Club Apollo 13 – 4. Aufgabe

Schlangenroboter für die Endoskopie

Aufgabe 1: Grundlagen

a)

Wie bereits im Aufgabentext angedeutet wurde, wird die Endoskopie für die Darmspiegelung verwendet. Die heutigen modernen Endoskope bestehen aus folgenden Elementen:

- Optisches System (Kamera)
- Beleuchtungseinrichtung
- Abgang- und Spülsysteme
- Einführungskanäle für spezielle Instrumente

Bei der äußeren Form des Endoskops gibt es zwei verschiedene Arten, einmal die starre und die flexible Form.

In der starren Form besteht das gesamte Endoskop aus einer festen Röhre, die flexible Form besteht aus einem biegsamen Schlauch. Die Endoskope haben dabei typischerweise eine Länge von bis zu 2 Metern.

Die Nachteile der flexiblen Endoskope liegen zu einem in dem Kraftproblem. Bei der Einführung in den Körper geht sehr viel Kraft verloren. Das Herausziehen hingegen erfordert sehr viel Kraft und lässt damit große Kräfte auf innere, empfindliche Gewebe wirken die unter Umständen beschädigt werden können.

Außerdem hat die Flexibilität (Biegsamkeit) den Nachteil, dass beim Auftreffen auf Widerstände eine ungewollte Biegung des Endoskops stattfindet oder der Widerstand derart stark ist, dass ein problemloses Voranschreiten des Endoskops nicht mehr gewährleistet werden kann.

b)

Die Vorteile der Schlangenroboter für die Endoskopie liegen klar auf der Hand. Ebenfalls wie die flexiblen Endoskope sind die Schlangenroboter äußerst flexible und bewegbar und eignen sich insofern, in verwinkelte Körperbereiche eindringen zu können.

Außerdem hat der Roboter den Vorteil, dass er direkt angesteuert werden kann und somit eine zielgenaue Navigation und Bewegung im Körper des Patienten durchgeführt werden kann.

c)

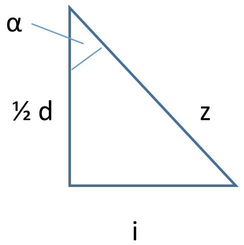
Bevor die Aufgabe richtig bearbeitet werden kann, muss zunächst kritisch hinterfragt werden, aus welcher Perspektive die Abbildung 4 gezeichnet ist. Die ist hier nicht klar zu erkennen, allerdings wird vermutet, dass Abbildung 4 den schlangenartigen Roboter aus einer Luftperspektive darstellt. Darüber hinaus wird auf den Vermerk gewiesen, dass die Aktoren nicht um einen Winkel gegeneinander verdreht sind.

Mit diesem Hintergrund kann festgestellt werden, dass der Roboter sich nur nach oben oder unten (aus Sicht des Roboters nach links oder rechts) bewegen kann. Da die Aktoren nicht verdreht sind, ist eine räumliche Bewegung nicht möglich, sondern nur die Bewegung in einer Ebene. Trägt man ein Koordinatensystem ein, dann ist nur eine Bewegung in x- und y-Richtung möglich. Eine Bewegung in eine dritte Ebene (die z-Achse) ist in der hier vorliegenden Form nicht möglich.

d)

$$2 * \pi * r = Umfang\ des\ Kreises$$

$$\frac{2 * \pi * (r - \frac{1}{2} * d)}{n} = Breite\ der\ Spitze\ eines\ Aktors$$



$$i = \frac{h - \left(\frac{2 * \pi * \left(r - \frac{1}{2} * d\right)}{n}\right)}{2}$$

Andere Kathete des Dreieckes bestehend aus 1/2 d, der beschriebenen anderen Kathete i und der Hypotenuse, hier z genannt.

$$\alpha = q$$

$$2\alpha = 2q$$

$$2 * \arctan\left(\frac{i}{\frac{1}{2}d}\right) = 2q$$

e)

$$2 * \arctan\left(\frac{i}{\frac{1}{2}d}\right) = 2q$$

$$\arctan\left(\frac{i}{\frac{1}{2}d}\right) = q$$

$$\frac{i}{\frac{1}{2}d} = \tan(q)$$

$$i = \tan(q) * \frac{1}{2}d$$

Einsetzen aus der Formel für i aus Aufgabenteil d) ergibt:

$$\frac{h - \left(\frac{2 * \pi * \left(r - \frac{1}{2} d\right)}{n}\right)}{2} = \frac{\tan(q) * d}{2}$$

$$h - \frac{2 * \pi * \left(r - \frac{1}{2} d\right)}{n} = \tan(q) * d$$

$$h = \tan(q) * d + \frac{2 * \pi * \left(r - \frac{1}{2} d\right)}{n}$$

$$h - \tan(q) * d = \frac{2 * \pi * \left(r - \frac{1}{2} d\right)}{n}$$

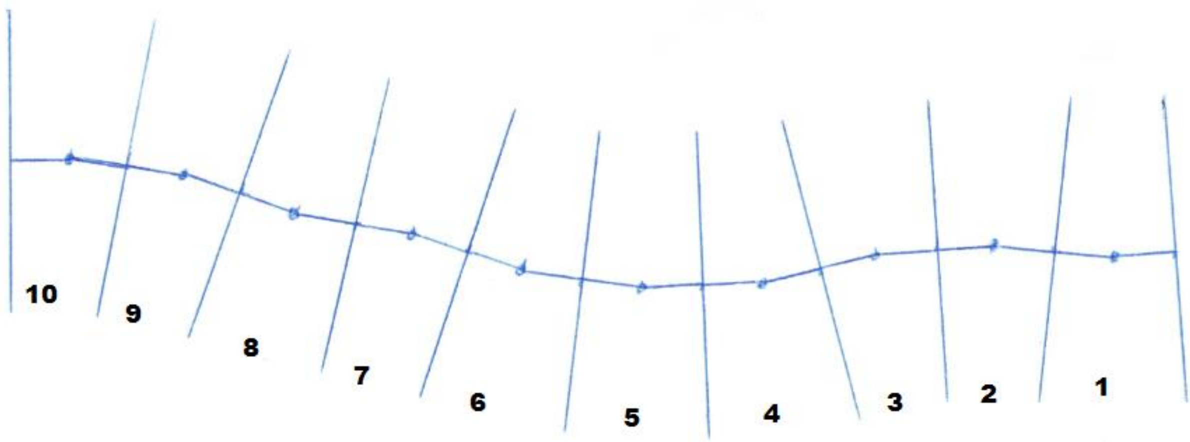
$$\boldsymbol{\frac{(h - \tan(q) * d) * n}{2 * \pi} + \frac{1}{2} d = r}$$

f)

Aus der Gleichung geht hervor, dass h groß sein muss. Da sich für das Produkt aus tan(q) und d aufgrund der Tangensfunktion keine absoluten Aussagen treffen lassen wird dies ausgelassen.

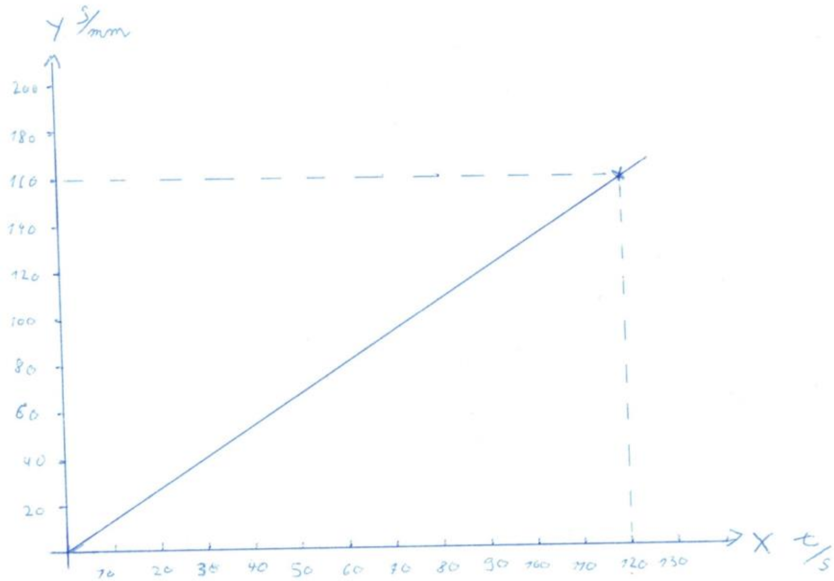
Aufgabe 2: Steuerung der Aktorkette

a)



b)

Der Vorschub kann vereinfacht als Linear angesehen werden. Mit den gegebenen Parametern ergibt sich folgender Graph:



Der benötigte Vorschub entspricht:

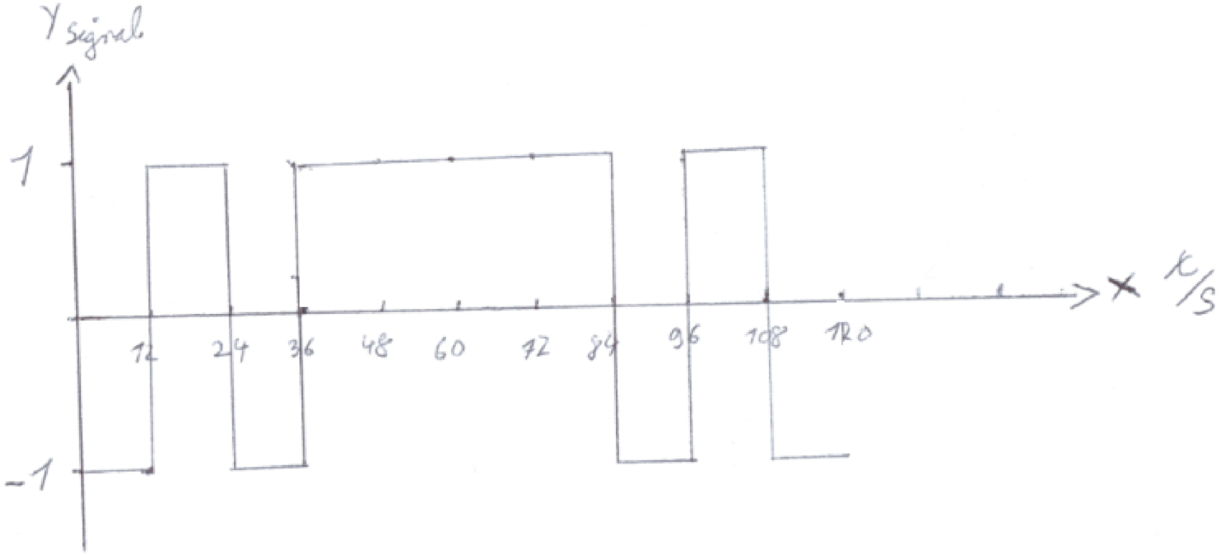
160 / 120 = 4 / 3 ~= 1,33 --> 1,33 mm/s

c)

	Steuersignal / Kippung									
Aktor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	1	-1
2	0	-1	1	-1	1	1	1	1	-1	1
3	0	0	-1	1	-1	1	1	1	1	-1
4	0	0	0	-1	1	-1	1	1	1	1
5	0	0	0	0	-1	1	-1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	-1	1	-1	1	1
7	0	0	0	0	0	0	-1	1	-1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	-1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1

Die eingetragenen Werte entsprechen den Aktionen der Signale, wie in den weiterführenden Aufgaben.

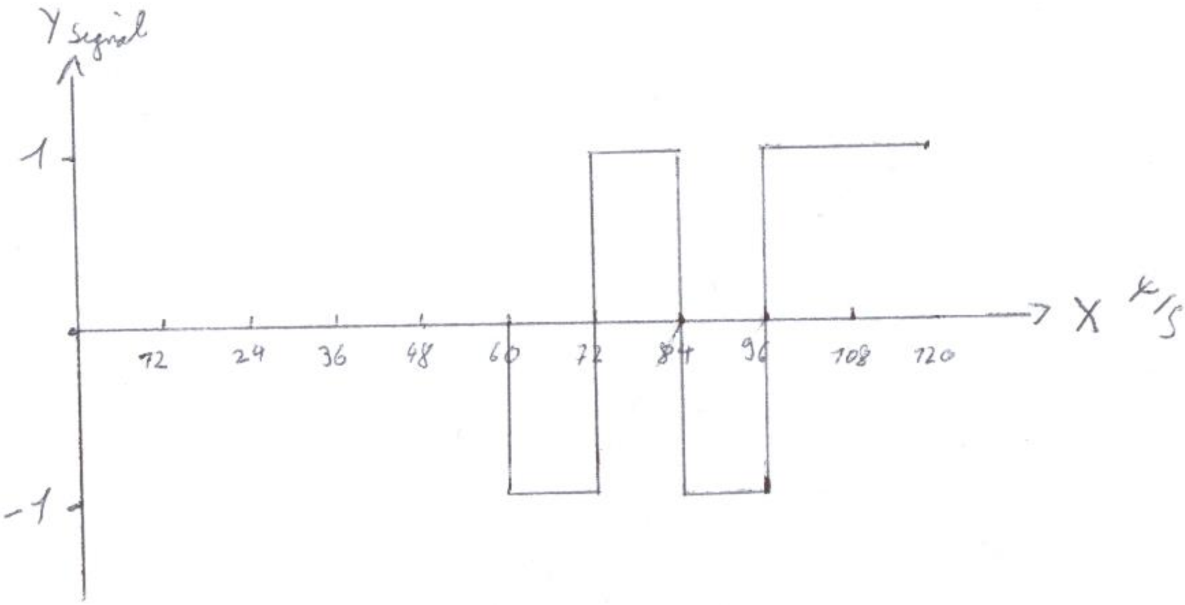
d)



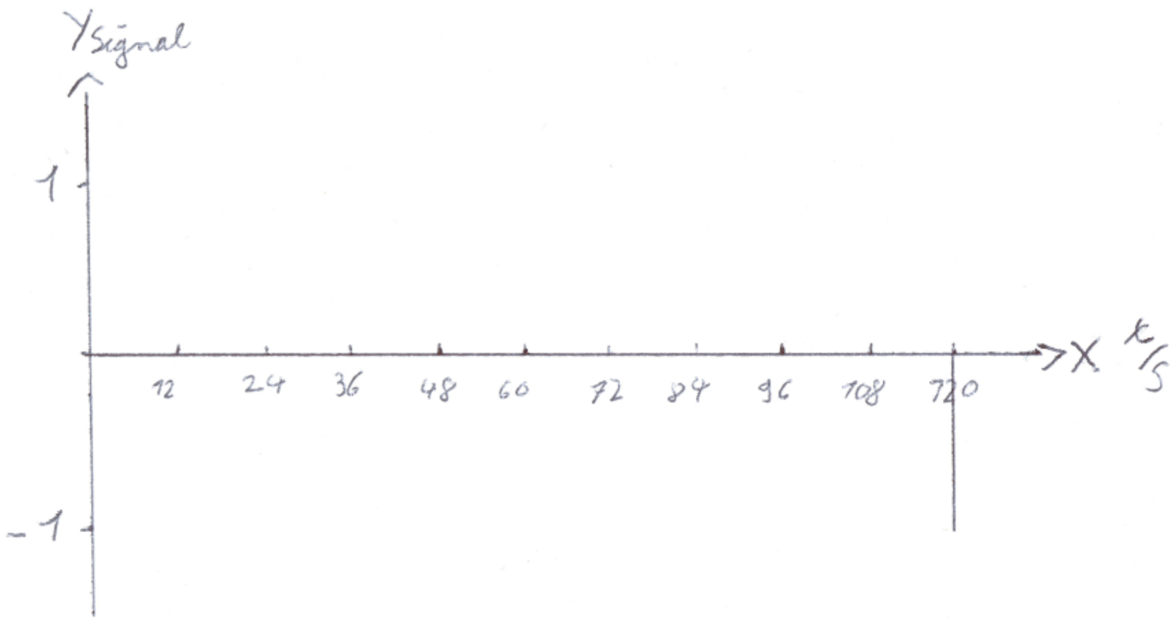
e)

<u>Aktor 5:</u>

5

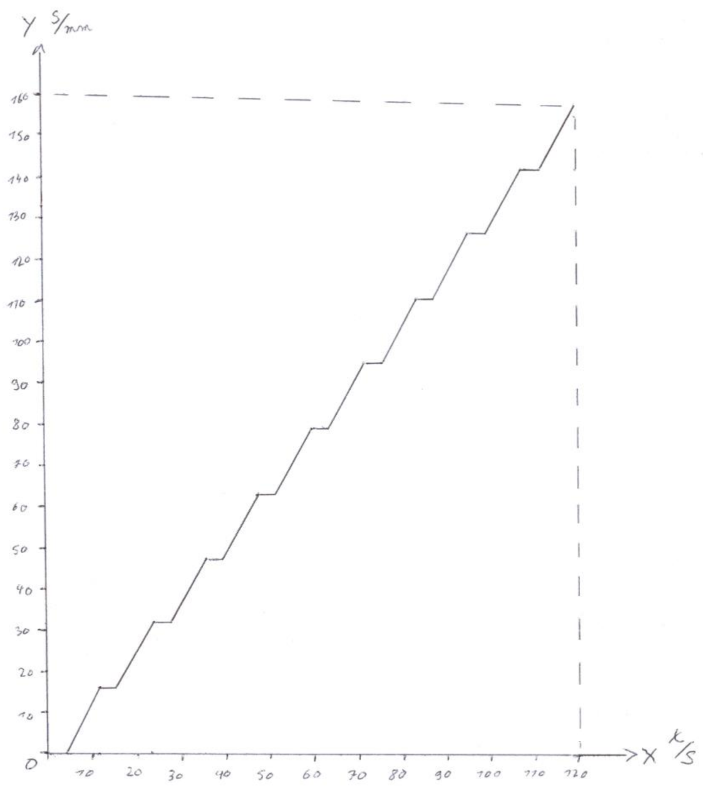


<u>Aktor 10 :</u>



6

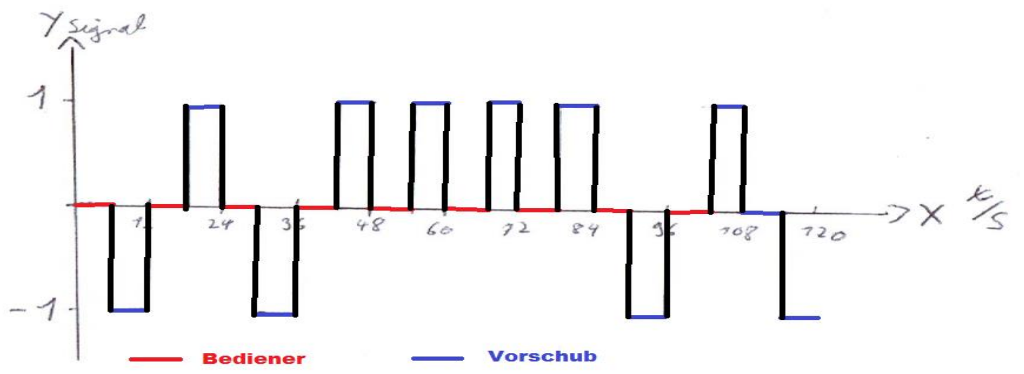
f)



Die Vorschubsgeschwindigkeit muss erhöht werden, da die Zeit für den Vorschub aufgrund der Pausen für die Bedienung trotz gleich gebliebener Gesamtzeit verkürzt wurde.

160 / (120 - (4 * 10)) = 2 --> 2 mm/s

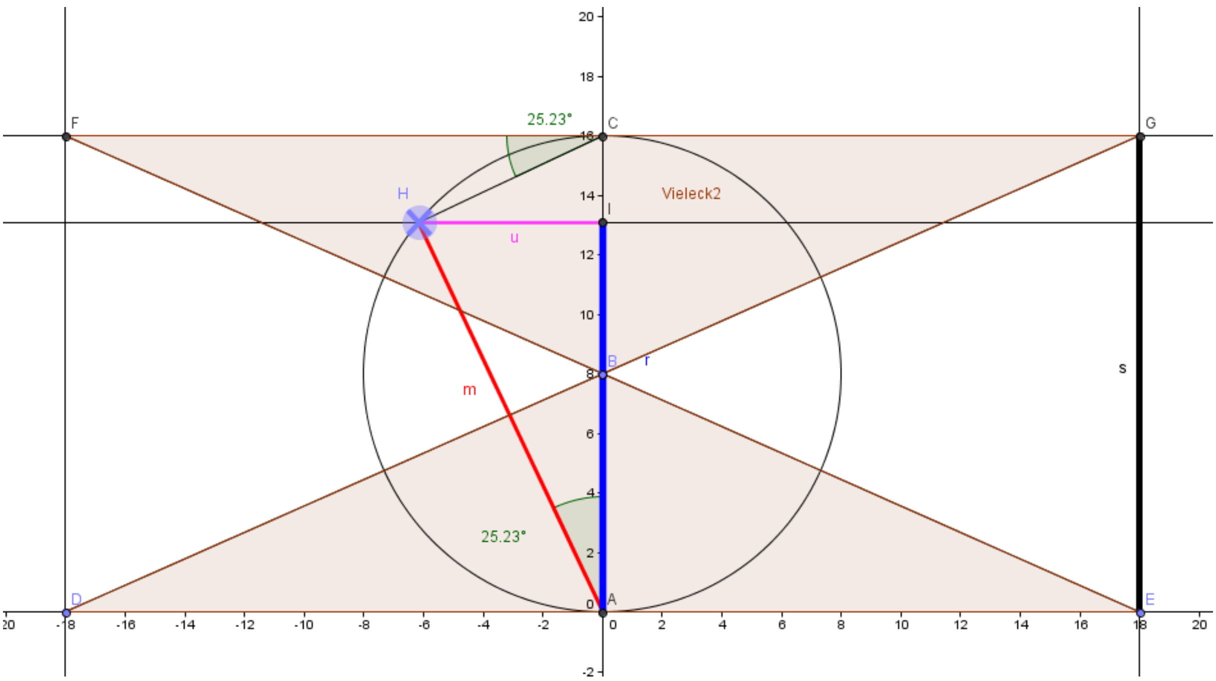
g)



Aufgabe 3: Kinematik

a)

In der selbsterstellten Abbildung sind die Bezeichnungen angegeben.
Die Strecke s von der untern Seite des Aktors zu der oberen Seite beträgt 16mm. Der Winkel q findet sich zwischen dem Ortsvektors und der y-Achse wieder.
Im Dreieck (A(0|0), C(0|16), H(6,17|13,09)), in dem der Satz von Thales gilt, ist s die Hypotenuse.
Somit gilt: $m = s \cdot \cos(q)$



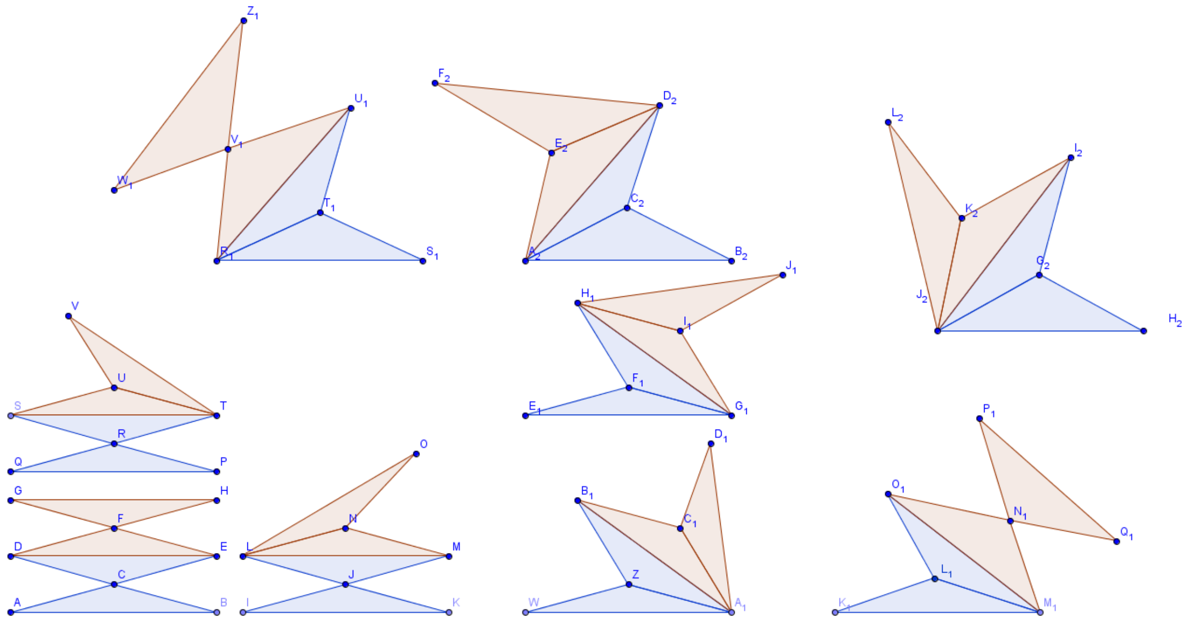
Im Dreieck (A(0|0),I(0|13,09), H(6,17|13,09) gilt somit:

$$u = m \cdot \sin(q)$$
$$m = s \cdot \cos(q)$$
$$u = s \cdot \cos(q) \cdot \sin(q) = x$$
$$r = m \cdot \cos(q)$$
$$m = s \cdot \cos(q)$$
$$r = s \cdot \cos(q) \cdot \cos(q) = y$$

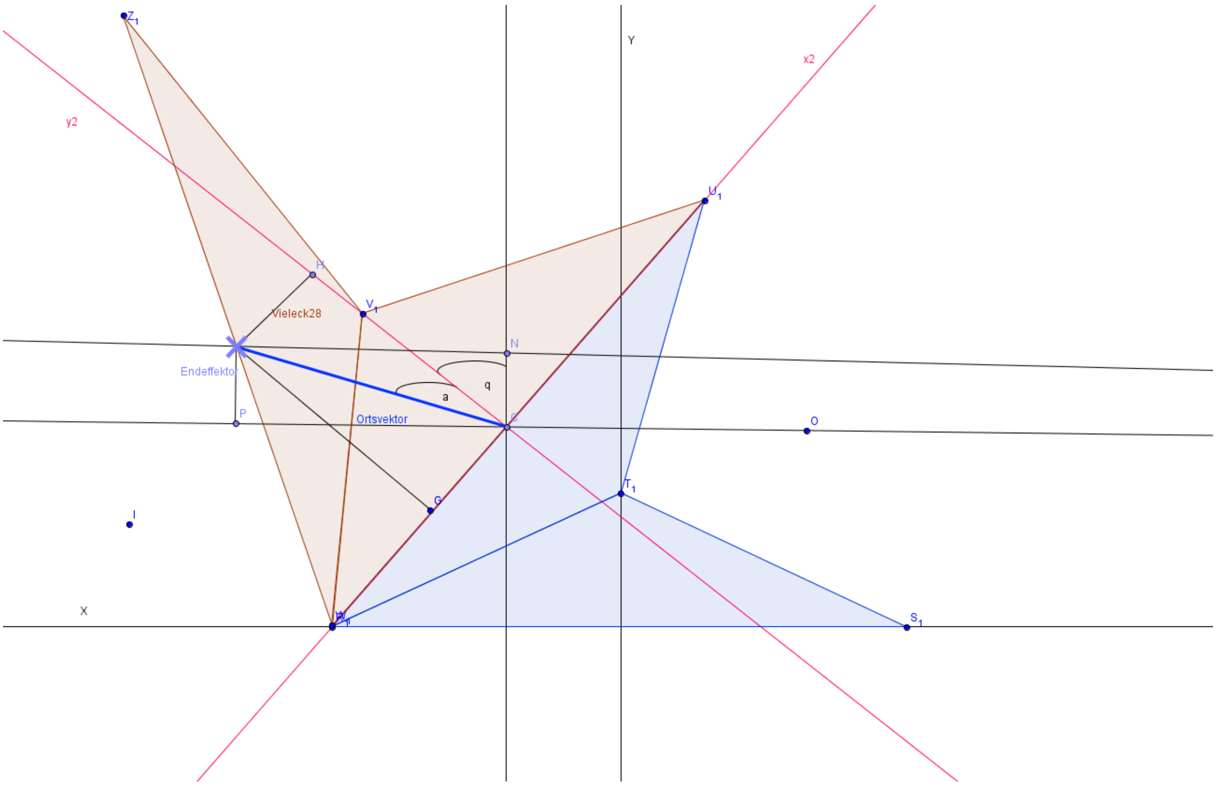
$$Allgemeine\_Formel:$$
$$(x \mid y) = (s \cdot \cos(q) \cdot \sin(q) \mid s \cdot \cos(q) \cdot \cos(q))$$

$$mit: s = 16mm$$
$$mit: q = 10°$$
$$(x \mid y) = (16mm \cdot \cos(10°) \cdot \sin(10°) \mid 16mm \cdot \cos(10°) \cdot \cos(10°))$$
$$(x \mid y) = (2{,}736 \mid 15{,}5)$$
$$mit: s = 16mm$$
$$mit: q = -10°$$
$$(x \mid y) = (16mm \cdot \cos(-10°) \cdot \sin(-10°) \mid 16mm \cdot \cos(-10°) \cdot \cos(-10°))$$
$$(x \mid y) = (-2{,}736 \mid 15{,}5)$$

b)



Es gilt: Die Koordinaten des Endeffektors des 1. Aktors und des Endeffektors des 2. Aktors werden addiert, jedoch müssen zunächst die Koordinaten des 2. Endeffektors in das Koordinatensystem des 1. Endeffektors transformiert werden. Man berechnet zunächst die Koordinaten des 2. Endeffektors wie die Koordinaten des 1. Endeffektor mithilfe in der Gleichungen, die in a genannt wurden, nur das der Winkel q nicht mehr benutzt wird sondern ein neuer Winkel a in Spiel kommt, weil die beiden Winkel nicht identisch sein müssen (Verschiedene Vorzeichen siehe obere Figuren).



$$Al\lg emeine\_Formel:$$
$$(x_r \mid y_r) = (s \cdot \cos(a) \cdot \sin(a) \mid s \cdot \cos(a) \cdot \cos(a))$$

Mithilfe dieser Formel kennt man die Koordinaten des 2. Endeffektors im roten System. Die Achsen dieses roten Systems werden nun um den Winkel q so gedreht, dass beiden y-Achsen der beiden Systeme parallel zueinander sind.

Dann folgen trigonometrische Berechnungen wird erst die Länge des Vektor c(zwischen den Punkt des 2. Endeffektors und Punkt der 1. Endeffektors) berechnet

$$c = \sqrt{x_r^2 + y_r^2}$$

Die Länge ist bei der Koordinatentransformation konstant.

Nun werden der Winkel zwischen der ehemaligen roten Y-Achse und der Ortsvektor bestimmt. Der Winkel zwischen den Ortsvektor und der Y-Achse ist a.

Es Wird a und q addiert. Dann wird von dieser Winkelsumme der Sinus gezogen dieser wird dann mit dem Ortsvektor multipliziert. Dieser Wert wird der Y-Koordinate des ersten Endeffektors hinzu addiert, sodass sich die y-Koordinate des 2. Endeffektors ergibt.

Um die X-Koordinate des 2. Endeffektors zu bestimmen ergibt sich folgendes:

Es Wird a und q addiert. Dann wird von dieser Winkelsumme der Cosinus gezogen dieser wird dann mit dem Ortsvektor multipliziert. Dieser Wert wird der X-Koordinate des ersten Endeffektor hinzu addiert, sodass sich die X-Koordinate des 2. Endeffektors ergibt.

$$(x \mid y) = ($$

$$(s \cdot \cos(a) \cdot \sin(a) + s \cdot \cos(a) \cdot \cos(a))^{\frac{1}{2}} \cdot \cos(a+q) + s \cdot \cos(q) \cdot \sin(q) \mid$$

$$(s \cdot \cos(a) \cdot \sin(a) + s \cdot \cos(a) \cdot \cos(a))^{\frac{1}{2}} \cdot \sin(a+q) + s \cdot \cos(q) \cdot \cos(q))$$

$$)$$

c)

Konfigurationsanzahl = 3^n

Wird ein neuer Aktor hinzugefügt, werden 3 neue Bewegungsmöglichkeiten hinzugefügt. Jede dieser 3 Möglichkeiten kann mit allen einzelnen Bewegungsmöglichkeiten ein neues gesamt Gebilde bilden. Daher muss pro neuen Aktor die vorherige Anzahl an Konfigurationen mit 3 multipliziert werden. Daher 3 hoch n.

d)

Durch die gleichzeitige Schaltung der Aktoren ist es nur möglich lineare also nicht runde Wege zu bewältigen. Jedoch könnte, indem der Winkel q, um den sich die Aktoren drehen können, verkleinert wird, eine genauere Näherung gelingen.

Dieses Dokument wurde erstellt von der Gruppe „ Die Astrophysiker“

Hannah-Arendt-Gymnasium

Tim Denecke, Jan Heiming, Jonathan Kalter, Sascha Gehrmann