Spule

Variante 1

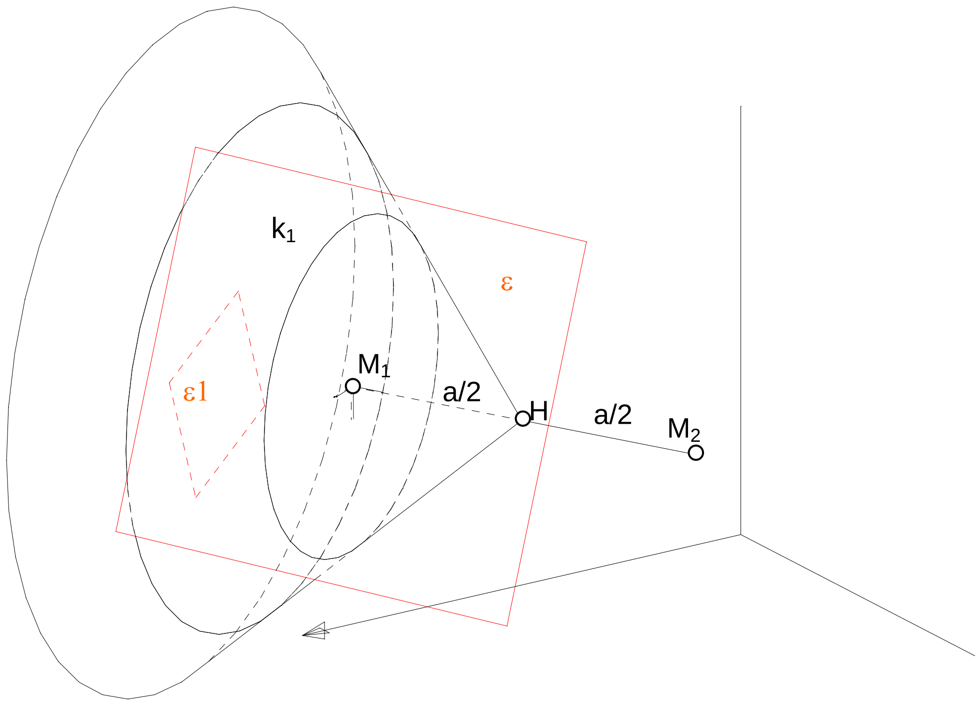
Aufgabe

Die Kreise $k_1[M_1(10/-5/5)$, r = 5 cm] und $k_2[M_2(5/5/5)$, r = 5 cm] sind die Basiskreise zweier Drehkegelstümpfe, deren Mäntel einer gemeinsamen Drehkegelfläche angehören. Die jeweils 3 cm hohen Drehkegelstümpfe bilden mit dem sie verbindenden Drehzylinder eine Spule.

Wir beginnen mit *3D-Objekte – Koordinatenachsen* (x = 15, y = 12, z = 13)

- *2D-Objekte-Strecke*: x1 = 10, y1 = -5, z1 = 5, x2 = 5, y2 = 5, z2 = 5, Achse a
- Der Kreis k_1 liegt in der Ebene ε durch M_1 normal auf a: *Bearbeiten – Konstruieren – Normalebene durch P auf Gerade*. Die Normalebene wird durch ein Rechteck repräsentiert. Wir verwenden sie als Konstruktionsebene.
- Um den Drehkegel mit dem Basiskreis k_1 und der Spitze im Halbierungspunkt H von a rasch erstellen zu können, erzeugen wir ein passendes Benutzerkoordinatensystem:
- *Bearbeiten – BKS - neu*: neuer Ursprung: M_1, Punkt auf x-Achse: ein Eckpunkt des Rechtecks in ε, Punkt in [xy] - Ebene: ein weiterer Eckpunkt des Rechteckes, BKS aktivieren
- *3D – Objekte – Kegel: r = 5, h = a/2, wobei a nach Doppelklick im Eingabefeld für h per linker Maustaste wählbar ist.*
- *Transformieren .- zentr. Streckung: Kegel, Zentrum: wähle* H, *Faktor:* f=*2* (siehe Anmerkung).
- Um mit *Modellieren – Trennen* den gesuchten Kegelstumpf erzeugen zu können, brauchen wir als zweite Schnittebene *noch die Ebene ε1: Bearbeiten – Konstruieren – Parallelebene(Abstand = 3).* Nach erfolgtem Trennen sind die nicht mehr benötigten Objekte zu löschen.
- Der fehlende Kegelstumpf ergibt sich durch zentrische Streckung (Zentrum H, Faktor -1, kopieren) des vorhandenen Kegelstumpfes.
- Fehlt noch der Zylinder mit der Höhe a und dem Radius r.

Anmerkung: der Streckungsfaktor f kann auch so bestimmt werden, dass k_1 automatisch in ε_1 zu liegen kommt: f = 3/(a/2) + 1. Man erspart sich das Erzeugen von ε_1 und das Trennen mit ε_1.



Spule

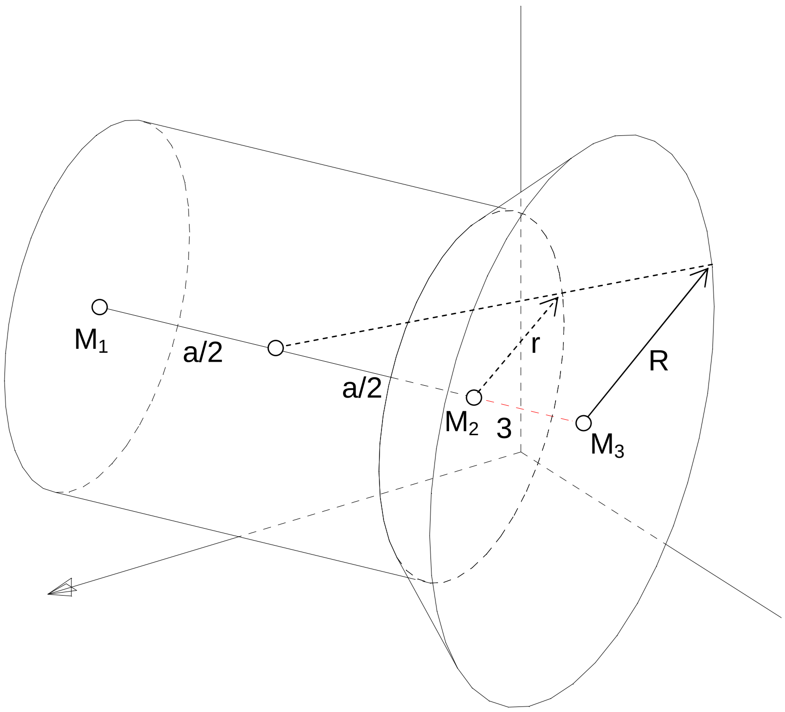
Variante 2

Aufgabe

Die Kreise $k_1[M_1(10/-5/5)$, r = 5 cm] und $k_2[M_2(5/5/5)$, r = 5 cm] sind die Basiskreise zweier Drehkegelstümpfe, deren Mäntel einer gemeinsamen Drehkegelfläche angehören. Die jeweils 3 cm hohen Drehkegelstümpfe bilden mit dem sie verbindenden Drehzylinder eine Spule.

Wir beginnen mit *3D-Objekte – Koordinatenachsen* (x = 15, y = 12, z = 13)

- *2D-Objekte-Strecke*: x1 = 10, y1 = -5, z1 = 5, x2 = 5, y2 = 5, z2 = 5, Achse a
- Um die Achse M_2M_3 des Kegelstumpfes zu erzeugen, verschieben wir a um den Vektor M_1M_2 und fertigen eine Kopie a_2 an.
- Mit *Bearbeiten – Ändern – Streckenlänge* ändern wir die Länge von a_2 auf 3 cm.
- Mit *3D-Objekte – weitere.. .- Rohrflächen* erzeugen wir den Zylinder: mit *wähle Mittenlinie* wählen wir die Achse a. r1 = r2 = r = 5, m = 40.
- Mit *3D-Objekte – weitere..- Rohrflächen* erzeugen wir den Kegelstumpf. Mit *wähle Mittenlinie* wählen wir die Achse M_2M_3. r1 = r = 5, m = 40. r2 = R.
  R lässt sich mittels einer Proportion bestimmen und berechnen: R = r + 3*r/(a/2). a kann per Doppelklick im Eingabefeld für r2 und anschließender Wahl per Maus erzeugt werden. Die Hilfsfigur, aus der sich die Proportion ergibt, könnte auch, z.B. in der [yz] – Ebene, mittels Strecken und mittels *Bearbeiten – ändern –Strecke* konstruiert werden. R könnte dann mittels *Bearbeiten –Messen – Streckenlänge* bestimmt werden.
- Der fehlende Kegelstumpf ergibt sich durch Spiegelung mit Kopie an der Symmetrieebene von a. Diese erzeugt man mit *Bearbeiten – Konstruieren – Symmetrieebene*. Sie wird durch ein Rechteck repräsentiert.



Spule

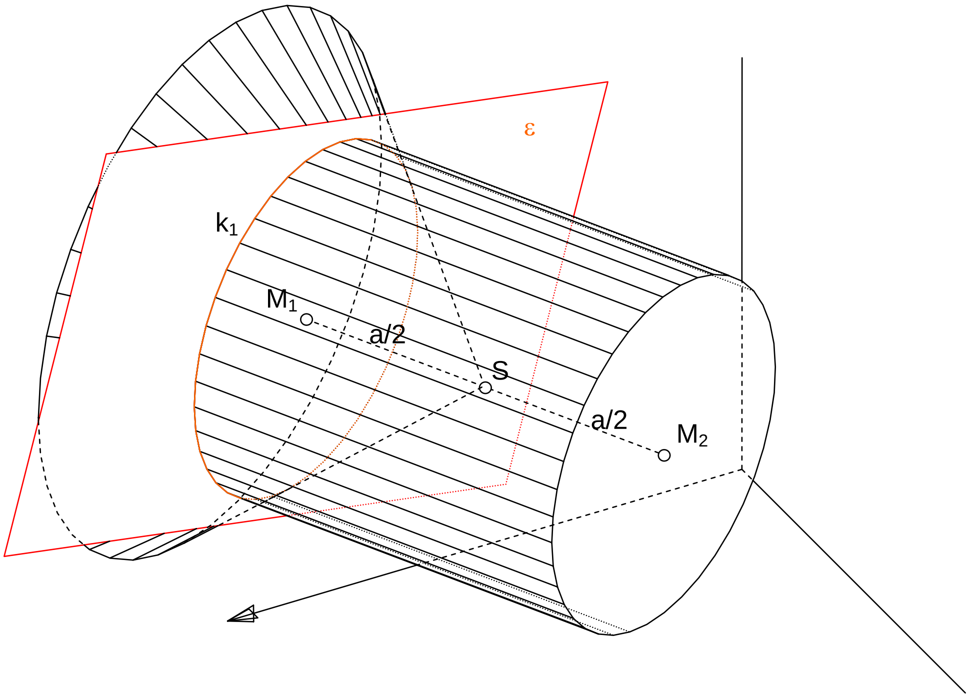
Variante 3

Aufgabe

Die Kreise $k_1[M_1(10/-5/5)$, $r = 5$ cm] und $k_2[M_2(5/5/5)$, $r = 5$ cm] sind die Basiskreise zweier Drehkegelstümpfe, deren Mäntel einer gemeinsamen Drehkegelfläche angehören. Die jeweils 3 cm hohen Drehkegelstümpfe bilden mit dem sie verbindenden Drehzylinder eine Spule.

Wir beginnen mit *3D-Objekte – Koordinatenachsen* (x = 15, y = 12, z = 13)

- *2D-Objekte-Strecke*: x1 = 10, y1 = -5, z1 = 5, x2 = 5, y2 = 5, z2 = 5, Achse a
- Der Kreis k_1 liegt in der Ebene ε durch M_1 normal auf a: *Bearbeiten – Konstruieren – Normalebene durch P auf Gerade*. Die Normalebene, wir verwenden sie später als Konstruktionsebene, wird durch ein Rechteck repräsentiert.
- Um den Kreis k_1 rasch erstellen zu können, erzeugen wir ein passendes Benutzerkoordinaten – system in der Konstruktionsebene.
- *Bearbeiten – BKS - neu*: neuer Ursprung: M_1, Punkt auf x-Achse: ein Eckpunkt des Rechtecks in ε, Punkt in [xy] - Ebene: ein weiterer Eckpunkt des Rechteckes, BKS aktivieren
- *2D – Objekte – Kreis: r = 5,* BKS, in [xy] – Ebene, ergibt k_1.
- Mittels *3D – Objekte – weitere… - allg. Zylinderflächen* erzeugen wir den verbindenden Zylinder. *wähle Leitkurve* : k_1, *Schiebvektor*: beliebig, *wähle Schiebvektor*: M_1, M_2.
- *Bearbeiten – Messen – Strecke*: wähle Strecke a, rechte Maustaste, Streckenlänge in die Zwischenablage.
- Mittels *3D – Objekte – weitere… - allg. Kegelflächen* erzeugen wir den linken Kegelstumpf: *Wähle Leitkurve* : k_1, *wähle Spitze*, *erw. Punktfang*, *Halbierungspunkt*, wähle Strecke a. Die Höhe h=3 des Kegelstumpfes ist in % der Kegelhöhe (a/2) einzugeben. Gibt man diesen Wert negativ ein wird der Kegelstumpf nicht in jener Seite von ε errichtet, in der die Kegelspitze liegt. Die im Eingabefeld für *Länge* einzugebende Formel lautet: -3/(0.5*a)*100, wobei a über die Zwischenablage (<strg><v>) eingefügt wird.
- Um den fehlenden Kegelstumpf zu erzeugen, wird der eben konstruierte Kegelstumpf um M_1M_2 verschoben (Kopie) und anschließend an der Normalebene auf a in M_2 gespiegelt. Die Spiegelungsebene lässt sich durch M_2 und 2 Punkte des vorhandenen Basiskreises des Zylinders festlegen.



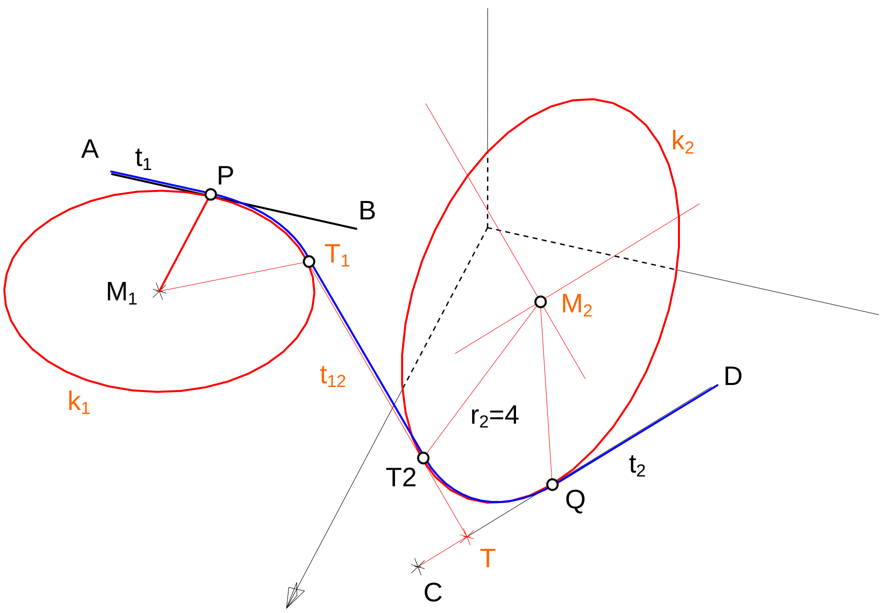
Umlenkrolle

<u>Aufgabe</u>
Zwei Umlenkrollen k_1 und k_2 sollen ein Seil von der Lage t_1[A[2/-7/1, B(2/-2/1)] in die Lage t_2[C[10/2/0, D(10/8/6)] umlenken. Die Rolle k_1 ist durch den Mittelpunkt M_1(5/-5/1) und die Tangente t_1, die Rolle k_2 durch t_2 und den Halbmesser r_2 = 4 cm bestimmt. Konstruiere die Umlenkrollen und die Seilführung von A nach D.

Wir beginnen mit *3D-Objekte – Koordinatenachsen* (x = 12, y = 8, z = 8)

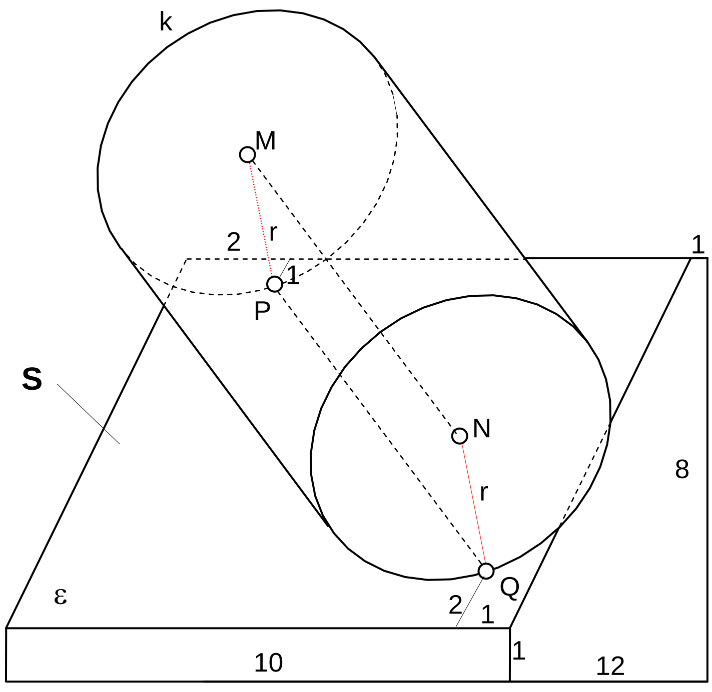
- *2D-Objekte-Strecke*: x1 = 2, y1 = -7, z1 = 1, x2 = 2, y2 = -2, z2 = 1, Tangente t_1
- *2D-Objekte-Strecke*: x1 = 10, y1 = 2, z1 = 0, x2 = 10, y2 = 8, z2 = 6, Tangente t_2
- *3D-Objekte Punkt(x/y/z)*: x = 5, y = -5, z = 1, Größe = 0.2: Mittelpunkt M_1
- Der Berührpunkt P von k_1 mit t_1 ist der Fußpunkt der Normalgeraden von M_1 normal auf t_1. *Bearbeiten – Konstruieren – Normale auf Gerade*: *wähle* M_1, *wähle* t_1.
- Der Kreis k_1 liegt in der Ebene [M_1,t_1]. Um den Kreis k_1 rasch erstellen zu können, erzeugen wir ein passendes Benutzerkoordinatensystem.
- *Bearbeiten – BKS - neu*: neuer Ursprung: M_1, Punkt auf x-Achse: P, Punkt in [xy] - Ebene: B, Name BKS1, BKS1 aktivieren.
- *2D – Objekte – Kreis:* Doppelklick im Eingabefeld für Radius*, wähle Strecke* M_1*P,* BKS1, in [xy] – Ebene, ergibt k_1.
- *Mit Bearbeiten – Konstruieren – Gerade x Ebene* ermitteln wir den Schnittpunkt T der Ebene von k_1 mit t_2. Die gemeinsame Tangente t_{12} der Kreise k_1 und k_2 muss t_1 schneiden, ist also die Tangente aus T an k_1. t_{12} ermittelt man mit
- *Bearbeiten – Konstruieren -Tangente aus P*: wähle T, wähle k_1 in der Nähe von T1.
- *Mit Bearbeiten – Konstruieren - Parallele(Abstand)* ermitteln wir Parallele zu t_{12} und t_2 im Abstand 4 in der Konstruktionsebene [t_{12},t_2], deren Schnittpunkt der Mittelpunkt M_2 von k_2 ist.
- T2 ermitteln wir mit *Bearbeiten – Konstruieren – Normale auf g*
- k_2 ermitteln wir analog wie k_1 mit einem geeigneten Koordinatensystem BKS2.
- Den Übergangspunkt Q konstruieren als Berührpunkt der Tangente aus D an k_2.

Um die Seilführung hervorzuheben, fasst man die Strecken AP, QD und die Sektoren PT_1 und T_2Q zu einem Objekt zusammen und kann dieses als Mittenlinie einer dünnen Rohrfläche verwenden.



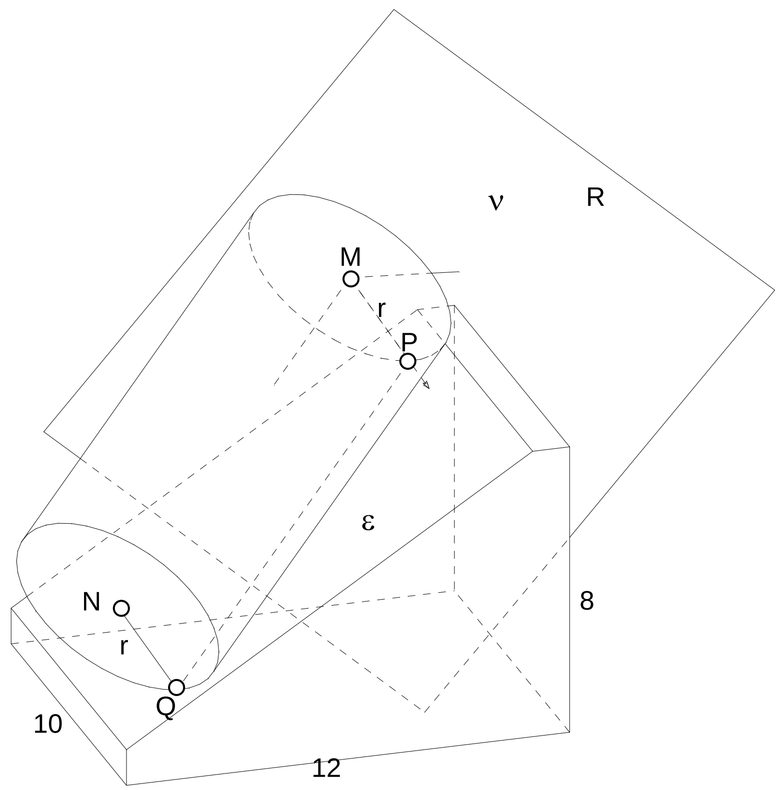
Zylinder

Ein Drehzylinder mit dem Radius r = 3 liegt mit der Mantellinie PQ auf der schrägen Ebene ε des Sockels **S** auf.
Konstruiere den Drehzylinder.

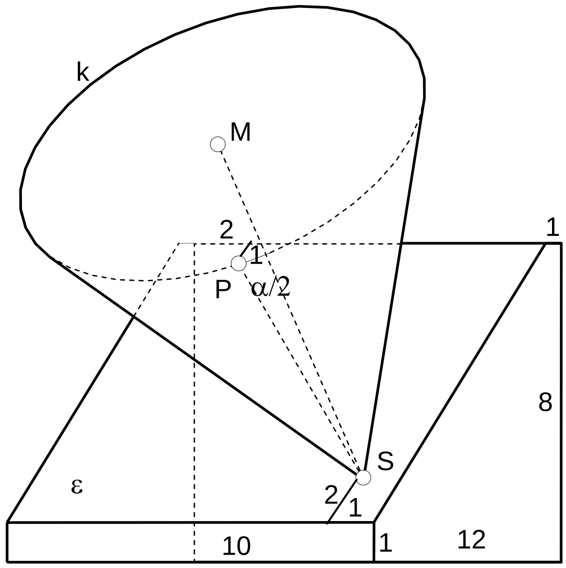


- Für die Erzeugung des Sockels **S** benötigen wir einen Quader 12 x 10 x 8. Mit *Modellieren–Fasen–Kante* erzeugen wir in einem Schritt den Sockel, in dem wir als Abstände 11 bzw. 7 eingeben und die obere vordere Quaderkante wählen.
- Um P und Q festzulegen, ermitteln wir mit *Konstruieren–Parallele (Abstand)* Parallele zu den Seiten des Rechteckes in der Konstruktionsebene ε mit den Abständen 1 bzw. 2.
- *2D-Objekte –Strecke* können wir nun die Mantellinie PQ festlegen (Schnittpunkte werden automatisch ‚gefangen'). Die nicht mehr benötigten Parallelen werden gelöscht.
- Der Basiskreis k des Zylinders liegt in der Normalebene ν durch P normal auf PQ: *Bearbeiten-Konstruieren-Normalebene durch P auf Gerade.* Die Normalebene wird durch ein Rechteck R repräsentiert.
- Die Kreismittelpunkte M und N liegen auf Normalen durch P bzw. Q auf die Tangentialebene ε: *Bearbeiten-Konstruieren-Normale auf Ebene*. Mit *Bearbeiten-Ändern-Streckenlänge* ändern wir die Längen der eben erzeugten Strecken auf die Länge r = 3 und erhalten so die Mittelpunkte von Basis- und Deckflächenkreis, die wir noch durch eine Strecke verbinden können.
- Den gesuchten Drehzylinder erzeugt man am besten in einem passenden Benutzer – Koordinatensystem: *Bearbeiten-BKS-neu*: Ursprung -> M, Punkt auf x-Achse -> P, Punkt in [xy]-Ebene -> ein Eckpunkt des Rechteckes R. Mit *3D-Objekte-Zylinder* kommen wir zum gesuchten Zylinder: r = 3, Höhe PQ kann entweder vorher mit *Bearbeiten-Messen-Strecke-rechte Maustaste-Streckenlänge* in die Zwischenablage übertragen werden, oder direkt per Doppelklick im Eingabefeld für h eingegeben werden. Je nach Orientierung der z-Achse des BKS ist h positiv oder negativ einzugeben.

Die nebenstehende Figur enthält bis auf die die Punkte P und Q festlegenden Parallelen alle verwendeten Konstruktionselemente.

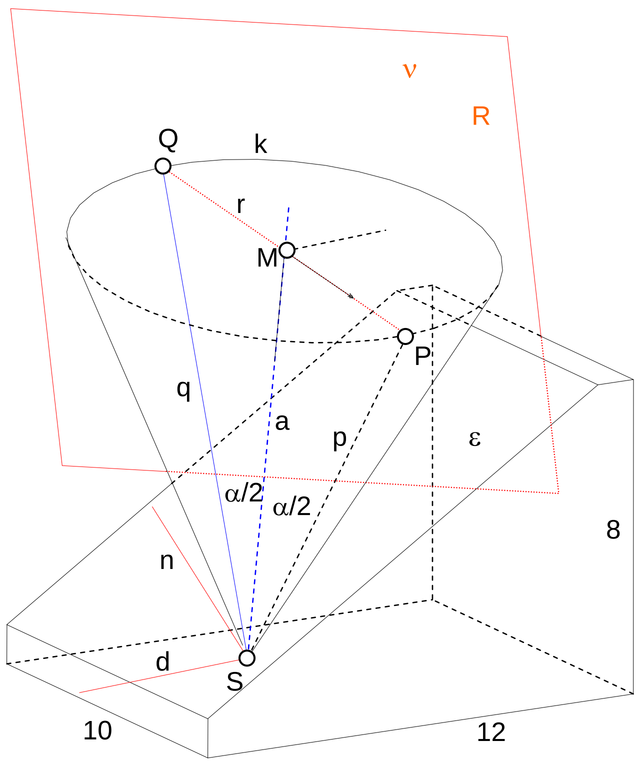


Kegel



Ein Drehkegel mit dem Öffnungswinkel $\alpha = 52^o$ und der Spitze S liegt mit der Mantellinie SP auf der schrägen Ebene ε des Sockels **S** auf.
Konstruiere den Drehkegel.

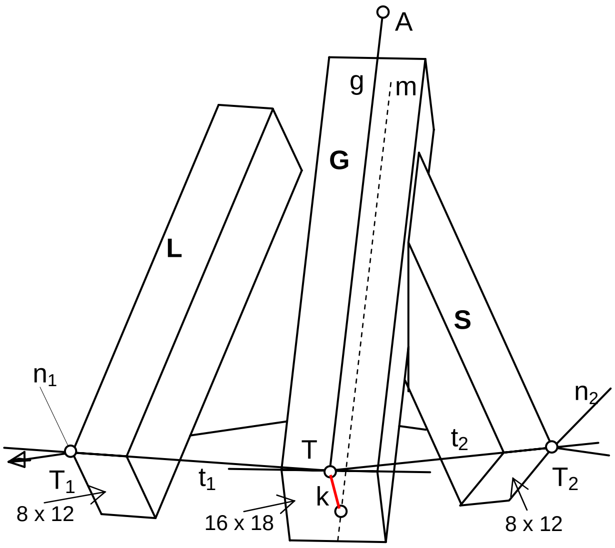
- Für die Erzeugung des Sockels **S** benötigen wir einen Quader 12 x 10 x 8. Mit *Modellieren–Fasen–Kante* erzeugen wir in einem Schritt den Sockel, in dem wir als Abstände 11 bzw. 7 eingeben und die obere vordere Quaderkante wählen.
- Um S und P festzulegen, ermitteln wir mit *Konstruieren–Parallele (Abstand)* Parallele zu den Seiten des Rechteckes in der Konstruktionsebene ε mit den Abständen 1 bzw. 2.
- *2D-Objekte – Strecke* können wir nun die Mantellinie SP festlegen (Schnittpunkte werden automatisch ‚gefangen'). Die nicht mehr benötigten Parallelen werden gelöscht.
- Der Kreismittelpunkt M und die p = SP gegenüberliegende Mantellinie q = SQ liegen in der Normalebene durch S auf ε, die wir mit (p,n) aufspannen, wobei n normal auf ε ist und durch S geht: *Bearbeiten-Konstruieren-Normale*. Die Achse a und die Mantellinie q lassen sich durch eine Drehung um eine Achse d um α/2 bzw. α ermitteln. d lässt sich als Normale auf die Ebene (p,n) ermitteln.
- Die Ebene ν des Basiskreises k ist normal auf a: *Bearbeiten – Konstruieren - Normalebene durch P auf Gerade.* Wir legen sie durch Q normal auf a. Sie wird durch ein Rechteck R repräsentiert.
- Den gesuchten Drehkegel erzeugt man am besten in einem passenden Benutzer–Koordinatensystem: *Bearbeiten-BKS-neu*: Ursprung -> M, Punkt auf x-Achse -> P, Punkt in [xy]-Ebene -> ein Eckpunkt des Rechteckes R. Mit *3D-Objekte-Kegel* können wir für den gesuchten Kegel Radius und Höhe per Doppelklick in den Eingabefeldern für r und h und Angabe der entsprechenden Strecken durch Anfangs- und Endpunkt eingegeben werden. Je nach Orientierung der z-Achse des BKS ist h positiv oder negativ einzugeben.

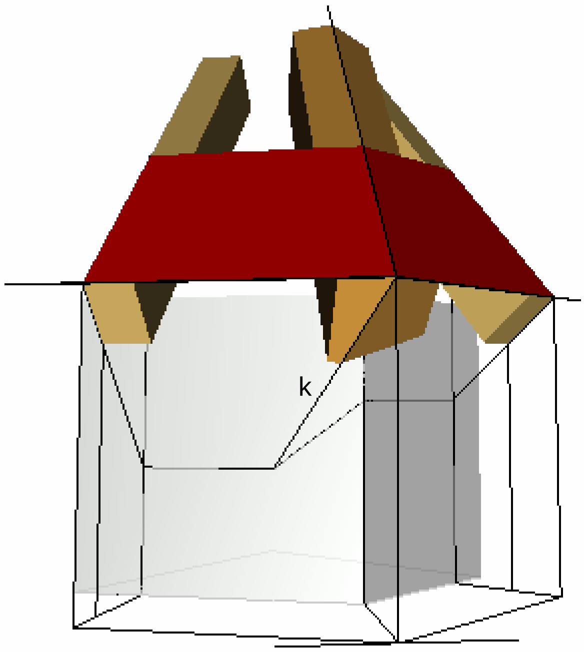


Die nebenstehende Figur enthält bis auf die die Punkte P und S festlegenden Parallelen alle verwendeten Konstruktionselemente.

Hexenschnitt

Hat man bei einem Walmdach mit ungleich geneigten Dachflächen – Traufen t_1 und t_2, Gratlinie g – den Gratsparren **G**, den Sparren **L** und den Schiftsparren **S** passend angeordnet, sollte der Gratsparren zwecks Anbringung einer Schalung zugeschnitten werden. Verwendet man dabei als Schnittebenen die Ebenen, in denen die Stirnflächen (Normalschnitte) des Sparrens bzw. des Schifters liegen, hat man den Eindruck, da hat sich der Zimmermann „verschnitten". Im Falle gleich geneigter Dachflächen tritt dies ja nicht auf.





Gewünscht ist eine Schnittführung, bei der die Schnittgerade k der beiden Schnittebenen in der lotrechten Symmetrieebene des Gratsparrens **G** liegt. Dabei müssen auch die Sparren **S** und (oder) **L** „zugeschnitten" werden. Unter Umständen müssen die Sparren **L**, **S** oder **G** vorher verlängert werden.

<u>Variante 1</u>: Man legt k fest. Anfangspunkt T, Endpunkt auf der zu g parallelen Mittellinie m der unteren Begrenzungsfläche von **G**. Damit kann man z.B. „senkrecht ausrichten", d.h. man wählt k lotrecht, oder **G** mehr oder weniger „spitz" ausrichten.

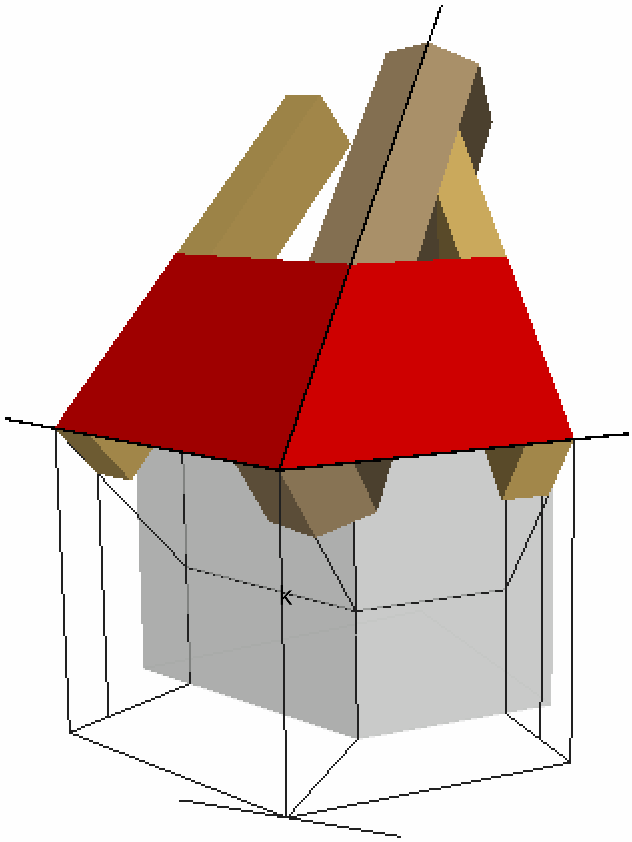
<u>Variante 2</u>: man verzichtet auf die Ausrichtung der Sparren **L**. k ergibt sich dann als Schnittgerade der lotrechten Symmetrieebene von **G** mit der Ebene $\varepsilon_1(t_1,n_1)$. **G** muss mit ε_1 und ε_2 = (k,t_2) geschnitten werden, der Schifter **S** mit ε_2.

G muss abschließend noch abgegratet werden. Das geschieht, indem **G** mit den Ebenen (t_1,g) und (t_2,g) geschnitten wird.

Alle nötigen Schritte lassen sich in GAM mit dem Menüpunkt *Bearbeiten – Konstruieren* durchführen. Die ebenen Schnitte werden mit *Modellieren – trennen* gemacht. Nicht mehr benötigte Objekte löschen.

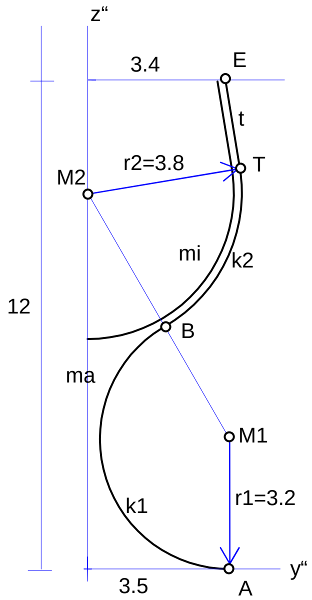
Angaben: $T_1(60,0,0)$, $T(45,45,0)$, $T_2(0,52.5,0)$, $A(-14,0, 66)$.

Informationen: www.lbs-wals.salzburg.at

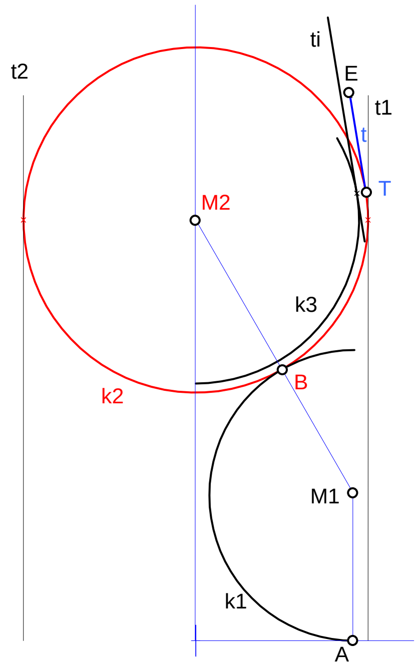


Weinglas

Ein Weinglas als Drehfläche sei durch die Meridiane **ma** und **mi** festgelegt (Wandstärke im oberen Bereich 0.2).



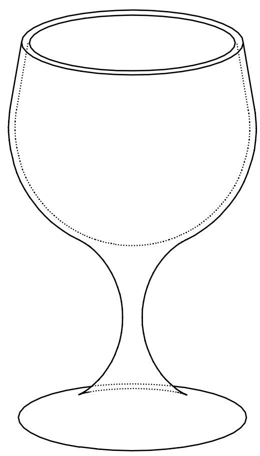
<u>Äußerer Meridian **ma**</u>
Um **ma** zu konstruieren, beginnen wir mit einem Kreisbogen – *2D-Objekte – Sektor*: r = r1 = 3.2, w1 = 90, w2 = 270, in [yz] – Ebene, den wir um den Vektor (0, 3.5, 3.2) verschieben.
Die Fortsetzung liegt auf einem **k1** berührenden Kreis **k2**, der seinen Mittelpunkt M2 auf der z – Achse hat und dessen Radius r2 = 3.8 ist. **k2** muss daher die Geraden t1 und t2 im Abstand r2 zur z - Achse berühren.
t1: Strecke (0, 3.8, 0) – (0, 3.8, 12)
t2: Strecke (0, -3.8, 0) – (0, -3.8, 12)



Mit *Bearbeiten – Konstruieren – Kreis spezial - Kreis t1,t2, tang.Kurve* lässt sich **k2** ermitteln. Der Berührpunkt B wird dabei exakt ermittelt, d.h. er ist Objektpunkt von **k1** und **k2**.
Mit *3D – Objekte Punkt(x/y/z)* legen wir den Punkt E (0, 3.4, 12) fest.
Mit *Bearbeiten – Konstruieren – Tangente aus P* ermitteln wir die Tangentenstrecke t = ET.

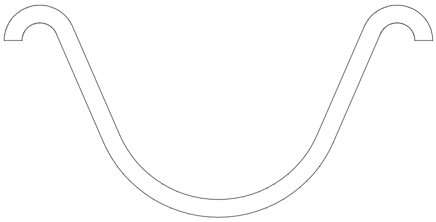
<u>Innerer Meridian **mi**</u>
Um **mi** zu konstruieren, beginnen wir mit einem Kreisbogen – *2D-Objekte - Sektor*: r = r2 = 3.6, w1 = -90, w2 = 30, in [yz] – Ebene, der noch passend zu verschieben ist. Anfangs- und Endpunkt des Schiebvektors können wir in *Transformieren – verschieben – wähle Schiebvektor* (bei aktivierter Checkbox *erw. Punktfang*) mit Hilfe der Mittelpunkte des gerade ermittelten Bogens und des Kreises **k2** exakt bestimmen-> **k3**.

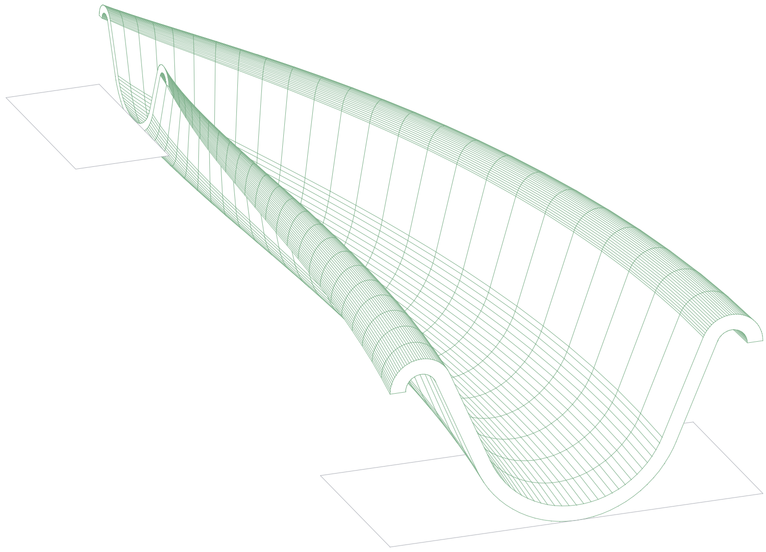
Um **mi** zu komplettieren, konstruieren wir mit *Bearbeiten – Konstruieren – Tangente parallel g* die zu t parallele Tangente **ti** an **k3**. **ti** wird mit *Bearbeiten – Ändern Streckenlänge* auf die Länge 5 nach oben verlängert. Nun werden **k3** und **ti** mit *Modellieren – alle Schnittpunkte(zusammenfassen)* zu einem Objekt zusammengefasst. Anwenden des Menüpunktes *Modellieren – sortieren (säubern)* beseitigt die überflüssigen Teile und erzeugt den inneren Meridian **mi**.



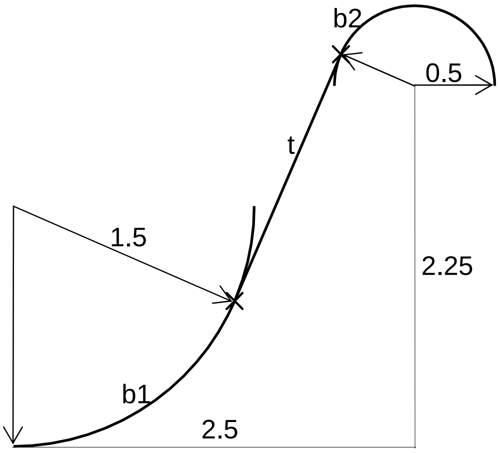
Um **ma** zu erzeugen fassen wir analog die Objekte **k1**, **k2** und **t** zu einem Objekt zusammen. Damit der Bearbeitungsschritt *Sortieren* erfolgreich sein kann, muss die Verbindung von A nach E eindeutig sein. Das ist der Fall, wenn mit *Modellieren – Kanten entfernen* ein Teilstück im linken Bereich des Kreises **k2** entfernt wird.
Es ist zweckmäßig, die Objekte **ma** und **mi** mit *Datei – Objektspeichern* in ein Verzeichnis zu speichern und neu zu beginnen. Wir fügen mit *Datei – Öffnen (Hinzufügen)* **ma** und **mi** ein und erzeugen anschließend mit *3D – Objekte – weitere – Drehflächen* die Drehflächen mit den Meridianen **ma** und **mi**, deren Differenz das gewünschte Weinglas ergibt.

Rutsche

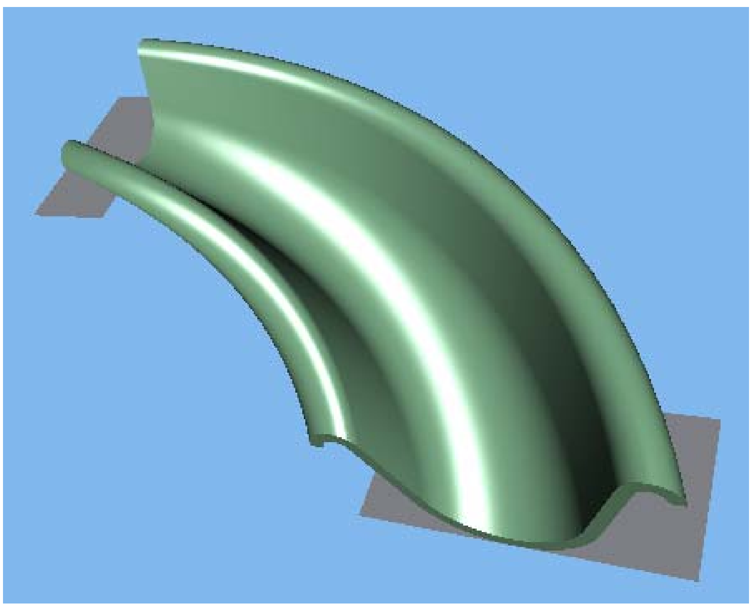




Das rechts abgebildete Objekt wird als Spiralfläche erzeugt, wobei die Leitkurve auf 50% verkleinert wird.
Um die Leitkurve zu erzeugen, benötigen wir einen Viertelkreis, einen Halbkreis und deren gemeinsame Tangente.



b1: *2D-Objekte – Sektor*, r = 1.5, w1 = -90, w2 = 0, in [yz]-Ebene, verschieben um (0, 0, 1.5)
b2: *2D-Objekte – Sektor,* r = 0.5, w1 = 0, w2 = 180, in [yz]-Ebene, verschieben um (0, 2.5, 2.25)
t: *Bearbeiten – Konstruieren – gemeinsame Tangente*
Mit *Modellieren – Alle Schnittelemente (zusammenfassen)* werden b1, t und b2 zu einem Objekt zusammengefasst, welches anschließend an der [xz]-Ebene gespiegelt wird (bei aktivierter Kopierfunktion). Original und Kopie werden wieder zu einem Objekt zusammengefasst.
Die überschüssigen Bogenstücke können mit *Modellieren – Polygon, Kurve säubern* entfernt werden.
Die Berührpunkte von t mit b1 und b2 können gelöscht werden.
Um den Querschnitt für die Spiralfläche zu erhalten, ermitteln wir mit *Bearbeiten – Konstruieren – Parallel kurve* mit dem Abstand 0.25 die gewünschte Parallelkurve. Welche Parallelkurve erzeugt wird, hängt vom Vorzeichen des Abstandes ab. Der Querschnitt wird noch um (0, 6, 0) in seine Ausgangslage verschoben. Die beiden Kurven werden mittels zweier Strecken zu einer geschlossenen Figur erweitert.

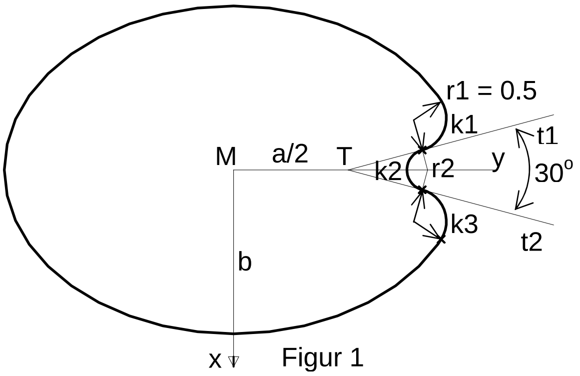


Die Endpunkte der Strecken sollte man mit den Schaltflächen *wähle Punkt* per Maus ermittelt werden. Die Parallelkurven und Strecken müssen noch zu einem Objekt vereinigt werden.
Die gewünschte Spiralfläche erhalten wir mit *3D-Objekte-Schraubflächen*. Mit *wähle Leitkurve* ist der vorhin konstruierte Querschnitt als Leitkurve zuzuordnen. Schraubhöhe h = 6, Schraubwinkel w = 90, Unterteilungen m = 24, konisch = 50 %.
Die Festlegung 50% bedeutet, dass die Größe der Endlage des verschraubten Querschnittes 50 % der der Größe der Anfangslage beträgt.
Zur Verdeutlichung der Raumsituation wurden noch 2 Rechtecke hinzugefügt.

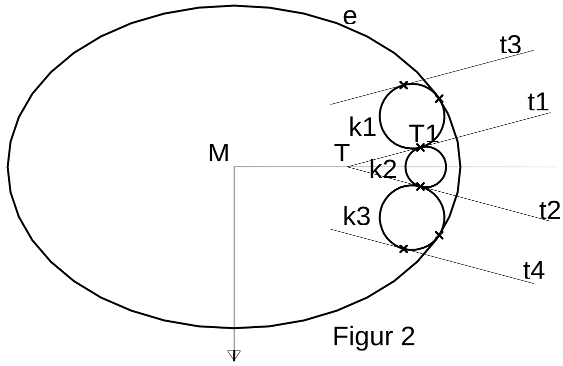
Krug

Als <u>Leitkurve</u> k für einen als konische Schiebfläche zu erzeugenden Krug (siehe nächste Seite) dient eine Ellipse (a = 3.5, b = 2.5), die mittels Kreisen k1, k2 und k3 laut Figur 1 abgerundet wird.

Da in GAM bei der Konstruktion von berührenden Kreises Radien als Bestimmungsstücke nicht möglich sind, dienen als weitere Bestimmungsstücke die zu t1 und t2 parallelen Tangenten t3 und t4 im Abstand 2r1 = 1 (Figur 2).



Figur 1

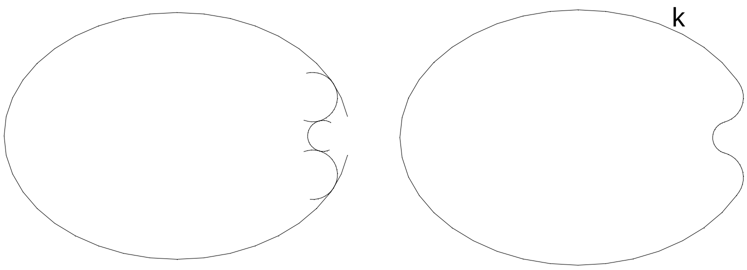


Figur 2

2D-Objekte – Ellipse : Achse (x) = b = 2.5, Achse (y) = a = 3.5, in [xy]-Ebene -> **e**.

Um die Abrundungskreise zu konstruieren, gehen wir folgendermaßen vor:
2D-Objekte – Strecke: (0,0,0) – (0,4,0), drehen um z-Achse um 15°, verschieben um (0,a/2=1.75,0) -> **t1**
t1 spiegeln an [yz]-Ebene, kopieren -> **t2**
Bearbeiten – Konstruieren - Parallele(Abstand): Konstruktionsebene ist [t1t2], Abstand = 1 -> **t3**
t3 spiegeln an [yz]-Ebene, kopieren -> **t4**
Bearbeiten –Konstruieren – Kreis spezial – (t1,t2,tang.Kurve): t1 und t3 wählen. Die berührende Ellipse in der Nähe des zu erwartenden Berührpunktes wählen -> **k1**.
Bearbeiten –Konstruieren – Kreis spezial – (t1,t2,tang.Kurve): t2 und t4 wählen. Die berührende Ellipse in der Nähe des zu erwartenden Berührpunktes wählen -> **k3**.
Bearbeiten –Konstruieren – Kreis Standard – (t1,t2,P): t1 und t2 wählen, Berührpunkt T1 wählen. -> **k2**
Anmerkung: damit T1 exakt gewählt werden kann, empfiehlt es sich, vor dieser Aktion den Kreis k1 auszublenden.
Nun werden mit *Modellieren - alle Schnittelemente , zusammenfassen* die Objekte e,k1,k2 und k3 zu einem Objekt zusammengefasst. Die restlichen Objekte können gelöscht werden.

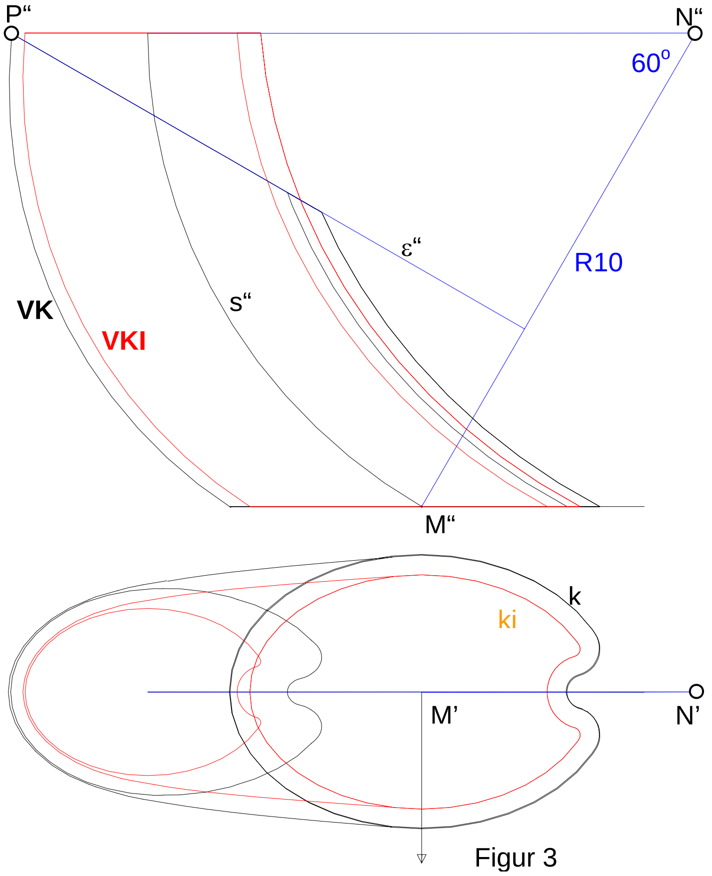
Damit wir mit *Modellieren Kurve sortieren, säubern* die Kurve als Leitkurve verwendbar machen können, müssen wir vorher mit *Modellieren – Kanten entfernen* – Option *innerhalb eines Polygons* einige Kanten entfernen, damit ein eindeutiger Verlauf möglich wird. -> **k**



Anmerkung: es müssen 2 benachbarte Punkte im Verlauf gewählt werden. Zeichnung entsprechend vergrößern! (<+> Taste)

Als <u>Schiebkurve</u> s verwenden wir einen Kreisbogen, siehe Figur 3:
2D-Objekte – Sektor: r = 10, w1 = 180, w2 = 240, in [yz]-Ebene, Bogen. Verschieben um den Vektor EM, -> **s** (M lässt sich mit *erw. Punktfang Mittelpunkt* ‚fangen', E ist der Endpunkt des Bogens).
Jetzt können wir mit *3D-Objekte – Schiebfläche* zunächst den Krug ohne Berücksichtigung einer Wandstärke ermitteln: Leitkurve k, Schiebkurve s, *konisch* = 5/7*100 % (der Abschlussquerschnitt soll 5/7 der Größe des Anfangsquerschnittes sein) -> **VK**

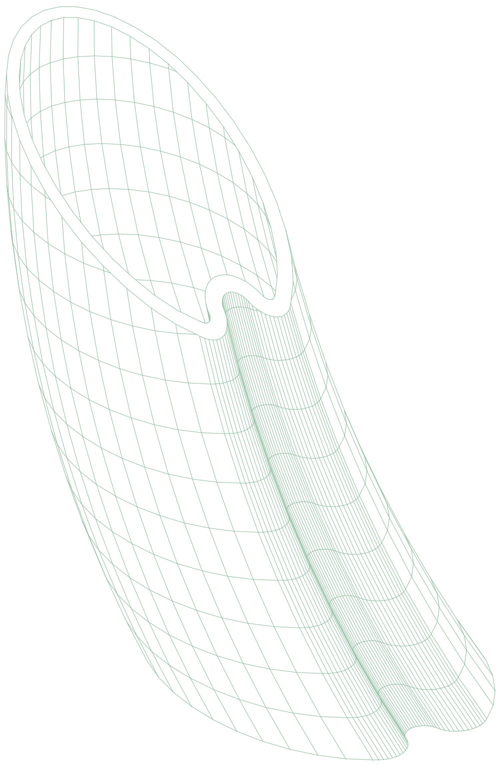
Anschließend führen wir die Trennung des Objektes VK mit der Ebene ε durch. ε geht durch P und soll zur waagrechten Ebene unter 30° geneigt sein. ε steht daher normal auf MN und geht durch P. Wir erhalten ε mit *Bearbeiten – Konstruieren – Normalebene auf Gerade*: *wähle* P, *wähle* M, *wähle* N. Das ‚Fangen' von P gelingt am besten, wenn man die Zeichnung entsprechend vergrößert. Nicht mehr benötigte Objekte löschen.

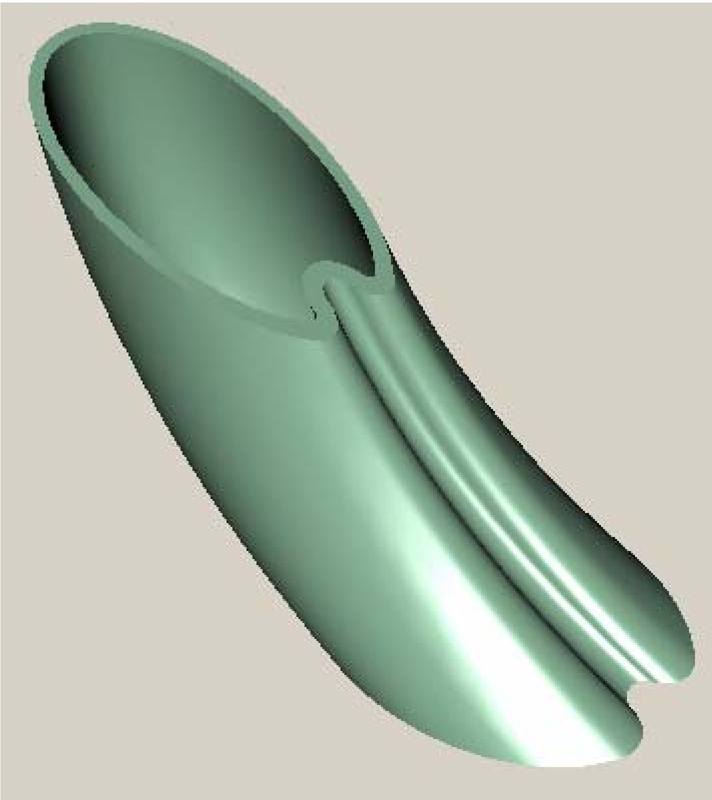


Figur 3

Den Krug erzeugen wir als Differenz des eben ermittelten Vollkruges **VK** und einem etwas kleineren Vollkrug **VKI**, den wir ebenfalls als Schiebfläche erzeugen. Als Leitkurve **ki** verwenden wir eine Parallelkurve von k, Schiebkurve ist wieder s:
Bearbeiten – Konstruieren – Parallelkurve: wähle k, Abstand = -0.35 -> **ki**

Um eine Bodenstärke von 0.4 zu erreichen, schneiden wir – vor der Differenzbildung - VKI mit der Ebene z = 0.4:
Modellieren – Trennen, //*[xy]-Ebene, d=0.4*





Extremwertaufgabe

Zwischen den Orten A und B soll eine Rohrleitung verlegt werden, wobei die Kosten per Laufmeter für AC im Gelände K1 = € 450.- , für CB auf der Gemeindestraße g K2 = € 300.- betragen. Wo ist der Abzweigungspunkt C zu wählen, damit die Kosten K ein Minimum sind? a = 5.5 km, b = 2.3 km.

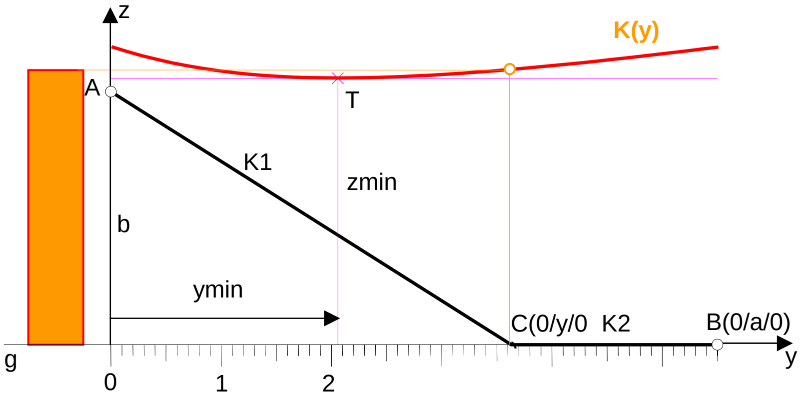
Alle Angaben sind variabel zu gestalten. Als Maßstabsfaktor für Kosten soll f = 0.000001 sein.

<u>Darzustellen sind</u>: Strecken AC und CB, Kostenfunktion K(y), Tangente im Tiefpunkt T parallel zur y-Achse, z-Koordinate zmin des Tiefpunktes T als Strecke, Tiefpunkt T mit dem Objekt Punkt, Kostenechteck: Breite = 0.5, Höhe = Kosten für die Position C, Maßstab auf y – Achse, Markierung alle 100 m.

<u>Animiert</u>: Strecken AC, CB, Kostenrechteck.

$$K(y) = 1000(\sqrt{b^2 + y^2}K_1 + (a - y)K_2)$$

$$y\min = \frac{bK_2}{\sqrt{K_1{}^2 - K_2{}^2}}$$



Mit *Bearbeiten–Variable(Animationen)* legen wir die benötigten Variablen fest.
Als Bereichsvariable verwenden wir s.

a=5.5
b=2.3
K1=450
K2=300
s=0..1,0.02
f=0.000001
ymin=b*K2/sqrt(K1*K1-K2*K2)
Kmin=sqrt(b*b+ymin*ymin)*K1*1000+(a-ymin)*K2*1000
zmin=Kmin*f

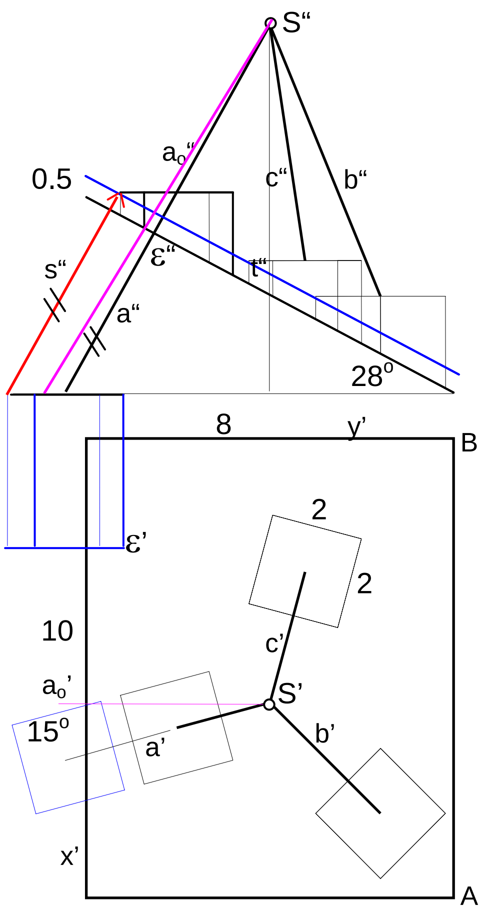
Nun können wir die verlangten Objekte festlegen.
Alle Objektabmessungen bzw. Koordinaten, die animiert werden sollen, müssen in Abhängigkeit von der Bereichsvariablen s festgelegt werden. Dabei ist z.B. bei Festlegung der Strecke CB zu beachten, dass ihre Länge für s = 1 nicht 0 wird. Das würde zu einer Fehlermeldung führen. Daher wird die y – Koordinate von B mit a + 0.001 festgelegt.

<u>Strecke AC</u>: A(0,0,b) , C(0,a*s,0)
<u>Strecke CB</u>: C(0,a*s,0) , B(0,a+0.001,0)
<u>Kostenrechteck in [yz] - Ebene</u>: -0.5 x sqrt(b*b+a*a*s*s)*K1*1000*f+(a-a*s)*K2*1000*f
Verschieben um (0, -0.25, 0)
<u>waagrechte Tangente</u>: (0, a, zmin) – (0, 0, zmin)
<u>z-Koordinate von T</u>: (0, ymin, zmin) – (0, ymin, 0)
<u>Punkt T</u>: PUNKT (0, ymin, zmin)
<u>Kurve K(y)</u>: x = 0, y = t, z = sqrt(b*b+t*t)*K1*1000*f+(a-t)*K2*1000*f, t1=0, t2 = a, m=40

Jetzt sind noch die Maßstabsmarkierungen durch passende Strecken darzustellen.
Die Orte A und B können durch 2 kleine Kreise angedeutet werden.

Dreibein

Die Schenkel a, b und c eines Stativs – S(5/4/8), Neigungswinkel 60° – sollen gegen die Böschungsebene ε (Neigungswinkel 28°) mit Betonsockeln (Quader) so abgestützt werden, dass die Sockelkanten mindestens 0.5 m über die Ebene hinausragen. (Idee Reinhard Lamminger, CAD-Ortweinschule)



<u>Böschungsebene als Rechteck</u>
Rechteck in [xy] – Ebene, 10 x 10, T(0,-2,0)
Drehen um AB um 28°
Trennen mit [xz] – Ebene
Linken Teil löschen

<u>Koordinatenachsen</u> als Objekt hinzufügen

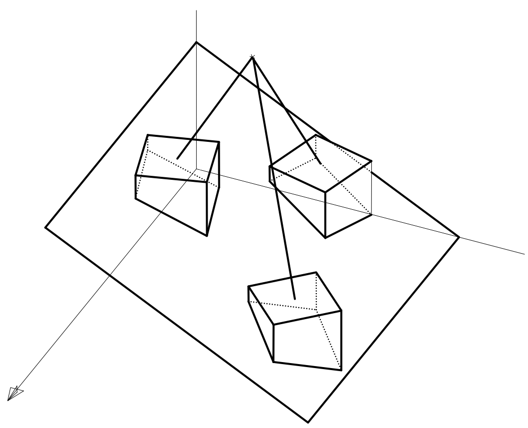
<u>Strecke</u> t = S(5,4,8), (5,4,0) erstellen

t um die 2.projizierende Achse durch S um -30° drehen, dann Schnittpunkt mit der [xy]-Ebene ermitteln, ergibt <u>a_o</u>: *Bearbeiten - Konstruieren- Schnittpunkt Ebene x Gerade.*

Quader für Sockel 2 x 2 x (-4). So verschieben, dass der Mittelpunkt der Deckfläche mit dem Endpunkt von ao in der [xy]-Ebene zur Deckung kommt. Verwendet man bei der Wahl des Schiebvektors per Maus die Option *erw. Punktfang*, lässt sich der Mittelpunkt der oberen Deckfläche als Halbierungspunkt einer Diagonale ‚fangen’. Anschließend a_o und Quader um die erstprojizierende Achse durch S um 15° drehen, dann um 120° drehen und 2 Kopien anfertigen. Ergibt Schenkel a,b und c mit den Sockeln.

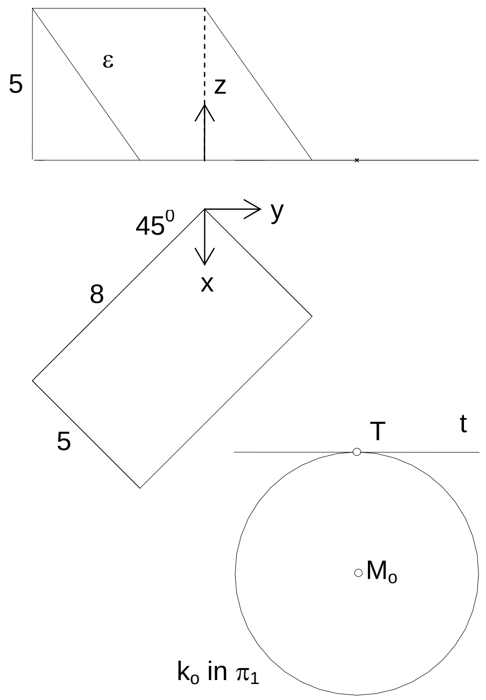
Böschungsrechteck ε um (0,0,0.5) verschieben und Kopie anfertigen.

Nun muss der am weitesten „bergwärts“ liegende Sockelpunkt soweit parallel zum jeweiligen Schenkel verschoben werden, damit er in der Parallelebene zu ε zu liegen kommt. Mit *Bearbeiten – Konstruieren – Parallele zu Gerade* zeichnen wir die gewünschte Parallele und ermitteln mit *Bearbeiten – Konstruieren – Schnittpunkt Gerade x Ebene den Endpunkt* des gesuchten Schiebvektors s für jeden Schenkel.
Nun noch die Sockel um die konstruierten Schiebvektoren s usw. verschieben, mit ε Trennen, Schnittpunkte der Schenkel a, b und c mit den oberen Sockelflächen konstruieren und nicht benötigte Objekte löschen.



Kreis

In welcher Position berührt der im „Scharnier“ T gedrehte Kreis k_o den gegebenen Keil? (Idee G. Schröpfer)
$M_o(12/5/0)$, $T(8/5/0)$



Folgende Schritte legen die gegebenen Objekte fest.
3D-Objekte – weitere – Keil: 8 x 5 x 5
Verschiebung (4, 2.5,0)
Drehung um z-Achse um -45^o
2D-Objekte – Kreis in [xy]-Ebene, r = 4
Verschiebung (12,5,0)
Die Tangente t wird als Strecke (8/1/0) (8/8/0) festgelegt.

Die untere Abbildung zeigt, welche konstruktiven Schritte zur Lösung führen.

- Mit *Bearbeiten – Konstruieren – Ebene x Gerade* ermitteln wir den Schnittpunkt A der Tangente t mit der Begrenzungsebene ε des Keiles.
- Mit *Bearbeiten – Konstruieren – Tangente aus P* ermitteln wir die Tangente t_0 aus A an k_o damit und den Berührpunkt T_0
- Der gesuchte Berührpunkt T_1 liegt in der Normalebene $\nu \perp t$ durch T_0: *Bearbeiten – Konstruieren – Normal ebene durch P auf Gerade*
- T_1 liegt auf der Schnittgeraden s der Normalebene ν mit der Keilebene ε. *Bearbeiten Konstruieren – Ebene x Ebene.* s wird wegen der ungünstigen Lage verschoben (Schiebvektor s).
- T_o beschreibt bei der Drehung um t einen Kreisbogen b, dessen Mittelpunkt B der Schnittpunkt der Normalebene ν mit der Tangente t ist. *Bearbeiten – Konstruieren – Ebene x Gerade*.
- Um b zu ermitteln, legen wir am besten ein Benutzer - koordinatensystem (BKS) fest: *Bearbeiten – Benutzer koordinatensysteme – neu*: Ursprung = B, Punkt auf x-Achse = T_0, Punkt in [xy]-Ebene ein Punkt des Rechteckes ν. BKS *aktivieren*.
- *2D-Objekte – Sektor in [xy]-Ebene*: r = B_0T_0 (messen der Strecke BT_o mit Doppelklick im Eingabefeld für r), Startwinkel 0^o, Endwinkel 180^0
- T_1 ergibt sich als Schnittpunkt von b mit s: *Bearbeiten - Konstruieren Gerade x Kurve*.
- *Konstruieren – Kreis – Standard – P1P2t* ergibt den gesuchten Kreis k_1, der durch die Punkte T_1 und T und durch die Tangente t festgelegt ist.