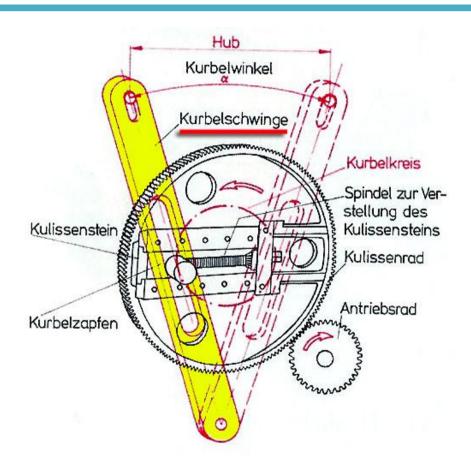
Beleg

Getriebelehre II



Name, Vorname: Thön, Fabian

Matrikelnummer: 631387

Studiengang: Maschinenbau (Master)

Semester: Wintersemester 2009/2010

Einrichtung: Fachhochschule Jena

Lehrbeauftragter: Herr Prof. W. Thonfeld

Inhaltsverzeichnis

1.	Aufgabenstellung	4
2.	Theoretische Grundlagen	5
	2.1 Einflussfaktoren	5
	2.2 Innere und äußere Steglage	5
	2.3 Totlage (Umkehrlage)	6
3.	Verlauf des Übersetzungsverhältnisses	7
	3.1 Anmerkung	7
	3.2 Ermittlung des Übersetzungsverhältnis	8
	3.2.1 Ermittlung des Übersetzungsverhältnis mittels Relativpol Q	8
	3.2.2 Ermittlung des Übersetzungsverhältnis mittels SAM 6.0	. 11
4.	Auswertung	. 14
	4.1 Anmerkung	. 14
	4.2 Verlauf des Übersetzungsverhältnis mit λ = 0,2; e = 0,16	. 14
	4.3 Verlauf des Übersetzungsverhältnis mit $\lambda = 0.3$; e = 0.24	. 16
	4.4 Verlauf des Übersetzungsverhältnis mit $\lambda = 0.4$; e = 0.32	. 18
	4.4 Verlauf des Übersetzungsverhältnis mit $\lambda = 0.5$; e = 0.4	. 19
	4.5 Fazit/Zusammenfassung	21

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Kurbelschleife Aufgabe 16	4		
Abbildung 2 äußere Steglage für λ =0,2 links; innere Steglage fü	r λ=0,2 rechts5		
Abbildung 3 Innere und äußere Totlage mit λ =0,2	6		
Abbildung 4 Ausgangslage α = 0° für λ =0,2	7		
Abbildung 5 Ermittlung des Relativpols Q	8		
Abbildung 6 Ermittlung des Übersetzungsverhältnis mittels Relativpol Q9			
Abbildung 7 Getriebetotlage	10		
Abbildung 8 Ausgangssituation für die Bestimmung von Q in Solid Works 200910			
Abbildung 9 Einstellung Antriebsbewegung	12		
Abbildung 10 Koordinaten der Gelenkpunkte für λ =0,2	12		
Diagrammverzeichnis			
Diagramm 1 Verlauf Übersetzungsverhältnis $1/i = q1/q2$ für $\lambda =$	0,2 (Werte aus Relativpolmethode)14		
Diagramm 2 Verlauf Übersetzungsverhältnis $1/i = \omega 2/\omega 1$ für λ	= 0,2 (Werte aus SAM)15		
Diagramm 3 Verlauf Übersetzungsverhältnis $1/i = q_1/q_2$ für $\lambda =$	0,3 (Werte aus Relativpolmethode)16		
Diagramm 4 Verlauf Übersetzungsverhältnis $1/i = w2/w1$ für λ	= 0,3 (Werte aus SAM)17		
Diagramm 5 Verlauf Übersetzungsverhältnis $1/i = q1/q2$ für $\lambda = q1/q2$	= 0,4 (Werte aus Relativpolmethode) 18		
Diagramm 6 Verlauf Übersetzungsverhältnis $1/i = w2/w1$ für λ	= 0,4 (Werte aus SAM)18		
Diagramm 7 Verlauf Übersetzungsverhältnis $1/i = q_1/q_2$ für $\lambda =$	0,5 (Werte aus Relativpolmethode)19		
Diagramm 8 Verlauf Übersetzungsverhältnis $1/i = w2/w1$ für λ	= 0,5 (Werte aus SAM)20		

1. Aufgabenstellung

Eine versetzte, schwingende Kurbelschleife ist in gleicher Weise zu untersuchen wie das Getriebe der Aufgabe 15. In diesem Fall ist jedoch der Verlauf des Übersetzungsverhältnisses für einen vollen Umfang der Kurbel von 30° zu 30° zu ermitteln und in Diagrammform darzustellen.

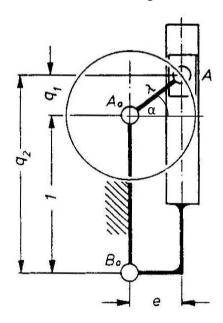


Abbildung 1 Kurbelschleife Aufgabe 16

Gegeben:

$$\lambda_1 = 0.2;$$
 $\lambda_2 = 0.3;$ $\lambda_3 = 0.4;$ $\lambda_4 = 0.5$ $e = 0.8 * \lambda$

Antriebswinkel α (30° bis 30° - voller Umlauf)

 ω = variabel \Rightarrow für die Ermittlung des Übersetzungsverhältnisses kein konkreter Wert notwendig

Gesucht:

 $i(\alpha)$ bzw. $1/i(\alpha)$

Anmerkung:

Aufgrund der besser zu handhabenden Zahlenwerte im sortierten Zustand im Excel wird der Verlauf des Übersetzungsverhältnisses von $\alpha = 0^{\circ}$ bis $\alpha = 360^{\circ}$ dargestellt.

2. Theoretische Grundlagen

2.1 Einflussfaktoren

Die versetzte, schwingende Kurbelschleife führt im Gegensatz zu der in Aufgabe 15 zu untersuchenden zentrischen, schwingende Kurbelschleife keine symmetrische Schwingung um die Achse A_0B_0 aus. Das Maß e ist neben dem Maß λ entscheidend für die Größe des Abtriebswinkels, Länge des Hubes, Aufteilung des Kurbelwinkels für Hin- und Rückhub sowie den Verlauf des Übersetzungsverhältnisses.

2.2 Innere und äußere Steglage

Als Steglage eines Getriebes wird die Lage bezeichnet, bei der der Gelenkpunkt A auf der Gestellgerade A_0B_0 liegt. Im hier zu untersuchenden Fall ist der Relativpol Q (siehe 3.2.1) in Steglage deckungsgleich mit dem Gelenkpunkt A. Je nachdem ob der Gelenkpunkt A innerhalb oder außerhalb der Gerade A_0B_0 liegt, wird zwischen innere und äußere Steglage unterschieden (siehe Abb. 2).

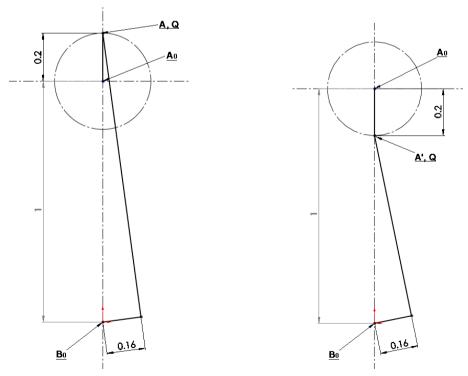


Abbildung 2 äußere Steglage für λ =0,2 links; innere Steglage für λ =0,2 rechts

Während bei einer zentrisch, schwingenden Kurbelschleife (vgl. Aufgabe 15) in den Steglagen die Extremwerte der Abtriebswinkelgeschwindigkeit und somit auch die Extremwerte des Übersetzungsverhältnisses auftreten (Relativpunkt Q hat max. bzw. min. Abstand zu B₀), verschieben sich durch die Versetzung e die Positionen der Extremwerte der Abtriebswinkelgeschwindigkeit.

2.3 Totlage (Umkehrlage)

Bei allen schwingenden Getriebegliedern wird die Bewegung durch die Totlagen begrenzt. Sie tritt innerhalb einer Bewegungsperiode zweimal auf und wird als innere (Index i) und äußere (Index a) Totlage bezeichnet. Die Totlagen ergeben sich, wenn die Kurbel (A₀A) senkrecht auf der geführten Koppel steht (siehe Abb. 3). Der Relativpunkt Q fällt in diesen Fall mit A₀ zusammen (siehe auch Abbildung 7).

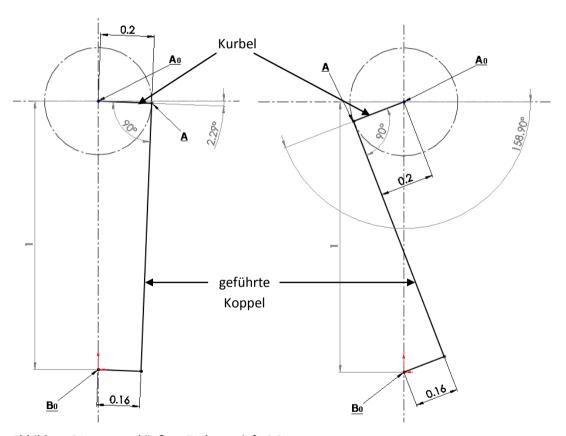


Abbildung 3 Innere und äußere Totlage mit λ =0,2

3. Verlauf des Übersetzungsverhältnisses

3.1 Anmerkung

Wie unter 1. Aufgabenstellung beschrieben, erfolgt die Darstellung des Verlaufes nicht von 30° zu 30° des Antriebswinkels, sondern von 0° zu 360° (Vereinfachung der Darstellung im Diagramm).

Der Antriebswinkel α ist 0°, wenn die Kurbel mit der Länge λ senkrecht zur Gestellgeraden A_0B_0 steht (vgl. Abb. 4).

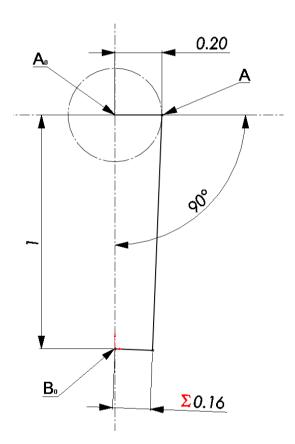


Abbildung 4 Ausgangslage α = 0° für λ =0,2

3.2 Ermittlung des Übersetzungsverhältnis

3.2.1 Ermittlung des Übersetzungsverhältnis mittels Relativpol Q

Der Relativpol Q ergibt sich aus dem Schnittpunkt zwischen der senkrecht zur geführten Koppel und durch A verlaufenden Gerade und der (verlängerten) Gestellgerade A_0B_0 .

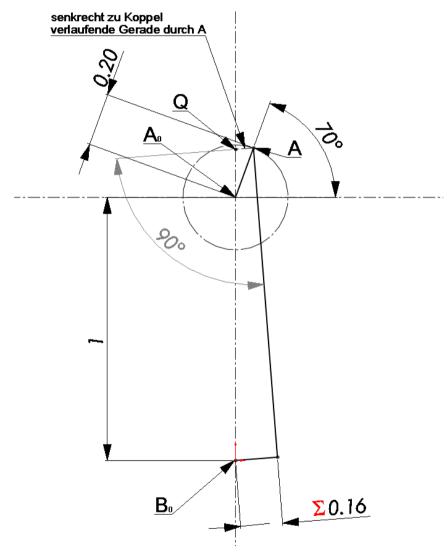
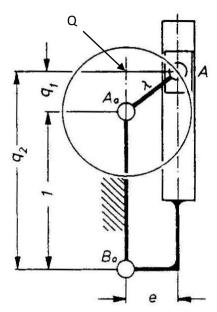


Abbildung 5 Ermittlung des Relativpols Q

Gemäß des Lehrbuches Konstruktive Getriebelehre unter Punkt 3.2.3 "Das Übersetzungsverhältnis" kann das Übersetzungsverhältnis für jede Lage über folgende Formel ermittelt werden:



$$(1) \qquad \frac{1}{i} = \frac{q_1}{q_2}$$

Abbildung 6 Ermittlung des Übersetzungsverhältnis mittels Relativpol Q

Dabei ist q_2 der Abstand von A_0 zu Q und q_2 der Abstand Q zu B_0 . Da A_0B_0 mit 1 normiert ist, ergibt sich für q_1 :

(II)
$$q_1 = q_2 - 1$$

und somit für das Übersetzungsverhältnis:

$$(III) \quad \frac{1}{i} = \frac{q_2 - 1}{q_2} = 1 - \frac{1}{q_2}$$

Im Gegensatz zu den gleichförmig übersetzenden Getrieben ist es zweckmäßig den Kehrwert des Übersetzungsverhältnisses anzugeben, da in den Getriebetotlagen $q_2 = A_0B_0$ (= 1) ist (vgl. Abbildung 7) und sich somit für den Ausdruck 1/i = 0 ergibt. Der Ausdruck i = ∞ wäre wenig sinnvoll.

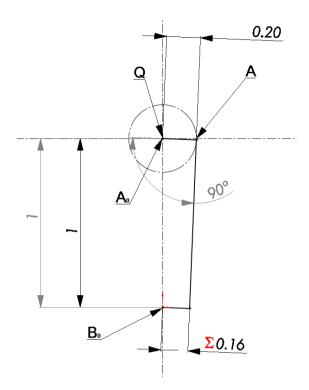


Abbildung 7 Getriebetotlage

Die Ermittlung des Punktes Q erfolgt über das CAD Programm Solid Works 2009. Dabei wurden die Werte Q für einen vollen Umlauf ($\alpha = 0^{\circ}$ - 360°; Schrittweite 5°, sowie die Totlagen) ausgegeben. Abbildung 8 zeigt die Ausgangssituation für die Kurbellänge $\lambda = 0,2$. Beim Startantriebswinkel von $\alpha = 0^{\circ}$ beträgt der Abstand $B_0Q = q_2 = 1,01$.

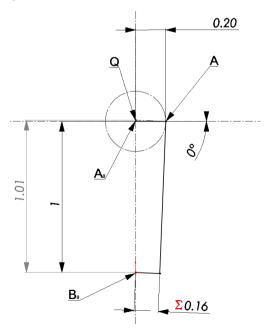


Abbildung 8 Ausgangssituation für die Bestimmung von Q in Solid Works 2009

Die weiteren Werte für Q (auch für q_1 , q_2 und 1/i) in Abhängigkeit vom Antriebswinkel α sowie für die einzelnen Varianten mit den unterschiedlichen Kurbellängen λ können der zugehörigen Excel-Tabelle entnommen werden.

3.2.2 Ermittlung des Übersetzungsverhältnis mittels SAM 6.0

Eine weitere Variante für die Ermittlung des Übersetzungsverhältnisses kann mit Hilfe von Berechnungsprogrammen (hier SAM 6.0) erfolgen. Dabei wird das Übersetzungsverhältnis über die allgemeingültige Gleichung

$$(IV) \quad i = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

ermittelt, wobei ω_1 die Antriebs- und ω_2 die Abtriebswinkelgeschwindigkeit ist. Die Winkelgeschwindigkeiten können über das Berechnungsprogramm SAM für jedes Getriebeglied ermittelt werden.

Für die Vergleichbarkeit der ermittelten Übersetzungsverhältnisse aus dem SAM-Programm mit der Relativpolmethode wird der Kehrwert gebildet:

$$(V) \quad \frac{1}{i} = \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

3.2.2.1 Allgemeine Einstellung im SAM 6.0

1. Antriebsbewegung

Zu Beginn der Simulation der Kurbelschleife wird die Antriebsbewegung definiert. Grundsätzlich ist es irrelevant, wie die Antriebsbewegung definiert ist, da das Übersetzungsverhältnis geometrisch und nicht kinematisch abhängig ist. Abbildung 9 zeigt die Grundeinstellung. Der einfachhalthalber wurde eine lineare Antriebsbewegung mit folgenden Parametern für die Kurbel definiert:

Bewegung: 360° (eine volle Umdrehung)

Zeit: 360 s (1 s entspricht $1^{\circ} \rightarrow x$ -Achse ist zeitgebunden)

Intervall: 360 (entspricht einer Schrittweite von 1°)

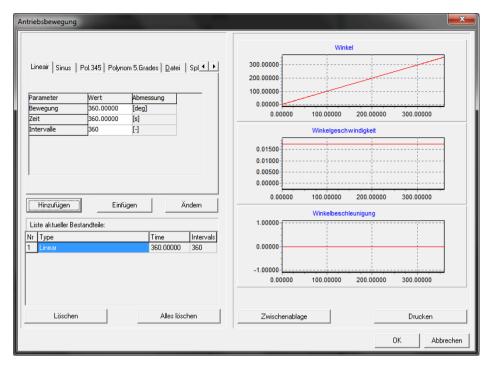


Abbildung 9 Einstellung Antriebsbewegung

2. Geometrie

Das Getriebe wurde in Solid Works 2009 konstruiert. Die Koordinaten der einzelnen Gelenkpunkte wurde aus Solid Works übernommen.

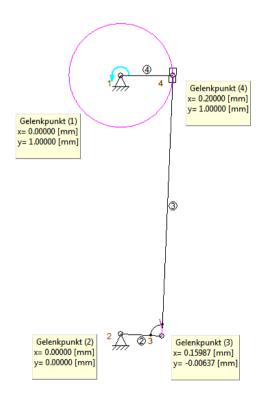


Abbildung 10 Koordinaten der Gelenkpunkte für λ =0,2

3. Datenausgabe

Für die Kurbel und Koppel werden folgende Daten ausgegeben:

Antriebswinkel α = AR(4) \rightarrow Kurbel \rightarrow Getriebeelement 4 Abtriebswinkel β = AR(3) \rightarrow Koppel \rightarrow Getriebeelement 3 Antriebswinkelgeschwindigkeit ω_1 = AR(4) \rightarrow Kurbel \rightarrow Getriebeelement 4 Abtriebswinkelgeschwindigkeit ω_2 = AR(3) \rightarrow Koppel \rightarrow Getriebeelement 3

Die Ergebnisse für die Winkelgeschwindigkeiten sowie für die Übersetzung 1/i sind jeweils für die einzelnen Varianten (Kurbellänge λ und e=0.8 * λ) aus den beiliegenden SAM-Dateien entnommen (exportiert).

Aufgabe 16_0.2.sam $\rightarrow \lambda = 0.2$; e = 0,16 Aufgabe 16_0.3.sam $\rightarrow \lambda = 0.2$; e = 0,24 Aufgabe 16_0.4.sam $\rightarrow \lambda = 0.4$; e = 0,32 Aufgabe 16_0.5.sam $\rightarrow \lambda = 0.5$; e = 0,40

Die gleichnamigen TXT-Dateien beinhalten die exportierten Werte der einzelnen Varianten.

4. Auswertung

4.1 Anmerkung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der beiden Möglichkeiten (Ermittlung mittels Relativpunkt Q und SAM) gegenübergestellt.

Auf der X-Achse gibt den Antriebswinkel α wieder und auf der Y-Achse ist das Übersetzungsverhältnis 1/i dargestellt.

4.2 Verlauf des Übersetzungsverhältnis mit $\lambda = 0.2$; e = 0.16

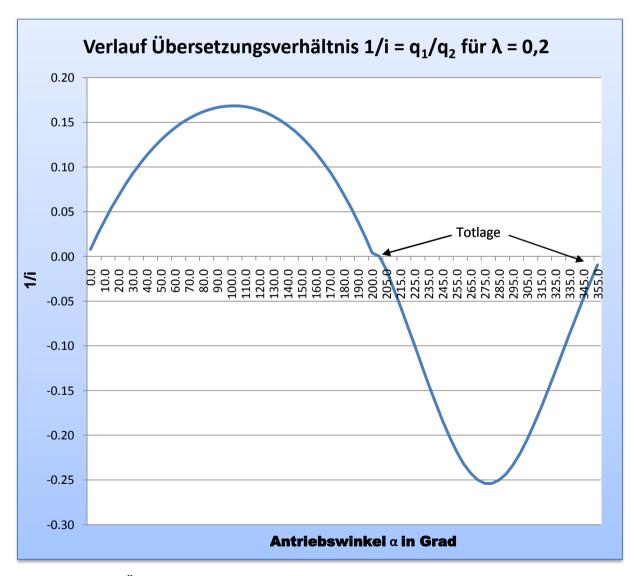


Diagramm 1 Verlauf Übersetzungsverhältnis 1/i = q1/q2 für $\lambda = 0.2$ (Werte aus Relativpolmethode)

Das Diagramm 1 stellt den Verlauf des Übersetzungsverhältnisses, welches mit Hilfe des Relativpunktes Q ermittelt wurde, über eine volle Umdrehung dar. Der kleine Hacken bei ca. 200° kommt daher zustande, dass bei 201,1° eine Totlage (1/i=0) auftritt. Da die anderen Werte mit einer Schrittweite von 5° ermittelt wurden (200° als Vorgänger, 205° als Nachfolger), kann Excel durch den zusätzlich eingeführten Wert bei 201,1° die Bahn nicht exakt interpolieren. Die zweite Totlage tritt bei 357,71° auf.

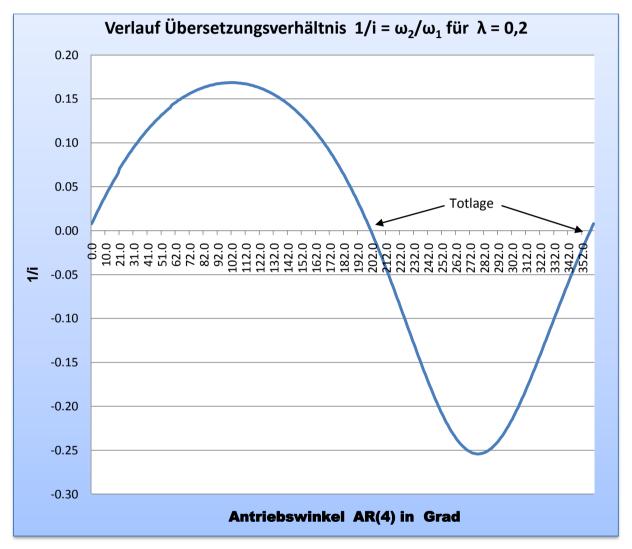


Diagramm 2 Verlauf Übersetzungsverhältnis $1/i = \omega 2/\omega 1$ für $\lambda = 0.2$ (Werte aus SAM)

Das Diagramm 2 zeigt den Verlauf des Übersetzungsverhältnisses, welches aus den mit SAM bestimmten Winkelgeschwindigkeiten ermittelt wurde. Der Verlauf (Extrema, Nullstellen) ist identisch mit dem aus Diagramm 1. Lediglich der Hacken ist nicht vorhanden. Das liegt jedoch daran, dass die Werte mit einer Schrittweite von nur 1° ausgegeben wurden.

Anhand des Verlaufes beider Kurven kann man folgende Schlussfolgerung ziehen:

- 1. Im Bereich von $357,71^{\circ} < \alpha < 201,1^{\circ}$ (wobei $360^{\circ} = 0^{\circ}$) ist Übersetzungsverhältnis positiv, d.h. Drehsinn Antriebswinkel α und Abtriebswinkel β ist gleich, von $201,11^{\circ}$ bis $357,709^{\circ}$ demzufolge negativ (Drehsinne Antriebswinkel α und Abtriebswinkel β sind entgegengesetzt)
- 2. Extrema von 1/i: Maximum bei α = 102° von 0,18 Minimum bei ca. α = 277° von -0,252

4.3 Verlauf des Übersetzungsverhältnis mit $\lambda = 0.3$; e = 0.24

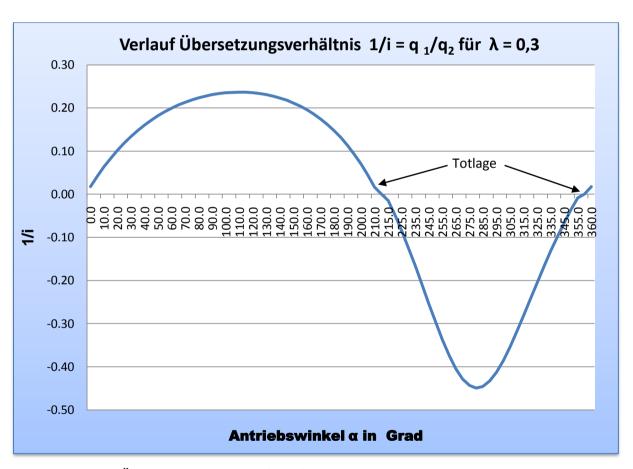


Diagramm 3 Verlauf Übersetzungsverhältnis $1/i = q_1/q_2$ für $\lambda = 0.3$ (Werte aus Relativpolmethode)

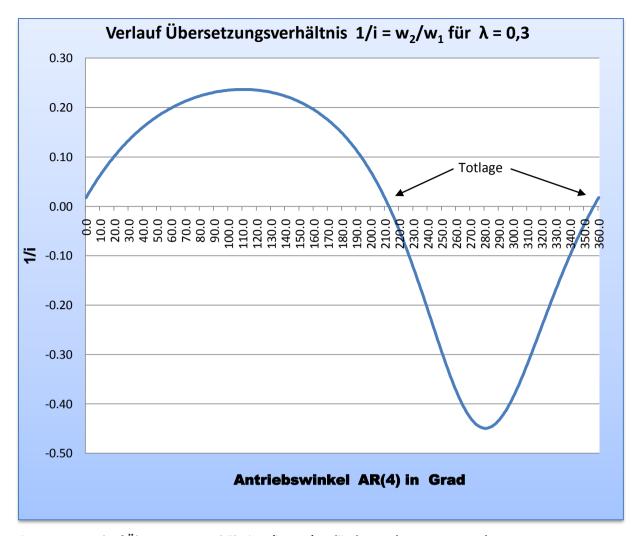


Diagramm 4 Verlauf Übersetzungsverhältnis 1/i = w2/w1 für $\lambda = 0.3$ (Werte aus SAM)

Grundsätzlich gilt bei dieser Variante das gleiche wie unter 4.2. Daher kann man anhand des Kurvenverlaufes folgende Aussage treffen:

- 1. Im Bereich von $356,65^{\circ} < \alpha < 212,68^{\circ}$ (wobei $360^{\circ} = 0^{\circ}$) ist Übersetzungsverhältnis positiv, d.h. Drehsinn Antriebswinkel α und Abtriebswinkel β ist gleich, von $212,69^{\circ}$ bis $356,64^{\circ}$ demzufolge negativ (Drehsinne Antriebswinkel α und Abtriebswinkel β sind entgegengesetzt)
- 2. Extrema von 1/i: Maximum bei ca. α = 110° von 0,2366 Minimum bei ca. α = 280° von -0,45

4.4 Verlauf des Übersetzungsverhältnis mit $\lambda = 0.4$; e = 0.32

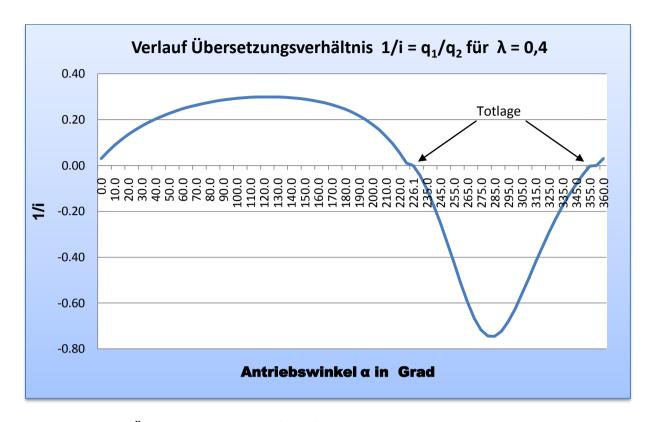


Diagramm 5 Verlauf Übersetzungsverhältnis 1/i = q1/q2 für $\lambda = 0.4$ (Werte aus Relativpolmethode)

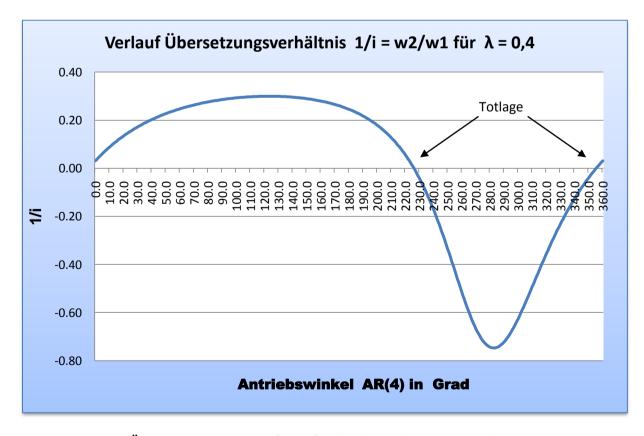


Diagramm 6 Verlauf Übersetzungsverhältnis 1/i = w2/w1 für $\lambda = 0.4$ (Werte aus SAM)

Analog 4.2 und 4.3 gilt folgendes für diese Variante:

- 1. Im Bereich von $355,41^{\circ} < \alpha < 226,05^{\circ}$ (wobei $360^{\circ} = 0^{\circ}$) ist Übersetzungsverhältnis positiv, d.h. Drehsinn Antriebswinkel α und Abtriebswinkel β ist gleich, von $226,06^{\circ}$ bis $355,40^{\circ}$ demzufolge negativ (Drehsinne Antriebswinkel α und Abtriebswinkel β sind entgegengesetzt)
- 2. Extrema von 1/i: Maximum bei ca. α = 128° von 0,299 Minimum bei ca. α = 283° von -0,7472

4.4 Verlauf des Übersetzungsverhältnis mit $\lambda = 0.5$; e = 0.4

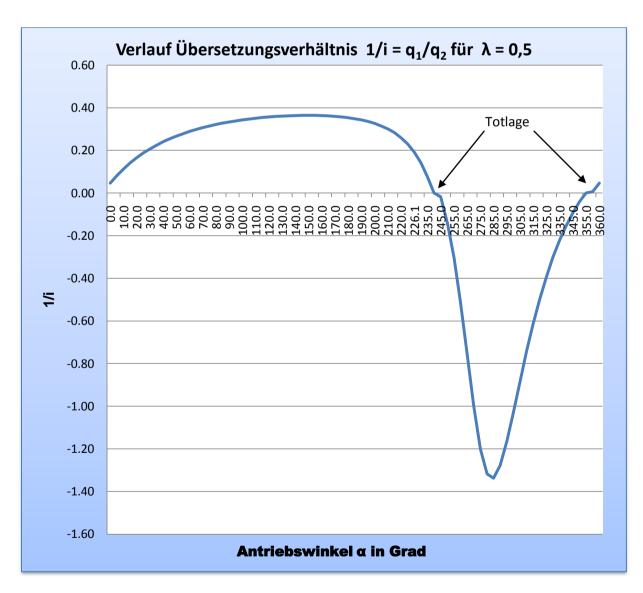


Diagramm 7 Verlauf Übersetzungsverhältnis $1/i = q_1/q_2$ für $\lambda = 0.5$ (Werte aus Relativpolmethode)

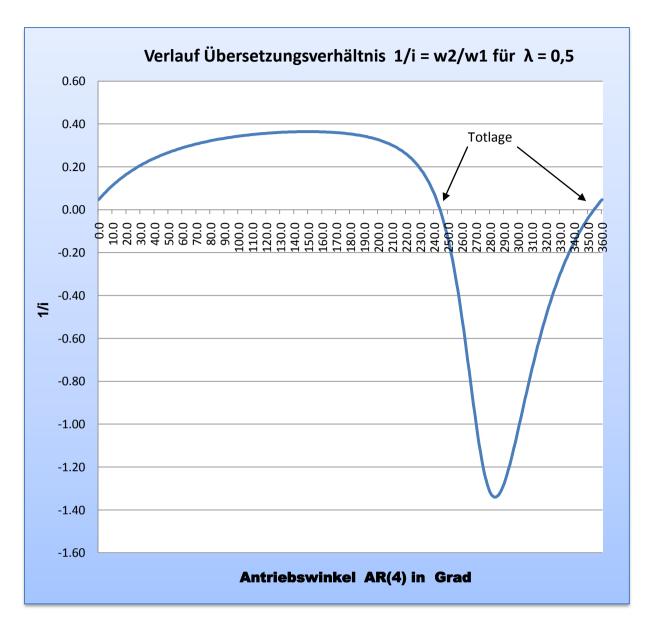


Diagramm 8 Verlauf Übersetzungsverhältnis 1/i = w2/w1 für $\lambda = 0.5$ (Werte aus SAM)

Wie unter 4.2 bis 4.4 gilt folgendes für diese Variante:

- 1. Im Bereich von $354,62^{\circ} < \alpha < 244,61^{\circ}$ (wobei $360^{\circ} = 0^{\circ}$) ist Übersetzungsverhältnis positiv, d.h. Drehsinn Antriebswinkel α und Abtriebswinkel β ist gleich, von $244,60^{\circ}$ bis $354,61^{\circ}$ demzufolge negativ (Drehsinne Antriebswinkel α und Abtriebswinkel β sind entgegengesetzt)
- 2. Extrema von 1/i: Maximum bei ca. α = 150° von 0,364 Minimum bei ca. α = 284° von -1,3407

4.5 Fazit/Zusammenfassung

Die Auswertung hat gezeigt, dass bei einer versetzt schwingenden Kurbelschleife der Verlauf des Übersetzungsverhältnisses mit unterschiedlichen Kurbellängen (λ) und Versetzungen (e) vom optischen Eindruck sehr ähnlich sind. Jedoch hat die Variation der Kurbellänge und Versetzung große Auswirkung auf die Größe (Betrag) des Übersetzungsverhältnisses sowie die Position der Totlagen und somit das Verhältnis zwischen Kurbeldrehwinkel von Hin- und Rückhub der Kulisse.

Verallgemeinert kann für die gegebene Kulisse gesagt werden:

Je größer die Kurbellänge λ und damit verbunden die Versetzung e:

- 1. Je höher die Werte der Extrema des Übersetzungsverhältnisses 1/i
- 2. Je größer das Verhältnis zwischen Kurbeldrehwinkel von Hin- und Rückhub (d.h. Hinhub dauert wesentlich länger als Rückhub)