

ERIKS und Studenten der TU Delft arbeiten gemeinsam am Hyperloop

DIE ZUKUNFT GESTALTEN... ...DURCH NEUERFINDUNG DES RADS

Innovation am Rande des Möglichen. Dieser Satz beschreibt, was ERIKS in den letzten 12 Monaten in enger Zusammenarbeit mit 38 Studenten der Technischen Universität Delft geleistet hat. Gemeinsam haben sie eine Kapsel konstruiert und gebaut, mit dem großen Ziel, den alljährlich von Elon Musks Raumfahrtunternehmen SpaceX in Kalifornien organisierten Wettbewerb zu gewinnen. Nicht zuletzt dank ERIKS belegte das Team aus Delft in diesem hochkarätigen Wettbewerb nach einem rasanten Wettlauf gegen die Zeit den fantastischen zweiten Platz – eine Weltklasseleistung. „Man kann guten Gewissens sagen, dass dies ohne ERIKS niemals möglich gewesen wäre.“



WAS IST DER HYPERLOOP?

Der Hyperloop ist ein energieeffizientes Transportsystem, in dem Kapseln mit hoher Geschwindigkeit durch eine Röhre mit Unterdruck, d. h. durch einen Vakuumtunnel befördert werden, eine Art pneumatisches Transportsystem. Die fantastische Idee, dass mit diesem System irgendwann Menschen mit der Geschwindigkeit eines Flugzeugs und dem Komfort einer U-Bahn befördert werden könnten, beflügelt die Phantasie. Theoretisch könnten Kapseln im Tunnel künftig Geschwindigkeiten bis zu 1.220 Stundenkilometer erreichen. Mit dieser Geschwindigkeit würde die Reise von Amsterdam nach Paris nur eine halbe Stunde dauern.

Allerdings sind wir noch lange nicht so weit. Und genau das ist der Grund, warum Elon Musk alljährlich einen Wettbewerb zur Weiterentwicklung des Systems veranstaltet.



Der Vakuumtunnel: nur das Beste ist gut genug

Teams aus aller Welt versuchen eine Kapsel zu bauen, die gut genug ist, um ihren Weg in die 1,2 km lange Vakuumröhre am SpaceX Standort zu finden. Das Team, das die Kapsel am schnellsten durch den Tunnel schießt, gewinnt.

Das Prinzip dieses Wettbewerbs klingt einfach, in der Praxis erweist es sich jedoch als ziemlich kompliziert: Die verschiedenen Komponenten des Modells werden in einer Woche intensiver Testarbeit über einhundert Tests unterzogen. Und nur wer die Tests besteht erhält Zugang zur Röhre. Bereits im Vorfeld sind monatelange Vorbereitungen erforderlich, um überhaupt von SpaceX eingeladen zu werden. Von den 20 Teams, die als gut genug für die Teilnahme an der Testwoche befunden wurden, schafften es nur drei Teams bis zum Tag des Wettbewerbs. Delft war eines der drei besten Teams und musste – mit tatkräftiger Unterstützung von ERIKS – hart arbeiten, um das zu erreichen. Während des Projekts lieferte ERIKS wichtige Hinweise und Tipps zum Antriebssystem und schlug Hightech-Lösungen, beispielsweise zur Entwicklung der Antriebsräder, der Stützrollen und des Batteriegehäuses vor.

DER WETTKAMPFTAG

Am Tag des Wettkampfs erreichte die Kapsel aus Delft eine Geschwindigkeit von 142 km/h. Da der Wettbewerb am Nachmittag stattfand, war der Kanal heißer als erwartet. Dies führte zu einer Überhitzung des Motors und der darauffolgenden Aktivierung des Sicherheitsmechanismus, wodurch der Motor bereits vor Erreichen der Höchstgeschwindigkeit abschaltete. Das Hyperloop-Team aus München gewann mit einer unglaublichen Rekordgeschwindigkeit von 466 km/h.

Partnerschaften sind unverzichtbar

Nichtsdestotrotz blickt Pieter-Bas Bentinck, ein Student der Luft- und Raumfahrttechnik, zufrieden auf das Abenteuer Hyperloop zurück. „Auch wenn einiges schief gelaufen ist, war es doch eine großartige Erfahrung. Im Laufe des Projekts hatten wir Gelegenheit, Dinge kennenzulernen, die noch nie zuvor gemacht wurden.“

„Partnerschaften sind unverzichtbar, weil wir Studenten sind und nur über ein begrenztes Budget verfügen“, fährt er fort. „Wir hatten Partner, die uns nur finanzielle Unterstützung boten, aber die Fachleute von ERIKS stellten uns auch ihre Zeit, ihre Erfahrung und ihre Komponenten zur Verfügung. Außerdem wurden sie bereits frühzeitig in das Projekt eingebunden.“

„Wir wurden mit hineingezogen“

„ERIKS wurde im Laufe des Projekts zunehmend miteinbezogen“, erläutert Kommunikationsleiter Daan Heijbroek. „Wir waren sehr beeindruckt von der großen Begeisterung der Studenten. Wir haben uns zunächst gedacht, geben wir ihnen etwas Geld und dann sehen wir, was in L.A. passiert. Aber letztendlich haben wir keinen Cent überwiesen – wir haben alles in Naturalien in Form von Arbeitskraft, Zeit und Komponenten bezahlt.“

Eine lange Reise

Der Wettbewerb im Juli war die letzte Etappe einer Reise, die ERIKS und die Studenten im September 2017 begonnen hatten. Projektleiter Paul van der Stigchel, Manager Engineering bei ERIKS, war von Beginn an das Bindeglied zwischen den Studenten und den verschiedenen Abteilungen von ERIKS. „Die Studenten und alle Mitarbeiter mussten bei diesem Projekt bis an die Grenzen und darüber hinaus gehen. Es war eine großartige Erfahrung zu sehen, mit welchem Enthusiasmus die Mitarbeiter dieses Projekt unterstützten, sogar außerhalb der Bürozeiten.“



WICHTIGE TECHNISCHE ERKENNTNISSE IM VORFELD DES WETTBEWERBS BEI SPACEX





1 Entscheidende Tipps zum Motor in der Planungsphase

Von Anfang an mussten schwere Entscheidungen getroffen werden, die sich später als entscheidend erweisen sollten. Van der Stigchel: „Wir haben von Beginn an gemeinsam nach Wegen gesucht, wie wir helfen konnten. In der Anfangsphase mussten wir uns noch zwischen einem Elektromotor mit Radantrieb oder einem linearen Induktionsmotor entscheiden. In der Abteilung für Bewegungssteuerung in Schoonhoven sagten uns die Studenten, dass sie sich den Sieg als Ziel gesetzt hatten.“ Das mag vielleicht selbstverständlich klingen, aber es gibt auch Teams, deren einziges Ziel es ist, die Testwoche in L.A. zu erreichen. „Auf den Sieg zu setzen bedeutete, dass wir uns voll und ganz auf die Höchstgeschwindigkeit konzentrieren mussten, das einzige Kriterium für den Sieg.“

Wollt ihr gewinnen? Dann brauchen wir Räder!

„Wir haben besprochen, dass das Team, um eine Chance auf den Gewinn zu haben, unbedingt auf einen Elektromotor mit Radantrieb setzen musste. Wenn man die höchste Höchstgeschwindigkeit erreichen möchte, ist es wichtig, dass man so schnell wie möglich beschleunigt. Außerdem wussten wir,

dass es nicht möglich war, die Röhre anzupassen und dort Magneten anzubringen. Das heißt die Kapsel musste ihre eigene Energieversorgung tragen. Unter dem Strich bedeutete dies, dass die Konstruktion ein bestmögliches Leistungs-/Masseverhältnis aufweisen musste: so viel Leistung wie möglich bei gleichzeitig geringstmöglichem Gewicht.“

Eine klare Empfehlung

„Wir haben uns daher gegen die Verwendung eines linearen Induktionsmotors ausgesprochen“, erläutert Van der Stigchel. Ein auf Induktion basierender Linearantrieb hat einen Wirkungsgrad von etwa 20 Prozent, ein Radantrieb mit Elektromotor und Dauermagnet hingegen 80 bis 90 Prozent. Man müsste diese Differenz ausgleichen, indem man zusätzliche Batterien mit in die Kapsel einbaut. Das würde allerdings wiederum das Gewicht erhöhen, so dass man dann noch mehr Leistung benötigt. Es ist daher offensichtlich, dass man damit nicht schnell genug wird. Die Studenten entschieden sich dann basierend auf unserer Empfehlung für einen Elektromotor mit Radantrieb.

**PAUL VAN DER STIGCHEL:
„WIR MUSSTEN
LÖSUNGEN FINDEN, DIE BIS AN
DIE GRENZE DES MÖGLICHEN
GEHEN.“**

2 Vulkanisierung des perfekten Rads

Nachdem der Elektromotor mit Radantrieb ausgewählt war, begann der Wettlauf gegen die Zeit. Die Wahl der geeigneten Räder war eine der größten Herausforderungen des Projekts, die den Einfallsreichtum und die Belastungsfähigkeit von ERIKS und der Studenten auf die Probe stellte. Es mussten Räder entwickelt werden, die hohen Geschwindigkeiten standhalten würden und sich für die im Tunnel herrschenden extremen Bedingungen eignen. „Letztendlich haben wir einen Großteil unserer Zeit damit verbracht, diese spezielle Herausforderung zu meistern“, erzählt Projektleiter Van der Stigchel. „Wir standen ziemlich unter Druck und manchmal mussten unsere Kollegen bis spät in die Nacht arbeiten. Wir haben über unsere Kollegen in Norwalk, Kalifornien, sogar noch während der Testwoche in L.A. hilfreiche Tipps und Empfehlungen zu den letzten Anpassungen geliefert.“

„Auf 200 Grad in 15 Sekunden“

Der Fokus auf der Geschwindigkeit machte die Räder zu einem entscheidenden Bestandteil der Konstruktion: die Belastung des Gummis ist durch die hohe Zentrifugalkraft, die freigesetzt wird, enorm. „Die Drehzahl kann bis auf 17.000 steigen, das bedeutet, die Temperatur der Reifen könnte innerhalb von 15 Sekunden auf 180 bis 200 Grad steigen“, so Pieter-Bas Bentinck vom Hyperloop-Team Delft. „Daher mussten Räder mit möglichst viel Grip und Drehmoment entwickelt werden. Gleichzeitig musste der Gummi fest mit der Alufelge verbunden bleiben“, erläutert Van der Stigchel. „Kurz gesagt, wir brauchten einen Gummi, der einerseits steif ist und andererseits auch Grip bietet und gut haftet. Im Elastomer Research

Testing Center, dem Forschungs- und Testlabor für Kautschuk in Deventer, haben wir drei neue Gummimischungen mit stabilisierenden Fasern entwickelt. Die Studenten haben schließlich eine davon ausgewählt. Das Gute ist, wir können diese neuen Gummisorten künftig auch für weitere Projekte verwenden.“

140 bar

Nachdem nun das geeignete Material ausgewählt war, musste nur noch der Reifen rund um den Aluminiumkern montiert werden. Auch das klingt wieder einmal einfacher als es tatsächlich war. Das Team hätte dies niemals ohne dem Wissen und den Fähigkeiten und schon gar nicht ohne den Einrichtungen und Materialien der Technologie-Abteilung von ERIKS in Alkmaar geschafft. Spezialisten für Spritzguss entwickelten und fertigten eine Form, um den Gummi bei 160 Grad und nicht unter 140 bar Druck bis zur Felge zu vulkanisieren. Darüber hinaus empfahlen die Mitarbeiter, eine dünne Beschichtung auf die sandgestrahlte Felge aufzutragen, um so eine optimale Haftung zwischen Kern und Gummi zu gewährleisten.

Die Neuerfindung des Rads

Aber man kann das Rad nicht einfach so neu erfinden. Die erste Produktionscharge hat sich als fehlerhaft herausgestellt. Der Felgenkern selbst war hohl, wodurch sich die Felge aufgrund des hohen Drucks in der Form verformte. Beim zweiten Rad wurde ein fester Kern verwendet, aber durch die Hitze löste sich der Gummi während intensiver Belastungstests. Dieses Problem wurde gelöst, indem die Felge selbst eine neue Struktur erhielt, so dass sich die Gummistückchen genau wie Anker selbst in die Felge drücken konnten. Bentinck: „Insgesamt wurden 4 Versionen in vier Monaten hergestellt. Wir hatten einen sehr engen Zeitplan, da eine Menge produziert werden musste. Wir wurden während des gesamten Prozesses tatkräftig von ERIKS unterstützt.“



DAAN HEIJBROEK: „ERIKS IST VON NATUR AUS EIN BESCHEIDENES UNTERNEHMEN, ABER AUF DIESE LEISTUNG KÖNNEN WIR WIRKLICH STOLZ SEIN.“



Perfekte Ergänzung

„Die hier benötigten Lösungen gingen etwas über das übliche Maß hinaus, das wir von unserer täglichen Arbeit gewohnt waren“, so Heijbroek über die Partnerschaft. „Wir wollten uns selbst und der Welt beweisen, dass wir mit den Besten mithalten können. Aufgrund seines innovativen Charakters passt das Hyperloop Projekt sehr gut zu ERIKS.“

„100-Stunden-Arbeitswochen“

„Die Partnerschaft hatte noch einen weiteren wichtigen Vorteil“, erläutert Heijbroek: „Dank der intensiven Zusammenarbeiten hatten die Kollegen von ERIKS und die Studenten die Gelegenheit, einander besser kennenzulernen. Sie wissen jetzt, wofür ERIKS steht. Das ist von Bedeutung, weil diese talentierten jungen Leute bald in die Arbeitswelt eintreten werden und überall Arbeit finden können. Wir sind sehr beeindruckt von ihren Fähigkeiten und ihrer Zielstrebigkeit. Sie scheuen sich nicht vor einer 100-Stunden-Arbeitswoche und leisten immer etwas mehr – Elon Musk gab den Auftrag, eine schnelle Kapsel zu entwickeln, Delft lieferte ein komplettes Konzept. Wir teilen die gleiche Begeisterung und Leidenschaft für Technologie, das hat richtig Spaß gemacht. Dieses Projekt hat den Studenten in uns wieder zum Leben erweckt. Alles passierte in letzter Minute, aber die Kommunikationswege waren kurz genug, so dass trotz Zeitnot die Möglichkeit bestand, Fehler zu machen und daraus zu lernen. Ich denke, diese Partnerschaft war für alle ein Gewinn.“

3 Feste Sützrollen sorgen für Stabilität

Die Konstruktion der Delfter Studenten hatte nur dann eine Chance auf den Sieg, wenn die Stützrollen die Kapsel während des Wettbewerbs bei hohen Geschwindigkeiten stabil halten konnten. Hier bestand die Schwierigkeit darin, das richtige Material zu finden. ERIKS konnte mit seiner Erfahrung in diesem Bereich maßgeblich zur Entwicklung beitragen. Bentinck: „ERIKS hat uns geraten, ein hartes, besonders stoßfestes Material zu verwenden. Da diese Rollen keinem Drehmoment ausgesetzt waren und die Kapsel nicht antreiben mussten, benötigten sie weniger Grip. Daher konnte ein wesentlich härteres Material verwendet werden.“

Extreme Belastungen

„Allerdings mussten diese Rollen hohen Belastungen standhalten“, erläutert Van der Stigchel. „Daher haben wir auf das Wissen unserer Abteilung für Industriekunststoffe gesetzt. Zunächst probierten wir Polyurethanrollen aus, aber das Material war nicht widerstandsfähig genug. Deshalb haben wir uns schließlich für Gesadur entschieden: ein mit Polymerfasern gefüllter Kunststoff. Dieses Material kann extrem hohem Druck standhalten, da die Fasern im Gewebe dreidimensional verbunden sind, d. h. die Fasern im Gewebe sind sozusagen miteinander verknotet.“



4 Raumfahrttechnologie

Die wichtigste Voraussetzung für den erfolgreichen Abschluss des Hyperloop-Projekts ist die Fähigkeit, über den Tellerrand hinaus zu schauen. Das trifft auf die Räder und den Antrieb und nicht zuletzt auch auf die Batterie zu.

Tatsache ist, dass eine Batterie im Vakuum nicht funktioniert. Der Luftdruck muss mindestens 1 bar betragen. In der Vakuumröhre in L.A. wurde für die Batterie eine dichte Box benötigt, in deren Inneren ein lokal höherer Druck herrschte. Bentinck: „Die Wahl fiel schließlich auf eine Carbonfaser-Box auf einer Aluminiumplatte. Die Spezialisten von ERIKS haben die Box so dicht versiegelt, dass keine Luft entweichen konnte.“

„Einmal ist immer das erste Mal“

Der schwierigste Teil war das Abdichten des Steckers – der Teil der Batterie, der die Energie von innen nach außen abführt. „Hier bestand die große Herausforderung im Übergang vom Druck zum Vakuum. Diese Technologie wird in der Raumfahrt eingesetzt, unter anderem für Satelliten. Allerdings musste dieser Stecker 200 Kilowatt übertragen – viel mehr als im Weltraum. Das hatte man noch nie zuvor probiert.“

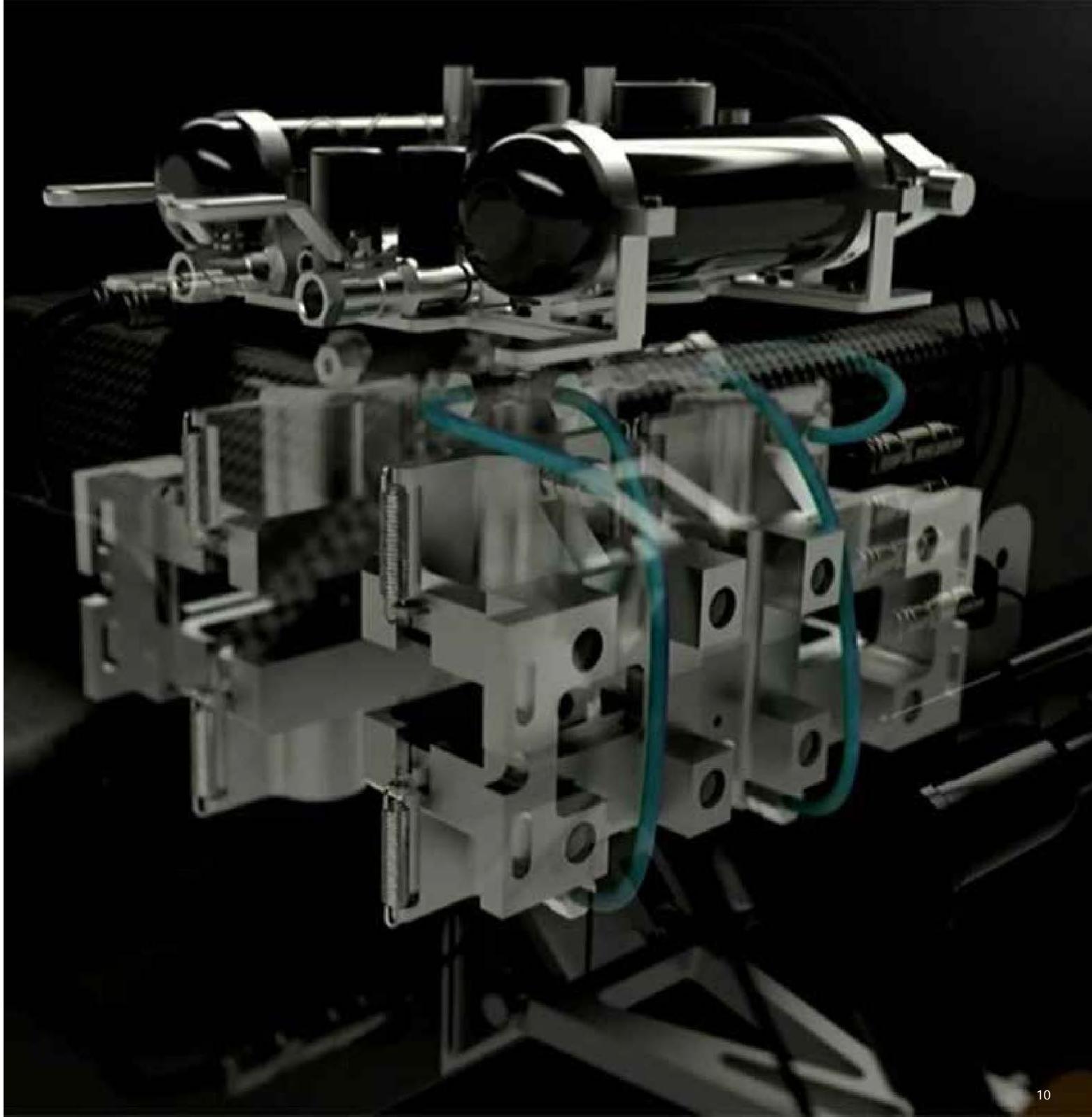
Es war eine schwierige Aufgabe, auch wenn die Spezialisten von ERIKS nicht so lange darüber nachdenken mussten, wie bei den Rädern. „Wir bekommen häufiger Anfragen für Abdichtungen“, so Van der Stigchel. „Wir haben Mitarbeiter im Haus, die speziell auf diesem Gebiet großes Wissen mitbringen, auch wenn man das hier nicht gerade als Standardlösung bezeichnen kann.“

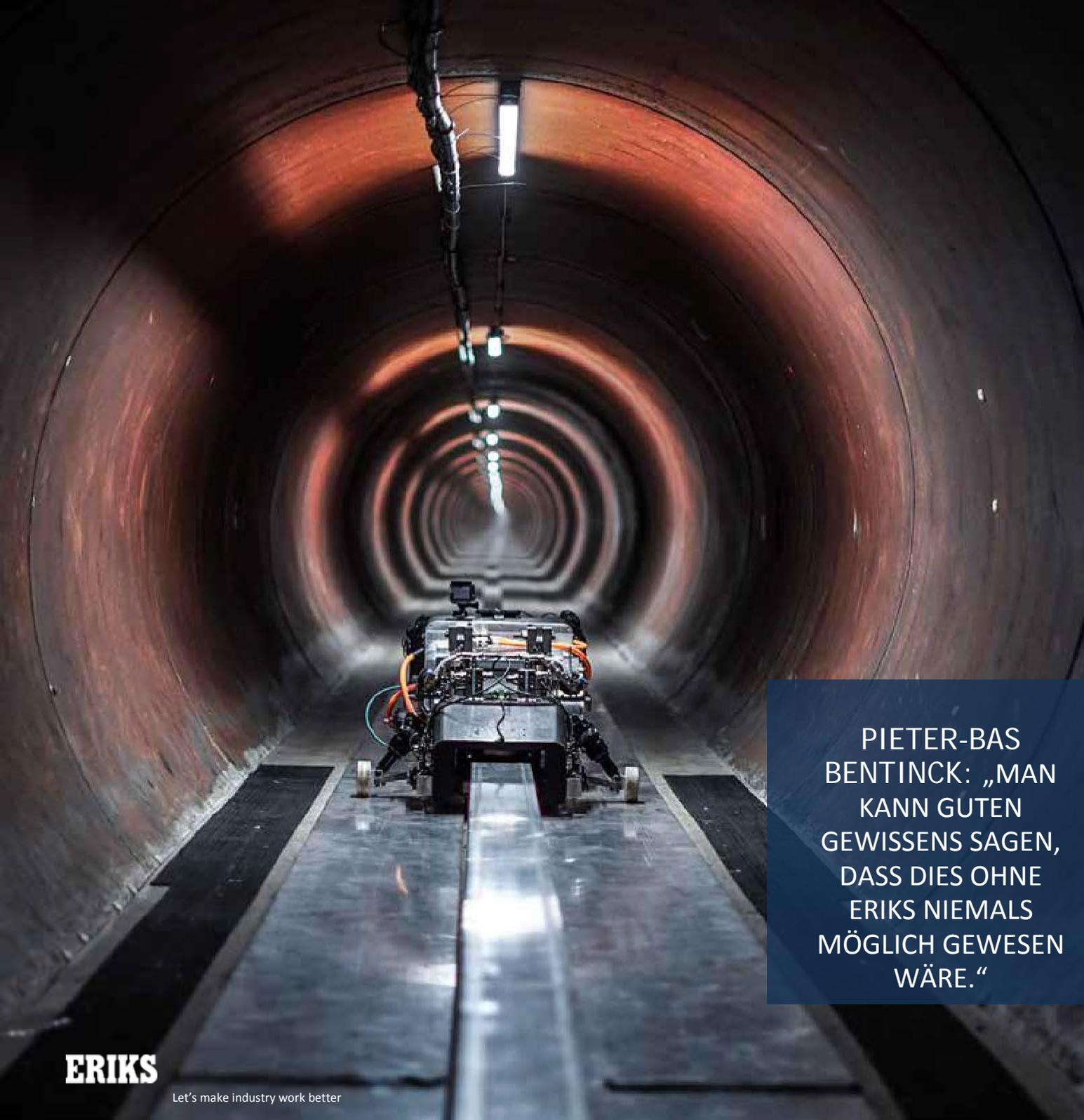
5 Die Gefahr heißlaufender Bremsen

Eine große Herausforderung in der Röhre ist sicherzustellen, dass die Kapsel rechtzeitig bremst. Die Kontrollen in der SpaceX-Röhre sind in dieser Hinsicht besonders streng. Es besteht immer die Gefahr, dass die Bremsen überhitzen, weil es in der Röhre keine Luft gibt, um sie abzukühlen. In der Testwoche musste das Team aus Delft noch letzte Anpassungen vornehmen, um es tatsächlich bis in die Röhre zu schaffen.

Die Qual der Wahl!

Bei der Entwicklung des Bremssystems half ERIKS den Studenten dabei, die richtigen Komponenten auszuwählen. Die Studenten verwendeten ein Doppelbremssystem, bei dem die Bremssättel mit Druckluft (60 bar) betrieben wurden. ERIKS hat die Studenten eingehend beraten und sie mit Rohren, Kugelventilen, elektromagnetischen Ventilen und Überdruckventilen versorgt. Van der Stigchel: „ERIKS stellte während des gesamten Projekts diverse Komponenten zur Verfügung. Bei einem Projekt wie diesem benötigt man ständig Steckverbinder, Lager und vieles mehr. Die Studenten hatten freien Zugang zu unserem Teilelager in Den Haag.“





PIETER-BAS
BENTINCK: „MAN
KANN GUTEN
GEWISSENS SAGEN,
DASS DIES OHNE
ERIKS NIEMALS
MÖGLICH GEWESEN
WÄRE.“

Im letzten Augenblick

Am Tag des Wettbewerbs bestanden Motor, Antriebsräder, Stützrollen und Batterie den Test mit fliegenden Fahnen. Bereits während der Testwoche wurde das Bremssystem nach einigen Anpassungen als gut genug befunden. Für die Studenten aus Delft fühlte sich dann auch der zweite Platz wie ein wahrer Sieg an, denn wer am Rande des Möglichen entlang balanciert, wird früher oder später Rückschläge erleiden, und um Haaresbreite wäre das Team aus Delft vorzeitig enttäuscht nach Hause zurückgekehrt.

Zwei Tage vor dem großen Wettbewerb hatte das Motherboard einen Kurzschluss. Bentinck: „Das Gehirn des Systems war tot. Erst in der Nacht vor dem Wettbewerb fanden wir ein altes, noch funktionsfähiges Motherboard. Das war für alle natürlich eine große Erleichterung. Wir hatten schon fast aufgegeben.“

„Für uns war der Hyperloop eine spannende Herausforderung, aber natürlich auch für alle Beteiligten bei ERIKS“, schließt Bentinck. „Wir waren positiv überrascht von ihrem großen Engagement: sowohl im technischen Bereich als auch im gesamten Projekt.“

Niemals klein beigeben

Heijbroek: „Die Studenten mussten in kurzer Zeit viel lernen, während die Mitarbeiter bei ERIKS die großartige Gelegenheit erhielten, sich bei einem Projekt mit ungewissem Ausgang zu beweisen. Ich denke wir konnten unseren Nutzen eindrucksvoll unter Beweis stellen. ERIKS ist von Natur aus ein bescheidenes Unternehmen, aber auf diese Leistung können wir wirklich stolz sein. Wir haben maßgeblich zum Erfolg des Projekts beigetragen.“