

DI Dr. techn. Klaus LEEB

klaus.leeب@schule.at

"Wankelmotor" - Animation der Kolbendrehung



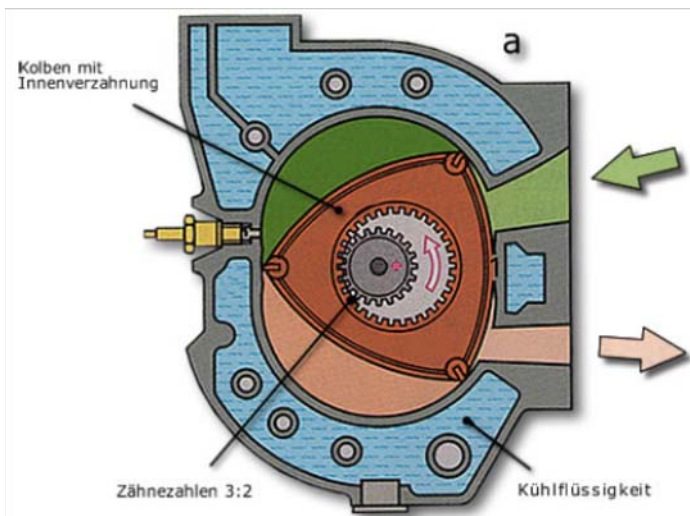
- **Mathematische / Fachliche Inhalte in Stichworten:**
Grafische Darstellung der Wankelmotorgeometrie:
Gehäuse, Rollkreis, Grundkreis und Kolbendreieck
- **Kurzzusammenfassung**
Animation der Drehung des Kolbendreiecks:
mit "FRAME" wird der Drehwinkel geändert
- **Didaktische Überlegungen / Zeitaufwand:**
Im Rahmen des Unterrichts erarbeitet.
Ein großes Dankeschön gebührt Herrn *Luca Bela Palcovics*, der diese Vorgangsweise bei der Erstellung einer Animation im Rahmen des Konstruktionsübungsunterrichts erarbeitet und im Rahmen des Verbrennungsmotorenunterrichts in dankenswerter Weise seinen Kollegen und mir erläutert hat.
- **Lehrplanbezug (bzw. Gegenstand / Abteilung / Jahrgang):**
Verbrennungsmotoren Abteilung für Maschineningenieurwesen
- **Mathcad-Version: Mathcad 14**
- **Literaturangaben:**
Grohe/Russ "Otto- und Dieselmotoren"
- **Anmerkungen bzw. Sonstiges:**
Während des Schuljahres 2009_10 erarbeitet.



Der Wankelmotor - Animation der Kolbendrehung

Trochoide: Gl 2.7 Otto+Dieselmotoren

Der Kreiskolben ist auf dem Exzenter drehbar gelagert. An diesem Kolben ist ein innenverzahntes Rad befestigt, welches in ein feststehendes Ritzel eingreift. Dieses Zahnradpaar mit einem Übersetzungsverhältnis von 3:2 dient der Führung des Kolbens. Das Zusammenspiel von Exzenter und Verzahnung führt zu einer Kolbenbewegung, die im Verhältnis 1:3 zur Exzenterdrehzahl steht.

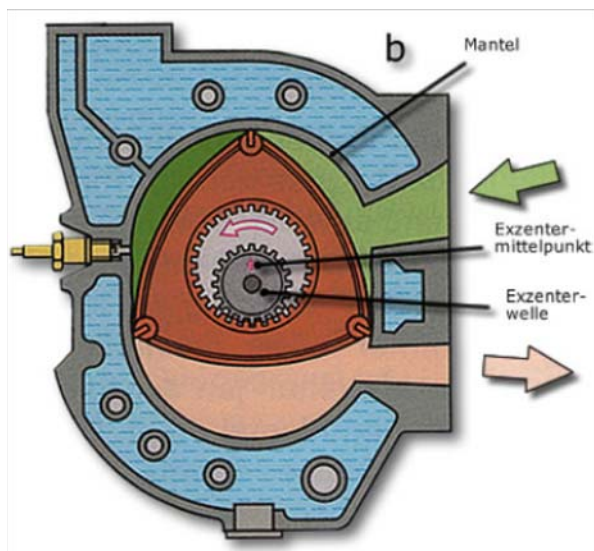


Das Zähnezahlverhältnis 2/3:
Hohlrad/Exzenterrad > 1
(Hohlrad muss größer sein)

Exzenterad $z_1 := 20$

Hohlrad $z_2 := \frac{3}{2} \cdot z_1$ $z_2 = 30$

Modul $m_1 := 3 \cdot \text{mm}$



Exzentrizität e_1 :

Ist der Abstand zwischen Kolben und Gehäusemittelpunkt (immer konstant)

Rollkreisradius $R_G := \frac{z_1 \cdot m_1}{2}$ $R_G = 30 \cdot \text{mm}$

Grundkreisradius $R_R := \frac{z_2 \cdot m_1}{2}$ $R_R = 45 \cdot \text{mm}$

Exzentrizität $e_1 := R_R - R_G$ $e_1 = 15 \cdot \text{mm}$

$R_1 := 100 \cdot \text{mm}$ Radius des Kolbens

Bilder entnommen von:

<http://www.bikesite.at/center/motoren/wankelmotor.htm>

Darstellung der Trochoide und Kurbelwelle und des Exzentrers

Bereichsvariable für den **Kurbelwinkel**

$$\varphi_{\text{Anfang}} := 0 \cdot \text{Grad} \quad \varphi_{\text{Ende}} := 3 \cdot 360 \cdot \text{Grad} \quad \Delta\varphi := 1 \cdot \text{Grad}$$

$$\varphi_G := \varphi_{\text{Anfang}} + (\varphi_{\text{Anfang}} + \Delta\varphi) \cdot \varphi_{\text{Ende}}$$

Anm.: Der Winkel der Welle: simuliert eine Drehung der Welle um 1080 Grad (=3 Umdrehungen) --> Gehäuseform

Darstellung der Trochoide: $x(\varphi_G) := e_1 \cdot \cos(\varphi_G) + R_1 \cdot \cos\left(\frac{1}{3} \cdot \varphi_G\right)$

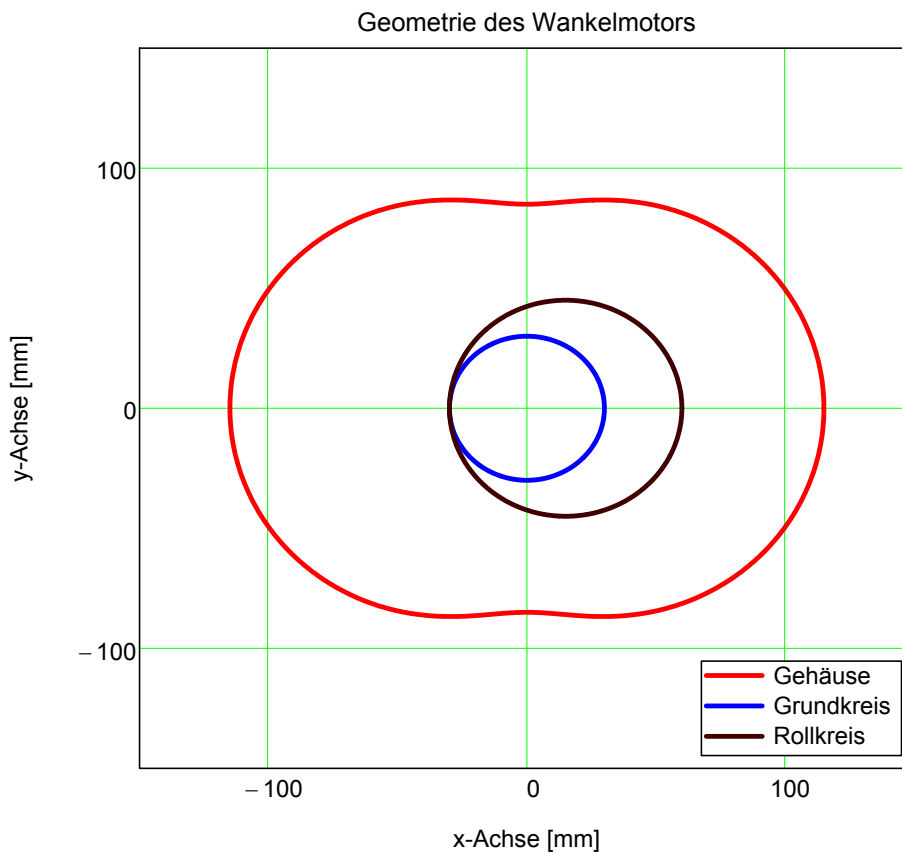
$$y(\varphi_G) := e_1 \cdot \sin(\varphi_G) + R_1 \cdot \sin\left(\frac{1}{3} \cdot \varphi_G\right)$$

Darstellung des Grundkreises $x_{\text{Gkreis}}(\varphi) := \sin(\varphi) \cdot R_G$

$$y_{\text{Gkreis}}(\varphi) := \cos(\varphi) \cdot R_G$$

Darstellung des Rollkreises $x_{\text{RKreis}}(\varphi) := e_1 + R_R \cdot \cos(\varphi)$

$$y_{\text{RKreis}}(\varphi) := R_R \cdot \sin(\varphi)$$



Darstellung des Kolbendreiecks

(4 Eckpunkte --> 3 Seiten - der erste Punkt wiederholt sich, damit das Dreieck geschlossen erscheint):
 Dasselbe wie φ_G damit man die 3 Seiten bekommt

$$\varphi_K := \varphi_{\text{Anfang}} + 360 \cdot \text{Grad} .. 1080 \cdot \text{Grad}$$

Gehäuseform: bzw. die Koordinaten der Kolbenecken (Formel für eine Kante des Kolbens)
 Abhängig vom Exzenterwinkel φ_E bei 1080 Grad Umdrehung --> Gehäuseform)

Animation: der Mittelpunkt des Exzenters (Welle) wandert mit dem Kolbenwinkel mit
 (dazu benötigt man den Winkel φ_E)

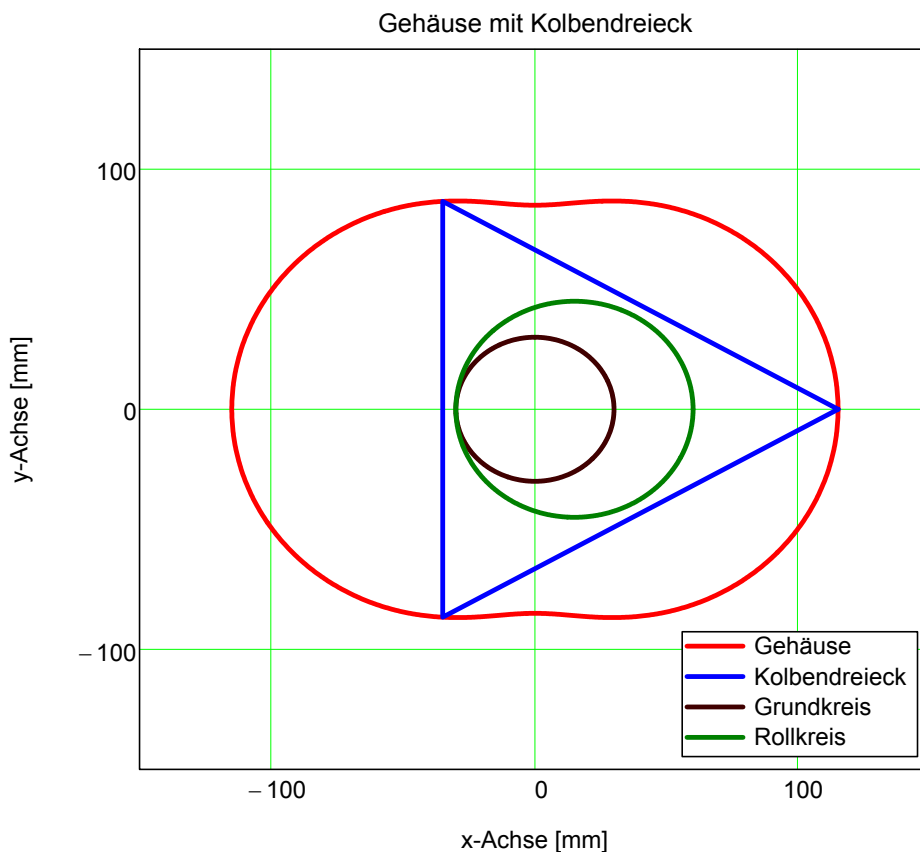
Exzenterwinkel $\varphi_E := \frac{\text{FRAME}}{100} \cdot 1080 \text{Grad}$ 3 Wellenumdrehungen in 100 Frames

Darstellung des Kolbendreiecks $x1(\varphi_G) := e_1 \cdot \cos(\varphi_G) + R_1 \cdot \cos\left(\frac{1}{3} \cdot \varphi_G\right)$

$$y1(\varphi_G) := e_1 \cdot \sin(\varphi_G) + R_1 \cdot \sin\left(\frac{1}{3} \cdot \varphi_G\right)$$

$$x_{\text{RKreis1}}(\varphi_E, \varphi) := e_1 \cdot \cos(\varphi_E) + R_R \cdot \cos(\varphi)$$

$$y_{\text{RKreis1}}(\varphi_E, \varphi) := e_1 \cdot \sin(\varphi_E) + R_R \cdot \sin(\varphi)$$



Mit **Animation** kann nun dieses blaue Kolbendreieck gedreht werden.....
 (siehe Anleitung auf der nächsten Seite)

Animation erstellen :

- 1) *Extras - Animation - Aufzeichnen*
- 2) von bis 1 bis 100 (100Frames sind eine Umdrehung)
- 3) *Bereich auswählen* (nur dieser Bereich wird aufgezeichnet) --> Einen Rahmen um die Grafik ziehen
- 4) *"animieren"* drücken
- 5) *speichern unter* --> ein Fenster geht auf --> die Animation kann abgespielt werden