

# CREATING THE FUTURE... ...BY REINVENTING THE WHEEL



Let's make industry work better

**ERIKS**



ERIKS en TU Delft-studenten werken samen aan Hyperloop

# CREATING THE FUTURE... ...BY REINVENTING THE WHEEL

Innoveren op het randje van wat mogelijk is. Dat deed ERIKS de afgelopen 12 maanden tijdens een intensieve partnership met 38 Delftse studenten. Samen ontwierpen en bouwden ze een capsule die hoge ogen moest gaan gooien tijdens de wereldberoemde Hyperloopwedstrijd van visionair ondernemer Elon Musk, bij ruimtetransportbedrijf SpaceX in Californië. Mede dankzij ERIKS werd team Delft na een duizelingwekkende race tegen de klok tweede; een prestatie van wereldformaat. “Je kunt wel stellen dat dit zonder ERIKS nooit was gelukt.”



## WAT IS DE HYPERLOOP?

De Hyperloop is een energiezuinig transportsysteem waarbij capsules als een soort buizenpost op hoge snelheid door een vacuümbuis reizen. Het idee dat het systeem op termijn mensen kan vervoeren met de snelheid van een vliegtuig en het gemak van een metrolijn, prikkelt de verbeelding. In theorie zouden capsules in de tunnel in de toekomst snelheden van 1220 kilometer per uur kunnen halen. Met die snelheid ben je binnen een half uur van Amsterdam naar Parijs.

Zover zijn we voorlopig nog niet. Precies de reden dat Elon Musk een jaarlijkse wedstrijd houdt om het systeem verder te ontwikkelen.





## De vacuümbuis: alleen voor de allerbesten

Teams van over de hele wereld proberen een capsule te bouwen die goed genoeg is om tot de 1,2 kilometer lange vacuümtunnel op het SpaceX-terrein te worden toegelaten. Het team dat vervolgens het snelst door de tunnel raast, wint.

Dit wedstrijdconcept klinkt eenvoudig, maar de uitvoering is een stuk ingewikkelder: Tijdens een intensieve testweek wordt het ontwerp aan wel honderd tests op verschillende onderdelen onderworpen. Alleen als je slaagt krijg je toegang tot de buis. En om überhaupt uitgenodigd te worden door SpaceX zijn maanden voorbereiding nodig. Van de 20 teams die goed genoeg waren om mee te doen in de testweek, haalden maar drie teams de wedstrijddag.

Delft hoorde dus bij de drie beste teams en heeft daar – gesteund door ERIKS – keihard voor moeten werken. ERIKS gaf gedurende het project essentieel advies over de aandrijving en droeg hoogtechnologische oplossingen aan voor onder andere de ontwikkeling van de aandrijfwielen, de support wheels en de behuizing van de batterij.

## GAME DAY

Op de dag van de wedstrijd haalde de capsule uit Delft een snelheid van 142 km/h. Doordat de wedstrijd 's middags plaatsvond, was de buis warmer dan gedacht. Hierdoor werd de motor te heet en trad het veiligheidsmechanisme in werking, waarna de motor afsloeg voordat de topsnelheid kon worden bereikt. Het hyperloopteam uit München won, met een duizelingwekkende recordsnelheid van 466 km/u.

## Partnerships zijn cruciaal

Student lucht- en ruimtevaarttechniek Pieter-Bas Bentinck kijkt desondanks met veel plezier terug op het Hyperloopavontuur. “Ook al ga je soms onderuit, deze ervaring was heel leerzaam. We deden tijdens het hele project kennis op van dingen die nog niet eerder zijn gedaan.

“Partnerships zijn cruciaal, want we zijn studenten en hebben een beperkt budget”, vervolgt hij. “We hadden partners die alleen financiële steun gaven, maar de mensen bij ERIKS stelden zelfs hun tijd, expertise en onderdelen ter beschikking. Ze waren bovendien al erg vroeg bij het project betrokken.”

## “We werden meegezogen”

ERIKS raakte inderdaad steeds dieper betrokken bij het project, blikt ook hoofd communicatie Daan Heijbroek terug. “We zijn echt meegezogen in het enthousiasme van de studenten. Eerst dachten we: we betalen een bedrag en zien wel wat het wordt daar in LA. Maar uiteindelijk hebben we geen cent overgemaakt, we hebben alles in natura betaald met mankracht, tijd en onderdelen.”

## Lange reis

De race in juli was het slotstuk van een reis die ERIKS en de studenten in september 2017 begonnen. Projectleider Paul van der Stigchel, Manager Engineering bij ERIKS, was vanaf de start de schakel tussen de studenten en de diverse afdelingen binnen ERIKS. “Studenten en collega’s moesten in dit project echt de grens opzoeken. Mooi om te zien hoe enthousiast collega’s met dit project hebben geholpen, zelfs buiten kantooruren om.”







# SLEUTELMOMENTEN IN AANLOOP NAAR DE WEDSTRIJD BIJ SPACEX





# 1 Cruciaal advies over de motor in ontwerpfase

Al in de absolute beginfase moesten er keuzes worden gemaakt die later cruciaal zouden zijn. Van der Stigchel: “Vanaf het eerste begin zijn we samen gaan kijken waar we konden helpen. In eerste instantie moest bijvoorbeeld de keuze tussen een elektrische motor met wielaandrijving of lineaire inductiemotor nog worden gemaakt. Op de afdeling Aandrijftechniek in Schoonhoven vertelden de studenten ons dat hun doel was om te winnen.” Dat klinkt misschien logisch, maar er zijn ook teams die als doelstelling hebben om überhaupt de testweek in LA te halen. “Voor de winst gaan betekende dat we ons volledig moesten richten op de topsnelheid, want dat was het enige criterium voor de overwinning.”

## Winnen? Kies wielen!

“We zeiden: om kans te maken moet je voor een elektrische motor met wielaandrijving

gaan. Als je de hoogste topsnelheid wil bereiken, is het zaak zo snel mogelijk te accelereren. Daarbij wisten we dat het niet mogelijk was aanpassingen aan de buis te doen door magneten te plaatsen. De capsule moest dus zijn eigen energie transporteren. Het kwam erop neer dat je ontwerp een zo goed mogelijke ‘power to mass’ ratio moest hebben: zo veel mogelijk vermogen bij zo laag mogelijk gewicht.”

## Duidelijk advies

“Een lineaire inductiemotor raadden we daarom af”, vervolgt Van der Stigchel. Lineaire aandrijving gebaseerd op inductie heeft een rendement van ongeveer 20 procent, ten opzichte van 80 tot 90 procent bij wielaandrijving met een elektrische motor met permanente magneten. Dat verschil zou je moeten compenseren met extra accu's die je in de capsule moet meenemen. Daardoor zou het gewicht weer toenemen, waardoor je nog meer vermogen nodig hebt. Je snapt, dat schiet niet op. De studenten kozen daarom op basis van ons advies voor een elektrische motor met wielaandrijving.”

PAUL VAN DER  
STIGCHEL:  
“WE MOESTEN  
MET OPLOSSINGEN  
KOMEN OP HET  
RANDJE VAN WAT  
MOGELIJK WAS.”





DAAN HEIJBROEK:  
“ERIKS IS VAN NATURE EEN  
BESCHIEDEN BEDRIJF, MAAR  
OP DEZE PRESTATIE MOGEN  
WE ECHT TROTS ZIJN.”

## 2 Het perfecte wiel vulkaniseren

Na de keuze voor de elektrische motor met wielaandrijving begon de race tegen de klok pas echt. De keuze voor wielen leidde tot een van de grootste uitdagingen van het project, die de vindingrijkheid en de stressgevoeligheid van ERIKS en de studenten danig op de proef zou stellen. Er moesten wielen worden ontworpen die hoge snelheden aankonden en geschikt waren voor de extreme omstandigheden in de tunnel. “Hier hebben we uiteindelijk de meeste tijd voor onderzoek in gestoken”, zegt projectleider Van der Stigchel. “Onder hoge tijdsdruk, tot in de avonduurtjes waren onze collega’s soms bezig. En tot op de testweek in LA konden we via de lokale ERIKS-vestiging in Norwalk, Californië nog advies geven over laatste aanpassingen.”

### “In 15 seconden naar 200 graden”

Want door de nadruk op snelheid werden de wielen cruciaal voor dit ontwerp: de belasting op het rubber zou enorm worden door de grote centrifugaalkracht die zou vrijkomen. “Het toerental kon op 17.000 uitkomen, in 15 seconden kon de temperatuur van de banden stijgen naar 180 tot 200 graden”, vertelt Pieter-Bas Bentinck van team Delft Hyperloop. “Het was zaak wielen te ontwikkelen met zoveel mogelijk grip en koppel. Tegelijkertijd moest het rubber stevig op de aluminium wielkern blijven zitten.”

Van der Stigchel vervolgt: “Kortom: we hadden een rubbersoort nodig die stijf is, maar ook grip geeft en goed hecht. In het Elastomer Research Testing center, het ERT rubberlab in Deventer, hebben we drie nieuwe compounds

ontwikkeld door vezels aan het rubber toe te voegen. De studenten kozen er een uit. Die nieuwe rubbersoorten kunnen we trouwens in de toekomst weer voor andere projecten gebruiken.”

### 140 bar

Nu het materiaal gekozen was hoefde de band alleen nog om de aluminium kern te worden geplaatst. Ook dat klinkt eenvoudiger dan het was. De kennis en kunde, maar ook de ruimte en materialen van de afdeling rubbertechnologie in Alkmaar waren onmisbaar. Moldingspecialisten bij ERIKS ontwierpen en produceerden een mal om het rubber op 160 graden en onder niet minder dan 140 bar druk op de velg te vulkaniseren. Daarnaast adviseerden de collega’s een dun laagje coating op de gezandstraalde velg aan te brengen voor de beste hechting tussen kern en rubber.

### Het wiel opnieuw uitvinden

Maar het wiel vind je niet zomaar opnieuw uit. Bij de eerste productie ging het mis. De kern van de velg was hol, waardoor het door de hoge druk in de mal vervormde. Bij het tweede wiel was de kern solide, maar liet het rubber door warmte los bij de intensieve belastingstesten. Dat werd opgelost door de velg een nieuwe structuur te geven, waardoor stukjes rubber zich als het ware als ankertjes in de velg konden drukken. Bentinck: “In totaal zijn er vier versies in vier maanden gemaakt. Dat was heel krap, want er zit veel productie achter. We hebben in dat hele proces veel hulp van ERIKS gekregen.”

## Goede match

“De oplossingen die nodig waren gingen net wat verder dan we in ons dagelijks werk gewend zijn”, vertelt ook Heijbroek over de samenwerking. We wilden aan onszelf en aan de wereld bewijzen dat we juist dat heel goed kunnen. Want het innovatieve karakter van het hyperloopproject past heel goed bij ERIKS.”

## “100-urige werkweken”

Het partnership had nóg een belangrijk voordeel, vertelt Heijbroek: “Door de intensieve samenwerking leerden de collega’s bij ERIKS en de studenten elkaar goed kennen. Zij weten nu waar ERIKS voor staat. Belangrijk, want deze getalenteerde studenten kunnen straks overal aan de slag. We zijn zeer onder de indruk van hun vaardigheden en ambitie. Voor een 100-urige werkweek draaien ze hun hand niet om en ze leveren altijd iets extra’s; de opdracht van Musk was een snelle pod, Delft levert een totaalconcept. We delen dezelfde bevoegenheid en passie voor techniek en dat was heel leuk om te merken. Dit project maakte ook echt de student in ons los. Alles last minute, maar ook met korte lijntjes en de kans om fouten te maken en daarvan te leren. Die samenwerking was volgens mij de grootste winst voor ons.”



### 3 Schokken opvangen met de support wheels

Terug naar de techniek. Het ontwerp van de Delftenaren had alleen kans om te winnen als de steunwielen de capsule op hoge snelheid stabiel zouden houden tijdens de wedstrijd. De kunst was hier om het juiste materiaal te gebruiken. Bij de ontwikkeling kon ERIKS zijn ervaring op dit vlak inbrengen. Bentinck: “ERIKS raadde ons aan hard materiaal te nemen dat heel schokbestendig was. Omdat de wieltjes geen koppelfunctie hadden en de capsule dus niet hoefden aan te drijven, hoefden ze minder grip te hebben. Het materiaal kon daarom harder zijn.”

#### Zwaar te verduren

“Maar”, legt Van der Stigchel uit, “deze wieltjes krijgen het wel heel zwaar te verduren. Hiervoor hebben we de kennis van onze afdeling Industrial Plastics ingeschakeld. In eerste instantie probeerden we wielen van polyurethaan, maar dat materiaal was niet sterk genoeg. Daarom kozen we voor Gesadur: een polymeer gevulde kunststof. Dit materiaal kan buitengewoon hoge druk weerstaan doordat de fibers in de stof driedimensionaal gelinkt zijn. De fibers in de stof zijn als het ware aan elkaar geknoopt.”



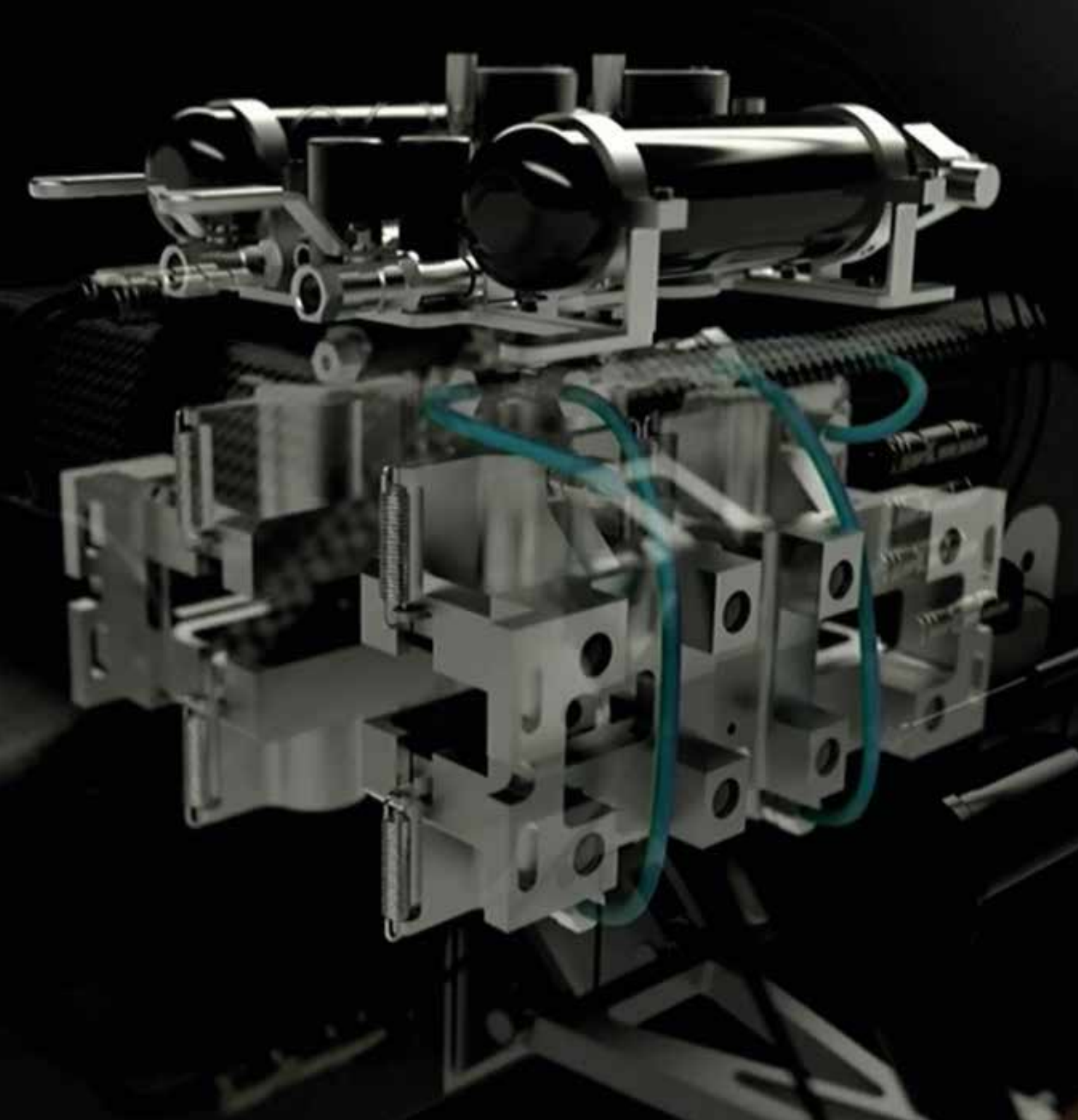


## 4 Techniek uit de ruimtevaart

Om het Hyperloopproject te volbrengen is het een voorwaarde om out of the box te kunnen denken. Dat gold voor de wielen en de aandrijving, en zelfs letterlijk voor de batterij.

Dat zit zo: een batterij werkt niet in een vacuüm, de atmosferische druk moet minimaal 1 bar zijn. De batterij had in de buis in LA een gesealde box nodig, waarbinnen de druk plaatselijk hoger was. Bentinck: "Het werd een carbon fibre doos op een aluminium plaat. De experts bij ERIKS verzorgden de afdichting van de box, zodat er geen lucht uit de box kon ontsnappen. Het lastigste was het afdichten van de connector, het onderdeel van de batterij dat het vermogen van binnen naar buiten over geeft. "De kunst was daar om van een situatie van druk naar vacuüm te gaan. Die techniek gebruik je in de ruimtevaart bijvoorbeeld bij satellieten. Maar deze connector moest 200 kilowatt overbrengen, veel meer dan in de ruimte. Dat was dus niet eerder gedaan."

Een flinke kluit, al hoefden de experts bij ERIKS hier minder lang over na te denken dan bij de wielen: Van der Stigchel: "Wij krijgen wel vaker vragen over afdichting. Wij hebben mensen in huis die veel kennis hebben op dit gebied. Al was het ook weer niet zo dat de oplossing zo van de plank kon worden getrokken."

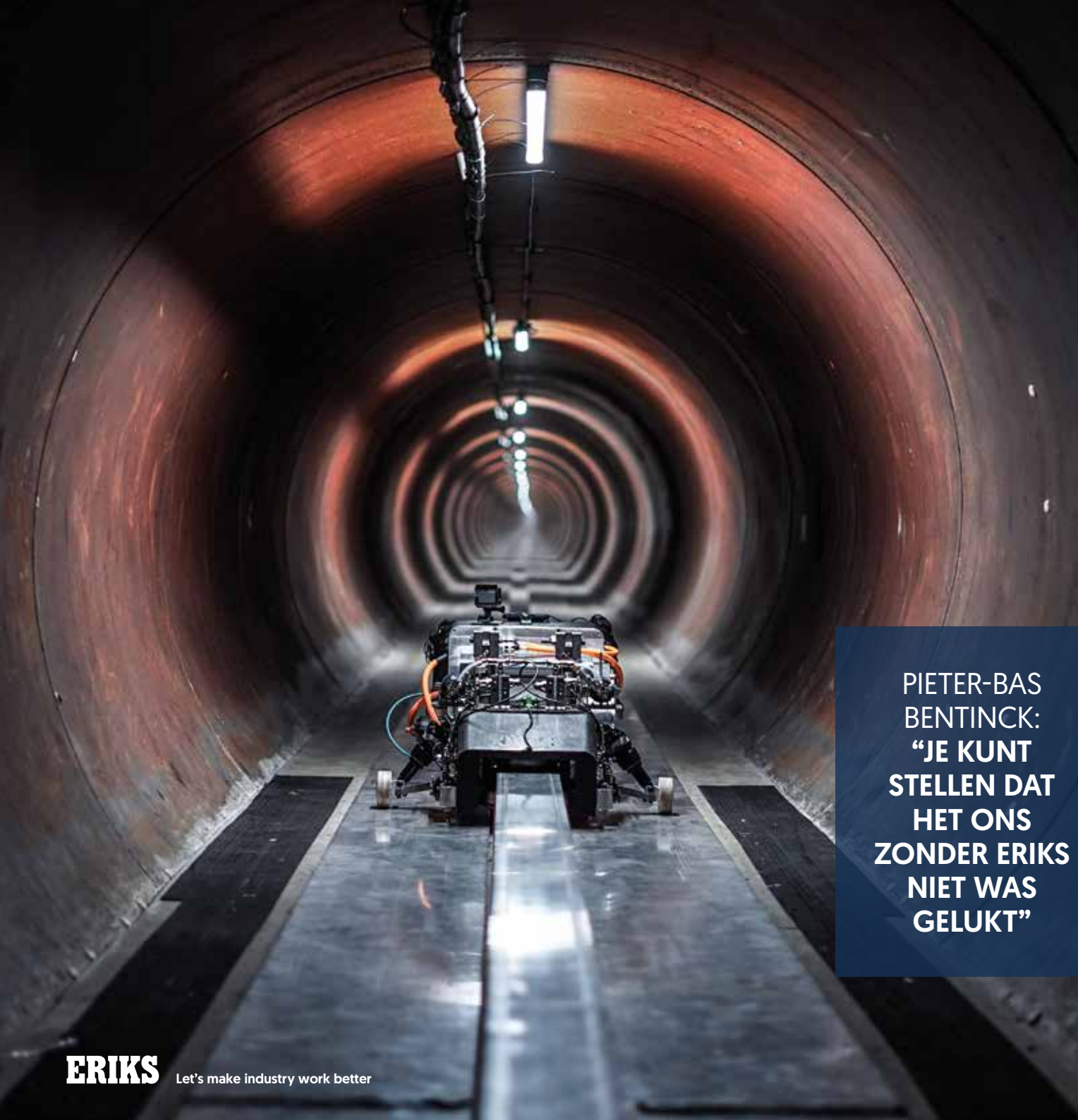


## 5 Oververhitte remmen op de loer

Een grote uitdaging in de buis: zorgen dat je capsule op tijd afremt. De controles bij de SpaceX-buis zijn op dat vlak extra streng: oververhitting van de remmen ligt namelijk op de loer, doordat de remmen in een vacuüm niet aan de lucht kunnen koelen. Team Delft moest in de testweek nog de laatste aanpassingen doorvoeren om tot de buis te worden toegelaten.

### Waar kies je voor?

Bij de ontwikkeling van het remsysteem hielp ERIKS met de selectie van de juiste componenten. De studenten gebruikten een dubbel remsysteem, waarbij de remklauwen door perslucht (60 bar) werden afgeremd. ERIKS adviseerde de studenten én leverde buizen, kogelkranen, elektromagnetische kleppen en reduceerklappen. Van der Stigchel: "ERIKS leverde trouwens tijdens het hele project onderdelen aan. Bij een project als dit heb je constant koppelstukjes, lagers, etc. nodig. De studenten hadden vrije toegang tot ons onderdelencentrum in Den Haag."



**PIETER-BAS  
BENTINCK:  
“JE KUNT  
STELLEN DAT  
HET ONS  
ZONDER ERIKS  
NIET WAS  
GELUKT”**

## Op het nippertje

Motor, aandrijfwielen, steunwielen en batterij kwamen op de wedstrijd dag glansrijk door de test. Het remsysteem werd tijdens de testweek na wat aanpassingen ook goed genoeg bevonden. De tweede plek voelde voor de deelnemers als een overwinning op zich. Want wie balanceert op het randje van wat mogelijk is, krijgt vroeg of laat met tegenslag te maken. Het had maar een haar gescheeld of team Delft had met hangende pootjes moeten terugkeren. Twee dagen voor de grote wedstrijd begaf het moederbord het door kortsluiting. Bentinck: “De hersenen van het systeem waren dood. Pas in de nacht voor de wedstrijd vonden we een oud moederbord dat het nog deed. Dat was natuurlijk een enorme opluchting. We hadden het bijna opgegeven.

“De hyperloopcompetitie was voor ons een commitment, maar voor de mensen bij ERIKS natuurlijk ook, besluit Bentinck. We waren heel blij verrast met hun enorme betrokkenheid: op technisch vlak, maar ook bij het project als geheel.”

## Niet bescheiden zijn

Heijbroek: “De studenten hebben in korte tijd veel moeten leren, terwijl de collega’s bij ERIKS echt de kans kregen zichzelf te bewijzen op een project waar de uitkomst onzeker was. Ik denk dat we onze toegevoegde waarde hebben kunnen laten zien. ERIKS is van nature een bescheiden bedrijf, maar op deze prestatie mogen we trots zijn. We hebben hier echt aan het succes bijgedragen.”





# **ERIKS**

**Let's make industry work better**