

Vorgeschlagene Verfahrensweise zur Erzeugung von Schrägstirn- und Kegelzahnradern (mit Schrägverzahnung)

Beachten sie zum besseren Verständnis dieser vorgeschlagenen Verfahrensweise auch unbedingt die **Vorgeschlagene Verfahrensweise zur Modellierung von Zahnradern mit Pro/ENGINEER**.

Es ist nicht trivial aus einem Modell mit Geradverzahnung ein Kegel- oder Stirnrad abzuleiten. Mit zusätzlichen Konstruktionselementen läßt sich dies aber realisieren

- **Spezial Elemente, Variablen Schnitt ziehen** - mit der Option **konstanter Schnitt**: Dieses KE gibt dem Benutzer die Möglichkeit ein vorhandenes Profil entlang einer Kurve zu ziehen und dabei durch eine weitere Kurve die Orientierung des Schnittes beliebig im Raum zu steuern
- **Musterung von kopierten Konstruktionselementen**: Der Vorteil liegt klar auf der Hand. Hier wird nur das kopierte Element über einen Winkel um die Mittelachse gemustert, so das man keine Rücksicht auf die Art, wie das Konstruktionselement erzeugt wurde, nehmen muss. Dies ist nicht der Fall, wenn man das Konstruktionselement selbst mustern möchte. Dann muss sich jede Musterung des KEs durch die Änderung der Bemaßung aus dem original KE ableiten können.

Im Vordergrund soll hier nicht das Endprodukt – Zahnrad - stehen, sondern vielmehr die Erläuterung der Modellierungsmethoden, die dafür verwendet werden können. Dies bedeutet, daß hier nicht unbedingt der schnellste Weg zum Erfolg gewählt wurde. Auch die Formeln für das Kegelrad mit Schrägverzahnung wurden nur nach geometrischen Überlegungen abgeleitet und es gibt keine Garantie, daß diese Formeln 100% einer realen Zahnradgeometrie entsprechen.

Hinweis

Beachten Sie, dass alle hier vorgestellten Formeln und Beziehungen keinen Anspruch auf Richtigkeit erheben. Diese Vorgeschlagene Verfahrensweise soll nur darstellen, wie man mit Hilfe von Beziehungen und Kurven aus Beziehungen Zahnradgeometrien erzeugen kann. Für den individuellen Anwendungsfall ist es unabdinglich, dass Funktionen und Beziehungen verwendet werden, die der zu erzeugenden Geometrie entsprechen und nicht die hier verwendeten ! Hier ist der Konstrukteur gefragt, die korrekten Formeln zu finden.

Am Ende des Dokumentes finden Sie **Beispieldateien** zum Herunterladen.

Schrägstirnrad

Das Konzept für die Erzeugung des Schrägstirnrades ist folgendes:

1. Komplette Erzeugung des Zahnprofiles als eine Fläche mit Spezial Elemente, Variablen Schnitt ziehen - mit der Option variabler Schnitt. Das Zahnprofil hat ab dem Radius größer oder gleich dem Grundkreis die Form einer Evolvente. Beim Radius kleiner als der Grundkreis liegt das Zahnprofil exakt auf der Geraden, die den Zahnradmittelpunkt und den ersten Punkt der Evolventen auf dem Grundkreis verbindet (also eine Art Tortenstück). Um dieser Form zu erzielen, wird die Funktion der Zahndicke abgeleitet.
2. Erzeugung einer Projektionskurve auf der Mantellinie des Zylinders mit Radius gleich dem Grundkreis. Die Tangente zu dieser Kurve schließt den Schrägungswinkel Betta zur Stirnfläche des Zylinders ein. Wenn auf der Mittelachse des Zahnrades ein Koordinatensystem erzeugt wurde, wobei die Z – Achse gleich der Mittelachse ist, kann man die Kurve durch die folgende Formel beschreiben (Zylinderkoordinaten). ZDICKE ist die Dicke des Zahnrades und RT ist der Radius des Teilkreises:

=====

$$\text{GAMMA} = 2 * \text{asin} \left(\frac{\text{ZDICKE} * \tan(\text{BETTA})}{(2.0 * \text{RT})} \right)$$

$$z = \text{ZDICKE} * (t - 0.5)$$

$$r = \text{RT}$$

$$\text{theta} = \text{GAMMA} * (t - 0.5)$$

=====

3. Erzeugung eines Solid Zug-KE mit **SenkrZuSteuerKurv**, Schnitttyp = **Konstant**. Dieses KE verkörpert die vollständige Geometrie des Zahnes.
4. Transformieren des Zahns über **Konstruktionselement, Kopieren, Bewegen, Abhaengig, Rotieren** Dieses transformierte KE kann jetzt über den Drehwinkel gemustert werden. Wichtig ist, dass wir auf keinen Fall das Ursprungs-konstruktionselement mustern können! Das wäre nur möglich, wenn wir im voraus alle Elternreferenzen über einen Winkel rotiert erzeugt hätten.

Soweit zum Konzept und hier in Kurzform die für die Erzeugung notwendigen Arbeitsschritte (Beachten Sie dabei, dass die endgueltige Form der Flaechen/Koerper erst am Ende der Kosntruktion, wenn alle Beziehungen eingesetzt und ausgewertet sind erreicht wird. Waehrend des Konstruierens kann die Geomerie ein wenig anders aussehen)

1. Ausgehend von der Standard Schablonen Datei „mmns_part_solid“ ein neues Teil erzeugen
2. Folgende Parameter Definieren

=====.

ZDICKE Reelle Zahl => Zahnraddicke (z.b: 20)

ZA Ganzzahl => Zähnezahl (z.B.: 16)

BETTA Reelle Zahl => Schrägungswinkel (z.B.: 20)

M Reelle Zahl => Zahnradmodul (z.B.: 4)

=====.

3. Erzeugen des Fußkreiszyllinders (Abbildung1)

Erzeugen Sie einen Kreis mit 30 mm Durchmesser (d0) und 20 Dicke (d1).

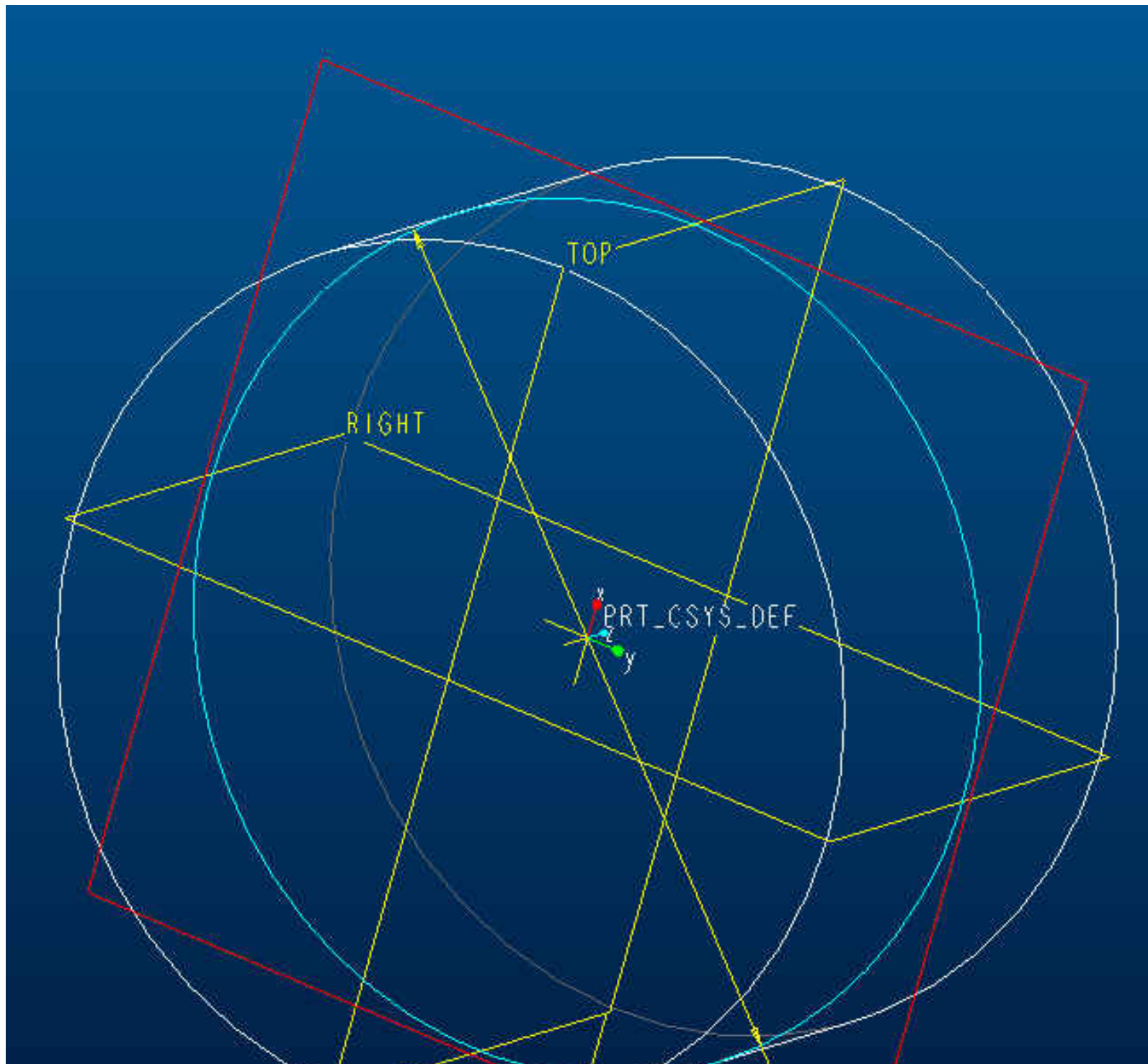




Abbildung 1

4. Folgende Beziehungen definieren.

```

=====
/* RT => Teilkreisradius
RT = ZA*M/2
/*ALPHA => Eingriffswinkel
ALPHA = 20
/* ev_alpha => EVOLVENTE des EINGRIFFSWINKELS
ev_alpha = tan(ALPHA) - PI*ALPHA/180
/*RG => Grundkreisradius
RG = RT * cos(ALPHA)
/* RF => Fusskreisradius
RF = RT - M*(1 + 0.25 )
/*RK => Kopfkreisradius
RK = RT + M
/*Winkel des schrägen Zahnes
GAMMA = 2 * asin ((ZDICKE*tan(BETTA))/(2.0*RT))
/*Fusskreisdurchmesser
d0=RF*2
/*Zahndicke
d1=ZDICKE
=====

```

5. Erzeugen Sie ein Kurve aus Gleichung (siehe Abbildung 2) Diese Kurve wird die Leitkurve fuer das spaeter zu erzeugende Profil des Zahnes. Zur Erzeugung waehlen Sie das Kurven-Icon, **Mit Gleichung** -> Wahl des Standardkoordinatensystems -> **Zylindrisch** und geben Sie folgende Gleichung ein:

```

=====
GAMMA = 2 * asin ( (ZDICKE*tan(BETTA))/(2.0*RT) )
z = ZDICKE*( t - 0.5)
r= RT
theta = GAMMA*(t -0.5)
=====

```

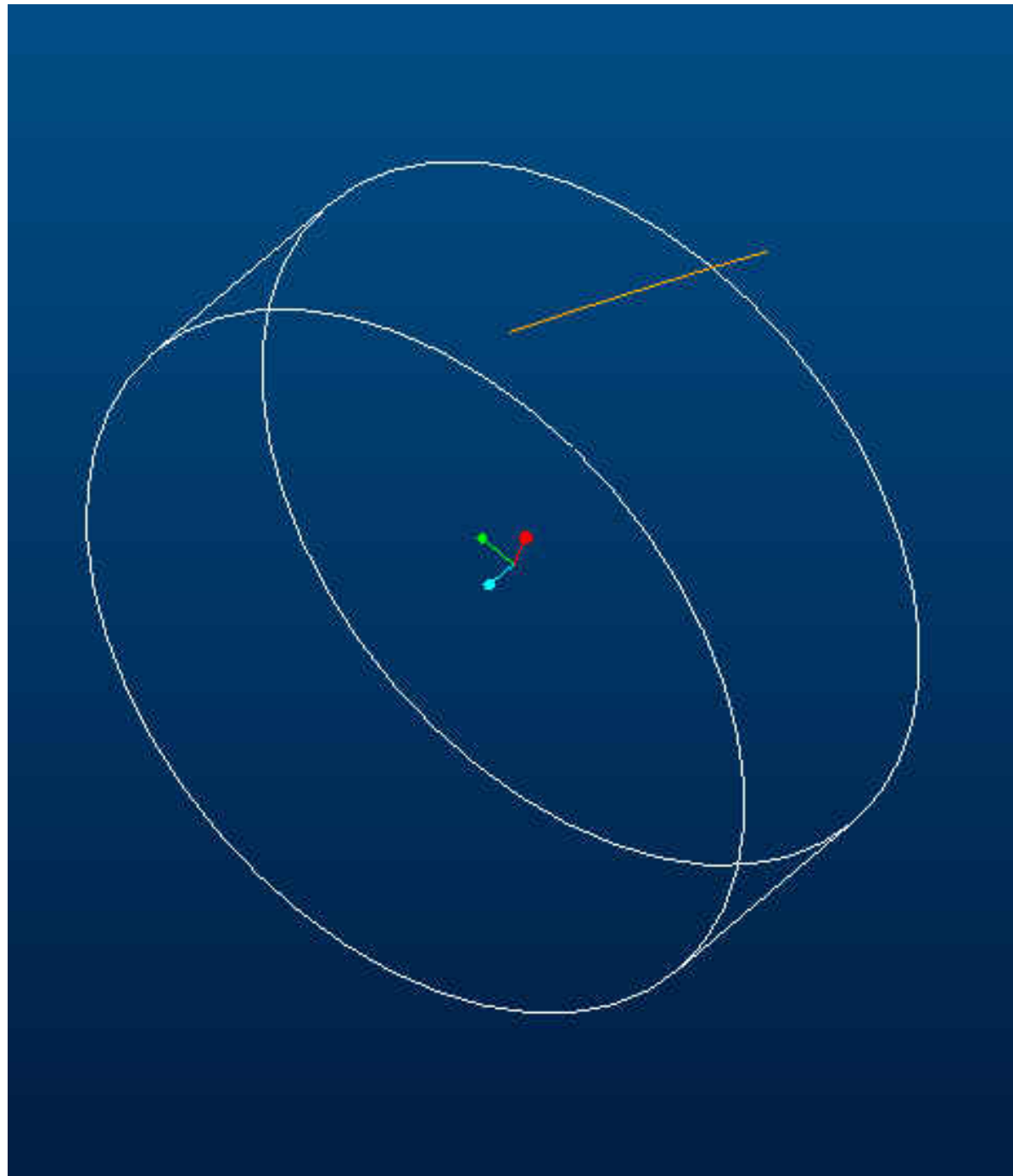
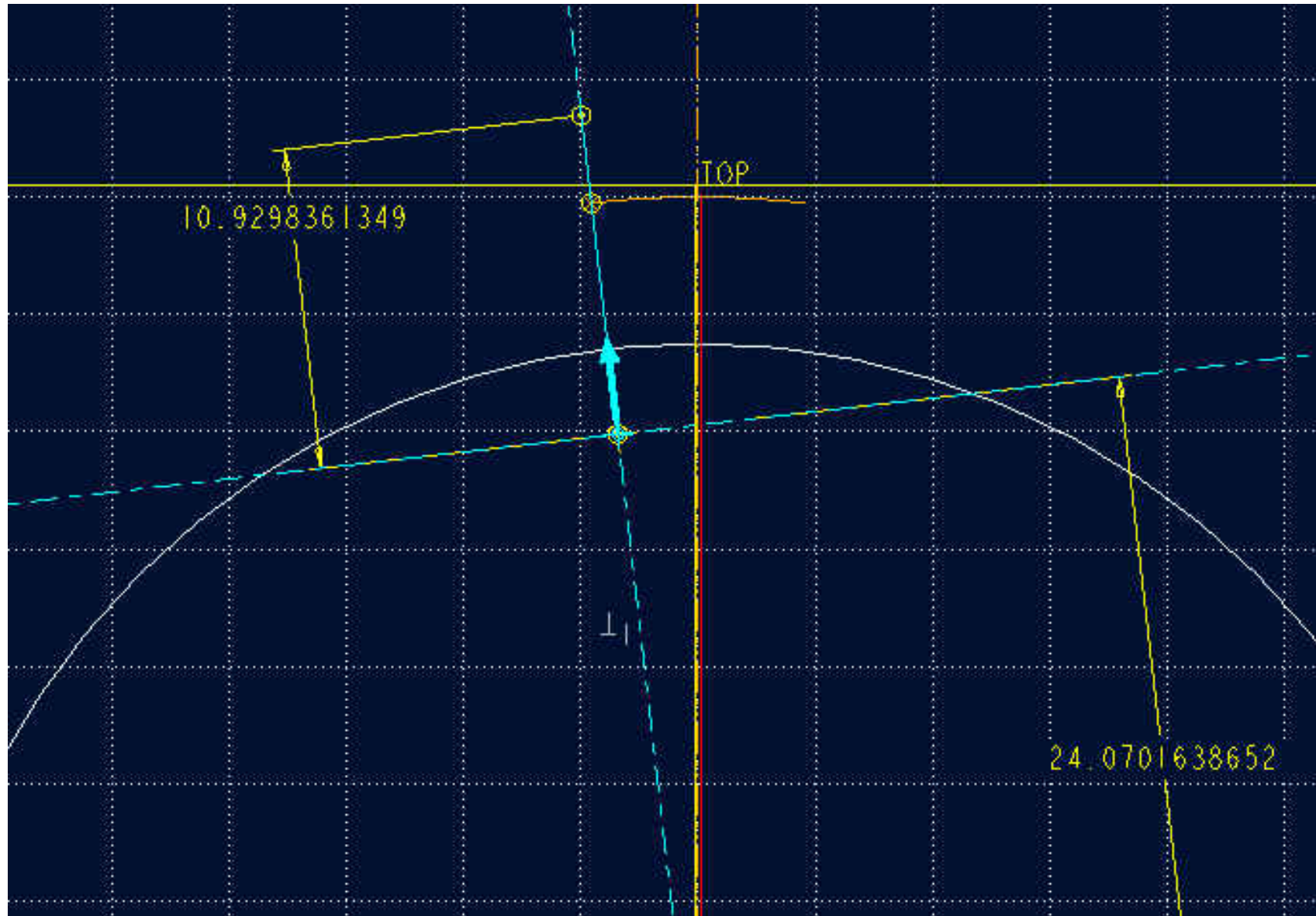


Abbildung 2

6. Erzeugen Sie nun eine Evolventenflaeche als Zug-KE, mit Variablem Schnitt

Dieses Zug-KE wird das Evolventenprofil. Selektieren Sie **Konstruktionselement, Erzeugen, Flaeche, Neu, Spezial, Fertig, Var Schn Zieh, Fertig, Normalrichtung, Ebene** -> Auswahl der Bezugsebene FRONT, **In Ordnung, Leitkurve Skizzieren** -> Die DTM TOP waehlen, **In Ordnung, Standard**. Skizzieren Sie die Ursprungsleitkurve wie in Abbildung 3 dargestellt:



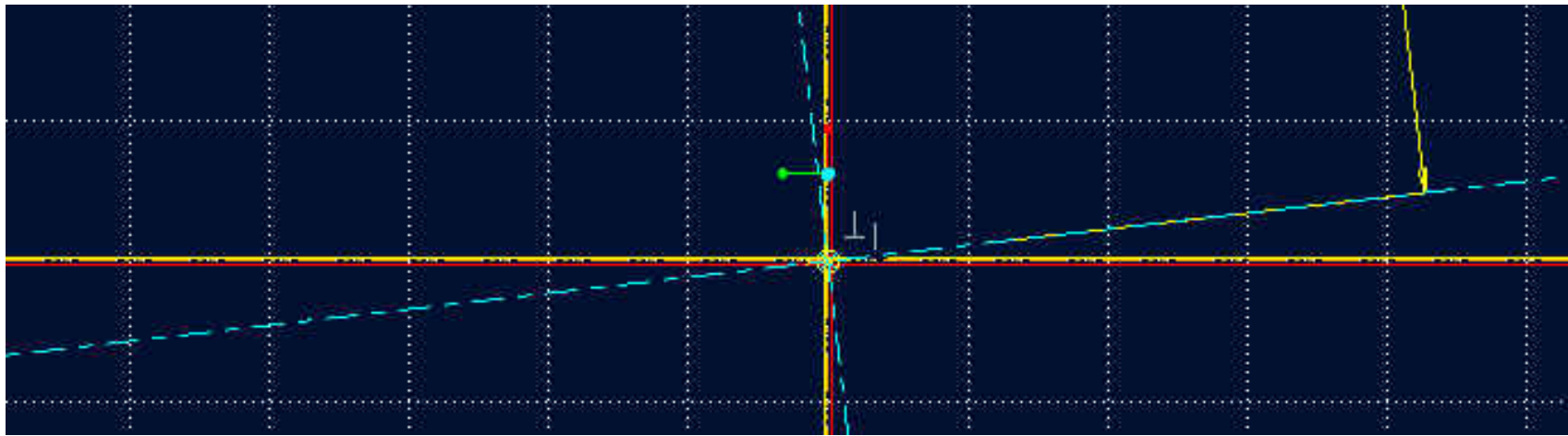
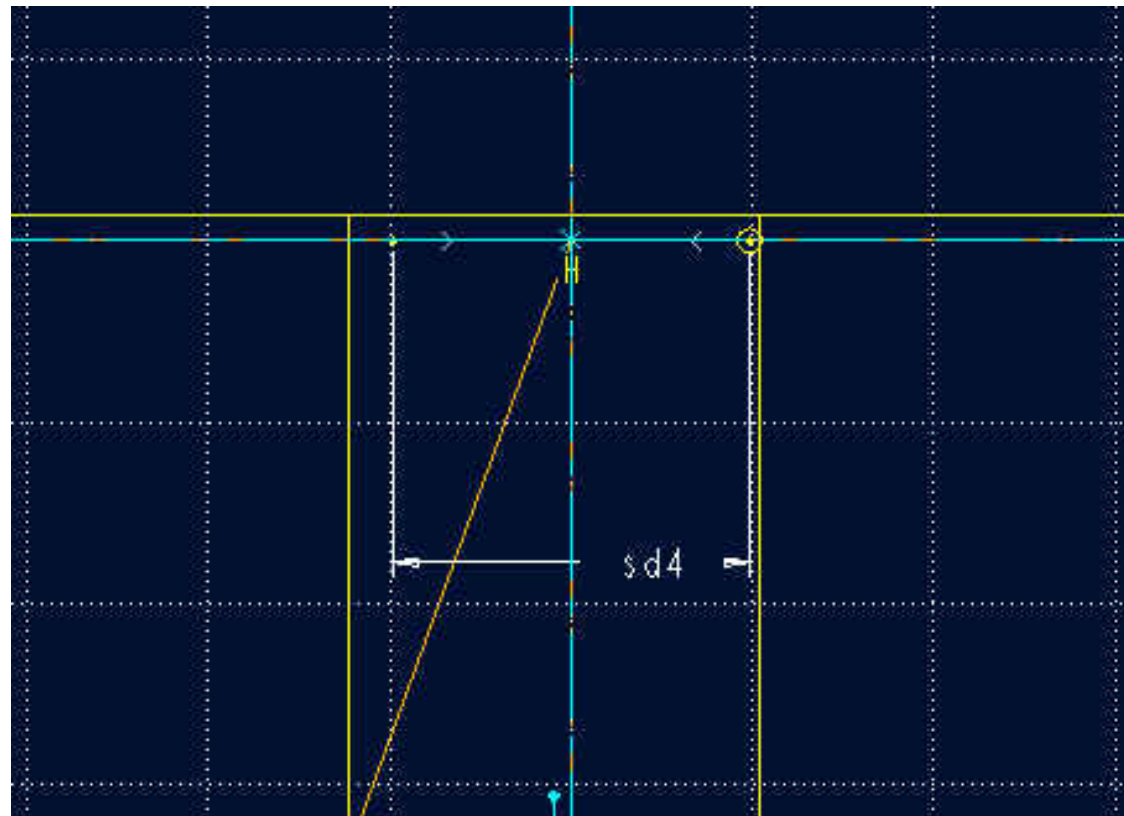


Abbildung 3

Sie benoetigen keine weiteren Leitkurven. Der Schnitt der Flaeche wird als einfache gerade Linie wie in Abbildung 4 skizziert:



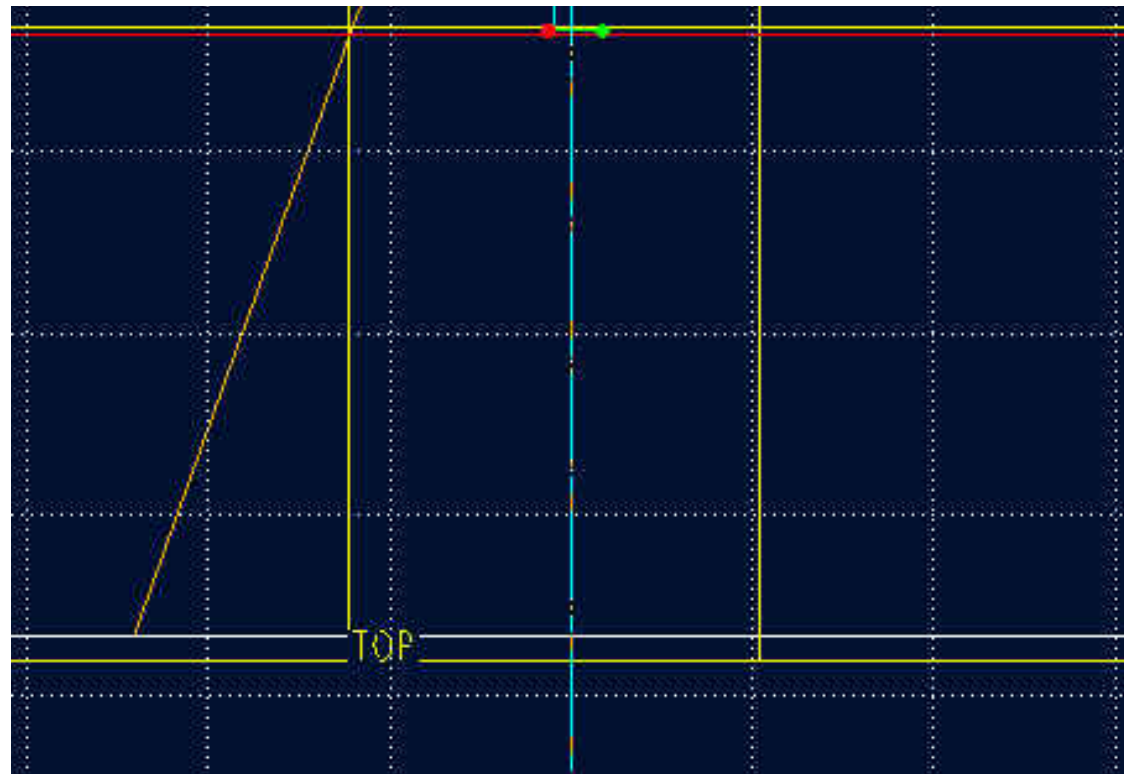
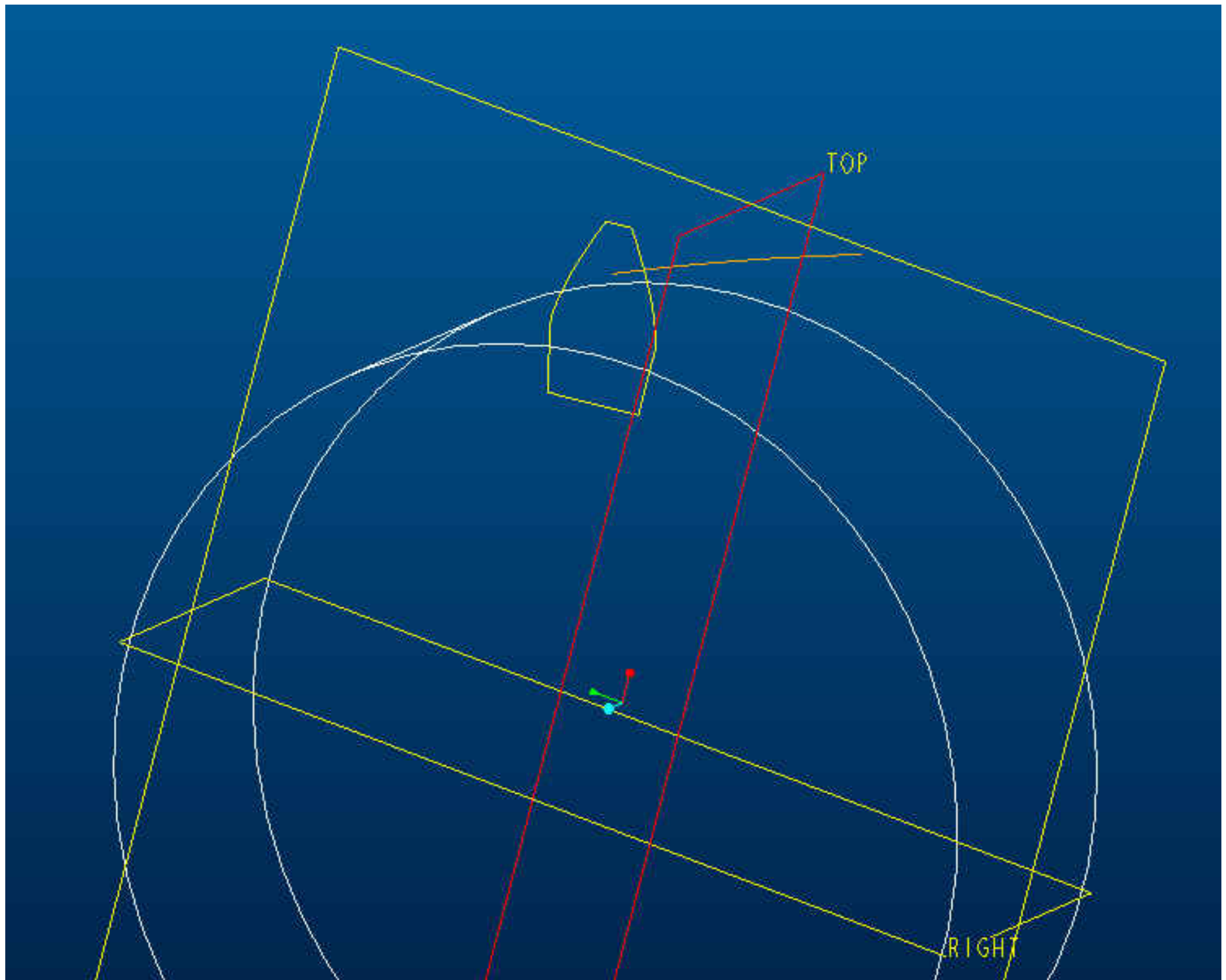


Abbildung 4

Entlang der Ursprungsleitkurve soll sich nun diese Skizzenlinie wie gewuenscht (wie erwähnt, die Form des Profiles ist oberhalb des Grundkreises eine Evolvente; unterhalb verläuft sie radial zur Zahnradmitte, deswegen muss sd4 (Dicke des Zahnprofils) abhaengig vom Radius RY sein) in den Abmessungen aendern. Dazu erzeugen Sie Sizziererbeziehungen wie folgt:

```
=====
RY = RG -M + trajpar* (RK + M/8 - (RG -M))
SG = 2*RG*(PI/(2*ZA) + EV_ALPHA)
if RY < RG
sd4 = RY*SG/RG
ELSE
ALPHA_Y = acos(ZA*M*cos(ALPHA) /(RY *2 ) )
EV_Y= tan( ALPHA_Y ) - PI*ALPHA_Y/180
sd4= 2*RG*(PI/(2*ZA) + EV_ALPHA - EV_Y)
ENDIF
=====
```

Schliesen Sie die Erzeugung dieser Flaechе ab. Siehe Abbildung 5:



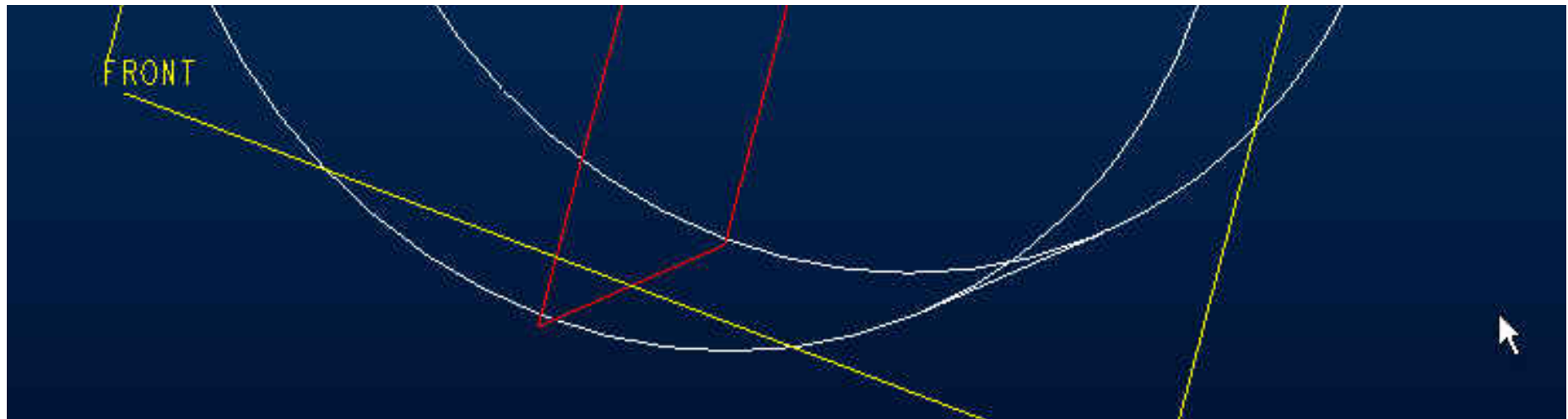
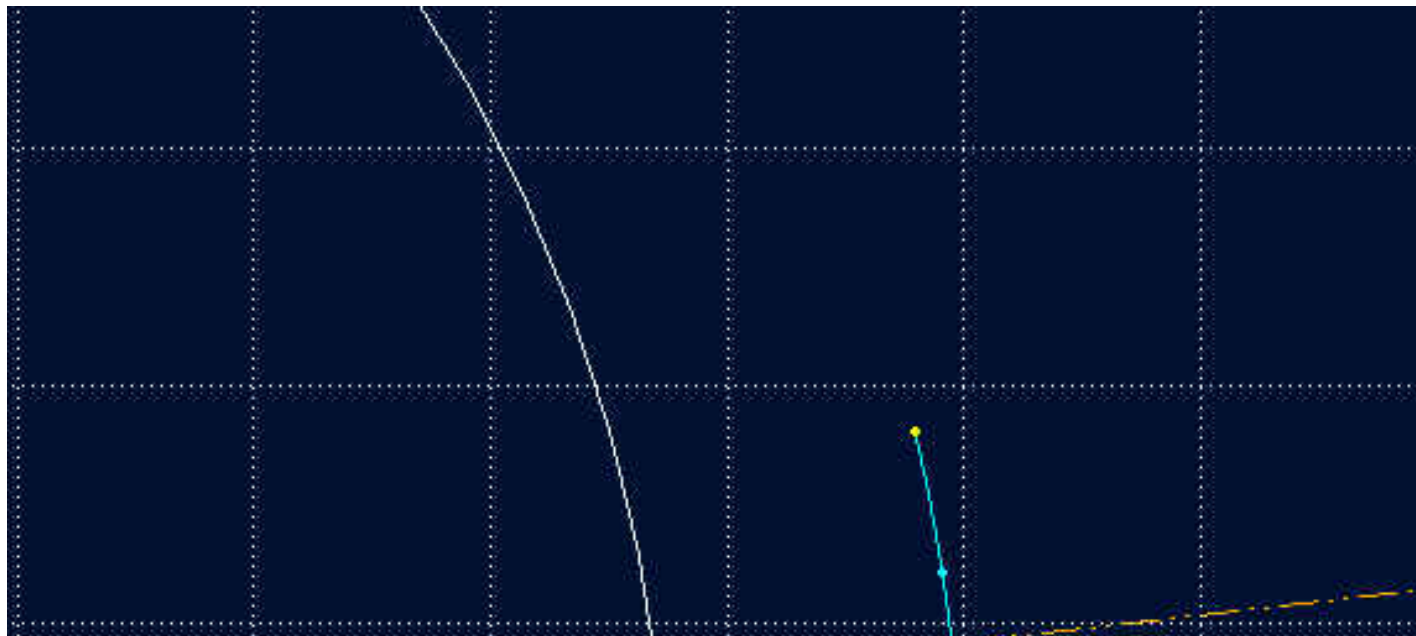


Abbildung 5

7. Erzeugen Sie nun einen Zahn als variables Schnitt-Sug-Element mit konstantem Profil. Selektieren Sie **Konstruktionselement, Erzeugen, Koerper, Spezial, Fertig, Var Schn Zieh, Fertig, SenkrZuUrsprLtkrv, Fertig, Leitkurve skizz** --> Als Skizzierebene waehlen Sie die DTM TOP (Orienierung ist standard). Als Referenzen waehlen Sie die beiden Stirnflaechen des Fuskreisylinders. Erzeugen Sie eine Linie auf DTM RIGHT, mit dem Startpunkt auf der Seite, auf der die Evolventenflaeche erzeugt wurde --> **Leitkurve ausw** --> waehlen Sie die zuvor erzeugte Kurve als X-Leitkurve aus (sie benoetigen keine weiteren Leitkurven). Als Skizze fuer den Zahn nutzen Sie die **Nutze Kante** Funktionalitaet und selektieren die Berandung der Evolventenflaeche (siehe Abbildung 6)



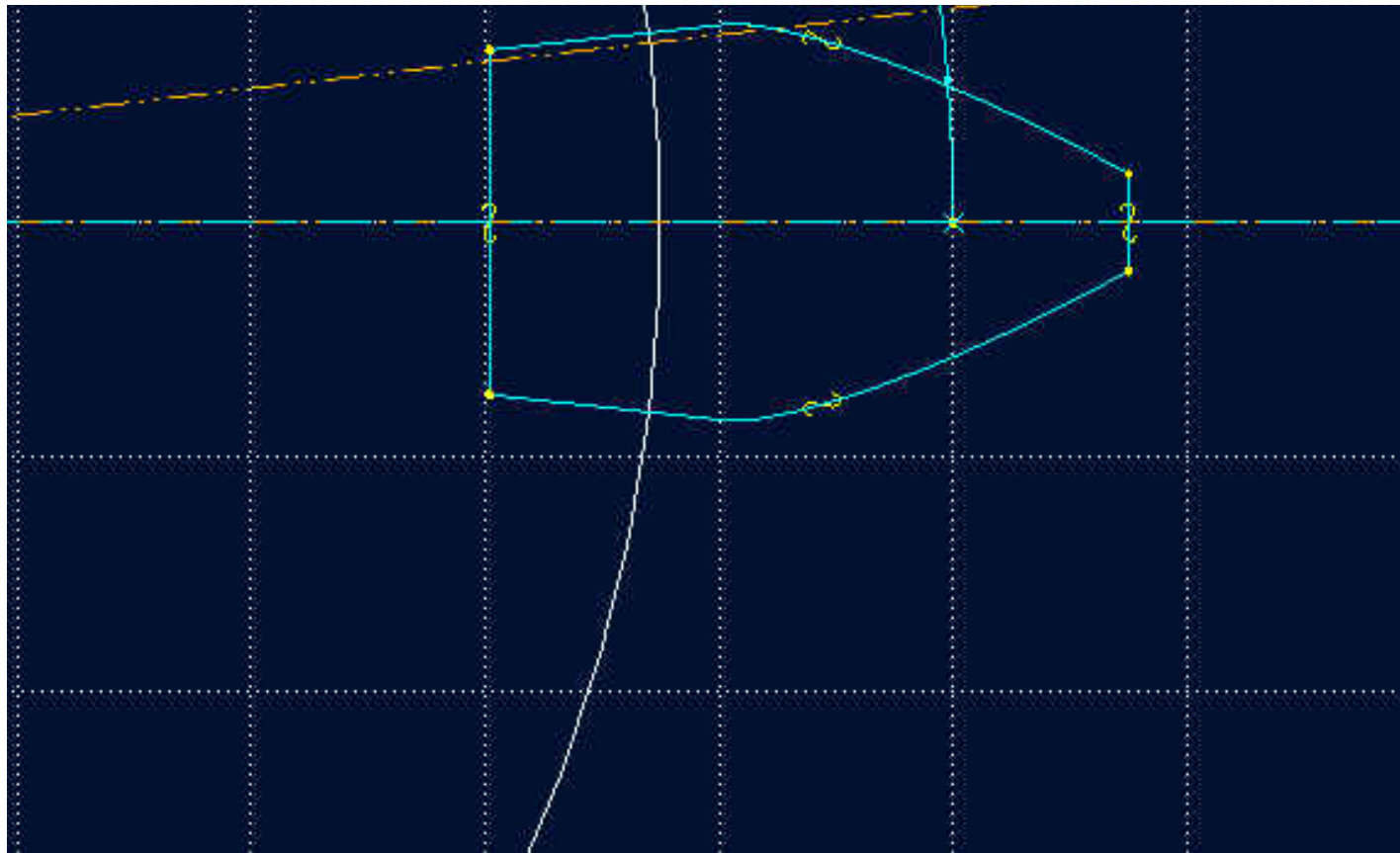


Abbildung 6

Beenden Sie die Skizze. Selektieren Sie nun aus der Dialogbox fuer das variable Schnitt-Zug Element den Punkt **Schnittyp** und aendern Sie ihn auf **Konstant** ab. Schliessen Sie die Erzeugung des Zahnes nun ab.

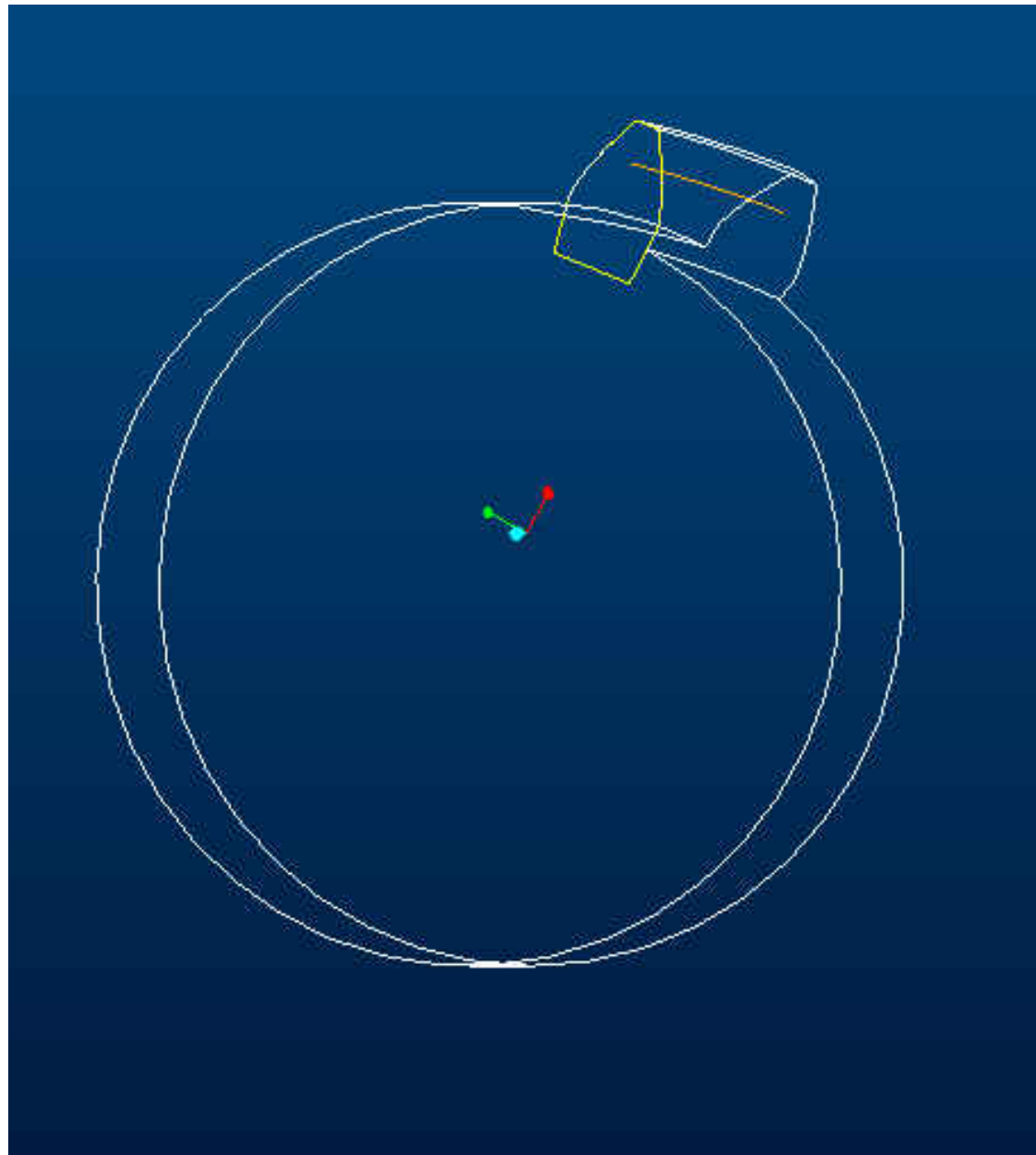


Abbildung 6

8. Um den Zahn entlang des Fusskreises mustern zu koennen, muessen Sie ihn nun mit Hilfe der Kopie-Funktionalitaet transformieren. Waehlen Sie dazu **Konstruktio**nelement, **Kopieren**, **Bewegen**, **Abhaengig**, **Fertig** --> Selektion des Zahnes --> **Fertig**, **Fertig**, **Rotieren**, **Krv/Knt/Achs** --> Selektion der Achse des Fusskreiszyllinders -> Eingabe des Winkels (ist an dieser Stelle unerheblich,

sollte aber logisch sein, z.B. 30) -> **In Ordnung, Fertig, Fertig, OK**. Das Resultat sehen Sie in Abbildung 7

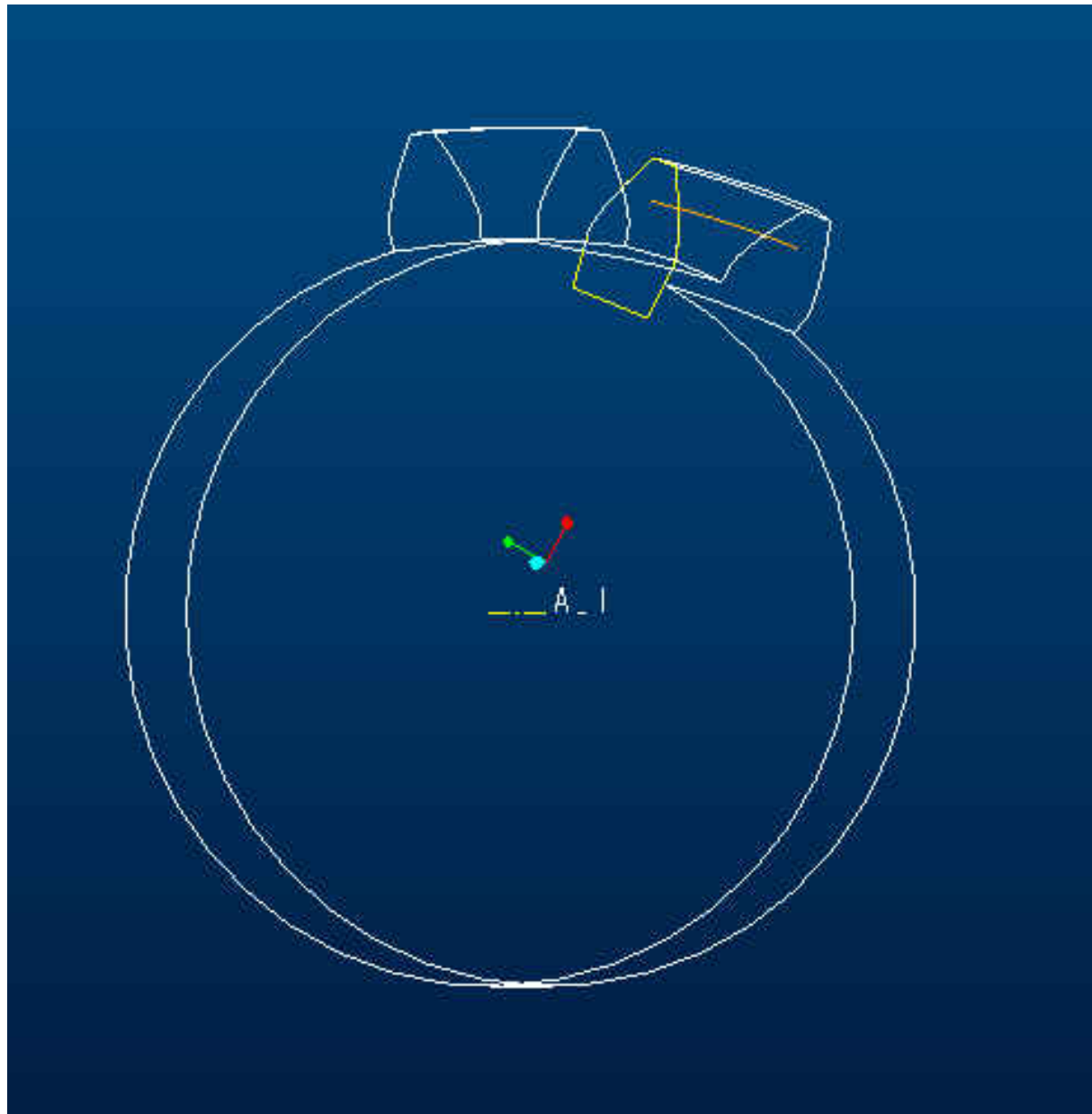
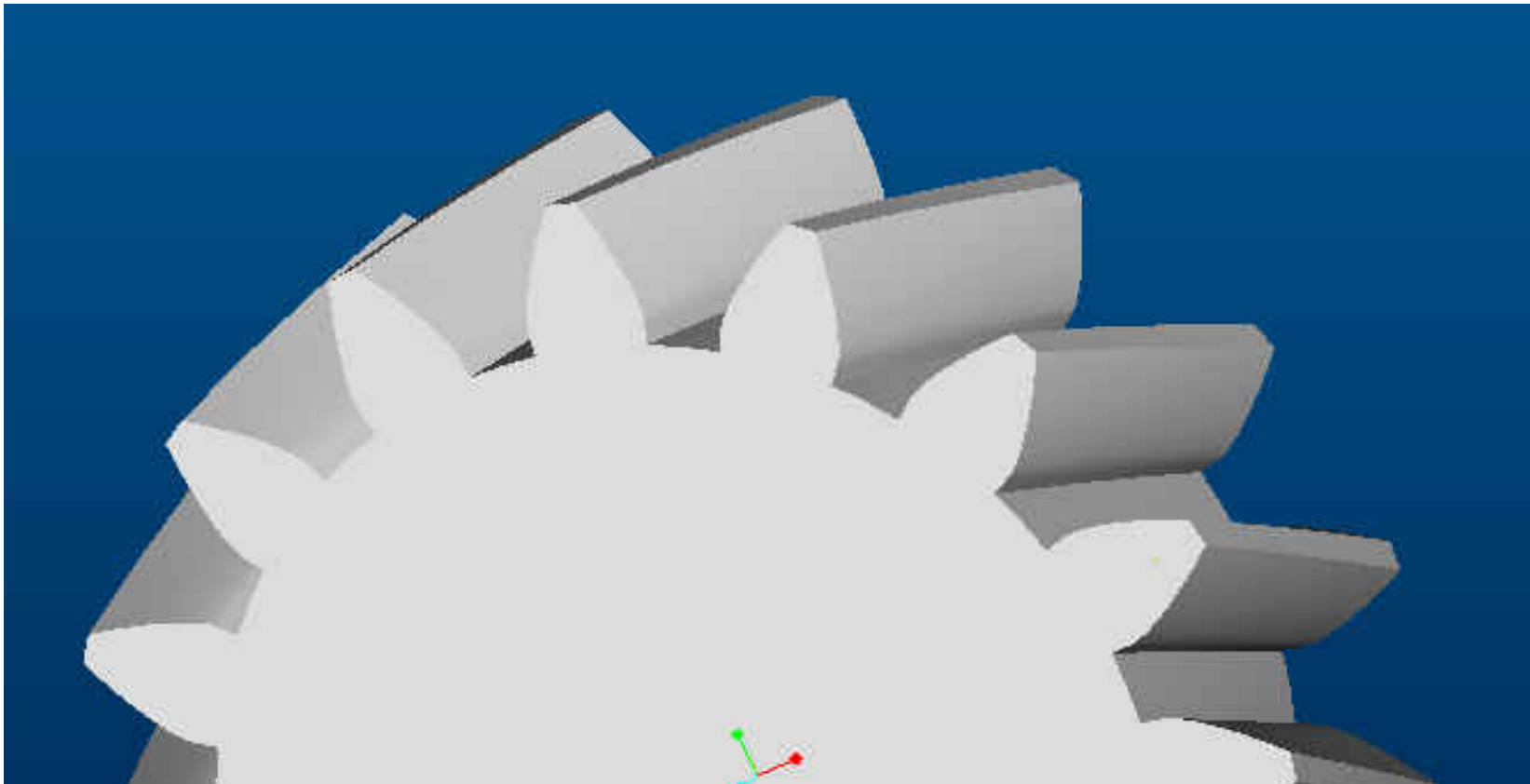


Abbildung 7

9. Mustern Sie nun diesen transformierten Zahn mit Hilfe des Winkels. Die Werte sind an dieser Stelle ebenfalls nicht relevant, sollten aber logisch sein (z.B. 30 Grad und Anzahl 5).
10. Setzen Sie nun die Anzahl der gewuenschten Zaehne in Relation zu den Bemasungen. Fuegen Sie also folgende Beziehungen hinzu:

```
=====
D2 = RG -M*3/2
D3 = RK -RG + M*5/4
/* Winkel zwischen 2 Zähnen
D77 = 360/ZA
D87 = D77
/* Zähnezah
P88 = ZA - 1
=====
```

Die Geometrie ist jetzt komplett und kann durch die Parameter ZA – Zähnezah, M – Modul, und BETTA - Schraegungswinkel parametrisch gesteuert werden. (siehe Abbildung 8)



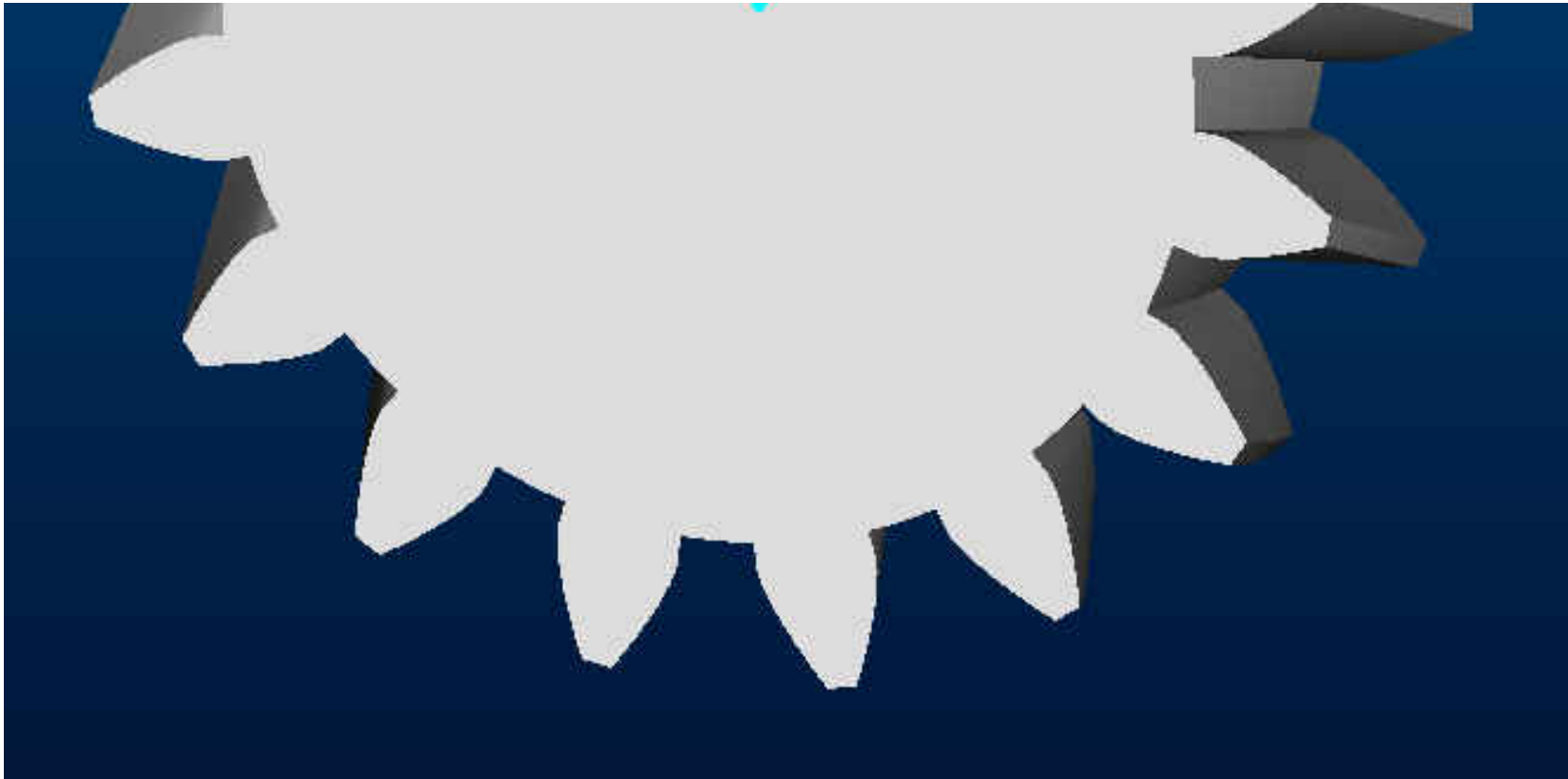


Abbildung 8

Kegelrad mit Schrägverzahnung

Die Modellierung von Kegelrädern ist auf Grund der Geometrie einiges aufwändiger im Vergleich mit der Modellierung von Stirnrädern. Trotzdem ist diese Aufgabe mit Pro/ENGINEER gut zu meistern. Mit dem gewählten Beispiel Kegelrad mit Schrägverzahnung lassen sich die meisten Problemstellungen der Modellierung von Zahnrädern demonstrieren.

Das Modellierungskonzept ist komplexer, weil es kein Konstruktionselement gibt, welches parametrisch gleichzeitig von zwei Trajektorien (Leitkurven mit Leitkurvenparameter 0 ..1) mathematisch abhängig sein kann, so dass man den Schnitt über trajpar_v und trajpar_u direkt steuern kann. In Pro/ENGINEER lässt sich diese Aufgabe durch die Verwendung des Konstruktionselementes **Koerper, Zug-Verbundkoerper, SenkrZuUrsprLtkrv, Skizzierte Schnitte** lösen. Für dieses KE wird eine Leitkurve und zwei Berandungsprofile benötigt. Die Berandungsprofile verwenden diesselbe Technik wie im Kapitel 1) beschrieben wurde – die Funktion der Zahndicke. Als Leitkurve wird eine Projektionskurve auf der Mantellinie des Teilkegels verwendet. Die Tangente zu dieser Kurve schließt den Schrägungswinkel β zur Grundfläche des Kegels. Wenn man durch die Spitze des Kegels des Kegelzahnraedes ein Koordinaten System

erzeugt, wobei die Z – Achse gleich ist der Mittelachse, dann kann man die Kurve durch eine Formel (siehe unten) beschreiben (Zylinder Koordinaten). Hier ist ZDICKE die Dicke des Zahnrades, BETTA ist der Schrägungswinkel, RTM ist das Zahnmodul für den mittleren Rückenkegel, RE ist der Radius des äußeren Rückenkegels und Delta ist der Kegelwinkel

```
=====
GAMMA =asin( ZDICKE*tan(BETTA)/(RI*sin(DELTA) + ZDICKE*tan(DELTA)) )
z = RI*cos(DELTA) + ZDICKE*t
r= RI*sin(DELTA) + t*ZDICKE*tan(DELTA)
theta= asin(ZDICKE*t*tan(BETTA)/r)
/*Weitere mathematische Abhängigkeiten bestehen durch
/* Übersetzung U, Zähnezah von Rad1 Z1 und Rad 2 Z2
U = Z2/Z1
/*DELTA = Kegelwinkel
DELTA = atan(1/U).
=====
```

Die Folgende Vorgehensweise wird vorgeschlagen:

1. Ausgehend von der Standard Schablonen Datei „mmns_part_solid“ ein neues Teil erzeugen
2. Folgende Parameter Definieren

```
=====
ZDICKE Reelle Zahl => Zahnraddicke (z.b: 24)
Z1 Ganzzahl => Zähnezah von Zahnrad 1 (z.B.: 12)
Z2 Ganzzahl => Zähnezah von Zahnrad 2 (z.B.: 22)
ME Reelle Zahl => Modul am Rueckkegel (z.B: 4.0)
BETTA Reelle Zahl => Schrägungswinkel (z.B.: 20)
=====
```

3. Folgende Beziehungen definieren.

```
=====
/* Uebersetzung des Zaehnepaar U.
U = Z2/Z1
/*DELTA => Winkel des Kegels
DELTA = atan(1/U)
/* DE Aeussere Teilkreisdurchmesser
DE = Z1*ME
/* ABSTAND zur RUECKKEGEL bei DELTA1 + DELTA2 = 90
/*also die Achsen der Zahnraeder bilden Winkel von 90 Grad
RE = 0.5*de* sqrt(U*U + 1)
/* ABSTAND von der Kegelspitze zur INNENKEGEL
RI = RE - ZDICKE
/* RTE = > TeilKreis Radius Ruckkegel
RTE = RE*tan(DELTA)
/* RTI = > TeilKreis Radius Innenkegel
```

```

RTI = RI * tan(DELTA)
/* Virtueller Modul fuer die Innenkegel
VMI = RTI * 2 / Z1
/* Virtueller Modul fuer den RueckKEGEL
VME = RTE * 2 / Z1
/* ALPHA => eingriffswinkel
ALPHA = 20
/* ev_alpha = > EVELVENTE von dem EINGRIFF WINKEL
ev_alpha = tan(ALPHA) - PI * ALPHA / 180
/* RG => GRUNDKREIS Radius RGE ist der Radius fuer den Grundkreis des Aeusseren Rueckkegel und RGE => Innenkegel
RGE = RTE * cos(ALPHA)
RGI = RTI * cos(ALPHA)
/* RF => Fusskreis radius RFE => Aussenrueckkegel; RFI => Innenkegel
RFE = RTE - VME * (1 + 0.25)
RFI = RTI - VMI * (1 + 0.25)
/* RK => Kopfkreis radius
RKE = RTE + VME
RKI = RTI + VMI

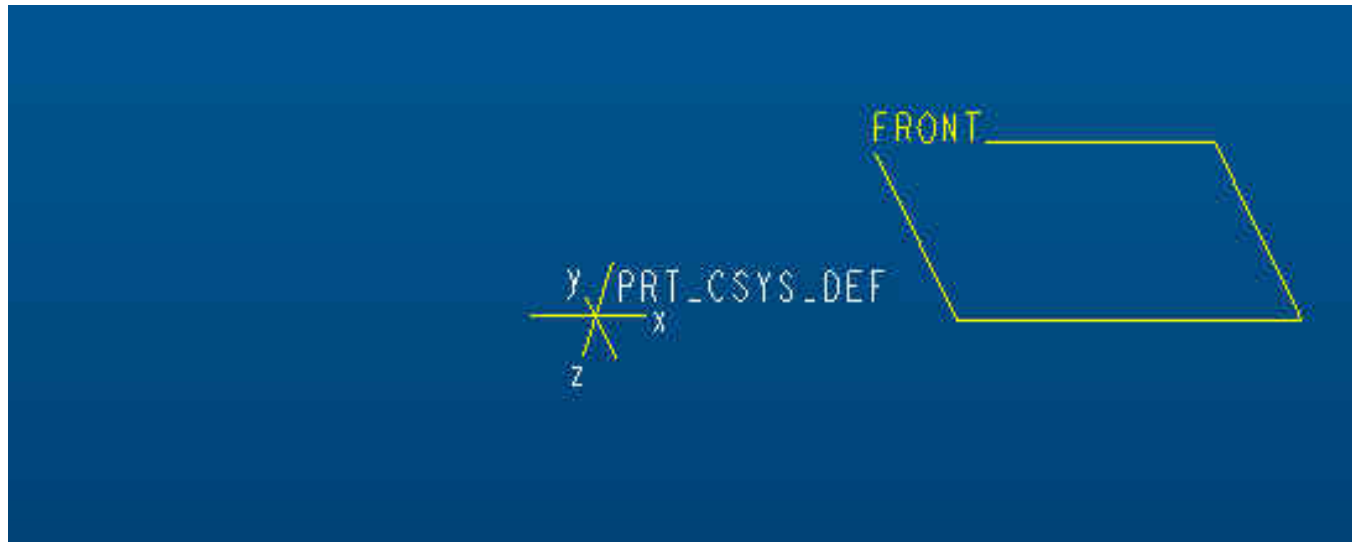
```

4. Erzeugen einer Kurve (die Leitkurve fuer den Schraegzahn) aus Gleichung (Zylindrisches Koordinatensystem) unter der Verwendung der Standard Koordinaten Systems PRT_CSYS_DEF und der Formeln:

```

=====
GAMMA = asin( ZDICKE * tan(BETTA) / (RI * sin(DELTA) + ZDICKE * tan(DELTA)) )
z = RI * cos(DELTA) + ZDICKE * t
r = RI * sin(DELTA) + t * ZDICKE * tan(DELTA)
theta = asin(ZDICKE * t * tan(BETTA) / r)
=====

```



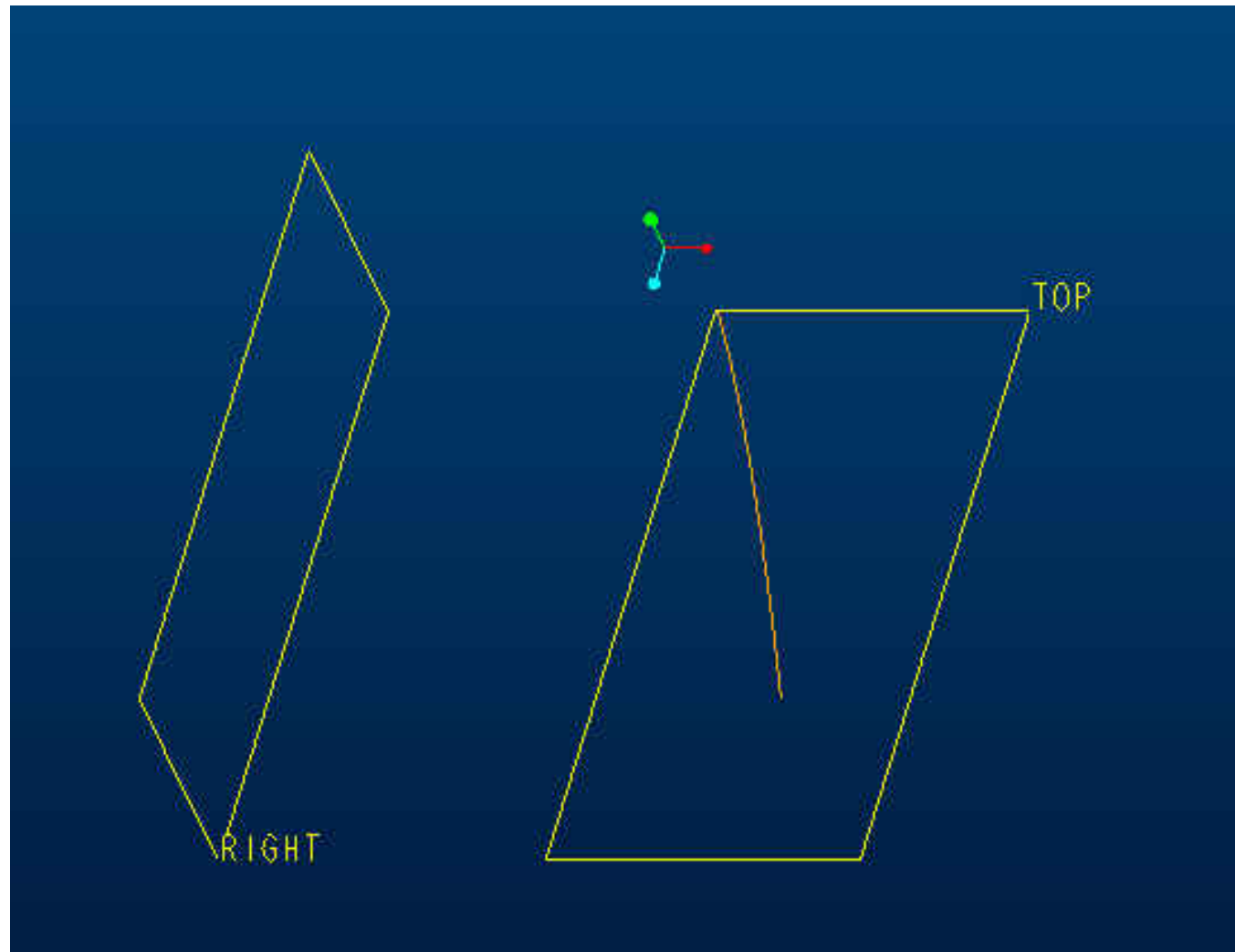


Abbildung 9

5. Erzeugen Sie die Leitkurve 1 für das Zahnradprofil am Innenrückenkegel (siehe Abbildung 10)



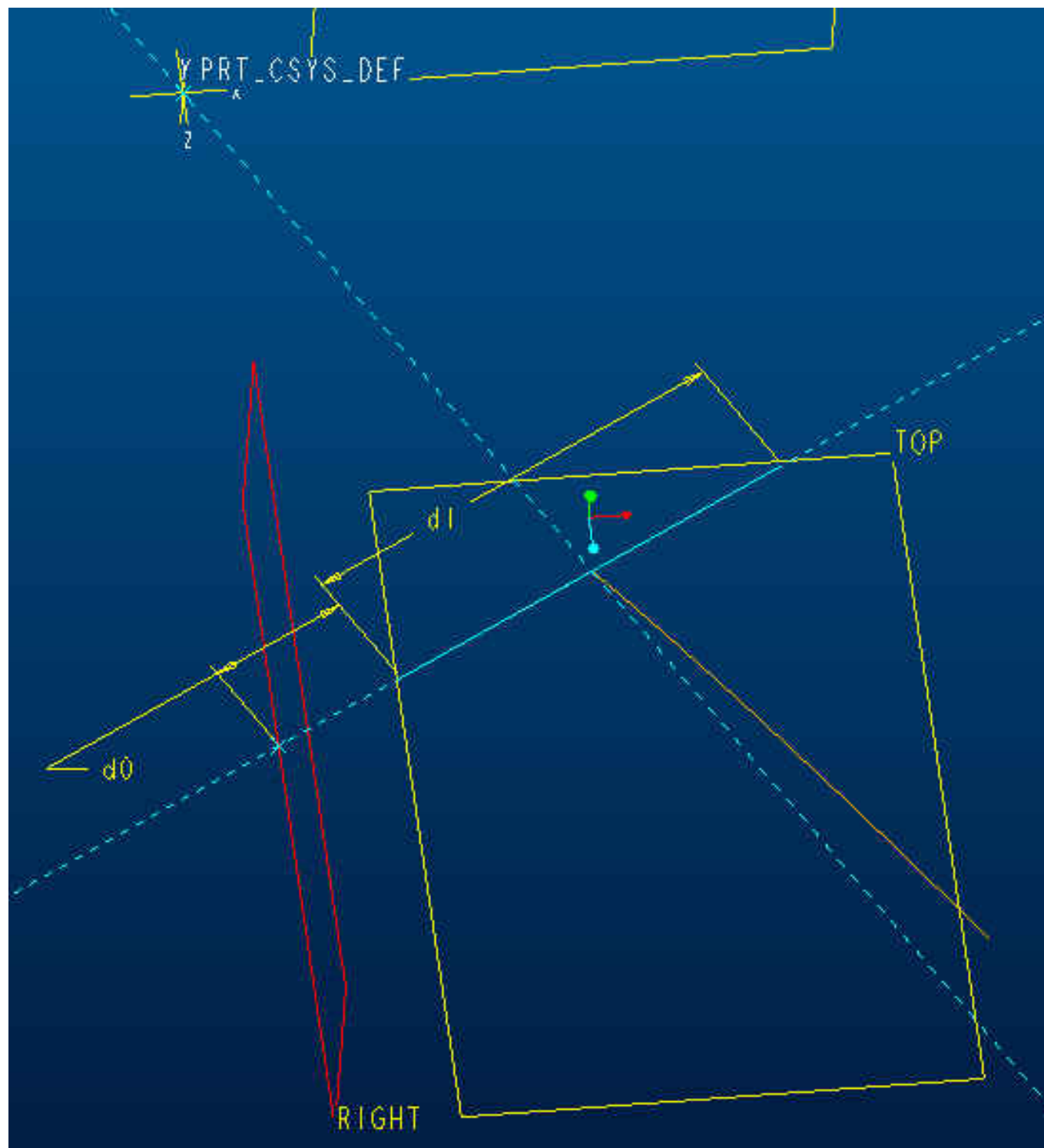
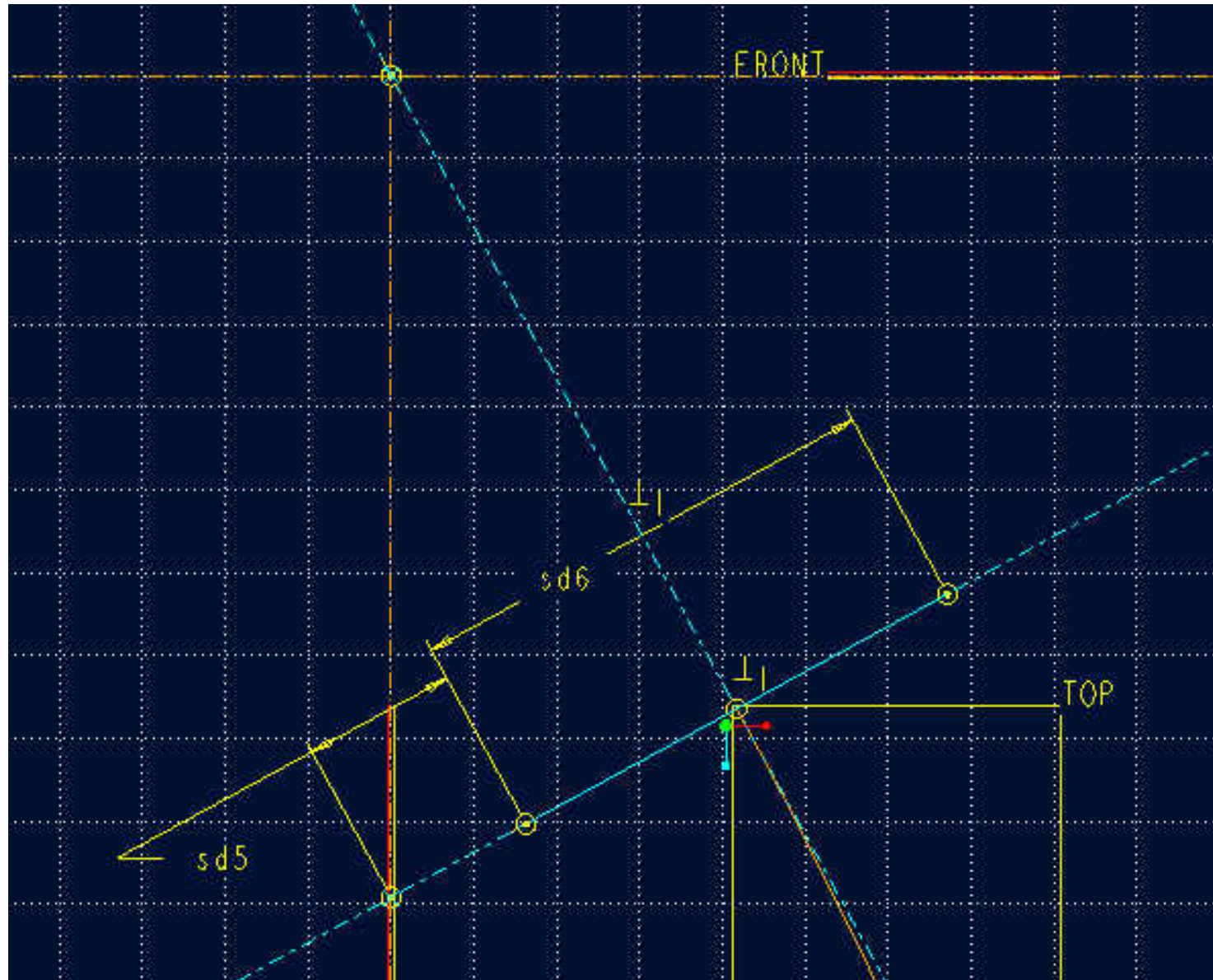


Abbildung 10

Klicken Sie das Icon zur Kurvenerzeugung an, **Skizzieren. Fertig**, und selektieren Sie als Skizzierebene die Standardebene TOP und als horizontale oder vertikale Referenz waehlen Sie "Standard". Waehlen Sie als Skizzierer Referenzen die Ebenen Right, Front und die vorher erzeugte Kurve. Skizzieren Sie laut Abbildung (siehe Abbildung 10)



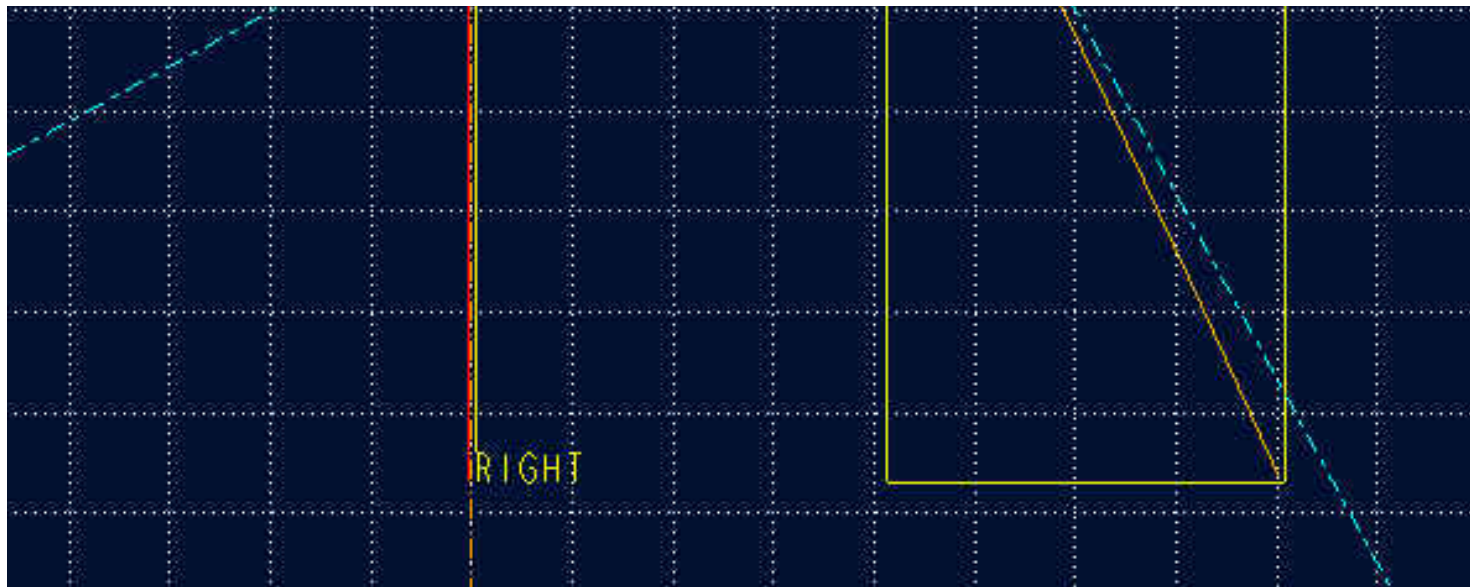


Abbildung 11

6. Fuegen Sie folgende Beziehungen ein. In der Abbildung 11 sind die skizzierbemassungen sd5 und sd6 als Teilbemassungen D0 und D1:

=====

$$D0 = RGI - VMI * 3/2$$

$$D1 = RKI - D0 + VMI * 5/4$$

=====

und regenerieren Sie.

7. Erzeugen Sie ein Achse als Schnitt der Standard Ebenen. Klicken Sie das Icon fuer Erzeugung von Bezugsachsen, **Zwei Ebenen** und selektieren Sie die Standardebenen Right und TOP. Dies Bewirkt die Erzeugung der Achse A_1
8. Erzeugen Sie die Leitkurve 2 fuer das Zahnprofil am Aussenrueckenkegel

Klicken Sie das Icon Bezugskurve erzeugen, **Skizze, Fertig, Skizzierebene, Neu erstellen, Bezug erzeugen, Durch, AchseKantKurv** und selektieren Sie die Achse A_1, **Durch, Pkt/Eckpkt** und selektieren Sie den anderen Endpunkt der Mantelkurve, **In Ordnung** und als Skizzierreferenz, **RECHTS** und selektieren Sie die Ebene FRONT. Selektieren Sie als Skizzierer-Referenzen folgende Konstruktionselemente: Mantelkurve id_39, Achse A_1 und Ebenen FRONT und skizzieren Sie wie in Abbildung 12:

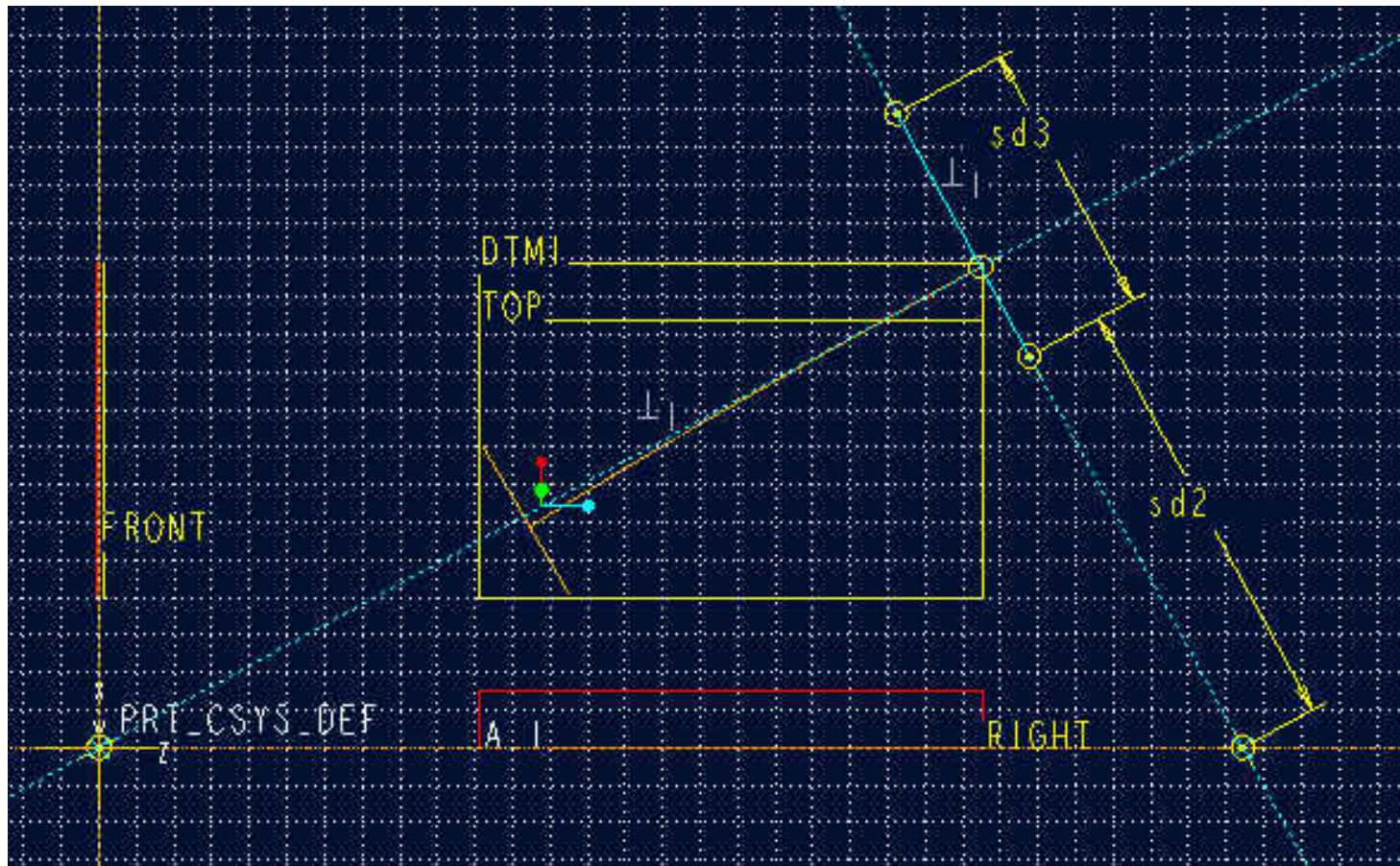


Abbildung 12

9. Fuegen Sie folgende Beziehungen hinzu. In der Abbildung 12 sind die Skizzierbemaessungen sd2 und sd3 als Teilbemaessungen D2 und D3

=====

/*Weitere Beziehungen Leitkurve 2

D2 = RGE -VME*3/2

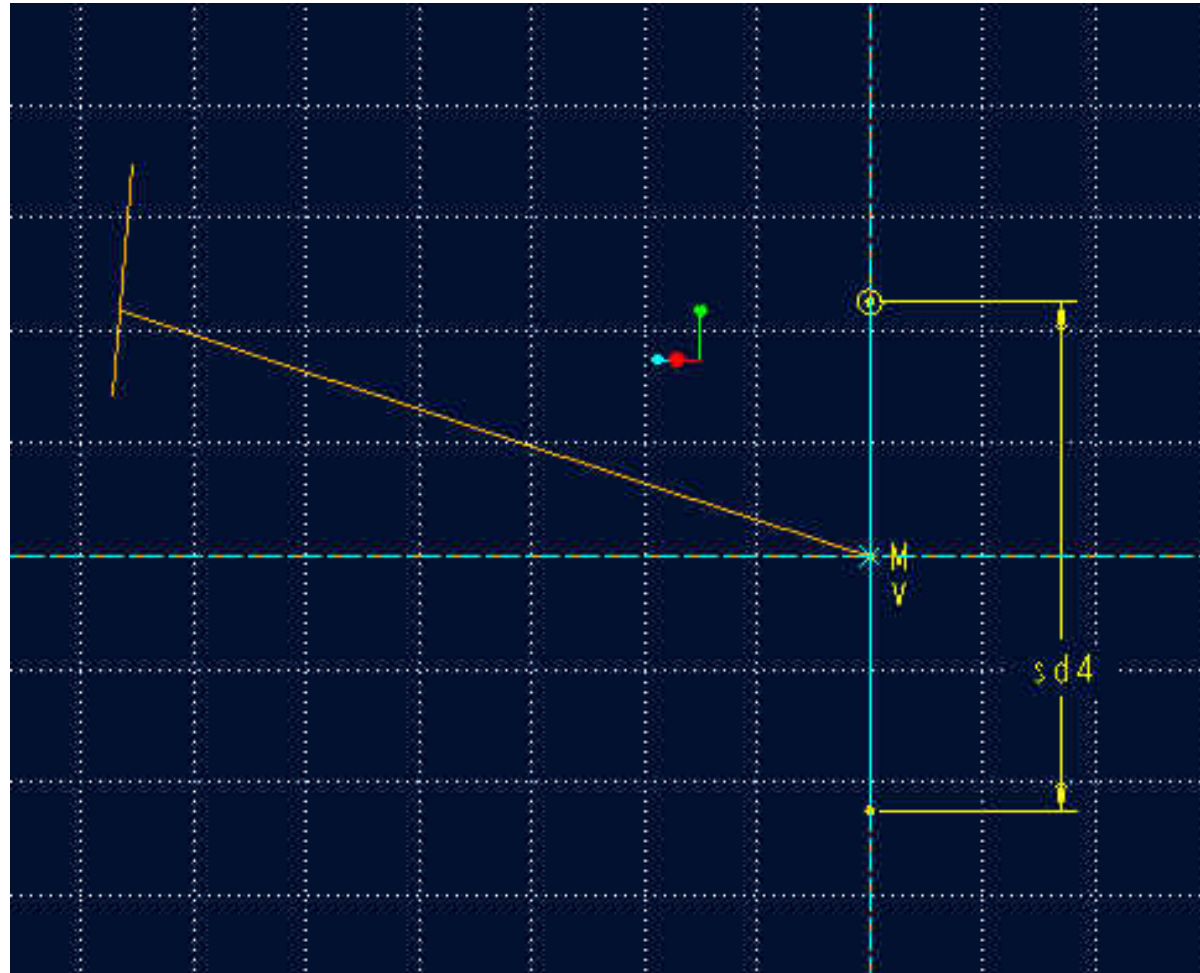
D3 = RKE -D0 + VME*5/4

=====

und regenerieren Sie.

10. Erzeugen Sie nun die erste Evolventenflaeche 1 als Zug-KE, mit Variablem Schnitt

Dieses Zug-KE wird das Evolventenprofil fuer den inneren Kegel. Selektieren Sie **Konstruktionselement, Erzeugen, Flaeche, Neu, Spezial, Fertig, Var Schn Zieh, Fertig, Normalrichtung, Ebene** -> Auswahl der Bezugsebene TOP, In Ordnung, Leitkurve



Entlang der Ursprungsleitkurve soll sich nun diese Skizzenliene wie gewuenscht (wie erwähnt, die Form des Profiles ist oberhalb des Grundkreises eine Evolvente; unterhalb verläuft sie radial zur Zahnradmitte, deswegen muss sd4 (Dicke des Zahnprofils am Innenkegelkreis) abhaengig vom Radius RY sein) in den Abmessungen aendern. Hier RY ist R(Radius) als Funktion vom Y (Vektor im Richtung der Radiussteigerung). Dazu erzeugen Sie Sizziererbeziehungen wie folgt:

if $RY < RGI$

```
sd4= RY*SG/RGI
ELSE
ALPHA_Y = acos(Z1*VMI*cos(ALPHA) /(RY *2 ) )
EV_Y= tan( ALPHA_Y ) - PI*ALPHA_Y/180
temp= 2*RGI*(PI/(2*Z1) + EV_ALPHA - EV_Y)
if temp <= 0.2
sd4= 0.2
ELSE
sd4= temp
ENDIF
ENDIF
=====
```

Die resultierende Flaeche sieht dann wie folgt aus:

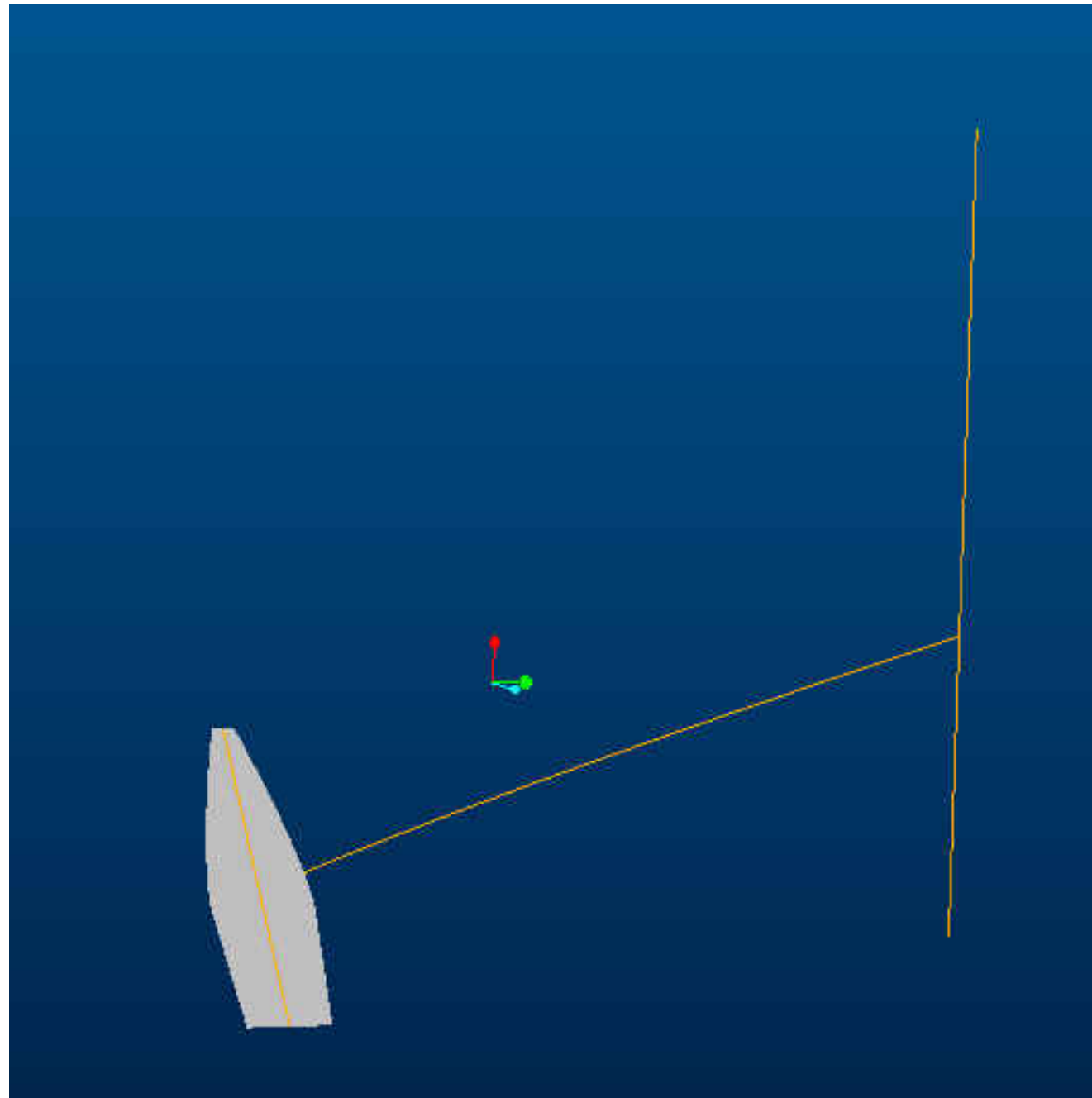


Abbildung 14

11. Erzeugen Sie nun die zweite Evolventenflaeche 2 als Zug-KE, mit Variablem Schnitt

Dieses Zug-KE wird das Evolventenprofil fuer den inneren Kegel. Selektieren Sie **Konstruktionselement, Erzeugen, Flaechе, Neu, Spezial, Fertig, Var Schn Zieh, Fertig, Normalrichtung, Ebene** -> Erzeugen Sie hier ein Ebene on the Fly durch die Achse A_1 und die Zweite Leitkurve 2 (id = 39) durch Auswahl des Bezugsebene erzeugen Icons, **Durch**, Endpunkt der Kurve id 39 waehlen, **Durch**, Achse A_1 waehlen., **In Ordnung, Leitkurve Waehlen** -> Die Leitkurve 2 (id = 50) waehlen (achten Sie drauf, dass der Startpunkt der Leitkurve unten ist), **In Ordnung, Fertig Ausw, Fertig, Offene Enden, Fertig**, und Skizzieren Sie die Profilkurve wie in Abbildung 15 dargestellt (Keine weitere Skizzierreferenzen eingegen).

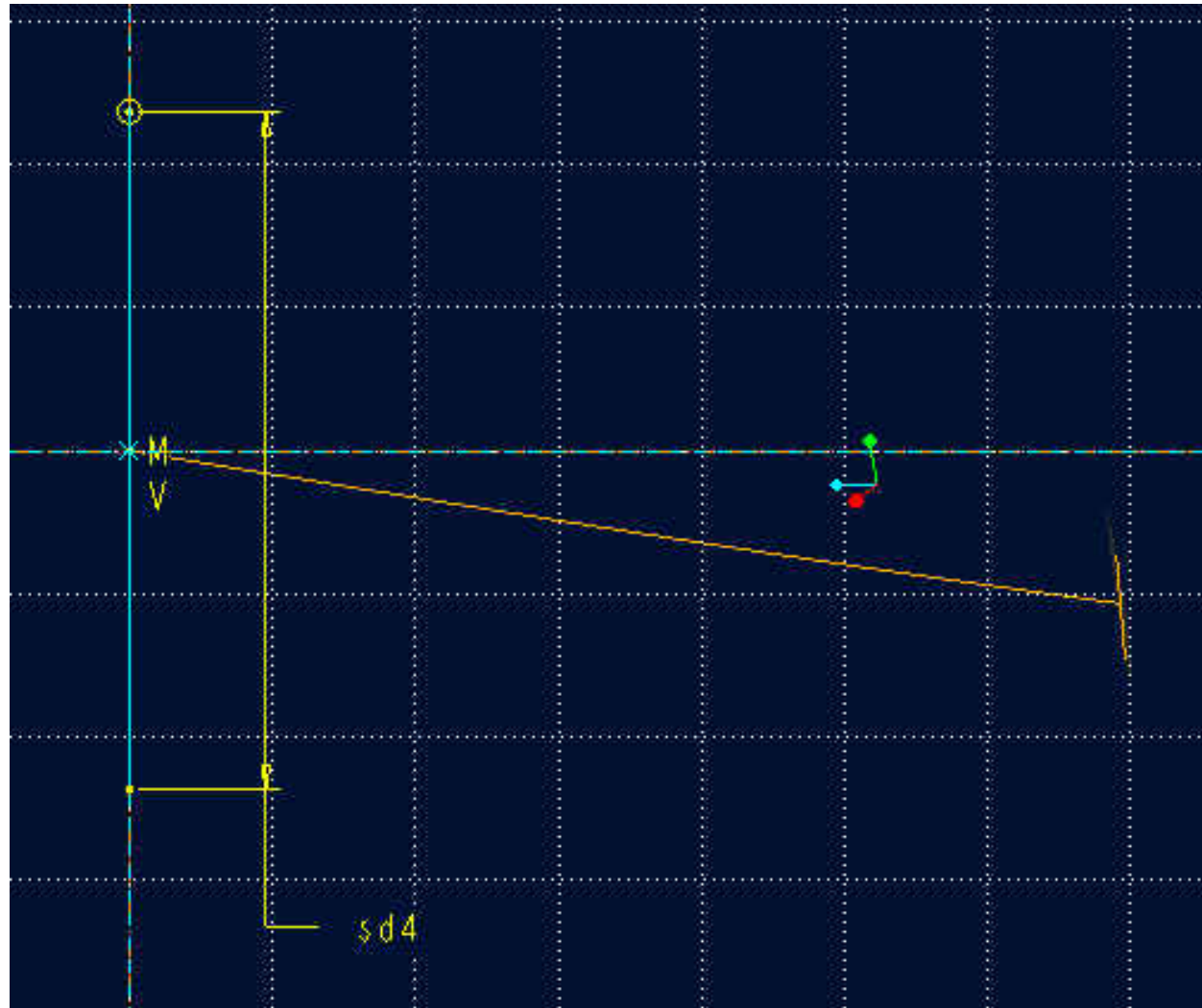
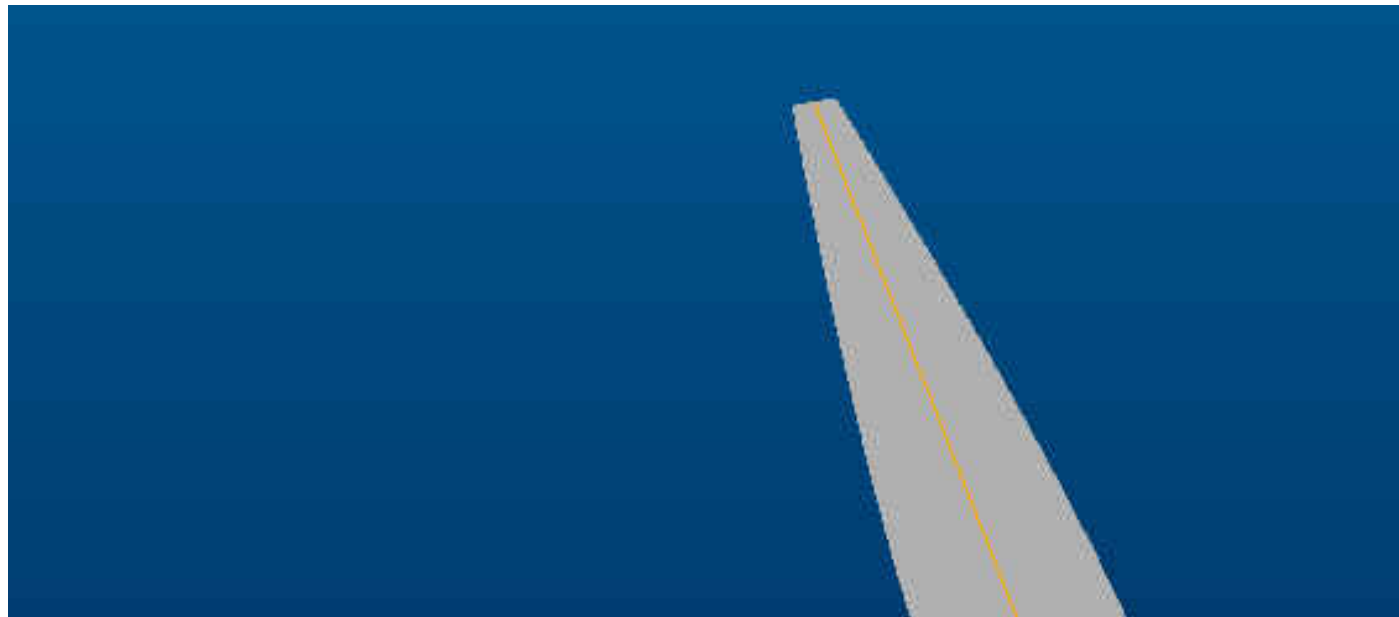


Abbildung 15

Entlang der Ursprungsleitkurve soll sich nun diese Skizzenliene wie gewuenscht (wie erwähnt, die Form des Profiles ist oberhalb des Grundkreises eine Evolvente; unterhalb verläuft sie radial zur Zahnradmitte, deswegen muss sd4 (Dicke des Zahnprofils am Innenkegelkreis) abhaengig vom Radius RY sein) in den Abmessungen aendern. Hier RY ist R(Radius) als Funktion vom Y (Vektor im Richtung der Radiussteigerung). Dazu erzeugen Sie Sizziererbeziehungen wie folgt:

```
=====
RY = RGE -VME + trajpar* (RKE + VME/8 - (RGE -VME))
SG = 2*RGE*(PI/(2*Z1) + EV_ALPHA)
if RY < RGE
sd4= RY*SG/RGE
ELSE
ALPHA_Y = acos(Z1*VME*cos(ALPHA) /(RY *2 ) )
EV_Y= tan( ALPHA_Y ) - PI*ALPHA_Y/180
temp= 2*RGE*(PI/(2*Z1) + EV_ALPHA - EV_Y)
if temp <= 0.2
sd4= 0.2
ELSE
sd4= temp
ENDIF
ENDIF
=====
```

Das Ergebnis koennen Sie in der Abbildung 16 sehen



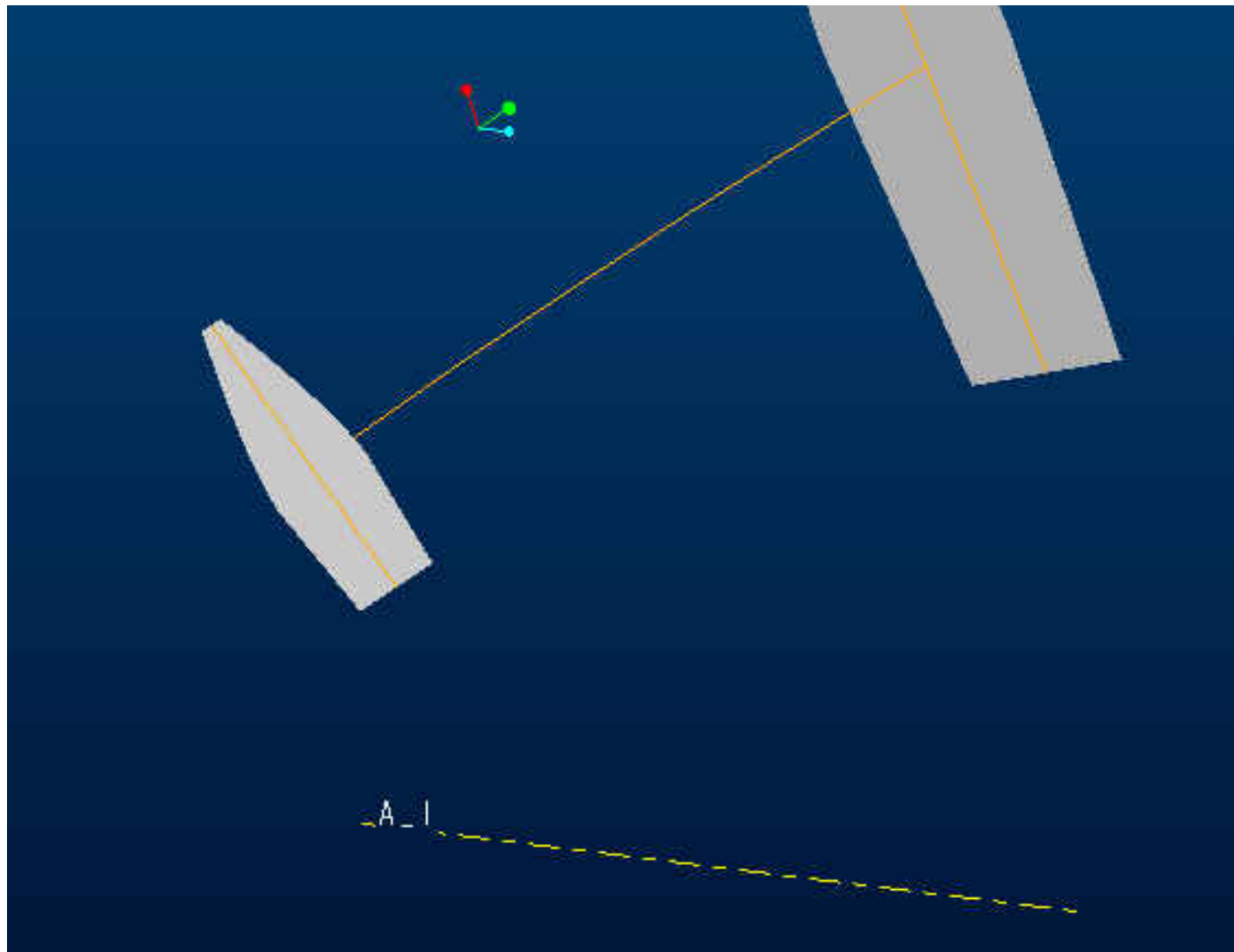


Abbildung 16

12. Erzeugen Sie einen Volumenkörper: Zug-Verbundkoerper, Drehrichtung, Skizzierte Schnitte (Abbildung 17). Dafuer waehlen Sie folgende Pro/ENGINEER Kommandos: **Konstruktions Element, Erzeugen, Volumenkoerper, Koerper, Spezial, Fertig, Gezog Verbund, Fertig, SenkrZuUrsprLtkrv, Fertig, Leitkurve ausw**, Selektieren Sie die Kurve erzeugt ueber Formel (hier ID 39). Keine weitere Kurven werden ausgewählt, **Automatisch, In Ordnung**, Drehwinkel fuer den Schnitt 1 mit 0.0 bestaetigen. Zeichnen Sie jetzt Schnitt1 in dem Sie die Vorhandene Geometrie von der Evolventen Flaechen 1 (hier ID =570) mit **Nutze Kante, Schleife** kopieren. Nehmen Sie genau zur Kenntnis, wo der Startpunkt der Skizze definiert ist. Beenden Sie den ersten Schnitt durch Selektion des Schnitt fertig Icons. Waehlen Sie dann **Automatisch, Fertig**, bestaetigen Sie wieder die 0.0. Definieren Sie Schnitt 2 indem Sie die Vorhandene Geometrie von der Evolventen Flaechen 1 (hier ID =80) mit **Nutze Kante, Schleife** kopieren. Nehmen Sie

genau zur Kenntnis, wo der Start Punkt der Skitzze definiert ist. Verwenden Sie auch keine Tangentialitaet und VebundStern Optionen. Das Ergebnis sehen Sie in Abbildung 17:

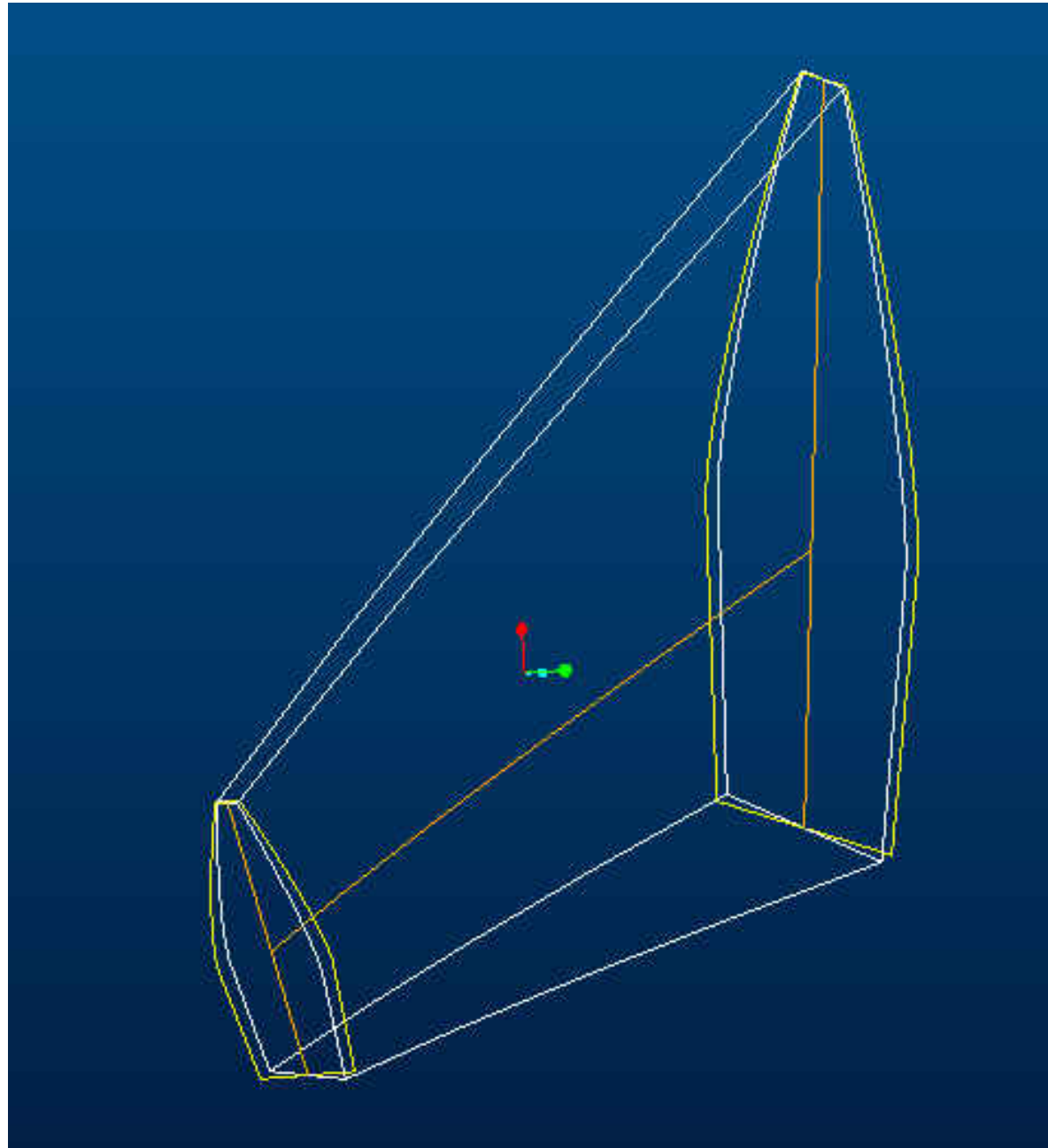


Abbildung 17

13. Um die den Zahn entlang des Fusskreises mustern zu koennen, muessen Sie ihn nun mit Hilfe der Kopie-Funktionalitaet transformieren. Waehlen Sie dazu **Konstruktionsselement, Kopieren, Bewegen, Abhaengig, Fertig** --> Selektion des Zahnes --> **Fertig, Fertig, Rotieren, Krv/Knt/Achs** --> Selektion der Achse des Fusskreiszyllinders -> Eingabe des Winkels (ist an dieser Stelle unerheblich, sollte aber logisch sein, z.B. 30) -> **In Ordnung, Fertig, Fertig, OK**. Das Resultat sehen Sie in Abbildung 18

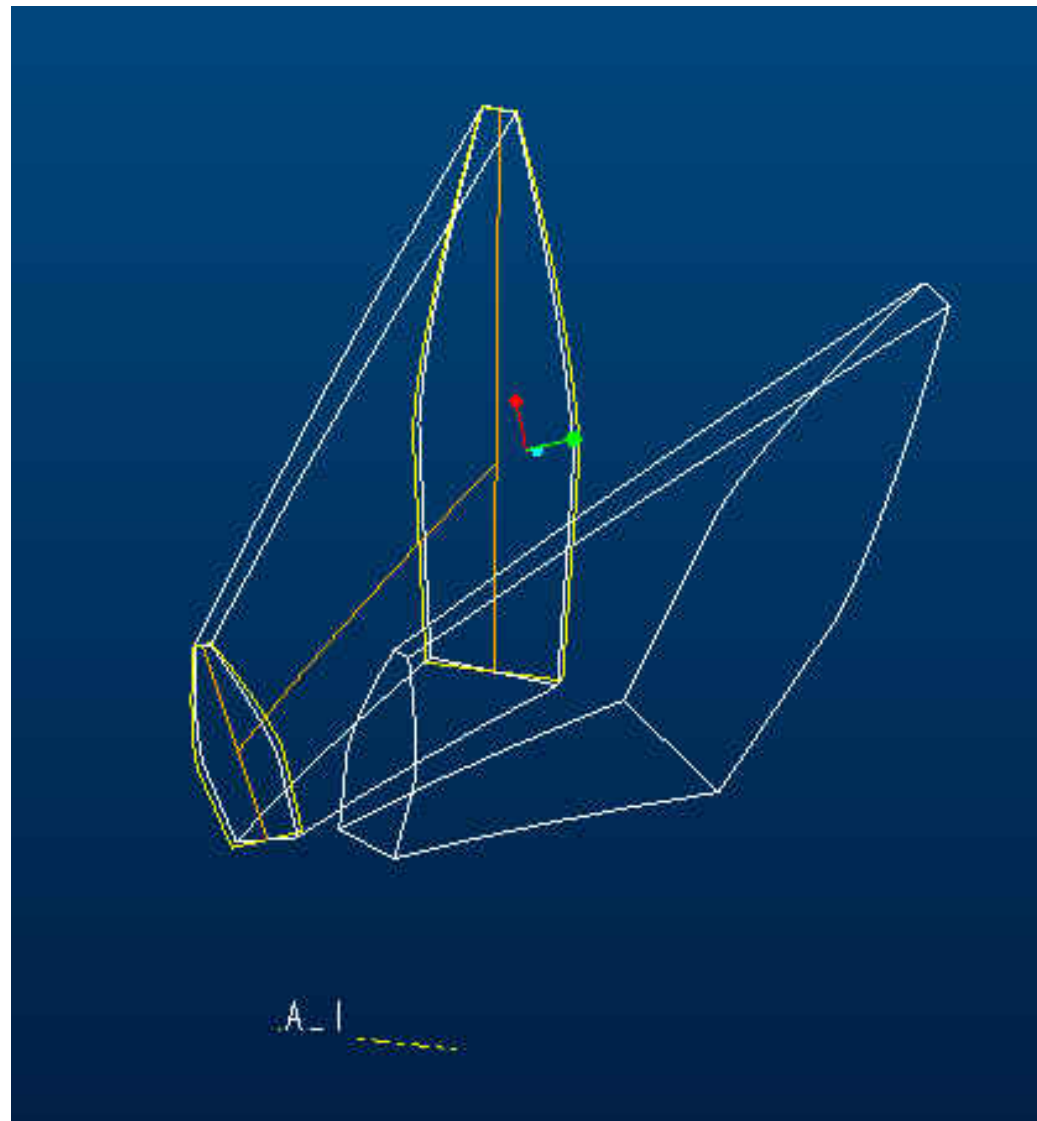


Abbildung 18

14. Mustern Sie nun diesen transformierten Zahn mit Hilfe des Winkels. Die Werte sind an dieser Stelle ebenfalls nicht relevant, sollten aber logisch sein (z.B. 30 Grad und Anzahl 5).
 15. Setzen Sie nun die Anzahl der gewuenschten Zaehne in Relation zu den Bemasungen. Fuegen Sie also folgende Beziehungen hinzu:
=====
- ```
/* Zaehne Zahl
P48= Z1
```

```
/*Zaehne Winkel fuer die Musterung
```

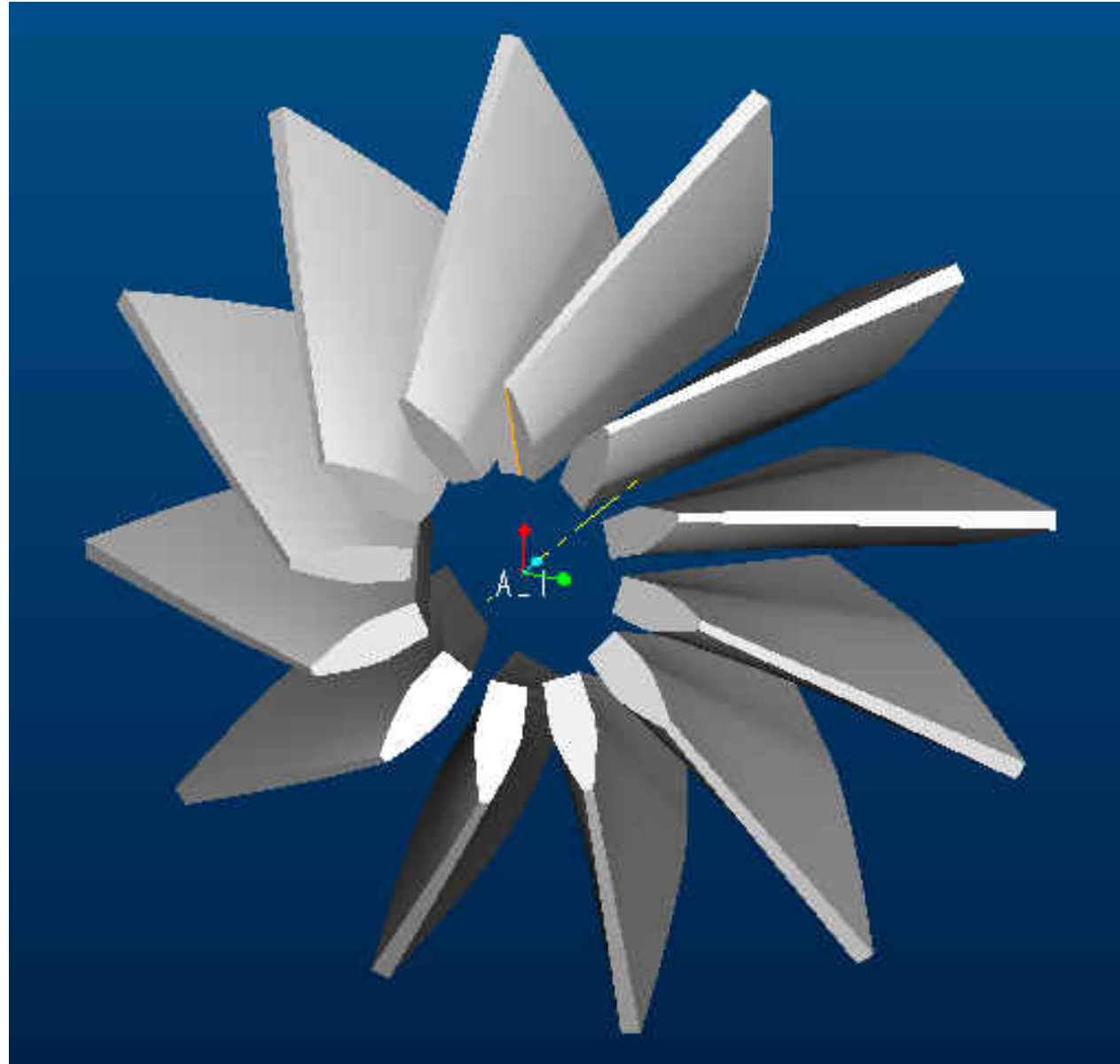
```
D47=360/Z1
```

```
/*Zaehnewinkel fuer die Erste Kopie
```

```
d30=d44
```

```
=====
```

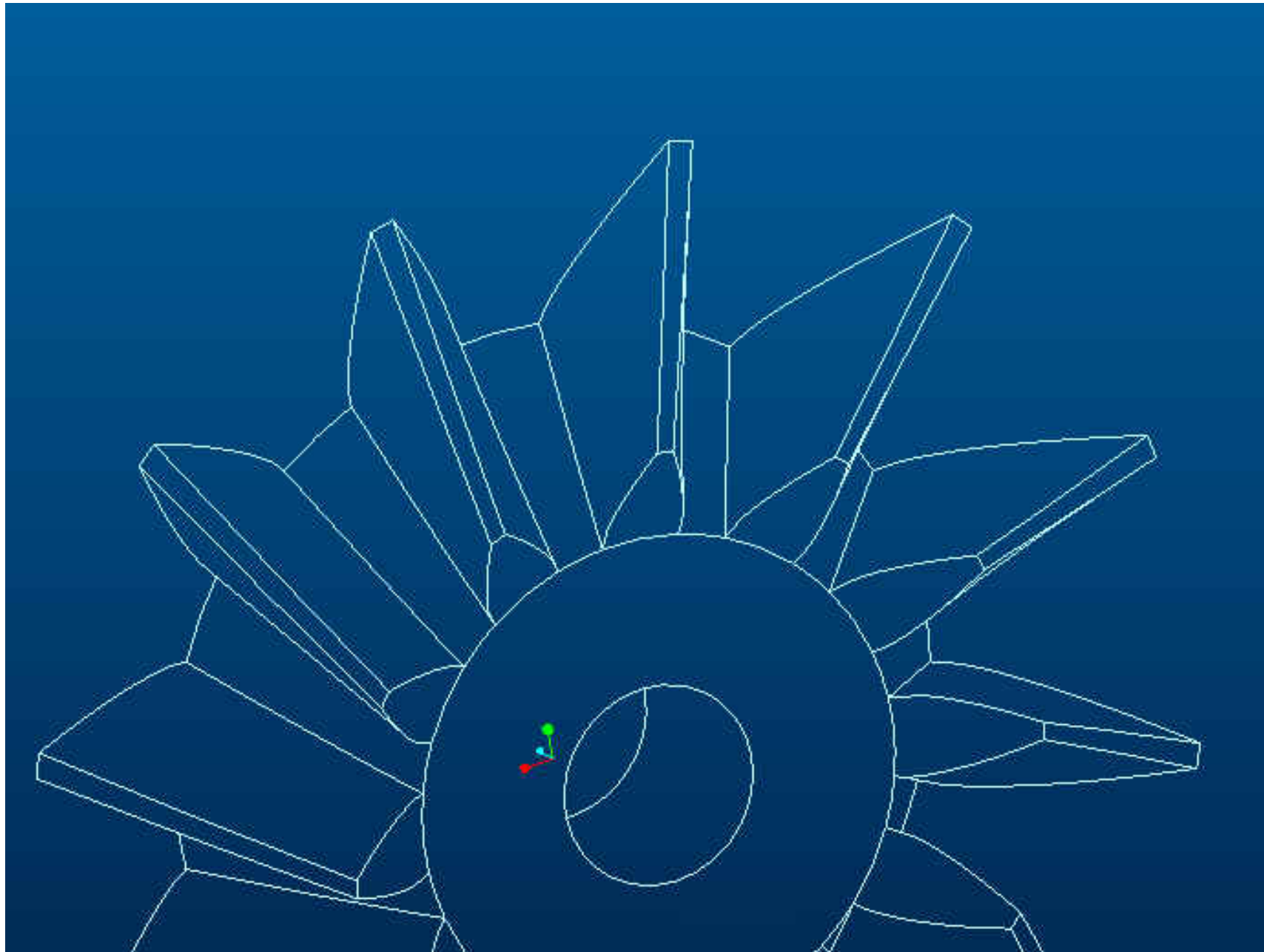
16. Regenerieren Sie das Model so dass folgende Geomerie entsteht (Abbildung 19)

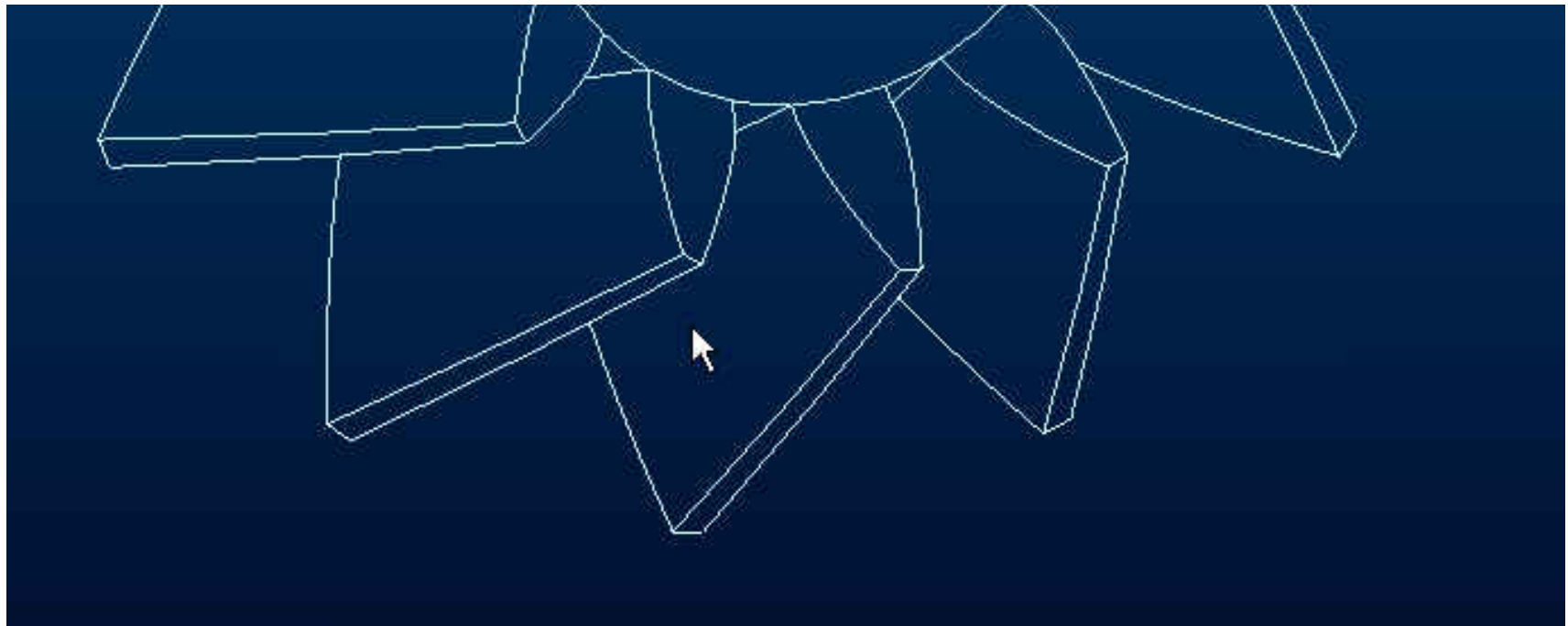




## Abbildung 19

Durch das Erzeugen vom Rotationssymmetrischen Koerper und dann von einem Material Schnitt wird die Geometrie je nach belieben vervollstaendigt. Siehe z.B. Abbildung 20:





**Abbildung 20**