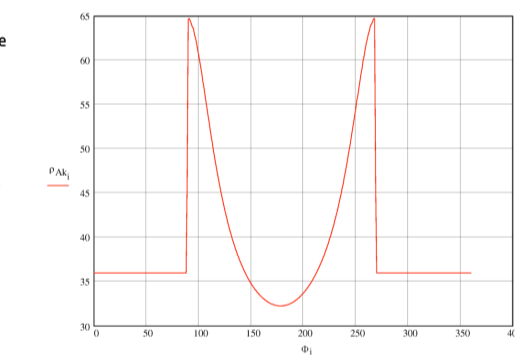
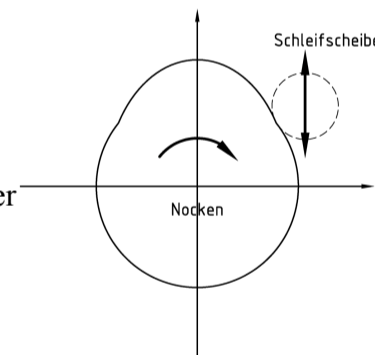
## 2. mathematische Funktion

Interpolation mit Hilfe eines kubischen Splines, da:

- zu bearbeitende Kurvenkonturen erfordern keine Approximation
- die zur Approximation notwendigen Toleranzen sind nicht gegeben

## 3. Krümmungsradius

**Grund:** Ermittlung des maximal einsetzbaren Schleifscheibendurchmessers: bei konkaven Kurvenkonturbereichen (negativer Krümmungsradius) muß der Schleifscheibendurchmesser (siehe Skizze) begrenzt werden (siehe Formel)



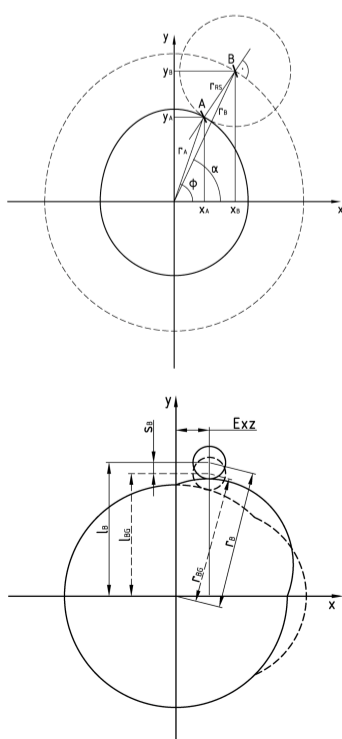
$$\rho_{Ak_i} := \frac{\sqrt{(r_{A_i})^2 + (r'_{AKF_i})^2}}{(r_{A_i})^2 + 2 \cdot (r'_{AKF_i})^2 - r_{A_i} \cdot r''_{AKF_i}}$$

**kleinster Krümmungsradius:**  
 $\min(\rho_{Ak_i}) = 32.256$

**maximaler Rollenstoßradius:**  
 $r_{RSmax} := \begin{cases} 4 \cdot \min(\rho_{Ak_i}) & \text{if } \min(\rho_{Ak_i}) < 0 \\ \text{"frei wählbar"} & \text{otherwise} \end{cases}$

$r_{RSmax} = \text{"frei wählbar"}$

## 4. Antriebsfunktion



$$x_{B_i} := x_{A_i} + \frac{r_{RS} \cdot y'_{AKF_i}}{\sqrt{(x'_{AKF_i})^2 + (y'_{AKF_i})^2}}$$

$$y_{B_i} := y_{A_i} - \frac{r_{RS} \cdot x'_{AKF_i}}{\sqrt{(x'_{AKF_i})^2 + (y'_{AKF_i})^2}}$$

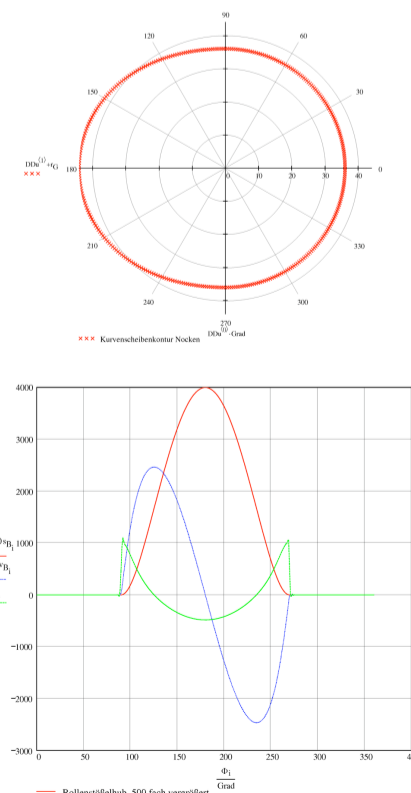
$$l_{B_i} := \sqrt{r_{B_i}^2 - Exz^2}$$

$$l_{BG} := \sqrt{r_{BG}^2 - Exz^2}$$

$$s_{B_i} := l_{B_i} - l_{BG}$$

$$v_{B_i} := s'_{BKFi} \cdot \omega$$

$$a_{B_i} := s''_{BKFi} \cdot \omega^2$$



## 5. Optimierung

**Problem:** der maximal erlaubte Beschleunigungskennwert der Präzisionsbearbeitungsmaschine wird von der linear verfahrenenden Schleifscheibe rechnerisch überschritten

Erstellung einer optimierten Drehzahlfunktion

**maximal zulässige Beschleunigung des Rollenstoßels:**

$$a_{Bmax} := \max(a_{B_i}) \quad a_{Bmax} = 1.1 \times 10^3 \quad a_{Bmax} \dots \text{maximale Beschleunigung des Rollenstoßels in mm/s}^2$$

7. Lesen Sie bitte den zu  $a_{Bmax}$  gehörigen Winkel im Koordinatensystem ab und tragen Sie ihn in  $\phi_{aBmax}$  ein!

$$\phi_{aBmax} := 92 \text{ Grad} \quad \phi_{aBmax} \dots \text{der zu } a_{Bmax} \text{ gehörige Winkel}$$

$$a_{Bmaxzul} := 500 \quad a_{Bmaxzul} \dots \text{maximal zulässige Beschleunigung des Rollenstoßels in mm/s}^2$$

Erstellen einer optimierten Drehzahlfunktion:

8. Tragen Sie bitte in  $n_{neu}$  zu den Winkeln eine Drehzahl ein! Achten Sie auf  $\phi_{aBmax}$ ,  $n_{aBmaxzul}$  und auf den Verlauf der Rollenstoßelbeschleunigung!

Winkel	Drehzahl
0	$n + n_{aBmaxzul}$
1-Grad	$n + n_{aBmaxzul}$
30-Grad	$n$
60-Grad	$n - n_{aBmaxzul}$
92-Grad	$n_{aBmaxzul}$
135-Grad	$n - n_{aBmaxzul}$
180-Grad	$n_{aBmaxzul}$
225-Grad	$n - n_{aBmaxzul}$
269-Grad	$n_{aBmaxzul}$
300-Grad	$n - n_{aBmaxzul}$
330-Grad	$n$
359-Grad	$n + n_{aBmaxzul}$
360-Grad	$n + n_{aBmaxzul}$

$n_{neu} =$

Winkel	Drehzahl
0	0
1	0.017
2	0.524
3	1.047
4	1.606
5	2.356
6	3.142
7	3.927
8	4.695
9	5.236
10	5.76
11	6.266
12	6.263

$n_{neu}$  ... neue Drehzahlen der Kurvenscheibe  
Spalte 0: Winkel; Spalte 1: Drehzahl in 1/min

$n_{opt}(\phi)$  ... optimierte Drehzahlfunktion der Kurvenscheibe in 1/min  
 $n_{opt}(\phi)$  ... optimierte Drehzahlfunktion der Kurvenscheibe in 1/min als Feld

