

# 3D-model maken met Fusion 360

G.v.Eindhoven  
9-4-2019

## Inhoud

|   |    |
|---|----|
| Voorwoord .....                               | 2  |
| Starten .....                                 | 3  |
| Werkvlak .....                                | 4  |
| Navigatiekubus .....                          | 4  |
| Maken van een nieuw model .....               | 5  |
| Maken van een 2D-tekening van het model. .... | 6  |
| Bestandsbeheer .....                          | 7  |
| - 3D-Model opslaan.....                       | 7  |
| - 2D-Tekening opslaan.....                    | 7  |
| - PDF/DWG opslaan .....                       | 7  |
| - STL opslaan.....                            | 8  |
| Advies: .....                                 | 9  |
| Tandwielen .....                              | 10 |
| 3D-printen.....                               | 11 |
| Slotadvies .....                              | 11 |
| Slotconclusie .....                           | 11 |
| Tandprofiel uitleg .....                      | 12 |

# Starten met Autodesk Fusion 360

## **Voorwoord**

Fusion 360 is een CAD/CAM-programma waarmee je op een vrij eenvoudige manier benodigde 3D-modellen om te 3D-printen en, indien gewenst, de daarbij behorende technische 2D-tekeningen kunt maken.

CAD = Computer Aided Design    CAM = Computer Aided Manufacture

Ook heeft het de mogelijkheid om CAM-modellen te maken t.b.v. numeriek bestuurd verspaanmachines zoals freesbanken en draaibanken.

Het is door Autodesk ontwikkeld en kan door hobbyisten gratis op een computer worden geïnstalleerd via:

<https://www.autodesk.com/campaigns/fusion-360-for-hobbyists>

Het is minder compleet dan zijn grote broer Autocad en vraagt wel wat oefening om het goed te kunnen gebruiken..

In de Drawing-modus heb je geen invloed op de lijnsoorten en lijndiktes en je kunt daar geen wijzigingen in de vorm aanbrengen.

Maar ondanks een aantal beperkingen kun je in de Drawing-modus een acceptabele 2D-tekening aanmaken.

Om de kennismaking wat te vergemakkelijken volgen hieronder de globale stappen die moeten worden doorlopen om een nieuw model te maken.

## Starten

Als Fusion 360 geïnstalleerd is kan het programma geopend worden.

Het programma bestaat uit twee hoofddelen:

- Het Design-scherm waarin je een model maakt.  
Hierin kan de vorm van het nieuwe model worden gemaakt of gewijzigd.
- Een Drawing-scherm waarin je van het gemaakte model een 2D-tekening kunt maken. Dit is echter niet noodzakelijk.  
Je kun er 2D-projecties van het model maken en deze eventueel van een maatvoering en overige informatie voorzien. Deze 2D-tekening kan evt. als een werktekening of controletekening worden gebruikt.

Het programma opent standaard in de Design-modus.

Door op het naamblokje (rechtsboven) te klikken kun je in Preferences enige voorkeuren instellen.

Handig is om daar bij de Pan, Zoom, Orbit Shortcuts voor de optie Solidworks te kiezen. Dan kan men die mogelijkheden direct m.b.v. muisscrolknop bedienen.

In de Design-modus maak je het 3D-model door, met de Sketch-attributen, lijnen en vlakken te tekenen en te combineren en deze vervolgens, met de Create-attributen, een 3<sup>e</sup> dimensie te geven en zo een body te maken.

De gemaakte bodies kunnen weer gecombineerd worden tot nieuwe body's door ze samen te voegen of af te trekken.

In het onderstaande volgt een summiere uitleg over het gebruik van het programma en de hoofdstappen die moeten worden doorlopen om een body te maken.

Het is bedoeld om je een zoektocht te besparen bij het kennismaken met Fusion 360.

Na deze kennismaking zal het toch nog nodig zijn om zelf veel te oefenen met alle overige mogelijkheden die het programma biedt.

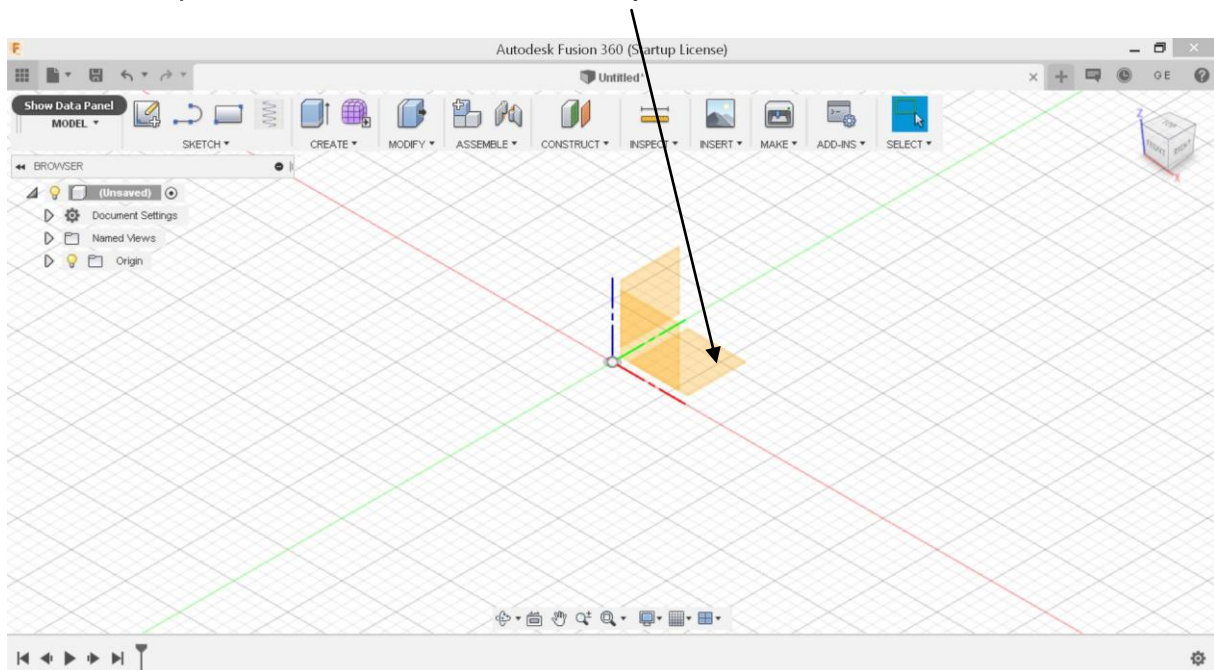
## Werkvlak

Onder werkvlak wordt hier begrepen het vlak waarin Sketch-onderdelen, zoals lijnen en vlakken, worden gecreëerd.

Als men een nieuwe Sketch aanmaakt zal Fusion 3 werkvlakken aanmaken, xy, xz en yz, die allen haaks op elkaar staan en door een gezamenlijk punt gaan, de oorsprong.

Daar we in een 3-dimensionale ruimte gaan werken is het belangrijk om te kunnen kiezen in welk werkvlak we gaan tekenen.

Standaard opent een nieuwe Sketch in het xy-werkvlak.



Men kan naar een ander werkvlak overschakelen als volgt:

- Klik links op het scherm op het lampje voor Origin
- Er verschijnen dan 3 gele werkvlakjes.
- Klik op één van deze vlakjes. Dat wordt het nieuwe werkvlak.
- Als men een tekenoptie selecteert, bv. cirkel, zal het nieuwe vlak actief worden.
- Men kan parallel aan het actieve werkvlak een nieuw werkvlak maken met Construct - Offset Plane. Zo kan men bv. 2 losse cirkels boven elkaar tekenen.

Als men al een body op het scherm heeft kan het ook door op een vlak van die body te klikken. Door weer een tekengereedschap te selecteren wordt het nieuw werkvlak actief.

## Navigatiekubus

In de rechterbovenhoek bevindt zich de Navigatiekubus.

Hiermee kan men getekende objecten a.h.w. in de ruimte rondwentelen.

Ook het werkvlak wentelt mee, dus verandert niet.

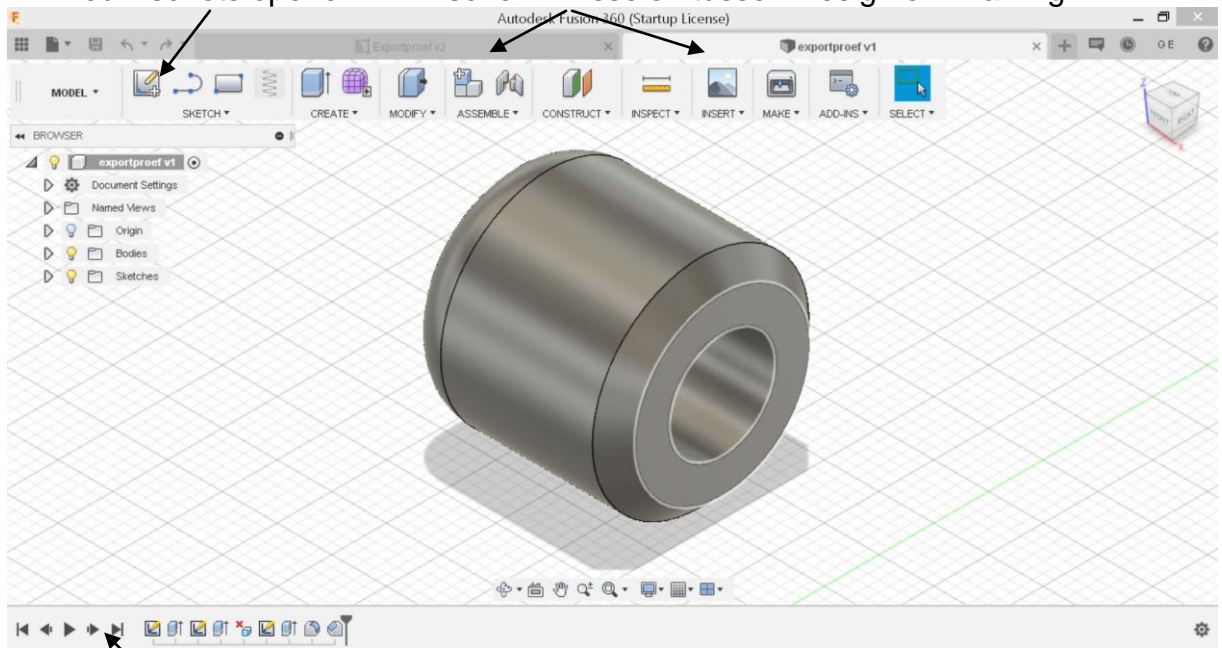
Men kan het object dus alleen van een andere richting bekijken.

Verwar dit dus niet met een ander werkvlak kiezen zoals hiervoor staat aangegeven.

Een handig alternatief om te wentelen (Orbit) is de cursorwerking via Preferences in te stellen op Solidworks.

**Maken van een nieuw model**  
nieuw schets openen

scherm wisselen tussen Design en Drawing

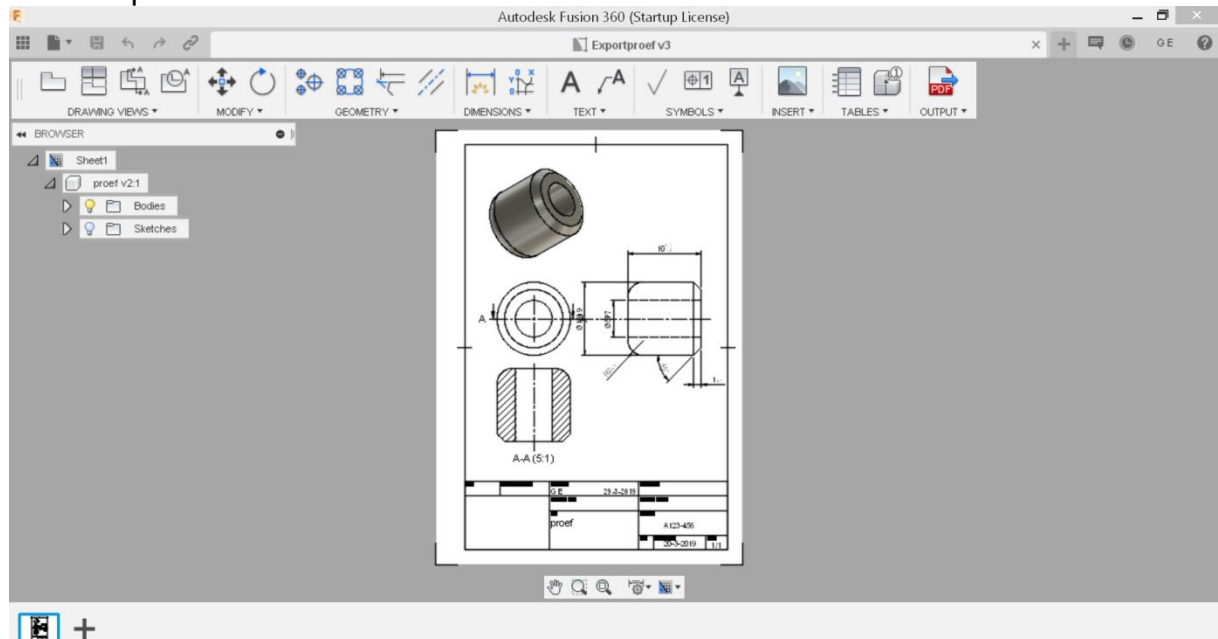


Via de Tijdlijn kan men een voorgaande handeling terughalen

- In het lint boven staan een aantal groepen met verschillende opdrachten.
- Men opent een nieuw model door linksboven op "Create Sketch" te klikken.
- Activeer in Sketch een tekengereedschap voor bv. een lijn of een cirkel
- Teken een gesloten figuur
- Maak daar een Body van d.m.v. de gereedschappen in Create of Modify
- Save het daarna via File - Save as.

## Maken van een 2D-tekening van het model.

- Klik op Model - Drawing - From Design
- Vul een naam in klik op Save
- Klik op Sheet Size en kies een formulierformaat
- Klik op OK



- Nu verschijnt de Drawing-modus met daarin het gekozen formulier.
- Drop het gemaakte model in het formulier
- Klik in Drawing Views op Projected Views
- Maak de gewenste aanzichtprojecties door de gewenste projecties vanuit het Model te slepen en te plaatsen.
- Evt. kun je m.b.v. Section View ook nog een doorsnede aanmaken.
- Daarna kun je bematicen via Dimensions.
- Door op een ingevoerde maat te dubbelklikken verschijnt een menuutje waarmee je de maatvoering kunt aanpassen met bv. toleranties, passing aanduiding en andere symbolen.
- Ook kun je losse teksten invoeren en de teksten in de onderhoek invullen.
- Je kunt de uitvoering of dikte van de lijnen niet wijzigen. Jammer!
- Tot slot kun je de tekening opslaan en evt. printen op papier.
- Maak ook een PDF en sla die op op je computer. Die kun je dan later direct benaderen om te printen of e.e.a. na te kijken.

Opmerking,

De 2D-tekening is een zelfstandig document.

Als dus later aan het 3D-object in Design wijzigingen aanbrengt worden die niet doorgevoerd in de 2D-tekening. Je moet dan dus een nieuwe 2D-tekening aanmaken.

## Bestandsbeheer

In dit programma is het beheren van de bestanden nogal lastig.

Standaard worden alle 3D- en 2D-bestanden in de cloud bij Autodesk opgeslagen in een speciaal Fusion-formaat met de extensie .F3D.

Dat gaat vrij gemakkelijk en wil alleen maar via de cloud werken dan gaat dat prima.

De reden hiervan is dat hierdoor de project-bestanden van meerdere locaties af benaderd en bewerkt kunnen worden.

Lastiger wordt het als je je bestanden op je eigen computer wilt opslaan.

- Een project zal meestal bestaan uit een 3D-model dat gemaakt wordt in de Design-modus en een 2D-tekening die gemaakt is in de Drawing-modus. Deze moeten ieder vanuit hun eigen modus worden opgeslagen en worden standaard opgeslagen in de cloud.

Let op dat ze of verschillende namen krijgen of in verschillende mappen worden opgeslagen omdat ze elkaar anders overschrijven.

- **3D-Model opslaan**

Normaal wordt het model vanuit de Design-modus als F3D-formaat opgeslagen in de cloud. Dat doe je via de groep File

Je kunt het echter ook via File-Exporteren opslaan op je eigen computer.

- **2D-Tekening opslaan**

Normaal wordt de tekening vanuit de Drawing-modus ook als F3D-formaat opgeslagen in de cloud. Dat doe je via File.

Je kunt ze dus alleen via de cloud opslaan en ophalen. Wel lastig!

- **PDF/DWG opslaan**

Omdat je de 2D-tekening niet op je computer kunt opslaan is het zinvol om de 2D-tekening ook als PDF-formaat op te slaan op je eigen computer.

Zo heb je de 2D-tekeningen altijd direct beschikbaar voor inzage of communicatie

Dat kan in de Drawing-modus via Output.

Als DWG kun je hem ook opslaan op je computer maar niet terughalen in Fusion. Ook het openen in andere CAD-programma's gaat dikwijls niet goed.!

- **STL opslaan**

Als het model klaar is wordt er meestal een STL-bestand van gemaakt. Dat kan dan worden gebruikt om er op een 3D-printer een 3D-print mee te maken.

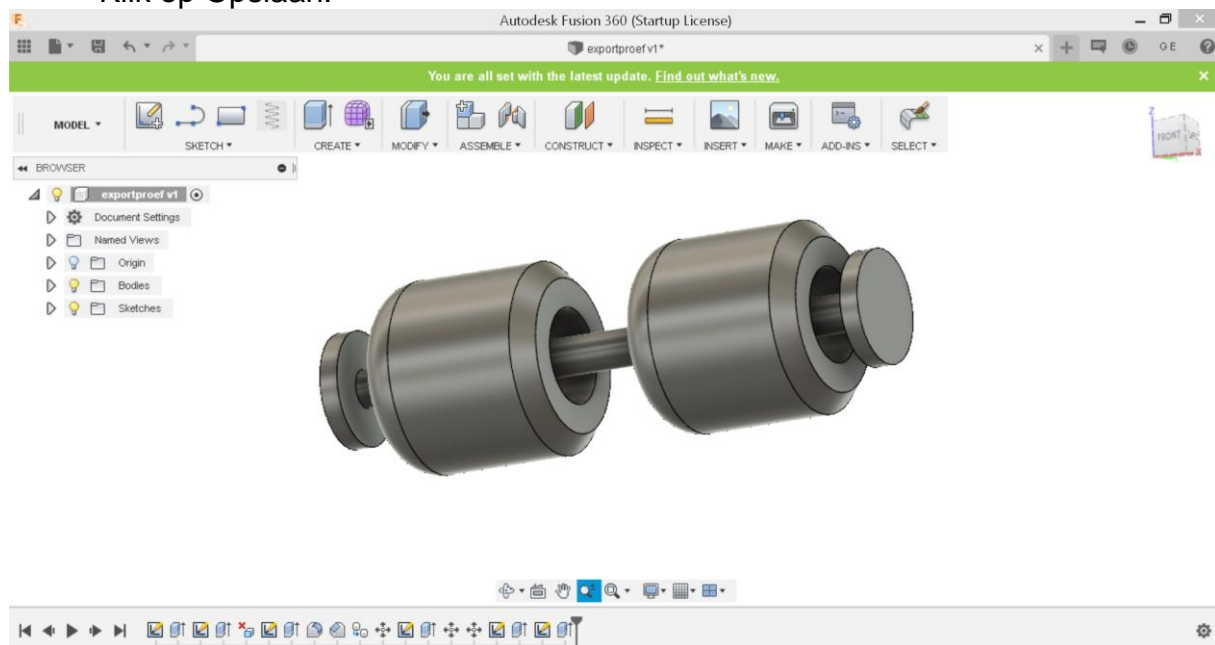
Het STL-bestand maken voor een losse body gaat als volgt:

- Klik op Make
- Klik daar op 3D-print
- Selecteer de betreffende body
- Stel evt. de parameters bij
- Vink bij Output het vinkje weg bij Send to 3D-print utility
- Klik op OK
- Geef de bestemmingsmap aan (liefst op eigen computer)
- Klik op Opslaan

Wil je meerdere body's samen printen dan is het soms (als er gaten in de body's zitten) mogelijk om die tot één printeenheid te maken door ze a.h.w. op een staafje te rijgen. Na het 3D-printen blijven ze dan bij elkaar.

Van een dergelijke groep een STL maken gaat als volgt:

- Klik met rechtermuisknop op de productnaam in de browser (linksboven). Nu worden automatisch alle body's geselecteerd.
- Klik op Save as STL
- Klik in het eigenschapsmenu op OK
- Geef de bestemmingsmap aan
- Klik op Opslaan.



Het STL-bestand kan nu worden gebruikt om het ontwerp op een 3D-printer te printen.



**Advies:**

Als je de 3D-bestanden niet via verschillende computers of locaties via de cloud hoeft te benaderen is het handiger om je 3D- en PDF-bestanden op je eigen computer op te slaan via Exporteren.

Ze zijn dan directer te benaderen, ook als geen internet aanwezig is.

Let op dat je dan ook tussentijds via Exporteren opslaat.

Exporteren gaat echter niet met de 2D-bestanden! Die zul je altijd via de cloud moeten opslaan en terughalen!

## Tandwielen

Modellen van tandwielen maken kan vrij gecompliceerd zijn.

Voorals doordat er meerdere vormen bestaan bv. recht, spiraalvormig en conisch.

Een methode is om eerst een tandflank te construeren, (best lastig ) en deze daarna te extruderen of te sweepen langs een spiraallijn.

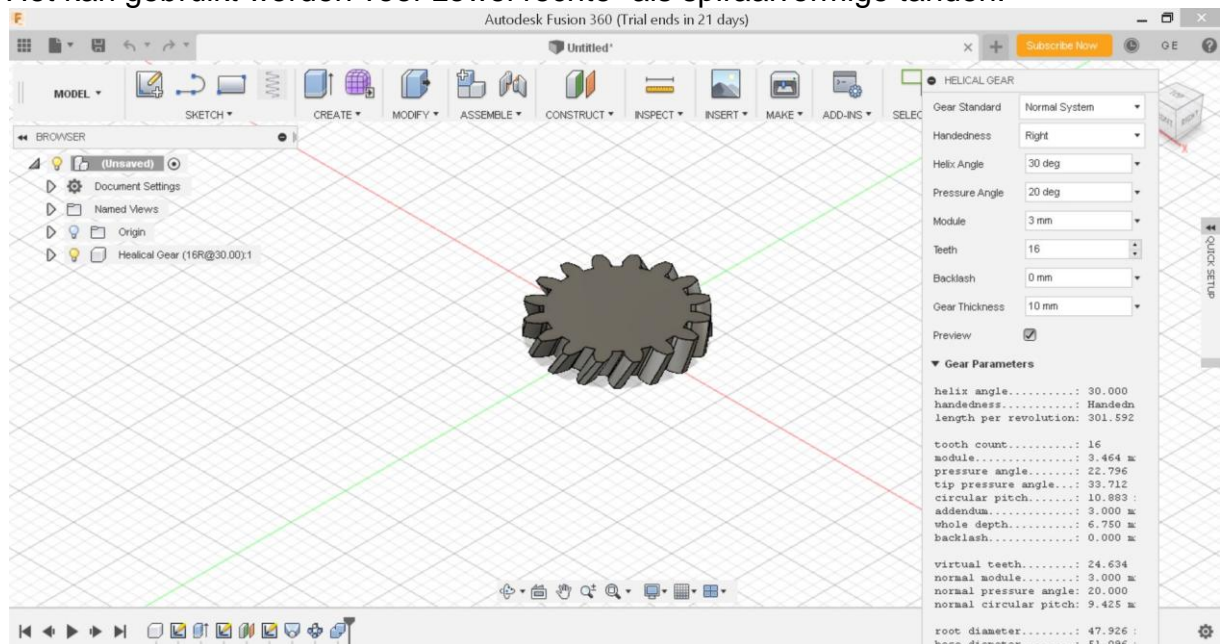
Voor conische tandwielen in Fusion 360 kan men evt de add-in Bevel Gear Design gebruiken, maar deze is zeer beperkt in het gebruik..

Voor rechte en spiraalvormige tanden is er echter een prima gereedschap in Fusion 360 beschikbaar, n.l. de Add-in 'Helical Gear Generator' die je kunt vinden en installeren in de groep Add-ins

Er wordt dan knop geplaatst in de groep Create.

Na het invullen van de basisgegevens van het tandwiel wordt het model dan gecreëerd.

Het kan gebruikt worden voor zowel rechte- als spiraalvormige tanden.



Aan de rechterzijde zie je dat tijdens het invullen van de gegevens ook een preview en alle gegevens van het tandwiel getoond kunnen worden. Zeer handig!

### **3D-printen**

Het bovenstaande gaat over het maken van 3D-modellen met Fusion 360. Uiteindelijk zal het doel zijn om eigen 3D-modellen om te zetten in tastbare voorwerpen.

Voor het maken van die voorwerpen is dan een 3D-printer nodig.

Het is echter niet nodig om zelf over een dergelijke printer te beschikken.

Er zijn een aantal professionele bedrijven die dat printen als dienst aanbieden, ook aan particulieren, vergelijkbaar met papieren visitekaartjes laten printen bij een drukkerij.

Zij beschikken over de beste apparatuur die beschikbaar is en ook is er keuze uit diverse materialen.

Een paar van die bedrijven zijn:

Shapeways (Nederland) <https://www.shapeways.com/>

i.Materialize (België) <https://i.materialise.com/>

De prijzen zijn voornamelijk afhankelijk van het productvolume maar zeer betaalbaar. Je hoeft alleen maar via internet een STL-bestand naar hun site te uploaden en een materiaal te kiezen. Daarna krijg je direct een prijsopgave.

Zelf 3D-printen is ook mogelijk maar dan zul je zelf een printer aan moeten schaffen.

Die zijn verkrijgbaar vanaf een paar honderd euro.

Het is zeer leerzaam en geeft soms leuke en praktisch bruikbare resultaten.

De kwaliteit van de 3D-print is echter duidelijk minder dan de resultaten van de professionele bedrijven. Die gebruiken meestal poederprint-systemen met printers die 100x zo duur zijn.

### **Slotadvies**

Het bovenstaande is maar zeer beknopt en dan ook alleen bedoeld om de kennismaking wat gemakkelijker te maken.

Voor een vlot gebruik zal daarna nog heel wat oefenen en zoeken noodzakelijk zijn.

Op YouTube zijn veel instructiefilmpjes beschikbaar bv. op:

<https://f360ap.autodesk.com/courses>

Ook kun je met bv. het boek Fusion 360 van Boeklagen (Bol.com) stapsgewijs een cursus doorlopen.

Daar Fusion 360 ook zeer goed geschikt is om modellen van tandwielen te maken maar de basiskennis hierover dikwijls ontbreekt volgt hieronder nog een beknopte uitleg over het gebruik van evolvente vertandingen.

### **Slotconclusie**

Fusion 360 is uitstekend geschikt om 3D-modellen te maken.

Gezien de prijs (gratis of lage kosten) is het uitstekend geschikt voor hobbyisten of beperkt zakelijke gebruikers.

De constructiemogelijkheden in de Design-modus zijn zeer compleet en nagenoeg gelijk aan de meer professionele programma's zoals Autocad xxxx of Solidworks.

Wat het maken van professionele 2D-tekeningen in de Drawing-modus betreft schiet het nogal te kort.

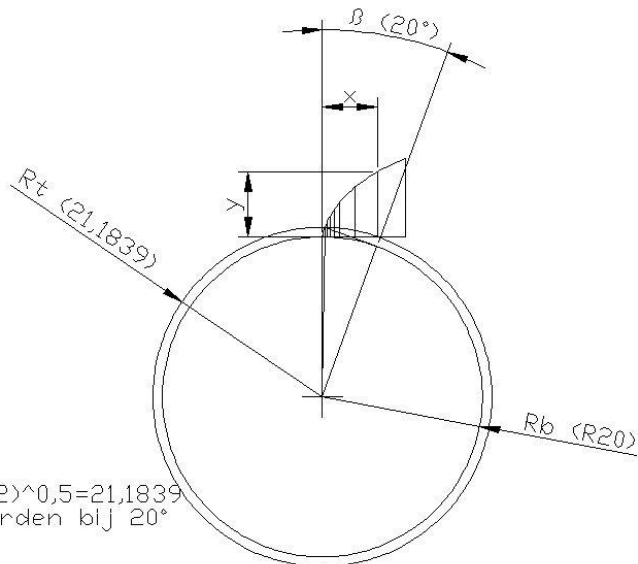
Dit wordt veroorzaakt door dat Autodesk dat werk zoveel mogelijk automatisch door het programma laat doen en er daardoor nogal wat beperkingen zijn.

Desondanks zijn de mogelijkheden voldoende om voor archivering een duidelijke tekening met de complete maatvoering en hulpteksten te maken.

## Tandprofiel uitleg

Als toegift volgt nog een uitleg over de achtergronden en constructie van evolvente tanden.

De meest voorkomende tandwielen worden geconstrueerd zijn met een evolvent tandprofiel met een drukhoek van 20°.



Evolvente constructie  
m.b.v. coördinaten en spline  
Rb=basicirkel

$$R_t = \text{steekcirkel} = \sqrt{(y+R_b)^2 + x^2} \cdot 0,5$$

$$= \sqrt{(1,182+R_b)^2 + 0,280^2} \cdot 0,5 = 21,1839$$

X en y zijn de waarden bij 20°

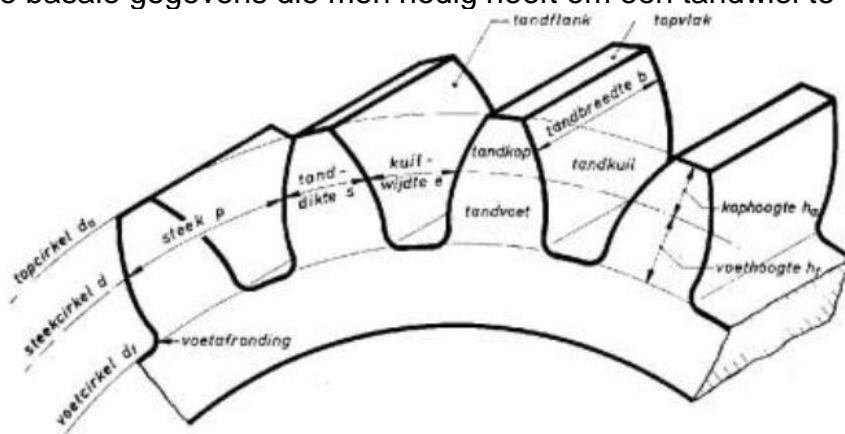
Rv=voetcirkel  
Rk=kopcirkel  
Drukhoek= 20°

In de praktijk zal het zelden nodig zijn om zelf een evolvente tandflank te construeren.

Deze flank wordt meestal door de aanmaakmethode bepaald, bv. frezen met schijffrees of afwikkeelfrees of steken op een steekbank.

In 3D-tekenprogramma's zijn meestal zijn meestal ook tools beschikbaar om tandwielen te tekenen.

Hieronder de basale gegevens die men nodig heeft om een tandwiel te construeren.



(naamgeving in de schets kan afwijken van onderstaande naamgeving)

De tandkrans van een tandwiel wordt volledig bepaald door 2 gegevens, nl het Moduul en het aantal tanden. Alle overige maten kunnen daaruit worden afgeleid.

Aantal tanden =  $z$

Moduul (modulus) =  $m$  = kengetal van het tandprofiel.  
 $m = Dk/(z+2)$   
 $m$  is meestal een geheel getal. Alleen bij de kleinere moduli kan het ook decimaal zijn. Zie hieronder de voorkeurserie 1.

De moduul m voor cilindrische tandwielen (NEN 1630, DIN 780, ISO54), serie 1 heeft de voorkeur.

|         |      |       |       |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| serie 1 | 0.1  | 0.12  | 0.16  | 0.20 | 0.25 | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.6  | 0.7  |
|         | 0.9  | 1     | 1.25  | 1.5  | 2    | 2.5  | 3    | 4    | 5    | 6    |
|         | 10   | 12    | 16    | 20   | 25   | 32   | 40   | 50   | 60   |      |
| serie 2 | 0.11 | 0.14  | 0.18  | 0.22 | 0.28 | 0.35 | 0.45 | 0.55 | 0.65 | 0.75 |
|         | 0.95 | 1.125 | 1.375 | 1.75 | 2.25 | 2.75 | 3.5  | 4.5  | 5.5  | 7    |
|         | 11   | 14    | 18    | 22   | 28   | 36   | 45   | 55   | 70   |      |

Steek =  $t$  = de boogafstand tussen 2 tanden op de steekcirkel.  
 $t = \pi \times m$

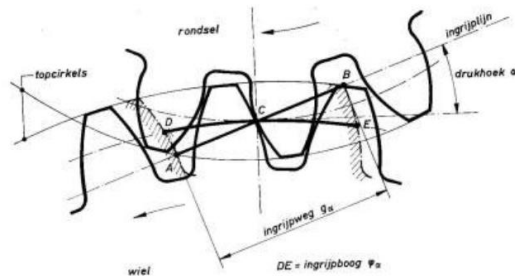
Steekcirkel =  $Dt$  = is de nominale diameter van het tandwiel.  
 $Dt = m \times z$

Kopcirkel (topcirkel)=  $Dk$  = buitendiameter van het tandwiel  
 $Dk = Dt + 2 \times m$

Voetcirkel =  $Dv$  = diameter van het tandwiel, gemeten aan de tandvoet.  
 $Dv = Dt - 2,4 \times m$

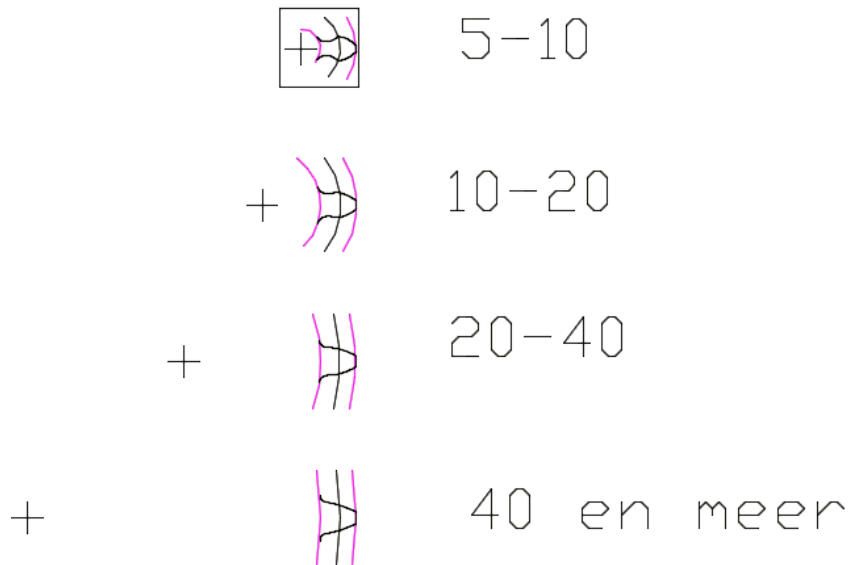
Enlargement of backlash = Verdikking of verdunning van het tandprofiel.  
 Hiermee kan men het tandprofiel verbreden of versmallen om de tandspeling te vergroten of verkleinen.

Drukhoek =  $\alpha$  = meestal  $20^\circ$



De tandkromme die door de evolvente wordt bepaald zal, bij een groter aantal tanden, vlakker worden en bij een kleiner aantal tanden boller. Dit boller worden veroorzaakt een versmalling van de tandvoet waardoor die zwakker wordt. Dit verschijnsel wordt "ondersnijding" genoemd. Die versmalling is ook nodig om te voorkomen dat, bij een klein aantal tanden, de top van het contrawiel zich in de tandvoet dringt. Door de ondersnijding wordt het toepasbare minimum aantal tanden beperkt tot 5. Het maximum aantal tanden is niet begrensd maar bij een aantal tanden  $>40$  is de tandkromme nagenoeg vlak. Bij een tandstrip, een zg. tandheugel, wordt het aantal tanden  $z$  beschouwd als oneindig en is de tandflank vlak.

Voorbeelden van de tandvormen bij verschillende tandentallen



**Opmerkingen:**

- **Moduulbepaling**

Men kan bij benadering op een simpele manier het moduul van een bestaand tandwiel vinden m.b.v. onderstaande formule:

$$m = Dk / (z + 2)$$

Rond de berekende waarde af vlg. de bovenstaande tabel.

Voorbeeld:

Gemeten waarde  $Dk = 36,4$  mm en  $z = 34$

Moduul  $m = 36,4 / (34 + 2) = 1,011 \rightarrow m = 1$

- **Schuine vertanding**

Wil men een tandwiel construeren met een z.g. schuine (is spiraalvormig) vertanding dan behoort men de tand langs een spiraal te construeren. Dit kan in 3D-tekenprogramma's meestal door het tandprofiel langs een spiraal te extruderen bv. met het SWEEP-commando.

Alleen bij zeer smalle tandwielen mag men, als benadering, een geëxtrudeerde tand evt. over een geringe hoek verdraaien i.p.v. vlg. een spiraal te construeren.