

**SIA - Tagebuch 2018/2019****Blatt Nr. 1****Name: Fabian Exel**

Kursleiter Lendien	Firma X	Ort Fellbach	Datum 06.02.2019	Zeit 135 min
------------------------------	-------------------	------------------------	----------------------------	------------------------

Thema**Zahnräder****Was wurde gemacht?**

Es wurde zuerst ein Kurzschluss behoben. Zum Glück ist nichts kaputt gegangen. Der Fehler trat bei der Verkabelung der Servos auf. Wie ich in einem früherem Tagebucheintrag schon beschrieben habe, ist die Verkabelung unterschiedlich zwischen den Servos (aufgrund unterschiedlichen Servotypen / Herstellern), somit sollte ich eigentlich aufpassen.

Später wurde dann noch mit den Zahnrädern für den Greifer begonnen. Da am Anfang noch nicht ganz klar war, wie die Zahnradfunktion in FreeCAD richtig funktioniert, hat man zuerst versucht, sich selbst über andere Funktionen ein Zahnrad zu konstruieren. Dafür habe ich zuerst eine Kreis mit nur einen Zacken eines Zahnrades gezeichnet und den im Kreis mehrfach gespiegelt. Der Vorteil bei dieser Methode ist, dass es zum einen schneller und einfacher geht als jeden Zacken zu zeichnen und zu berechnen, wie groß der Zacken ist / wie viele Zacken in den Kreis passen. Auf gleichmäßige Zahnverteilung sollte man eigentlich drauf achten damit der Kreis auch rund komplett aufgeht. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist das schnelle Abändern von Zähnen, indem ich einfach nur einmal meine Änderung mache und diese Änderung dann für alle anderen Zähne auch schnell übernommen wird. Am Ende hatte ich vier Konzepte für Zahnräder: bei den einen waren die Zacken eher abgerundete Rechtecke, bei den anderen waren die Zacken eher Dreiecke, ansonsten wurde noch mit der Größe und Anzahl der Zähne stark variiert.

Als ich dann meine Zahnräder einen Daimler-Motorenkonstrukteur gezeigt habe, welches wohl das beste wäre, hat er gesagt, dass alle wohl eher schlecht funktionieren werden. Er fügte hinzu, dass das Thema Zahnrad ein etwas Größeres ist, weshalb ich es hier auch nicht hier in seiner kompletten Fülle darstellen kann.

Zuerst einmal sind Zahnräder aber dafür da, Kräfte zu übertragen und Geschwindigkeiten über die Übersetzung zu ändern. Zahnräder haben eine spezielle Konstruktion, um möglichst gut zu funktionieren. Da war die Idee, dass man sich einen Kreis nimmt und den erst einmal rollen lässt. Dann schaut man sich mehrere Punkte an (siehe Schaubild 2 nächste Seite) – hier steht der Punkt M für den Mittelpunkt des Kreises, den Punkt braucht man, um anzuzeigen, wie weit der Kreis jetzt gerollt war. Der andere Punkt ist A, der ganz außen vom Kreis liegt. Jetzt bewegt man den Kreis etwas nach rechts und schaut, wie die beiden Punkte A und M liegen. Was auffällt ist, dass zwar der Mittelpunkt M immer konstant in gleichen Abständen nach rechts wandert, während A sich in einer Art Kurve bewegt. Was hat diese Erkenntnis jetzt mit Zahnrädern zu tun? Man weiß jetzt, wie sich verschiedene Punkte im Kreis bewegen wodurch man weiß, wie sich ein Kreis abrollt. Ein Zahnrad ist zwar an sich nicht direkt ein Kreis (außer man füllt dessen Zahnücken mit etwas gleichmäßig auf), aber wenn zwei Zahnräder zusammen kommen sollen sie bei der Stelle, wo sie ineinander greifen wieder so wirken, als wären die beiden Zahnräder zwei übereinander gelappte Kreise, d.h sie sollen sich gegenseitig ergänzen. Wäre es anders, dann würden sich die Zahnräder nicht richtig abrollen und sich wahrscheinlich verhaken. So kommt man jetzt auf die Form.

Was jetzt auch noch wichtig ist, ist der Winkel α . Er gibt an, in welchen Winkel die linke Kurve (also die Kurve, die zum Beispiel vom Punkt A erzeugt wurden ist) und der Mittelpunkt zueinander stehen. Hier als Linie ist dann die Tangente gemeint beim Punkt A. Durch ausprobieren haben Konstrukteure gesehen, dass sich wohl ein 20° Winkel am besten eignet. Wäre übrigens $\alpha = 0^\circ$, dann gäbe es kein Zahnrad mehr, sondern eine Zahnstange.

Bei einem Zahnrad, was mit einem anderem Zahnrad zusammen arbeiten soll, sollte man als weiteren Punkt noch wissen, wie viele Zähne jetzt jeweils ein Zahnrad hat. Dafür rechnet man bei beiden Zahnräder den Durchmesser den Durchmesser des äußeren Kreises (d) geteilt durch den Abstand äußerer Kreis / innerer Kreis (m) des Zahnades und vergleicht jetzt die beiden.



Schaubild 1: Die fertig ausgedruckten Zahnräder

Arbeitsblätter: X

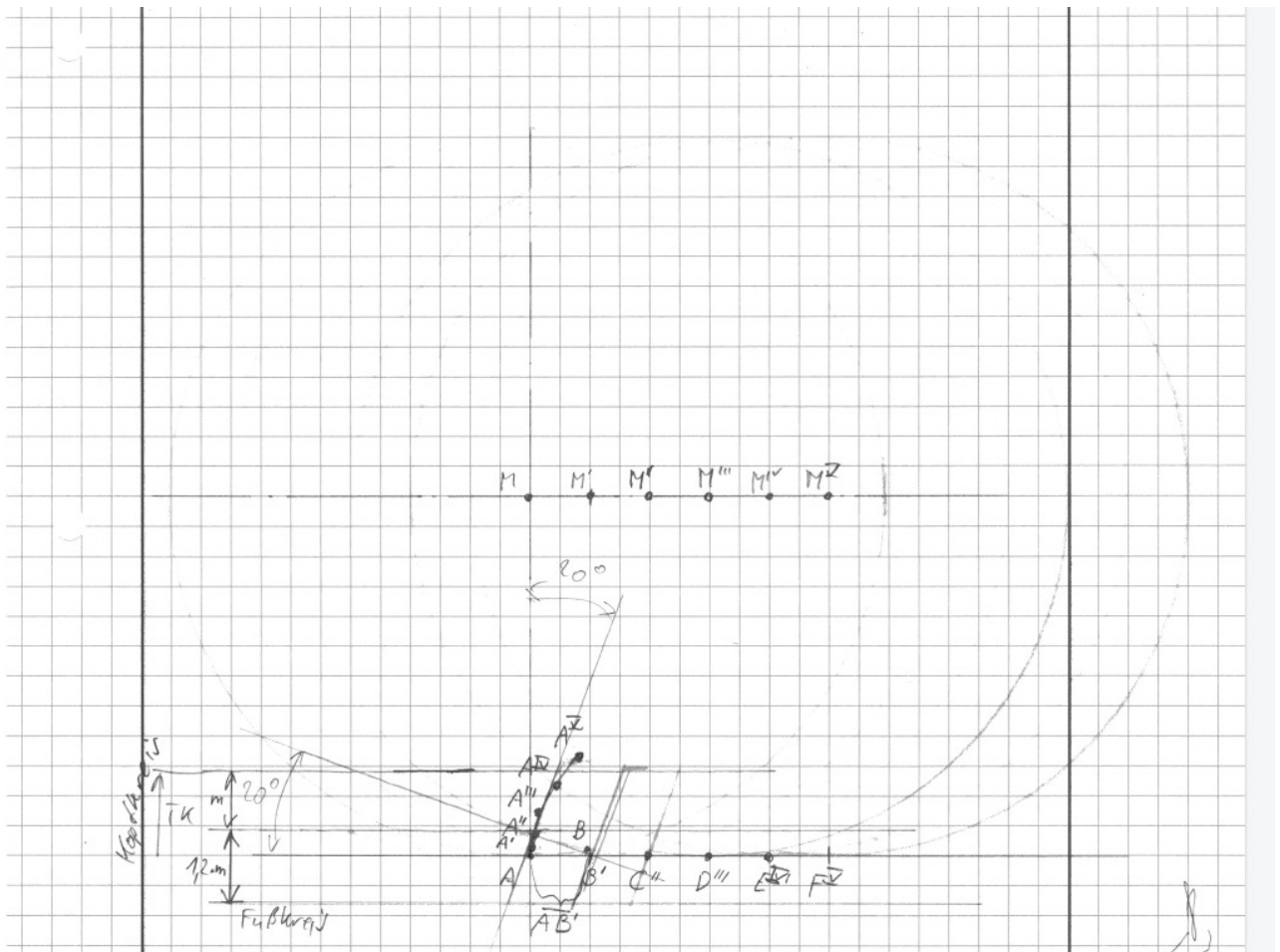


Schaubild 2: Herleitung der Zahnform eines Zahnrades

Man muss bei der Rechnung einige Sachen beachten: der Abstand äußerer Kreis / innerer Kreis (m) muss immer bei beiden Zahnräder der selbe sein, damit die Zähne auch optimal in einander greifen können und bei beiden Zahnrädern muss als Ergebnis der Rechnung immer eine natürliche Zahl heraus kommen, weil es keine halben / negativen Zahnräder gibt. Zum ausprobieren für meine Zahnräder habe ich eine Tabelle erstellt, mit den Durchmessern, die meine Zahnräder haben sollen (ich habe später nur kleinere genommen, weil aufgefallen ist, das ansonsten der Platz nicht reichen wird / der Greifer viel zu groß wird. Die Rechnung ist aber im ganzen nach dem selben Prinzip nach verlaufen).

	m=5	m=4	m=3	m=2,5
d ₁ =50mm	Z ₁ =50/4=10	Z ₁ =50/4=12,5	Z ₁ =50/3=16,8	Z ₁ =50/2,5=20
d ₂ =70mm	Z ₂ =70/4=14	Z ₂ =70/4=17,5	Z ₂ =70/3=23,3	Z ₂ =70/2,5=28

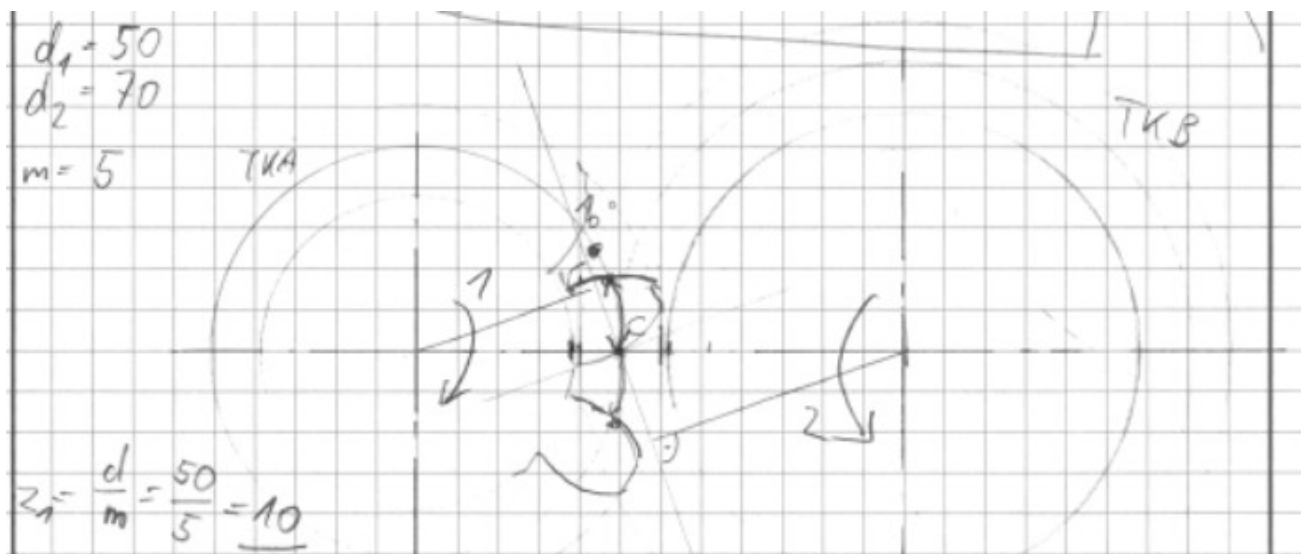


Schaubild 3: Zahnradkonstruktion auf Blattpapier zum ausprobieren

Man kann jetzt hier sehen, dass man für m nicht 4 oder 3 nehmen sollte, sondern eher 5 oder 2,5. $m=5$ ist dennoch nicht gerade das Beste, weil hier die Zähneanzahl recht gering ist. Generell kann man sagen, dass Zahnräder mit mehr Zähnen sich besser drehen lassen, weil mehr Zähne ineinander greifen können. Entwickler von Zahnrädern sollten also darauf achten, die Zahnbreite und den Zahneingriff nicht zu klein zu machen. Und zum Glück kann man auch dies berechnen. Den Zahneingriff wird mit Umfang des Zahnrades durch die Anzahl der Zähne berechnet und die Zahnbreite ist der Zahneingriff durch 2 geteilt.

Wie am Anfang des Textes beschrieben können Zahnräder über eine Übersetzung die Geschwindigkeit ändern. Dies kann man dann auch mit der Formel $i = \text{Umfang größeres Zahnrad} / \text{Umfang kleineres Zahnrad}$ oder mit der Formel $i = \text{Anzahl der Zähne großes Zahnrad} / \text{Anzahl der Zähne kleines Zahnrad}$ (wenn man von einem großen Zahnrad auf ein kleineres geht; wenn man von einem kleinem Zahnrad zu einem großem Zahnrad übersetzen möchte vertauscht man einfach die beiden Quotienten) berechnen. Bei beiden Formeln wird das selbe Ergebnis herauskommen. Das Ergebnis kann man dann mit der Drehgeschwindigkeit v multiplizieren, und weiß dann, wie schnell sich das Zahnrad dreht. Anders ausgedrückt: Das Ergebnis drückt die prozentuale Änderung der Drehgeschwindigkeit aus. Wenn man von einem kleinem Zahnrad auf ein größeres geht, dann wird die Geschwindigkeit kleiner (i muss also < 1 sein); anders herum wird sie natürlich schneller (i muss also > 1 sein).

Zahnrad GROß: $U=70\text{cm}$; $d=14$	Schnellere Übersetzung	$0,7\text{m} / 0,5\text{m} = 14 / 10 = 1,4$
Zahnrad klein: $U=50\text{cm}$; $d=10$	Kleinere Übersetzung	$0,5\text{m} / 0,7\text{m} = 10 / 14 \sim 0,7$

Am Ende stellte sich heraus, dass ich mir eigentlich nicht eine solche Mühe machen muss, weil nach (wiederholter) herum probieren in FreeCAD hat die Zahnradfunktion wieder funktioniert (zugegeben habe ich auch kurz im Internet nachgeschaut). Jetzt muss ich nur noch die Anzahl der Zähne bestimmen und das Programm hat mir das Zahnrad an die passende Größe angepasst. Mein Fehler war es, dass ich keinen Körper erstellt habe und deshalb das Programm nicht wusste, wohin es das Zahnrad jetzt basteln soll. Immerhin habe ich bei der Sache mit Zahnrädern selbst sehr viel gelernt, was ich später bestimmt auch noch brauchen werde.

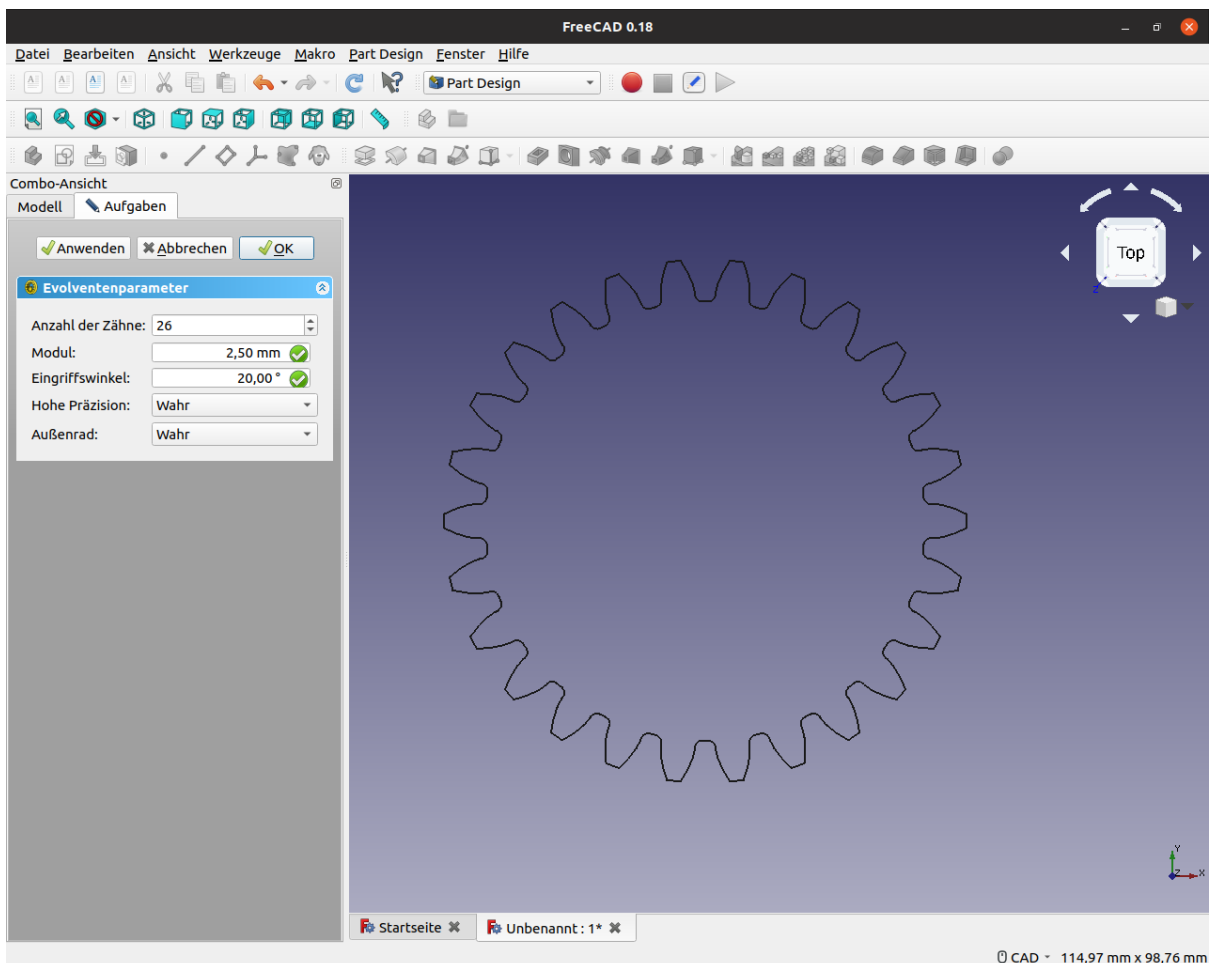


Schaubild 4: Die Zahnradfunktion in FreeCAD

Was wird in der nächsten Stunde voraussichtlich geschehen?

In der nächsten Stunde sollen die fertig ausgedruckten Zahnräder (siehe Schaubild 1) angebaut werden. Dann ist der Roboter an sich komplett fertig. Es muss aber beim Einbau auf die Stellung des anliegenden Servos geachtet werden, weil man die Stellung vom Servo nicht kennt, wie auch in welche Richtung sich der Servo drehen wird. Das alles muss noch herausgefunden werden, damit die Mechanik nicht durch das zum Beispiel immer weiter Zudrücken der Greifer kaputt geht. Wie sie montiert werden sollen, wurde schon im ersten Eintrag ausführlich behandelt und das rechte Schaubild zeigt dieses noch einmal kurz auf.

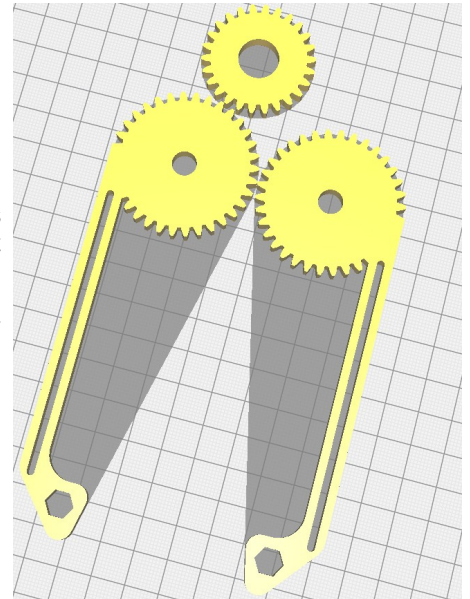


Schaubild 5: So sollen die Zahnräder angeordnet werden (Achtung: hier sind es noch ältere Konstruktionen)