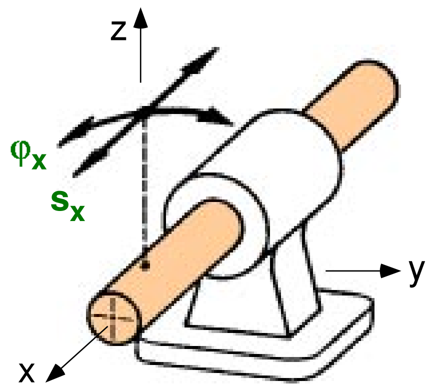
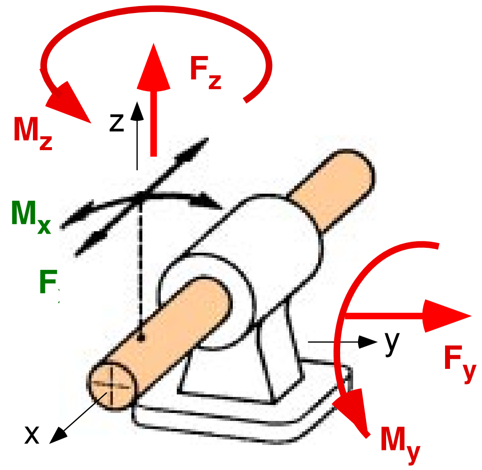
Lösungen der Aufgaben aus Kap. 2 (siehe auch Internet)

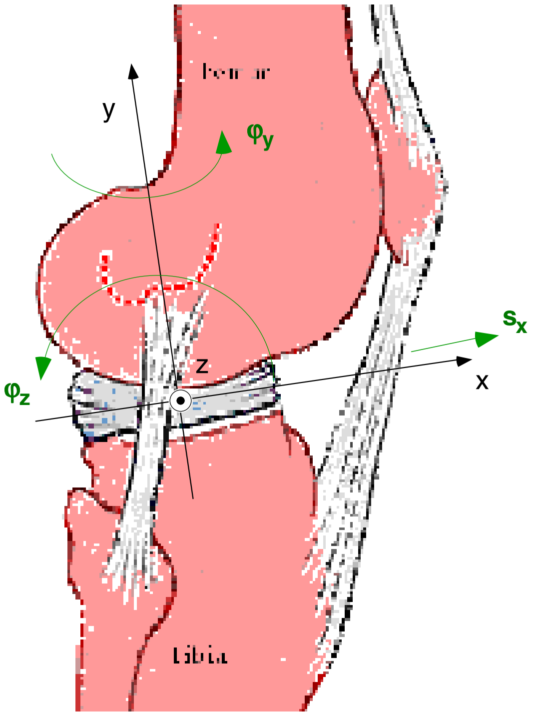
Aufgabe 2.1: Zeichne die Bewegungen und Kräfte des Drehschubgelenks (Tafel 2.2) an und gebe alle Angaben an. (Begriff "Kräfte" steht für Kräfte und Momente)



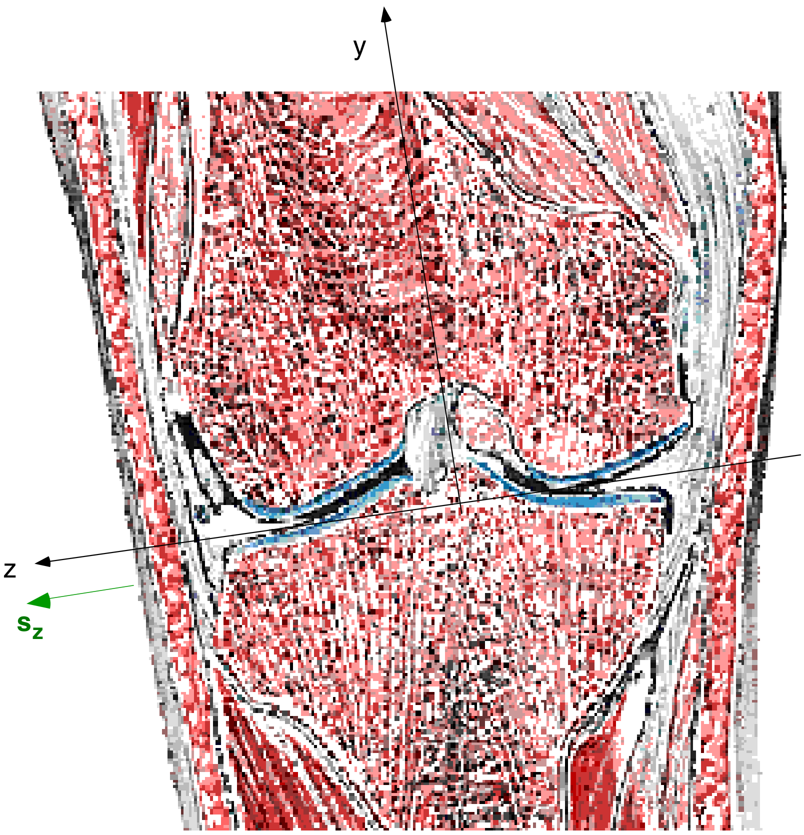


Gelenktyp:	DS
FHG & Unfreih.:	$f = 2$, $u = 4$
Gelenkkoordinaten:	s_x, φ_x
Zwangsbedg.:	$s_y = s_z = 0$, $\varphi_y = \varphi_z = 0$
eingeprägte Kräfte	F_x, M_x
Zwangskräfte	F_y, F_z, M_y, M_z

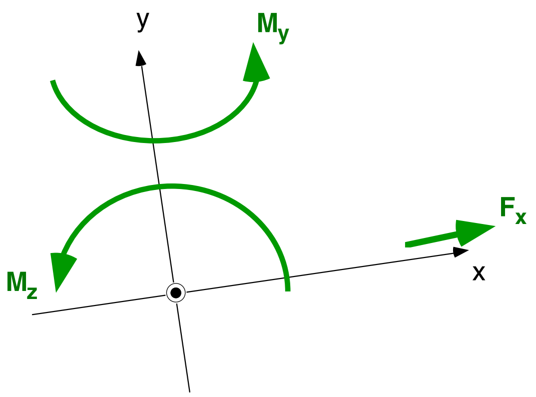
Aufgabe 2.2: Zeichne die Bewegungen und Kräfte des 3D-Kniegelenks in die Abb. ein und gebe alle Angaben an.

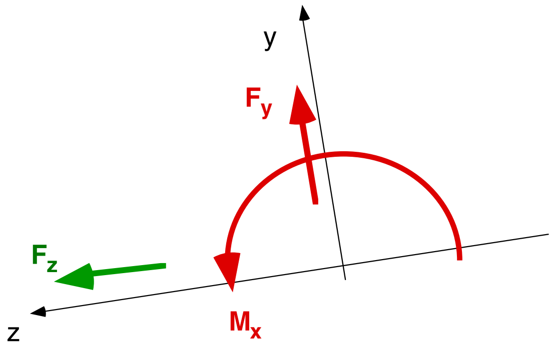


Mediale Sicht



Sicht von vorne





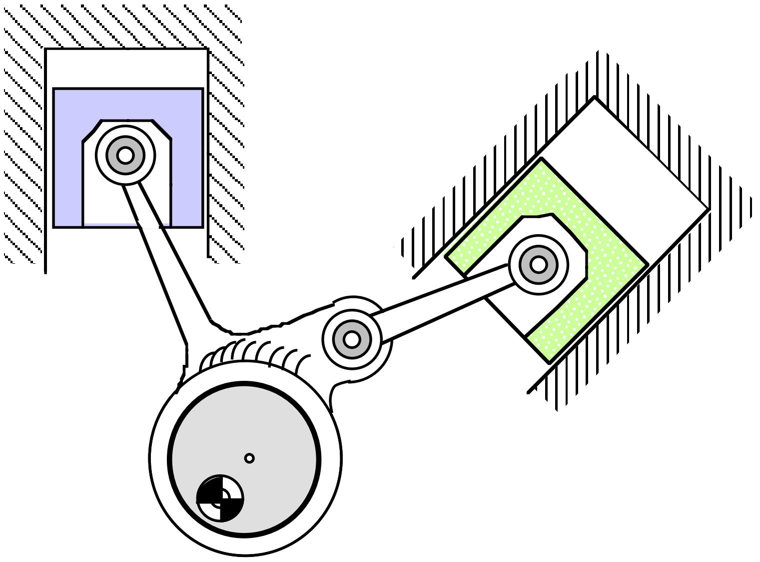
Gelenktyp:	3D-Kniegelenk
FHG & Unfreih.:	$f = 4, \quad u = 2$
Gelenkkoordinaten:	$s_x, \; s_z, \quad \varphi_y, \; \varphi_z$
Zwangsbedg.:	$s_y = 0, \quad \varphi_x = 0$
eingeprägte Kräfte	$F_x, \; F_z, \quad M_y, \; M_z$
Zwangskräfte	$F_y, \; M_x$

Aufgabe 2.3: Das abgebildete ebene Getriebe eines Zwei-Zylinderkompressors ist kinematisch zu untersuchen.

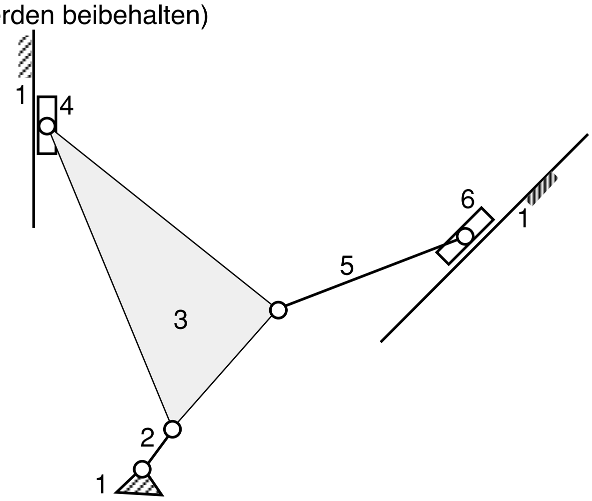
Gesucht: a) Schematische Skizze des Getriebes und Numerierung der Glieder (Getriebeschema)

b) Kinematische Kette (Type der Kette)

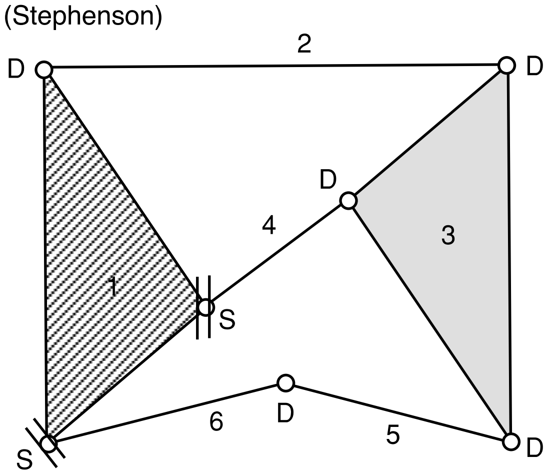
c) und daraus die Drehgelenkkette



a) Getriebeschema (Proportionen werden beibehalten)



b) Kinematische Kette vom Typ = 6-gliedrige Kette (Stephenson)

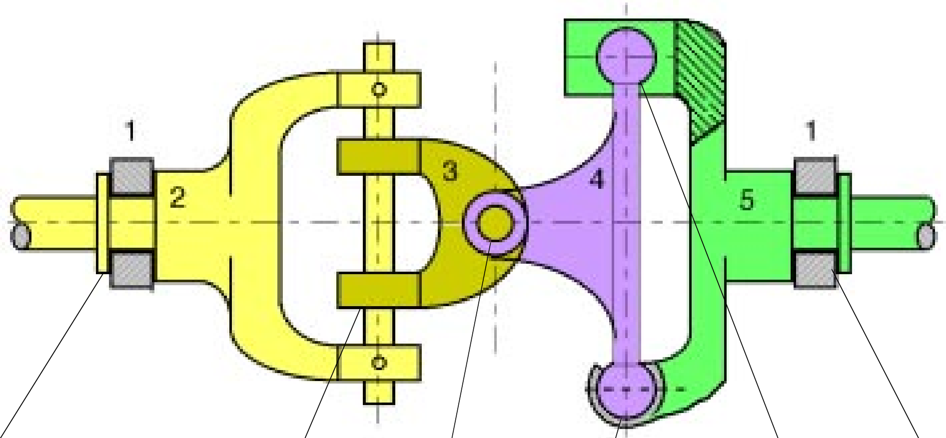


mit 5 Drehgelenken (D) und 2 Schubgelenken (S)

c) In der Drehgelenkkette werden die Schubgelenke durch ein Drehgelenk ersetzt.

Aufgabe 2.4: Gegeben ist eine räumliche Wellenkupplung.

Gesucht: Bestimme den Laufgrad F.



$12 = D$ $23 = DS$ $34 = D$ $45_{-1} = D_3$ $45_{-2} = D_3S_2$ $51 = D$

Glieder $n = 5$

Gelenke $g = 6$ (wenn 45 durch zwei Gelenke verbunden)

Frei Bewegung $b = 6$, da räumliches Problem

Gelenk-FHG

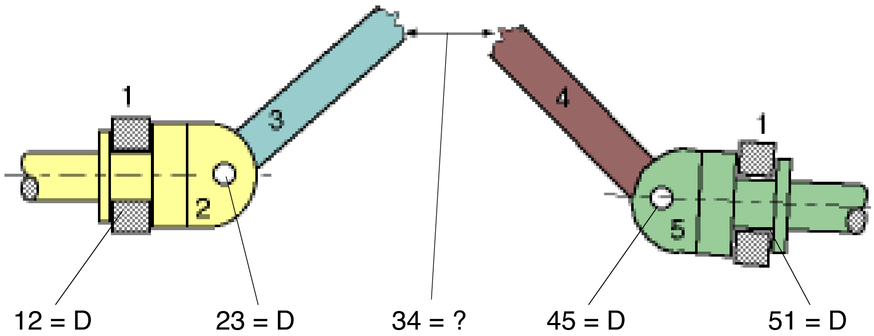
Gelenk	Typ	f_i
12	D	1
23	DS	2
34	D	1
45_{-1}	D_3	3
45_{-2}	D_3S_2	5
51	D	1
Σf_i		13

Laufgrad F $= b\,(n - 1 - g) + \Sigma f_i = 6\,(5 - 1 - 6) + 13 =$ **1**, wobei $f_{id} = 0$ und $s = 0$!

Aufgabe 2.5: Gegeben ist eine räumliche Wellenkupplung.
Die im Bild dargestellten zwei Hälften einer **räumlichen** Wellenkupplung sind durch ein passendes Gelenk so zu verbinden, daß eine zwangsläufige Übertragung entsteht und der Ausgleich von Fehlern in den Richtungen der Wellen möglich ist.

Gesucht:

a) Numerierung aller Glieder und Gelenke



b) Laufgradformel

Glieder n = 5

Gelenke g = 5

Frei Bewegung b = 6, da räumliches Problem

Gelenk-FHG $\Sigma f_i = 4 \times 1 + f_{34} = 4 + f_{34}$ aus 4 mal D und 1 mal ?

Laufgrad F $= b(n - 1 - g) + \Sigma f_i = 6(5 - 1 - 5) + 4 + f_{34}$ wo $f_{id} = 0$ und $s = 0$!

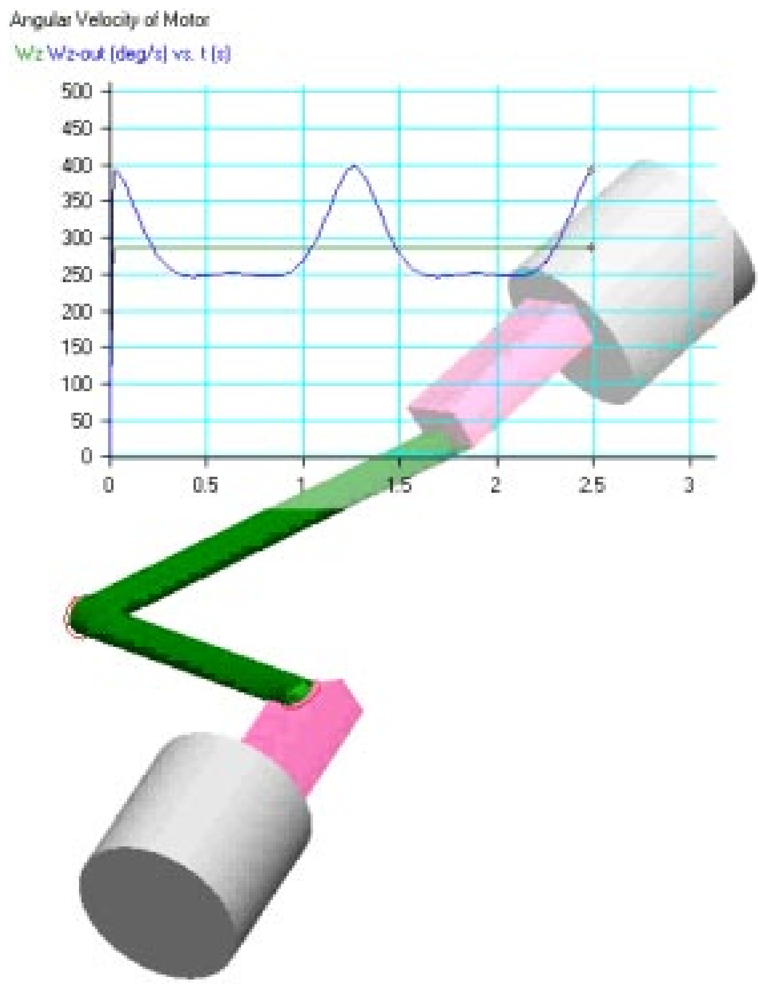
c) Gelenkfreiheiten in dem fehlenden Gelenk

Da Zwangslauf muß **F = 1** sein, also ==> $\mathbf{f_{34} = 3}$!

d) Lege Typ des fehlenden Gelenkes fest und zeichne das Gelenk ein

Es wird ein Kugelgelenk gewählt: Achtung: Glieder 3 und 4 müssen stets einen Winkel zueinander aufweisen.

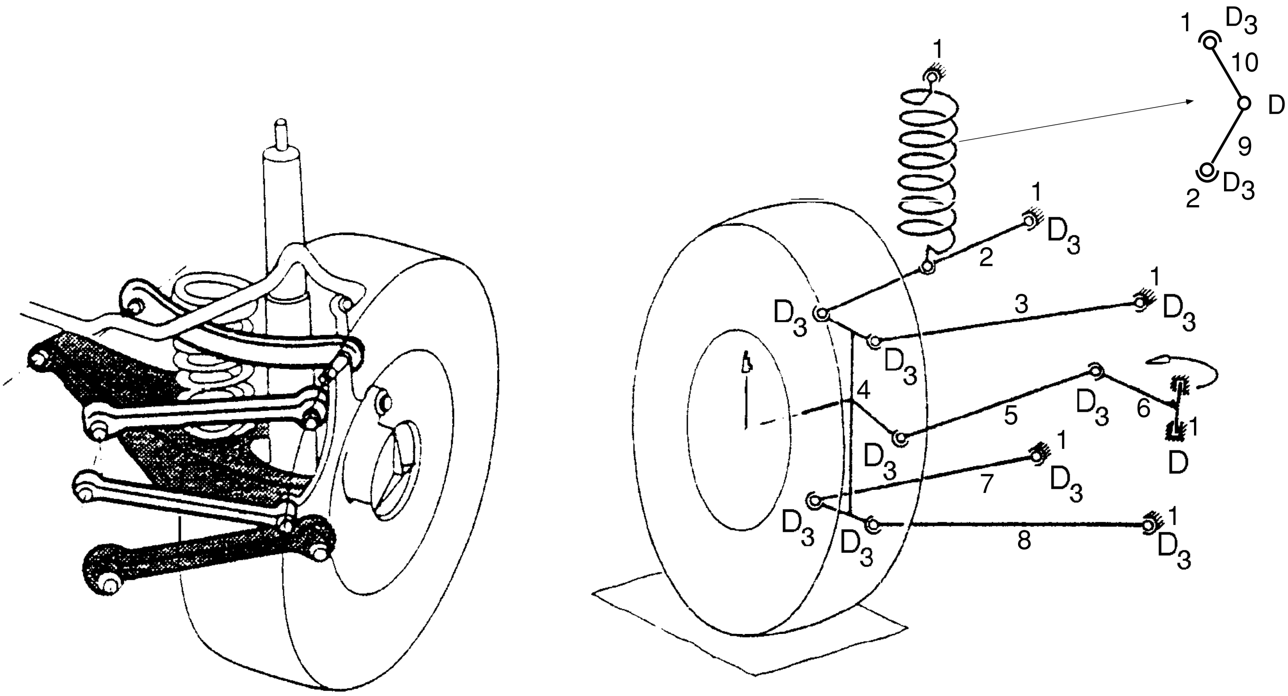
Animation:
Beachte: Winkelgeschwindigkeit ω_{51} ist ungleichförmig.



Aufgabe 2.6: Gegeben ist eine Fünfpunkt-Radaufhängung eines PKW

Gesucht: Bestimme den Freiheitsgrad der Radaufhängung und interpretiere die freien Bewegungsmöglichkeiten, wenn die Karosserie das Gestell ist.

(die Feder kann als Zweischlag ersetzt werden)



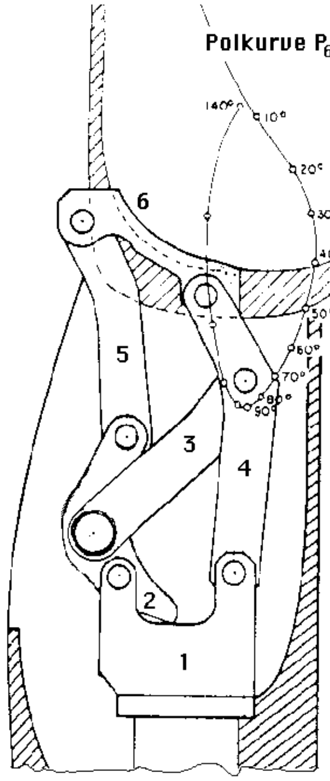
Laufgrad F $= b\,(n - 1 - g) + \sum f_i$

Zwei Lösungswege: ohne oder mit Feder!

a) ohne Feder	b) mit Feder als Zweischlag
Glieder $n = 8$	Glieder $n = 10$
Gelenke $g = 11$	Gelenke $g = 14$
Frei Bewegung $b = 6$, da räumliches Problem	Frei Bewegung $b = 6$, da räumliches Problem
Gelenk-FHG $\sum f_i = 10 \times 3 + 1 \times 1 = 31$	Gelenk-FHG $\sum f_i = 12 \times 3 + 2 \times 1 = 38$
aus 10 Kugelgelenken D_3 und 1 Drehgelenk D	aus 12 Kugelgelenken D_3 und 2 Drehgelenke D
$F = 6\,(8 - 1 - 11) + 31 = 7$	$F = 6\,(10 - 1 - 14) + 38 = 8$
Achtung: Lenker 2, 3, 5, 7, 8 können sich selbst drehen, also $f_{id} = 5$	Achtung: Lenker 2, 3, 5, 7, 8 und Feder können sich selbst drehen, also $f_{id} = 6$
$F_{wirklich} = F - f_{id} = 7 - 5 = 2$	$F_{wirklich} = F - f_{id} = 8 - 6 = 2$

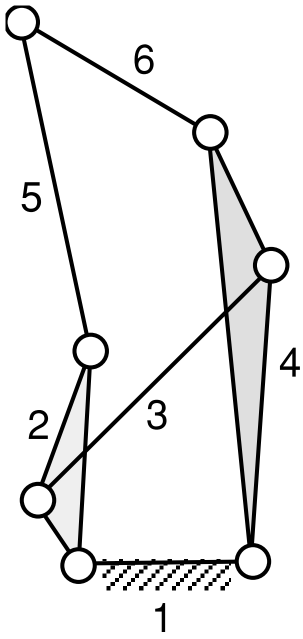
Die FHG's bedeuten. 1. Auf - und Abbewegung des Rades, 2. Lenken des Rades.

Aufgabe 2.7: Das nebenstehende Bild zeigt eine Kniegelenkprothese, entwickelt vom Biomechanics Laboratory, University of California, Berkeley, USA.



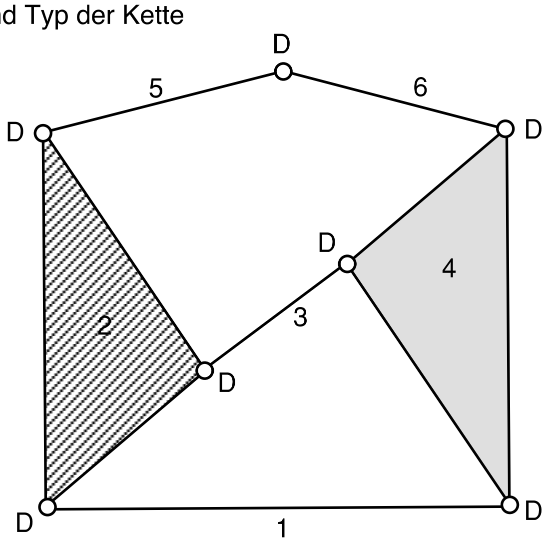
Für die Prothese sind gesucht:

1. Getriebeschema (Proportionen werden beibehalten)



Alle Gelenke sind Drehgelenke

2. Kinematische Kette und Typ der Kette



6-gliedrige Kette (Stephenson)

3. Laufgrad

Frei Bewegung	$b = 3$, da ebenes Problem
Glieder	$n = 6$
Gelenke	$g = 7$
Gelenk-FHG	$\sum f_i = 7 \times 1 = 7$ aus 7 mal Drehgelenk

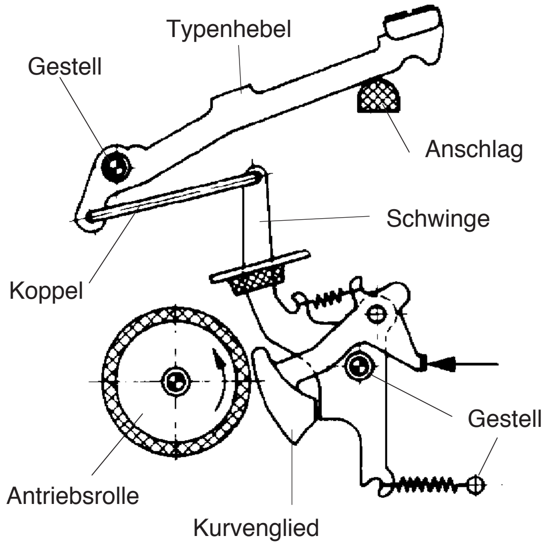
Laufgrad F $= b\,(n - 1 - g) + \sum f_i = 3\,(6 - 1 - 7) + 7 = \mathbf{1}$ wo $f_{id} = 0$ und $s = 0$!

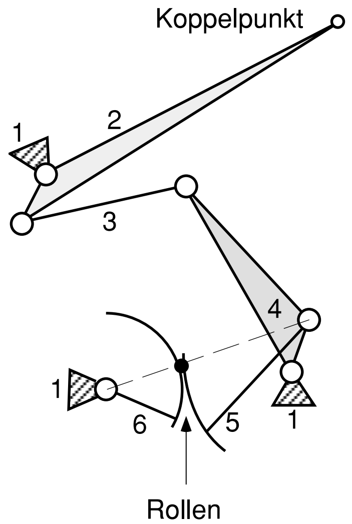
Aufgabe 2.8: Typenhebelgetriebe einer elektrischen Schreibmaschine

Das Typenhebelgetriebe ist eine Kombination eines Kurbelgetriebes mit einem Kurvengetriebe, bei dem das Kurvenglied nicht im Gestell gelagert ist. Durch die Betätigung einer Taste (nicht dargestellt) entsteht ein kleiner Stoß an der mit Pfeil markierten Stelle des Kurvengliedes, der dessen Kurvenkontur in Kontakt mit der schnellaufenden Antriebsrolle bringt. Die Rolle reißt das Kurvenglied mit und erzeugt so die Bewegung des Typenhebels.

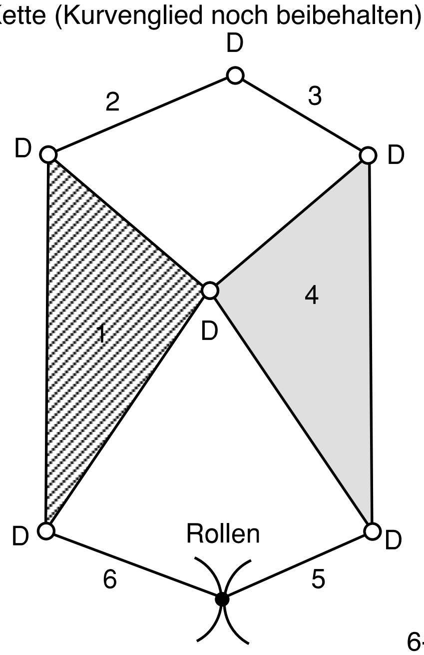
Gesucht sind (Kurvenglied ist dabei in Kontakt mit der Rolle):

a) Schematische Skizze des Getriebes und Numerierung der Glieder (Getriebeschema)





b) Kinematische Kette (Kurvenglied noch beibehalten)



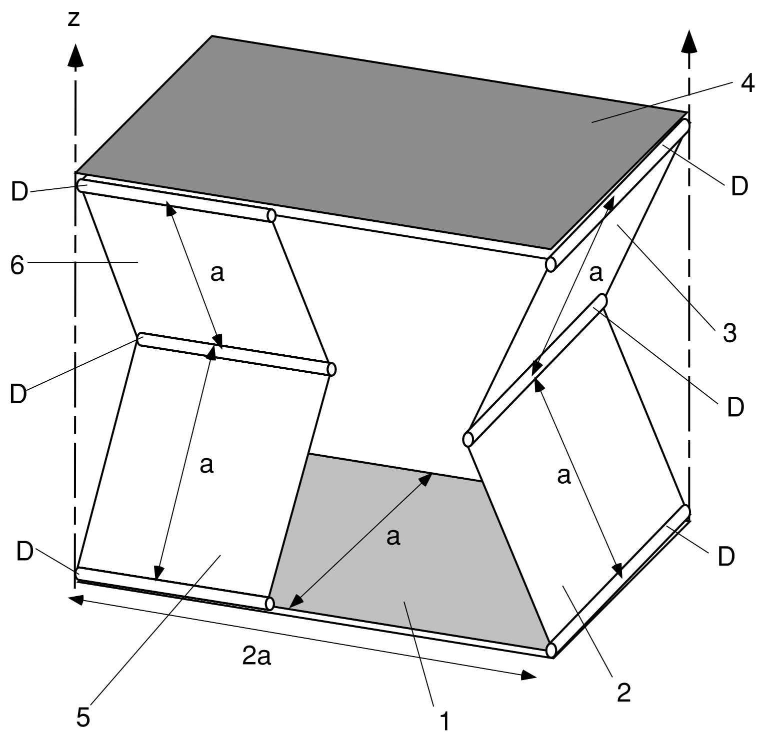
6-gliedrige Kette, Watt'sche Kette wenn Rollen = D gesetzt.

c) Laufgrad der Kette

Frei Bewegung	b = 3, da ebenes Problem
Glieder	n = 6
Gelenke	g = 7
Gelenk-FHG	$\sum f_i = 7 \times 1 + 1 = 7$ aus 6 mal Drehgelenk und 1 mal Rollen zwischen 5 und 6

Laufgrad F $= b(n - 1 - g) + \sum f_i = 3(6 - 1 - 7) + 7 = \mathbf{1}$ wo $f_{id} = 0$ und $s = 0$!

Aufgabe 2.9: Für den gezeigten Klapptisch bestimme den Laufgrad,
bestehend aus Boden, Platte, beide rechtwinkelig, 4 gleichgroße Klappen mit Scharnieren.



a) Laufgrad des Tisches

Frei Bewegung b = 6, da räumliches Problem

Glieder n = 6

Gelenke g = 6

Gelenk-FHG $\sum f_i = 6 \times 1$ = aus 6 mal Drehgelenk

Laufgrad F $= b(n - 1 - g) + \sum f_i = 6(6 - 1 - 6) + 6 = \mathbf{0}$ für $f_{id} = 0$ und $s = 0$!

F = 0 bedeutet keine Bewegung!

b) Warum bewegt sich der Tisch trotzdem?

Das System besitzt eine überzählige Starrheit, also s = 1!

Erklärung:

Entferne z.B. Gelenk 64, so ist die Drehung der Tischplatte (Glied 4) um die z-Achse bereits durch die bestehenden Gelenke eingeschränkt. Das Gelenk vom Typ D in 64 bringt aber nochmals diese Zwangsbedingung (Drehung um z-Achse) in das System ein, damit s = 1.

$F_{wirklich} = F + s = \mathbf{1}$, d.h. **der Tisch ist aufklappbar!**

Aufgabe 2.10: Der im Bild gezeigte Peaucellier–Lenker erlaubt es, im Punkt D eine vertikale Geradführung auszuführen. Alle Gelenke sind Drehgelenke

Gesucht:

1. Welche beiden Viergelenke ergeben sich in Verbindung mit dem Gestell?

a) A_0ABB_0 b) A_0CBB_0

2. Diskutiere die Viergelenkmechanismen mit Hilfe der Bedingung nach GRASHOF.

Gliedlängen: $l_1 = A_0B_0 = 4.2$ cm

$l_2 = A_0A = 10.5$ cm

$l_3 = AB = 3.2$ cm

$l_4 = B_0B = 4.2$ cm

$l_5 = BC = 3.2$ cm

$l_6 = A_0C = 10.5$ cm

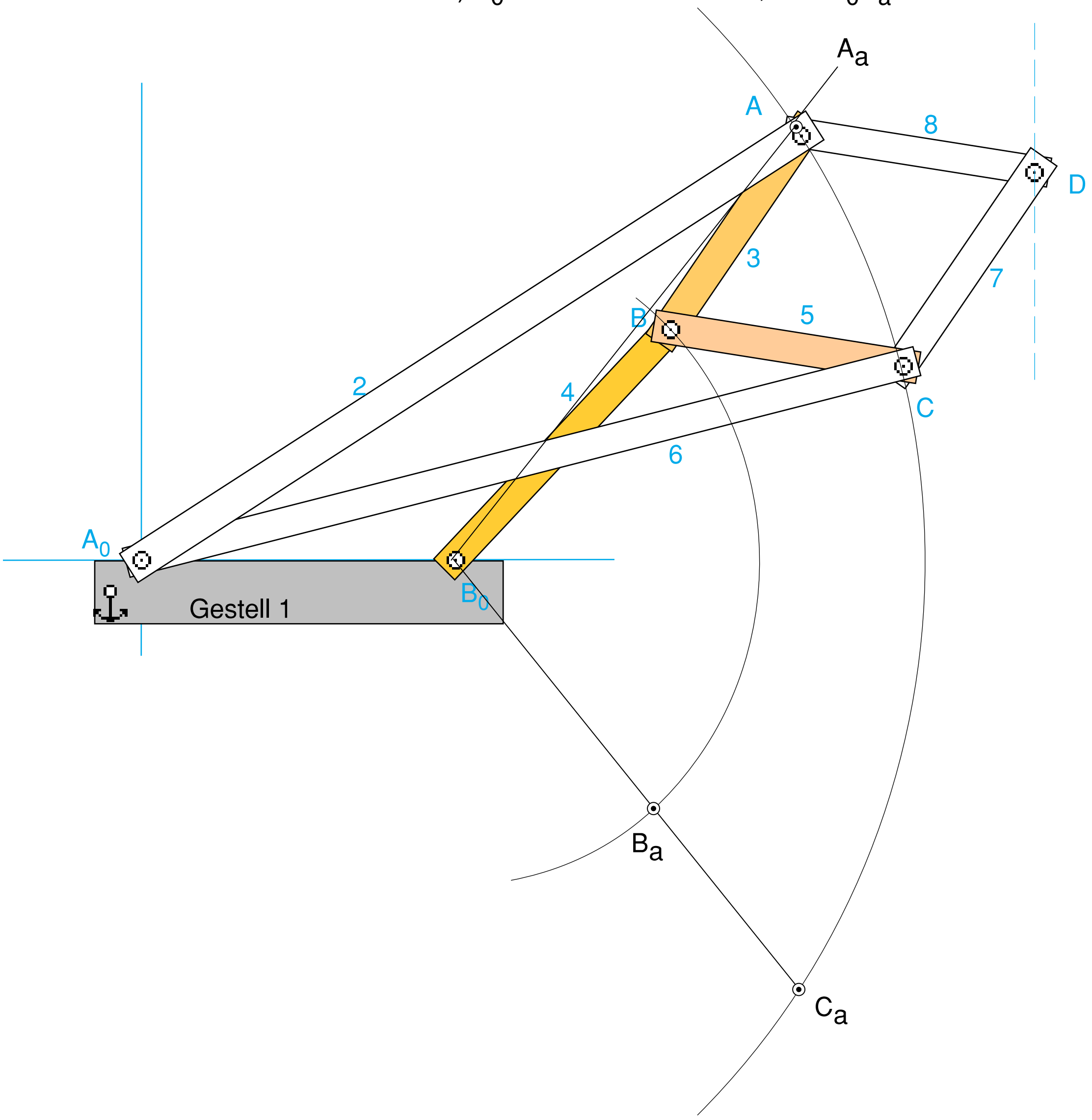
GRASHOF: $l_{min} + l_{max} > l' + l''$

$3.2 + 10.5 > 4.2 + 4.2$ ==> Schwinggetriebe, nicht umläuffähig mit 2 Totlagen, gilt für a) und für b)

3. Zeichne in das Bild die Totlagen ein.

Totlagen sind erreicht, wenn a) B_0BA auf einer Geraden, also $B_0A_a = 7.4$ cm.

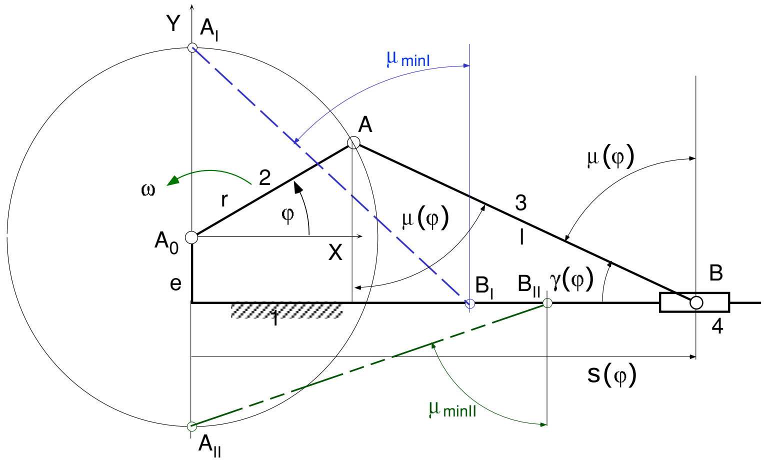
b) B_0BC auf einer Geraden, also $B_0C_a = 7.4$ cm.



Aufgabe 2.11: Für das gezeigte Schubkurbelgetriebe sind zu lösen:

Geg.: Schubkurbel mit Längen r = 30 cm, l = 60 cm, e = 10 cm,

Ges.: 1. Bestimme die Funktion des Übertragungswinkels $\mu_B(\varphi)$, wenn der Gleitstein der Abtrieb ist.



$\cos \mu(\varphi) = (e + r \sin \varphi) / l$ (1)

-> $\sin \gamma(\varphi) = (e + r \sin \varphi) / l$ (2)

aus (1) -> $\mu(\varphi) = \arccos((e + r \sin \varphi) / l)$ (3)

2. Bestimme die Minimalwerte μ_{min} für die gegebenen Abmessungen, überprüfe diese graphisch.

μ_{min} ergibt sich bei γ_{max} wo $\sin \gamma(\varphi) = (e + r \sin \varphi) / l$ (4)

Fall I: aus (2) $\gamma \to \gamma_{max}$ wenn $(e + r \sin \varphi)$ maximal wird, also bei $\varphi = 90°$ (5)

aus (3) $\mu_{minI} = \arccos((e + r) / l) = 48.19°$. (6)

wenn also A -> A_I und B -> B_I.

Fall II: aus (2) $\gamma \to \gamma_{max}$ wenn $|(e + r \sin \varphi)|$ maximal wird, also bei $\varphi = -90°$ (67

aus (3) $\mu_{minII} = \arccos((e - r) / l) = 70.53°$. (8)

wenn also A -> A_{II} und B -> B_{II}

Aber: Fall II ist **kein** absolutes Minimum!

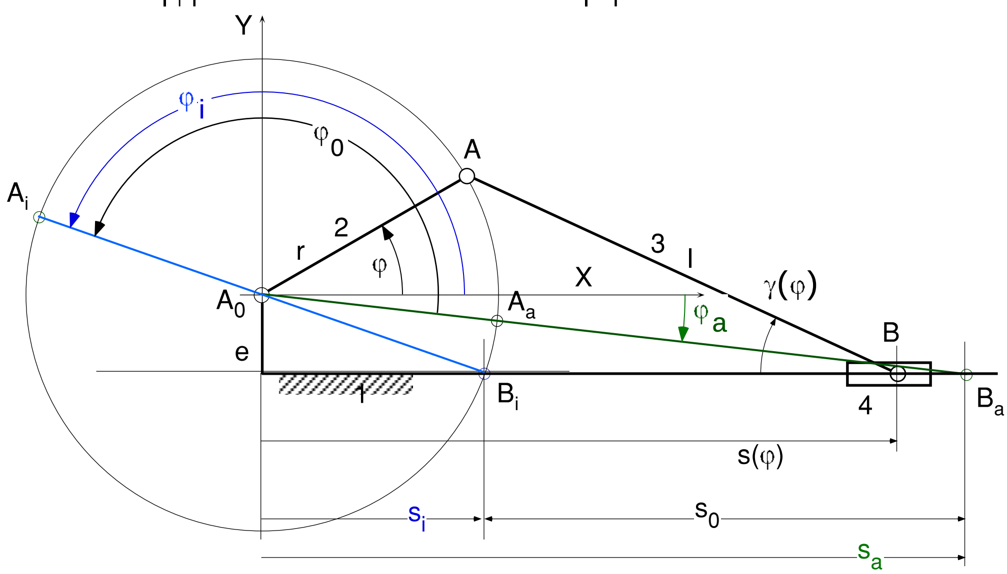
3. Gebe die Funktionen s_0 und φ_0 an und bestimme deren Werte, überprüfe diese graphisch.

Totlagen, wenn a) $A_0(A)B = l + r = 90$ cm auf einer Geraden -> äußere Totlage.

b) $A_0(A)B = l - r = 30$ cm auf einer Geraden -> innere Totlage, siehe Bild.

$s_a = \sqrt{(l+r)^2 - e^2} = 89.44$ cm $\quad s_i = \sqrt{(l-r)^2 - e^2} = 28.28$ cm $\quad s_0 = s_a - s_i = 61.16$ cm (9)

$\varphi_a = -\arcsin\frac{e}{l+r} = -6.38°$ $\quad \varphi_i = 180° - \arcsin\frac{e}{l-r} = 160.53°$ $\quad \varphi_0 = \varphi_i - \varphi_a = 166.91°$ (10)



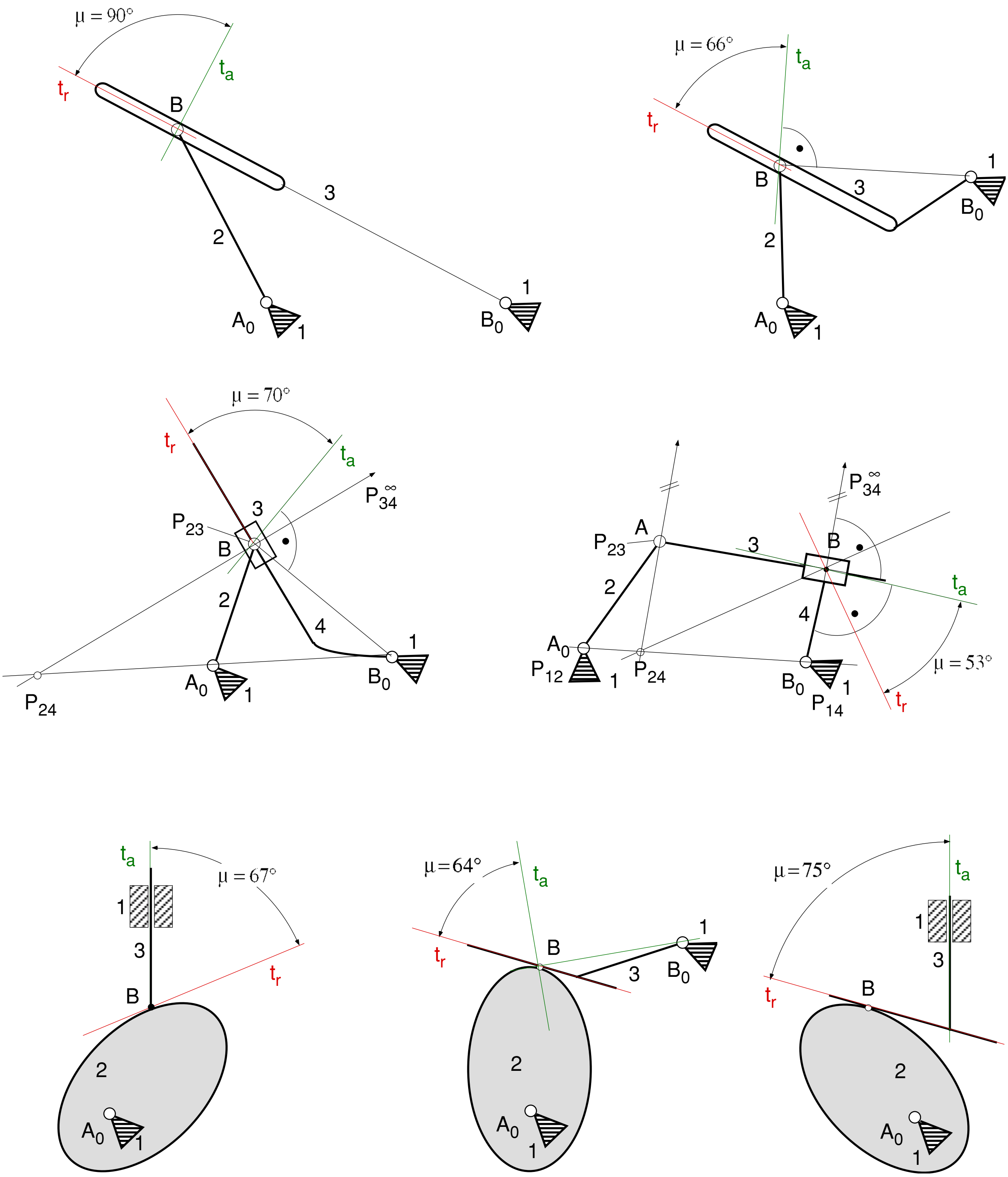
Aufgabe 2.12: Zeichne in die gezeigten Mechanismen den Übertragungswinkel μ ein, wenn bei Glied A_0A jeweils der Antrieb sein soll.

Lösung:

1. Bestimme die Richtung der Abtriebsgeschwindigkeit t_a gegenüberGestell -> $t_a \perp BB_0$
2. Bestimme die Richtung der Relativgeschwindigkeit t_r von Gied 3 gegenüber 2.

   In den Fällen 2 und 3 findet man t_r senkrecht zum Polstrahl BP_{24}

   In den Fällen 5, 6, 7 findet man t_r als Tangente an die Bahn von B auf 2.
3. μ ist der Winkel zwischen t_a und $t_r \leq 90$ °
4. Für die Fälle 1, 6 und 7 ist μ = konstant.



Aufgabe 2.13: Gegeben sind die Totlagen eines zentrischen Schubkurbelgetriebes und der minimale Übertragungswinkel μ_{min}.

Gesucht:

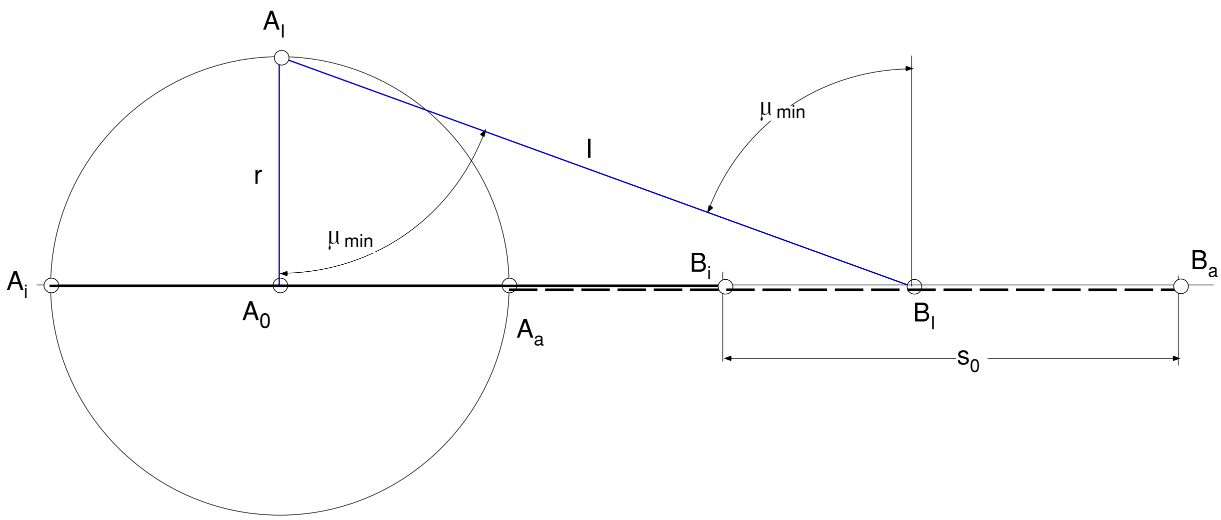
1. Abmessungen des Schubkurbelgetriebes für die Werte: Hub s_0 = 6 cm, μ_{min} = 70°

Lösung: für eine zentrische Schubkurbel ist e = 0 und $s_0 = 2\,r$, vgl. A 2.12, Glg. (9).

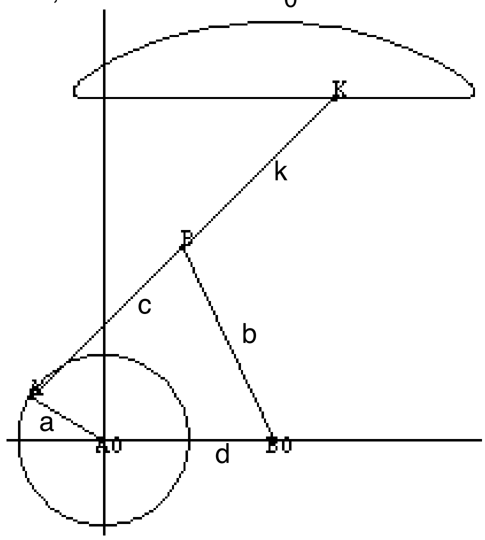
==> $r = s_0 / 2 = 3$ cm.

im $\Delta\, A_0AB$ gilt: $\cos \mu_{min} = r / l$ ==> $l = r / \cos \mu_{min} = 8.77$ cm

2. Überprüfe den Übertragungswinkel graphisch



Aufgabe 2.14: Zeichne die Koppelkurve des Mechanismus nach HOECKEN, wenn die Kurbel A_0A den Winkel $0 \le \varphi \le 360°$ in 30° Schritten durchlaufen soll.



Werte: a=1, b=c=k=2.5, d=2 Längeneinheiten,

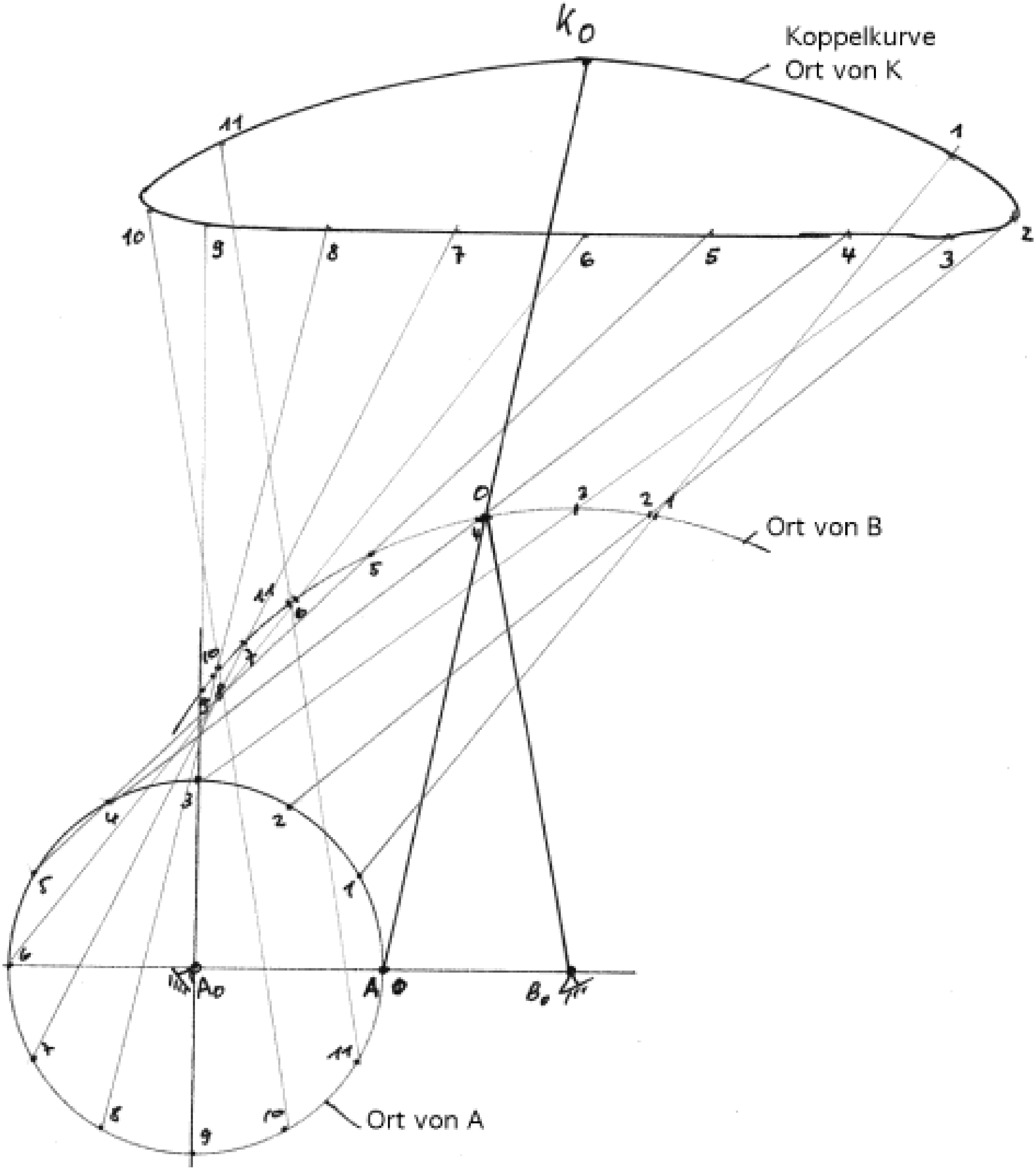
1 Länge = 3 cm. Maßstab M_s = 1cm / 1 cm

Ursprung A_0 (v.links/v.unten) = (5/5 cm)

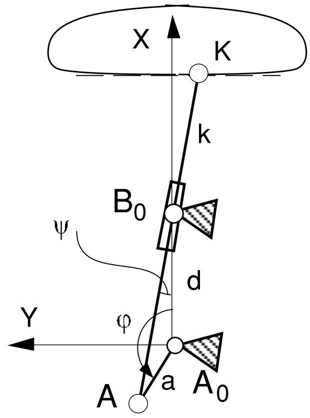
Abmessungen: a = 3 cm

b = c = k = 7.5 cm

d = 6 cm

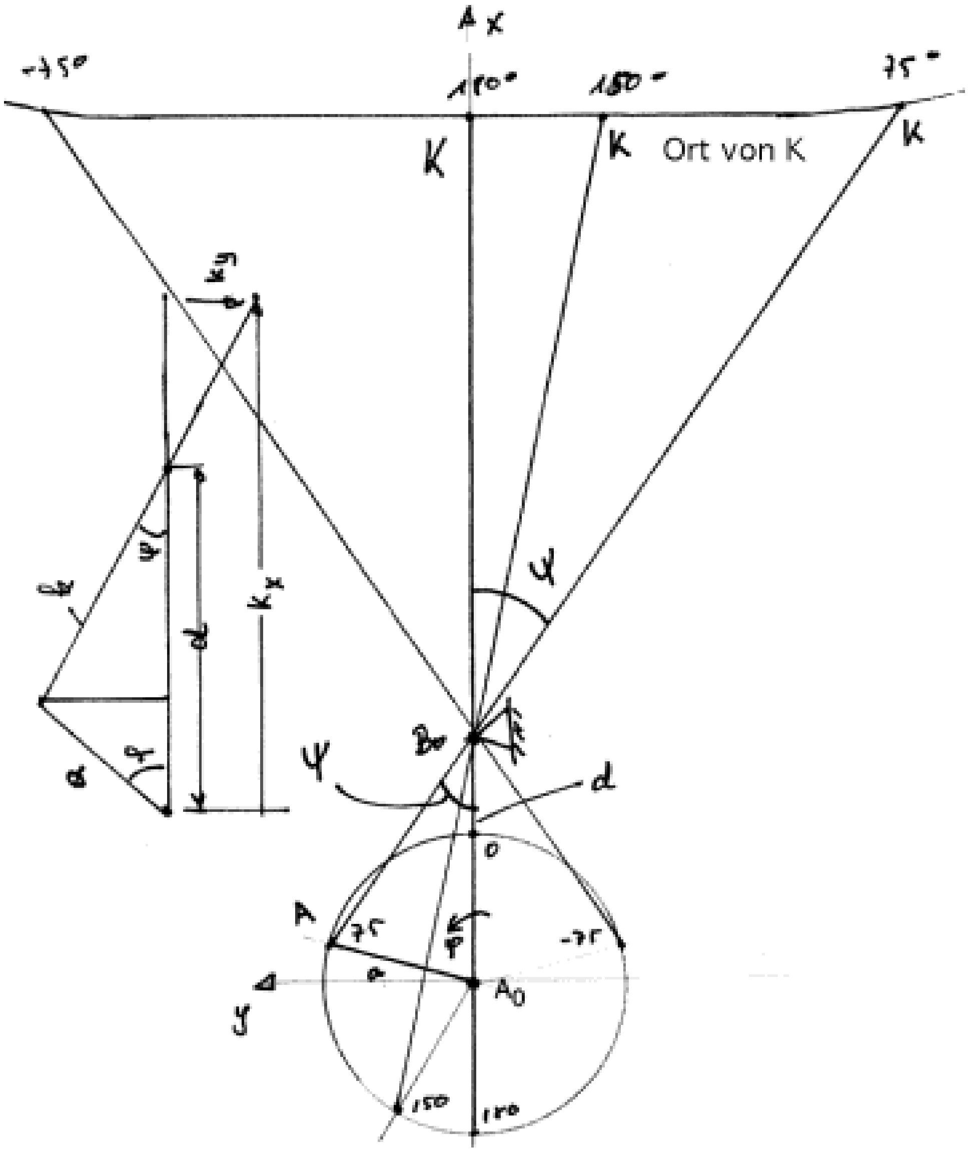


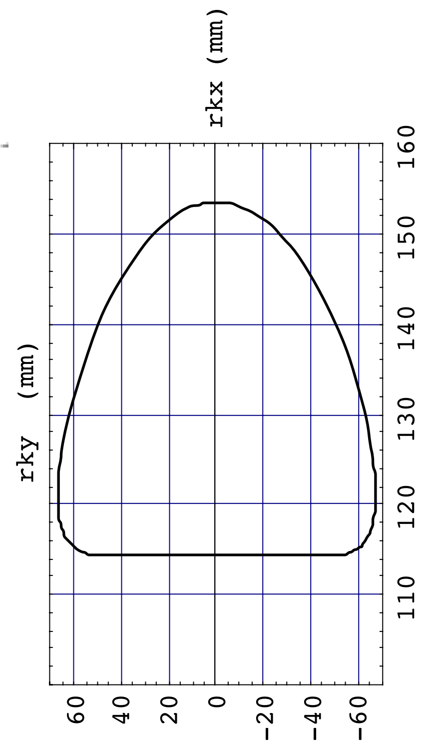
Aufgabe 2.15: Konchoidenlenker: Durch geeignete Abmessungen der Kurbelschleife kann man ein Getriebe erzeugen, dessen Koppelpunkt K näherungsweise für ein Stück der Koppelkurve eine Gerade beschreibt.

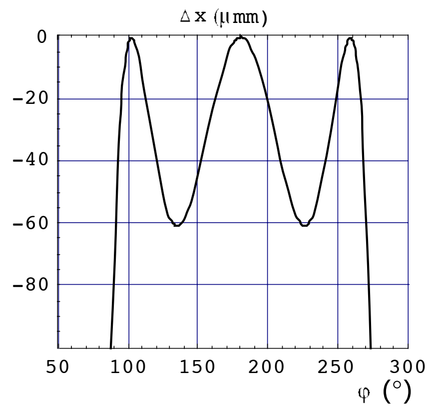


Gesucht:

1. Zeichne das Getriebe maßstäblich M_S = 1 cm / 10 mm für die Werte:
   a = 19,658 mm, d = 32,239 mm, k = (AK) = 134,021 mm,
   Winkel φ = 150°
2. Zeichne die Position von K für drei Getriebestellungen
   I) φ = 180°,
   II) φ = 75°
   III) φ = –75°







3. Bestimme die Position von K als Funktion des Winkels φ; gebe die maximale Abweichung von K in X-Richtung zu einem Bezugswert $x_{K\text{-}180°}$ im Bereich von –60 mm < y_K > 60 mm in mm an.

$$\tan\psi = \frac{a\sin\varphi}{d - a\cos\varphi} \qquad (1)$$

$$k_x = a\cos\varphi + k\cos\psi\,; \qquad k_y = a \text{ ain } \varphi - k\sin\psi\,; \qquad (2)$$

$$\Delta x = (k - a) - k_x \qquad (3)$$

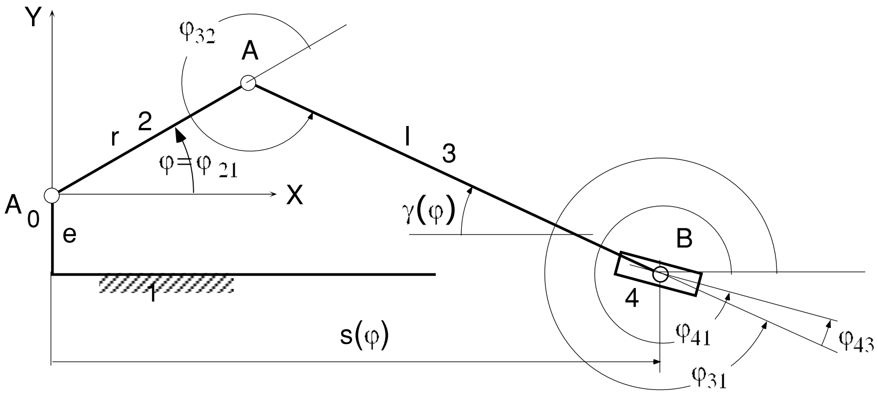
Auswertung z.B. mit Mathematica.

Aufgabe 2.16: Bestimme für das Schubkurbelgetriebe die Schließbedingungen, (impliziten Zwangsgleichungen), wenn das Schubgelenk zwischen Glied 4 und Gestell 1 die Schließbedingungen enthalten soll.

Finde hieraus die explizite Lösung.

Geg.: Schubkurbel mit Längen r = 30 cm, l = 60 cm, e = 10 cm,

Hinweis: Zeichne das Getriebe im offen Zustand an und finde so die Aussagen für das Schubgelenk.



a) Offene Kette bei Schubglenek 41:

Position von B: $r_{Bx} = r \cos \varphi + l \cos \gamma$ (1)

$r_{By} = r \sin \varphi - l \sin \gamma$ (2)

Orientierung 4: $\varphi_{41} = \varphi_{31} + \varphi_{43}$ und $\gamma = -\varphi_{31}$ (3)

b) Laufgrad offen Kette: $F_{offen} = 3\,(4 - 1 - 3) + 3 = 3$ FHG

Laufgrad geschl. Kette: $F_{geschl} = 3\,(4 - 1 - 4) + 4 = 1$ FHG

2 Schließbedingungen ergeben sich hieraus: $n_\Phi = F_{offen} - F_{geschl}$ (4)

Schließbedg. I $r_{By} = -e$: ==> mit (2): $r \sin \varphi - l \sin \gamma + e = 0$ (5)

Schließbedg. II $\varphi_{41} = 0$: ==> mit (3): $\varphi_{31} + \varphi_{43} = 0$ (6)

$\mathbf{\Phi}(\varphi, \gamma, \varphi_{43}) = \mathbf{0}$: ist φ gegeben, findet man γ und φ_{43}.

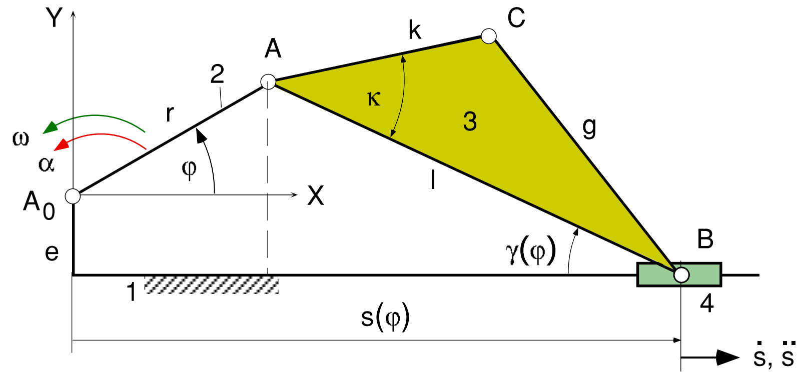
c) Lösung aus (5): $\sin \gamma = \dfrac{r \sin\varphi + e}{l}$; ==> $\gamma = \arcsin \dfrac{r \sin\varphi + e}{l}$ (7)

Lösung aus (6): $\varphi_{43} = -\gamma$ (8)

Ebenso aus (1) + (7): $s = r_{Bx} = r \cos \varphi + l \cos \gamma = \quad r\cos\varphi + l\sqrt{1 - \left(\dfrac{e + r\sin\varphi}{l}\right)^2} = r\cos\varphi + \sqrt{l^2 - (e + r\sin\varphi)^2}$ (9)

Aufgabe 2.17: Analyse der Kinematik des Schubkurbelgetriebes:

Geg.: Schubkurbel mit Längen r = 30 cm, l = 60 cm, e = 10 cm, k = 30 cm, Winkel φ = 30 °, κ = 38°, g = 40.78, Winkelgeschwindigkeit ω = 4 rad/s, α = 0 bzw. 20 rad/s^2.



Ges.:

1. Übertragungsfunktion s(φ) durch geometrische Überlegungen, sowie die Funktionen erster und zweiter Ordnung, (s' und s"):

Weg $$s(\varphi) = r\cos\varphi + l\sqrt{1-\left(\frac{e+r\sin\varphi}{l}\right)^2} = r\cos\varphi + \sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2} \quad (1)$$

$$s'(\varphi) = \frac{\partial s}{\partial\varphi} = -r\sin\varphi - \frac{r\cos\varphi\,(e+r\sin\varphi)}{\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}} \quad (2)$$

$$s''(\varphi) = \frac{\partial s'}{\partial\varphi} = -r\cos\varphi - \frac{\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}\left((r\cos\varphi)^2 - r\sin\varphi(e+r\sin\varphi)\right) - \dfrac{(r\cos\varphi)^2\,(e+r\sin\varphi)^2}{\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}}}{\left(\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}\right)^2}$$

$$= -r\cos\varphi - \frac{(r\cos\varphi)^2 - r\sin\varphi(e+r\sin\varphi)}{\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}} - \frac{(r\cos\varphi)^2\,(e+r\sin\varphi)^2}{\left(\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}\right)^3} \quad (3)$$

2. Geschwindigkeit und Beschleunigung des Punktes B

$$v_B = \dot{s} = s'(\varphi)\,\omega, \quad a_B = \ddot{s} = s'(\varphi)\,\alpha + s''(\varphi)\,\omega^2 \quad \text{wo} \quad \omega = \dot{\varphi} \quad \text{und} \quad \alpha = \dot{\omega} \quad (4)$$

3. Geschwindigkeit und Beschleunigung des Koppelpunktes C, verwende Winkel φ,γ,κ

$$c_x = r\cos\varphi + k\cos(\kappa-\gamma) = r\cos\varphi + k\cos(\gamma-\kappa) = c_x(\varphi,\gamma) \quad (5)$$

$$c_y = r\sin\varphi + k\sin(\kappa-\gamma) = r\sin\varphi - k\sin(\gamma-\kappa) = c_y(\varphi,\gamma) \quad (6)$$

$$\sin\gamma = \frac{r\sin\varphi+e}{l}, \quad \cos\gamma = \sqrt{1-\sin^2\gamma} = \frac{1}{l}\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2} \quad (7)$$

$$v_{Cx} = \dot{c}_x = \frac{\partial c_x}{\partial\varphi}\omega + \frac{\partial c_x}{\partial\gamma}\dot{\gamma}, \quad v_{Cx} = \text{in Analogie,}$$

aus (5): $$v_{Cx} = -r\,\omega\sin\varphi - k\,\dot{\gamma}\sin(\gamma-\kappa) \quad (8)$$

aus (6): $$v_{Cy} = +r\,\omega\cos\varphi - k\,\dot{\gamma}\cos(\gamma-\kappa) \quad (9)$$

aus (7) $$\cos\gamma\,\dot{\gamma} = \frac{r\,\omega\cos\varphi}{l} \quad \Longrightarrow \quad \dot{\gamma} = \frac{r\,\omega\cos\varphi}{\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}} \quad (10)$$

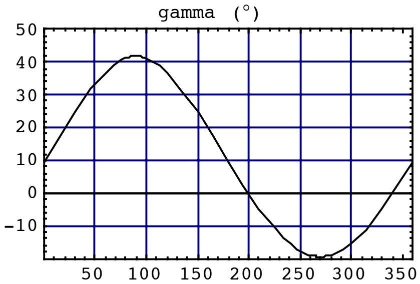
$$a_{Cx} = \dot{v}_{Cx} = \frac{\partial v_{Cx}}{\partial\varphi}\omega + \frac{\partial v_{Cx}}{\partial\omega}\alpha + \frac{\partial v_{Cx}}{\partial\gamma}\dot{\gamma} + \frac{\partial v_{Cx}}{\partial\dot{\gamma}}\ddot{\gamma}, \quad a_{Cx} = \text{in Analogie,}$$

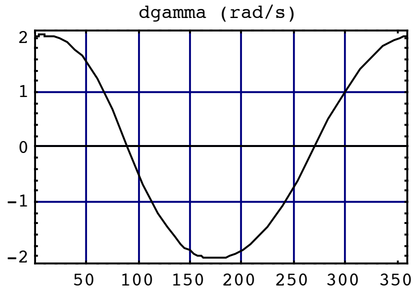
aus (8): $$a_{Cx} = -r\,\omega^2\cos\varphi - r\,\alpha\sin\varphi - k\,\dot{\gamma}^2\cos(\gamma-\kappa) - k\,\ddot{\gamma}\sin(\gamma-\kappa) \quad (11)$$

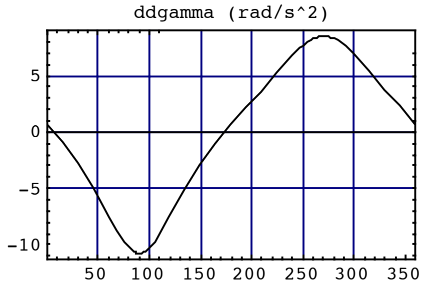
aus (9): $$a_{Cy} = -r\,\omega^2\sin\varphi + r\,\alpha\cos\varphi + k\,\dot{\gamma}^2\sin(\gamma-\kappa) - k\,\ddot{\gamma}\cos(\gamma-\kappa) \quad (12)$$

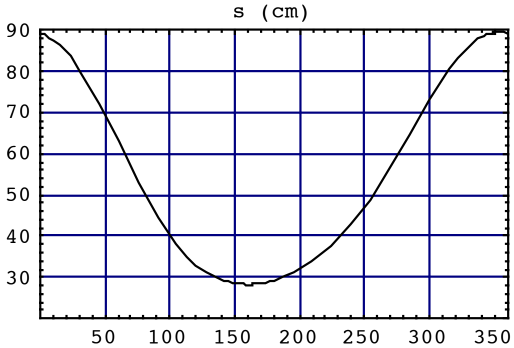
aus (10): $$\ddot{\gamma} = \frac{\partial\gamma}{\partial\varphi}\omega + \frac{\partial\gamma}{\partial\omega}\alpha = \frac{r\,\alpha\cos\varphi}{\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}} - \frac{r\,\omega^2\sin\varphi}{\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}} - \frac{r^2\,\omega^2\cos^2\varphi\,(e+r\sin\varphi)}{\left(\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}\right)^3} \quad (13)$$

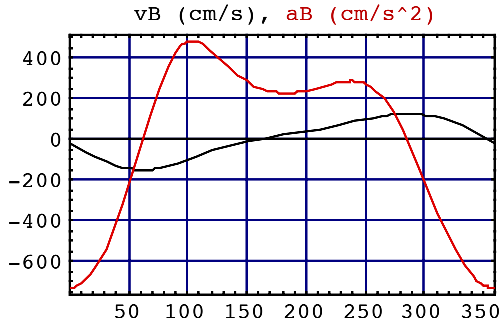
4. Werte die Funktionen für die oben gen. Daten aus: a) $\alpha = 0$ rad/s^2, alle Kurven über φ in (°)

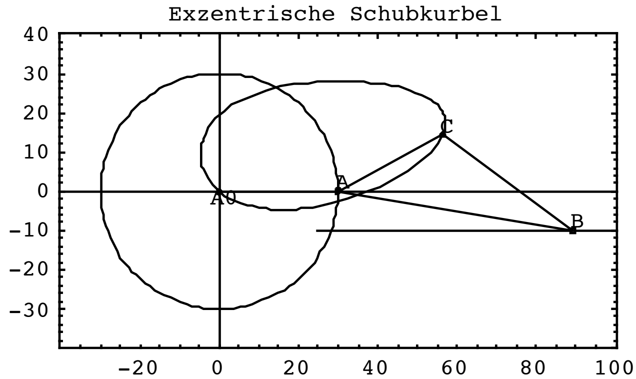












, weitere Ergebnisse siehe Internet.

Für φ=30°: γ = 24.6°, s=80.5cm, s´=–26.9cm/rad, s´´=–34.1cm/rad^2, v_B=–107.6cm/s, v_{Cx}=–46.8, v_{Cy}=48.3, v_C=67.2 cm/s; a_B=–545.3, a_{Cx}=–540.6, a_{Cy}=–185.3, a_C=571.5 cm/s^2; $\dot\gamma$=1.9 rad/s, $\ddot\gamma$= -2.74 rad/s^2.

b) α = 20 rad/s^2 und φ=30°: a_B=–1083.4, a_{Cx}=–774.5, a_{Cy}=56.2, a_C=776.5 cm/s^2

5. Vereinfache die Formeln für e = 0, ω = konst. und l >> r. Verwende $\lambda = r/l$.

Vgl. z.B. Gieck, Techn. Formelsammlung, Achtung. Definition von s, v, a!

Aus (1) mit $\lambda = r/l$: $$s(\varphi) = r\cos\varphi + l\sqrt{1-(\lambda\sin\varphi)^2} \quad (14)$$

Für $(\lambda\sin\varphi)^2 = x \ll 1$: Taylorreihe $\sqrt{1-x} = 1-\frac{1}{2}x-\frac{1}{8}x^2-.....$ bei linearer Betrachtung $\sqrt{1-x}\approx 1-\frac{1}{2}x$ (15)

Mit (15) wird (14) $$s(\varphi) = r\cos\varphi + l\left(1-\frac{1}{2}(\lambda\sin\varphi)^2\right) = l + r\cos\varphi - \frac{\lambda}{2}r\sin^2\varphi \quad (16)$$

Aus (4) mit (16) $$v_B = s´(\varphi)\,\omega = (-r\sin\varphi - \lambda\,r\sin\varphi\cos\varphi)\,\omega = -r\,\omega\sin\varphi(1+\lambda\cos\varphi) \quad (17)$$

Aus (4) mit (17), α = 0: $$a_B = v_B´(\varphi)\,\omega = \left(-r\,\omega\cos\varphi\,(1+\lambda\cos\varphi) + r\,\omega\sin\varphi\lambda\sin\varphi\right)\omega = -r\,\omega^2(\cos\varphi+\lambda\cos 2\varphi) \quad (18)$$

6. Bestimme das Antriebsmoment M_2 an 2, wenn an 4 eine Kraft $F_4 = F_0 \cos\varphi$ in x-Richtung wirkt.

(4)+Mech.Übersetzg -> $F_4 = -1 / s´(\varphi)\, M_2$ -> $M_2(\varphi) = -s´(\varphi)\, F_4(\varphi) = \left(r\sin\varphi + \frac{r\cos\varphi\,(e+r\sin\varphi)}{\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}}\right)F_0\cos\varphi$

7. Wie groß ist die Antriebsleistung eines an 2 befestigten Motor, bei η = 0.8, ω = 4 rad/s, φ=40°, F_0 = 2 kN

$$P_{an} = M_2\,\omega / \eta = -s´(\varphi)\,F_4(\varphi)\,\omega/\eta = \left(r\sin\varphi + \frac{r\cos\varphi\,(e+r\sin\varphi)}{\sqrt{l^2-(e+r\sin\varphi)^2}}\right)F_0\cos\varphi\,\omega/\eta = 246 \text{ kNcm/s} = 2.46 \text{ KW}$$