

Zur Konstruktion des Objektes werden folgende Variablen verwendet:

tb=5	Türbreite
th=3	Türhöhe
d=1	Mauerabstand zur Tür
gt=6	Garagentiefe
s=0..1,0.02	Laufparameter
wi=120	Türöffnungswinkel

QYZ blau,5
 S(1,tb/2,th)
 t(0,d,0)
 t(0,tb/2,0)
 dg(+wi*s,0,d+tb,0,0,d+tb,1)

SEKTOR schwarz,3
 DEF(tb/2,90-wi*s-2,90,0,0)
 t(0,d,th)

Garagentor

Drehung um variable Achse

Bahnkreis (Öffnungswinkel < 2° nicht möglich)

Startwinkel ist variabel

Konstruktion eines Tores samt Bewegung an die Decke

1. Variante

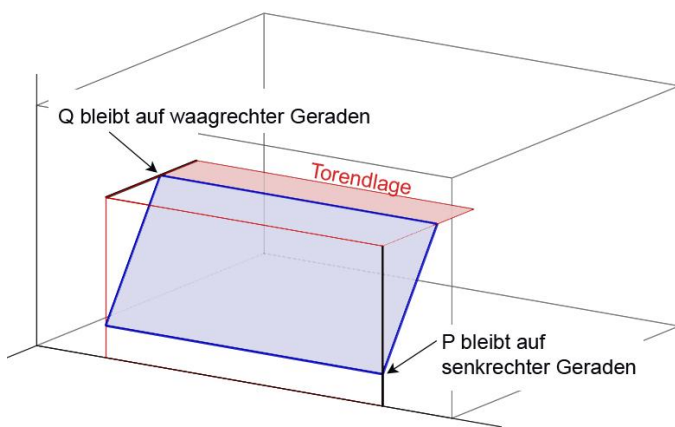
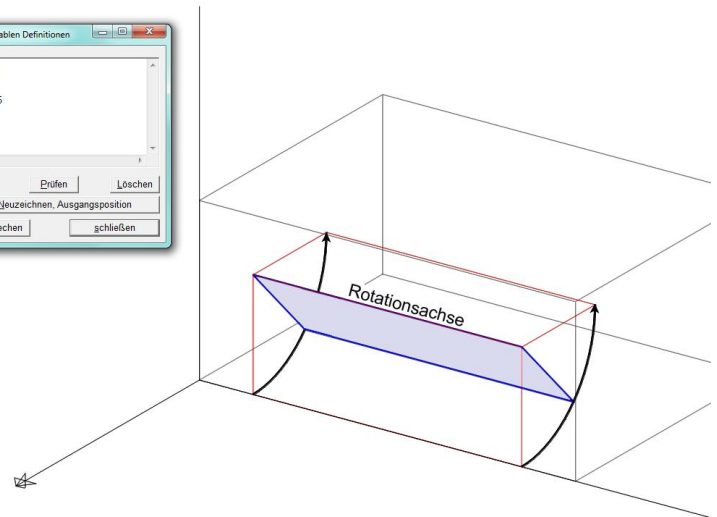
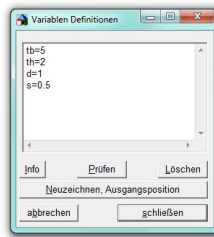
Drehung um die obere Kante

QYZ blau,4

$S(1, tb, th)$

$T(0, d, 0)$

$Dg(90*s, 0, 0, th, 0, 1, th)$



Platz für das im Raum befindliche Objekt.

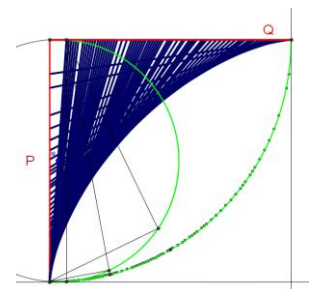
Der Laufparameter s bewegt sich im Intervall $[0,1]$. Damit läuft Q auf der Waagrechten und die Forderung $PQ = \text{konst} = \text{türhöhe} = th$ zwingt P auf der Senkrechten zu bleiben.

Der (Dreh)Winkel ermittelt sich mit $w_i = \sin(s)$ im rechtwinkligen Dreieck.

2. Variante

Bewegung des Tores, in der der Torbasispunkt P in senkrechter und der obere Toreckpunkt Q in waagrechter Linie geführt werden.

Hierbei vermeidet man einen Kontakt mit dem vor der Garage parkenden Fahrzeug und lässt im Garagenraum relativ viel



QYZ blau,4

Tor

$S(1, tb, th)$

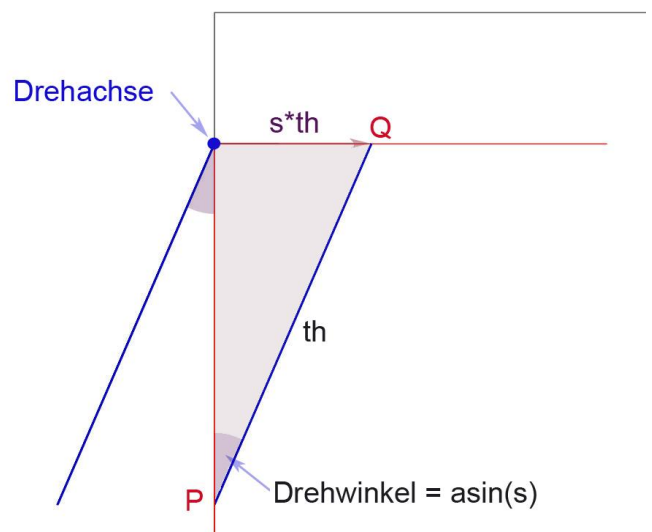
$t(0, d, 0)$

$dg(-\sin(s), 0, 0, th, 0, 1, th)$

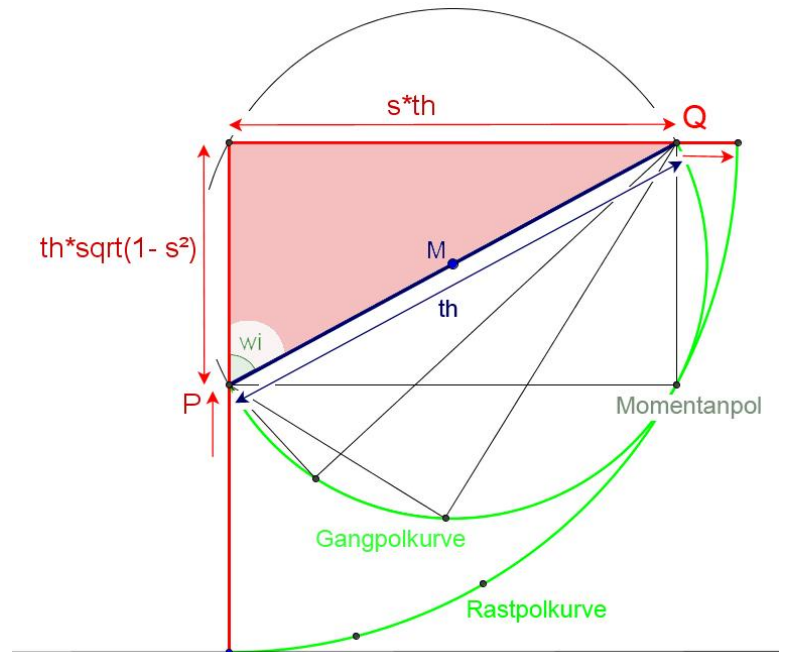
Drehung um die Türoberkante, danach

$t(-s*th, 0, 0)$

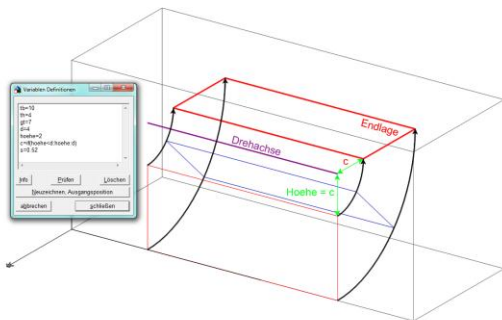
Schiebung längs der Parallelen zur x-Achse



Die jeweiligen durch P und Q gehenden Normalen schneiden sich im Momentanpol. Die Gangpolkurve ist als Thaleskreis über P und Q und die Rastpolkurve als Viertelkreis erkennbar.

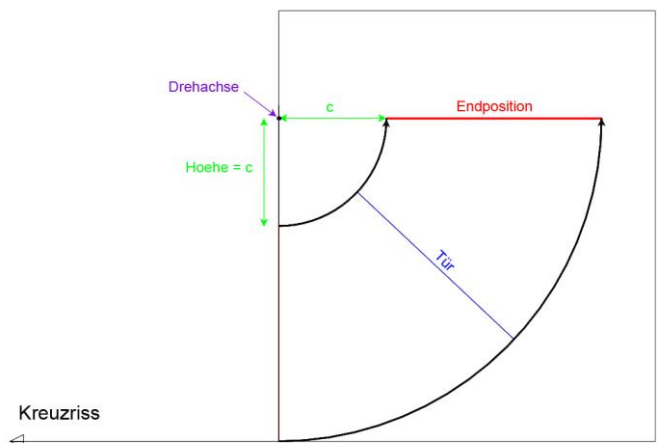


3. Variante

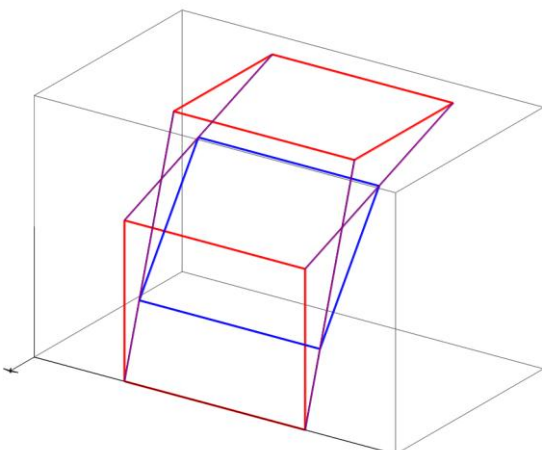


Die Endposition des Tores nach der Öffnung möge nun eine Höhe (=c) und eine Tiefe (ebenfalls c) im Garagenraum erlangen. Die notwendige Bewegung ist eine 90°-Drehung.

Dabei nimmt aber das Tor im Zuge der Drehung einen großen Platz im Garagenraum ein, und ist somit als Lösung ungeeignet.



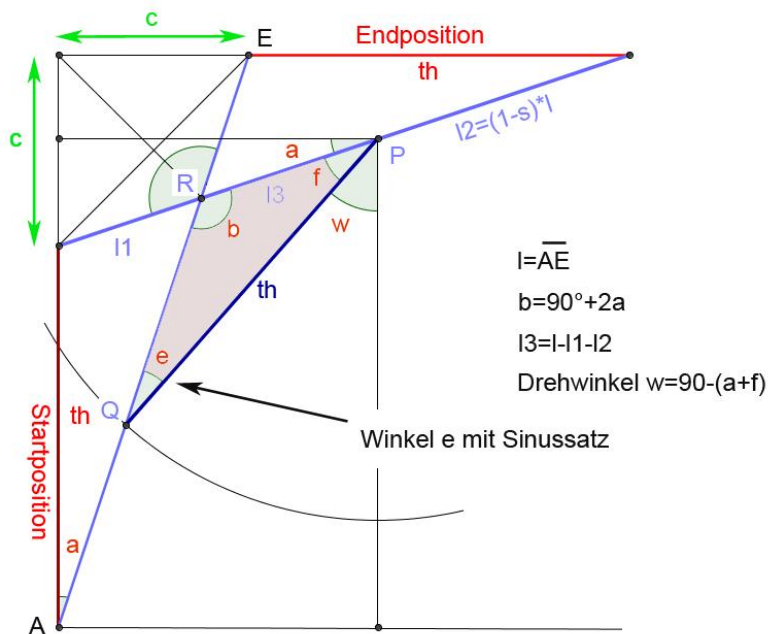
4. Variante



Die Türendposition sei um c nach oben und c nach hinten verschoben.

Basispunkte und Oberkantenpunkte mögen sich auf geradlinigen Bahnen bewegen.

Die Auflösung des schiefwinkligen Dreiecks PQR ermöglicht den Drehwinkel w für die Tür zu ermitteln.



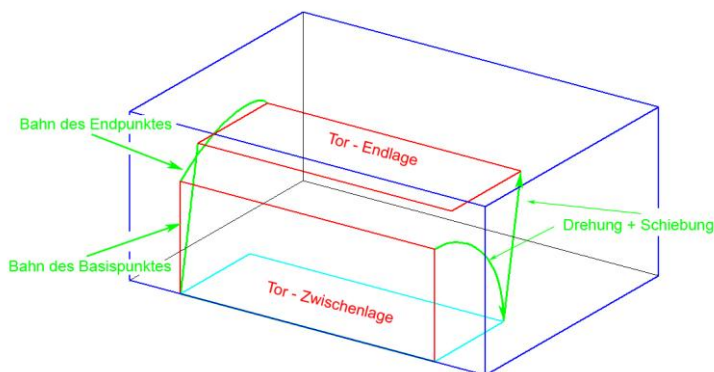
Berechnungen:

$$\begin{aligned}
 a &= \arctan(c/(c+th)) \\
 b &= 90 + 2 \cdot a && \text{Winkel in R} \\
 l &= \sqrt{c^2 + (th+c)^2} \\
 l_1 &= (c \cdot \sqrt{2}/2) / \sin(b/2) \\
 l_2 &= (1-s) \cdot l \\
 l_3 &= l - l_1 - l_2 \\
 e &= \arcsin(l_3 \cdot \sin(b)/th) \\
 f &= 180 - b - e
 \end{aligned}$$

Konstruktion+Bewegung:

$w = 90 - (a + f)$ QYZ hellblau, 5 Tür
 $S(1, tb, th)$
 $T(0, d, 0)$
 $dg(-w, 0, 0, th, 0, 1, th)$
Drehung um Oberkante um Winkel w
 $T(-s \cdot (c + th), 0, c \cdot s)$
Verschiebung in Endposition

5. Variante



In diesem Fall ist die Bewegung des Tores von der geschlossenen (senkrechten) Lage in die (waagrechte) Endlage parallel zur Decke eine Überlagerung einer Drehung um die y-Achse (Drehwinkel 90°) und eine Verschiebung des Basispunktes $(-th/y/0)$ nach $(-c-th/y/th+c)$. Hierbei bleiben die Basispunkte des Tores auf Geraden, während die oberen Torpunkte sich auf gekrümmten Bahnen bewegen. Drehung und Schiebung werden gleichförmig ausgeführt.

QYZ hellrot, 5

$S(1, tb, th)$

$T(0, d, 0)$

Garagentor

$D(0, -90 \cdot s, 0)$

$T(-c \cdot s, 0, (th+c) \cdot s)$

Drehung um die y-Achse

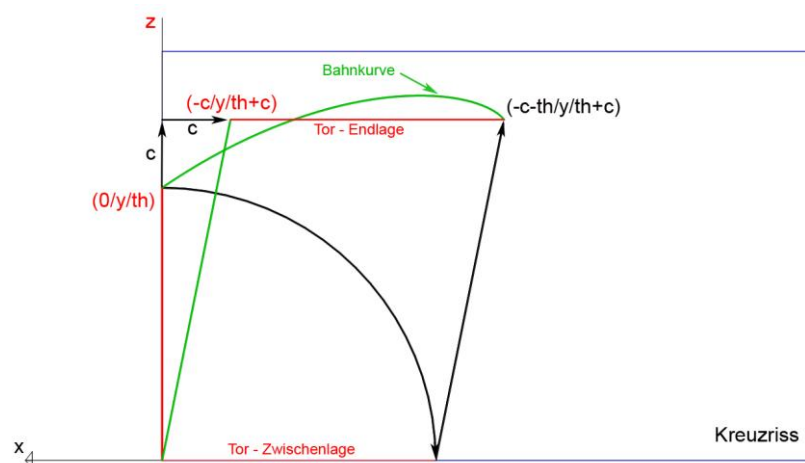
Verschiebung $[s=0..1, 0.02]$

Laufparameter für die Bewegung

KURVE grün, 5 Bahn des Basispunktes

$DEF(-c \cdot t, d, (th+c) \cdot t, 0, 1, 40)$

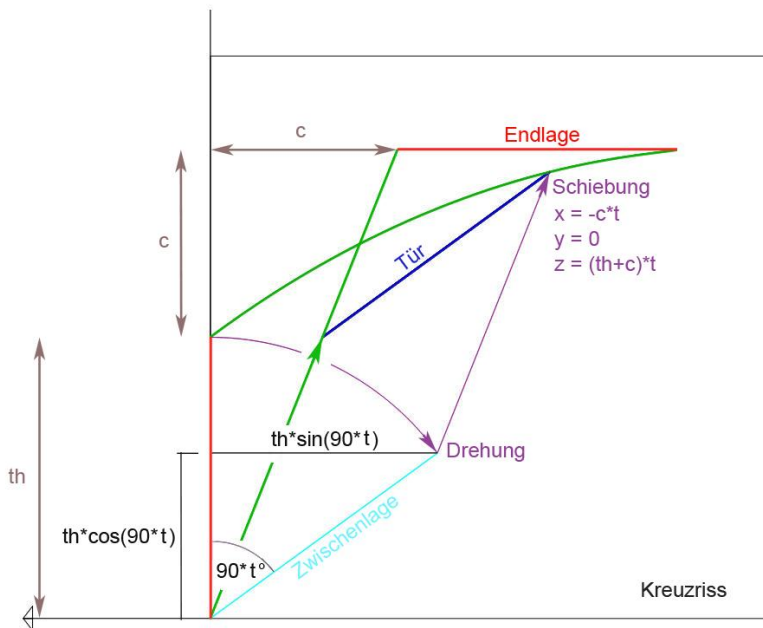
Diese Bahn ist linear.



KURVE grün,5 Bahn des Endpunktes

DEF(-th*sin(t*90)-c*t, d, th*cos(t*90)+(th+c)*t, 0, 1, 40)

Eingabe der Kurve:



Kurve x(t),y(t),z(t)

x(t):

y(t):

z(t):

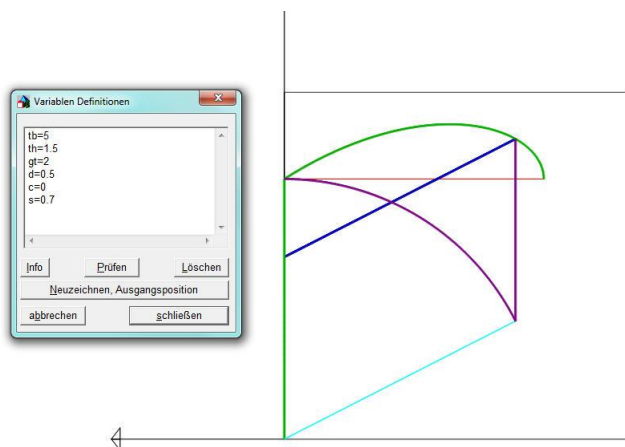
Parameter t:

Startwert:

Endwert:

Segmentanzahl(m):

Um zu vermeiden, dass das Tor im Zuge seiner Bewegung über die Endlage hinausschwingt, muss diese Bewegung abgeändert werden. Insbesondere wenn die Raumhöhe zu gering ist, führt die Bewegung die Tür durch die Decke. Im Verlauf der Bewegung muss daher die Tür unter ihrem Endniveau bleiben. Zudem ist ein Ziehen der Tür mittels eines Motors bei diesen Kurvenendlagen unmöglich.



EW blau,1
S(-gt,tb+2*d,th+d)

QYZ hellrot,5

S(1,tb,th)

T(0,d,0)

D(0,-90*s,0)

T(-c*s,0,(th+c)*s)

KURVE violett,4

DEF(-(c)*t,d,(th+c)*t,0,1,40)

KURVE violett,4

DEF(-th*sin(t*90)-(c)*t,d,th*cos(t*90)+(th+c)*t,0,1,40)

STRECKE grün,4

DEF(-sqrt(1-c*c),d+tb/2,th+c,-(c+th+1),d+tb/2,th+c)

STRECKE grün,4

DEF(-th*sin(s*90)-(c)*s*s,d+tb/2,th*cos(s*90)+(th+c)*s*s,-th*sin(s*90)-(c)*s*s-dx,d+tb/2,th+c)

Garage

Tor

Positionierung

Drehung um y-Achse

Verschiebung

Bahn des Basispunktes

Bahn des oberen Eckpunktes

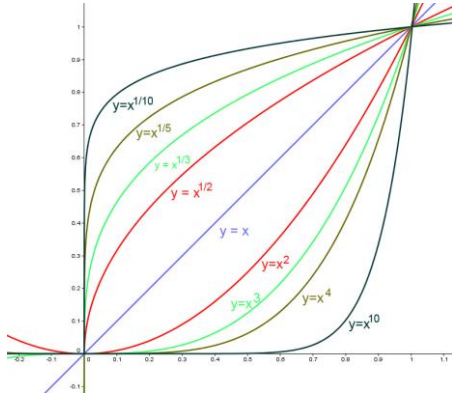
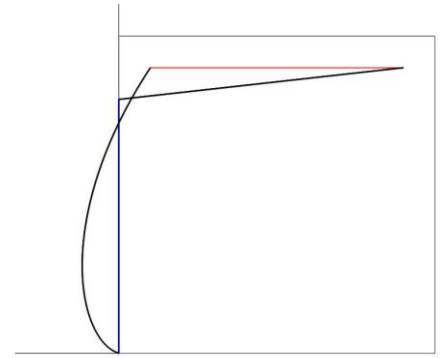
Zugmotorstrecke

Zugstange

6.) Variante

Zur Bewegung des Tores wird ein Motor herangezogen, der an der Oberkante des Tores nach hinten zieht. Die lineare Führung der oberen Punkte erscheint daher angebrachter. Neuerlich ist diese Bewegung eine Zusammensetzung einer 90°-Drehung um die Toroberkante und danach eine Verschiebung bis zum Endpunkt.

Dabei bewegen sich die Torbasispunkte auf Kurven, die außerhalb der Garage liegen.



In Abänderung zur Variante 5 können Drehung und Schiebung nicht „gleichförmig“, proportional ausgeführt werden.

Mathematisch muss dazu die Drehung $90 \cdot f_1(s)$ mit einer Funktion ausgeführt werden, die $f_1(0)=0$ und $f_1(1)=1$ annimmt. Ebenso könnte die Schiebung mit einer Funktion f_2 mit gleichen Eigenschaften verbunden sein.

Dazu bieten sich die Potenzfunktionen mit $n>1$ als beim Start bremsende und $n<1$ (Wurzelfunktionen) als zu Beginn beschleunigende Funktionen an.

Da $a^b = e^{b \cdot \ln(a)}$ ist, kann in GAM eine nicht lineare 90°-Drehung

mittels $90 \cdot s^n = 90 \cdot e^{n \cdot \ln(s)} = 90 \cdot \text{EXP}(n \cdot \text{LN}(s))$ eingegeben werden.

Dg(-90*EXP(n*LN(s)),0,0,th,0,1,th) Drehung um 90° beschleunigend mit der Funktion s^n

T(-(c+th)*EXP(m*LN(s)),0,c*EXP(m*LN(s))) Schiebung um 90° beschleunigend mit der Funktion s^m

Beispiele: n=Drehtempo, m=Schiebetempo n=1 m=1 beide linear		n=2, m=1 langsame Drehung zu Beginn		n=3, m=1 bremsende Drehung zu Beginn	
n=0.5, m=1 Wurzelfunktion rasche Drehung zu Beginn		n=0.9, m=0.7		n=1, m=0.5	

Dabei ergeben sich bemerkenswerte Bewegungsmuster für die Basispunkte.