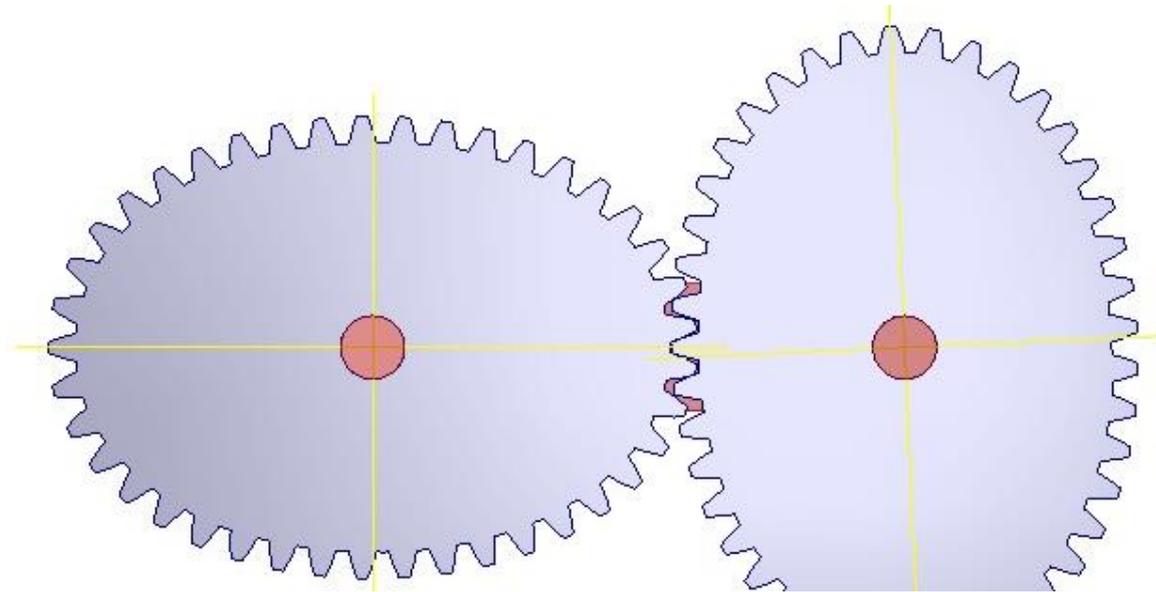


Ovales Zahnrad mit Excel und Autodesk Inventor

Anleitung zur Konstruktion eines Zahnradgetriebes mit **ovalen Zahnrädern**, welches pro voller Umdrehung mit einem Drehzahlverhältnis i von **2:1 bis 1:2** variiert!

1. **Inventor**: Neues Projekt „**Ovales-Zahnrad**“

- a) Projektordner im Ordner „**Ovales-Zahnrad**“ erstellen und speichern.



2. **Excel**: Koordinatenpunkte berechnen

- a) Excel öffnen und alle Werte gemäss unterem Bild in die **Tabelle1** eingeben:

	A	B	C	D	E	F	G
1	Ovales Zahnrad						
3	Konstanten			Formeln			
4	a=	34.3		phi=	alpha/180*Pi()		
5	b=	48.505		Radius=	2*b/((b/a+1)-(b/a-1)*cos(2*phi))		
6				x=	Radius*sin(phi)		
7				y=	Radius*cos(phi)		
9	alpha	phi	Radius			x	y
10	0						
11	10						
12	20						
42	320						
43	330						
44	340						
45	350						
46	360						

- b) Die Zahlenfelder **a**, **b**, und die Bereiche (Zeile 10 bis 46) von **alpha**, **phi** und **Radius** sind mit diesen Namen zu definieren: **Formeln > Namen definieren**

- c) Nun können die Werte **phi** (Winkel im Bogenmass), der **Radius** (Teilkreisradius des Zahnrads als Funktion des Winkels) und daraus die **x-** und **y-** Koordinaten gemäss den Formeln berechnet werden (Bild links).
- d) Die x- und y- Werte müssen nun in eine **neue Excel-Tabelle** (Bild rechts) kopiert werden (**nur Werte kopieren**) und das neue Blatt dann an die **erste Position in der Excel-Datei abgespeichert** werden.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Ovales Zahnrad						
2							
3	Konstanten			Formeln			
4	a=	34.3		phi=	alpha/180*Pi()		
5	b=	48.505		Radius=	2*b/((b/a+1)-(b/a-1)*cos(2*phi))		
6				x=	Radius*sin(phi)		
7				y=	Radius*cos(phi)		
9	alpha	phi	Radius			x	y
10	0	0.00	48.51			0.00	48.51
11	10	0.17	47.91			8.32	47.18
12	20	0.35	46.26			15.82	43.47
13	30	0.52	43.95			21.98	38.07
14	40	0.70	41.42			26.62	31.73
15	50	0.87	39.02			29.89	25.08
16	60	1.05	37.01			32.05	18.50
17	70	1.22	35.52			33.37	12.15
18	80	1.40	34.61			34.08	6.01
19	90	1.57	34.30			34.30	0.00
20	100	1.75	34.61			34.08	-6.01
21	110	1.92	35.52			33.37	-12.15
22	120	2.09	37.01			32.05	-18.50
23	130	2.27	39.02			29.89	-25.08
24	140	2.44	41.42			26.62	-31.73
25	150	2.62	43.95			21.98	-38.07
26	160	2.79	46.26			15.82	-43.47
27	170	2.97	47.91			8.32	-47.18
28	180	3.14	48.51			0.00	-48.51
29	190	3.32	47.91			-8.32	-47.18
30	200	3.49	46.26			-15.82	-43.47
31	210	3.67	43.95			-21.98	-38.07
32	220	3.84	41.42			-26.62	-31.73
33	230	4.01	39.02			-29.89	-25.08
34	240	4.19	37.01			-32.05	-18.50
35	250	4.36	35.52			-33.37	-12.15
36	260	4.54	34.61			-34.08	-6.01
37	270	4.71	34.30			-34.30	0.00
38	280	4.89	34.61			-34.08	6.01
39	290	5.06	35.52			-33.37	12.15
40	300	5.24	37.01			-32.05	18.50
41	310	5.41	39.02			-29.89	25.08
42	320	5.59	41.42			-26.62	31.73
43	330	5.76	43.95			-21.98	38.07
44	340	5.93	46.26			-15.82	43.47
45	350	6.11	47.91			-8.32	47.18
46	360	6.28	48.51			0.00	48.51

	A	B
1	mm	mm
2	x	y
3	0.000	48.505
4	8.319	47.179
5	15.823	43.474
6	21.977	38.065
7	26.623	31.728
8	29.892	25.083
9	32.051	18.505
10	33.375	12.147
11	34.080	6.009
12	34.300	0.000
13	34.080	-6.009
14	33.375	-12.147
15	32.051	-18.505
16	29.892	-25.083
17	26.623	-31.728
18	21.977	-38.065
19	15.823	-43.474
20	8.319	-47.179
21	0.000	-48.505
22	-8.319	-47.179
23	-15.823	-43.474
24	-21.977	-38.065
25	-26.623	-31.728
26	-29.892	-25.083
27	-32.051	-18.505
28	-33.375	-12.147
29	-34.080	-6.009
30	-34.300	0.000
31	-34.080	6.009
32	-33.375	12.147
33	-32.051	18.505
34	-29.892	25.083
35	-26.623	31.728
36	-21.977	38.065
37	-15.823	43.474
38	-8.319	47.179
39	0.000	48.505

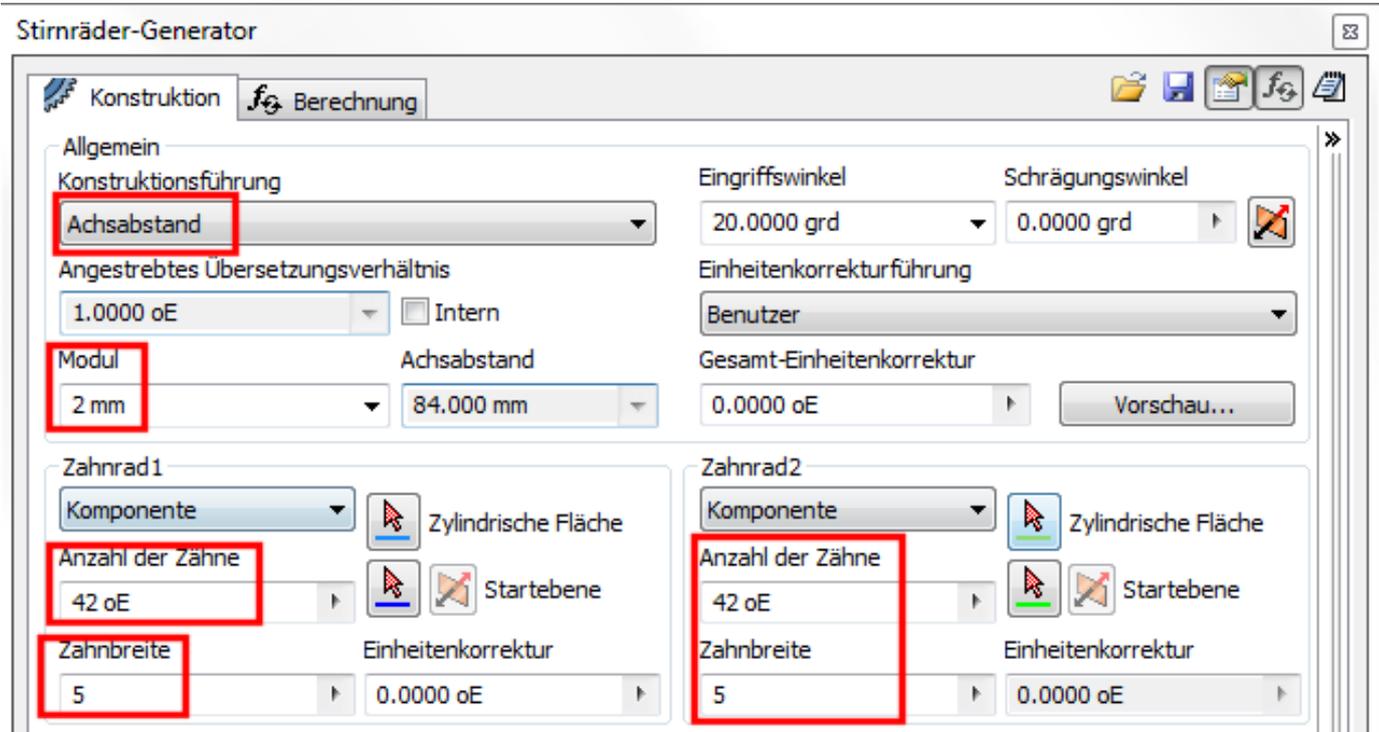
- e) Die Excel-Datei mit dem Namen „**Berechnungen**“ in den **Projektordner „Ovales-Zahnrad“** von Inventor abspeichern und Excel schliessen.

3. Inventor: Zahngeometrie erzeugen

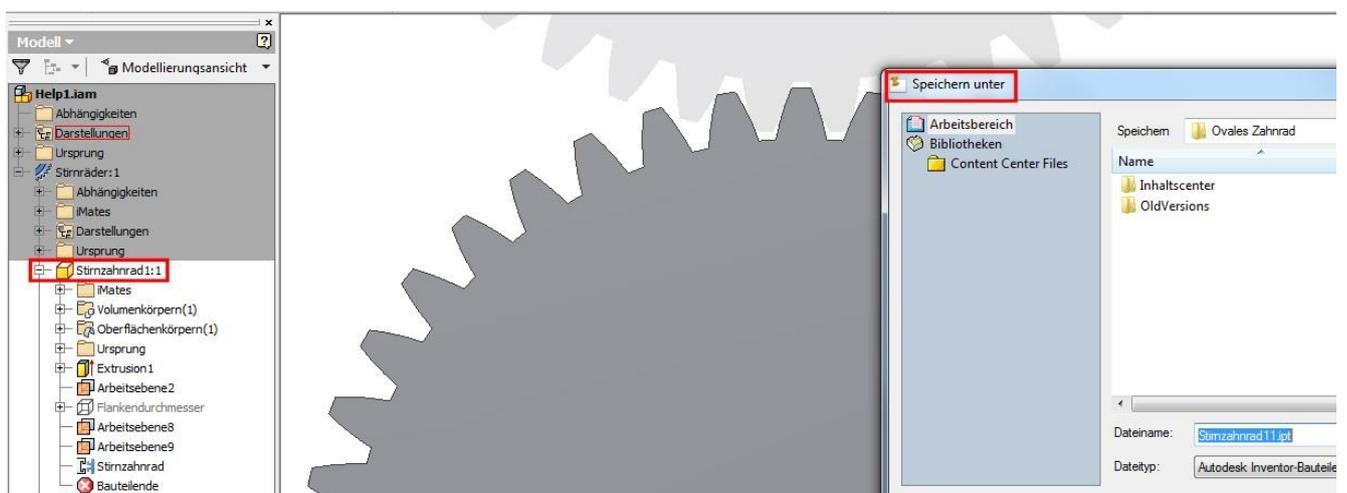
Das Zahnrad soll mit dem **Modul 2 mm**, mit **42 Zähnen** und der **Dicke 5mm** erstellt werden. Damit die Zahnform etwa stimmt, entnehmen wie diese einem gewöhnlichen Stirn-Zahnrad, welches wir mit dem Konstruktionsassistenten erzeugen.

Vorgehen:

- Eine neue Baugruppen-Zeichnung (Assembly) erstellen und als „**Temp.iam**“ speichern.
- Darin mit dem **Konstruktionsassistenten** 2 Stirnräder mit den folgenden Werten erzeugen:

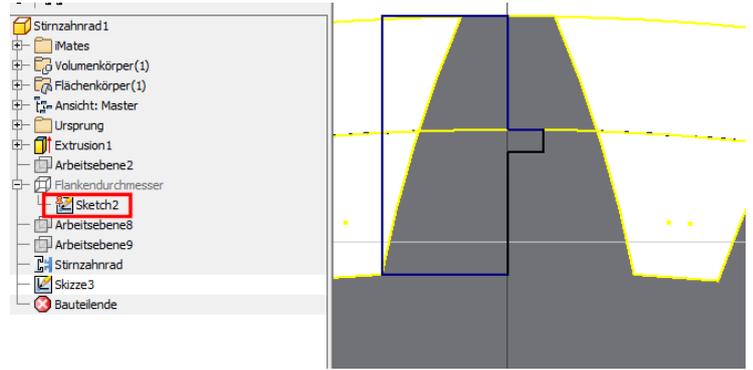
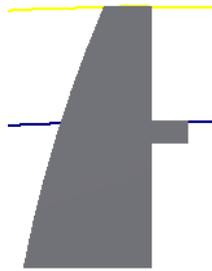


- Auf das **Stirnzahnrad1** wechseln und als **Stirnzahnrad11** im Arbeitsbereich speichern und die Baugruppe **Temp.iam** ohne zu speichern schliessen (wird nicht mehr gebraucht).



Halber Zahn, wie in der Abbildung ausschneiden

- Die Zeichnung „**Stirnrad11**“ einfügen, ausrichten und die Skizze2 sichtbar machen.
- Auf einer neuen Skizze ein Rechtecke zeichnen.
Das kleine Rechteck dient der späteren genauen Positionierung!

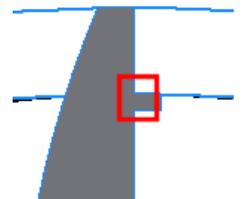


- Extrusion als Schnittmenge** erzeugen.
- Stirnrad11.ipt** erneut speichern.

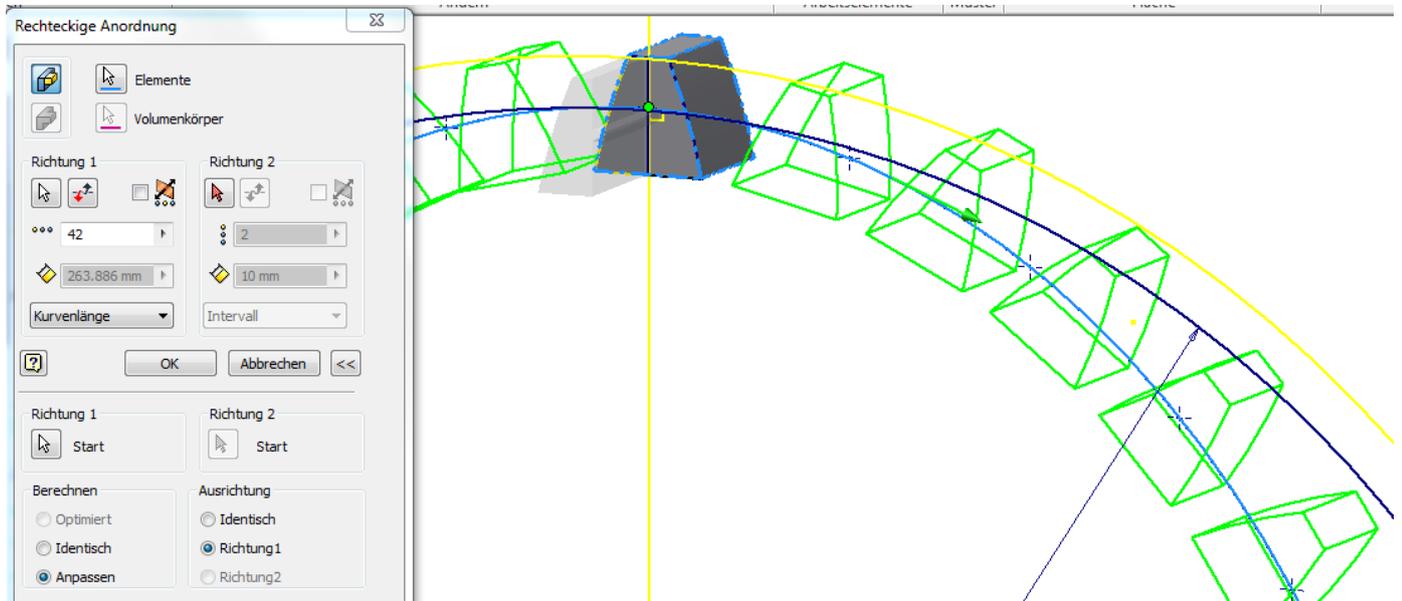
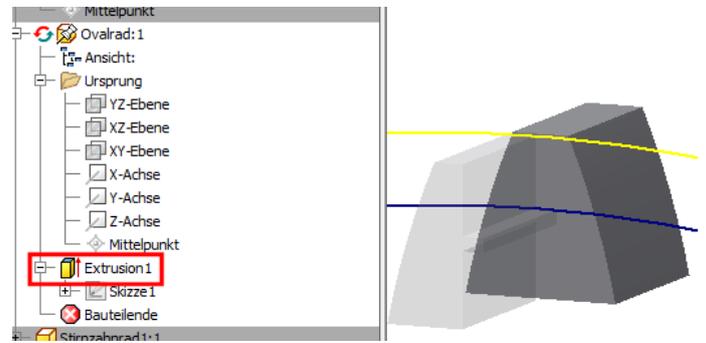
4. Inventor: Oval-Zahnrad erzeugen

- Eine **neue Baugruppe** erstellen und als „**Getriebe.iam**“ speichern
- Darin das Teil „**Ovalrad.ipt**“ auf die x/y-Ebene erstellen und ebenfalls auf die x/y-Ebene eine Skizze erzeugen.
- In der Skizze die **x- und y-Achsen projizieren**.
- Den Teilkreis des Oval-Zahnrades aus den Ellipsenpunkten der Excel-Liste als **Spline** generieren
- Die Punkte **fixieren**, Skizze beenden. (→ siehe untenstehende Figur)

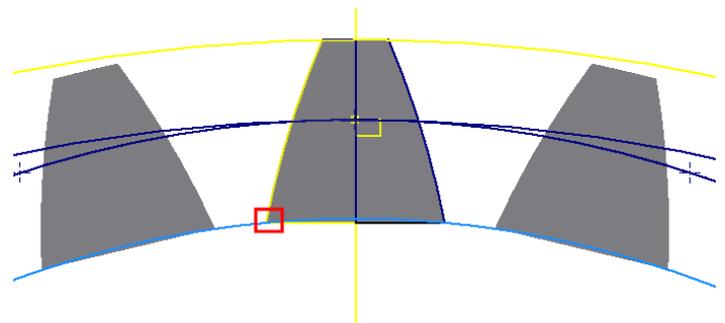
- In die Baugruppe zurückwechseln.
- Platzieren des Teils **Stirnrad11.ipt** in dieselbe Baugruppe und die Zahnhälfte nach Auge genau auf das Oval ausrichten.
- In die **Skizze des Ovalrads** wechseln. Den ersten Zahn durch projizieren und spiegeln der Zahnhälfte erzeugen. **Extrusionsdicke = 5 mm** nach hinten.



- i) Die Adaptivität bei der Extrusion1 entfernen
- j) **Skizze1** wiederverwenden → Oval wird sichtbar.
- k) Zahn vervielfältigen: **Rechteckige Anordnung**, Richtung1 ist das Oval, übrige Werte wie abgebildet eingeben. OK.

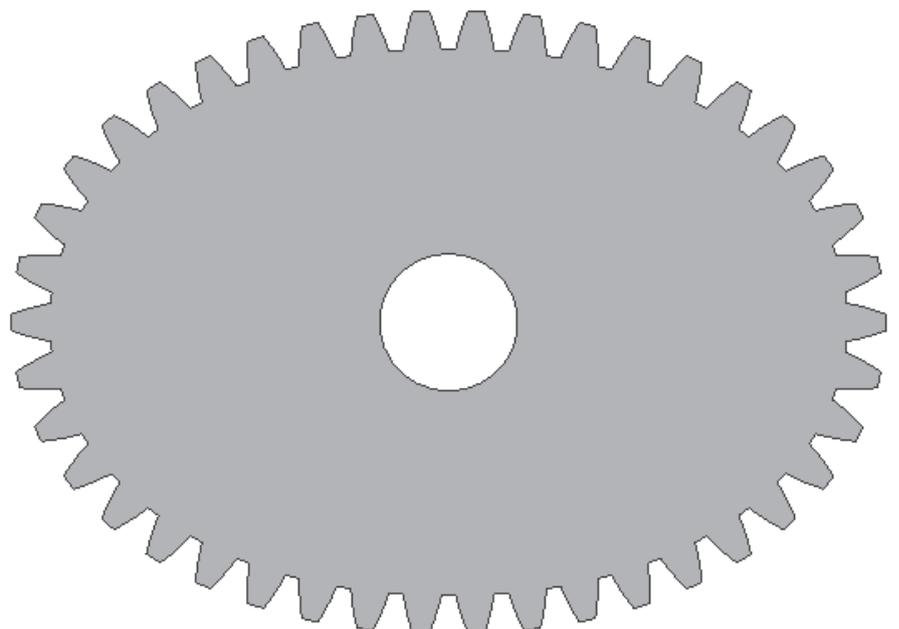


- l) Neue Skizze auf den obersten Zahn legen.
- m) **Oval projizieren** und **versetzen**, **koinzident** zum Zahn.
- n) Inneres Oval mit „**Bis**“ hinten **extrudieren**,
- o) **Skizze1 unsichtbar** setzen.



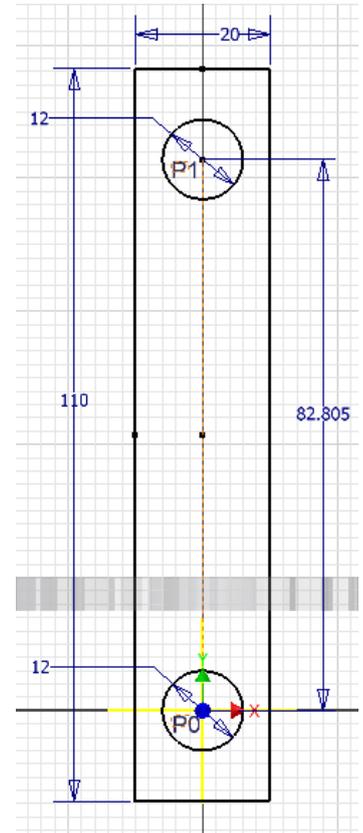
- p) **Zentrumsbohrung d=14 mm** erzeugen (Kreis extrudieren).

- q) **Ovalrad abspeichern** und
- r) in die Baugruppe „**Getriebe**“ wechseln.
- s) **Stirnrad11** aus der Baugruppe **löschen**.
- t) Beim Ovalrad die **Adaptivität ausschalten** und die Fixierung lösen.



5. Inventor: rote Halterung erzeugen

- Im Zusammenbau „**Getriebe.iam**“ die Teilezeichnung „**Halter.ipt**“ in der x/y-Ebene erstellen.
- Projizieren** der **x-** und der **y-Achsen**
- Konstruktionslinie** von Punkt P₀ [0 / 0] bis P₁ [0 / (48.505 + 34.3)] = der Summe der Halbachsen zeichnen.
- Kreise** mit **d=12** in den Endpunkten und **Rechteck 20 x 110** zentriert zeichnen
- Rechteck nach **hinten** mit **5 mm** **extrudieren**
- Skizze wiederverwenden**
- Kreise nach **vorne** mit **10 mm** **extrudieren**
- Skizze1 unsichtbar setzen
- Material **rot (klar)** definieren: **Verwalten > Stil-Editor > Farbe**



6. Inventor: Getriebe zusammenbauen

- Ovalrad zwei Mal in die Baugruppe einfügen.
1. Ovalrad auf die untere Achse, 2. Ovalrad auf die obere Achse montieren.
- Von Auge ausrichten
- Winkelabhängigkeit zur Halterung mit Wi1 und Wi2 definieren
- Animation: „**Bauteil nach Abhängigkeit bewegen**“

>> Hinweis:

$Wi2 = f(Wi1)$, wobei die Winkelgeschwindigkeit von W2 nicht konstant ist, ist doch das Radiusverhältnis 1: 2 und damit auch die Winkelgeschwindigkeit entsprechend.

Finden Sie den Algorithmus und ersetzen Sie $-Wi1$ durch Ihre Formel!

Funktioniert es nun korrekt?? :-)

Parametername	Einheit	Gleichung	Nennwert	Tol.	Modellwert	Kommentar
Modellparameter						
d1	mm	0.0 mm	0.000000		0.000000	
d2	mm	0.000 mm	0.000000		0.000000	
d3	mm	0.000 mm	0.000000		0.000000	
Wi1	grd	0.00 grd	0.000000		0.000000	
Wi2	grd	-Wi1	-0.000000		-0.000000	
Benutzerparameter						