

Kart met Straalmotor

Profielwerkstuk



Knallen en tranen bij testrit op circuit van Zandvoort

Onno Wijnberg (17) bouwt
kart met straalmotor

PAGINA 13

Onno Wijnberg

**Cambium College
Examenjaar 2016**

Vak
Natuurkunde

Profiel
Natuur & Techniek

Begeleider
D. Verbaan

Foto Soenar Chamid



***‘Education is not the learning of the facts,
but the training of the mind to think!’***

Albert Einstein,

Theoretisch natuurkundige ⁽¹⁾

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Dankwoord	6
Samenvatting	7
Inleiding	8
Motivatie	8
Aanpak	8
Duurzaamheid	9
Hypothese en Onderzoeksvraag	10
Onderzoeksvraag	10
Hypothese	10
Met schone handen, deskresearch	10
Eerste stap, internet als bron	10
De tweede stap, verdiepen in de theorie van de (straal)motor	11
Wat is en hoe werkt brandstof?	11
Wat is en hoe werkt een straalmotor?	12
Wat is en hoe werkt een gasturbine?	13
Wat is en hoe werkt een Kracht?	14
Welke verschillende soorten gasturbines zijn er en wat zijn de verschillen?	14
De praktijk, vuile handen, fieldresearch	19
De eerste stap, de turbo en verbrandingskamer	19
Tweede stap, aanschaf van de kart en vermaken van de veilingkar	21
Derde stap, de compound	22
Vierde stap, het huwelijk	23
Vijfde stap, olie, brandstof en elektra	24
Laatste stap: De test	25
Sponsoring	29
Media	31
Media en sponsorwerving	32
Veiligheid	33
Willen en kunnen	34
Logboek	35
Nabespreking	35
Conclusie	35
Meten is weten	36
Voorgekomen problemen	37
Verbeterpunten	37
Bronnen	38
Bijlagen	39

Voorwoord

Voor elke leerling in 5 havo en 6 VWO is een profielwerkstuk verplicht, als een soort 'meesterproef' aan het eind van de middelbare school. Met het profielwerkstuk kunnen we laten zien wat we in onze mars hebben.

Ik, Onno Wijnberg, heb een Natuur-Techniek profiel in combinatie met de vakken informatica en economie. Voor mij was de keuze voor dit profiel erg logisch; al op jonge leeftijd was ik geïnteresseerd in techniek. Wat begon met het slopen van kapotte scooters die ik bij de kringloopwinkel kocht, werd een aantal jaren later het repareren en opvoeren van scooters. Op mijn tiende kocht ik van mijn zakgeld voor € 100 mijn eerste auto, een Fiat Panda, om aan te sleutelen.

Dat mijn profielwerkstuk dus een technisch project zou worden stond voor mij vast. Daarnaast heb ik in de loop der jaren interesse gekregen in de sectoren rond mens, bedrijf en economie. Al jaren luister ik een aantal uren per dag naar BNR nieuws radio. Ik vul mijn zakgeld aan door te handelen op Markplaats. Ik heb ervaren dat het mogelijk is een iPhone te repareren voor anderen met onderdelen die ik in China bestel. Ook heb ik geleerd dat indien ik een kapotte scooter koop en de onderdelen los verkoop ik daarmee geld kan verdienen. Contacten hebben met bedrijven vind ik leuk. Nieuwe software schrijven of mij eigen maken vind ik een uitdaging. Ik zou mijn interesses willen verbinden met mijn passie voor techniek. Dus het liefst wilde ik werken aan een interdisciplinair profielwerkstuk. Ook wilde ik er mijn creativiteit in kwijt kunnen, bij mij uit dit zich niet zo zeer in het maken van mooie schilderijen en wel in het maken van creatieve technische constructies en oplossingen

Ik had drie onderwerpen voor een profielwerkstuk uitgezocht:

- bouwen van een straalmotor
- sonoluminescentie ⁽²⁾
- een ultra light vliegtuig grotendeels gemaakt van gerecycled materiaal

Ik ben geïnteresseerd in de luchtvaart want ik blijf het bijzonder vinden dat vliegtuigen een enorme kracht kunnen ontwikkelen waardoor het lijkt dat ze aan de zwaartekracht kunnen ontkomen.

In eerste instantie wilde ik iets maken wat kon vliegen. Maar om problemen in verband met veiligheid, Rijksdienst voor Luchtvaart en dergelijke te voorkomen heb ik er toch voor gekozen om niet de lucht in te gaan. En ook mijn ouders vonden het niet zo'n goed plan om iets te gaan maken wat eventueel van de grond zou kunnen komen.

Na even denken en brainstormen is het de straalmotor geworden. Dat het moest kunnen bewegen en een motor moest hebben stond voor mij vast, een stationaire vorm van straalmotor leek mij hierom wat saai. Dit zou een boel hitte en lawaai geven maar verder zou niks bewegen, daarom heb ik zelf besloten de motor op een kart te gaan bouwen. Ook wilde ik kijken of ik dit kon doen zonder er zelf geld in te steken.

Ik moet toegeven dat het project een beetje uit de hand is gelopen. Ik heb er eerder meer dan 800 uur ingestoken dan de 80 uren die er officieel voor staan .

Dit is een interdisciplinair profielwerkstuk geworden. Naast Natuur en Techniek, mijn examenprofiel, heb ik mails en brieven in het Engels en Nederlands geschreven. Ik ben bezig geweest met economie, marketing en PR. Door mijn contacten met bedrijven heb ik een betere kijk gekregen op de maatschappij. Ik heb veel gefietst en gewerkt, dus zelfs Lichamelijke Oefening is ook goed aan bod gekomen.

Ik heb de afgelopen maanden ongelooflijk veel geleerd en met heel veel plezier aan mijn profielwerkstuk gewerkt. Ik heb er al mijn energie in kwijt gekund en heb een aantal van mijn passies kunnen combineren. Ook ben ik anders gaan kijken naar mijn manier van leren. Vandaar het citaat van Einstein. De normale lesstof op school en de standaard manier van kennis overdragen door een docent voor de klas past lang niet altijd goed bij me, maar als ik mij op deze manier kan ontwikkelen en kan leren dan merk ik dat ik veel doorzettingsvermogen heb die ik nog niet zo goed van mijzelf kende als het iets van school betrof. Dus deze projectgerichte manier van leren past heel erg bij mij en heeft daarom ook de doorslag gegeven voor de vervolgopleiding die ik wil gaan volgen na mijn eindexamen. Na mijn middelbare school wil ik naar de University College Twente, Bachelor Technology and Liberal Arts and Sciences (ATLAS) ⁽³⁾ Dit is een kleinschalige, Engelstalige internationale College University en dus heel breed qua curriculum.

Mijn profielwerkstuk: vaak stond ik ermee op en ging er weer mee naar bed. En hoewel het profielwerkstuk nu afgesloten is, loopt het project nog door; ik heb de komende maanden nog verschillende activiteiten rond mijn straalkart. Zo sta ik met mijn kart in ruil voor een brandwerend pak begin volgend jaar bij een sponsor in zijn stand tijdens de Motorbeurs in Utrecht.

Ik heb de keuze gemaakt om alleen te werken. Ik wist dat ik hier heel veel tijd in zou steken, dat ik het graag op mijn eigen manier wilde doen en niet afhankelijk wilde zijn van een klasgenoot met waarschijnlijk niet dezelfde 'drive' ten aanzien van dit project. Het feit dat ik dit project niet met een andere leerling heb gemaakt houdt niet in dat ik niet heb samengewerkt. Ik ben in contact gekomen met diverse mensen, van stagiaires tot directeuren. Zo heb ik bijvoorbeeld twee dagen samen met een lasser gewerkt. Een ongelooflijk hoeveelheid mensen hebben me geholpen met dit project. Zowel binnen school als er buiten.

Ik ben erg trots op dit werkstuk en mijn straalkart en hoop dan ook dat u dit profielwerkstuk met plezier verder leest!



Dankwoord

Natuurlijk heb ik niet alles alleen gedaan en wil ik een groot aantal mensen danken in de wetenschap dat ik dan ook mensen niet noem. Allereerst mijn school en dan vooral mijn natuurkundeleraar dhr. Verbaan. Vanaf het begin heeft hij mij gestimuleerd om vooral 'buiten het vierkantje' te gaan en heeft hij mij alle ruimte gegeven om dit project zelfstandig uit te voeren. Ook zijn kritische vragen rondom veiligheid van dit profielwerkstuk hebben me zeker geholpen om dit aspect zeer serieus te nemen. Mijn conrector Dhr. Leupen was erg flexibel; het gebeurde nogal eens dat ik binnen schooluren afspraken had bij bedrijven. Hij gaf me de mogelijkheid om onder schooltijd veel voor dit project te regelen.

Daarnaast is er een hele reeks sponsors die hebben geholpen met veel materialen en soms deelden ze ook hun kennis. Ook wil ik Pieter, Simon, Janneau en Thomas noemen, vier vrienden die mij geholpen hebben met de bouw en voor mij hebben gechauffeerd omdat ik zelf nog geen achttien ben.



● De crew: Pieter Vos, Simon Heij, Janneau Esmeijer en Thomas Bakker.

Mijn zus en ouders werden af en toe een beetje gek van dit project, want ook tijdens de vakantie in het buitenland bleef ik bezig met het werken aan mijn website en mailtjes sturen naar bedrijven. Ook groeide ons huis dicht met onderdelen. Nu is de rust weer teruggekeerd. Allemaal heel erg bedankt!

Samenvatting

Binnen het kader van een profielwerkstuk is het mij gelukt om een kart te bouwen met een eigenhandig gebouwde straalmotor en deze op het circuit van Zandvoort te laten rijden. Ik heb dit kunnen doen zonder er zelf geld in te investeren.

De hypothese: “Het is mogelijk dat ik zelf een eenvoudige goed presterende kart met straalmotor kan bouwen met een budget van € 0.” is dus bewezen.

De kostprijs van deze kart en toebehoren is gecalculeerd op circa € 12.000, bijlage 1.

Ik heb alle materialen laten sponsororen door diverse bedrijven. Ik ben twee keer op de landelijke tv geweest en ook heb ik in verschillende kranten publicaties gehad. De totale media-aandacht komt overeen met een advertentiewaarde van € 97.912, bijlage 2.

Het project is grotendeels ‘onder mijn handen ontstaan’. Dit verslag beschrijft het proces.



Inleiding

Als profielwerkstuk heb ik een kart gebouwd die wordt aangedreven door een zelfgebouwde straalmotor, ook heb ik mij verdiept in de theorie achter de straalmotor. Voor zo hoog mogelijk rendement heb ik tussen de straalmotor en de aandrijving een gebruikte vrachtwagenturbo gezet. Bij de verbranding komt erg veel warmte vrij. Om dit in goede banen te leiden heb ik een oliekoeler gebouwd om de temperatuur onder controle te houden.

Het frame van deze racekart is gebouwd op snelheden boven de 130 km/uur, ik vroeg mij af of mijn eigen kart deze snelheid zou kunnen halen?

Naast dit technische stuk is er ook aandacht voor de marketing en sponsorwerving. Ik heb mezelf uitgedaagd door te stellen dat ik dit project wilde maken zonder zelf geld te investeren, dus met behulp van sponsors.

Het doel van mijn profielwerkstuk was het onderzoeken van de volgende vraag:

“Kan ik zelf een eenvoudige goed presterende kart met straalmotor met een budget van € 0 bouwen? “

Deze hypothese leverde mij een goed afgebakende interessante vraag waarmee ik me naar hartenlust kan uitleven in verschillende vakgebieden zoals natuurkunde, scheikunde, informatica en economie.

Een hypothese is een veronderstelling, iets dat je verwacht. Als ik verwacht dat het meer regent in Nederland dan in Mali dan kan ik dit gaan onderzoeken, dus uitzoeken of deze hypothese klopt.

Motivatie

Al eerder vertelde ik dat ik al jaren bezig ben met techniek en motoren.

In het voorjaar van mijn 5 VWO jaar ontstond er een extra stimulans om mij in te spannen voor een bijzonder en spraakmakend profielwerkstuk; als vervolgopleiding na mijn middelbare school wil ik graag toegelaten worden tot de University College van de Technische Universiteit van Twente. ⁽⁴⁾

En de lat ligt hoog; er zijn jaarlijks ruim tweehonderd aanmeldingen en maar er is maar plaats voor dertig studenten. Naast hoge eindexamencijfers kijkt men bij de selectie ook naar motivatie. Door mij extra in te spannen voor mijn profielwerkstuk kan ik blijf geven van mijn motivatie om tot deze opleiding te worden toegelaten.

Aanpak, werkwijze

Dit project is ‘onder mijn handen’ ontstaan en veel heb en had ik in mijn hoofd. Ik heb schetsen gemaakt van wat en hoe ik mijn project zou willen, die ik heb ik ook gebruikt. Maar het meeste ontstond doordat ik met experts mijn idee uitwisselde en zij daar weer feedback op hadden. Deze feedback verwerkte ik in mijn plan, praatte met de volgende expert en zo kwam ik, stapje voor stapje, verder.

Duurzaamheid

In eerste instantie wilde ik kijken hoe ik het thema duurzaamheid kon combineren met natuurkunde. Duurzaamheid heeft mijn interesse, ik fiets af en toe door heftige regenbuien naar school en ik woon vlakbij de Waal. Hier zie ik hoe we ruimte aan de rivier moeten geven als gevolg van de klimaatveranderingen. Het milieu is belangrijk voor mij, maar daarentegen ben ik van jongs af aan wel aan het prutsen met benzinemotoren... Hier had ik een soort van 'intern conflict' te pakken!

Mijn eerste plan was om een ultralight vliegtuig te maken met vleugels gebouwd van lege PET flessen. Wereldwijd zijn er veel en veel te veel lege (water)flessen en het zou toch mooi zijn als we die gebruiken voor het bouwen van muren (vullen met zand) ⁽⁵⁾ en vliegtuigvleugels. Maar goed, het bouwen van een vliegtuig werd mij sterk afgeraden.

Van vliegtuig kwam ik op vliegtuigturbine; een vliegtuigturbine op kerosine (is het zelfde als lampenolie en petroleum) is een efficiënte en schone fossiele brandstofmotor. Recent is de krijgsmacht een project gestart om minder diesel te gebruiken en meer kerosine, vooral omdat de roetuitstoot van kerosine 60% lager is ten opzichte van diesel. ⁽⁶⁾ En de actualiteit leert me dat de uitstoot van veel dieselmotoren hoger is dan we dachten! ⁽⁷⁾

Dus waarom zien we dergelijke verbrandingssystemen zo weinig toegepast in civiele toepassingen? Deze vraag heb ik meegenomen in mijn project. Ik heb bewezen dat het heel goed mogelijk is om een kleine krachtige motor te bouwen die op schone kerosine loopt. Los van toepassingen in bewegende apparaten zoals auto's lijkt me dit zeer goed toepasbaar bijvoorbeeld in een stationaire situatie. Ik denk dan aan een powerplant / generator die nu op diesel loopt. Is dit ook mogelijk met een dergelijke motor? In het heel groot gebeurt dit al bij gasgestookte elektriciteitscentrales en ik heb geen argumenten gevonden waarom dit ook niet op een kleinere schaal kan.

Binnen mijn project heb ik geprobeerd zo duurzaam mogelijk te werk te gaan, bijvoorbeeld; veel van het rvs dat ik gebruikt heb was afval en mocht ik uit de 'metaalafvalbak' pakken en meenemen. (Anders was dit gerecycled tot 'scrap' om een grondstof te worden). Afvalmateriaal heb ik gescheiden ingeleverd (afgewerkte olie, plastics, karton)

De onderdelen heb ik opgehaald met mijn elektrische fiets of hebben mijn ouders opgehaald met hun auto die nu ruim 250.000 km heeft gelopen en zo ook heel duurzaam is geworden.

Hypothese en Onderzoeksvraag

Onderzoeksvraag

Kan ik zelf een eenvoudige goed presterende kart met straalmotor met een budget van € 0 bouwen?

Hypothese

Het is mogelijk dat ik zelf een eenvoudige goed presterende kart met straalmotor kan bouwen met een budget van € 0.

Dus als de kart rijdt en ik zelf geen geld investeer dan is deze hypothese bewezen.

Als meetresultaat wil ik een snelheid meten met een Garmin eTrex outdoor GPS systeem > 0 km/uur en een sluitende financiële administratie waaruit blijkt dat dit project mij geen geld gekost heeft.

Met schone handen, deskresearch, werkwijze

Eerste stap, internet als bron

Als eerste stap om te onderzoeken of het mogelijk was zelf een straalmotor te bouwen ben ik op internet gaan zoeken. Vooral YouTube staat vol met filmpjes van allerlei zelfbouw toestellen en daar trof ik ook een aantal filmpjes aan van straalmotoren. Vaak als aandrijving op een fiets. Al deze bouwsels waren in mijn ogen niet goed doordacht gebouwd, hielden het vaak maar een paar tellen vol en vlogen nogal eens in brand. ⁽⁸⁾ Dit wilde ik dus beter doen! YouTube is voor mij vooral een bron van inspiratie geweest en ook een 'waarschuwing' dat het bouwen van een goede straalmotor een stuk complexer en misschien ook wel gevaarlijker is dan dat ik in eerste instantie dacht.

Twee motoren kwamen op mij heel goed over ⁽⁹⁾. Toevallig waren dit alle twee Britse ontwerpen. Ik heb de makers aangeschreven. Van één kreeg ik een uitvoerig antwoord en we hebben elkaar telefonisch gesproken. De tweede maker antwoorde helemaal niet.

Al met al heb ik minder kunnen vinden op internet dan dat ik had verwacht. Dus ik moest zelf aan de slag met maar weinig voorbeeld en gedurende het gehele project heb ik regelmatig gebruik gemaakt van internet en deze als bron gebruikt. Dit varieert van het leren van een 3D tekenprogramma tot het uitzoeken van de juiste materialen en leveranciers/sponsors. Ook voor het bouwen van mijn eigen website ⁽¹⁰⁾ en het opzoeken van informatie over hoe je een persbericht maakt. ⁽¹¹⁾

De tweede stap, verdiepen in de theorie van de (straal)motor

In de onderstaande paragrafen ga ik een aantal begrippen die te maken hebben met de straalmotor uitleggen en ik wil dit op een duidelijke manier doen dat iedereen dit kan volgen. Op Marktplaats kocht ik een boek uit 1946 'Het schroefloze vliegtuig' ⁽¹²⁾. Hieruit haalde ik veel theoretische kennis.

Wat is en hoe werkt brandstof?

Elke stof is opgebouwd uit atomen. Atomen zijn de kleinste scheikundige elementen, ze zouden kunnen worden gezien als lego[®] stenen.

Moleculen zijn opgebouwd uit atomen, dit zijn de lego[®] gebouwen. Een molecuul is het kleinste deeltje van een stof die de eigenschappen van de stof zelf heeft.

Bij chemische reacties wisselen verschillende moleculen atomen met elkaar uit. Het verbreken van de verbindingen tussen de atomen kost energie en bij het maken van verbindingen komt energie vrij. Hoeveel energie dit kost en hoeveel er vrij komt is afhankelijk van in welk molecuul, (lego[®] gebouw), deze verandering plaatsvindt. Bij chemische reacties verandert dus de samenstelling van stoffen, het worden andere stoffen.

Verbranding is een chemische reactie, een reactie tussen een brandstof en zuurstof. Bij een verbranding komt er meer energie vrij dan dat er in moet worden gestopt, hierdoor kan energie, die opgeslagen is in de brandstof, er uit worden gehaald. Dit wordt ook wel een exotherme reactie genoemd. De brandstof splitst zich op in kleinere delen, de uitlaatgassen en hier komt energie bij vrij.

Naast brandstof en zuurstof is voor een verbranding ook een ontsteking nodig, de energie om de eerste verbindingen te verbreken. Dit wordt vaak gedaan door een zeer kortdurende elektrische stroom op een stuk gas(lucht) te sturen, hierdoor ioniseert het gas en komt er energie vrij.



Wat is en hoe werkt een straalmotor?

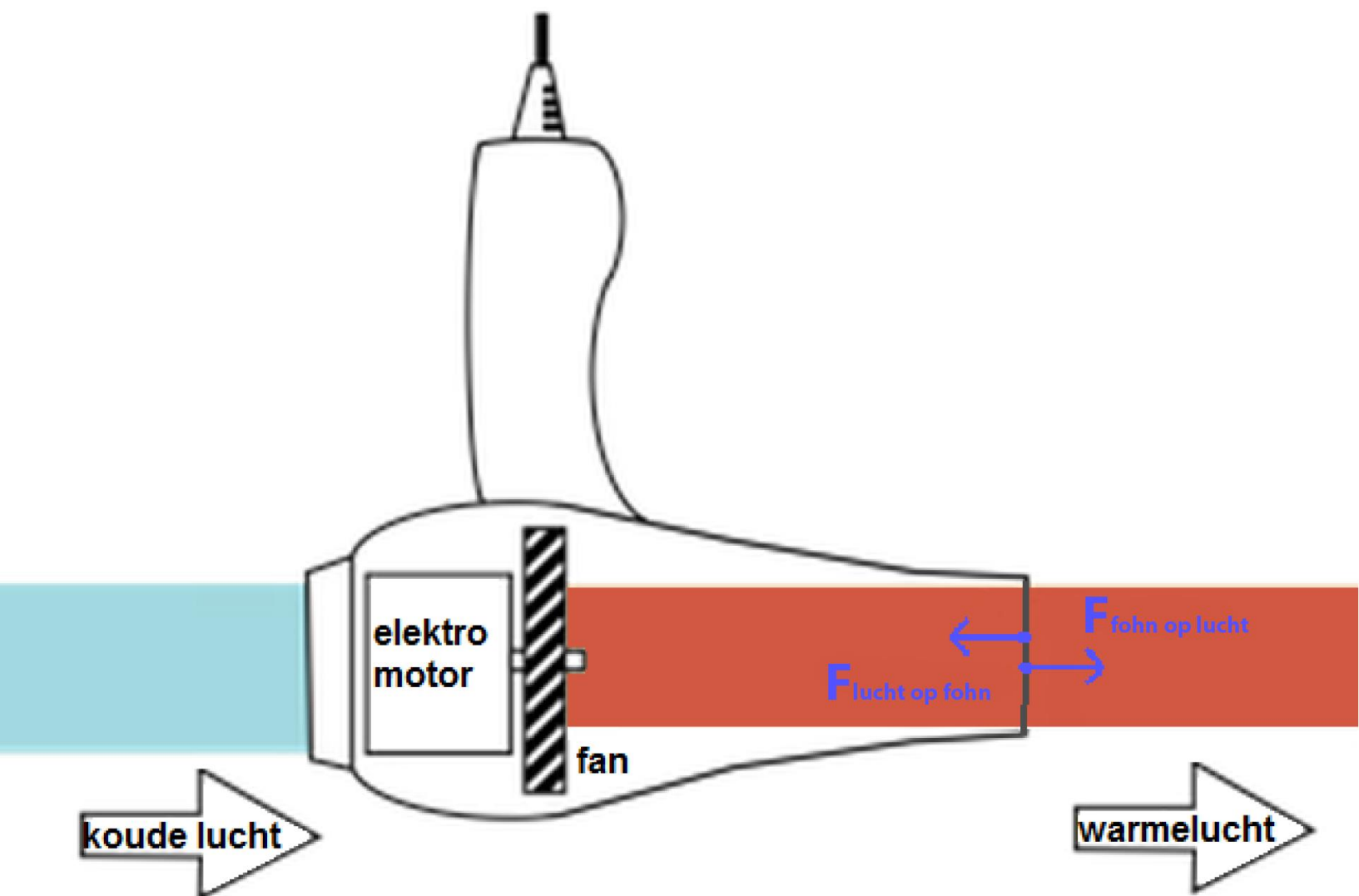
Een straalmotor is een machine die een 'straal' heet gas gebruikt om een apparaat te laten bewegen.

Volgens de derde wet van Newton komen krachten altijd voor in paren ⁽¹³⁾. Als voorwerp A een kracht uitoefent op voorwerp B, dan oefent voorwerp B een even grote tegengesteld gerichte kracht uit op voorwerp A.

$$\vec{F}_{actie} = -\vec{F}_{reactie}$$

Dit zorgt er voor dat wanneer een straalmotor met een bepaalde kracht een 'straal' gas (lucht is een mengsel van gassen) weg stuwt, de straalmotor met dezelfde kracht de andere kant op wordt gestuwd.

De definitie straalmotor zegt alleen iets over de manier waarop er wordt bewogen. Bijna iedere vrouw is ook in het bezit van een of meerdere straalmotor(en). Wanneer een haarföhn aan wordt gezet en los aan het snoer hangt zal het gaan bewegen door de geblazen lucht.



Om bijvoorbeeld een kart of een vliegtuig te laten bewegen zouden erg veel haarföhns en verlengsnoeren nodig zijn. De oplossing voor dit probleem is de gasturbine.

Wat is en hoe werkt een gasturbine?

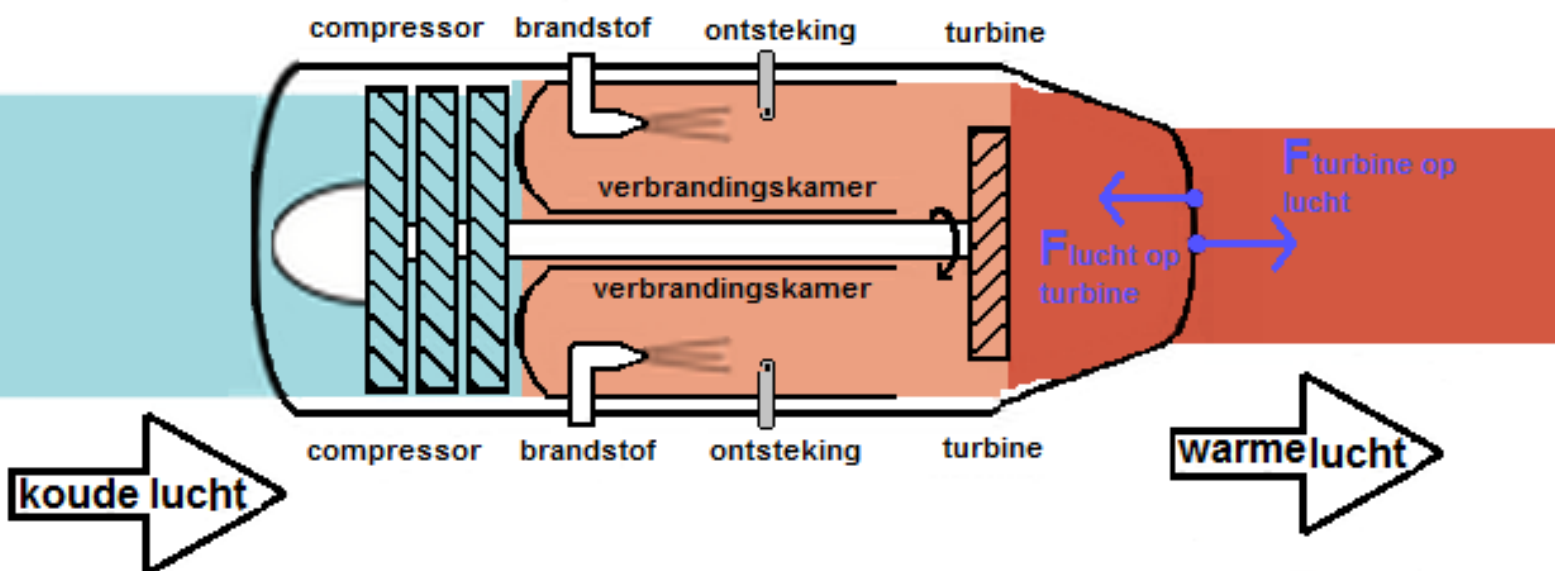
Een gasturbine is een machine waarin energie wordt omgezet, bij de haarföhn wordt energie(elektriciteit) omgezet in beweging van de lucht en dus ook van de haarföhn. Bij een gasturbine wordt chemische energie (brandstof) omgezet in bewegende lucht en dus kinetische energie (beweging). Met deze beweging kan bijvoorbeeld een kart of een vliegtuig worden voortbewogen, gasturbines worden op veel meer plekken gebruikt, bijvoorbeeld in energiecentrales.

Een gasturbine is een verbrandingsmotor net als elke andere motor waar een inwendige verbranding in plaats vindt.

Door verbranding van chemische energie komt de energie die is opgeslagen in de brandstof vrij in de vorm van warmte en druk. De toename van de druk wordt veroorzaakt door de temperatuurstijging en een stijging van het aantal moleculen na de verbranding. De hoge druk en warmte veroorzaken een uitzetting van het gas, beweging.

Bij een zuigermotor zoals in een auto ontstaat er beweging doordat druk een zuiger verplaatst die vervolgens een as laat bewegen. Bij een straalmotor zorgt de drukopbouw voor de uitstroming van een massa gasen, dus net als bij de haarföhn

De gasturbine is op te delen in drie onderdelen, de compressor, de verbrandingskamer en de turbine. In de verbrandingskamer wordt de brandstof ingebracht en verbrand. Hier vindt de energieomzetting plaats van chemische energie naar kinetische. Voor de verbranding is zuurstof nodig, de compressor is een fan die de lucht met zuurstof naar binnen drukt. De compressor wordt aangedreven door een fan die beweegt door de druk die door de verbranding ontstaat. Deze fan zit op dezelfde as en heet de turbine. Hierdoor houdt het systeem zichzelf in stand. Uit de gasturbine komt dus een 'straal' heet gas waardoor er een kracht ontstaat op de gehele machine die gelijk is aan de kracht waar de lucht wordt voortgestuwd.



Wat is en hoe werkt een Kracht?

Een voorwerp verandert niet zomaar van snelheid (stilstand is ook een snelheid namelijk 0). Er moet dus een kracht zijn die een voorwerp versnelt, afremt of een andere kant op stuurt. Eerder in dit hoofdstuk is de derde wet van Newton ter sprake gekomen, dit doet vermoeden dat Isaac Newton ook minstens twee andere wetten heeft opgeschreven. Dat klopt, hij vond dat de mate van verandering van een snelheid evenredig moest zijn aan de kracht die op het voorwerp uitgeoefend werd, hij schreef dit op, de tweede wet van Newton. ⁽¹³⁾

Bij zijn wet hoort de volgende formule:

$$F = m \times a$$

"F" is hierin de kracht op het voorwerp, in Newton.

"m" is de massa van het voorwerp in kilogram.

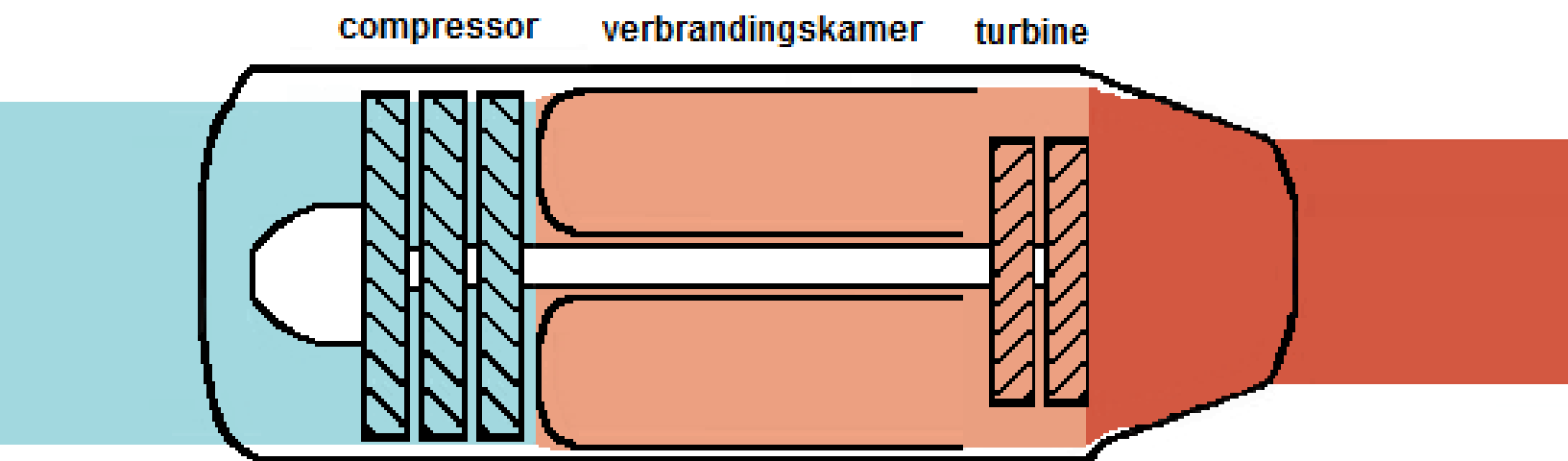
"a" wordt berekend door het verschil in snelheid in m/s (meter per seconde) te delen door de tijd (in seconden) die het kost om die verandering plaats te laten vinden, er ontstaat dan een waarde die wordt uitgedrukt in m/s², acceleratie.

De grootte van krachtenpaar F_{turbine} en F_{lucht} is dankzij de tweede wet van Newton te berekenen. Hiervoor zijn een aantal gegevens nodig, hoeveel lucht de motor per seconde verplaatst, hoeveel deze lucht weegt, en wat het snelheidsverschil tussen de inkomende en uitgaande lucht is.

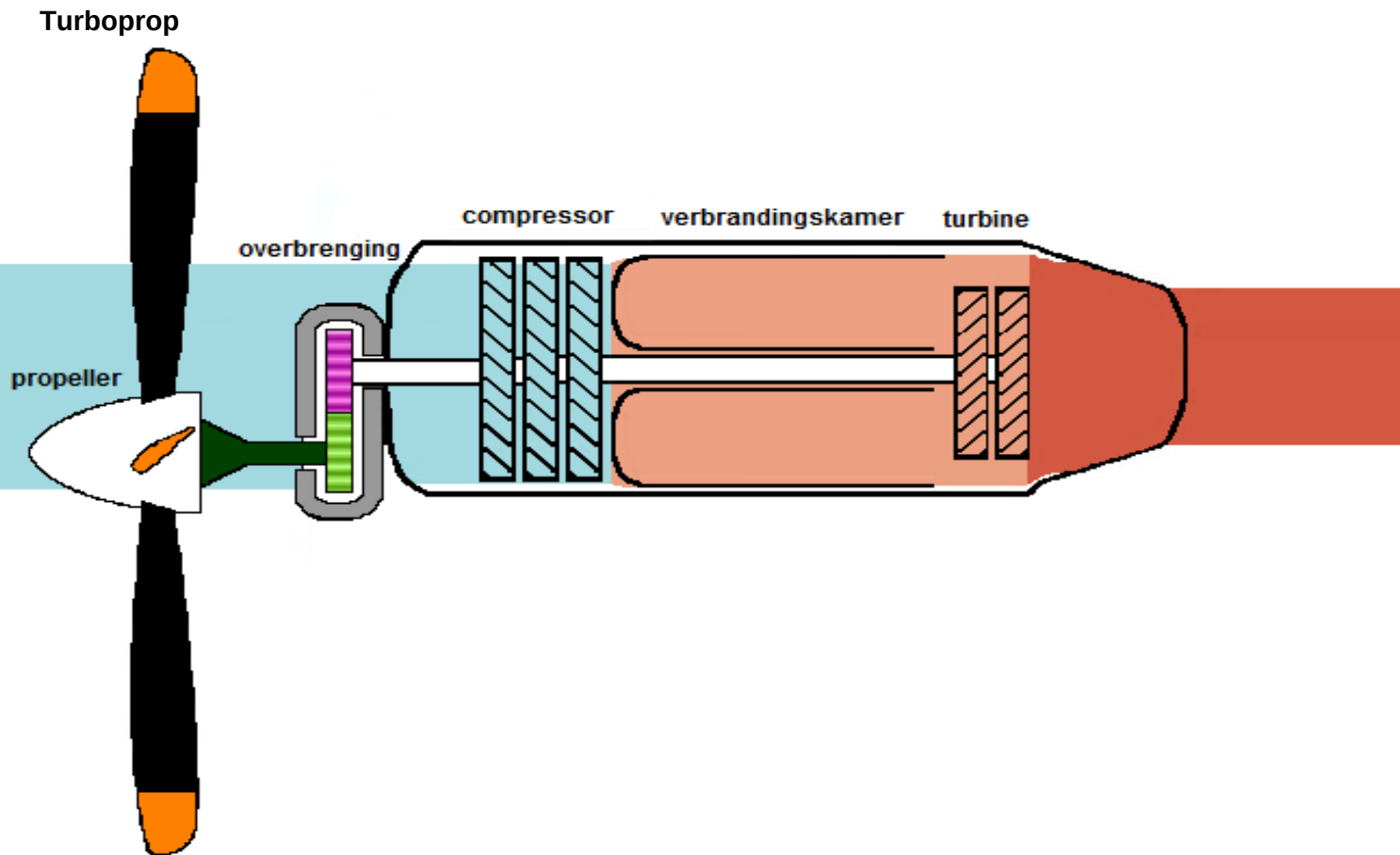
Welke verschillende soorten gasturbines zijn er en wat zijn de verschillen?

Gasturbines, turbinemotoren, komen in vele soorten en maten voor, het werkingsprincipe is bij alle gasturbines gelijk. ⁽¹²⁾

Turbojet

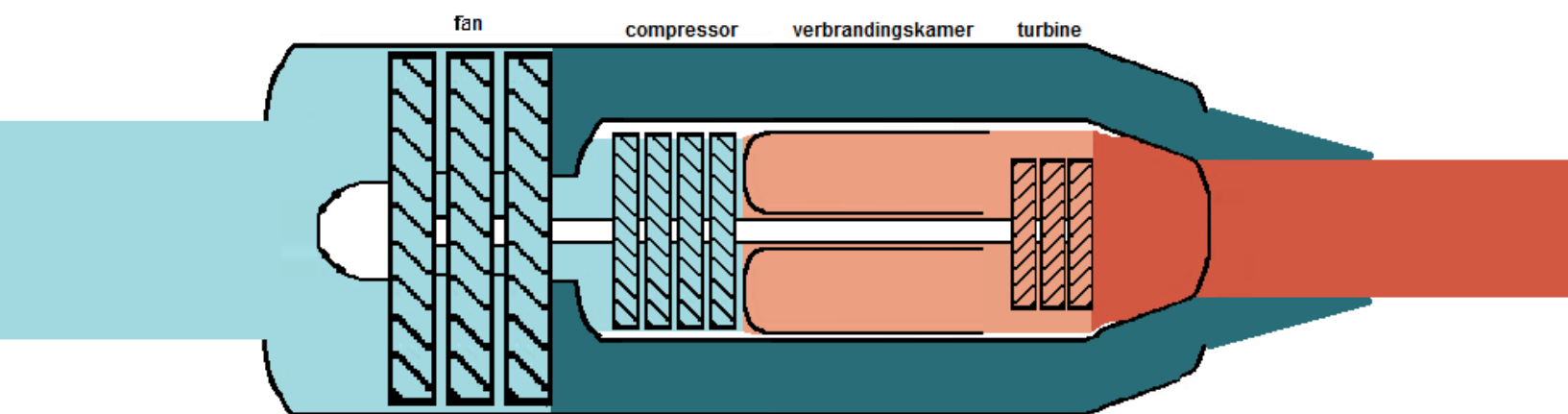


Turbojets zijn de eenvoudigste turbinemotoren, het zijn de eerste generatie gasturbines. Alle door de compressor aangezogen lucht wordt door de verbrandingskamer geleid. Met een turbojet op een vliegtuig zal het vliegtuig hoge snelheden halen, veel geluid maken en het zal relatief vaak getankt moeten worden. Ze worden vaak gebruikt in straaljagers, het rendement en de geluidsoverlast zijn hier minder belangrijk.



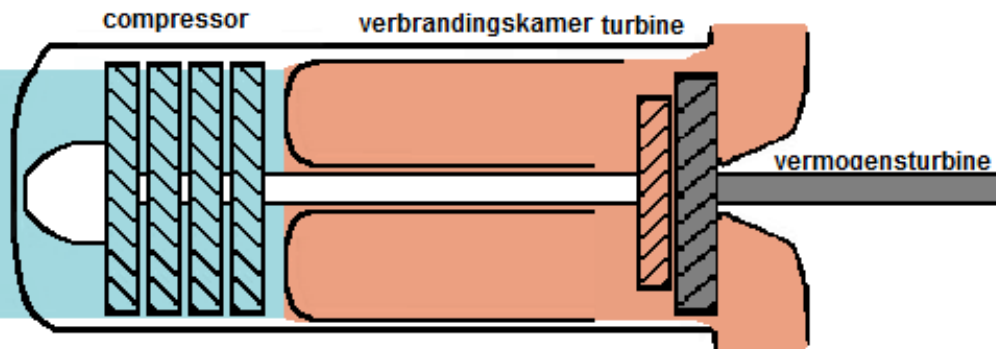
Een turboprop is speciaal geschikt voor langzamere vliegtuigen. De motor bestaat uit een gasturbine die via een asoverbrenging een propeller beweegt. De propeller werkt efficiënt bij een veel lager toerental dan de turbine, daarom zit er tussen de turbine en de propeller een tandwielkast. Omdat een propeller een hoog rendement heeft bij lage snelheden, wordt een turboprop vooral gebruikt in vrachtvliegtuigen en kleine passagiersvliegtuigen.

Turbofan



Een propeller werkt het best bij lage snelheden, een straalmotor werkt beter bij hoge snelheden en voor gemiddelde snelheden? Een turbofan is een combinatie van een propeller en een straalmotor. Turbofans zijn gasturbines waarbij de compressor vergroot is. Door een kanaal om de turbine gaat de lucht zowel door als langs de verbrandingskamer. De buitenste buis wordt ook wel de bypass genoemd. De bypass-ratio is de verhouding tussen de lucht die door en langs de gasturbine gaat, verschillende ratio's zorgen er voor dat dit type motor is te gebruiken voor snelheden die variëren van 400 tot 1000 kilometer per uur.

Turboshaft

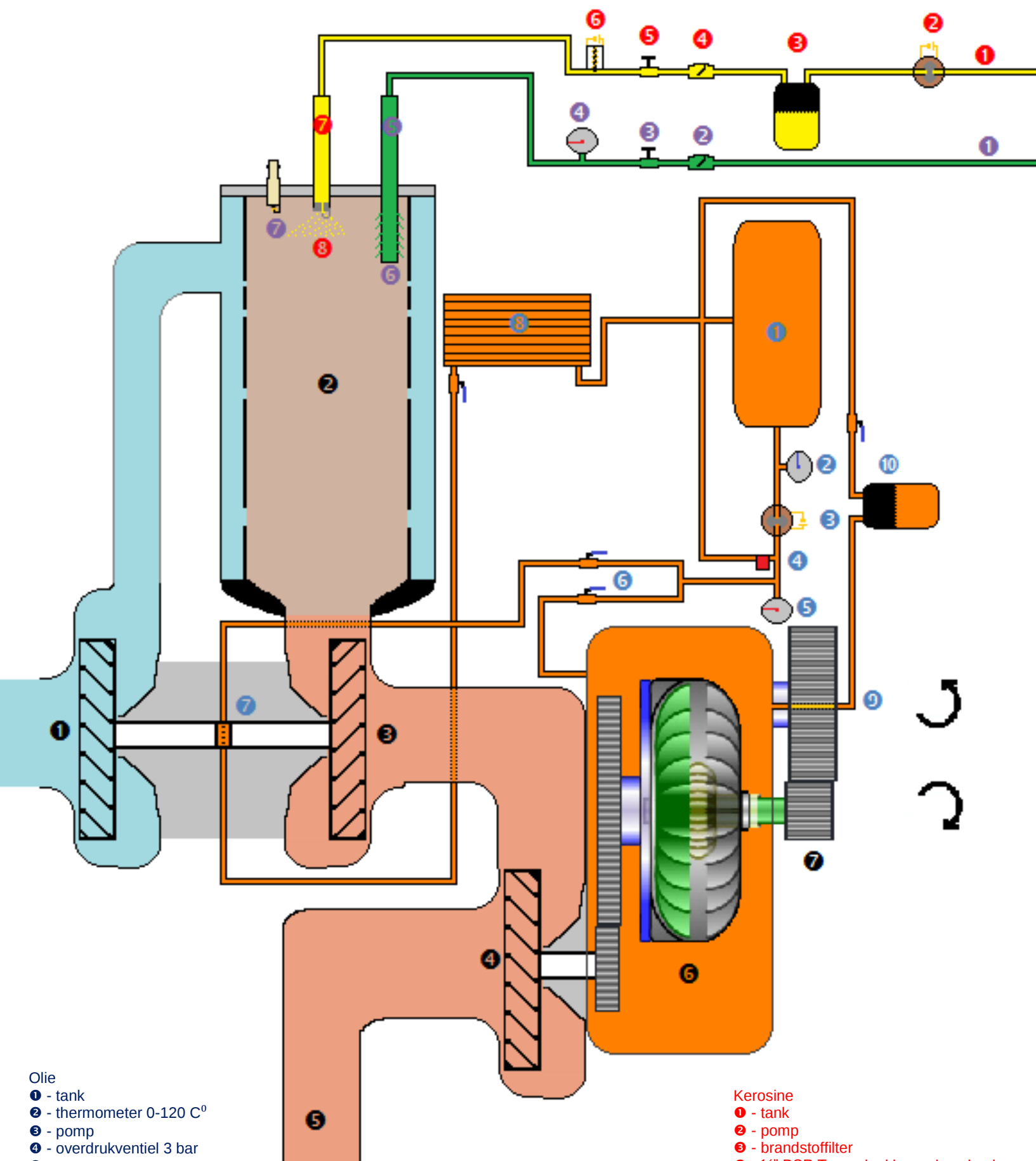


De turboshaft-motor lijkt op een turboprop. Het verschil is alleen dat de turbine-as geen propeller aandrijft. Bij een turboshaft wordt door een gasturbine een 'straal' heet gas geproduceerd die vervolgens langs een vermogensturbine wordt geleid. De vermogensturbine is verbonden met een transmissie waarmee bijvoorbeeld de rotors van een helikopter kunnen worden aangedreven. De turboshaft wordt gebruikt in gascentrales. Daarnaast worden marineschepen, veerboten, vrachtschepen en tanks soms ook uitgerust met een turboshaft-motor.

Mijn straalmotor

De motor die ik gebouwd heb is in de basis een turboshaft, omdat een turboshaft de energie omzet in een bewegende as. Dit gebeurt bij mijn motor ook. Als een vliegtuig los is van de grond dan heb je enkel de lucht om kracht op uit te oefenen om vooruit te komen. Veel zelfgebouwde straalmotorvoertuigen worden ook aangedreven door het verplaatsen van lucht. Dit wilde ik niet, ik wilde de schuifweerstand tussen de banden en het wegdek gebruiken in de hoop een hoger rendement te kunnen halen. Vandaar dat ik door middel van een asaandrijving de wielen in beweging wilde brengen die hun kracht op het wegdek konden uitoefenen en mijn voertuig zich zou kunnen versnellen.





Olie

- ① - tank
- ② - thermometer 0-120 C°
- ③ - pomp
- ④ - overdrukventiel 3 bar
- ⑤ - manometer
- ⑥ - 1" BSP Kogelkranen 2-delig
- ⑦ - olie smering en koeling turbo
- ⑧ - afsluitbare Raal oliekoeler
- ⑨ - olieafvoer vloeistofkoppeling
- ⑩ - oliefilter en afsluiter

Motor

- ① - compressor
- ② - verbrandingskamer
- ③ - turbine
- ④ - vermogensturbine
- ⑤ - uitlaat
- ⑥ - vloeistofkoppeling
- ⑦ - tandwielen

Gas

- ① - toevoer vanaf tank 0-4 bar
- ② - ¼" BSP Terugslagklep swing check
- ③ - ¼" BSP Naaldafsluiter 6000 PSI
- ④ - manometer 0-4 bar
- ⑤ - gas bus
- ⑥ - sproeistuk van gasbus
- ⑦ - bougie voor ontsteking gas

Kerosine

- ① - tank
- ② - pomp
- ③ - brandstoffilter
- ④ - ¼" BSP Terugslagklep swing check
- ⑤ - ¼" BSP Naaldafsluiter 6000 PSI
- ⑥ - magneetafsluiter
- ⑦ - kerosinebus
- ⑧ - kerosinesproeier

Naast de linker tekening en de foto met verwijzing heb ik ook nog een stroomschema zoals in de industriële chemie gemaakt ⁽¹³⁾, Zie hiervoor bijlage 3.

Hieronder beschrijf ik de werking van de motor.

Een straalmotor heeft niet zoals een automotor een eigen startmotor. Dat geldt ook voor een vliegtuigmotor; deze moet altijd extern opgestart worden. Hiervoor gebruik ik een benzine bladblazer. Deze blaast lucht bij de ❶ - *compressor* naar binnen. Hierdoor gaat de compressor draaien en brengt onder druk lucht naar de ❷ - *verbrandingskamer*.

In de verbrandingskamer mengt de lucht zich met de brandstof. De motor loopt op kerosine, dit is net als diesel een vloeistof die van zichzelf niet eenvoudig brandt. Daarom moet de motor eerst op (propan) gas worden opgestart en als het systeem op temperatuur is dan kan er worden overgeschakeld op kerosine. Ik kies voor propan omdat het een goed verkrijgbaar gas is.

De ❸ - *bougie voor ontsteking* gas doet het mengsel van gas en lucht ontbranden. De bougie wordt via een spoel en een AA batterij van stroom voorzien en vonkt als gevolg. De bougie hoeft slechts één keer te vonken om het proces op te starten, daarna houdt het proces zichzelf in gang. De verbrande gassen drijven de ❹ - *turbine* aan. Deze is op dezelfde as gemonteerd als de ❶ - *compressor*, waardoor de bladblazer na het opstarten niet meer nodig is. De verbrande gassen vervolgen hun weg langs de ❺ - *vermogensturbine* richting ❻ - *uitlaat*. De ❻ - *vermogensturbine* gaat draaien en is via een tandwieloverbrenging verbonden met een ❼ - *vloeistofkoppeling*. ⁽¹⁴⁾ deze brengt de beweging over op ❽ - *tandwielen* die vervolgens via een ketting met de achteras in verbinding staan. De achteras gaat draaien, de banden ook en door de schuifweerstand tussen de banden en het wegdek gaat de kart vooruit.

Zodra de motor op propan loopt kan er worden overgeschakeld op kerosine. De ❷ - *pomp* pompt kerosine uit de ❶ - *tank* via het ❸ - *brandstoffilter* naar de ❹ - *kerosinebus* en vervolgens komt de vloeistof in de ❺ - *kerosinesproeier* in de ❷ - *verbrandingskamer* waar het ontbrandt.

❷ - ¼" BSP Terugslagklep swing check, ❸ - ¼" BSP Naaldaqsluiter 6000 PSI, ❹ - *manometer 0-4 bar* dienen de veiligheid en hebben verder geen functie in het proces.

Nu loopt de motor op kerosine! Als we niets zouden doen dan loopt de turbo binnen 10 seconden vast omdat er geen smering plaatsvindt en de warmte van de motor niet goed wordt afgevoerd. Daarom is er een olie koel- en smeersysteem. De olie is opgeslagen in de ❶ - *tank*. De ❷ - *thermometer 0-120 C* geeft de temperatuur van de olie weer. De ❸ - *pomp* pompt de olie uit de tank en in het systeem. Een ❹ - *overdrukventiel 3 bar* beveiligd het systeem tegen een te hoge druk. De druk is ook af te lezen op de ❺ - *manometer*. De ❻ - 1" BSP Kogelkranen 2-delig maken het mogelijk om de olietoevoer naar de vloeistof koppeling en de turbo te regelen. Dit is nodig omdat er bij het opstarten geen oliedruk in de turbo en koppeling mag zijn. Er is dan nog geen tegendruk in de ❹ - *turbine* waardoor de olie in de ❹ - *turbine* komt en verbrandt. Als de motor loopt stroomt de olie door de ❺ - *olie smering en koeling turbo*. De ❻ - *afsluitbare Raal oliekoeler* maakt ook onderdeel uit van het olie circuit, hier wordt de olie terug gekoeld door middel van een geforceerde koeling. In bijlage 5 bevindt zich een grafiek van de koel karakteristiek. Na de ❻ - *afsluitbare Raal oliekoeler* gaat de olie terug de ❶ - *tank* in. Een ❼ - *oliefilter* filtert de eventuele verontreinigingen uit de olie.

De praktijk, vuile handen, fieldresearch

De eerste stap, de turbo en verbrandingskamer

Hoe ik aan alle onderdelen ben gekomen beschrijf ik in het hoofdstuk 'Sponsoring'. In bijlage1 staat een gedetailleerde opsomming van alle onderdelen, de waarde van deze onderdelen en de leverancier.

Het hart van mijn straalkart is de turbo met de verbrandingskamer. Deze turbo is een kant-en-klaar onderdeel, namelijk van een gebruikte Scania motor, type DT12. Op zich hoefde ik hier niets aan te verbouwen of veranderen. Deze turbo moest ik verbinden met de verbrandingskamer. Deze had ik niet, bestaat ook niet klant-en-klaar en heb ik dus gemaakt. Hiervoor heb ik twee pijpen rvs van verschillende diameter gebruikt. Deze pijpen passen in elkaar met een tussenruimte. In de binnenste buis zitten gaten. Het bepalen van de juiste plek, diameter en het aantal van de gaten vond ik nog wel een uitdaging. Ik heb mij laten inspireren door een aantal zelf-maak projecten op internet. Hier kon ik de verhoudingen vinden ten opzichte van de grootte van de turbo. Het frappante is dat iedereen weer andere verhoudingen had, er geen wetmatigheid te ontdekken was en er ook geen theoretische onderbouwing was. Ik kon dus concluderen dat het allemaal niet zo nauw luister en ik heb een gemiddelde genomen van de diverse voorbeelden.



Het doel van de ruimte tussen de twee buizen is dat hier de aangezogen buitenlucht goed kan circuleren voordat het via de verschillende toevoergaten in de binnenste buis kan stromen. Om dit nog eens te bevorderen heb ik de toevoerbuis excentrisch geplaatst.

De deksel van de verbrandingskamer is gemaakt door Van Beurden. Het is mijn eigen ontwerp en gemaakt aan de door mij aan hen geleverde CAD tekeningen, bijlage 6. Op zich doet het woord 'deksel' er geen eer aan want het is een mooi stuk draai- en freeswerk. In de deksel heb ik drie gaten geboord en draad getapt. In één gat voor de bougie, de ontsteker van de brandstof. De twee andere gaten zou ik gaan gebruiken voor de toevoer van de twee brandstoffen.



De turbo heet een rechthoekige aansluiting die ik moest aansluiten op de ronde verbrandingskamer. Van vierkant naar rond is geen makkelijke of logische verbinding. Met hulp van Paul Meijering voor een massief rond stuk rvs en het vakwerk van ART Tooling hebben we een bijzonder mooi verloop gemaakt voor deze verbinding. De verschillende losse delen zijn gelast door middel van TIG lassen tot één geheel bij STW engineering. Met bouten kon ik de turbo met de verbrandingskamer verbinden en zo was het hart van de straalmotor klaar.



Tweede stap, aanschaf van de kart en vermaken van de veilingkar

Ik had nog steeds geen kartframe. Al een tijdje hield ik de advertenties op Marktplaats in de gaten. Eindelijk kwam er een betaalbare racekart voorbij en dat ook nog eens niet al te ver van mijn huis. Ik heb de kart gekocht voor €45 en de oorspronkelijke benzinemotor natuurlijk wel even getest en gefilmd. Deze aanschaf is de enige aanschaf van betekenis die ik zelf heb betaald. In dit geval voorgeschoten omdat het budget dat ik enige weken later kreeg van Shell ruim toereikend was om deze aanschaf te kunnen doen.



Om prettig te kunnen werken had ik de behoefte aan een soort van standaard, een 'bok', waarop ik mijn kart frame kon zetten om er aan te sleutelen. Dergelijke standaards voor een kart bestaan kant-en-klaar en zijn behoorlijk prijzig. Daarom ben ik zelf aan de slag gegaan met een zogenaamde 'veilingkar' om planten te vervoeren. Deze kar met wielen heb ik zo aangepast dat ik er mijn kart op kon plaatsen en ik op een prettige hoogte aan mijn kart kon bouwen.

Derde stap, de compound

Net als de turbo heeft Vos Truckparts mij de compound geleverd. Maar anders dan de turbo moest ik hier wel een aantal aanpassingen aan doen. In de situatie waarvoor de compound oorspronkelijk bedoeld is staat deze in open verbinding met het carter, dus waar de olievoorraad is. Deze open verbinding moest ik op een of andere manier dichten en er moest een tandwiel komen om de draairichting van de compound om te draaien. De originele draairichting van de compound zou mijn kart namelijk achteruit laten rijden.

Ik heb een aantal wijzigingen doorgevoerd met als gevolg dat ik een gesloten oliesysteem had met een aan- en afvoer. Ook had ik een bus gemonteerd die ik zo kon draaien dat ik de afstand tussen aan de ene kant het tandwiel in de compound en aan de andere kant het tandwiel op de achteras van de kart mee kon instellen.



Vierde stap, het huwelijk

In de auto-industrie is er een aparte naam voor als chassis en carrosserie met elkaar samensmelten, dit heet 'het huwelijk'. Dit was de volgende fase in het bouwen van mijn straalkart; het verbinden van de motor met het kartchassis. Ondertussen was de motor behoorlijk zwaar geworden en had ik dus behoefte aan stevige motorsteunen. Ook weinig beweging, geen torsie, tussen de motor en de kart is belangrijk, omdat ik een aandrijving met een ketting wilde en geen ruimte had om een kettingspanner toe te passen. Dus alles moest wel precies in elkaar grijpen. De motorsteunen wilde ik maken uit vierkante rvs kokers, welke Paul Meijering mij leverde. Ik kan wel RVS lassen maar ik vind mezelf niet een erg 'strakke' lasser. Want zo heel veel 'lasmeters' heb ik nu ook weer niet gemaakt. Dus ging ik op zoek naar een professionele lasser. Die heb ik uiteindelijk gevonden bij Vanderlande in Veghel. We hebben daar in anderhalve dag de motorsteunen geconstrueerd en gelast. Maar voor ik dit kon doen moest ik eerst een constructieschets maken. Daarom heb ik thuis de motor in een hijsinstallatie gehangen, een hydraulische motorlift die ik kon lenen, en op zijn plaats boven de kart laten 'zweven'. Dit maakte het mogelijk om een goede schets te maken die ik kon gebruiken bij deze werkzaamheden.



Zowel de kart als de motor had ik meegenomen naar Veghel en ter plekke hebben de lasser van Vanderlande en ik het huwelijk 'voltrokken'.



Vijfde stap, olie, brandstof en elektra

Nu had ik dan een kart met een gasturbine en compound. Ik vond dat ik al een heel eind was en er ontbraken onder andere nog drie belangrijke componenten; het oliesysteem, het brandstofsysteem en de elektronica. Voor het oliesysteem ben ik druk in de weer geweest met koperen leidingen, knelkoppelingen, afdichtingstape, afsluiters en een oliekoeler en heb in deze fase de oliekoeling en smering van de motor aangelegd. Het was veel ´meten is weten´ om de juiste bochten op de juiste plek te krijgen.

Bij het aanleggen van het brandstofsysteem liep ik tegen ruimtegebrek aan rond de motor. Ondertussen zat er al zoveel op en aan dat er nauwelijks plek was voor de aanvoerleidingen van gas en kerosine. Alles wat op een andere plek kon (het brandstoffilter, de brandstofpomp en de afsluiters) heb ik zoveel mogelijk aan de voorkant van de kart gemonteerd, dit scheelde veel ruimte rond de motor. De brandstofleidingen hebben een veel kleinere diameter dan de olieleidingen, dit maakte het werken lastig maar zo namen deze leidingen minder ruimte in beslag.

Om alle elektronica in te monteren koos ik voor de behuizing van een alarmsysteem. Deze hardplastic behuizing heeft een vaste plek voor een kleine accu die dan meteen ook goed stevig verankerd is. Verder was er voldoende plek om de rest van de elektronica te plaatsen. bijlage 4 is een elektrisch schema, de grafische weergave van dit systeem.

Alle drie de systemen heb ik individueel getest en afgesteld.



Laatste stap: De test

Thuis heb ik de motor van de kart kunnen testen door hem op de veilingkar een aantal keren te starten op propaan en daarna over te schakelen op kerosine. Dit was nog zonder verbinding met de as. Na een tijdje proberen kreeg ik de afstelling in mijn vingers en ging dat uiteindelijk goed.

Bij de video op onnowijnberg.nl zie je het resultaat plus de enorme grijns op mijn gezicht. Je hoort wanneer ik overschakel op kerosine ook het hoge geluid van een heel veel toeren draaiende motor zoals je dat ook bij een vliegtuig hoort.

Ik wilde ook weer niet te veel testen; ik wist dat deze motor maar een beperkt aantal draaiuren zou kunnen maken en die wilde ik ook 'sparen' voor de echte test, dus met de wielen op asfalt en kijken of er ook beweging uit zou komen.

In het begin van het project was ik nog druk op zoek naar een veilige plek om mijn kart te testen, een oude startbaan, een stuk nog niet geopende snelweg of zo iets dergelijks.

Via via kreeg ik het aanbod om te testen op een buiten gebruik gesteld vliegveld in Oud-Turnhout, België. Op zich was ik daar wel tevreden mee en eigenlijk ook niet. In mijn ogen was de mooiste plek voor een echte test het circuit van Zandvoort. Ik heb de telefoon gepakt en het circuit gebeld. Met als resultaat meer dan een uur het gehele circuit tot mijn beschikking, inclusief een pitbox (dat is een grote garage met douche en wc) en de Marshall (dat is een medewerker van het circuit met een kleine brandweerauto). Vrijdag 4 september zou het gaan gebeuren!

's Morgens vroeg kwam de verslaggever van het Brabants Dagblad al naar ons huis. Hij is de hele dag bij de test gebleven en heeft mijn avonturen beschreven in een stuk van ruim één pagina. Eén van mijn sponsors heeft Simon en mijn kart met zijn bus opgehaald. Janneau en ik reden met een eigen auto naar Zandvoort. Pieter en Thomas, de twee andere crewleden kwamen rechtstreeks naar het circuit van Zandvoort. Dit was de eerste keer dat mijn 'crew' ontmoette, de samenwerking verliep vlekkeloos!



Ook een team van de tv zender SBS6 was aanwezig om opnames te maken voor een item in Hart van Nederland die avond, bijlage 2.

Verder waren er nog ruim veertig personen aanwezig. Mijn conrector en natuurkundeleraar en nog drie andere medewerkers van school, familie, vrienden en een aantal sponsors.



4 september, het was die dag koud, er stond een behoorlijke wind en het regende uren achter elkaar. Na vijf uur mocht ik de baan op. Voor die tijd had ik me omgekleed in mijn gesponseerde FIFA goedgekeurde brandwerende raceoverall. Tussen twee buien door zijn wij de baan opgegaan. Van te voren had de crew de taken verdeeld en 'geoefend'. Pieter bediende de bladblazer, Simon de infrarood camera en Thomas en Janneau stonden stand-by.



Ik ben ruim een uur op de baan geweest. In dit uur hebben we een groot aantal keren de motor gestart op propaan. Het omzetten naar kerosine, wat thuis wel lukte, ging niet goed. Uiteindelijk ben ik gaan rijden op propaan als brandstof. De hoogst gemeten snelheid (gemeten per GPS) was 33,4 km/uur. Doordat de motor niet op kerosine liep kwam de turbo niet goed op toeren en kon dus geen hogere snelheid ontwikkelen. Maar er was wel veel rook, geluid, vlammen en uiteindelijk heb ik gereden en zo heb ik de hypothese kunnen bewijzen.



Na de test was er een BBQ voor de aanwezige georganiseerd. Mijn ouders hadden champagne en prijzenbekers voor de crew en mijzelf geregeld, dit vond ik een leuke verrassing.



Een half uur na de test hadden we het technische probleem opgelost; de sproeier van de kerosine functioneerde niet goed. Dit hadden we snel weer opgelost, maar de Marshall was naar huis en ik kon daarom niet terug het circuit op.

Hypothese bewezen; een 'gratis' kart die ook nog eens van zijn plek kwam. In eerste instantie was ik behoorlijk chagrijnig dat de kart niet echt hard ging. Maar het in ogenschouw genomen dat de bestuurbaarheid niet echt heel goed was, (zie nabespreking), was dit misschien maar beter ook. 's Avond thuis hebben we met de crew naar de uitzending van SBS6 gekeken en nog met elkaar nagenoten. Het was een dag waar ik lang naar toe had geleefd en die mij lang zal bijblijven!



Sponsoring

Het tweede deel van mijn onderzoek, dit geeft antwoord op de volgende vraag:

“Kan ik zelf een eenvoudige goed presterende kart met straalmotor **met een budget van € 0** bouwen? “

Ik kan nu al, aan het begin van dit hoofdstuk aangeven dat me dit gelukt is, ik heb op dit moment € 60,70 nog onbenut van een budget dat ik van Shell heb gekregen. In dit hoofdstuk ga ik uitleggen hoe ik deze kart met kostprijs van bijna twaalfduizend euro, bijlage 1, bij elkaar heb verzameld.

Het begin, de juiste contacten, met dank aan Frans Verweij.

Als eerste had ik een turbo nodig. Ik wilde een grote turbo en dacht aan een vrachtwagenturbo. Ik ben gaan googelen en kwam toen uit bij Vos Truckparts te Hedel. Dit is één van de grootste truckdemontagebedrijven in ons land en zit toevallig ook nog eens vlakbij waar ik woon. Ik heb hen gebeld, uitgelegd waarom ik een turbo nodig had. Ze boden meteen hun medewerking aan en ik mocht een Scania turbo ophalen! Het begin, met een heel essentieel onderdeel lag binnen twee uur na de start van mijn profielwerkstuk op school! De tweede stap was dat ik een groothandel in sanitair benaderde omdat ik materiaal voor de olieleidingen nodig had. Deze firma wees me de deur onder het mom van veiligheidsredenen. Later in het project heeft een lokale loodgieter mij alles wat ik nodig had op dit gebied, inclusief het uitlenen van zijn gereedschap geleverd! Ik had roestvrijstalen profielen nodig. Op het industrieterrein bij ons in de buurt zit een grote speler in de rvs markt, de firma Paul Meijering. Ik ben daar binnengelopen en werd weggestuurd door de receptionist, ik moest dus verder gaan zoeken. Mijn school heeft twee locaties, op een andere locatie waar ik geen les krijg, zit de KB en BB opleiding en daar zijn ook machines voor metaalbewerking. Omdat ik gebruik wilde maken van deze machines ben ik naar deze locatie gegaan. De heer Frans Verweij is docent metaalbewerking. In eerste instantie gaf hij aan geen tijd voor mij te hebben en stuurde mij eigenlijk weer weg. Toch raakten we in gesprek en ruim twee uur later was ik er nog. Ik heb hem kunnen overtuigen dat een VWO-er niet alleen met zijn hoofd kan werken maar ook met zijn handen en verstand van techniek kan hebben plus een dosis praktisch inzicht. Een dag later heb ik daar weer een groot deel van de dag met hem doorgebracht en heeft hij me voorzien van software om 3D te kunnen tekenen. Ook heeft hij me geïntroduceerd bij een aantal van zijn oud-leerlingen. Het is me gebleken dat er in de Bommelerwaard een groot aantal zeer gespecialiseerde en succesvolle metaalbewerkingsbedrijven zijn en velen met oud leerlingen van dhr. Verweij als eigenaar. Ik moest van de ‘vierkante’ uitgang van de Scania turbo een verloopstuk maken naar een ronde buis, bijlage 6. Zoiets bestaat niet en is dus nergens te koop en moet op specificatie gemaakt worden naar eigen ontwerp. Na introductie van dhr. Verweij zegde veel bedrijven toe mij te willen helpen. Maar ik had nog steeds geen rvs! Daarom ben ik maar weer teruggegaan naar het rvs bedrijf waar ik een aantal weken eerder was weggestuurd. Bij dezelfde receptionist deed ik opnieuw mijn verhaal en toen kon ik vertellen welke andere bedrijven wél in mij en mijn project geloofden, toen hebben ze toch besloten mij te gaan sponsoren.

Shell

De volgende stap was het regelen van een budget voor kleine onderdelen. Ik besepte dat ik als ik elk boutje of moertje los zou gaan 'regelen' dit erg veel energie zou gaan kosten. Tijdens mijn zoektocht kwam ik terecht bij het Jet-Net netwerk ⁽¹⁵⁾. Dit is een netwerk van bedrijven en scholen met als doel techniek te promoten onder scholieren. Hier zag ik grote bedrijven als Shell en Vanderlande die scholen onder hun hoede nemen en begeleiden. Ook weet ik dat Shell elk jaar de Shell ecomarathon in Rotterdam organiseert. De ecomarathon is een wedstrijd onder Europese universiteiten met als doel een zo zuinig mogelijk voertuig te maken ⁽¹⁶⁾. Ik heb een sponsorverzoek naar Shell gestuurd. De persoon in kwestie gaf een reactie dat zij het op dat moment erg druk had met het organiseren van de ecomarathon. Toen heb ik het plan opgevat om de ecomarathon te bezoeken en te kijken of ik haar daar kon spreken. Om een lang verhaal kort te maken; ik heb twee hele leuke en leerzame dagen in Rotterdam tijdens de ecomarathon gehad, ik heb bij een aantal teams kunnen meehelpen met sleutelen aan hun voertuig, veel mensen gesproken, ondersteuning aangeboden gekregen van universiteiten én daar de dame in kwestie gesproken. Ik kwam thuis met een budget van Shell ter waarde van € 300, naar eigen inzicht te besteden aan mijn kart!

American Roadhouse

Op dinsdagochtend 23 juni verschijnt er een artikel over mijn profielwerkstuk in het Brabants Dagblad, die volgende avond kom ik op de landelijke tv. In het hoofdstuk Media en Public Relations vertel ik hier meer over. Zaltbommel heeft een kartbaan, annex bowling en restaurant met de naam 'American Roadhouse'. Eerder heb ik van hen een gebruikt stuur gekregen en twee banden, want dat ontbrak aan de kart die ik had gekocht. Ik heb de eigenaar van 'American Roadhouse' benaderd met de vraag of dat als ik op de landelijke tv zou komen met zijn bedrijfslogo op mijn kart of hij dan op enig moment een avond wilde organiseren en sponsoren waarop ik met al mijn sponsors kon karten, wat drinken met een bitterbal of zoiets dergelijks. Hij stemde hierin toe. Deze avond gaat op 22 oktober plaatsvinden met ongeveer 18 personen.

'Zit u achter uw computer?'

Met SBS6 had ik de afspraak als ik de kart zou testen ze weer zouden komen filmen. Op dit punt was mijn profielwerkstuk al behoorlijk anders, dat wil zeggen technisch gecompliceerder dan waar ik in eerste instantie mee was gestart. En ik had nog een boel materialen nodig. Maar het verkrijgen van materialen werd wel steeds makkelijker, dit was het gevolg van twee oorzaken. Ik kan steeds beter, makkelijker en sneller mensen er van overtuigen dat men konden inhaken op een mooi project van een 17-jarige middelbare scholier. Maar de beste manier van overtuigen was door het uitspreken van de volgende zinnen " Zit u toevallig achter een computer?" Negen van de tien keren was dit zo, daarna kwam de volgende zin. "Google dan alstublieft even op mijn naam, Onno Wijnberg." Een moment wachten tot de mensen hadden gegoogeld. "Ik ben nog op zoek naar... kunt u mij helpen?". Dan zag men mijn SBS6 nieuwsitem en dat trok de meeste mensen over de streep.

Op deze manier heb ik een enorme hoeveelheid goederen en 'tijd' kunnen regelen. Met 'tijd' bedoel ik bijvoorbeeld dat Vanderlande, wereldwijd marktleider in luchthaven bagage afhandelingssystemen, twee dagen een TIG lasser mij ter beschikking stelde en ik in hun fabriek in Veghel twee dagen aan mijn kart kon bouwen.

Gunning

Ik heb als gevolg van deze contacten met het bedrijfsleven vaak zitten nadenken over het begrip 'gunning'. Hoe komt het dat ik relatief zo gemakkelijk wat ik nodig heb kan organiseren? Zijn dat mijn lieve reebruine ogen? Nee, want die ziet men niet door de telefoon. Volgens mij heeft die gunning vooral te maken met mijn leeftijd. Had me dit allemaal ook zo gemakkelijk voor elkaar gekregen als ik tien jaar ouder zou zijn? Vast niet!

Media

Hoe is nu het mediacircus ontstaan? Want van 'circus' is wel een beetje sprake. Wat ik wel kan het wel relativeren tot 'klein nieuws'; in een tijd dat er miljoenen mensen op de vlucht zijn door oorlogsgeweld zijn er wel belangrijkere dingen dan een zelf geknutselde straalmotor! De trigger was de partner van een medewerker op het Cambium College werkt op de redactie van het Brabants Dagblad. Kennelijk tipte deze medewerker van school zijn vrouw. Waarom weet ik niet, want toen was het project nog helemaal niet zo 'groot' maar dankbaar ben ik hem wel, want hierdoor kwam de media-aandacht wel op gang. Natuurlijk maakte dit het verkrijgen van materialen, onderdelen en support een heel stuk makkelijker!

Op dinsdag 23 juni verscheen er een pagina groot artikel in het Brabants Dagblad. Een paar uur later belde SBS productions naar de conrector van de school en de volgende ochtend stond een cameraploeg bij mij thuis in de schuur te filmen. 's Avond, kwam dat op het nieuws, er verschenen ook artikeltjes in diverse huis-aan-huis bladen.

Hierna ben ik veel bewuster met de pers omgegaan, bijvoorbeeld door persberichten te verspreiden. Ik had hier twee redenen voor, een wisselwerking; de media-aandacht maakte het een heel stuk makkelijker om bij bedrijven dingen gedaan te krijgen, omdat ik media-aandacht genereerde kon ik voor bedrijven als tegenprestatie reclame gaan maken.

Zowel met het Brabants Dagblad als met SBS6 was er de afspraak dat men verslag zou leggen van de test. Naar de lokale huis-aan-huisbladen heb ik persberichten gestuurd die vaak integraal werden opgenomen.

Over media ben ik mij een aantal dingen gaan realiseren. Ik ben mij bewust geworden van hun macht. Ook heb ik geleerd dat als je eenmaal in het nieuws bent je makkelijker in het nieuws kan blijven. Wat mij ook opviel (of ik heb geluk gehad), is dat er redelijk met de media te overleggen valt wat je wel en niet wilt laten zien.

Ik heb gemerkt dat ik het gelukkig nooit echt 'eng' of spannend heb gevonden om mijn verhaal te vertellen. Ook niet toen SBS met een draaiende camera op me afkwam direct na afloop van mijn test op me afkwam....



Voor de eerste opname van SBS6 ging ik 's ochtend naar de kapper en vroeg mijn zus een kledingadvies, de tweede keer dat SBS kwam maakte mij dit niet meer uit.

In bijlage 2 is een opsomming te vinden van alle media exposure. Ook zijn alle artikelen en tv beelden te vinden op onnowijnberg.nl.

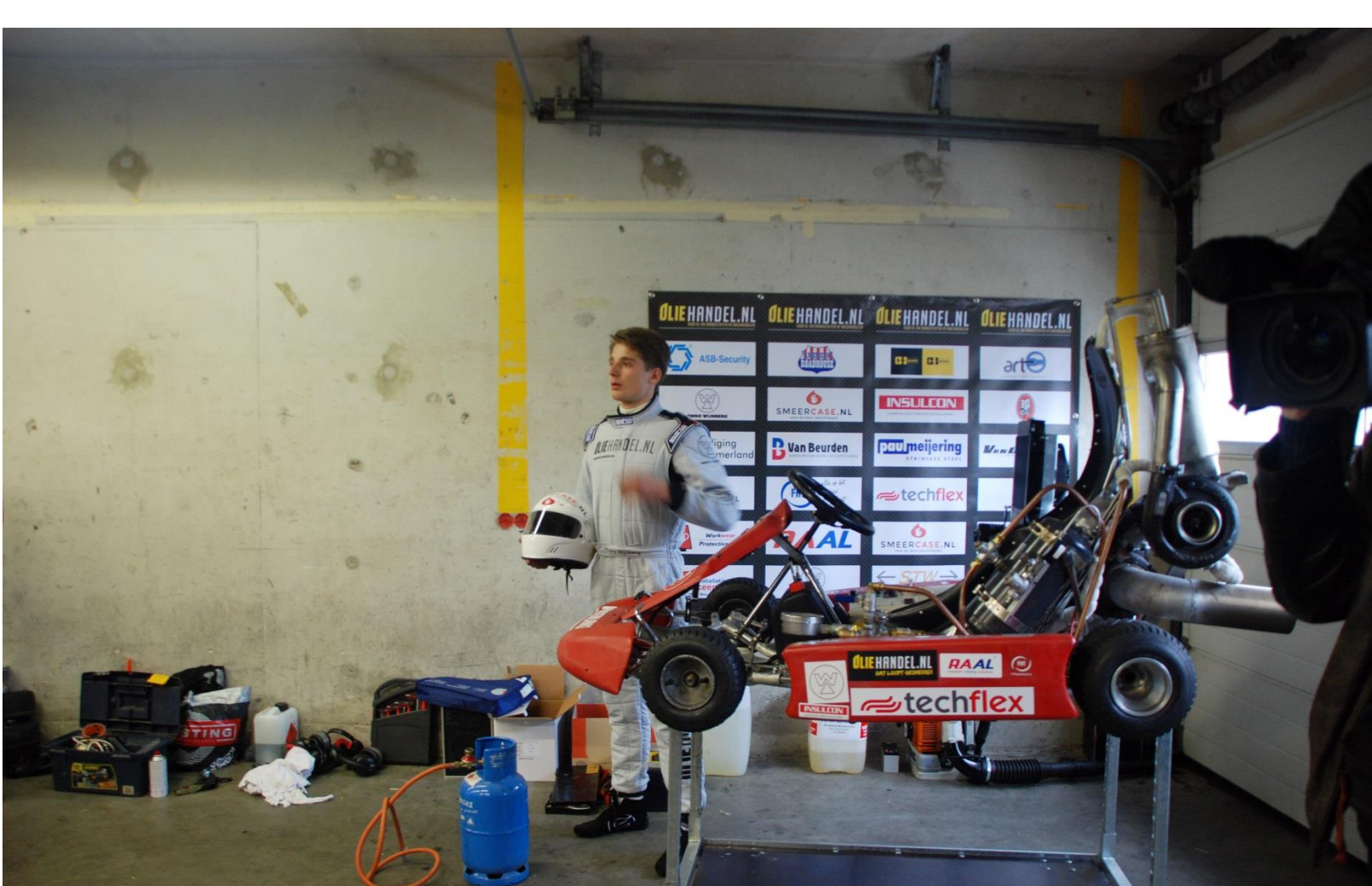
Media en sponsorwerving

‘Voor wat, hoort wat’. Vanaf het eerste contact met sponsors heb ik in het achterhoofd gehouden dat ik ook iets voor hen terug wil en moet doen. Voor een aantal sponsors heb ik iets ‘in ruil’ gedaan of ga ik het nog doen. Zo heb ik voor een bedrijf dat voor mij onderdelen maakte een dag hun nieuwe bedrijfshal staan aanvegen. De sponsor van mijn dure brandwerende racekleding wil dat ik in ruil daarvoor op de komende motorbeurs in de Jaarbeurs met kart en al op hun stand gaan staan.

De meeste sponsors hebben hun naam op mijn kart vermeld gekregen of op mijn werkkleding dan wel racekleding. Ook heb ik een groot sponsordoek laten maken met daarop de namen van mijn sponsors. Dit doek was in de pitbox tijdens de test op Zandvoort duidelijk zichtbaar op de tv.

Mediabureau's berekenen de media-aandacht ‘exposure’ die er is gegenereerd. Dit wordt uitgedrukt in Euro's. Dus hoeveel euro zou ik kwijt zijn als ik dezelfde aandacht moest kopen door middel van advertenties. Ik heb aan een hierin gespecialiseerd bureau, Media Info Groep, gevraagd om dat voor me uit te rekenen. De uitkomst was € 97.912,49. Zie

Bijlage 2ge 2 voor de berekeningen.



Veiligheid

Er waren redelijk wat mensen om mij heen die zich afvroegen of het testen van de hypothese wel veilig kon gebeuren. Samen met de conrector en mijn natuurkundedocent hebben we hier apart voor vergaderd. Ik realiseerde mij dat er inderdaad veiligheidsrisico's zijn, ik werk met propaan en kerosine. Er zou veel hitte vrijkomen en ik zou niet zeker weten of alles die hitte aankon. Het idee was dat de kart in beweging moest komen. Zeker toen het Brabants Dagblad publiceerde dat ik alles had gecalculeerd op een maximum snelheid van 130 km/uur kwamen er veel vragen. Vanuit school, vanuit mijn familie en vanuit potentiële sponsors die om reden van veiligheid afhaakten.

Ik vind dat ik de veiligheid serieus heb genomen door onder meer de volgende maatregelen te nemen:

- In mijn werkplaats draag ik altijd veiligheidsschoenen. Bij slijpen, boren en etc. draag ik een veiligheidsbril. Bij het maken van veel geluid draag ik oorbeschermers.
- Tijdens het werken draag ik werkkleding die brandvertragend is (en zeker geen polyester kleding!)
- In mijn werkplaats staat een grote brandblusser.
- Een goede vriend, Pieter Vos is werktuigbouwkundig ingenieur. werkzaam in de koelindustrie. Hij heeft al mijn calculaties met mij nagelopen. In het werk heeft hij aansluitingen en verbindingen gecontroleerd. Ik heb veel met hem kunnen overleggen en 'veiligheid' is daarbij niet uit het oog verloren.
- In overleg met een race-kart specialist heb ik de bestaande remmen verbeterd en aangepast.
- Bij een gespecialiseerd bedrijf heb ik mijn kartstoel laten bekleden met speciale isolatie.
- De originele kartstoel heb ik vervangen door een exemplaar met een neksteun, de zogenaamde anti-whiplash stoel.
- Door middel van een infrarood camera kan ik het temperatuursverloop in de motor in volgen.
- In mijn ontwerp zit een grote geforceerde oliekoeling.
- Het materiaal is overgespecificeerd, dus sterker / dikker / zwaarder uitgevoerd dan strikt noodzakelijk.
- Mijn kart heeft voor elke gas, elektra of vloeistofstroom 1 of meerdere extra afsluiters en controle instrumenten. (thermometer, manometer, kogelafsluiters en naaldafsluiters, magneet ventielen, overdrukventielen, terugslagkleppen)
- De uitlijning van de wielen heb ik gedaan door middel van een laser met als doel de kart zo goed mogelijk bestuurbaar te maken
- Mijn kart heeft een grote rode 'noodknop' waarmee ik alle systemen uit kan zetten.
- Bij het testen in Zandvoort draag ik goedgekeurde FIA racekleding, dus ondergoed, schoenen, raceoverall, gezichtsmasker en integraalhelm.
- Ik gebruik voor mijn test een officieel race circuit, met geleiderails, grindbakken en test dus niet de openbare weg.
- Bij de test is een veiligheid Marshall met brandweerwagen aanwezig en deze rijdt achter mij aan tijdens de test.

Ik vind dat ik een verantwoord risico heb genomen. Een zeventienjarige 's nacht om drie uur op een opgevoerde scooter met vijf bier op neemt volgens mij onbewust veel meer risico!

Willen en kunnen

Er zijn mensen die zeggen dat 'willen' belangrijker is dan iets 'kunnen'. Als je iets wilt kan je het vaak ook; motivatie is het sleutelwoord. Kun je het niet dan is het te leren als je écht wilt!

Soms wil ik iets op school niet leren. Bij dit profielwerkstuk was dat zeker niet het geval. Ik vind dat ik erg veel geleerd heb de afgelopen maanden dat ik aan dit werkstuk heb gewerkt. Ik durf te stellen dat ik meer geleerd heb over schoolvakken en ook over het leven buiten de school dankzij dit project dan in een normaal schooljaar!

Ik vond het leuk om stil te staan bij het interdisciplinaire karakter van dit profielwerkstuk en kwam tot de volgende opsomming van geleerde en gebruikte vaardigheden. Deze lijst is zeker niet compleet. (In deze opsomming ga ik de technieken niet uitleggen.)

Natuur en scheikunde

Hardings processen van metalen, metaal bewerkingen, metaal eigenschappen, verbrandingsprocessen

Techniek

Verspanen: honen, slijpen, frezen, draaien, basisvaardigheden lassen, draaien op een draaibank, frezen, draadsnijden, krimpen en persen, zandstralen, koper fitten, solderen

ICT

3D construeren met Solidworks software, website bouwen met Wordpress, server operationeel gekregen, LinkedIn profiel aangemaakt, voor dit project een website gebouwd

Sociale en commerciële vaardigheden

Zakelijke e-mails en telefoongesprekken in de Nederlandse en Engelse taal, cold calls bij bedrijven met sponsorverzoeken, contacten met pers, schrijven van persberichten, plannen en prioriteiten stellen, omgaan met zowel mensen op de werkvloer als ook hun directeur

Diverse

Netwerken, kritische pad bewaken en plannen, draaiboek maken, koffie leren drinken, communiceren met mensen met uiteenlopende karakters,

Houding

Naast deze vaardigheden is er ook wel wat veranderd ten aanzien van mijn houding.

Doorzetten, focus, geloven in mijn eigen kunnen zijn de afgelopen maanden op de proef gesteld. Mijn zelfvertrouwen is ook toegenomen. Ook heb ik ervaren dat als je 'boven het maaiveld uitkomt' je bij sommige mensen weerstand oproept.

Overtuigingen

Iedereen heeft overtuigingen, ik ook en als gevolg van dit profielwerkstuk zijn er ook wel wat overtuigingen versterkt. Ik noem er een paar:

In de techniek werken inderdaad alleen maar mannen.

Ik leer minstens zoveel buiten school als van de lesstof.

De Arbo wordt lang niet overal serieus genomen.

'Media aandacht' opent gemakkelijk deuren.

Je snapt pas iets echt heel goed als je het een ander simpel kan uitleggen.

Logboek

Een vast onderdeel van een profielwerkstuk is het Logboek/labjournaal. Het dient als verantwoording van de bestede tijd en de gedane werkzaamheden. Tevens kan een goed ingevuld logboek laten zien of je effectief, efficiënt en goed aan het werk bent.

De leerling dient minimaal 80 uur te besteden aan een profielwerkstuk. Die heb ik zeker gemaakt, ik heb mijn uren niet geteld en schat dat ik ergens tussen de 800 en 1000 uur aan dit project heb besteed. Ook ben ik nog niet klaar zo ga ik bijvoorbeeld in februari 2016 bij een standhouder op de Motorbeurs staan. Dit als tegenprestatie voor goederen die hij voor mij heeft gekocht.

Ik ben begonnen met het bijhouden van het logboek, na een aantal weken ben ik na overleg met dhr. Verbaan besloten er mee te stoppen, om twee redenen. Volgens de voorschriften: *'elke zoekactie, elke schrijfactie, elk gesprek e.d. moet worden genoteerd'* dit is de eerste reden dat ik mijn logboek niet 100% compleet is. Het zou voor mij een onmogelijke taak zijn, met meer dan 400 mails, minstens zo veel telefoongespreken en nog meer handelingen. Het logboek zou dan een zelfstandig boekwerk zijn worden.

Daarnaast ontving ik van één van mijn sponsors een ABUS sportcamera. Met deze handzame camera heb ik heel veel gefilmd en dit gold voor mij ook als een makkelijke en efficiënte manier van verslaglegging.

Nabespreking

Conclusie

Mijn onderzoeksvraag heb ik geformuleerd als:

“kan ik zelf een eenvoudige goed presterende kart met straalmotor met een budget van € 0 bouwen? “

Uit het feit dat ik met mijn kart op 4 september op het circuit van Zandvoort heb gereden, ⁽¹⁰⁾, en zelf geen geld heb geïnvesteerd in deze kart, bijlage 1 kan ik concluderen dat deze hypothese waar is.

Ik kijk met ongeloofelijk veel plezier terug op dit project. Ik heb ongeloofelijk veel geleerd. Niet alleen heb ik meer geleerd rond de onderwerpen Natuur en Techniek maar ook heel veel over samenwerken, nieuwe software die ik me eigen moest maken, marketing en omgaan met de pers. Het project heeft mij een aantal maanden van mijn leven 'gekost' en ik zou het zo weer over doen! Ik hoop dat dit project mij kan helpen om de vervolgopleiding die ik graag wil te mogen gaan doen.



Meten is weten

Een Natuur en Techniek profielwerkstuk kan niet zonder meten. Want meten is weten, dit is misschien niet een standaard profielwerkstuk. Ik kan maar een beperkt aantal mooie grafieken of tabellen tonen. Waarom? Zoals ik al eerder zei is dit profielwerkstuk uit de hand gelopen.

Natuurlijk heb ik een groot aantal meetinstrumenten gehanteerd, bijvoorbeeld:

Een meetbank en schuifmaat, voor het afmeten van buislengtes en diverse andere afstanden. Mijn freeswerk is tot op de honderdste centimeter nauwkeurig!

Multimeter, deze heb ik natuurlijk vaak nodig gehad voor het elektrische systeem

De kart zelf is uitgerust met de volgende meetinstrumenten:

- Thermometer, voor de olie temperatuur
- Manometers, voor de olie- en gasdruk
- Garmin eTrex outdoormeter GPS systeem om de snelheid te kunnen door middel van het Global Positioning System
- Voltmeter
- Ampèremeter

Het mooiste gebruikte meetapparaat is de FLUKE infraroodcamera, type TI400 die mij door de FLUKE Nederland werd uitgeleend. Ik was bijzonder nieuwsgierig naar het warmtebeeld van de straalmotor. Een hoge temperatuur zou funest kunnen zijn voor de werking van de turbo, Vandaar ook de geforceerde oliekoeling. De beste manier om hier inzicht in te hebben is door middel van dit meetapparaat, in bijlage 7 zijn deze beelden te zien. De waardes op de beelden zijn de gemiddelde temperaturen in Kelvin in de bijbehorende cirkels, deze meetwaarde is echter niet geijkt en kan dus niet worden gebruikt om verdere conclusies te trekken.



Voorgekomen problemen

Natuurlijk ging niet alles van een leien dakje. Het spannendst was dat ik de (eerste) turbo had verbrand door een gebrek aan koelolie. Ik natuurlijk niet wist of ik wel een tweede zou kunnen krijgen. Zonder turbo geen beweging. Dit zie ik zelf als het grootste probleem wat ik heb moeten overwinnen.

Op het circuit van Zandvoort liep de kart alleen op propaan en niet op kerosine en behaalde niet de door mij verwachte snelheid. Dit was een behoorlijke tegenvaller. Maar de snelheid was > 0 km/uur, dus hypothese bewezen!

Ik heb als 'uitvinder' ook maar te accepteren dat niet alles in één keer perfect werkt. Want, wat is anders de functie van een prototype?

Ook heb ik geleerd dat niet elke belofte waar gemaakt wordt. Soms zegde een bedrijf mij iets toe en dat gebeurde dan niet. In sommige gevallen lag dit wel op mijn 'kritieke pad' en dit zorgde voor tijdsverlies en bij mij behoorlijk wat stress.

Verbeterpunten

Met het inzicht van nu is het natuurlijk gemakkelijker om aan te geven wat ik nu anders zou doen. Mijn twee belangrijkste verbeterpunten zijn de volgende:

- Het frame van de kart. Ik ben de straalkart gaan bouwen op een tweedehands race frame. Als ik nu zie hoeveel tijd en geld ik aan dit frame heb 'toegevoegd' dan zou ik een volgende keer beginnen met een nieuw frame.
- De gewichtsverdeling en een differentieel

Ik heb veel metingen gedaan en weet niet precies hoeveel mijn kart nu weegt. Ik weet wel dat er minstens drie sterke mannen nodig zijn om hem te tillen. Bijna al dit gewicht zit op of zelfs achter de starrenachteras. Hierdoor is er een erg slechte gewichts- verdeling en veel te weinig druk op de voorwielen. Als gevolg hiervan is de wendbaarheid ronduit slecht. Ik had beter rekening moeten houden met dit gewicht en/of een differentieel moeten toepassen zodat de besturing verbetert.



Bronnen

1. **Frank, Philipp.** *Einstein: His Life and Times*. Boston : Da Capo Press, 2002.
2. *A simple explanation of light emission in sonoluminescence.* **Hilgenfeldt, Grossman & Lohse.** 398, London : Nature, 1999, Vol. 1999.
3. University College Twente. *University of Twente*. [Online] 15 9 2015. [Cited: 2 10 2015.] <https://www.utwente.nl/onderwijs/bachelor/opleidingen/university-college-twente/>.
4. Aanmelding en selectie voor Technology and Liberal Arts & Sciences (ATLAS). *University of Twente*. [Online] 8 4 2015. [Cited: 2 10 2015.] <https://www.utwente.nl/onderwijs/bachelor/opleidingen/university-college-twente/toelating-en-inschrijving/aanmelding-en-selectie%20/>.
5. **Andreas Froese** . Technical innovations Bi4PVS®. <http://www.eco-tecnologia.com/>. [Online] ECOTEC. [Cited: 2 10 2015.] <http://www.eco-tecnologia.com/>.
6. **Jong, Anita de.** Kerosine. *Delta*. Nummer 39, 1998, Vol. 30.
7. **EPA.** *Notices of Violations Volkswagen*. Washington, D.C. : <http://www3.epa.gov/otaq/cert/documents/vw-nov-caa-09-18-15.pdf>, 2015.
8. **Billionville.** Homemade jet engine gone wrong fail. *Youtube*. [Online] 1 9 2013. [Cited: 2 10 2015.] <https://www.youtube.com/watch?v=fmpmneSSCIM>.
9. **Adrian Bennett.** DIYkart home. *Jetpower*. [Online] 01 10 2011. [Cited: 2 10 2015.] <http://www.jetpower.co.uk/>.
10. **Wijnberg, Onno.** *Onnowijnberg.nl*. [Online] 7 2015. [Cited: 2 10 2015.] <http://www.onnowijnberg.nl/>.
11. **Ysolde Bentvelsen.** Persbericht. *carrieretijger*. [Online] [Cited: 02 10 2015.] <http://www.carrieretijger.nl/functioneren/communiceren/schriftelijk/modellen/persbericht>.
12. **Smith, G.G.** *Het schroeflooze vliegtuig*. Haarlem : Gottmer, 1946.
13. **Noordhoff Uitgevers.** *BINAS*. Groningen : Noordhoff Uitgevers, 2013.
14. **Department of Defense** . FLUID COUPLING, THE PRINCIPLES OF OPERATION. *Youtube*. [Online] 1954. [Cited: 2 10 2015.] <https://www.youtube.com/watch?v=leCEmJA0Wsl>.
15. breng samen met JET-NET technologie tot leven! *Jet-net*. [Online] 2015. [Cited: 2 10 2015.] <http://www.jet-net.nl/home>.
16. Shell Eco-marathon. *Shell global*. [Online] 2015. [Cited: 2 10 2015.] <http://www.shell.com/global/environment-society/ecomarathon.html>.
18. **De overheid.** Eindexamenbesluit VO. *overheid.nl*. [Online] 24 9 2015. [Cited: 2 10 2015.] http://wetten.overheid.nl/BWBR0004593/HoofdstukI/Artikel4/geldigheidsdatum_24-09-2015.
19. Leerlingen - Reglementen en procedures. *cambiumcollege.nl*. [Online] 1 10 2015. [Cited: 2 10 2015.] <http://www.cambiumcollege.nl/Media/download/17444/2015-2016+Buys+Ballot+-+PTA+6+vwo.pdf?>.

Bijlagen

Bijlage 1, Financiën van onderdelen en de sponsors

Onderdeel	Prijs	Sponsor	Uurtarief	Aantal uren
Kart				
kart	€ 40	Shell Nederland		
slicks	€ 150	International Kart Parts		
regenbanden (gebruikt)	€ 80	Henk Maassen		
velgen	€ 60	American Roadhouse		
stoel	€ 40	American Roadhouse		
stoelisolatie	€ 200	Insulcon		
stickering	€ 150	All Print Group		
steunen en beugels	€ 50	International Kart Parts		
zijbakken	€ 25	Shell Nederland		
stuur	€ 20	American Roadhouse		
Kar	€ 70	van Wijk		
Rem				
hoofdremcilinder	€ 40	Henk Maassen		
remblokjes	€ 20	Henk Maassen		
Turbo				
basis turbo (gebruikt)	€ 1.100	Vos Truckparts		
verloopstuk RVS materiaal	€ 40	Paul Meijering		
verloopstuk bewerking	€ 450	ART Tooling	€ 75/ uur	6 uur
pakkingen	€ 30	Vos Truckparts		
software	€ 60	Frans Verweij		
RVS verbrandingskamer				
materiaal	€ 100	Paul Meijering		
bewerking	€ 450	ART Tooling/Van Beurden	€ 75/ uur	6 uur
laswerk	€ 130	STW Engineering	€ 65/ uur	2 uur
Compound				
basis compound (gebruikt)	€ 1.200	Vos Truckparts		
lagers + afdichtingen	€ 30	Biesheuvel techniek		
bewerkingen + materiaal	€ 450	ART Tooling/Van Beurden	€ 75/ uur	6 uur
tandwielen	€ 80	vos Truckparts/tpxkartservice		
ketting	€ 20	TPXkartservice		
Motorsteunen				
materiaal	€ 50	Paul Meijering		
laswerk	€ 780	Vanderlande	€ 65/ uur	12 uur
Ontsteking				
bougie	€ 5	MS karting		
kabel	€ 5	Visser Auto-Electra		
ontsteker	€ 5	Shell Nederland		

Onderdeel	Prijs	Sponsor
Electronica		
accubak	€ 20	ASB-Security
accu's	€ 60	ASB-Security
schakelaars	€ 20	Shell Nederland
kabel	€ 15	Donné Draad
sleeves	€ 60	Techflex
regelingen	€ 20	Shell Nederland
Oliesysteem		
olie tank	€ 30	Vos Truckparts
oliekoeler	€ 180	Raal
olieleidingen	€ 20	Installatieservice Van Steenbergen
manometer	€ 80	Rene Noyons
overdrukventiel	€ 10	Installatieservice Van Steenbergen
oliepomp	€ 80	Shell Nederland
koppelingen en afsluiters	€ 100	Paul Meijering
thermometer	€ 5	Middelkoop
oliefilter + huis	€ 110	Oliehandel.nl
oliekoelersteun	€ 40	STW Engineering
isolatie leidingen	€ 70	Insulcon
Branstofsysteem		
sproeierbus (draaiwerk)	€ 40	Rno cycles
sproeier	€ 60	Spraybest
leidingen en koppelingen	€ 40	FHT Perslucht
kerosinepomp	€ 15	Shell Nederland
vlecht slang	€ 30	Visser Auto-Electra
brandstoffilter	€ 30	Visser Auto-Electra
regelafsluiter	€ 60	Paul Meijering
magneetafsluiter	€ 10	Shell Nederland
terugslagklep	€ 30	Paul Meijering
gasbus (draaiwerk)	€ 60	Rno cycles
koppelingen en nippels	€ 50	FHT Perslucht
gasslang	€ 10	Middelkoop
regelafsluiter	€ 60	Paul Meijering
reduceerventiel	€ 20	Middelkoop
terugslagklep	€ 30	Paul Meijering
manometer	€ 10	middelkoop
Vloeistoffen		
Shell olie	€ 120	ABC Olie
kerosine	€ 10	Bert van de Bunte
gas	€ 10	Kerkhoff Brandstoffen
petroleum	€ 10	Kerkhoff Brandstoffen
Overig		
pak, schoenen, helm	€ 1.100	Oliehandel.nl
camera's	€ 475	Beveiliging kennemerland
sponsordoeck	€ 120	Oliehandel.nl
veiligheidskleding	€ 1.200	HaVeP
bedrukking kleding	€ 60	Zeedrukkerij All Print
veiligheidsschoenen etc	€ 445	De Werkman-oost
turbo 2	€ 1.100	Vos Truckparts
Totaal	€ 12.055	

Bijlage 2, Berekening van de advertentiewaarde

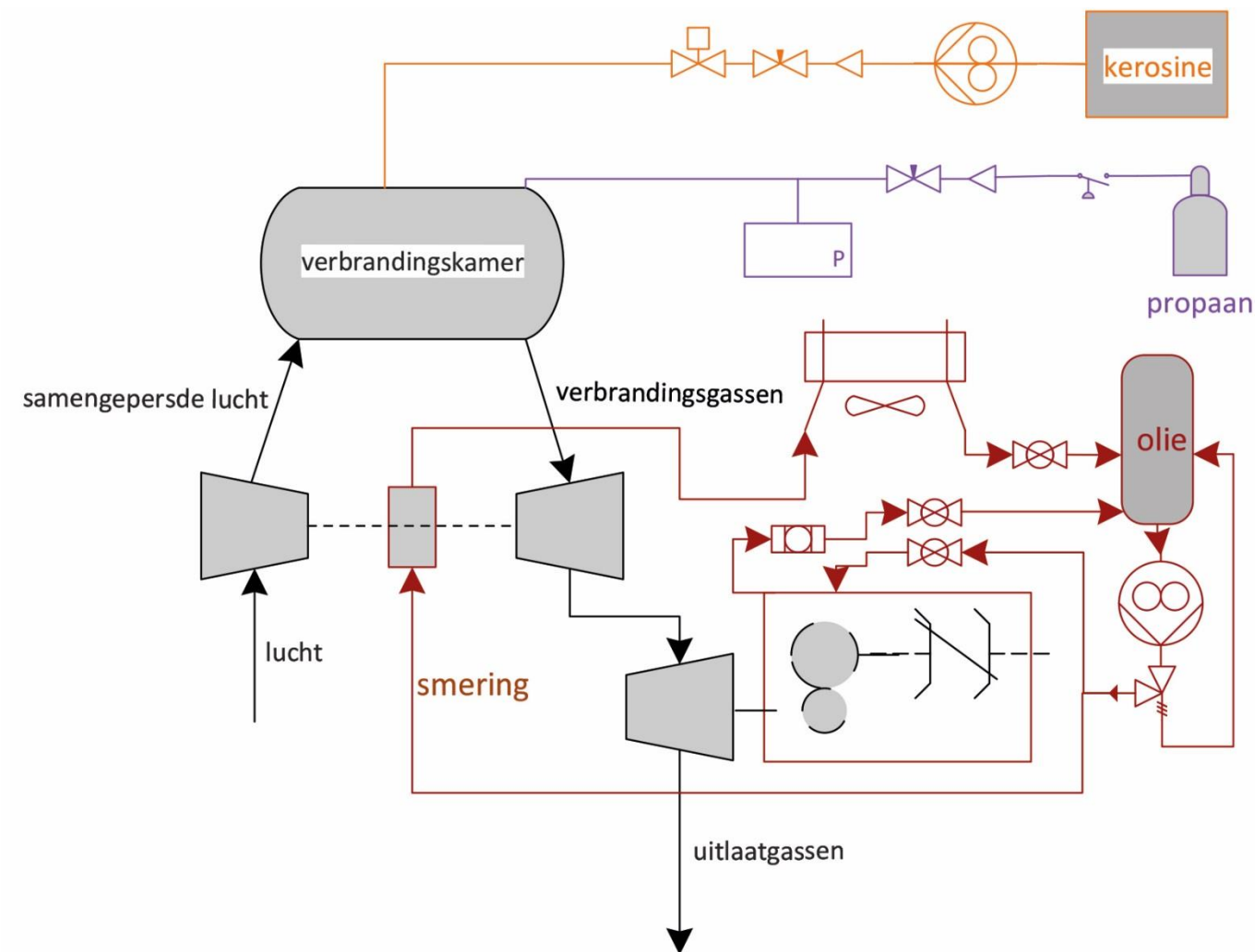
Voor de artikelen verwijst ik door naar onnowijnberg.nl



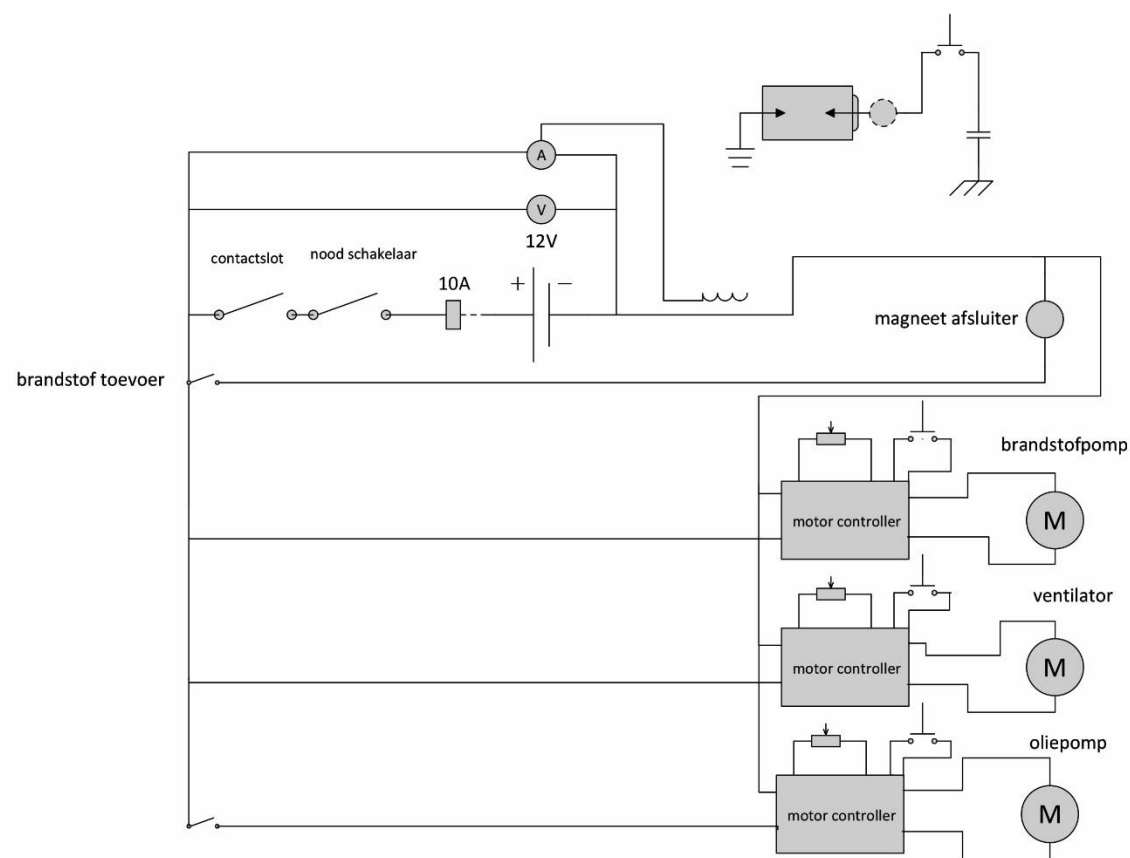
Dit rapport is gemaakt door Media Info Groep b.v.

Soort	Bron	Datum	Pagina	Rubriek	Adv.waarde	Oplage	Titel
Print	BN de Stem ed. Moerdijk	12-9-2015	18	Regionale Dagbladen	€ 68,06	4.424	Zelfgebouwd:
Print	BN de Stem ed. Roosendaal	12-9-2015	18	Regionale Dagbladen	€ 206,00	16.181	Zelfgebouwd:
Print	BN de Stem ed. Etten-Leur	12-9-2015	18	Regionale Dagbladen	€ 68,06	4.425	Zelfgebouwd:
Print	BN de Stem ed. Bergen op Zoom	12-9-2015	18	Regionale Dagbladen	€ 167,25	14.246	Zelfgebouwd:
Print	BN de Stem ed. Moerdijk	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 1.089,00	4.424	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	BN de Stem ed. Breda	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 4.638,00	26.405	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	BN de Stem ed. Oosterhout	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 2.866,00	15.374	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	BN de Stem ed. Roosendaal	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 3.296,00	16.181	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	BN de Stem ed. Etten-Leur	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 1.089,00	4.425	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	BN de Stem ed. Bergen op Zoom	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 2.676,00	14.246	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	BN de Stem ed. Moerdijk	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 136,13	4.424	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	BN de Stem ed. Breda	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 579,75	26.405	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	BN de Stem ed. Oosterhout	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 358,25	15.374	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	BN de Stem ed. Roosendaal	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 412,00	16.181	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	BN de Stem ed. Etten-Leur	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 136,13	4.425	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	BN de Stem ed. Bergen op Zoom	12-9-2015	25	Regionale Dagbladen	€ 334,50	14.246	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	de Toren	27-8-2015	2	Huis Aan Huis Bladen	€ 250,75	24.131	Scholier test straalmotor-kart
Print	de Toren	10-9-2015	6	Huis Aan Huis Bladen	€ 250,75	24.131	De kart van Onno werkt!
Print	Brabants Dagblad ed. Bommelerwaard	23-6-2015	16	Regionale Dagbladen	€ 115,13	6.888	Onno's kart
Print	Brabants Dagblad ed. 's-Hertogenbosch	23-6-2015	16	Regionale Dagbladen	€ 277,00	33.167	Onno's kart
Print	Brabants Dagblad ed. Bommelerwaard	23-6-2015	21	Regionale Dagbladen	€ 1.381,50	6.888	Zelfs Shell steunt 'super-kart'
Print	Brabants Dagblad ed. 's-Hertogenbosch	23-6-2015	21	Regionale Dagbladen	€ 3.324,00	33.167	Zelfs Shell steunt 'super-kart'
Print	Brabants Dagblad ed. Uden/Veghel	24-6-2015	1	Regionale Dagbladen	€ 142,38	15.346	School zit in maag
Print	Brabants Dagblad ed. Oss e.o.	24-6-2015	1	Regionale Dagbladen	€ 154,13	16.544	School zit in maag
Print	Brabants Dagblad ed. Langstraat	24-6-2015	1	Regionale Dagbladen	€ 128,63	2.857	School zit in maag
Print	Brabants Dagblad ed. Meierij	24-6-2015	1	Regionale Dagbladen	€ 121,00	12.243	School zit in maag
Print	Brabants Dagblad ed. Langstraat	24-6-2015	21	Regionale Dagbladen	€ 1.543,50	2.857	Zelfs Shell steunt 'super-kart'
Print	Brabants Dagblad ed. Meierij	24-6-2015	21	Regionale Dagbladen	€ 1.452,00	12.243	Zelfs Shell steunt 'super-kart'
Print	Brabants Dagblad ed. Uden/Veghel	24-6-2015	21	Regionale Dagbladen	€ 569,50	15.346	Onno bouwt 'superkart' als profielwerkstuk
Print	Brabants Dagblad ed. Oss e.o.	24-6-2015	21	Regionale Dagbladen	€ 616,50	16.544	Onno bouwt 'superkart' als profielwerkstuk
Print	Brabants Dagblad ed. Bommelerwaard	16-7-2015	34	Regionale Dagbladen	€ 115,13	6.888	Vwo-scholier Wijnberg test straalmotor op Zandvoort
Print	Brabants Dagblad ed. 's-Hertogenbosch	16-7-2015	34	Regionale Dagbladen	€ 277,00	33.167	Vwo-scholier Wijnberg test straalmotor op Zandvoort
Print	Brabants Dagblad ed. Bommelerwaard	5-9-2015	1	Regionale Dagbladen	€ 115,13	6.888	Cambium-leerling
Print	Brabants Dagblad ed. 's-Hertogenbosch	5-9-2015	1	Regionale Dagbladen	€ 277,00	33.167	Cambium-leerling
Print	Brabants Dagblad ed. Bommelerwaard	5-9-2015	33	Regionale Dagbladen	€ 613,94	6.888	Knallen en tranen bij testrit op circuit van Zandvoort
Print	Brabants Dagblad ed. 's-Hertogenbosch	5-9-2015	33	Regionale Dagbladen	€ 1.477,19	33.167	Knallen en tranen bij testrit op circuit van Zandvoort
Print	Brabants Dagblad ed. Uden/Veghel	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 2.278,00	15.346	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	Brabants Dagblad ed. Oss e.o.	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 2.466,00	16.544	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	Brabants Dagblad ed. Langstraat	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 2.058,00	2.857	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	Brabants Dagblad ed. Meierij	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 1.936,00	12.243	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	Brabants Dagblad ed. Bommelerwaard	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 1.842,00	6.888	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	Brabants Dagblad ed. 's-Hertogenbosch	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 4.432,00	33.167	Vuur. Rook. En daar gaat-ie
Print	Brabants Dagblad ed. Uden/Veghel	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 284,75	15.346	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	Brabants Dagblad ed. Oss e.o.	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 308,25	16.544	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	Brabants Dagblad ed. Langstraat	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 257,25	2.857	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	Brabants Dagblad ed. Meierij	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 242,00	12.243	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	Brabants Dagblad ed. Bommelerwaard	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 230,25	6.888	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	Brabants Dagblad ed. 's-Hertogenbosch	5-9-2015	44	Regionale Dagbladen	€ 554,00	33.167	Na de test volgt de beoordeling. 'Hoe kan ik dit nou objectief bekijken?'
Print	het Carillon	26-8-2015	1	Huis Aan Huis Bladen	€ 56,25	17.000	VWO-scholier Onno Wijnberg gaat straalmotor-kart testen op Circuit Zandvoort
Print	Kontakt ed. Bommelerwaard	26-8-2015	2	Huis Aan Huis Bladen	€ 81,88	24.400	Scholier test straalmotor-kart
Print	Linux Magazine	31-8-2015	44	Automatisering/Telecom	€ 687,50	11.500	GO-KART MET STRAALAANDRIJVING
Print	Zandvoortse Courant	27-8-2015	21	Huis Aan Huis Bladen	€ -	9.400	Test met straalmotor aangedreven kart
Totaal Print		52			€ 49.036,42	780.293	
Online	bd.nl	22-6-2015	-		- € 1.827,98	73.075	Scholier Cambium College Zaltbommel bouwt kart met straalmotor
Online	bd.nl	23-6-2015	-		- € 1.827,98	73.075	Vandaag in het BD (23 juni): een kart bouwen op je 17e, 50 jaar misdaad en liever ES dan medailles
Online	bd.nl	15-7-2015	-		- € 1.868,86	81.844	VWO-scholier Onno Wijnberg uit Gameren test straalmotor op Zandvoort
Online	bd.nl	28-8-2015	-		- € 1.842,13	75.998	Onno Wijnberg (17) uit Gameren bijna klaar voor testrit met zelfgebouwde straalmotor (video)
Online	bd.nl	4-9-2015	-		- € 1.842,13	75.998	Onno Wijnberg en zijn zelfgemaakte kart arriveren op circuit Zandvoort voor testrit
Online	bd.nl	4-9-2015	-		- € 1.842,13	75.998	Laatste voorbereidingen voor testrit van Onno Wijnberg en zijn zelfgebouwde kart (video)
Online	bd.nl	5-9-2015	-		- € 1.842,13	75.998	Na een half uur krijgt Onno Wijnberg zijn zelfgemaakte kart aan de praat (video)
Online	hartvannederland.nl	24-6-2015	-		- € 1.497,46	29.230	Onno (17) bouwt kart met straalmotor
Online	hartvannederland.nl	4-9-2015	-		- € 1.497,46	29.230	Onno maakt eerste rit met straalmotorkart
Online	headlines.nl	24-6-2015	-		- € 1.063,17	8.769	Onno (17) bouwt kart met straalmotor
Online	nieuwsdump.nl	22-6-2015	-		- € 666,88	2.923	Scholier Cambium College Zaltbommel bouwt kart met straalmotor
Online	nieuwsdump.nl	24-6-2015	-		- € 666,88	2.923	Onno (17) bouwt kart met straalmotor
Online	nieuwsdump.nl	15-7-2015	-		- € 530,00	-	VWO-scholier Onno Wijnberg uit Gameren test straalmotor op Zandvoort
Online	nieuwsdump.nl	28-8-2015	-		- € 530,00	-	Onno Wijnberg (17) uit Gameren bijna klaar voor testrit met zelfgebouwde straalmotor (video)
Online	nieuwsdump.nl	4-9-2015	-		- € 530,00	-	Onno Wijnberg en zijn zelfgemaakte kart arriveren op circuit Zandvoort voor testrit
Online	nieuwsdump.nl	4-9-2015	-		- € 530,00	-	Na een half uur krijgt Onno Wijnberg zijn zelfgemaakte kart aan de praat
Online	nieuwsdump.nl	4-9-2015	-		- € 530,00	-	Onno maakt eerste rit met straalmotorkart
Online	nieuwsdump.nl	4-9-2015	-		- € 530,00	-	Laatste voorbereidingen voor testrit van Onno Wijnberg en zijn zelfgebouwde kart (video)
Online	regiostart.nl	26-6-2015	-		- € 530,00	-	Scholier Cambium College Zaltbommel bouwt kart met straalmotor - Brabants Dagblad
Online	regiostart.nl	16-7-2015	-		- € 530,00	-	VWO-scholier Onno Wijnberg uit Gameren test straalmotor op Zandvoort - Brabants Dagblad
Online	regiostart.nl	6-9-2015	-		- € 530,00	-	Onno Wijnberg en zijn zelfgemaakte kart arriveren op circuit Zandvoort voor ... - Brabants Dagblad
Online	stadindex.nl	5-9-2015	-		- € 666,88	2.923	Onno maakt eerste rit met straalmotorkart
Online	zandvoortsecourant.nl	9-9-2015	-		- € 530,00	-	Straalmotor-kart succesvol getest op circuit
Totaal Online		23			€ 24.252,07	607.984	
RTV	Hart van Nederland	22-6-2015	-	TV	€ 12.312,00	1.378.000	
RTV	Hart van Nederland	4-9-2015	-	TV	€ 12.312,00	1.378.000	
Totaal RTV		2			€ 24.624,00	2.756.000	
Elindtotaal		77			€ 97.912,49	4.144.277	

Bijlage 3, Schematische weergave werking straalkart, Process Flow Diagram



Bijlage 4, Schematische weergave elektrisch systeem, elektrotechnische tekening



Bijlage 5, Gegevens van de Raal oliekoeler

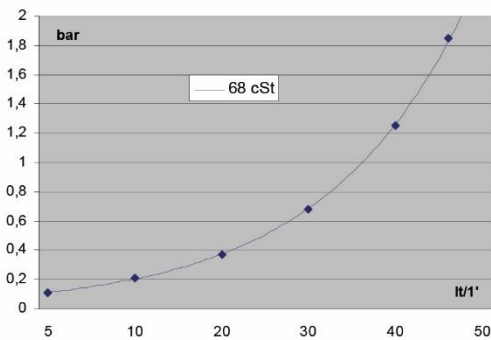
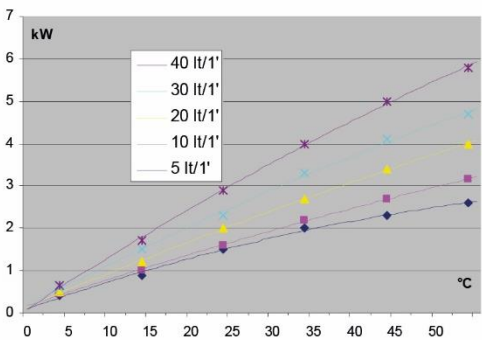
GR50D

PROGRAM COOLERS

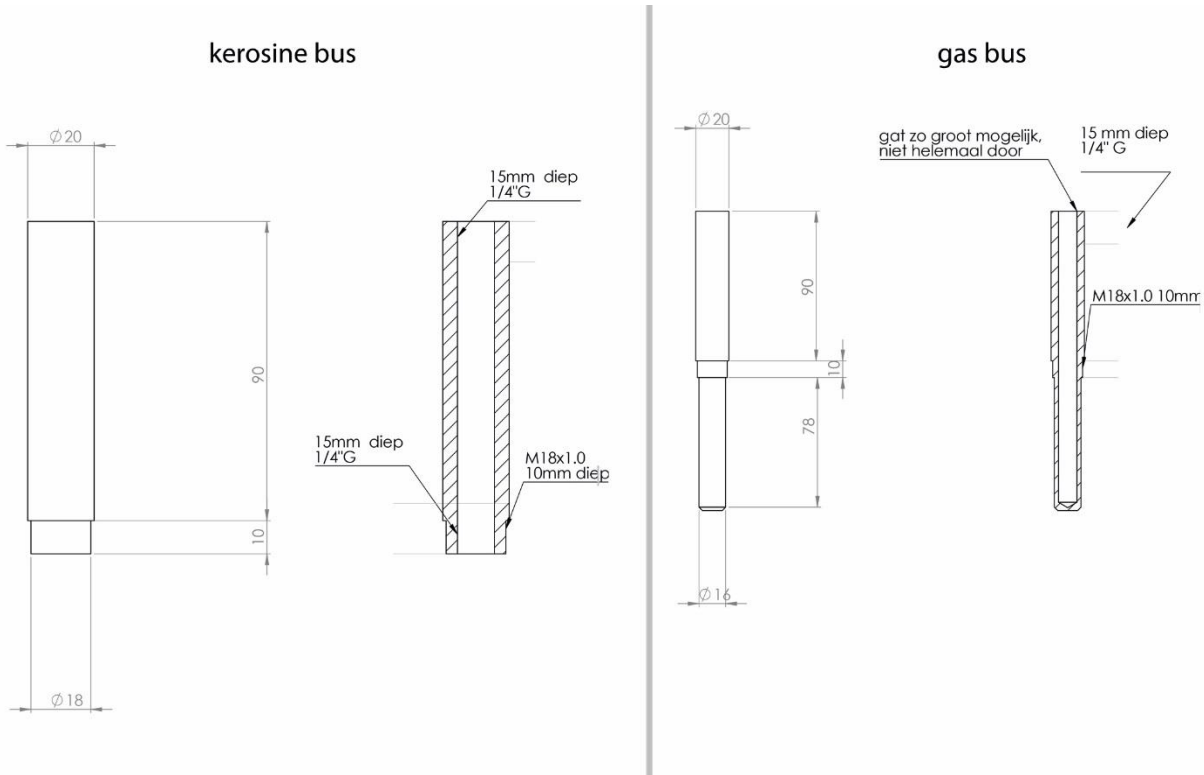
PRODUCT CODE	TYPE DESCRIPTION	H. COOLER mm	FAN DIAMETER mm	AIRFLOW m3/h	CURRENT INPUT A
RU0100620000	COOLER ONLY	45	/	/	/
RU0100620011	12 V. Suction	138	190	850	5.4

TECHNIC DATA

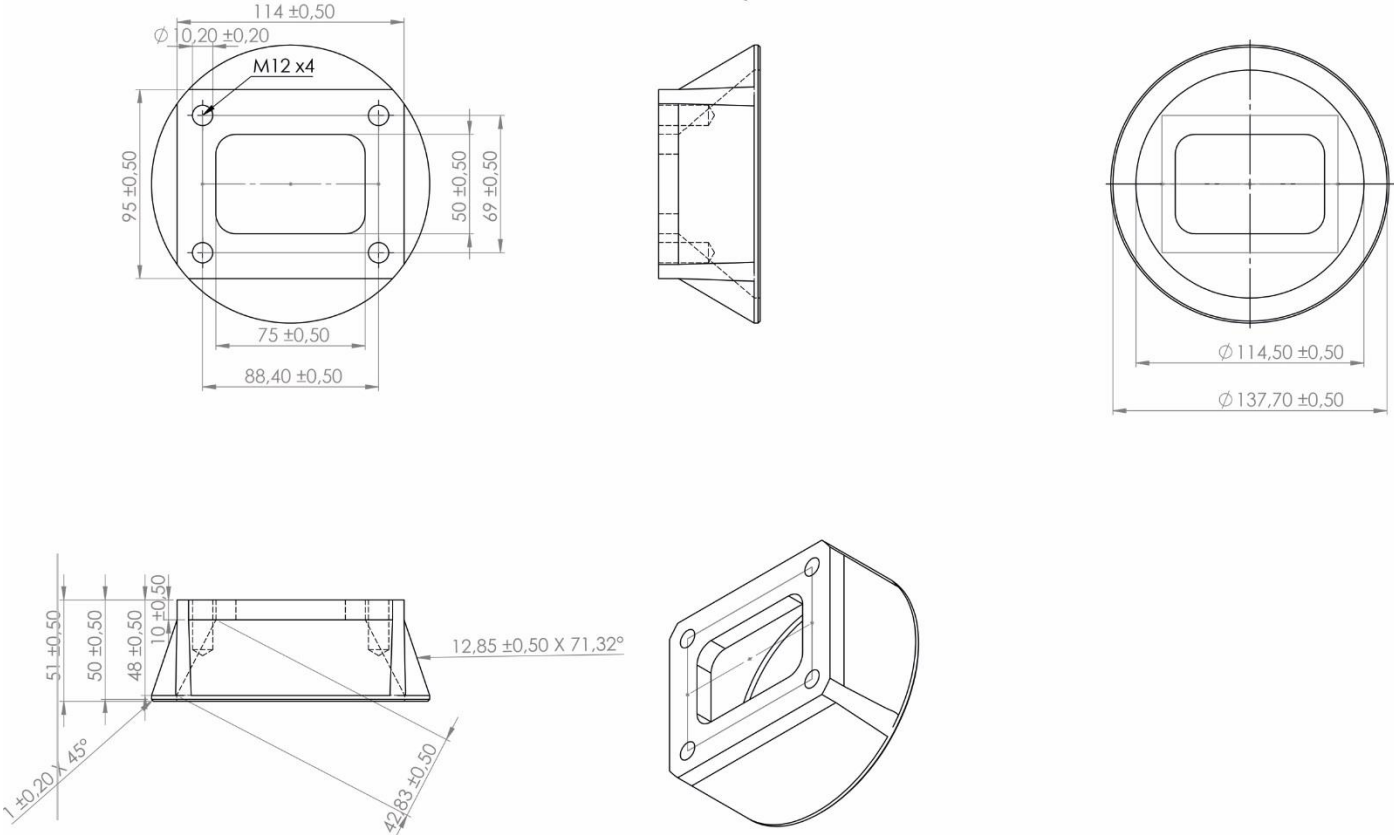
RANGE MIN	Kw3:10lt/1'=ΔT[°C] 50 – 1.9 bar
RANGE MAX	Kw7:40lt/1'=ΔT[°C] 50 – 1.9 bar



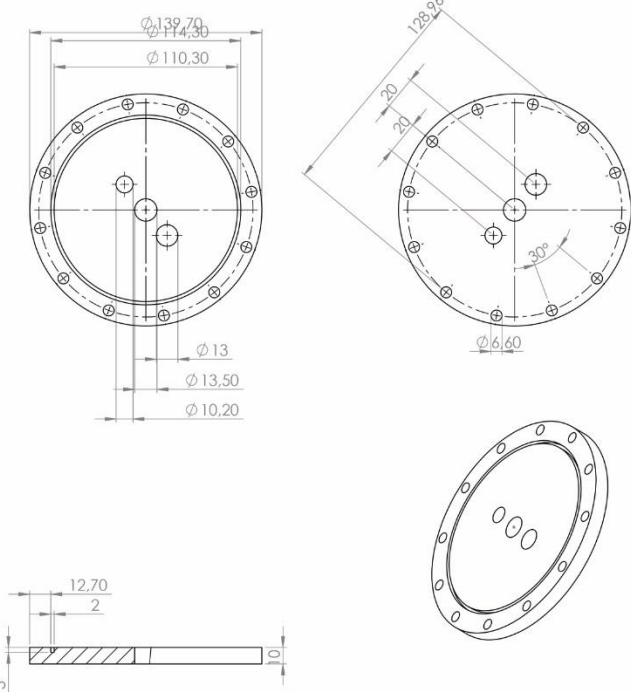
Bijlage 6, De CAD tekeningen, werkbouwtuigkundige tekening



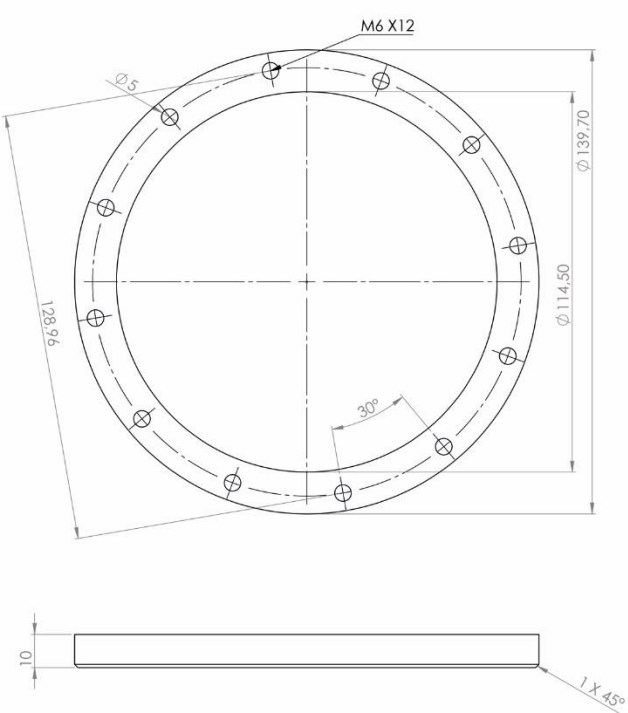
verloop flens



binnenbuis flens

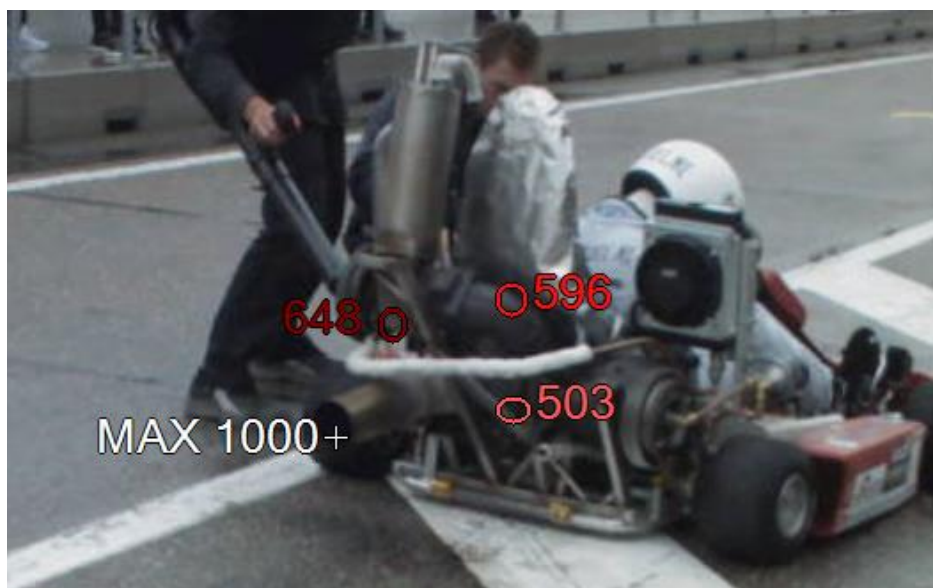


buitenbuis flens



Bijlage 7, De Fluke beelden

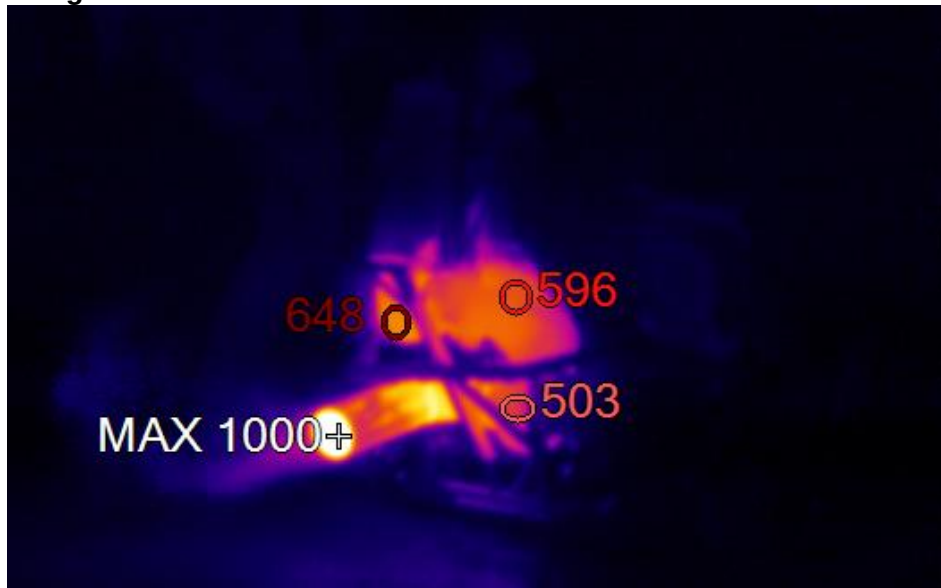
De video beelden staan op onnowijnberg.nl



Alleen zichtbaar licht



Mengniveau via Fluke SmartView® 50%



Alleen infrarood



Sponsors bedankt!



ALLPRINT
GROUP