



Delft University of Technology

Uit falen vooruitgang halen

Histechinica 50 jaar

Ketel, J.A.; Streefland, A.H.

Publication date

2024

Document Version

Final published version

Citation (APA)

Ketel, J. A., & Streefland, A. H. (Eds.) (2024). *Uit falen vooruitgang halen: Histechinica 50 jaar*.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

This work is downloaded from Delft University of Technology.

For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to a maximum of 10.

UIT HALEN VOORUITGANG HALEN

Histechnica 50 jaar
Vereniging
vrienden van het
Academisch Erfgoed
van de TU Delft

UIT FALEN VOORUITGANG HALEN

Histechnica
50 Jaar

Histechnica is de Vereniging van Vrienden van het Academisch Erfgoed van de TU Delft. Het zet zich geheel belangeloos in voor de waardering van het academisch erfgoed van de Technische Universiteit Delft, en voor de bevordering van belangstelling voor de geschiedenis van de techniek.

Dit lustrumboek is een uitgave van de Vereniging Histechnica Delft ter gelegenheid van haar vijftigjarig bestaan.

Redactie

Ir. J.A. (Hans) Ketel

Dr. A. H. (Abel) Streefland



Inhoudsopgave

Voorwoord	4
1. Dagprogramma Lustrum 20 april 2024	6
2. Korte CV's van de sprekers	8
3. Geschiedenis 50 jaar Histechnica	12
4. Voordrachten 2019–2023	30
5. Studiereizen	40
6. Verkeersveiligheid, Marjan Hagenzieker	60
7. Evolutie van de medische technologie, Paul Breedveld	74
8. Vliegtuigen en falen, Rinze Benedictus	82
9. Dynamische problemen bij bruggen, Sabine Delrue	100
10. Systeem falen algemeen, Pieter van Gelder	115
11. Kort verhaal: Heerhugowaard en Timboektoe, Wil de Wit	124
Colofon	134

Voorwoord

Waarde lezer!

Histechnica, de Vereniging van Vrienden van het Academisch Erfgoed van de TU Delft, werd in september 1974 opgericht. In 2024 herdenkt deze vitale vereniging haar vijftigjarige bestaan en daarmee haar tiende lustrum. Dat doet zij door middel van de organisatie en de presentatie van een symposium.

Het voor u liggende boek is een gedenkboek. Het werpt een blik terug op de geschiedenis van de vereniging vanaf haar oprichting in 1974 en op een aantal van haar recente activiteiten. Het is tegelijkertijd een programmaboek, in die zin dat het samenvattingen bevat van de voordrachten welke op het symposium worden gepresenteerd.

Het hoofdstuk over Geschiedenis bevat een summiere schets van de ontwikkeling van de vereniging vanaf haar begintijd. Daarbij moet in gedachten worden gehouden dat de beschreven Histechnica activiteiten werden uitgevoerd in steeds harmonieuze samenwerking met onze zustervereniging: de KIVI-afdeling Geschiedenis der Techniek (KIVI-GdT).

In het hoofdstuk over Voordrachten wordt teruggekeken naar voordrachten van de vereniging welke zij (met KIVI-GdT) organiseerde in de afgelopen vijf jaar. Omwille van de compactheid wordt hier een beperkte selectie van 18 van de in totaal 39 gehouden voordrachten vermeld.

In het hoofdstuk over Studiereizen wordt vanaf 1988 teruggekeken naar studiereizen van de vereniging welke zij (met KIVI-GdT) organiseerde tot en met 2023. In die periode vanaf 1988 alleen al vonden in totaal 29 studiereizen plaats. Voor de meer recente periode 2012 tot en met 2023 worden per studiereis in het kort de voornaamste reisdoelen beschreven.

Vervolgens bevat dit gedenkboek samenvattingen van de Voordrachten die tijdens het huidige lustrumsymposium zijn gehouden.

Het bestuur van Histechnica dankt de redactie voor haar werk aan het tot stand komen van dit Lustrumboek.

Het bestuur van Histechnica wenst de deelnemers aan het symposium een inspirerende bijeenkomst. En het wenst alle lezers van dit Lustrumboek veel leesplezier.

Prof.dr.ir. Henk Sips,
Voorzitter Histechnica

1.

Dagprogramma Lustrum 20 april 2024

Programma en sprekers

- 10.30–11.00 Inloop
- 11.00–11.10 Welkom en inleiding
Prof.dr.ir. Henk Sips, Voorzitter Histechnica en dagvoorzitter
- 11.10–11.30 *50 jaar Histechnica*
Ing. Rob Lutke Schipholt, Bestuursveteraan en Erelid van Histechnica
- 11.30–12.00 *Verkeersveiligheid*
Prof.dr. Marjan Hagenzieker, Faculteit CiTG TU Delft
- 12.15–12.45 *Evolutie van de medische technologie*
Prof.dr.ir. Paul Breedveld Faculteit 3mE TU Delft
- 13.00–14.00 *Lunch (met hilarische diareeks)*
- 14.00–14.30 *Vliegtuigen en falen*
Prof.dr.ir. Rinze Benedictus, Faculteit LR TU Delft
- 14.45–15.15 *Dynamische problemen bij bruggen*
Ir. Sabine Delrue, Ingenieursbureau Arup
- 15.30–16.00 *Systeempalen algemeen*
Prof.dr.ir. Pieter van Gelder, Faculteit TBM TU Delft
- 16.30–17.30 Afsluiting en Borrel

2.

Korte CV's van de sprekers

Rinze Benedictus is hoogleraar Structural Integrity binnen de afdeling Aerospace Structures & Materials van de TU Delft. Hij is opgeleid als natuurkundige (Rijksuniversiteit Groningen) en gepromoveerd als materiaalkundige (TU Delft). Hij heeft van 1997 tot 2005 een onderzoeksgroep opgebouwd en geleid binnen de R&D afdeling van Hoogovens (later Corus) op het gebied van vliegtuigmaterialen. Sinds 2005 is hij hoogleraar aan de TU Delft. Zijn expertise ligt in de vliegtuigmaterialen en veiligheid van vliegtuigconstructies. Hij heeft een tiental patenten op zijn naam, naast meer dan 200 wetenschappelijke publicaties. Hij is promotor van meer dan 50 promovendi. Hij is ook mede-initiatiefnemer en bestuurslid voor SAM-XL, het centrum van de TU Delft dat zich richt op smart manufacturing; bestuurslid voor het Development Center for Maintenance of Composites (DCMC) in woensdrecht en voor Society for the Advancement of Material and Process Engineering (SAMPE-Europe) en betrokken bij het groeifonds 'Luchtvaart in Transitie' en het groeifonds 'NXTGEN HIGHTECH'.

Paul Breedveld studeerde Werktuigbouwkunde aan de TU Delft, waar hij in 1991 en 1996 respectievelijk zijn MSc- en PhD-titels behaalde, beide met lof. Zijn ervaring in de ruimtebotica breidde hij uit naar de medische sector, waar hij zijn onderzoek voortzette met het ontwerpen van innovatieve medische instrumenten en devices geïnspireerd op slimme biologische oplossingen uit de natuur. Dit onderzoek werd ondersteund door subsidies van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen. In 2012 werd zijn inzet beloond met een prestigieuze Nederlandse VICI-subsidie voor de ontwikkeling van geavanceerde slangachtige instrumenten voor endonasale schedelbasischirurgie. In 2013 ontving hij een Antoni van Leeuwenhoek leerstoel aan de TU Delft. In 2014 was hij een van de oprichters van de PainLess Foundation, een Nederlands initiatief om oplossingen te vinden voor chronische en ongeneeslijke pijn. In 2019 werd hij een van de voorzitters van Dutch Soft Robotics, een nationaal Nederlands onderzoeksprogramma over zachte robotica. Breedveld is principal investigator in verschillende

nationale en EU-onderzoeksprogramma's, waarin hij samenwerkt met een groot aantal (academische) ziekenhuizen, bedrijven en onderzoeksinstituten. Hij is momenteel voorzitter van de sectie Minimally Invasive Surgery & Bio-inspired Technology aan de TU Delft en directeur van de Graduate School van de faculteit Mechanical Engineering.

Sabine Delrue is een Director binnen het internationale ingenieursbureau Arup. Naast haar rol als Business Leader Highways en MT lid in Nederland, werkt ze al ruim 25 jaar aan infrastructurele projecten. Sabine startte als constructeur en constructief ontwerper van diverse civiele objecten, waarna ze zich verder ontwikkelde tot integraal projectmanager zoals voor de spoorverdubbeling Utrecht-Vleuten, spoorkruisingen Centrale As en de voorbereidingsfase van de Zandhazenbrug. De laatste tien jaar is ze met name actief op het gebied van renovatie van stalen bruggen, waaronder de renovatie van de Van Brienenoordbrug.

Pieter van Gelder is hoogleraar veiligheidswetenschappen aan de sectie Veiligheid en Beveiliging van de TU Delft. Van Gelder promoveerde in 2000 op betrouwbaarheidsanalyses van waterkeringen en de statistische methoden daarvoor. Hij heeft een groot aantal geciteerde artikelen op het gebied van infrastructuurveiligheid gepubliceerd. Zijn expertise ligt in de statistische modellering van high impact low probability (HILP) -gebeurtenissen en de daaruit voortvloeiende besluitvormingsprocessen, met toepassingen op natuurgevaren en infrastructuren.

Marjan Hagenzieker is sinds 2014 hoogleraar verkeersveiligheid aan de TU Delft. Zij promoveerde aan de Universiteit Leiden op onderzoek naar de effecten van beloningen voor veilig verkeersgedrag. Het gedrag van weggebruikers vormt een rode draad in haar onderzoek en onderwijs. Hoe zij omgaan met afleiding, ingewikkelde verkeerssituaties en 'slimme' auto's zijn onderwerpen waar zij zich zoal over buigt. Hoe het verkeerssysteem van de toekomst er uit gaat zien, de rol van mensen daarin, welke (nieuwe)

vaardigheden de chauffeurs van de toekomst nodig hebben en hoe bijvoorbeeld fietsers en voetgangers met geautomatiseerd rijdende voertuigen om zullen gaan zijn recente onderzoeksthema's. Zij was eerder ook werkzaam bij het Institute of Transport Economics in Noorwegen en Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV.

Rob Lutke Schipholt heeft zich in zijn werkzame leven voornamelijk beziggehouden met kennisoverdracht. In de jaren '70 als onderwijsmedewerker op de TUD bij de vakgroep staalconstructies. In de jaren '80 en '90 heeft hij, als secretaris van het Staalbouwkundig Genootschap, een kennisoverdrachtscircuit opgebouwd voor staalconstructeurs werkzaam in de bouwkundige en/of civiele sector. Naast de organisatie van cursussen en (jaarlijkse) opleidingen voor MBO/HBO en TU is het uitgeven van studieboeken een belangrijke mijlpaal geweest voor construerend NL. In de jaren tot aan zijn pensionering in 2011 heeft hij als directeur van Bouwen Staal in samenwerking met de Betonvereniging o.a. het Constructeursregister opgericht. Na zijn pensionering heeft hij als directeur nog een 5-tal jaren zijn energie gestopt in de Nederlandse Bruggenstichting.

3.

50 jaar Histechnica, De Vereniging van Vrienden van het Academisch Erfgoed van de TU Delft: een terugblik

Dr.ir. Paul Hanau van Woerkom
Ing. Rob Lutke Schipholt

De oprichting van Histechnica
In 1969 besloot de Commissie Technische Wetenschappen van de Academische Raad van de Technische Hogeschool Delft tot oprichting van de Werkgroep Technisch Tentoonstellingscentrum. Haar doel te onderzoeken of een *Technisch Tentoonstellingscentrum* (TTC) gerealiseerd kon worden en of dit centrum tevens als technisch museum zou kunnen functioneren. Mede door steun vanuit de Delftse industrie en andere externe partijen kon de TH het TTC in gebruik nemen op 30 september 1976. Het TTC werd gehuisvest in een vleugel van het voormalige gebouw van de faculteit Geodesie aan de Kanaalweg 4.

In de aanloop naar de realisatie van het TTC werd een parallelle actie ondernomen: de oprichting van *Histechnica, Vereniging van Vrienden van het Technische Tentoonstellingscentrum*. De oprichting vond plaats op 23 december 1974. Het streven van Histechnica was, in grote lijnen, “de kennis van de historie van de techniek te bevorderen en steun te verlenen aan het TTC te Delft”. Hoofdstema’s van de doelstelling van Histechnica met betrekking tot ondersteuning van het TTC waren:

het verlenen van ad hoc financiële steun en hulp bij het opsporen en verwerven van voor het TTC dienstige historische technische objecten; en het wekken van belangstelling voor de verzamelingen en tentoonstellingen van het TTC.

Histechnica hield contact met haar leden door middel van voordrachten, symposia, excursies, studiereizen en van tentoonstellingen in het TTC. En voorts door de verzorging van een regelmatig verschijnende publicatie: een brochure op formaat A4, met de naam *Histechnica Nieuws*.

Het TTC en haar opvolgers

Het Technisch Tentoonstellingscentrum TTC werd officieel geopend op 30 september 1976 door de toenmalige minister van Wetenschapsbeleid, F.H.P. Trip. Het markeerde het begin van een tijdperk van grote activiteit. Het TTC organiseerde met inzet van Histechnica veel tentoonstellingen, sommige met voorwerpen uit eigen collectie, maar ook werden internationaal reizende tentoonstellingen naar Delft gehaald. De eerste tentoonstelling ging over een selectie van instrumenten vanaf 1650. Kort na elkaar volgden tentoonstellingen over verbrandingsmotoren, modellen van ontwerpen van Leonardo da Vinci, mijnbouw, civiele werken in Nederland, rekenmachines, sluitmechanismen, optische verschijnselen en nog veel meer. Over deze tentoonstellingen werd verslag gedaan in de periodiek *Histechnica Nieuws*.

Vanwege bezuinigingen en wijzigingen in huisvestingsprioriteiten binnen de TH – inmiddels TU Delft – kwam de toegankelijkheid van het TTC voor het publiek in 1989 tot stilstand. In 1993 verhuisde het TTC naar drie grote machinehallen van de vroegere gebouwen van de faculteit der Werktuigbouwkunde en Scheepsbouwkunde, met ingang aan de Ezelsveldlaan. Ook de voormalige mensa was daar enige tijd gevestigd. Bij de verhuizing werd het Technisch Tentoonstellingscentrum omgedoopt tot *Techniek Museum Delft* (TMD). Ook hier werden alom gewaardeerde tentoonstellingen gehouden, maar ook concerten, toneelvoorstellingen én workshops voor kinderen. Er was ook een klein restaurant.

Begin jaren '90 was het College van Bestuur van mening dat de functie van TMD niet op de juiste wijze werd ingevuld. Het restaurant en de theater- en muziekvoorstellingen – nodig om de financiering rond te krijgen – drukten een te zwaar stempel op de uitstraling van het museum. Het College overwoog het museum definitief te sluiten, maar na rijp beraad besloot het toch tot een doorstart. Vanaf maart 1996 richtte het TMD zich in toenemende mate op het kweken van belangstelling voor techniek onder de jeugd, waarbij een breed scala aan techniek-workshops werd ontwikkeld. Hierbij werd intensief samengewerkt met het lokale bedrijfsleven en met de Gemeente Delft, hetgeen onder meer leidde tot het programma Techniek Educatie Delft. Delen van de vaste opstelling moesten hiervoor zelfs plaatsmaken. Voor een plan om de vaste opstelling drastisch aan te pakken kon geen financiering worden gevonden, zodat de historische uitstraling met de stoommachines en gasmotoren in stand bleef. Leden van Histechnica waren hiermee zeer tevreden, maar de TU Delft vond dit toentertijd nog steeds niet passen bij de gewenste uitstraling van een op heden en toekomst gerichte universiteit. Om publiek te trekken ontwikkelde het TMD twee tot drie wisseltentoonstellingen per jaar over onderwerpen waarin de TU Delft in principe een belangrijke rol had. Thema's waren onder meer: geodesie, Delftse Art Nouveau, computerpioniers, nanotechnologie, operatiekamer van de toekomst, rekenmachines, ondergronds bouwen, duurzaamheid en computers in het onderwijs.

Het TMD trok uiteindelijk gemiddeld 20 000 tot 25 000 bezoekers per jaar en was daarmee, naar Nederlandse maatstaven, een middelgroot museum.

Ook het collectiebeheer werd anders ingestoken. Er werd niet meer gecollectieerd met het oog op tentoonstellingen over alle denkbare vormen van techniek. In het vervolg werd alleen datgene verzameld wat een belangrijke rol had gespeeld bij het onderwijs en onderzoek van de TU Delft. Om het belang van het museum voor de TU Delft verder te versterken ontwierp TMD allerlei plannen om het museum te ontwikkelen

in de richting van een modern *Science Centre Delft* (SCD), gericht op een grotere zichtbaarheid van de TU Delft en op een verbreding van de doelgroep. SCD richtte zich nu expliciet op de presentatie van hedendaagse en toekomstige ontwikkelingen binnen de universiteit en op het betrekken van de jeugd daarbij. Zo kon de belangstelling van jongeren voor een studie aan een technische universiteit al op jeugdige leeftijd worden gestimuleerd. Als zodanig week het beleid niet erg af van dat van het TMD. Wat wel drastisch veranderde, was de compleet nieuwe inrichting waarbij heden en toekomst van de techniek en de rol van de TU Delft daarin op de voorgrond kwam. De stoommachines uit het TMD waren het College al lange tijd een doorn in het oog. Historische voorwerpen dienden te worden vermeden en de Academische Collecties werden onder het beheer gesteld van de Universiteitsbibliotheek (TU Delft Library). De erfgoedstukken werden opgeborgen in een depot aan de Rotterdamseweg en later in het nieuwe erfgoed depot onder het markante grasdak van de Universiteitsbibliotheek. Erfgoedstukken worden tegenwoordig vaak uitgeleend, soms zelfs voor langere tijd.

Het SCD werd gehuisvest in de oostelijke vleugel van het monumentale gebouw van de Afdeling Mijnbouwkunde aan de Mijnbouwstraat 120. De officiële opening vond plaats in september 2010.

Dynamisch Histechnica

Al vanaf haar oprichting in 1974 had Histechnica als doel ondersteuning te verlenen aan het TTC. Waar het TTC deels werd bemand door medewerkers in vaste dienst van de TH, werkte Histechnica uitsluitend met vrijwilligers. Richtte de Histechnica-inzet zich in de beginperiode goeddeels op het leveren van bijdragen aan de inrichting van tentoonstellingen en op het verzorgen van de eigen periodiek, in latere jaren verschoof de aandacht grotendeels naar het organiseren van voordrachten én van binnenlandse en buitenlandse studiereizen.

Het eerste nummer van de periodiek *Histechnica Nieuws* verscheen in april 1975. In de periode tot en met november 1986 verschenen in totaal 29 edities, alle in brochurevorm en op formaat A4. Ze bevatten artikelen over Histechnica-bestuurszaken, over TTC-bestuurszaken, beschrijvingen van tentoonstellingen in het TTC en elders, beknopte versies van Histechnica-voordrachten en geschiedkundige uiteenzettingen. Tegenwoordig is dit periodiek te raadplegen via de Histechnica website.¹

In mei 1987 verscheen het periodiek in een nieuw formaat: nu als boekje in formaat A5. De naam werd veranderd in *Histechnicon*. In de periode tot en met december 1991 verschenen in totaal 16 boekjes. De artikelen waren voornamelijk geschiedkundige uiteenzettingen over technische onderwerpen. Ook Histechnicon is tegenwoordig te raadplegen via de Histechnica website.²

Na de Histechnicon editie van december 1991 hield de publicatie ervan op. Gekozen werd voor samengaan van Histechnicon met het periodiek *Industriële Archeologie*. De laatstgenoemde periodiek was een uitgave van de Stichting Industriële Archeologie Nederland. De indruk bestaat dat door dit samengaan van twee periodieken de expliciete dienstbaarheid van Histechnica aan het TMD in de periode nadien minder goed zichtbaar is geweest.

Door het sluiten van het TMD in 2008 en de nieuwe doelstelling van het SCD moesten de statuten van Histechnica en de naam van de vereniging worden aangepast. De naam werd nu *Histechnica, Vereniging van Vrienden van het Academisch Erfgoed van de TU Delft*. Ondersteuning werd nu gericht op TUD erfgoed, met aandacht voor verwerving, onderhoud en beschrijving van TUD-erfgoedobjecten. Histechnica ondersteuning van het SCD – de gemoderniseerde opvolger van het TMD – bleef gehandhaafd.

Belangrijk te vermelden is dat het beheer van TUD Erfgoed samenwerkt met onder andere de Stichting Academisch Erfgoed (SAE), een samenwerkingsverband van erfgoed-beheerders van elf Nederlandse universiteiten. De leden toonden hun collecties gezamenlijk op de website van SAE.³ Voor een directe weblink naar erfgoed in de TUD collectie zie voetnoot 4. Het Leidse Rijksmuseum Boerhaave is geassocieerd lid van de SAE. De SAE fungeert als netwerk voor erfgoedbeheerders aan de universiteiten, werft subsidies voor gemeenschappelijke initiatieven en behartigt de belangen van het academisch erfgoed in het bestuurlijke circuit.

Histechnica timmert aan de weg

Samen met haar zustervereniging KIVI afdeling Geschiedenis der Techniek⁵ organiseert Histechnica jaarlijks een zeven- tot achttal *voordrachten* van gerenommeerde sprekers over een breed spectrum van onderwerpen. Onderwerpen uit het recente verleden zijn gevarieerd. We noemen enkele voorbeelden: het werk van Christiaan Huygens, van Leeuwenhoek, van Kamerlingh Onnes, en van Lorentz, architectuur in de Archipel, het industriële verleden van Den Haag, het leven en werken van “de grootste Britse ingenieur aller tijden”: Brunel, de opkomst en ontwikkeling van de elektronica, bruggenbouw, geotechniek in Nederland, chemische technologie in Nederland, grote industriële ondernemers.

Maar ook “geschiedenis in wording”, met thema’s als: de technologie van de drinkwatervoorziening, de energieproblematiek, micro- en nanotechnologie, bestuurbare medische instrumenten, ‘drive-by-wire’ technologie, vage wiskunde (ofwel fuzzy mathematics, een discipline binnen de wiskunde), de berging van de Russische onderzeeër Kursk, de Delftse “D: Dream Hall”, de Delftse EWI elektronica studieverzameling, de Delftse Lunar Zebro maanrobotwagen, ontwikkeling van vliegtuig avionica en van raketvliegtuigen en geavanceerde offshore activiteiten.

Ook organiseert Histechnica jaarlijks een korte *binnenlandse excursie*. Bezocht werden onder andere het Nationaal

Baggermuseum in Sliedrecht, het Werkspoormuseum te Amsterdam, het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium in Amsterdam, het Twents Techniekmuseum HEIM in Hengelo, een reeks Rijksmonumenten in Friesland, historische gebouwen en mechanismen in Antwerpen, het Louwman automobielmuseum in Den Haag, de Nieuwe Sluis in Terneuzen en industriemusea en hergebruik van historische gebouwen in Gent en Brussel.

Histechnica organiseert tweejaarlijks een *buitenlandse studiereis*. Het gezelschap bezocht onder meer het Ruhrgebied, West-België en Noord-Frankrijk, Shropshire, Noord-Wales en Cheshire in het Verenigd Koninkrijk, Barcelona, het Duitse Saksen, Noord-Portugal, Schotland, Hamburg, Turijn en Bologna. Het hoofdstuk over studiereizen in dit Lustrumboek geeft een globaal overzicht van de meer recente reizen.

Tenslotte mogen de vijfjaarlijkse *lustrum symposia* worden genoemd. Ter gelegenheid van het achtste lustrum in november 2014 verscheen een Histechnica Gedenkboek met samenvattingen van een selectie van voordrachten uit de vijf daaraan voorafgaande jaren.⁶ Ter gelegenheid van het 175-jarig bestaan van de Delftse opleiding (van Koninklijke Akademie in 1842 naar Polytechnische School in 1864 naar Technische Hoogeschool in 1905 naar Technische Universiteit in 1986) verzorgde Histechnica het gedenkboek *175 jaar TU Delft – Erfgoed in 33 verhalen*.⁷

Voordrachten en symposia worden tegenwoordig gehouden in het Science Centre van de TU Delft op haar nieuwe locatie – welke ook bekend staat onder de naam Bouwcampus.⁸ Histechnica activiteiten worden steeds gehouden in samenwerking met haar eerder genoemde zustervereniging KIVI-afdeling Geschiedenis der Techniek.

Panta Rhei (alles stroomt)

Het programma van Histechnica moest vanaf begin 2020 sterk worden aangepast vanwege de toen opkomende Corona/COVID crisis. In eerste instantie moesten voordrachten en

studiereizen worden gepauzeerd. In december 2020 vond voor de eerste maal een bijeenkomst-op-afstand plaats, waarbij videocommunicatie (video streaming) werd ingezet. Daarbij waren in het bijzonder die deelnemers gebaat voor wie het om diverse redenen problematisch zou zijn geweest naar de fysieke voordrachten op de Delftse campus te komen. Sindsdien worden fysieke voordrachten weer gehouden en tegelijkertijd ook gestreamd. De video-uitzending kan ook achteraf worden bekeken, doordat ze toegankelijk blijft via de Histechnica en de KIVI-GdT websites.

In dit verband moet ook worden opgemerkt dat de Histechnica website een aanzienlijke verbetering heeft ondergaan, mede dankzij technische ondersteuning van de TUD Erfgoed groep.^{1,3}

Tijdens de periode dat Corona/COVID heerste vond nog een ingrijpende ontwikkeling plaats. In maart 2020 werd bekend dat de TU Delft het gebouw van de voormalige faculteit der Mijnbouwkunde aan de Mijnbouwstraat had verkocht. In dat monumentale gebouw was onze gastheer het Science Centre gehuisvest. Histechnica mocht er voor het houden van haar voordrachten gebruik maken van de uit 1912 daterende oude collegezaal en later van de ruime, gerenoveerde Mekelzaal. Veel leden en andere bezoekers hebben er in de loop van de tijd hun hart aan verpand! Met het Griekse adagium *Panta Rhei* (alles stroomt) in gedachten stroomde het Science Centre tenslotte door naar een modern gebouw op de TU-campus.⁹ Daar begon het Science Centre aan de modernisering en uitbouw van haar missie en haar faciliteiten. Sinds maart 2022 worden de voordrachten van Histechnica en KIVI-GdT op die nieuwe locatie gehouden.

Over ons academisch erfgoed in ruimere zin

De “Vereniging van vrienden van het academisch erfgoed van de TU Delft Histechnica” hecht grote waarde aan behoud, identificatie, beschrijving, en onderhoud van het erfgoed van de TU Delft. Hierover overlegt Histechnica met de TU Delft Library, de formele hoeder van het TU-erfgoed. Ook in het kader van dat streven dient u de inhoud van het hier voor u liggende boek te zien.

“Academisch erfgoed” van de TU Delft wordt door Histechnica in een *ruim* perspectief gezien. Histechnica wil aandacht besteden aan het TU Delft erfgoed in strikte zin: materiële objecten, archieven, biografieën.³ Maar zij wil ook aandacht besteden aan meer algemene ontwikkelingen in het verleden op gebieden waarop de TU Delft werkzaam was, alsook op gebieden waarop haar alumni zijn doorgegaan. En zij wil aandacht besteden aan vernieuwende ontwikkelingen op gebieden waarop de TU Delft heden ten dage werkzaam is en waarop haar alumni nog zullen doorgaan – want heden en toekomst zullen ook eens tot het verleden gaan behoren.

Voetnoten

1. Histechnica, website: histechnica.nl
2. Stichting Academisch Erfgoed SAE, website: academischerfgoed.nl
3. TUD Erfgoed, website: erfgoed.tudelft.nl/en
4. KIVI afdeling Geschiedenis der Techniek, website: kivi.nl/afdelingen/geschiedenis-der-techniek
5. Hoop, D. de, G.A. van de Schootbrugge, en P.Th.L.M. van Woerkom (redactie). *Histechnica 40 jaar*. Histechnica, Delft, 2015. (129 pp.)
6. Ankersmit, W., R. Hagman, H.G. Heijmans, G.J. Olsder, G. van de Schootbrugge en P.Th.L.M. van Woerkom (redactie). *175 jaar TU Delft – Erfgoed in 33 verhalen*. Histechnica, Delft, 2017. (199 pp.)
7. Science Centre TU Delft, website: tudelft.nl/sciencecentre en voorts:
8. Federatie Industrieel Erfgoed Nederland FIEN, website: industrieel-erfgoed.nl/
9. Stichting Historie der Techniek SHT, website: transitiestudies.nl/geschiedenis-sht/

Foto verantwoording

De foto van de grote hal van het Techniek Museum Delft (TMD) aan de Ezelsveldlaan werd genomen door Rob Lutke Schipholt. De zes andere foto's werden genomen door Paul Hanau van Woerkom.



De voormalige Afdeling der Werktuig- en Scheepsbouwkunde (met hoofdingang Nieuwe Laan 76) beschikte over vier laboratoriumhallen. In enkele van deze hallen was het Techniek Museum Delft TMD gevestigd, met ingang aan de Ezelsveldlaan. Deze foto uit 2008 geeft een indruk van de grote laboratoriumhal met enkele opstellingen van het TMD.



Enkele leden van de destijds Histechnica Werkgroep 175 jaar TUD bij een van de historische motoren in de TU Delft erfgoed collectie. Getoond wordt de destijds zeer innovatieve Otto-Baijer een-cilinder lichtgasmotor, welke tegen het einde van de 19-de eeuw grootschalig werd geproduceerd.



Collage van foto's van het bronzen beeld van Prometheus (eerste rij, geheel links), van Koning Willem II (tweede rij, geheel links), van illustere Delftse hoogleraren en van de Delftse Nobelprijswinnaar Simon van der Meer (tweede rij, tweede van links) in de centrale gang van het Science Centre aan de Mijnbouwstraat. Het pionierswerk van prof. Felix A. Vening Meinesz (bovenste rij in kleurrijke toga) was onderwerp van een van de voordrachten. Een andere voordracht ging over het werk van prof. en destijds minister-president Willem Schermerhorn (tweede rij, derde van links).



Tijdens de pauze van een TUD symposium in de Mekelzaal van het Science Centre over Nederlands geodetisch onderzoek geeft dr. Bart C. Root (TUD-LR) een toelichting op het functioneren van het ingenieuze opto-mechanische "Gouden Kalf" – het precisie instrument waarmee prof. Felix A. Vening Meinesz tijdens het interbellum baanbrekend onderzoek verrichtte naar de verdeling van de zwaartekracht over het aardoppervlak. Het Gouden Kalf is nu onderdeel van de TU Delft erfgoed collectie.



Voordracht in de Mekelzaal van het Science Centre door prof. Paul Breedveld (TUD-ME), met thema de geschiedenis en de werking van puur mechanische rekenmachines.



Het spoorwegwezen in Nederland en in het buitenland en de rol van stoomlocomotieven daarin, kreeg aandacht in meerdere voordrachten. Ook het opzienbarende en nooit uitgevoerde ontwerp (1875) van de Waterlocomotief door de spraakmakende Delftse werktuigbouw hoogleraar Adriën Huët werd besproken en ontleed.

Deze foto toont een gedetailleerd model van de kkStB 4.69 Schnellzug-Schleppenderlokomotiv Reihe 4 van de Oostenrijkse Staatsspoorwegen uit de periode 1885 – 1897. Midden jaren zestig stond het in de tekenzaal van de Afdeling der Werktuigbouwkunde. Nu is het een onderdeel van de TUD erfgoed collectie.



Opname van de historische en magnifieke Ponte Dom Luis I, een dubbeldek brug over de rivier de Douro (1886) in de Noord-Portugese stad Oporto. Deze stad en haar wijde omgeving waren het doel van de studiereis van Histechnica met KIVI-GdT in mei 2016.

4.

Voordrachten 2019–2023

Dr.ir. Paul Hanau van Woerkom

Thema's en locatie
Samen met haar zustervereniging KIVI-afdeling Geschiedenis der Techniek (KIVI-GdT) heeft Histechnica ook in de afgelopen vijf jaar een uitgebreid programma van voordrachten weten te presenteren. Gelet op de missie van Histechnica hebben deze voordrachten veelal als primair thema: onderzoek aan de TU Delft dat verricht werd in het verleden, maar ook huidig baanbrekend onderzoek. En onderzoek elders dat sterke raakvlakken heeft met thema's die raken aan of voortvloeiend uit TU Delft interesses. Dus niet alleen aandacht voor zuivere geschiedenis, want ook heden en toekomst zullen snel genoeg geschiedenis worden. Kortom, de voordrachten beslaan een rijk scala aan thema's.

Gastheer voor het houden van onze voordrachten is het bekende Science Centre van de TU Delft. Het was jarenlang gevestigd in het majestueuze gebouw van de destijdse faculteit der Mijnbouwkunde aan de Mijnbouwstraat. De voordrachten vonden plaats in de historische collegezaal met haar 84 zitplaatsen – collegebanken met klapstoelen. Omdat het

deelnemersaantal vaak de 84 oversteeg en om andere praktische redenen, kon na een interne renovatie gebruik worden gemaakt van de grote, prachtige Mekelzaal op de eerste verdieping. Eerder was daar de mineralogische collectie gehuisvest. Voordrachten trokken soms wel 120 toehoorders.

In maart 2020 werd het gebouw verkocht. Dit betekende onder meer dat het Science Centre en daarmee ook de locatie voor de Histechnica voordrachten verplaatst moesten worden. Als nieuwe locatie werd de Bouwcampus aangewezen – een gebouw gelegen aan de Van der Burghweg op het zuidelijke deel van de campus en oostelijk ten opzichte van het Sportcentrum. Bijeenkomsten op de nieuwe locatie vinden plaats vanaf begin 2022.

Een aandachtspunt bij de verhuizing is dat de bereikbaarheid van het gebouw Bouwcampus met openbaar vervoer, vanaf station Delft Centraal, op zaterdagen wat minder is. Voor fysieke deelname aan de voordrachten moet men nu vanaf de Aula naar de Bouwcampus lopen. Fysieke deelname biedt de gelegenheid tot het onderhouden van professionele en sociale contacten - een belangrijke reden om regelmatig de voordrachten bij te komen wonen.

Toch zal niet iedereen in de gelegenheid zijn regelmatig te komen. Zeker voor hen bieden de video opnamen van de voordrachten een uitkomst. De video's zijn tijdens de voordrachten op internet te volgen (streaming) en ze kunnen ook na afloop op internet worden bekeken en opnieuw worden bekeken. Ze zijn te zien op zowel op de website van Histechnica als op die van KIVI-GdT.

Deelnemers worden verzocht zich tevoren aanmelden – leden van Histechnica direct bij haar secretaris, leden van KIVI via de KIVI-website. Immers, het bestuur moet kunnen zorgen dat de zaal-accommodatie steeds weer voldoet en dat voor voldoende catering (koffie, thee) gezorgd kan worden.

Vruchtbare relatie met de TU Delft

De TU Delft heeft een digitaal alumniplatform waarmee zij alumni van de universiteit blijvend wil betrekken bij ontwikkelingen en gebeurtenissen in en rondom de universiteit. Zie: tudelft.nl/over-tu-delft/alumni. De website schrijft onder meer:

“Als alumnus/alumna ben je zeer belangrijk voor de TU Delft. Je bent onze oren en ogen in de maatschappij. Wij houden je dan ook graag betrokken, onder meer via deze website. Hier vind je het laatste nieuws, alumni-activiteiten, hulp bij je carrière, speciale alumnikortingen en netwerk- en opleidingsmogelijkheden. Mocht je ons willen helpen om de alumni van de toekomst een goede start te geven, dan horen we dit natuurlijk ook graag!”

Zonder twijfel kan men stellen dat Histechnica met haar programma van voordrachten een soortgelijke rol vervult, zij het in bredere zin. Namelijk, dat ook de historie van onderzoek binnen de TU Delft veelvuldig aandacht krijgt. En dat dit ook gebeurt voor technische ontwikkelingen buiten de TU Delft maar waarbij haar alumni een belangrijke rol hebben gespeeld (denk bijvoorbeeld aan de Nederlandse luchtvaart en ruimtevaart, aan civiele projecten, aan ontwikkelingen in de geodesie, in de architectuur en in de elektrotechniek).

De periode 2019 – 2023

Nu iets over de voordrachten welke in de afgelopen vijf jaar werden gehouden. Een gedetailleerde beschrijving van alle voordrachten gehouden in die periode zou hier te ver voeren. Wat *aantallen* voordrachten betreft, met een totaal van 39:

2019:	8 voordrachten;
2020:	4 voordrachten (een laag aantal vanwege de Corona pandemie);
2021:	10 voordrachten;
2022:	7 voordrachten;
2023:	10 voordrachten.

Een greep uit het spectrum van gehouden voordrachten

Uit die 39 voordrachten presenteren wij de navolgende greep. Ze geeft een concreet beeld van thema's waarvoor onze leden sterke belangstelling toonden. Bij de genoemde sprekers wordt in het kort hun carrière aangestipt.

2019

De EWI Elektro Studieverzameling van de TU Delft

Sprekers: de heren Han Geijp (coördinator), Rob Timmermans (communicatie tussen elektrische klokken) en Eric Winkel (ICT-specialist), allen van faculteit EWI – TU Delft.

Katholieke architectuur in de twintigste eeuw: de vier architecten van de Leidse familie Van der Laan

Spreker: dr. ir. Michel P. Remery. Bouwkundig ingenieur, theoloog aan de Pontificia Università Gregoriana te Rome.

Geschiedenis van het polshorloge

Spreker: de heer Arjan J. Barnard. Juwelier, docent Uurwerkmaken aan de Vakschool Schoonhoven.

2020

Hoe de mechanica van de grond kwam: Honderd jaar Geotechniek in Nederland

Spreker: ir. Jan Heemstra. Civiel ingenieur bij Deltares te Delft, spoorweghistoricus.

Nederlands-Indië op de kaart: landmeetkunde in de periode 1850-1950.

Spreker: dr. ir. Huib Ekkelenkamp. Elektrotechnische ingenieur, werkzaam onder meer bij KPN en ATOS. Specialist telecommunicatie, geodesie, cartografie.

Lorentz, Lely en de Afsluitdijk

Spreker: ir. Frank van den Bergh. Natuurkundig ingenieur, rondleider Teylers museum, voorzitter KIVI-GdT.

2021

A century of Air Traffic Control development

Spreker: prof.ir. Fred J. Abbink. Elektrotechnisch ingenieur, hoogleraar Avionica TU Delft, directeur NLR.

Mechanische rekenmachines

Spreker: prof.dr.ir. Paul Breedveld. Werktuigbouwkundig ingenieur, hoogleraar TU Delft, specialist innovatieve robotica in de medische wetenschap.

Dynamica op nanoschaal

Spreker: prof.dr. Peter G. Steeneken. Natuurkundige, Philips Natlab, NXP Semiconductors, Kavli Institute for Nanoscience, hoogleraar TU Delft in de dynamica van micro- en nanosystemen.

2022

De Indische Mijnspoorwegen

Spreker: de heer Gerard W. de Graaf. Specialist fotografische diagnostiek in UMC Utrecht en in het Oogziekenhuis Rotterdam, bestuurslid Stoomtrein Katwijk Leiden, specialist spoorwegen in de mijnbouw.

Geschiedenis van het Staalconstructiebedrijf De Vries Robbé

Spreker: prof.dr.ir. John Stoop. Vliegtuigbouwkundig ingenieur, hoogleraar veiligheidsvraagstukken, betrokken bij duurzame innovaties en industriële erfgoedontwikkelingen.

Tussen droom en daad: Wernher von Braun en de V2

Spreker: de heer Hans Walrecht. Docent, onderwijskundige, ICT-specialist, publicist op technische onderwerpen,

medewerker Stoommachinemuseum Medemblik, rondleider Aviodrome.

Een eeuw Chemische Technologie

Spreker: prof.dr. Ernst Homburg. Scheikundige, geschiedkundige, hoogleraar geschiedenis van wetenschap en techniek aan de Universiteit van Maastricht, voorzitter van de Vereniging voor de Geschiedenis van de Geneeskunde, Wiskunde, Natuurwetenschappen en Techniek (GeWiNa), voorzitter European Working Party on the History of Chemistry.

2023

Paul van Vlissingen en Zoon: 19de-eeuwse ondernemers in stoom

Spreker: dr. J. Peter Sigmond. Geschiedkundige, uitgever bij Fibula-van Dishoeck, directeur Rijksarchiefschool, directeur Legermuseum Delft, directeur collecties Rijksmuseum, hoogleraar Nederlandse cultuurgeschiedenis aan de Universiteit van Amsterdam, publicist op een breed gebied van Nederlandse geschiedenis.

Adriën Huët en de Waterlocomotief

Spreker: dr. Han G. Heijmans. Natuurkundige, conservator en tentoonstellingsontwerper van wetenschapsmusea en science centers, directeur Techniek Museum Delft, Histechica adviseur, manager Research Services bij TU Delft Library.

Onzichtbaar leven: Antoni van Leeuwenhoek en de wondere wereld van de microbiologie

Spreker: prof.dr. Dirk van Delft. Natuurkundige, docent, chef Wetenschap bij NRC, directeur Rijksmuseum Boerhaave, hoogleraar materieel erfgoed van de natuurwetenschappen, gastmedewerker Instituut Lorentz.

Het Antikythera mechanisme: het 2000-jaar oude Griekse astronomische klokwerk

Spreker: prof.dr. Rien van de Weygaert. Natuur- en sterrenkundige, Canadian Institute of Astrophysics Toronto,

Max Planck Institut für Astrophysik Garching, hoogleraar Kapteyn Instituut Rijksuniversiteit Groningen.

Mangaanknollen in de diepzee

Sprekers: ir. Marten Fluks. Werktuigbouwkundig ingenieur, diverse internationaal opererende bedrijven; en ir. Edward Heerema. Civiel ingenieur, Heerema Engineering Service, president en nu voorzitter van Allseas.



Secretaris Hist Technica: ir. H. Boonstra, tel. 070 – 38 73 808, e-mail secretaris@histtechnica.nl
Secretaris KIVI afd. Geschiedenis der Techniek: ir. A. de Liefde, tel. 070 – 39 66 999, e-mail gdt@kivi.nl

Delft, 1 februari 2021

Geachte leden van de vereniging Hist Technica en van KIVI-GdT,

De besturen van de vereniging Hist Technica en de KIVI afdeling Geschiedenis der Techniek nodigen u uit voor het bijwonen van een online lezing met titel:

ZEBRO, 's werelds kleinste rover naar de maan.

Spreker: Ir.dr. Chris J.M. Verhoeven (TU Delft – EWI)

Datum: donderdag 25 februari 2021

Aanvangstijd: 19.30 uur (half acht 's avonds)

Duur: 45 minuten, plus korte pauze, daarna discussie.

Aanmelding: zie de tekst in de begeleidende e-mail.

Enkele dagen voor de presentatie ontvangen de toehoorders die zich aangemeld hebben de inlog details voor toegang tot de online presentatie.

> Samenvatting van de voordracht

De LUNAR ZEBRO wordt 's werelds kleinste en lichtste rover ooit, gebouwd door studenten aan de TU Delft. De verwachting is dat deze rover wordt gelanceerd in 2022. Voor deze lancering van de rover, is het team van plan een andere missie uit te voeren naar de Maan in 2021; LEAP (Lunar Environment Adaptation Preparedness). Hierbij worden de meest cruciale componenten zoals de communicatie en camera alvast gelanceerd en getest.

De rover wordt ontworpen als piggyback op een van de maanlanders van een private of nationale ruimtevaartorganisatie. Eenmaal op de maan is het belangrijkste doel van de rover om de moeilijke omstandigheden van de maan te overleven gedurende een Maan-dag (14 aardse dagen). Daarnaast moet de rover gedurende die tijd zijn locatie en toestand continu en direct communiceren met de aarde.

Het ontwerp en de bouw van de Lunar Zebro is uitermate complex interdisciplinair ingenieurswerk en vraagt veel creativiteit van de teamleden. Dezelfde interdisciplinariteit en creativiteit ligt ook aan de basis van het maanrover project. Niemand vroeg om een maanrover, niemand dacht over een maanrover. Maar door een aaneenschakeling van kruisbestuivingen, associatie tussen dromen en technische mogelijkheden en tasten in het duister zonder angst voor het donker is de rover met naam Belka gebouwd.

Naast technische informatie over de Lunar Zebro zal de voordracht ook gaan over de weg van de eerste Nederlandse Universitaire Satelliet Delfi-C3 gelanceerd in 2008 naar Nederlandse maanrovers Belka, Strelka en Laika en over wat daarna zal komen.

En ook over waarom ingenieurs dit wel kunnen en wetenschappers niet.....(na afloop is er tijd voor discussie hierover wat de spreker betreft. ☺)



De TU Delft maanrover Belka in aanbouw



Belka startklaar voor exploratie op de Maan
(artist impression)

> Informatie over de spreker

Presentator: Ir.dr. C.J.M. (Chris) Verhoeven is sinds 1999 universitair hoofddocent aan de TU-Delft op het gebied van met name micro-elektronica.

Sinds 2007 is hij in deeltijd werkzaam bij de faculteit Luchtvaart- en Ruimtevaarttechniek in het laboratorium van de afdeling Space Systems Engineering. Hij was verantwoordelijk voor het ontwerp en de implementatie van de elektronica voor de Delfi-C3 nano-satelliet, die met succes werd gelanceerd in 2008. Ook is hij betrokken bij de ontwikkeling van toekomstige nano-satellietmissies van de TU-Delft.

Sinds 2013 is hij themaleider 'zwermrobots' binnen het TU-Delft Robotics Institute, dat onderzoek doet naar zwermen robots boven en onder water. Ook is hij themaleider 'space robotics' binnen het TU-Delft Space Institute.

Voor nadere informatie over Hist Technica, zie www.histtechnica.nl

Voor nadere informatie over KIVI-GdT, zie <https://www.kivi.nl/afdelingen/geschiedenis-der-techniek>

5.

Overzicht van de studiereizen door de jaren heen

Ir. Ton Boele, reiscoördinator

1988 — Shropshire en Wales
1990 — Zuid-Limburg, Wallonië en Brussel
1992 — Dresden en Leipzig
1994 — Elzas Lotharingen
1996 — Zuid-Engeland
1997 — Amsterdam en omgeving
1998 — Midden-Engeland
1999 — Rotterdam
2000 — Tsjechië
2001 — Zuid-Limburg en Maastricht
2002 — Midden-Frankrijk
2003 — Friesland
2004 — Bergische Land en Roergebied
2005 — Noord-Holland
2006 — Over de Schreve naar Lille
2007 — Utrecht
2008 — Tweede IJzerbedevaart
2009 — Twente en Münsterland
2011 — Barcelona
2012 — Cornwall
2013 — Zeeland
2014 — Saksen
2015 — Emsland en Oost-Groningen
2016 — Noord-Portugal
2017 — Noord-Brabant
2018 — Schotland
2019 — Hamburg
2022 — Turijn en Bologna
2023 — Gent en Brussel
2024 — Baskenland (in voorbereiding)

Histechnica is opgericht in 1974 als Vereniging van Vrienden van het Technisch Tentoonstellingscentrum TCC, voorloper van het Techniekmuseum. Histechnica heeft een samenwerking met de afdeling Geschiedenis der Techniek van het KIVI, welke afdeling in 1980 werd opgericht. Gezamenlijk worden voordrachten en studiereizen georganiseerd voor hun leden. In 1988 vond de eerste studiereis plaats op initiatief van George Nieuwmeijer. Het succes van deze reis heeft zich ontwikkeld tot een traditie die een wezenlijk onderdeel uitmaakt van de activiteiten van de verenigingen.



George & Trees Nieuwmeijer

De eerste reis en velen die volgden werden verzorgd door George Nieuwmeijer en zijn vrouw Trees. In de reis van 1988 stond het Engelse industrieel erfgoed Shropshire en Wales centraal. Een uitgebreid verslag van die reis naar o.a. Ironbridge heeft in de NRC gepubliceerd (*NRC Handelsblad* 26 juli 1988,

bijlage Wetenschap & Onderwijs, *Op IJzerbedevaart* door Karel Knip). Vele deelnemers hebben de culinaire inbreng en keuzes van Trees Nieuwmeijer tijdens de reizen in zeer goede herinnering. In de periode tot 1997 vonden de studiereizen elk tweede jaar plaats en was de reisbestemming over onze grens gelegen. Nadien gebeurde dit jaarlijks en werd een buitenlandse door een binnenlandse studiereis afgewisseld. Deze laatste was aanvankelijk ééndaags. Na acht reizen te hebben samengesteld moest George in 2000 wegens gezondheidsredenen de organisatie helaas overdragen. In 2000 werd de taak van de Nieuwmeijers overgenomen door ons gewaardeerde lid Charles Vos. Geheel onverwachts was zijn overlijden te betreuren kort na de door hem georganiseerde reis naar Tsjechië. Het jaar daarop sprong Jan Bernhard Vercauteren in met een reis naar zijn geliefde Maastricht en omgeving. Tot opluchting van Histechnica en GdT was het in 2002 voor George en Trees Nieuwmeijer toch weer mogelijk nog een reis te organiseren. In 2008 overleed George in de leeftijd van slechts 62 jaar. Nadat Evert Jan Nusselder met zijn

goede contacten in 2003 de reis naar Friesland had georganiseerd brak er een langere periode aan waarin Jan Bernhard Vercauteren en Frits Versfelt op enthousiaste wijze de organisatie op zich namen. In 2012 nam Ton Boele de plaats in van Jan Bernhard. Vanaf 2016 ging hij alleen verder als reiscommissaris.

Het bovenstaande zal voor de gemiddelde lezer een opsomming van droge feiten zijn. Dat is voor de deelnemers echter allerm minst het geval. Voor hen is elke reis verbonden aan herinneringen van bijzondere locaties die bezocht werden, de aangename sfeer onderweg en anekdotes. De Eiffelbruggen, waar Nieuwmeijer zijn tanden in had gezet. Wie werd Napoleon genoemd en waarom? De nostalgie van de culinaire baret van Trees. Waarom was lid Warners zo goed op de hoogte van de mijnen en had hij altijd als eerste een gele helm te pakken? De bijzondere interesse van het echtpaar en erelid



Frits Versfelt

Jan Bernhard Vercauteren

Oele voor de stad Lyon. De slaapverwekkende voordracht van Dipl.-Ing Sahre in Delft en de verbazing over de kwaliteit van zijn rondleiding in de bruinkolengroeven in de Lausitz, het hoogtepunt van de reis naar Saksen.

Curriculum studiereizen vanaf 2012



Heritage of Industry

Cornwall, 2012

Organisatie: Ton Boele en Frits Versfelt

- Lokale assistentie door Bill Barksfield.
- Royal Albert Bridge bij Saltash van Brunel.
- Spectaculaire Levant tinmijn met onderwaterschachten.
- Tinmijnen Gevor en Eastpool met historische pumping and lifting engines.
- Hayle met Harvey's foundry, makers van de Cruquius
- Porceleinaarde, Littlejohns groeve en verwerkingsinstallaties.
- King Edward Mine museum & mil.l
- Porthcurno Telegraph Museum, aanlanding eerste intercontinentale kabels.
- Kunstenaarsdorp St. Ives.
- Falmouth Docks.
- Bodmin & Wenford Railways.
- Finch Foundry, de laatste met water aangedreven Engelse smederij.



Oosterscheldekering

Zeeland, 2013

Organisatie: Ton Boele en Frits Versfelt

- 60 jaar na de watersnoodramp.
- Droogdok Jan Blanken met aquaducten en stoomkraan in bedrijf.
- RTM-museum en treinrit per houten motorloc.
- De Oosterscheldekering – van buiten en van binnen.
- Historische scheepswerf Arnemuiden en de Hoogaars.
- Voormalige werf De Schelde en Perrydok.
- Caissons Ouwkerk met Watersnoodmuseum.

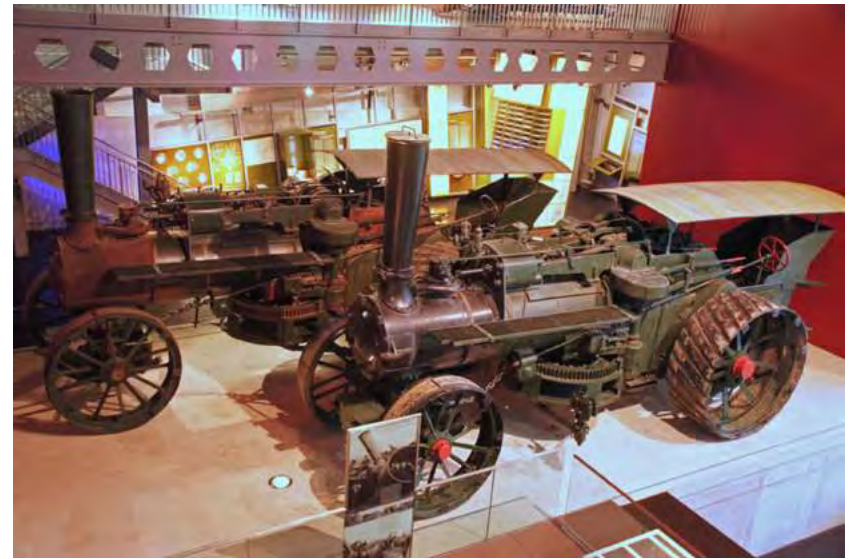


Saksen, 2014
Foto: Gert Jan Luijendijk

Saksen, 2014

Organisatie: Ton Boele en Frits Versfelt

- Leipzig : Auerbachskeller(Luther en Goethe), Museum für Druckkunst, geïnnoveerde industriewijk Plagwitz, Karl Heinekanaal en Weisse Elster en Hauptbahnhof.
- Dresden: Glaeserne Manufaktur van Volkswagen, Elbebrücke das Blaue Wunder, Schwebebahn Loschwitz, Frauenkirche.
- Erzgebirge : Bergbaumuseum Oelsnitz(oude kolenmijn), Papiermühle Zwönitz, Zinngrube Ehrenfriedersdorf (oude tinmijn).
- Lausitz : Bruinkolenwinning met afdaling in bedrijf zijnde groeve Nochten, Brikettenfabrik Knappenrode, Beklimming Abraumförderbrücke F60 in Lichterfeld.
- Meissen : per historische Raderboot “Stadt Wehlen” (1879) van Dresden naar Meissen, Porzellanmanufaktur Meissen, Burcht en Meissner Dom.
- Afsluitingsdiner in het Coselpalais met twee violistes.



Moormuseum

Emsland en Oost-Groningen, 2015

Organisatie: Ton Boele en Frits Versfelt

- Moormuseum Gross Hesepe, industrieel erfgoed bij de ontginning van veen zoals de grootste toegepaste stoomploeg.
- Saterländer Moorfahrt, per bedrijfs-smalspoor door nog actieve turfwinning.
- Transrapid in Lathen, magneet zweeftrein, monorail als modern erfgoed.
- Meyerwerft in Papenburg, VIP-tour waar stroom-opwaarts van kleine rivier de Ems nog steeds de grootste 5-sterren-cruiseschepen gebouwd worden.
- Noord-Nederlands Trein- en Trammuseum in Zuidbroek
- Stoomgemaal Winschoten met de oudste machine voor ons onder stoom gebracht.
- Het Bronsmotorenmuseum in Appingedam met een bruikleen van de TUDelft.

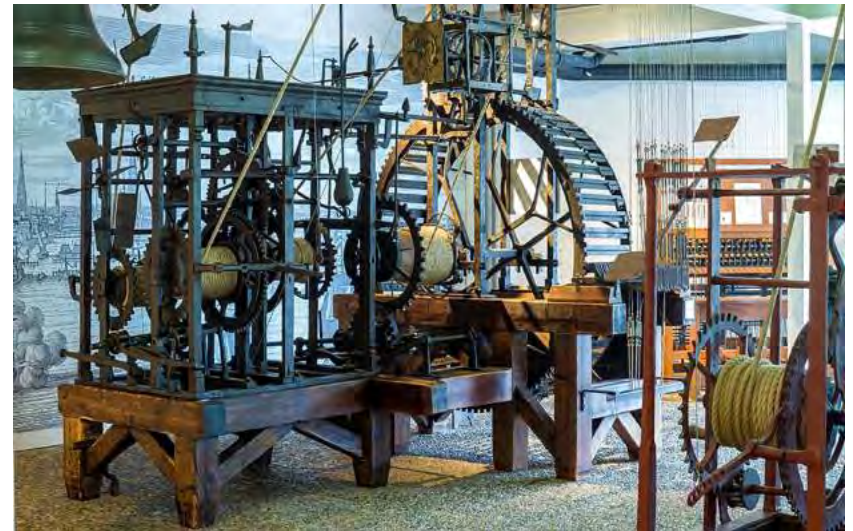


Noord-Portugal, brug in Porto, 2016

Noord-Portugal, 2016

Organisatie: Ton Boele

- Langs 7 Bruggen in Porto o.l.v. Prof. Lopes Cordeiro.
- Museu do Carro Eléctrico – elektrische tram en oude elektrische centrale.
- Museum, Bodega van Porthuis Sandeman.
- In originele toestand bewaard gebleven Shot Tower uit de 19e eeuw voor het maken van loden kogels.
- Casa da Musica, muziektheater Rem Koolhaas (2005).
- Fado-avond in middeleeuwse herberg.
- In S. Joao da Madera: Museu da Chapelaria. Voorts de traditionele hoedenindustrie Fepsa, Dames-en Herenschoenenfabriek van resp. Helsar en Evereste.
- Viarco, de unieke potloden-fabriek, die nog produceert zoals in de dertiger jaren.
- In Aveiro: Art Deco-huizen, Vaart op oude waterwegen met historische moliceiro's.
- Oude zoutpannen en zoutindustrie.
- Middeleeuwse binnenstad Guimarães (Unesco).
- Lunch en rondleiding in de 12e eeuwse Pousada Mosteiro de Guimarães.
- Elevador Braga, kabeltrein/lift (1882) voortbewogen door de graviteit van water.
- Bedevaartplaats Dom Jesus do Monte met baroktrappen uit de 18e eeuw.
- Rivier de Douro. Vaartocht ca 100 km stroomopwaarts van Porto naar Peso do Regua. Passage van een schutsluis met een verval van 35 m, het hoogste in Europa. Deels door de Douro Wine Valley, onderdeel van het Unesco Werelderfgoed.
- Terugreis per trein stroomafwaarts langs de Douro. Aankomst op São Bento.



Noord-Brabant, 2017

Organisatie: Ton Boele

- Suikerunie te Dinteloord. Produktieproces in bedrijf tijdens de bietencompagne.
- Textielmuseum te Tilburg.
- Museum Stichting “Philips Historische Producten” en per bus langs historie en architectuur in de Philipswijk met oud-medewerkers.
- Bedrijfsbezoek Nedschroef te Helmond. Van smederij tot moderne industrie.
- Klokkenmuseum in Asten.
- Siemei, Industrieel Erfgoed Meierij in de veevoederfabriek van CHV Noordkade te Veghel.
- Met drie boten over de Binnendieze door en onder het oude 's-Hertogenbosch.



Firth of Forth

Schotland, 2018

Organisatie: Ton Boele

- Het grootste Railway Museum van Schotland in Bo'ness.
- Foundry Ballantine, nog steeds in vol bedrijf. Er wordt nog gegoten zoals 200 jaar geleden. Een rondleiding langs vloeibaar ijzer en dampende mallen en gietstukken.
- Per Narrowboat over het Union Canal met passage van het Avon-aquaduct.
- "The Falkirk Wheel". De enige roterende scheepvaartlift ter wereld. Overbrugd 24 m.
- The Kelpies. Imposant kunstwerk waar Union- en Forth-Clyde Canal samenkomen.
- Summerlee, Industrial Heritage Museum in Coatbridge
- Van Glasgow naar Greenock met de Paddle Steamer Waverley. De enige nog in bedrijf zijnde raderboot ter wereld.
- De Balloch Steam Slipway aan het Loch Lomond.
- Over de sluisdeuren van Bowling Harbour waar het Forth Canal de Clyde bereikt.
- De Droplock van Dalmuir.
- Scottish National Mining Museum in Newtongrange.

- Met Mark Watson o.a. naar de Cornish Beam Engine (1874) in Prestonpans.
- Firth of Forth spoorbrug (gebouwd 1882-1890) Unesco. Bij optrekkende mist met een bouwlift naar 100 m en boven op de brug. Tot "once-in-a-lifetime-experience" verklaard.
- The Verdant, het zeer interessante Jute en Vlasmuseum in Dundee.
- Museum en het originele schip "Discovery" van poolreiziger Captain Robert Scott.
- Whiskey-stokerij Glen Turret van The Famous Grouse in Crieff.
- Loch Katrine (in N.P. The Trossachs) met het 117 jaar oude stoomschip "Walter Scott".
- Indrukwekkende fabriekscomplex Spinnerij en fabriekswoningen van New Lanark. Doedelzakspeler en overnachting in dit Unesco Werelderfgoed.
- Het nieuwe Riverside (ex Transport-) Museum van architect Zaha Hadid.

Hamburg, 2019

Organisatie: Ton Boele

- Per Touringcar langs Industrieel Erfgoed, met name ten zuiden van de Elbe (Harburg) o.l.v. auteur en industrie-archeoloog Sven Bardua.
- Motoren-museum Schleswig-Holstein in Lütjensee. Unieke collectie van 350 motoren met bouwjaren van 1874 tot 1960. Vele motoren draaiend w.o. Stork Gasmotor uit 1880.
- Alter Elbtunnel uit 1911, nog in (bijna) originele toestand.
- Speicherstadt UNESCO Wereld Erfgoed. Het museum en de bijbehorende rondgang.
- “Hausführung” in het nieuwe icoon van Hamburg de Elbphilharmonie (op de fundering van Kaispeicher A uit).
- Per barkas langs erfgoed en door de oudere havens.
- Internationales Maritimes Museum in de voormalige Kaispeicher B (1878).
- Bezoek van 2,5 uur aan Airbus met rondleiding in de fabrieken in Finkenwerder. Airbus is de grootste en bekendste hightech-industrie van Hamburg.

Turijn en Bologna, 2022

Organisatie: Ton Boele

Turijn

- Mole Antonelliana en Museo del Cinema.
- Tandradbaan Sassi – Superga.
- UNESCO Industrieel Erfgoed Olivetti.
- In het binnenste van de stuw in het Cavourkanaal.
- Controlekamer en werkplaatsen GTT Metro in bedrijf.
- Lingotto – het wonder van Fiat.
- Werkplaatsen tijdens fabricage Aurora-vulpen.
- Moderne elektriciteitscentrale in bedrijf.
- Met de supersnelle Frecciarossa naar Bologna.

Bologna

- Museo Patrimonio Industriale in oude steenfabriek.
- Stuw Chiasso di Casalecchio en Canonica.
- Ducati – de montage van de wereldberoemde motorfiets.
- Fondazione MAST.
- Wereldleider Carpigiani, fabriek ijsmachines in bedrijf.
- Geboorte landhuis en werkkamer Marconi.
- Museo della Macchina a Vapore.
- San Marino – oudste democratie op de berg.



Paulanha van den Berg
op een Ducati



Grote hal Tour & Taxis Brussel

Gent en Brussel, 2023

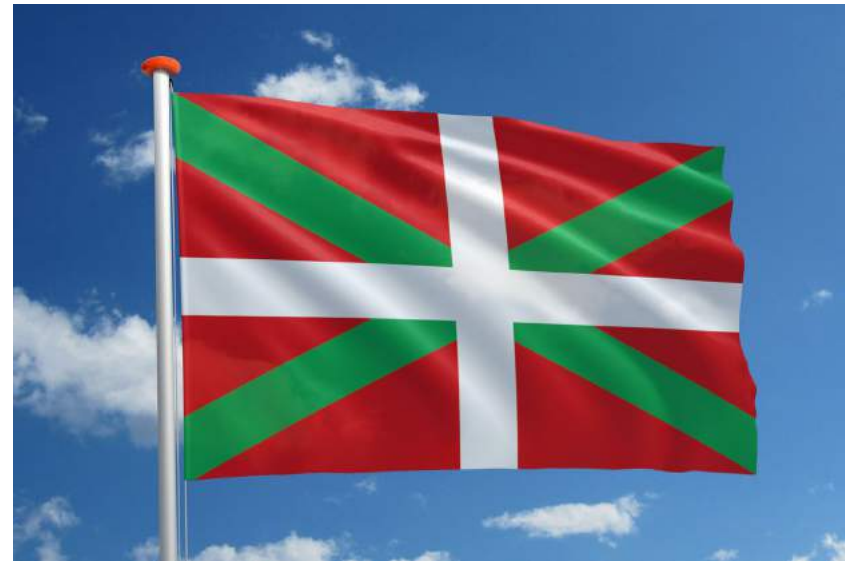
Organisatie: Ton Boele

Gent

- Anglo Belgisan Corporation, bezoek tijdens de productie van verbrandingsmotoren – de enig resterende fabriek in de Benelux.
- Het Industriemuseum Gent (ex-MIAT) – het grootste in België.
- Ghent River Hotel – slapen in industrieel erfgoed.

Brussel

- Tour & Taxis – het voormalig goederenstation Gare Maritime met het Koninklijk Pakhuis. Het hergebruik van een indrukwekkend complex dat bewondering afdwingt.
- Warme lunch in La Manufacture, ambiance in de wijk Dansaert.
- Trainworld – grootste Belgische spoorwegmuseum in het oude station Schaarbeek en aangrenzende hallen.



Baskenland, 2024

Organisatie: Ton Boele

(In voorbereiding)

6.

Over de geschiedenis van de verkeersveiligheid: van nationale ramp naar successen en nieuwe uitdagingen

Prof.dr. Marjan Hagenzieker,
Afdeling Transport en Planning, faculteit CiTG,
TU Delft

Inleiding
Elk jaar komen er wereldwijd meer dan een miljoen mensen om in het verkeer op de weg (WHO, 2023). In Europa ongeveer 20.000 (Eurostat, 2023) en in Nederland het afgelopen jaar 745 (CBS, 2023). De grootste groepen dodelijke slachtoffers zijn fietsers (39% in 2022) en auto-inzittenden (30%). Gemotoriseerde tweewielers (in totaal 13%) vormen een derde grote groep; voor iets meer dan de helft (55%) zijn dit berijders van een brom- of snorfiets (waaronder ook brommobiel en speed-pedelec), en 45% zijn motorrijders. In 2022 was 8% van de doden een voetganger, 5% een berijder van een scootmobiel en 4% een inzittende van een vracht- of bestelauto (SWOV, 2023a). Het aantal ernstig verkeersgewonden is nog vele malen hoger: tientallen miljoenen wereldwijd (WHO, 2023). In 2022 raakten alleen al in Nederland 8.300 mensen ernstig gewond in het verkeer: ruim 20% meer dan in 2021, toen er 6.800 ernstig gewonden vielen (Oude Mulders et al., 2023).

Niet alleen in Nederland, maar ook in de EU steeg recentelijk het aantal mensen dat omkwam bij verkeersongevallen; in 2021

waren dat er 6% meer ten opzichte van 2020 (19.917 doden ten opzichte van 18.834 in 2021). Dit betekende een verandering ten opzichte van de gestage daling in het voorgaande decennium. De stijging in 2021 werd waargenomen na een ongekende daling in 2020, die het gevolg was van COVID-19-beperkingen voor personenvervoer (Eurostat, 2023).

Het moge duidelijk zijn dat verkeersonveiligheid een belangrijk maatschappelijk probleem is. Nog enkele cijfers om dit te illustreren: Letsel door verkeersongevallen is de belangrijkste doodsoorzaak voor kinderen en jonge volwassenen in de leeftijd van 5-29 jaar. Meer dan 90% van alle verkeersdoden ter wereld vallen in landen met een laag of gemiddeld inkomen (Eurostat, 2023).

Verkeersonveiligheid gaat niet alleen gepaard met veel menselijk leed, maar ook met hoge maatschappelijke kosten. In gemotoriseerde landen gaat het om ongeveer 3% van het bruto nationaal product. In Nederland hebben we het dan over zo'n 27 miljard euro per jaar (Wijnen, 2022).

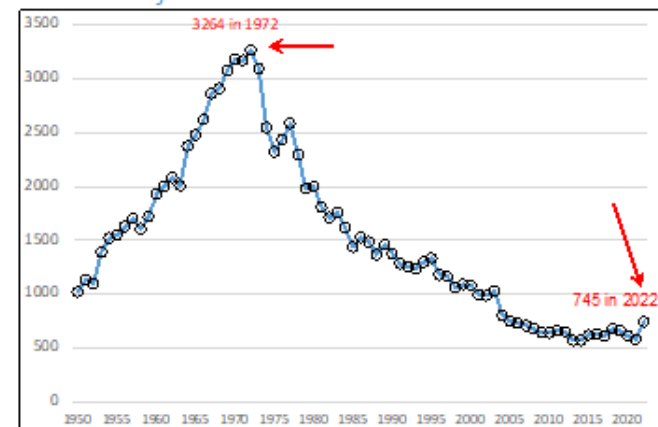
Korte geschiedenis: van 'pandemie' naar succesverhaal

Sinds 1950 zijn er in Nederland bijna 111.000 verkeersdoden geregistreerd. Voor het idee: dat is meer dan alle inwoners van de hele gemeente Delft (met ruim 106.000 inwoners in 2023). Verkeersongevallen gebeuren al sinds er sprake is van verkeer. In de jaren vijftig en zestig van de vorige eeuw steeg het aantal doden enorm. Toenmalig koningin Juliana stond hier zelfs bij stil in een speciale toespraak op 12 oktober 1960, op de 'eerste bezinningsdag' die voor verkeersslachtoffers werd georganiseerd (*Nederlands Dagblad*, 20 november 2010). Zoiets kun je je nu niet meer voorstellen. CHU-kamerlid Tilanus sprak in 1967 van een epidemie die dagelijks 6 à 7 doden en meer dan 100 gewonden eist. Twee jaar later werd zelfs van een pandemie gesproken (Blog Historisch Atelier, 2010). Nog steeds vinden jaarlijks wereldwijd op de derde zondag van november herdenkingen van verkeersslachtoffers plaats (World Day of Remembrance for road traffic victims). Sinds 1995 worden in

Nederland op die dag op verschillende plaatsen herdenkingen georganiseerd.

Het aantal verkeersdoden in Nederland had een piek in het begin van de jaren zeventig: meer dan 3.000 per jaar. Steeds meer mensen konden vanaf de jaren '50 van de vorige eeuw een auto aanschaffen, er werden ook steeds meer kilometers mee gereden. De wegen waren niet afgestemd op deze sterke toename en er waren bijvoorbeeld ook nog geen snelheidslimieten. Het verkeer werd drukker en ook ingewikkelder. Ook konden voertuigen inzittenden niet goed beschermen in geval van een botsing. Een en ander leidde tot een enorme stijging van het aantal verkeersslachtoffers. Dankzij allerlei maatregelen — verbeteringen van de weginfrastructuur, voertuigen en invoering van nieuwe wetgeving — zet halverwege de jaren zeventig een daling in. Het aantal verkeersdoden is sinds midden jaren zeventig spectaculair gedaald: met een factor vier! Zo werd in de jaren zeventig de veiligheidsgordel verplicht; kwam er een wettelijke limiet van 0,5 promille voor alcoholgebruik in het verkeer; kwamen er snelheidslimieten voor wegen buiten de bebouwde kom; verschenen er hoofdsteunen op voorstoelen van auto's, kwamen er steeds meer aparte fietsvoorzieningen, kreeg het woonerf een officiële status, en kwamen er opleidingseisen voor rijinstructeurs, om maar een paar voorbeelden te noemen. Sindsdien zijn er nog veel meer maatregelen genomen.

Aantal dodelijke verkeersslachtoffers Nederland 1950 – 2022



De ontwikkeling van de verkeersveiligheid in Nederland

bron: CBS/SWOV



Koningin Juliana besteedt in 1960 aandacht aan de verkeersonveiligheid in een toespraak voor televisie (foto Nationaal archief).

Tegelijkertijd hebben we met z'n allen ook steeds meer ervaring opgedaan met de toegenomen mobiliteit en kunnen we hier beter, veiliger mee omgaan (Hagenzieker, 2015).

Nieuwe uitdagingen

Nederland behoort al lange tijd tot 's werelds meest verkeersveilige landen, maar de afgelopen jaren worden we voorbijgestreefd door bijvoorbeeld Noorwegen, Zweden, Groot-Brittannië en Ierland (ETSC, 2023). De laatste jaren is sprake van een stagnatie en zelfs stijging van het aantal verkeersslachtoffers. In 2022 vielen er 745 verkeersdoden, maar liefst 163 meer dan in 2021. Dit is het hoogste aantal verkeersdoden sinds 2008, en ligt ruim boven de aantallen van het afgelopen decennium (grafiek pag. 63). En het zorgwekkende is dat ook het aantal ernstig verkeersgewonden niet of nauwelijks een dalende trend laat zien (Oude Mulder et al., 2023). De 745 verkeersdoden in 2022 representeerden bij elkaar 21.000 verloren levensjaren (Oude Mulder et al., 2023).

De Algemene Vergadering van de Verenigde Naties heeft de ambitieuze doelstelling geformuleerd om het wereldwijde aantal doden en gewonden door verkeersongevallen tegen 2030 te halveren (UN, 2021). Het is echter zeer onwaarschijnlijk dat die doelstelling gehaald gaat worden.

Hoe krijgen we de aantallen slachtoffers en de daarmee samenhangende kosten toch nog verder omlaag?

Opkomst van het systeemdenken

Het denken over verkeersveiligheid verandert met de tijd. Zo'n honderd jaar geleden werden in westerse, gemotoriseerde landen ongevallen eigenlijk alleen gezien als een kwestie van pech, het lot, niets aan te doen. Vandaar ook de term 'ongeluk' (Hagenzieker, 2014).

Later, dan hebben we het over de periode 1920-1950, werd de oorzaak meer gezocht bij de zogenoemde brokkenmakers, een kleine groep van zogenaamde 'slechte' weggebruikers die het gros van de ongevallen zou veroorzaken. Als je nou zou weten

wie dat waren en ze uit het verkeer kon weren, was het probleem opgelost, zo werd gedacht. Maar dat lukte niet. Uit onderzoek bleek namelijk dat de brokkenmakers uit het verleden meestal niet ook de brokkenmakers van de toekomst zijn. En andersom.

In de periode daarna ging men ervan uit dat verkeersongevallen het gevolg waren van factoren die te maken hadden met ofwel de mens, het voertuig of de weg, vervolgens met een combinatie van die factoren, wat uiteindelijk resulteerde in de 'systeemaanpak.'

De laatste decennia is, vanuit de opvatting dat het bij ongevallen gaat om een combinatie van factoren, de zogeheten systeemaanpak opgekomen. Eén van de uitgangspunten van de systeemaanpak is dat alle onderdelen van het verkeerssysteem in ogenschouw moeten worden genomen om de verkeersveiligheid succesvol te kunnen verbeteren. In steeds meer landen wordt deze systeemaanpak ook daadwerkelijk gebruikt, bijvoorbeeld als basis voor het verkeersveiligheidsbeleid. Zweden en Nederland zijn daarvan bekende voorbeelden. In ons land Nederland gebeurde dit onder de naam Duurzaam Veilig (Wegman et al., 2008).

Is deze visie op de verkeersveiligheid dan inmiddels uitgewerkt, gezien de stagnatie in daling van het aantal verkeersslachtoffers?

Aandacht voor fietsers

In Nederland is fietsen een belangrijke vervoerswijze. Meer dan een kwart (28%) van alle verplaatsingen in Nederland gaat per fiets (KiM, 2023). Fietsen is ook gezond. In de stad is het bovendien vaak tijdbesparend, het is goed voor het milieu en het is goed tegen files. Om deze redenen wordt niet alleen in Nederland maar ook in andere landen in Europa en wereldwijd fietsen steeds populairder.

Maar de keerzijde is dat fietsers naar verhouding ook erg kwetsbaar zijn en dat onder deze groep weggebruikers relatief veel en ook steeds meer slachtoffers vallen. Fietsers hebben

minder geprofiteerd van de algehele risicodaling die behaald is dan andere groepen verkeersdeelnemers (zoals automobilisten). Het overlijdensrisico voor fietsers, gemeten als het aantal verkeersdoden per afgelegde afstand, is een factor acht hoger dan dat voor automobilisten. Bovendien vallen de meeste doden en ernstig gewonden onder fietsers van 60 jaar en ouder (SWOV, 2023).

Pas relatief recent kwam aan het licht dat ongevallen met fietsers vaak niet of slechts voor een deel in de reguliere registratie worden opgenomen en dat het probleem dus omvangrijker is dan eerder gedacht. Vooral eenvoudige fietsongevallen ontbreken in de registratie. Het onderzoek naar de oorzaken van de verkeersonveiligheid van fietsers is mede daardoor pas laat op gang gekomen (Reurings et al., 2012).



De vraag is hoe de infrastructuur zodanig aangepast kan worden dat de toename van het aantal verplaatsingen en de toename van het aantal verschillende vervoerswijzen niet gaan zorgen voor een verdere toename van het aantal verkeersslachtoffers.

In een fietsvriendelijk land als Nederland, waar fietsen over het algemeen veiliger is dan in landen met weinig fietsers (Schepers et al., 2017), zijn fietsers (toch) verantwoordelijk voor meer dan een derde van de verkeersdoden en meer dan twee-derde van de ernstig gewonde verkeersslachtoffers. Ook in 2022 was het overgrote deel van de ernstig verkeersgewonden in 2022 een fietser (CBS, 2023; SWOV, 2023).

Dit roept de vraag op waarom de implementatie van Duurzaam Veilig tot nu toe niet heeft bijgedragen aan de vermindering van het aantal verkeersslachtoffers onder fietsers. Het ontbreken van specifieke focus op de verkeersveiligheid en het gedrag van fietsers (maar wel op gemotoriseerd verkeer) lijkt een belangrijke verklaring te zijn (Wegman en Schepers, 2024). Veel ernstig verkeersgewonden vallen bij ongevallen waarbij geen gemotoriseerd voertuig betrokken is en Duurzaam Veilig heeft niet expliciet aandacht besteed aan dit type ongevallen.

Dit terwijl de overgrote meerderheid (meer dan 90%) van de ongevallen met ernstig letsel waarbij geen gemotoriseerd voertuig betrokken is, fietsongevallen zijn en dat de overgrote meerderheid van deze ongevallen enkelvoudige fietsongevallen zijn.

Fietsslachtoffers in Nederland vallen vooral binnen de bebouwde kom en op gemeentelijke wegen en veel fietsongevallen zijn gerelateerd aan infrastructuur. Deze infrastructuur moeten we zodanig aanpassen dat de toename van het aantal verplaatsingen en de toename van het aantal verschillende vervoerswijzen niet gaan zorgen voor een verdere toename van het aantal verkeersslachtoffers. Op dit moment zijn er echter nog geen pasklare oplossingen. Gezien de toegenomen drukte op fietspaden en steeds meer soorten fietsen met verschillende rijnsnelheden (denk aan bijvoorbeeld bakfietsen, elektrische fietsen) wordt bijvoorbeeld gedacht aan verbreding van fietspaden, het scheiden van verschillende soorten fietsen op basis van rijnsnelheid, of het invoeren van snelheidslimieten op fietspaden. Dergelijke oplossingen zijn in het verleden succesvol toegepast om 'langzaam verkeer' (fietsers, voetgangers) te scheiden van gemotoriseerd verkeer en om gereden snelheden te reguleren.

Voertuigtechnologie en automatisch rijden

Technologie heeft ertoe bijgedragen dat voertuigen steeds veiliger zijn geworden, maar nieuwe technologie zorgt aan de andere kant ook voor nieuwe problemen.

Bekende voorbeelden uit het verleden die voor een grotere voertuigveiligheid hebben geleid zijn autogordels, kooiconstructies en airbags – maatregelen op het gebied van passieve veiligheid die puur betrekking hebben op de auto. Tegenwoordig wordt vooral ingezet op het verder ontwikkelen van de actieve veiligheid door het ondersteunen van bestuurders met geavanceerde rijhulpsystemen (Engels: Advanced Driver Assistance Systems ADAS) en het verder automatiseren van de rijtaak. Dergelijke rijhulpsystemen vormen de eerste stap richting verdere automatisering. Veel van deze systemen zijn momenteel beschikbaar, en sinds 2022 is een aantal

daarvan verplicht in nieuwe auto's (EU, 2022). Het verplichte pakket rijhulpsystemen voor personenauto's omvat onder andere intelligente snelheidsassistentie, rijstrookondersteuning, automatisch noodremstelsysteem en attentiewaarschuwing in geval van slaperigheid of afleiding van de bestuurder.

Problematisch is echter dat er geen standaardbenamingen zijn voor de verschillende systemen. Bepaalde benamingen zoals 'autopilot' beloven soms meer dan wat waargemaakt kan worden. Ook hebben interfaces tussen mens en machine vaak tekortkomingen, zoals het gebrek aan gebruiksvriendelijkheid of begrijpelijkheid. Het bedienen van eenvoudige functies met touch screens kan bijvoorbeeld meer tijd kosten dan in oudere modellen zonder *touch screens* (Milch et al., 2024). Deze schermen kunnen bestuurders ook afleiden in plaats van ondersteunen. Verder begrijpen bestuurder vaak niet goed wat hun rijhulpsystemen doen en zij schakelen die soms uit omdat ze ze onvoldoende vertrouwen. Verder is het cruciaal dat bestuurders alert blijven; hoewel deze systemen een deel van de rijtaak overnemen, ben je als bestuurder nog altijd verantwoordelijk. Het is noodzakelijk om zelf in te grijpen wanneer de systemen de situatie niet aankunnen. Bovendien blijkt dat hoe hoger het niveau van automatisering, hoe meer tijd bestuurders nodig hebben om de rijtaak weer adequaat terug te nemen. Verder kan ook een te groot en niet altijd terecht vertrouwen in geautomatiseerde systemen leiden tot gebrek aan aandacht tijdens de supervisortaak en het niet adequaat ingrijpen op het moment dat dat nodig is. In feite moeten bestuurders meer kunnen dan de huidige: ze moeten niet alleen zelf een voertuig kunnen besturen, zoals nu, maar ook goed kunnen monitoren en toezien op het functioneren van het systeem (Hagenzieker, 2015).

Dus hoewel het automatiseren van de rijtaak aan de ene kant menselijke fouten voorkomt, worden er aan de andere kant nieuwe soorten fouten geïntroduceerd, zowel bij de auto als bij de mens. En die kunnen weer leiden tot onveilige situaties. Er wordt uiteindelijk veel verwacht van geautomatiseerde voertuigen als het gaat om verkeersveiligheid. Op korte



Voorbeelden van (deels) geautomatiseerde rijdende voertuigen.

termijn blijken deze verwachtingen echter te optimistisch, gebaseerd op nogal rooskleurige aannames en zonder rekening te houden met de 'menselijke factor' (ITF, 2018). Het is van essentieel belang dat deze systemen worden ontworpen met de gebruiker in gedachten, waarbij rekening wordt gehouden met menselijk gedrag, capaciteiten en beperkingen.

Tenslotte wil ik nog een belangrijke uitdaging noemen: de interactie tussen geautomatiseerde voertuigen en niet-geautomatiseerde verkeersdeelnemers, vooral gedurende de lange periode waarin slechts een deel van de voertuigen in meer of mindere mate geautomatiseerd rijdt; en dan met name ook vanuit het perspectief van fietsers en voetgangers. Hoe reageren zij op geautomatiseerde voertuigen? Hoe weten ze wat ze van hen kunnen verwachten? Onderzoek vanuit het oogpunt van deze kwetsbare, want onbeschermd

verkeersdeelnemers komt nu op gang (Berge et al., 2022; Tabone et al., 2022) en zal moeten leiden tot inzicht in welke kenmerken van invloed zijn op een veilige samenwerking tussen enerzijds fietsers en voetgangers en anderzijds automatisch rijdende voertuigen.

Samenvatting en conclusies

Wereldwijd overlijden jaarlijks meer dan een miljoen mensen in het verkeer, met een veelvoud ernstig gewonden. Nederland

heeft succes geboekt met verkeersveiligheid, maar recent is er een zorgwekkende stagnatie en vorig jaar zelfs een stijging van het aantal slachtoffers.

Fietsers zijn buitengewoon kwetsbaar in het verkeer, en hun veiligheid verbetert niet evenredig met die van andere weggebruikers. Betere infrastructuur en gerichte aandacht voor deze groep zijn cruciaal.

Hoewel rijhulpsystemen en automatisering de verkeersveiligheid kunnen vergroten, introduceren ze ook nieuwe problemen. Het is van essentieel belang dat deze systemen worden ontworpen met de gebruiker in gedachten.

Deze geschiedenis van de verkeersveiligheid illustreert maar weer dat “in het verleden behaalde resultaten geen garantie bieden voor de toekomst”. Het blijft nodig om toch steeds weer met nieuwe oplossingen te komen en te leren van het verleden.

Literatuur en andere bronnen

Berge, S. H., de Winter, J., & Hagenzieker, M. (2023; in press). Triangulating the future: Developing test scenarios of cyclists' interaction with automated vehicles from literature, expert perspectives, and survey data. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*.

Blog “Het historisch atelier” (2010). www.hethistorischatelier.blogspot.com/2010/11/juliana-wilde-vlaggen-halfstok-voor.html

CBS (2023). Centraal Bureau voor de Statistiek; www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2023/16/meer-verkeersdoden-in-2022-vooral-fietsende-75-plussers-vaker-slachtoffer.

ETSC (2023). Ranking EU progress on road safety. 17th Road Safety Performance Index Report. www.etsc.eu/17th-annual-road-safety-performance-index-pin-report/

European Commission (2021). New rules to

improve road safety and enable fully driverless vehicles in the EU. www.ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_4312

Eurostat (2023). Road fatalities: up 6% after decade of decline. www.ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/w/ddn-20230620-1

Hagenzieker, M. P., Commandeur, J. J. F., & Bijleveld, F. D. (2014). The history of road safety research: A quantitative approach. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 25, 150-162. www.doi.org/10.1016/j.trf.2013.10.004.

Hagenzieker, M. (2015). “Dat paaltje had ook een kind kunnen zijn”. Over verkeersveiligheid en gedrag van mensen in het verkeer. *Inaugurale rede 21 oktober 2015*, Delft: Delft University of Technology. www.researchgate.net/publication/298560987_Dat_paaltje_had_ook_een_kind_kunnen_zijn_That_bollard_could_have_been_a_child_Inaugural_speech_

TU Delft_21_October_2015_Dutch_version_p_3-31_English_version_p_33_-_62

Hagenzieker, M.P. & Twisk, D.A.M. (te verschijnen). *The mobility and safety of cyclists*. In: Porter, B. (Ed), Handbook of Traffic Psychology; 2nd edition 2024.

ITF/OECD (2018). *Safer Roads with Automated Vehicles?* www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safer-roads-automated-vehicles.pdf. International Transport Forum.

KiM (2023). *Fietsfeiten 2023*. Kennisinstituut voor mobiliteitsbeleid. www.kimnet.nl/actueel/nieuws/2023/11/28/kim-zet-nieuwe-fietsfeiten-op-een-rij

Milch, V., Weyde, K. V., Hagenzieker, M., Aasvik, O., & Rostoft, M. S. (2023). *Avanserte førerstøttesystemer og integrerte skjermer. Hvordan påvirker de føreratferd?* (2000/2023). Transportøkonomisk Institutt TØI, Oslo, Norway.

Nederlands Dagblad (20 november 2010). Juliana wilde vlaggen halfstok voor verkeersdoden. www.nd.nl/nieuws/nederland/753301/juliana-wilde-vlaggen-halfstok-voor-verkeersdoden

OVV (2019). Wie stuurt? Verkeersveiligheid en automatisering in het wegverkeer. Onderzoeksraad voor Veiligheid. www.onderzoeksraad.nl/onderzoek/wie-stuurt-verkeersveiligheid-en-automatisering-in-het-wegverkeer/

Reurings, M.C.B. Vlakveld, W.P., Twisk, D.A.M., Dijkstra, A. & Wijnen, W. (2012). *Van fietsongeval naar maatregelen: kennis en hiaten*. R-2012-8. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV. www.swov.nl/system/files/publication-downloads/r-2012-08.pdf

Schepers, P., Twisk, D., Fishman, E., Fyhri, A., & Jensen, A. (2017). The Dutch road to a high level of cycling safety. *Safety Science*, 92, 264-273. www.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.06.005

SWOV (2023a). Verkeersdoden in Nederland. SWOV-factsheet, september 2023. SWOV, Den Haag.

SWOV (2023b). *Fietsers*. SWOV-factsheet, januari 2023. SWOV, Den Haag.

Oude Mulders, J., Aarts, L.T., Decae, R.J., Bos, N.M., Goldenbeld, Ch., Schermers, G., Mons, C., Hoekstra, A.T.G., Bijleveld, F.D. (2023). *De Staat van de Verkeersveiligheid*

2023. R-2023-12, SWOV, Den Haag.

Tabone, W., Winter, J. d., Ackermann, C., Bärghman, J., Baumann, M., Deb, S., . . . Stanton, N. A. (2021). Vulnerable Road Users and The Coming Wave of Automated Vehicles: Expert Perspectives. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 9(October), 1–38. www.doi.org/10.1016/j.trip.2020.100293

UN (2021). *Second Decade of Action for Road Safety 2021-2030*. Resolution A/RES/74/299 on improving global road safety.

Wegman, F., Aarts, L., & Bax, C. (2008). Advancing sustainable safety: National road safety outlook for The Netherlands for 2005–2020. *Safety Science*, 46(2), 323-343. www.doi.org/10.1016/j.ssci.2007.06.013

Wegman, F., & Schepers, P. (2024). Safe System approach for cyclists in the Netherlands: Towards zero fatalities and serious injuries? *Accident Analysis & Prevention*, 195, 107396. www.doi.org/10.1016/j.aap.2023.107396.

WHO (2023). *Global status report on road safety 2023*. Geneva: World Health Organization.

Wijnen, W. (2022). *Maatschappelijke kosten van verkeersongevallen in Nederland: actualisatie 2020*. In opdracht van het Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid KiM. wW2 Economics, Utrecht.

World Day of Remembrance for Road Traffic Victims www.worlddayofremembrance.org

7.

Evolutie van de medische technologie; Van biologie naar techniek en weer terug

Prof.dr.ir. Paul Breedveld

samenvatting van een interview, opgetekend door
Wil de Wit

Sinds de introductie van minimaal-invasieve chirurgie (MIS) aan het einde van de vorige eeuw heeft opereren door kleine sneetjes een enorme vlucht genomen. Na de eerste laparoscopische nefrectomie in 1990 door Ralph Clayman volgde in 2001 de eerste robotgeassisteerde nefrectomie door Bertrand Guillonnet. Inmiddels worden wereldwijd steeds meer operaties minimaal-invasief uitgevoerd.

Binnen de onderzoeksgroep BITE “Bio-Inspired Technology” van de Technische Universiteit Delft, afdeling BioMechanical Engineering, faculteit Mechanical Engineering (ME), streven we naar de ontwikkeling van innovatieve technische systemen en instrumenten voor minimaal invasieve chirurgie (door kleine sneetjes) en percutane interventies (via kleine gaatjes in de huid). Hierbij laten we ons inspireren door buitengewone biologische mechanismen. Hierbij richten we ons primair op het mogelijk maken van nieuwe typen interventies en niet zozeer op missers om daar oplossingen voor te vinden. We werken samen met verschillende academische ziekenhuizen, biologiegroepen, veterinaire artsen en medische bedrijven

om ons uiteindelijke doel te bereiken; de wereld een beetje gezonder maken.

Op onze website www.bitegroup.nl is een overzicht te vinden van de ontwikkelingen, waarbij onderzoek naar de anatomie van inktvisarmen, slangen, zee-egels en parasitaire wespen wordt gecombineerd met geavanceerde productietechnologieën zoals 3D-printing. Dit heeft onder andere geresulteerd in 's werelds dunste bestuurbare slangachtige instrumenten, ultranauwkeurige micro-biopteurs (voor weefselmonster afname), en instrumenten die zich door organen voort kunnen bewegen en weefsel kunnen transporteren. Sommige van onze vindingen zijn gepatenteerd en gecommercialiseerd.

De voordracht gaat vooral over onze onderzoekslijnen naar stuurbaar instrumentarium. Al zo'n 20 jaar houden we ons binnen de BITE-groep hiermee bezig.

De eerste onderzoekslijn betreft slangachtige instrumenten met als doel om minimaal invasief door het lichaam te kunnen bewegen, wat betekent dat een patiënt zo weinig mogelijk schade en hinder van een operatie ondervindt. Van de destijds vrij complexe scharnier systemen maken we nu instrumentarium dat op elke willekeurige 3D printer kan worden geprint. Zelfs de allergegoedkoopste 3D printers kunnen met onze designs tegenwoordig complexe stuurbare instrumenten van zo'n 8 mm dik printen. Met meer hightech fabricage technologie en ervaren instrumentmakers kunnen we stuurbare naalden met drie keer de dikte van een mensenhaar bouwen. Dat is een enorme ontwikkeling want het allereerste stuurbare instrument dat ik bouwde in het jaar 2000, was een buisje van 15 mm dik met een wanddikte van 1 mm. In die tijd had ik nog niet zoveel ervaring met metaal, wel met hout, papier en karton. Tegenwoordig bouwen we instrumenten met een buitenmaat van minder dan de helft van die wanddikte. Deze zijn echter nog niet geschikt om in levende wezens te steken, dus nog niet exploitabel. Wel zijn we bezig een serie instrumenten te testen op los menselijk prostaatweefsel dat onder een MRI-scanner kan worden gelegd.

In 2004 is het bedrijf DEAM opgericht, een spin-off van de BITE-groep. Op basis van ons wereldwijd gepatenteerde "kabelkrans mechanisme", geïnspireerd op de anatomie van een inktvistentakel, heeft DEAM een serie stuurbare, 5 mm dikke instrumenten ontwikkeld. Deze instrumenten zijn MDR (Medical Device Regulations) gecertificeerd en worden gebruikt in een toenemend aantal ziekenhuizen.

Mijn onderzoeksteam houdt zich bezig met het ontwikkelen van vernuftige prototypes met fundamenteel nieuwe werkingsprincipes. Dat proces is fascinerend. Na een lang ontwikkeltraject zie je opeens dat een slim mechanisme veel mogelijkheden kan bieden en kan leiden tot een instrument dat slangachtige bewegingen kan maken. Het is ook fascinerend dat we deze instrumenten steeds kleiner en efficiënter kunnen maken. We zijn thans bezig met een nieuw slangachtig instrument dat zich door het weefsel kan kronkelen met een buitendiameter van slechts 0,8 mm.

Dat eerdergenoemde allereerste stuurbare instrument heb ik in het jaar 2000 ontworpen tijdens een verblijf van 6 maanden in Japan voor gebruik met een stuurbare tipcamera. Het instrument bevat een parallellogram-constructie met een op de handgreep bevestigde pijl zodat je boven de buik van de patiënt de kijkrichting van de camera inwendig kan zien. Het instrument is ontwikkeld voor laparoscopische operaties (kijkoperaties in de buikholt) om organen van alle kanten te kunnen bekijken. Daarvoor moest een zeer kleine kromtestraal worden bereikt waarvoor we toen een speciale veer hadden bedacht die zich aan één kant uitzet door eigen veerkracht en aan de andere kant altijd dezelfde lengte behoudt. Dit was toen een hele innovatieve constructie met allemaal ringetjes die aan elkaar zijn gepuntlast om de stuurkabels te geleiden. Het werkt nog steeds, zelfs na duizenden keren bewegen, maar het instrument is best dik en nog steeds vrij complex.

Hierna kwamen we in een nieuwe design iteratie tot een instrument dat alle kanten op kon bewegen. Door een bijzondere constructie heeft dit instrument zowel aan de ene als aan

de andere kant een veer die altijd de kortste lengte heeft, maar desondanks nog steeds een ingewikkelde gepuntlaste veer.

Ik heb toen een nieuw instrument bedacht met een soortgelijke constructie, maar dan van slechts 5 mm dik een met het inktvistentakel-geïnspireerde kabelkrans mechanisme. Het was een nieuw mechaniek dat verder in de wereld nog nooit was bedacht en ver af stond van de bestaande techniek. Na wat verbeteringen en aanpassingen werd het mechanisme wereldwijd gepatenteerd en via DEAM succesvol gecommercialiseerd.

Dit instrument had zoveel mogelijkheden dat we al snel in staat waren om meerdere tipsegmenten op elkaar te bouwen,



MultiFlex, ontwikkeld in 2008-2009, Ø5 mm, stuurbereik $\pm 200^\circ$ in alle richtingen.



HelicoFlex, ontwikkeld in 2019-2020, Ø8 mm en gemaakt via non-assembly 3D printing.

In de tweede onderzoekslijn hebben we ons gericht op schedelbasis chirurgie. De vraag was hierbij onder andere hoe je een dergelijk instrument op een gemakkelijke manier zou kunnen



MemoFlex 1, ontwikkeld in 2016-2017, Ø5 mm.

zodat meerdere segmenten tegelijk waren aan te sturen. Hiervoor belanden we in slangachtige instrumenten die langs organen heen kunnen kronkelen.

De 'MultiFlex – tentakel van staal' ontstond in 2008 en was het eerste instrument ter wereld met 5 individueel bestuurbare segmenten op elkaar.

aansturen. Zo is de MemoFlex 1 ontstaan, gebaseerd op het inktvismechaniek.

De MemoFlex 1 heeft 15 individueel

bestuurbare segmenten die worden aangestuurd met individuele kabels. In de schacht van 5 mm dik zitten 60 kabels van



MemoFlex-2, ontwikkeld in 2018-2020, Ø8 mm.

0,2 mm dik. Dit is wel de grens van het maakbare met conventionele fabricage technologie en leidde tot de vraag of zo'n schacht ook uit 1 stuk 3D geprint kan worden en of een chirurg het te volgen pad van de kop van het instrument zou kunnen inprogrammeren. Dat heeft geleid tot een nieuw instrument dat in twee dimensies met 15 segmenten individueel kan worden aangestuurd terwijl het pad wordt onthouden.



Memoslide, ontwikkeld in 2016-2017, 13 cm breed, 20 cm lang, 0 cm hoog.

Slide, geïnspireerd door een mechanische rekenmachine.

Om dergelijke slangachtige instrumenten aan te sturen hebben we het allereerste mechanische vormgeheugen systeem ter wereld gemaakt, de Memo Slide, geïnspireerd door een mechanische rekenmachine. Een nieuw slangachtig instrument is in de maak en zal een schacht hebben met een buitenmaat van slechts 0,8 mm; een soort slangachtige injectienaald maar dan in de vorm van een dun stuurbaar slangetje dat precies doet wat de chirurg wil. Dit nieuwe instrument heeft een totaal ander vormgeheugen mechanisme dan onze oude. Deze hele onderzoekslijn is eigenlijk een kronkelig pad van inspiratie van inktvissen naar slangen met een stukje mechanische rekenmachines. Het is prachtig dat de TU Delft de ruimte en de vrijheid biedt om met dit soort bijzondere oplossingen bezig te zijn, gesteund door een groot aantal enthousiaste studenten en PhDs.

De derde onderzoekslijn heeft te maken met zichzelf voorttrekkende stuurbare naalden, geïnspireerd door legboren, ook wel ovipositors genoemd, van sluipwespen. In samenwerking



Ovipositor Needle II, ontwikkeld in 2016-2019, diameters variërend van 1,2 mm tot 0,4 mm.

met het AUMC in Amsterdam kunnen we inmiddels deze naalden maken op driemaal de maat van een mensenhaar.

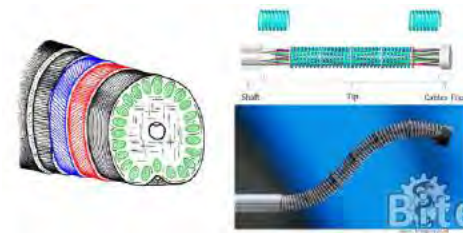
We werken ook al jaren samen met de biologen van de WUR (Wageningen University and Research), onder andere aan onderzoek naar deze sluipwespen. Van kinds af aan ben ik gefascineerd door de werking van rare mechanieken en ook door de natuur. Dat was het begin van de ontwikkeling van stuurbare instrumenten op basis van inktvistentakels, want ik wist toen nog niet echt hoe weekdieren werkten en wilde dat wel heel graag weten.

Wij denken heel erg mechanisch, technisch, maar een bioloog denkt vaak meer in energiestromen. Als ik het bijvoorbeeld over een veer heb, dan zie ik een bewegende metalen structuur voor me, maar sommige biologen denken anders: een veer is iets waar je energie instopt dat er later weer uitkomt. We noemen het allebei een veer, maar het is voor ieder iets anders. Die andere manier van denken maakt discussies soms lastig, maar ook bijzonder interessant.



Van techniek weer terug naar biologie: als je instrumenten bouwt die zijn geïnspireerd door de natuur, dan leer je ook

weer dingen over hoe de natuur zelf eigenlijk werkt. We hebben bijvoorbeeld een instrument ontwikkeld waar helix vormige kabels in zitten, dus kabels die niet rechtdoor lopen, maar langs een helix, net zoals er in inktvistentakels ook helixachtige spierlagen zitten. Hiermee kunnen we zeer ingewikkelde bochten maken. Biologen zeggen dat het dier die



AHelixFlex ontwikkeld in 2013-2014, Ø 5 mm, stuurbereik: $\pm 150^\circ$ in alle richtingen.



Een octopus

helixlagen gebruikt om zijn tentakels om de as te bewegen, maar in onze instrumenten worden die helixkabels gebruikt om heel ingewikkelde buigbewegingen te maken, maar niet voor een beweging om de as. Dan ontstaat vervolgens de vraag of de biologische interpretatie van de natuur wel correct is. Als je de natuur op een andere manier nabouwt, ontstaat er ook weer nieuwe kennis voor of over de natuur: van biologie naar techniek en weer terug.

Afbeeldingen

www.bitegroup.nl/category/snake-like-instruments/multiflex/
www.bitegroup.nl/category/snake-like-instruments/helicoflex/
www.bitegroup.nl/category/snake-like-instruments/memoflex-1/
www.bitegroup.nl/category/snake-like-instruments/memoflex-2/
www.bitegroup.nl/snake-like-instruments/memoslide/
[memoslide-mechanical-shape-memory-system/](http://www.bitegroup.nl/memoslide-mechanical-shape-memory-system/)
www.bitegroup.nl/category/interventional-devices/ovipositor-needle-ii/
www.bitegroup.nl/category/snake-like-instruments/helixflex/

8.

Hoe de luchtvaart heeft geleerd van falen

Prof.dr.ir. Rinze Benedictus

In 1620, iets meer dan 400 jaar geleden, voer de eerste functionerende onderzeeër, ontwikkeld door de Nederlander Cornelis Drebbel door de Theems in Londen. In Delft, de stad van de techniek, is Drebbel meer bekend van de weg waar het College van Bestuur aan zit, dan wat hij allemaal heeft gepresteerd. Dat geldt eigenlijk voor de meeste straten op de campus. Men kent de namen van de wegen, maar niet de reden waarom juist deze mensen een straatnaam krijgen op of rond de campus. Een paar jaar geleden vroeg een student mij, in mijn rol als diversiteits- en inclusiviteitsofficer voor de TU Delft, of het niet mogelijk was om het Mekelpark te vernoemen naar iemand die in de academische wereld iets had betekend voor mensenrechten. En als het Mekelpark te moeilijk was om te hernoemen, dan toch zeker wel de “Schoenmakerstraat”. Dat had toch helemaal niks met de TU te maken.

Het is makkelijk om bovenstaande belachelijk te maken. Beter is om ervan te leren. De belangrijkste les is wat mij betreft dat kennis vergaat. Als wij de context van kennis niet weten, zal de kennis uiteindelijk verdwijnen. Voor mij is gras een groen

plantje wat ik soms moet maaïen; voor mijn vader bestond gras uit tientallen soorten met allerlei verschillende kenmerken die het meer of minder geschikt maakten voor een bepaald doel. Mijn kennis van gras staat in schrillend contrast met de kennis die hij had, maar in de context waarin ik nu leef is dat meer dan voldoende.

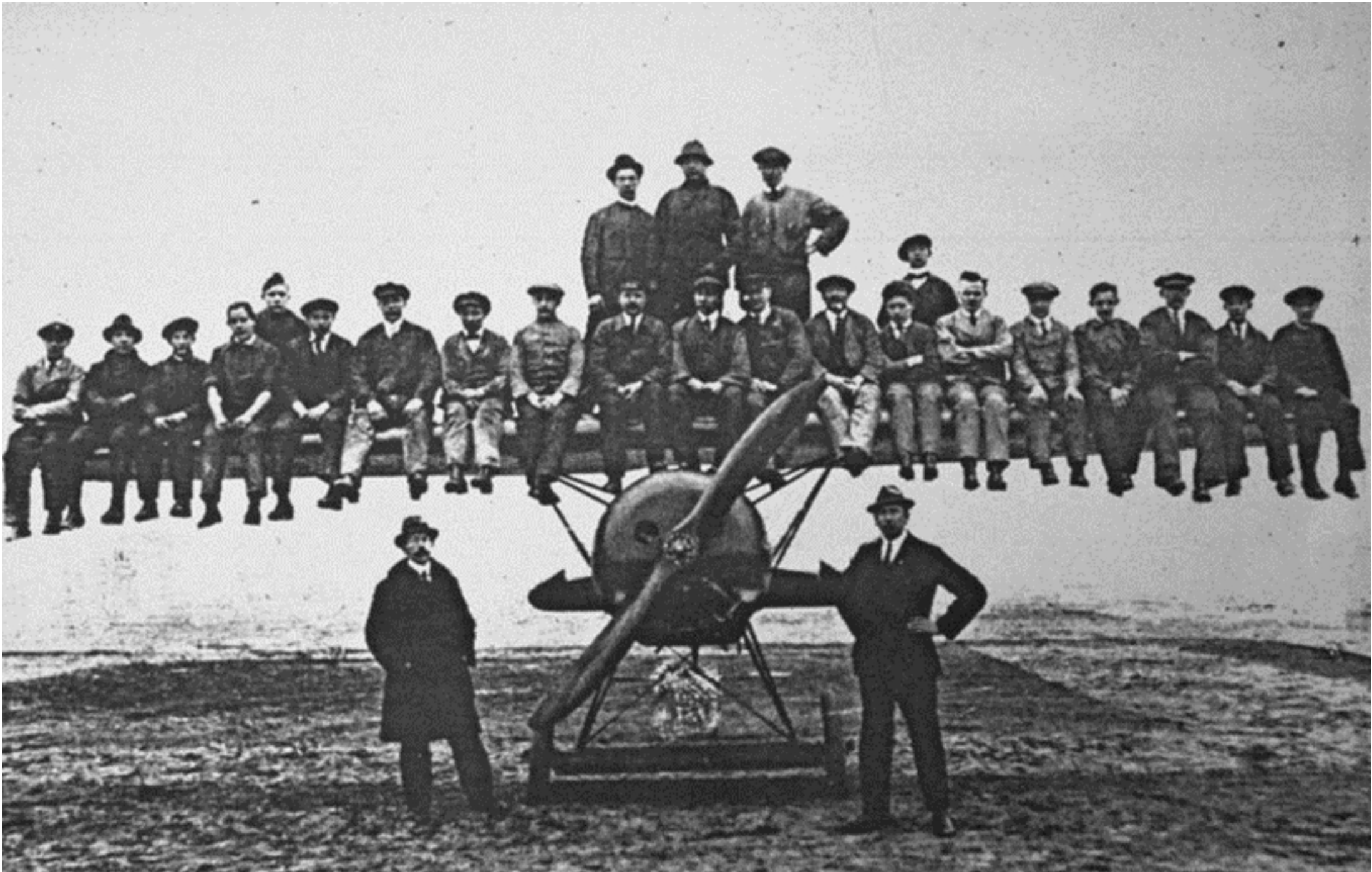
Wat heeft dit dan allemaal te maken met ‘leren van falen’? Laten we daarvoor eerst teruggaan naar de onderzeeër, maar dan 400 jaar later dan Dredg. In 2023 implodeert de Titan op weg naar de Titanic. De titan was een bemende kleine onderzeeër, gemaakt van nieuwe materialen, nieuwe technologie voor een nieuwe missie die ver buiten de gebruikelijke missies lag van onderzeeërs. Voor 2023 zijn er allerlei waarschuwingen geweest over de veiligheid van de constructie van de Titan (o.a. in de brief van de Marine Technology Society van 2018). De reactie van Stockton Rush, de chief executive en oprichter van OceanGate, het bedrijf dat de Titan ontwerp en bouwt, is dat de missie uniek is en dat de huidige regels alleen maar in de weg staan van de noodzakelijk innovatie. Kennis verwoord door de Society tegenover een verandering van context verwoord door Rush. We kennen de afloop en daardoor zal men snel geneigd zijn Rush het ongelijk te geven en zelfs als een idioot af te schilderen. Persoonlijk vind ik dat Rush ongelijk had, ook als de Titan wel een succesvolle missie had volbracht. Gevaarlijker vind ik dat hij als een idioot of ‘einzelfänger’ wordt afgeschilderd. Mijn grootste zorg is dat het gedrag van Rush niet het gedrag van een einzelfänger is, maar exemplarisch is voor hoe veel technische bedrijven en maatschappelijk discussies tegenwoordig worden aangestuurd. Kennis is een commodity die je inkoopt en vervangt als het in de weg staat van commercieel succes of van een gewenste maatschappelijke ontwikkeling. De beste manier is dan om kennis achterhaald te laten lijken door de context anders neer te zetten. Het aansprekend warme verhaal wint het van de onpersoonlijke koude kennis.

Dit brengt mij bij de luchtvaart. De luchtvaart kenmerkte zich door de noodzaak om te willen, misschien wel te moeten,

leren van falen. Een vliegtuig in de lucht krijgen is niet zo moeilijk; een vliegtuig op een economisch en tegenwoordig ook duurzame manier laten vliegen is een enorme uitdaging, waarbij wij aan de grens van ons technisch kunnen komen. De wil om te leren, de cultuur om hoge eisen te stellen m.b.t. veiligheid en bereid zijn om de kosten daarvoor te nemen, heeft wel geleid tot economisch haalbare (en hopelijk in de toekomst ook duurzame) vliegtuigen met een enorm hoog veiligheidsniveau. De ontwikkelingen in mijn vakgebied, de veiligheid van vliegtuigconstructies, heeft ertoe geleid dat er sinds begin jaren tachtig geen vliegtuig meer is neergestort door het falen van de constructie, d.w.z. zolang men zich hield aan de regels. En toch lijken de nieuwe vliegtuigenmodellen, met de 737max voorop, probleemvliegtuigen te zijn als je kijkt naar de incidenten. Ik neig er steeds meer naar te denken dat dit ook te maken heeft met hetzelfde fenomeen als bij de onderzeeër: technische kennis heeft geen of nauwelijks waarde in de cultuur van het management of nog erger van onze maatschappij, terwijl het implementeren van kennis hoge kosten en vertragingen met zich mee brengt en dat voor iets wat niet relevant lijkt te zijn, want falen komt toch niet meer voor.

Hoe heeft de luchtvaart geleerd van falen?

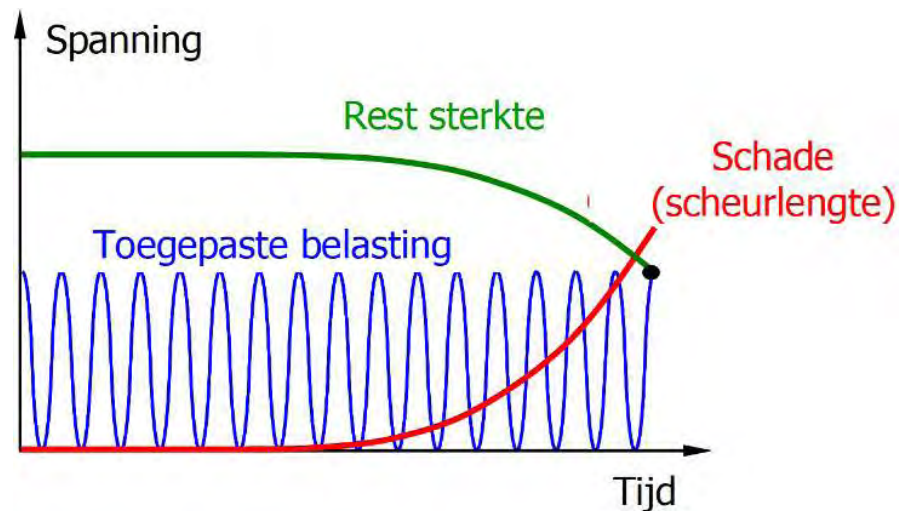
Dit verhaal begint met de opkomst van het passagiersvervoer ergens in de jaren twintig van de vorige eeuw. In de pioniers-tijd daarvoor was het simpel: neem het sterkste materiaal met het laagste gewicht, of beter gezegd de hoogste ratio (sterkte gedeeld door gewicht) waar nog mee te werken valt. Voor een aantal toepassingen waarvoor het behoud van de vorm belangrijk was, is sterkte minder belangrijk, maar wordt naar stijfheid gekeken. Een veilige vlucht was belangrijk voor de piloot, maar levensduur speelde geen rol. De ontwikkelingen gingen zo snel dat vliegtuigen snel werden vervangen. Kosten waren dus wel belangrijk. Touw, hout en linnen waren in die tijd belangrijke materialen voor de vliegtuigen. Leren van falen zal vast gebeurd zijn, maar is niet gedocumenteerd. Vliegtuig performance was belangrijker in de ontwikkeling. In de eerste wereldoorlog ging dit door en levensduur en veiligheid bleven van ondergeschikt belang. Aan het einde van



Een test die de sterkte van het vliegtuig moest aantonen (bedacht vanuit een marketinggedachte, en een gruwel voor elke luchtvaartingenieur).



Een DC3, een van de eerste succesvolle metalen vliegtuigen.



Hoe vliegtuigenieurs denken over vermoeiing: door wisselende belasting ontstaat schade, die steeds groter wordt, met als gevolg de sterkte van de constructie afneemt.

WOI kwamen ook de eerste metalen voor de constructie in zicht. Na deze oorlog is er een surplus aan vliegtuigen en komt de commerciële luchtvaart op. Eerst vooral postvluchten, later gecombineerd met een enkele passagier en weer later vluchten speciaal voor passagiers, aangevuld met vracht.

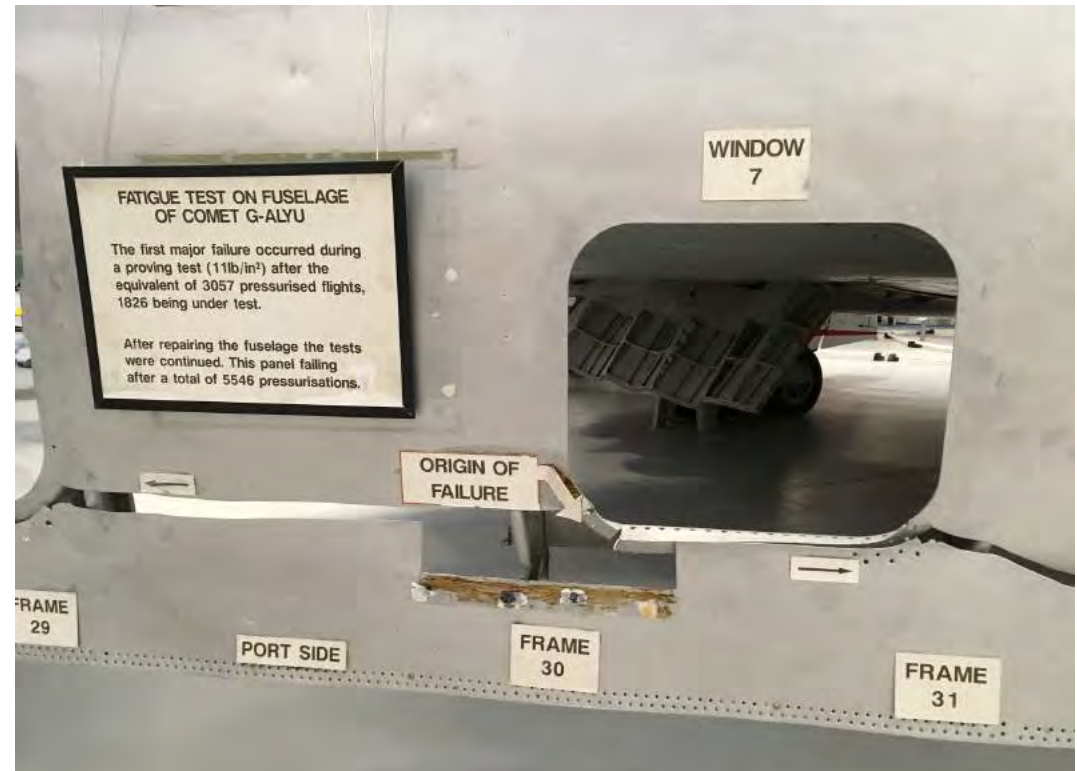
Dit betekende dat vliegtuigen groter moesten worden en comfort moesten bieden. Grotere vliegtuigen betekent dat er meer materiaal nodig is en grotere vliegtuigen betekent ook dat de krachten groter worden, dus weer meer materiaal. Van goedkope WOI-afdankeertjes naar dure hypermoderne passagiersvliegtuigen. Nog steeds blijkt touw, hout en linnen, aangevuld met andere materialen, een goede basis te zijn. Dit is de tijd dat Fokker de grootste vliegtuigbouwer van de wereld leek te worden. Veiligheid, betrouwbaarheid en levensduur begonnen een steeds grotere rol te spelen.

Het Safe Life principe

Hoewel hout e.d. zeer goede materialen zijn om een vliegtuig mee te bouwen, zijn die wel degelijk gevoelig voor weersinvloeden. In de perceptie van het publiek waren het ook ouderwetse materialen. In de Verenigde Staten verschijnen de eerste metalen vliegtuigen en die nemen in de jaren dertig langzaam de markt over. De levensduur van deze vliegtuigen is van belang. Al sinds de negentiende eeuw is men bekend met metaalmoeheid (ook een voorbeeld hoe men heeft geleerd van falende constructies, maar dan met treinen en rails). De levensduur van metalen vliegtuigen is niet oneindig en met passagiers in een vliegtuig wil je geen risico nemen. Men ontwikkelt het principe wat wij nu 'Safe Life' noemen. Men berekent of meet de krachten die in de constructies voorkomen en in het laboratorium test men bij hoeveel cycli van de krachten het metaal gaat falen door vermoeiing. Men heeft dan de maximale levensduur. Er zit nogal wat spreiding in de resultaten van deze metingen. Daarom moet men veel van deze metingen herhalen en er vervolgens statistiek op loslaten voordat een levensduur kan worden bepaald. Bovendien gebruikt men een veiligheidsfactor voordat men de levensduur van een onderdeel bepaalt. Veiligheid voor alles. Is de



Cornet aircraft (upper left), illustration of reconstruction of one of the two aircraft (right) and the fuselage section containing the aerial windows.



Derivative from top left: British Airways, (1952), Public Domain;
top right: Ministry of Transport and Civil Aviation, (1954), Public Domain;
bottom left: Krelnik, (2009), CC-BY-SA3.0;
bottom right: Ministry of Transport & Civil Aviation (1954), Public Domain.

levensduur bereikt, dan kan men ervoor kiezen om een nieuw vliegtuig te bouwen of om het onderdeel te vervangen.

Dit lijkt op ons pensioensysteem. Na 67 jaar moet je stoppen met werken. Het gros van mensen zou nog steeds door kunnen werken, maar het risico dat iemand zijn taak niet meer volledig kan uitvoeren neemt met de leeftijd toe. Net als met het pensioenstelsel zijn er twee mogelijke bezwaren: verreweg de meeste gepensioneerden zouden hun werk nog steeds kunnen uitvoeren (ofwel we laten een economisch potentieel liggen). Het andere probleem is dat een gedeelte van de mensen al voor hun 67ste is overleden. Terug naar de levensduur van constructies is dit kosten tegenover veiligheid. De luchtvaart kiest hier voor veiligheid, maar 100% veiligheid is niet te bereiken. Met het toenemende aantal vluchten, vliegtuigen en vluchten per vliegtuig neemt de kans op een vroegtijdig ongeluk toe. Die gebeuren ook. Als men dan de ongelukken gaat bestuderen, blijken er ook andere factoren invloed te hebben op de levensduur (b.v. corrosie). De 'Safe Life' filosofie alleen zal ongelukken niet voorkomen.

Beroemde ongelukken die veel invloed hebben gehad op het ontwerpen voor veiligheid zijn de ongelukken met de Comets in 1954. In dat jaar stortten twee Comets neer. Uit onderzoek blijkt dat dit door een vermoeiingsprobleem was veroorzaakt. Dit terwijl vermoeiing een bekend fenomeen was en er in het ontwerp ook rekening mee gehouden was. Voordat de Comet vloog is hij getest en bleek er geen enkel vermoeiingsprobleem te zijn. Toch stortten de vliegtuigen neer. Achteraf blijkt de kennis of het gebied van vermoeiing niet compleet te zijn geweest. Het effect van zogenaamde 'overloads' (meestal kortdurende, hogere krachten dan normaal op de constructie) op vermoeiing bleek niet voldoende bekend. In tegenstelling tot het inzicht in 1954 blijken die overloads juist te kunnen zorgen voor een betere vermoeiingskarakteristiek. Voor de vermoeiingstesten had men dezelfde constructie gebruikt die men daarvoor had gebruikt voor de statische tests. In de statische test had men een hogere belasting gebruikt dan in de vermoeiingstest. Door dezelfde testconstructie te gebruiken

zat er al een overload in de constructie. Het testresultaat van de vermoeiingstest was daardoor veel beter dan zonder de overloads. De vliegtuigen die vlogen hadden deze overloads niet ondergaan en gingen sneller vermoeien met een catastrofe tot gevolg.

Het onderzoek naar de Comet is een echt "landmark" onderzoek. Uit dit falen begreep men ten eerste dat men het fenomeen vermoeiing nog niet goed genoeg begreep en ten tweede dat een Safe Life principe een gebrek aan kennis niet kan ondervangen.

De volgende stap: het Fail Safe principe

De ontwikkeling van het 'Fail Safe' principe volgde. In een Fail Safe ontwerp mag een onderdeel falen, maar dan moet een ander onderdeel de functie overnemen. Het onderdeel



Een simpel voorbeeld van een Fail Safe ontwerp: daar waar de grootste belasting is zijn er 3 afzonderlijke paden.

moet de functie net zo lang overnemen totdat het falen van het eerste onderdeel is opgemerkt en er actie kan worden ondernomen. Het voordeel is dat je een hoger veiligheidsniveau kan bereiken, terwijl het onderdeel langer kan worden ingezet (dichter bij de limiet), dus ook nog een kostenvoordeel.

Maar ook met het Fail Safe principe komen ongelukken voor waarbij er een structureel falen de oorzaak blijkt te zijn. Er blijken drie oorzaken te zijn, die via ongevalenonderzoek aan het licht komen, waardoor Fail Safe toch niet het volledige antwoord is:

- 1) Aanpassingen aan het design (bij voorbeeld een reparatie) blijken grote gevolgen te hebben;
- 2) Niet elk onderdeel blijkt schadevrij te worden geproduceerd;
- 3) Bij langere levensduur is ook het alternatieve belasting pad niet meer in zijn oorspronkelijk toestand. Er kan zich multiple site damage ontwikkelen: je kunt bijvoorbeeld 10 klinknagels de last laten dragen die 6 klinknagels ook nog hadden kunnen



Photos of the damage to the fuselage of the Aloha airlines aircraft. Derivative of NTSB, (1989), Public Domain.

dragen. Als er dan 1 klinknagel faalt, moeten de overblijvende 9 dat nog met gemak kunnen dragen. Maar er is ook een kans dat alle 10 klinknagels even goed zijn en gelijktijdig kleine schade beginnen te ontwikkelen. Zijn bij het falen van de eerste de overgebleven klinknagels (met schade daarin) nog wel in staat de belasting te dragen? Hier is het landmark ongeluk de B737 van Aloha die in 1978 een deel van de bovenkant verloor. De romp was geklonken en gelijmd waarbij het één een alternatief belastingspad was voor het andere. Na onderzoek van het incident bleek dat heel veel klinknagels tegelijk scheuren gingen vertonen en dat de warme vochtige condities waarin de Aloha vloog zowel de klinknagels als de lijmlaag hadden aangetast waardoor er geen alternatief belastingspad meer was.

Weer een stap: het Damage Tolerance principe

Als reactie op deze bevindingen werd het Damage Tolerant principe ontwikkeld. De basis hiervan is simpel. Neem aan dat in een kritische constructie vanaf het begin een schade zit. De grootte van de schade is dusdanig dat je die net niet opmerkt bij een inspectie. Dit kan dus voor elke combinatie van constructie- en inspectietechnologie een andere grootte

zijn. Ga ervan uit dat deze schade gaat groeien als je de constructie gebruikt, maar toon vervolgens twee dingen aan:



Inspectie in de praktijk

1) wat is de grootte van de schade die met zekerheid wel gedetecteerd kan worden en
2) dat deze grootte van de schade niet leidt tot catastrofaal falen van de constructie. Als je dan weet hoe snel de schade gaat groeien, kun je de inspectieintervallen vaststellen. Vind je schade, dan repareer je die dusdanig dat de oorspronkelijk sterkte van de constructie terugkomt. Vind je geen schade, dan neem je aan de die gelijk is aan de detectielimiet en met de voorspelling van groei kun je weer een inspectie-interval vaststellen. Het Damage Tolerance

principe leunt dus op belangrijke principes: 1 inspectie en 2 voorspelbare (langzame) schadegroei

In de praktijk zegt het Damage Tolerance principe dat als inspectie mogelijk is en het een enkel element betreft, je voor Damage Tolerance moet kiezen. Zijn er meerdere belastingspaden, dan mag je ook voor Fail Safe gaan. Is inspectie niet mogelijk, dan mag je alsnog Safe Life toepassen. In de praktijk is dat alleen voor landingsgestellen.

Sinds de introductie van deze filosofie is catastrofaal falen door constructiefouten niet meer voorgekomen. Het falen in het verleden is omgezet naar kennis hoe te voorkomen dat falen van een constructie een catastrofe wordt. Maar wel met het gevolg dat de kosten verhoogd (inspectie en voorspellingsmodellen) en opbrengsten verlaagd werden (vliegtuigen staan weken aan de grond bij een grondige inspectie). Toch gebruikt men dit al meer dan 40 jaar succesvol en catastrofale rampen door falen van een constructie zijn niet meer voorgekomen. Volgens Rush, van de titan onderzeeër, zou dat een teken zijn van overbodige regelgeving.

Na het succes van Damage Tolerance?

Nieuwe materialen

Achter mijn versimpelde weergave m.b.t. Damage Tolerance zit een hele filosofie m.b.t. veiligheid. Elke luchtvaartingenieur die luchtvaartconstructies ontwerpt is bekend met die filosofie. Ook is bekend hoe deze filosofie leunt op data, statistiek, materiaalkennis, ontwerp-kennis en inspectie. Elke manager weet dat deze kennis, statistiek en inspectie veel kosten meebrengen maar geen economische toegevoegde waarde hebben. Toen ik te maken kreeg met de luchtvaartsector was nog de cultuur dat veiligheid dit allemaal waard is. Maar ik heb ook een verandering gezien. Bij de introductie van composiet (Boeing 787 en Airbus A350) is er heel veel discussie geweest over hoe het Damage Tolerance principe toe te passen op het nieuwe materiaal, maar ook hoe de kosten te drukken. Ook toen kon men geluiden in de luchtvaart horen zoals Rush die later gebruikte bij de ontwikkeling van zijn onderzeeër. Gelukkig zijn heel veel onzinnige uitspraken niet geïmplementeerd. Maar er zijn ook keuzes gemaakt die ik zelf liever anders had gezien.

Nieuwe materialen genereren nieuwe kennis. Damage Tolerance heeft tot dusver catastrofaal falen voorkomen, maar dat wil niet zeggen dat er niets is gebeurd. Een goed Damage Tolerant design kan omgaan met het gebrek aan kennis. Niet-catastrofaal falen heeft in het verleden ook veel nieuwe bruikbare kennis opgeleverd. Maar de toegang tot deze informatie lijkt geminimaliseerd. Leren van technisch falen vraagt dat men oorzaak en gevolg onderzoekt en niet schuld en verantwoordelijkheid. Toch lijkt ongevalonderzoek steeds meer te gaan over wie de schuld heeft. De vraag naar oorzaak en gevolg levert kennis op die ingezet kan worden om ongevallen te voorkomen. De vraag naar schuld en verantwoordelijkheid levert claims op en resulteert, naast compensatie voor nabestaanden, vooral in angst en stilstand. Ik zou dan ook willen dat er een scheiding gegarandeerd wordt tussen ongevalonderzoek enerzijds en politiek/bedrijven/juristen anderzijds.

Introductie van nieuwe technologie en versnelling van innovatie

Rush had in mijn ogen gelijk dat een starre toepassing van de regels innovatie in de weg staat. Maar regels zijn wat anders dan kennis. De kennis en gedachtegang achter de regels zijn altijd waardevol, ook in een nieuwe context. De brief van de mensen met kennis (Marine Technology Society in brief van 2018) dringt daar ook op aan. Dit is waar de luchtvaart met de introductie van composieten op primaire onderdelen zo'n 20 jaar geleden beter mee is om gegaan.

Wij zitten nu op zo'n moment in tijd waar innovatie in de luchtvaart eigenlijk veel sneller zou moeten gaan. De luchtvaart moet groener. Daarvoor is innovatie nodig en die innovatie moet zo snel mogelijk worden ingezet.

Ook hier komt AI (Artificial Intelligence) om de hoek kijken. AI is een hype, lijkt nieuw, maar is gewoon een logische doorontwikkeling van allerlei disciplines. Dat betekent ook dat we al veel weten of de kracht en zwakheden van AI.

Bij de traditionele benadering van Damage Tolerance worden er heel veel data en statistiek gegenereerd op een (bijna) bevroren ontwerp en deze data en statistiek worden omgezet naar kennis zodat er voorspeld kan worden. Tegenwoordig kijkt zo'n voorspelling zo'n 20 jaar vooruit. Dus een vliegmaatschappij die zich aan de regels houdt mag verwachten dat de veiligheid niet in het geding komt. Het vergaren van de data, ontwikkelen van modellen, het overtuigen van autoriteiten dat je de juiste kennis hebt en de kennis juist hebt toegepast duurt ook zo'n 10 tot 20 jaar. Hoe radicaler de innovatie, hoe langer dit duurt.

Als we het op deze manier blijven doen is er nauwelijks plek voor AI. AI kan de statistiek niet versnellen, kan misschien helpen modellen iets sneller te ontwikkelen, maar een dergelijk model aan de autoriteiten uitleggen vergt veel meer tijd. In de huidige setting gaat men ervan uit dat een model altijd hetzelfde oplevert; maar AI leert gaande de weg. Een AI-model

van vandaag kan net een ander antwoord opleveren dan hetzelfde AI-model van gisteren, omdat het geleerd heeft van wat er gisteren is gebeurd. Dit is strijdig met de huidige regelgeving die alles bevroren wil hebben op het moment van certificatie en dat het in principe ook bevroren blijft zolang het gebruikt wordt.

Maar dat zijn de regels en niet de filosofie die achter Damage Tolerance zit. De regels zijn logisch op het moment dat data vergaren, modellen maken e.d. heel veel tijd en geld kost. Dan wil je ook over een lange tijd kunnen profiteren van die kosten, dus bijvoorbeeld een constructie moet 20 jaar veilig zijn.

Je kunt ook anders gaan denken, want in principe is het genoeg dat alleen de huidige vlucht en eerstvolgende vlucht veilig zijn. Tijdens de huidige veilige vlucht kun je allemaal data verzamelen en voeden aan een zelflerend (AI) model dat vervolgens berekent of de volgende vlucht ook veilig is. We hebben dan wel data, maar waarschijnlijk geen goede verantwoorde statistiek. We hebben misschien op dag nul wel hetzelfde AI-model voor elke constructie, maar elke constructie zal in andere omstandigheden gebruikt worden, dus ook andere data leveren aan het eigen model. Daarmee zou dus het model voor elke constructie anders kunnen zijn. Het reproduceren van de exacte resultaten zal vrijwel onmogelijk zijn. Maar vinden we acceptabele mogelijkheden om hier mee om te gaan, dan is het wel degelijk mogelijk om AI in te zetten. Dit geeft dan weer de mogelijkheid om innovaties veel sneller in te zetten. De 10 tot 20 jaar tot certificatie kan worden verkort tot 1-2 jaar en misschien zelfs tot een paar dagen op het moment dat we data tijdens de productie kunnen genereren en inzetten. Dit laatste is een belangrijke onderzoekslijn in mijn groep. Wij willen dat de vergroening van de luchtvaart veel sneller gaat en dragen bij aan het ontwikkelen van methodes om innovaties veel sneller te kunnen inzetten, zonder dat het veiligheidsniveau naar beneden gaat. Daarvoor hebben we nu de kennis en gedachtegangen uit het verleden nodig, met daarbij de houding dat de regels niet heilig zijn, maar ons wel bewust zijn waarom die regels er

zijn. Als dit in de praktijk gaat worden ingezet, hebben wij wel toegang nodig tot data uit de praktijk, ook als het mis gaat. Niet omdat wij schuldigen willen aanwijzen, maar omdat wij falen willen voorkomen in de toekomst.

9.

Dynamische problemen bij bruggen, vermoeiing van stalen brugdekken

Ir. Sabine Delrue, Arup

De laatste jaren is de aandacht voor bruggen in ons land toegenomen. De meeste bruggen hebben jarenlang hun dienst bewezen, zonder dat het merendeel van de gebruikers hier bijzondere belangstelling voor had. Nu een groot aantal van de bruggen en viaducten in ons land aan renovatie of vervanging toe is, verandert dat. De benodigde (gedeeltelijke) afsluitingen van bruggen leiden tot veel verkeershinder en overlast en de werkzaamheden brengen hoge kosten met zich mee. Bij de zogenaamde Vervanging & Renovatie (V&R) opgave is er dan ook speciaal aandacht voor het beperken van de verkeershinder en het ontwikkelen van duurzame oplossingen. Naar aanleiding van schadegevallen van stalen brugdekken is er in de afgelopen 20 jaar veel aandacht geweest voor vermoeiing van stalen brugdekken en is er ook veel kennis opgedaan. In dit artikel komen de oorzaken van de schades aan bod en ook de verschillende oplossingen en nieuwe inzichten naar aanleiding van de geleerde lessen.



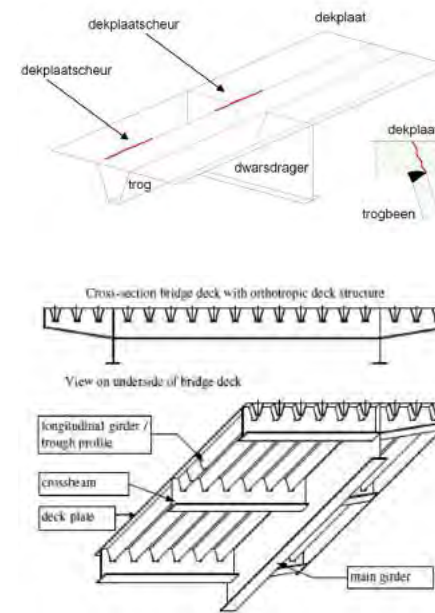
Invaren Tweede van Brienenoordbrug 1990
Oorzaken vermoeiing stalen brugdekken

De bruggen die in dit artikel aan de orde komen zijn (met hun bouwjaar):

1. De eerste (oostelijke) van Brienenoord brug (1965) in de A16 bij Rotterdam
2. De tweede (westelijke) van Brienenoord brug (1990) idem
3. De Calandbrug (1969) in de N15 in de Europoort
4. De Moerdijk verkeersbrug (1978)
5. De Hagesteinse brug (1987) in de A27 bij Vianen
6. De Muiderbrug (1972/2010) in de A1 over het Amsterdam-Rijnkanaal
7. De Boogbrug bij Beek (L) (1968) in de A2
8. De Scharbergbrug bij Elsloo (L) (1973) in de A76
9. De Galecopperbrug (1971/1976) bij Utrecht in de A12
10. De Tacitusbrug bij Ewijk (1971) in de A50
11. De Kreekrakbruggen (1974) bij Reimerswaal in de A58
12. De Suurhoffbrug (1972/1973) over het Hartelkanaal in Rotterdam

In 1997 werden tijdens een inspectie van het beweegbare deel (het val) van de Tweede Van Brienenoord brug (1990) scheuren ontdekt. Het bleken vermoeiingsscheuren in de stalen dekplaat met als gevolg dat het beweegbare deel al na zeven jaar vervangen moest worden door een nieuw val. In 1990 was de nieuwe brug trots gepresenteerd met een gelijke vormgeving als de eerste brug uit 1965, maar wat betreft constructie en materiaalgebruik geoptimaliseerd, gebruikmakend van de nieuwste rekenmethoden. De dekconstructie van de nieuwe brug, zowel het val als de vaste brug, bestond uit een dunne staalplaat met verstijvers in de vorm van troggen. Het slanke dek en de toegenomen verkeersbelasting leidden echter al binnen een aantal jaren tot metaalmoeheid in het stalen dek van het beweegbare deel.

Er is sindsdien veel aandacht voor vermoeiing van stalen brugdekken, omdat een aantal grote stalen bruggen die een cruciaal onderdeel vormen van het hoofdwegennet met deze problematiek te maken hebben. Rijkswaterstaat richtte in 1998 het meerjarig onderzoeksproject op *Problematiek Stalen Rijvloeren*, om de oorzaken en oplossingen voor de vermoeiingsscheuren te vinden.



Dekopbouw orthotroop dek met vermoeiingsschades

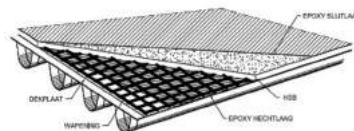
Veel stalen bruggen met grote overspanning en beweegbare bruggen, die na de Tweede Wereldoorlog zijn ontwikkeld, hebben een orthotroop dek; een vlakke stalen plaat met verstijvers in de lengterichting in de vorm van trapeziumvormige troggen. Op deze wijze kan het dek relatief licht uitgevoerd worden, wat ook gunstig is voor de hoofdconstructie en de fundering. Het nadeel van deze dekken is dat ze gevoelig zijn voor vermoeiing. Vermoeiing

treedt op bij een cyclische belasting, het belasten en ontlasten van het staal zoals door de verkeersbelasting op een brug. Een veel lagere belasting dan de maximale statische belasting kan hierdoor al tot scheurvorming in het dek leiden. Slanke constructies en constructies met een detaillering waar spanningspieken kunnen ontstaan, zoals bij een orthotroop dek, zijn hier gevoelig voor. In de vorige eeuw was het fenomeen vermoeiing wel bekend, maar kon men dit niet voldoende in detail berekenen. Ook verwachtte men geen vermoeiingsproblemen in het dek.

Er zijn verschillende oorzaken aan te wijzen die leiden tot vermoeiingsscheuren in orthotrope stalen dekken. De relatief dunne dekplaat gecombineerd met de trogverstijvers geeft lokaal spanningsconcentraties, waardoor scheuren zich kunnen ontwikkelen in het stalen dek, in de lasverbinding tussen de trog en het dek en bij de aansluiting van de trog met de dwarsdrager. Voor de Tweede Van Brienenoordbrug (1990) zijn, zowel voor het beweegbare deel als voor het dek van de boogbrug, de drie belangrijkste oorzaken van de vermoeiingsschade:

1. Het dek met een dikte van 12 mm met troggen met een dikte van 6 mm leidt tot hoge spanningen bij de trog-dekplaat aansluiting;
2. Voor het bepalen van de levensduur van een constructie is het aantal belasting wisselingen van belang. Het verkeer, en met name ook het vrachtverkeer, is de afgelopen jaren toegenomen tot 230.000 voertuigbewegingen per dag;
3. In de jaren negentig zijn 'super singles' ingevoerd. De meeste vrachtwagens hebben nu twee banden per as, in plaats van vier. Dit leidt tot een smallere voetprint en daarmee hogere lokale belastingen en daarmee grotere spanningswisselingen in het staal.

De problemen bij het vaste deel van de Van Brienenoordbrug (1990), de boog, waren minder groot omdat hier het dek voorzien is van een laag asfalt, wat zorgt een lichte spreiding van de belasting. Maar ook het dek van de vaste brug zal in de komende jaren vervangen moeten worden.



Staalplaat met HSB overlagings

Binnen het project Problematiek Stalen Rijdekken, hebben Rijkswaterstaat en diverse onderzoeksinstanties, zoals TNO, bureau Hageman en TU Delft, onderzoek uitgevoerd met als

doel de vermoeiingsproblematiek in de rijdekken beter te begrijpen en oplossingen te vinden voor levensduurverlenging van de rijdekken. Een methode om de vermoeiingsproblematiek op te lossen is het aanbrengen van een laag gewapend Hoge Sterkte Beton (HSB), met diktes tussen ca 60 mm en ca 100 mm. De HSB laag wordt middels epoxy aan de staalplaat verlijmd waardoor de gecombineerde staal-beton plaat in sterkte en stijfheid toeneemt en de spanningen in het staal afnemen. Tevens spreidt de betonlaag de lokale belastingen ten gevolge van de aslasten van het vrachtverkeer, waardoor ook de spanningswisseling ter plaatse van de lassen afnemen. Na het uitvoeren van diverse testen is als eerste bij drie bruggen, de Calandbrug, de Moerdijkbrug en de Hagesteinse brug, het dek met een HSB laag overlaagd.

In 2006 is Rijkswaterstaat gestart met het Project Renovatie Bruggen, met als doel om de toepassing van de HSB overlagings verder te ontwikkelen tot een standaardmethode en deze toe te passen op de eerste 8 bruggen zoals genoemd in de inleiding, belangrijke stalen bruggen in het hoofdwegennet. Ervaring vanuit de eerste drie bruggen was, dat het aanbrengen van de HSB overlagings gepaard ging met veel verkeershinder. Het aanbrengen van de beton laag dient uiterst zorgvuldig te gebeuren, voor een goede samenwerking tussen het staal en beton. In verband met de duurzaamheid van de oplossing, zijn er strenge eisen gesteld aan de scheurvorming in het beton. Om die reden kan er geen verkeer op de brug aanwezig kan zijn tijdens de uitvoering.

Vanaf 2009 heeft de Managing Contractor (MC), een combinatie van de ingenieursbureaus Royal Haskoning DHV, Arup en Greisch, de methode verder uitgewerkt voor de acht genoemde bruggen. Daarnaast zijn er drie aannemers combinaties geselecteerd die binnen een raamovereenkomst de uitvoering verzorgen. Zij zijn in een vroeg stadium betrokken en hadden ook een rol in het verder ontwikkelen en verbeteren van de renovatiemethode. Bijzonder aan het project was dat voorafgaand aan het uitvoeren van de renovatie, er middels een geschiktheidsproef moest worden aangetoond dat het resultaat zou voldoen aan de strenge eisen. De resultaten van de proeven en ook de ervaringen van de uitvoering op de brug werden vervolgens gedeeld met alle betrokken partijen, zodat maximaal geleerd werd en de ontwikkeling van zowel het ontwerp als de uitvoering van de HSB overlagings telkens een stukje verder werd geoptimaliseerd.

De eerste drie bruggen die zijn gerenoveerd binnen het project zijn de Muiderbrug, de brug bij Beek en de Scharbergbrug. De lessons learned van deze bruggen hebben met name betrekking op de uitvoeringsaspecten van de HSB laag; hoe is deze laag onder geconditioneerde omstandigheden goed aan te brengen. Naast het aanbrengen van het HSB is de staalconstructie ook versterkt middels extra staalplaten, om het extra gewicht te kunnen dragen, maar ook omdat nieuwe

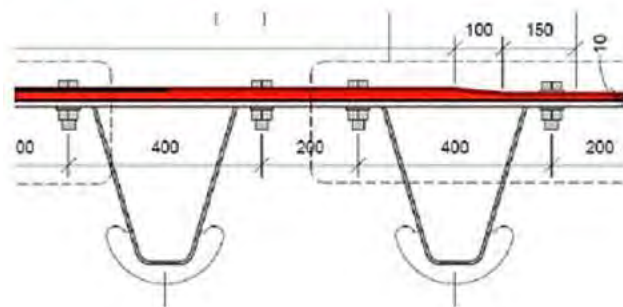


Aanbrengen HSB overlaging op van Galecopperbrug en Kreekkrakbrug





Vorbereiding HSB overlaging van de Tacitus brug te Ewijk



Alternatieve versterking met staalplaten

inzichten die verwerkt zijn in de veiligheidseisen er toe leiden dat versterkingen van de hoofddraagconstructie nodig waren.

De volgende drie bruggen die in dezelfde periode zijn gerenoveerd zijn de Galecopperbrug, de Tacitusbrug en de Kreekrakbrug. Voor deze bruggen geldt dat naast het aanbrengen van de HSB overlaging ook andere ingrijpende aanpassingen aan de bruggen zijn doorgevoerd enerzijds om aan de huidige veiligheidseisen te kunnen voldoen en anderzijds om aanvullende wensen van stakeholders mee te nemen. Voorbeelden zijn de voorbereiding van de verbreding van de Galecopperbrug, het vergroten van de doorvaarthoogte van de Kreekrakbrug en de Galecopperbrug en vervangen van de tuikabels van de Tacitusbrug. Hierdoor en mede door de slechte staat van verschillende onderdelen waren de renovaties van deze bruggen veel omvangrijker dan de eerste drie bruggen.

De twee laatste bruggen binnen het project zijn de Suurhoffbrug en de Tweede van Brienenoordbrug. Voor de Suurhoffbrug bleek dat de HSB overlaging niet de juiste oplossing was. Niet alle vermoeiingsproblemen konden hiermee opgelost worden en de extra belasting ten gevolge van de betonoverlaging leidt tot problemen voor de hoofddraagconstructie en de fundering. Daarom is gekozen voor het plaatsen van een (tijdelijke) nieuwe brug naast de bestaande brug, die ruimte biedt aan twee rijstroken. De bestaande brug is momenteel ook in gebruik met twee rijstroken in plaats van de oorspronkelijke vier. Ook voor de Tweede van Brienenoordbrug is een andere oplossing gekozen. Nadat bleek dat het toepassen van een HSB overlaging tot te veel en langdurige hinder zou leiden en dat ook de uitvoeringsmethode veiligheidsrisico's met zich meebrengt is ervoor gekozen de Tweede van Brienenoordbrug (het vaste deel) te vervangen door een nieuwe boogbrug en de bestaande brug op een werf te renoveren. Hierbij wordt het dek volledig vervangen en voorzien van een nieuw orthotroop dek met een dikte van 24 mm, welke voldoet aan de huidige regelgeving met een levensduur van 100 jaar.

Andere oplossingen voor renovatie van stalen dekken

De oplossing voor vermoeiingsproblemen van stalen dekken met een HSB overlaging is in de periode 2006-2017 ontwikkeld tot een methode die nog wel de nodige zorgvuldigheid en aandacht vraagt, maar succesvol is toegepast op een aantal bruggen. Belangrijk hierbij was dat er tijdens de uitvoering ervaringen zijn gedeeld met alle partijen, zodat er bij elk project opnieuw meer grip en beheersing van de methode ontstond. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een verbetering van de betonsamenstelling voor goede verwerking, juiste nabehandeling ter voorkomen van scheurvorming, beheersen van de dikte en de dekking van de gewapende HSB laag. Er is internationaal interesse voor deze renovatiemethode en ook in Duitsland zijn er dekken versterkt met een HSB overlaging. Wel is gebleken dat de HSB overlaging niet in elke situatie een goede oplossing biedt. Doordat er relatief veel extra gewicht wordt toegevoegd aan de constructie is het in de meeste gevallen noodzakelijk om de hoofd draagconstructie te versterken. Dit is niet altijd eenvoudig wat betreft ontwerp oplossing of uitvoering.

Parallel aan de ontwikkeling van de HSB overlaging zijn er ook andere oplossingen onderzocht voor het oplossen van het vermoeiingsprobleem van orthotrope stalen dekken. Rijkswaterstaat heeft samen met TU Delft, TNO en Arup diverse onderzoeken en testen uitgevoerd, zowel praktisch als analytisch om het vermoeiingsgedrag van het stalen dek beter te begrijpen. Zeer uitgebreide 'state of the art' FEM-modellen zijn er opgesteld om het gedrag in de details van het dek te onderzoeken. Aan de hand van praktijkproeven zijn modellen gevalideerd en zijn er laboratorium testen uitgevoerd. Door beter begrip van het vermoeiingsgedrag kan ook beter worden vastgesteld op welke locaties er problemen zijn of te verwachten zijn in de constructie. Door een beter beeld en begrip van de status van een dek kan bijvoorbeeld de keuze worden gemaakt om het dek niet te renoveren, maar intensiever te inspecteren en schades te repareren. Voor situaties waarbij een brug op wat langere termijn wordt vervangen of waar men ander gebruik verwacht, is dit een goede oplossing.

Omdat vermoeiing van het dek met name een probleem is van de zwaarst belaste rijstrook, meestal de rechterrijstrook door het vrachtverkeer, is er ook gezocht naar oplossingen die meer lokaal kunnen worden toegepast. Een voorbeeld hiervan is het plaatselijk versterken van de stalen dekplaat met geboute staalplaten. Deze oplossing zorgt ook voor een versterking van de dekplaat en een verlaging van de wisselspanningen in het dek. In de afgelopen jaren is er uitgebreid numeriek onderzoek uitgevoerd en zijn er in lab testen gedaan. Momenteel is de oude Suurhoff verkeersbrug uitgevoerd met deze versterking. De komende jaren zal het gedrag van deze versterking gemonitord worden, om te leren en om te bepalen of het geschikt is voor bredere toepassing. Groot voordeel van deze oplossing ten opzichte van een betonoverlaging is, dat het lokaal kan worden toegepast op de plaatsen waar de meeste schade voorkomt, dat het aanbrengen eenvoudiger is en dat er minder extra belasting aan de brug wordt toegevoegd.

Naast het renoveren van de bestaande dekken is het belangrijk dat alle kennis en de ervaring vanuit de geleerde lessen worden benut om het ontwerp van nieuwe dekken te verbeteren. In de Richtlijnen Ontwerpen Kunstwerken (ROK) versie 2.0 zijn er al diverse aanpassingen doorgevoerd om het ontwerp beter bestand te maken tegen vermoeiingsschade tijdens de levensduur van het dek. Deze nieuwe inzichten zullen binnenkort ook in de Eurocode worden overgenomen.

Duurzame oplossingen

Een belangrijke les in deze tijd is dat het optimaliseren van het materiaalgebruik meestal, maar niet in alle gevallen tot duurzamere oplossingen leidt. Toen in de jaren tachtig de Tweede van Brienenoordbrug werd ontworpen was optimalisatie van het ontwerp en gewichtsbesparing een belangrijk streven. Door het gebruik van computersimulaties en -analyses is dit ook een gelukt. Door het toepassen van een lichter dek en de focus op de statische sterkte van het dek, werd echter het effect van vermoeiing onderschat. Hierdoor is de levensduur van het dek veel korter dan waarvoor hij ontworpen is en met consequentie dat het val al na zeven jaar vervangen

moest worden. Ook toename van het verkeer en een meer geconcentreerde belasting leiden tot problemen. Zeker voor bruggen met een grote overspanning en voor onderdelen die je moeilijk kunt vervangen of aanpassen, kan het voor de levensduur en daarmee voor het materiaalgebruik soms juist gunstiger zijn om wat meer reserve in de constructie op te nemen. Wanneer met een levensduur van 100 jaar ontworpen wordt, is de kans groot dat er gedurende het gebruik wijzigingen optreden, die invloed kunnen hebben op de constructie. Per situatie betekent dit dat de juiste balans tussen optimalisatie en flexibiliteit voor de toekomst moet worden bekeken.

Conclusie

In de afgelopen 20 jaar is er veel geleerd over het gedrag en de vermoeiingsproblemen van orthotrope stalen rijdekken in bruggen. Sinds de problemen in de jaren '90 bij de Tweede van Brienenoordbrug aan het licht kwamen zijn er nieuwe methoden ontwikkeld en toegepast om de stalen dekken te renoveren. Belangrijker is ook dat de nieuwe inzichten tegenwoordig worden meegenomen bij het ontwerpen van nieuwe bruggen.

De drang van destijds naar Innovatie en optimalisatie van de dekconstructie hebben geleid tot problemen in de stalen dekken vervaardigd met name in de jaren '60 en '70. Maar innovatie en optimalisatie hebben ook bijgedragen aan het vinden van oplossingen en hebben geleid tot nieuwe inzichten en beter begrip van het gedrag van de constructie.

10.

Systeem falen algemeen

Prof.dr.ir. Pieter van Gelder

Het leren van het falen van systemen is een belangrijk aspect van continu verbeteren en het verhogen van de betrouwbaarheid en de efficiëntie van systemen. De term “systeem” is een breed begrip, stamt uit het Grieks en betekent zoiets als “stelsel, samenstelling”. In de 17de eeuw werd het begrip in de filosofie ingevoerd als een verzameling van geordende concepten. Descartes zette in zijn “Discours de la Methode” een methode uiteen om een probleem op geordende wijze te benaderen en op te lossen. In de 19de eeuw werd in de filosofie het systeemdenken verder uitgewerkt door onderscheid te maken tussen de waargenomen werkelijkheid en een schematisch wetenschappelijk weergave daarvan. Zo werden bijvoorbeeld in technische zin in het begin van de 19e eeuw in de waterbouwkunde rivieren en waterlopen voor het eerst als systemen benaderd, zowel in kwalitatieve als kwantitatieve zin, om hun gedrag te modelleren en te beïnvloeden. Zo kunnen ook de organisatie van fabrieken voor de productie van goederen of protocollen voor informatiemanagement als systemen worden gezien.

In deze bijdrage worden enkele methoden en technieken besproken die kunnen worden toegepast om lessen te trekken uit systeem falen, waaronder:

- (I) Faaloorzaak analyse (RCA: Root Cause Analysis),
- (II) Het simuleren van systeem falen en het leren van successen uit stress testing,
- (III) De veiligheidsladder.

1. Introductie

Voor het leren uit faalgebeurtenissen is het allereerst van belang om een systematische aanpak voor het rapporteren van incidenten ter beschikking te hebben. Een accurate incidentregistratie kan helpen bij het vastleggen van relevante details over wat er is gebeurd, wanneer het is gebeurd en welke impact het heeft gehad. Hierdoor kunnen patronen en trends worden geïdentificeerd.

Het leren van systeem falen is een iteratief proces dat betrokkenheid vereist op alle niveaus van een organisatie. Door een proactieve benadering aan te nemen en systematisch te leren van fouten, kunnen organisaties hun veerkracht vergroten en toekomstige problemen voorkomen of beter beheren.

In deze voordracht gaan we onder punt 2 uitgebreider in op methoden en technieken voor faaloorzaak analyse, onder punt 3 op het simuleren van systeem falen en het leren van successen uit stress testing en tot slot onder punt 4 op het creëren van een leercultuur en de verschillende stappen in deze cultuur op de veiligheidsladder.

2. Faaloorzaak analyse (RCA)

Het doel van een RCA is het identificeren van de dieperliggende oorzaken van het falen door middel van grondige analyses. De RCA kent verschillende uitwerkingen waaronder de Five why's, Failure mode and effects analysis (FMEA), Foutenboom analyse, Ishikawa diagram en Bayesiaanse netwerken. De foutenboom analyse is een van de meest toegepaste methoden.

In een foutenboom analyse worden op een systematische wijze alle mogelijke gevaren geïdentificeerd en gecategoriseerd over verschillende domeinen, gerelateerd aan technische factoren, menselijke factoren en/of organisatorische factoren. Hiermee worden oorzaak-gevolg relaties vastgelegd. Gebruik gemaakt wordt van Booleaanse operatoren (AND, OR gates, etc.) om meerdere oorzaken te koppelen aan het al dan niet optreden van een gevolg gebeurtenis.

Een voorbeeld van een foutenboom voor een ongewenste gebeurtenis waarbij een tank te vol gevuld wordt ('Overfill'), wordt gegeven op pag. 120, waarbij diverse oorzaken geïdentificeerd zijn. De foutenboom kan gekwantificeerd worden met empirische data over de frequentie van optreden van faalgebeurtenissen. Hiermee kan vervolgens een prioritering worden aangebracht in het treffen van maatregelen door de meest gevoelige basisoorzaken die leiden tot de ongewenste topgebeurtenis weg te nemen of de kans van optreden van deze basisoorzaken te verlagen. Een aanpak met beslisbomen waarin kosten en baten op een rationele wijze worden afgewogen wordt daarmee gekoppeld aan de foutenbomen.

Steijn et al. (2020) hebben de foutenboom omgezet naar een Bayesiaans netwerk waarmee de deterministische oorzaak-gevolg relaties (p.120) zijn gegeneraliseerd naar probabilistische oorzaak-gevolg relaties en daarmee een betere representatie van de werkelijkheid modelleren. Bayesiaanse netwerken zijn de state-of-the-art methoden voor het uitvoeren van RCA's.

3. Simulatie van systeem falen en het leren van successen

Door systematische simulaties van mogelijke faalscenario's uit te voeren, kunnen potentiële zwakke punten in systemen geïdentificeerd worden en verbeteringen worden aanbracht voordat echte problemen zich voordoen. Simulaties zijn krachtige tools om mogelijke faalscenario's te genereren en te begrijpen hoe systemen reageren op verschillende omstandigheden. Enkele voorbeelden van systematische simulaties:

3.1 Vliegtuigsimulaties in de luchtvaartindustrie

In de luchtvaart worden uitgebreide vliegtuigsimulatoren gebruikt om piloten te trainen en om verschillende vliegscenario's na te bootsen, waaronder motorstoringen, extreme weersomstandigheden en andere noodsituaties. Deze simulaties helpen bij het begrijpen van de reactie van het vliegtuig en de bemanning in noodsituaties.

3.2 Ziekenhuisnoodsituaties

In de gezondheidszorg worden simulaties gebruikt om noodsituaties in een ziekenhuisomgeving na te bootsen. Dit kan het omgaan met een massale toestroom van patiënten, het reageren op medische apparatuur storingen of het coördineren van reacties op infectie-uitbraken omvatten. Deze simulaties helpen bij het identificeren van tekortkomingen in protocollen en het verbeteren van de algehele paraatheid.

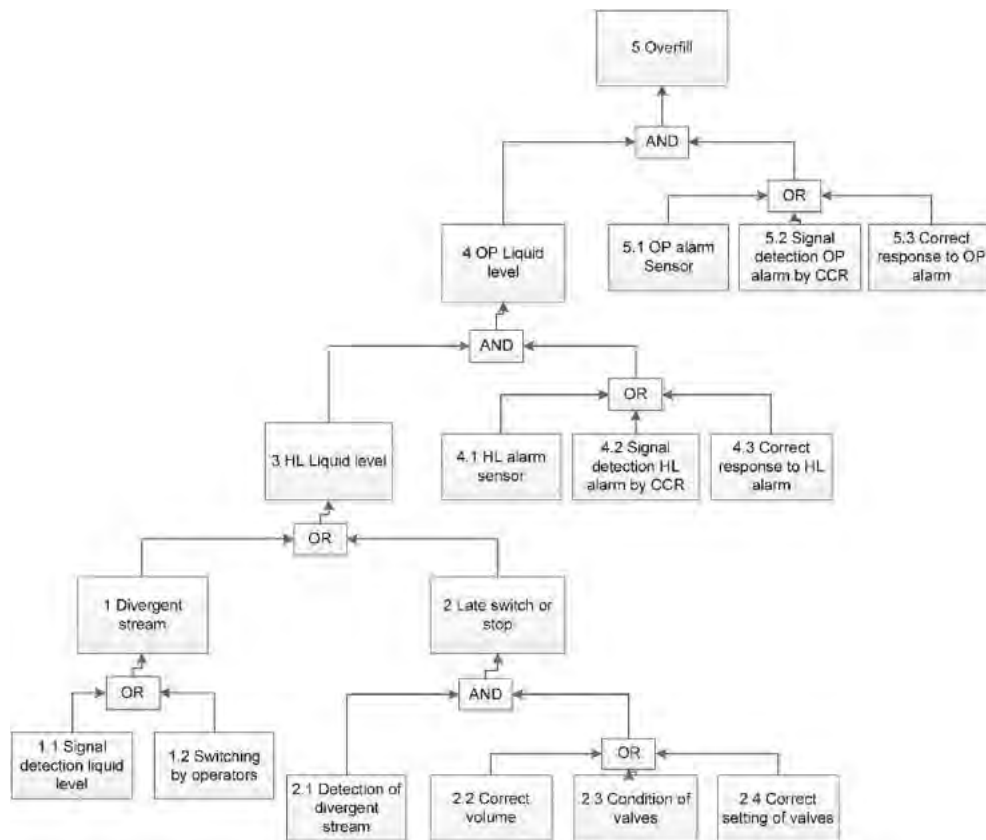
3.3 IT-beveiligingssimulaties

Organisaties kunnen IT-beveiligingssimulaties uitvoeren om te zien hoe hun systemen reageren op cyberaanvallen. Door real-world scenario's na te bootsen, kunnen beveiligingsteams hun detectie- en responsmechanismen testen en verbeteren.

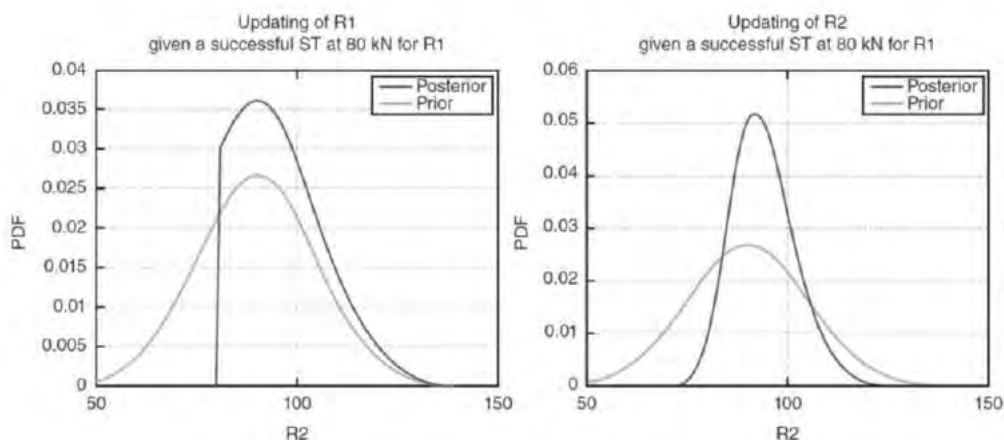
3.4 Openbare veiligheidsscenario's en rampenbestrijding

Hulpdiensten simuleren vaak noodsituaties, zoals terroristische aanslagen, natuurlijke rampen of pandemieën, om de coördinatie tussen verschillende diensten te verbeteren en mogelijke knelpunten te identificeren, het ontwikkelen van evacuatieplannen, en het ontwerpen van een veerkrachtige stedelijke omgeving (Lam et al., 2018).

Van Gelder (2018) bepleit om niet alleen falende systemen, maar ook systemen die goed presteren modelmatig te bestuderen. Een systeem dat een zware (proef)belasting heeft overleefd, heeft kennelijk veel reststerkte. Modelmatig betekent dit dat de linkerstaart van de sterkte verdeling getrunkeerd (afgeknot) wordt. Deze truncatie kan abrupt (linksonder p.120) of geleidelijk (rechtsonder p.120) plaatsvinden.



Foutenboom voor het overvullen van een tank
(HL = High Level, OP = Overfill Protection, CCR = Central Control Room), uit Steijn et al. (2020)



Het Bayesiaans updaten van de sterkte verdelingen na het observeren van succesvolle proefbelastingen, uit Van Gelder (2018)

4. Het creëren van een leercultuur

Het ontwikkelen van een organisatiecultuur waarin continu leren wordt aangemoedigd betekent dat medewerkers openlijk kunnen communiceren over hun fouten, zonder angst voor represailles. Dit bevordert een omgeving waarin het delen van kennis over falen wordt gezien als een kans om te verbeteren. Een open communicatieklimaat draagt bij aan het delen van lessen en bevordert een proactieve benadering van veiligheid. Een goede veiligheidscultuur bevordert een omgeving waarin het leren van systeem falen wordt aangemoedigd en benut om continue verbeteringen door te voeren. Enkele kenmerken van een dergelijke cultuur zijn:

- (I) Open communicatie: een veiligheidscultuur die leren stimuleert, moedigt open communicatie aan. Medewerkers moeten zich vrij voelen om incidenten te rapporteren zonder angst voor vergelding, ook als het gaat om bijna-fouten of vermoedelijke fouten van collega's. Dit omvat niet alleen grote fouten, maar ook kleine bijna-incidenten die kunnen dienen als waarschuwingssignalen. Hier hoort ook bij dat de organisatie communiceert wat de gevolgen (kunnen) zijn van het niet-melden van fouten, zoals bijvoorbeeld gevaar voor voortbestaan van het bedrijf.
- (II) Transparantie: transparantie betekent dat de organisatie openlijk de oorzaken en gevolgen van systeem falen deelt. Rapporten, analyses en correctieve maatregelen moeten beschikbaar zijn voor alle relevante belanghebbenden, van werknemers tot management en soms zelfs externen. Bij dat laatste geldt dat het bedrijf met zijn reactie op falen niet alleen negatief in het nieuws kan komen maar ook een enorme goodwill kan kweken bij klanten en het grote publiek. Transparantie levert vaak meer op dan een afhoudende reactie en wegmoffelen.
- (III) Just Culture: Een just culture erkent dat mensen fouten kunnen maken en dat hier billijk mee wordt omgegaan, maar dat herhaaldelijke of opzettelijke fouten anders worden behandeld dan fouten die het gevolg zijn van redelijke fouten in het werk. Het benadrukt de verantwoordelijkheid voor individuen en het team.

- (IV) Leren van Successen en Fouten: Naast het leren van systeem falen, wordt in een goede veiligheidscultuur ook geleerd van successen. Dit omvat het bestuderen van situaties waarin dingen goed zijn gegaan en het identificeren van de factoren die tot het succes hebben bijgedragen.
- (V) Continue Training en Opleiding: “Een leven lang leren”, een cultuur die leren bevordert, investeert in de continue training en opleiding van medewerkers. Dit houdt niet alleen technische vaardigheden in, maar ook training op het gebied van risicobeheer, teamwerk en communicatie.
- (VI) Feedbackmechanismen: Een veiligheidscultuur moet systemen hebben voor het geven van feedback. Dit omvat het ontvangen van feedback van medewerkers over veiligheidskwesties, maar ook het geven van feedback aan individuen en teams over hun prestaties met betrekking tot veiligheidsnormen.
- (VII) Leiderschap en Betrokkenheid: Leiders spelen een cruciale rol in het bevorderen van een veiligheidscultuur. Dit betekent betrokkenheid bij veiligheidskwesties, het tonen van het goede voorbeeld, en het ondersteunen van initiatieven die gericht zijn op het verbeteren van de veiligheid.
- (VIII) Risicobewustzijn: Een goede veiligheidscultuur omvat een hoog niveau van risicobewustzijn op alle niveaus van de organisatie. Medewerkers moeten zich bewust zijn van potentiële risico's en actief betrokken zijn bij het identificeren en beheersen van deze risico's.
- (IX) Continue Monitoring en Evaluatie: Een organisatie met een goede veiligheidscultuur streeft naar continue monitoring, evaluatie en verbetering. Het evalueren van incidenten en het implementeren van preventieve maatregelen moeten een integraal onderdeel zijn van de bedrijfscultuur. Het is belangrijk om te begrijpen of de genomen stappen het beoogde resultaat hebben behaald en om verdere aanpassingen aan te brengen indien nodig.

De veiligheidsladder
van Hudson et al.
(2000); staalplaten

veiligheidsladder.org



Een combinatie van al deze elementen draagt bij aan het creëren van een veiligheidscultuur waarin leren van systeem falen niet alleen wordt geaccepteerd maar ook wordt gewaardeerd als een essentiële stap naar verbetering. Hiermee wordt de hoogste trede op de veiligheidsladder bereikt.

Literatuur

- Juan Carlos Lam, Bryan T. Adey, Magnus Heitzler, Jürgen Hackl, Pierre Gehl, Noel van Erp, Dina D'Ayala, Pieter van Gelder, Lorenz Hurni, (2018). Stress tests for a road network using fragility functions and functional capacity loss functions, Reliability Engineering & System Safety, Volume 173, 2018, Pages 78-93, ISSN 0951-8320, [www.doi.org/10.1016/j.ress.2018.01.015](https://doi.org/10.1016/j.ress.2018.01.015).
- P. T. W. Hudson; D. Parker; R. Lawton; W. L. G. Verschuur; G. C. van der Graaf; J. Kalf, (2000). The Hearts and Minds Project: Creating Intrinsic Motivation for HSE, Paper presented at the SPE International Conference on Health, Safety and Environment in Oil and Gas Exploration and Production, Stavanger, Norway, June 2000, Paper Number: SPE-61095-MS, www.doi.org/10.2118/61095-MS.
- W.M.P. Steijn, J.N. Van Kampen, D. Van der Beek, J. Groeneweg, P.H.A.J.M. Van Gelder, (2020). An integration of human factors into quantitative risk analysis using Bayesian Belief Networks towards developing a 'QRA+', Safety Science, Volume 122, 2020, 104514, ISSN 0925-7535, www.doi.org/10.1016/j.ssci.2019.104514.
- Van Gelder, P.H.A.J.M. (2018). On the Risk-Informed Regulation in the Safety against External Hazards, In book: Handbook of Safety Principles, Chapter: 19, Publisher: Wiley Editors: Niklas Möller, Sven Ove Hansson, Jan-Erik Holmberg, Carl Rollenhagen. www.doi.org/10.1002/9781119443070.ch19

11.

Kort verhaal: Heerhugowaard en Timboektoe

Wil de Wit

Je kunt eruditie ontleen aan een indrukwekkende snor, een stijlvol kapsel, een intelligent uitziende bril met hoornen rand, wat ik later wel heb leren waarderen, maar die leraren in mijn schoolloopbaan wisten daar desondanks niet in te slagen. Flets, bleek en zonder voelbare inspiratie waren ze en als kind voelde ik dat feilloos aan.

Dat begon al op de kleuterschool in Den Haag zo'n 50 jaar geleden. Degenen die mij kennen, weten dat dit laatste niet klopt, maar ja, Histechnica bestaat nu eenmaal zoveel jaar, dus ik pas me aan, (wat op zijn minst opmerkelijk is), maar ik mag ze niet teleurstellen. Als ik dat wat eerder in mijn leven had toegepast, waren mijn schooljaren wellicht succesvoller verlopen. Ook als ik weet had gehad van een mij geheel ontbrekende edoch belangrijke karaktereigenschap namelijk 'Engelengeduld'. Het staat u natuurlijk vrij mij in de wandelingen van het tegengestelde te overtuigen.

Bij toeval kwam ik daar achter tijdens de Histechnica voordracht 'Onzichtbaar leven' in september 2023, die op een zeer erudiete en geestige wijze werd gegeven door prof.dr.

Dirk van Delft in het Science Centre in Delft (kan geen toeval zijn). De voordracht ging over Antoni van Leeuwenhoek, de grondlegger van de microbiologie. Deze man beschikte namelijk wel over deze eigenschap. Desondanks zijn er gemeenschappelijke, zeer prettige eigenschappen zoals plezier, grenzeloze nieuwsgierigheid, sociale vaardigheid, doorzettingsvermogen en betrouwbaarheid. Toch blijven er drie kwaliteiten over van Antoni waar ik niets van begrijp. ‘Oog voor nut’, ‘Werkkracht’ en ‘Liefde voor rekenen’, maar een zéér belangrijke eigenschap hebben Van Leeuwenhoek en ik absoluut gemeen en dat is ‘Eigenzinnigheid’. Deze had ons allebei tot een wetenschapper pur sang kunnen maken, maar, en het valt mij zwaar dit te erkennen, hij en ik hebben daarin gefaald.

Dat openbaarde zich bij mij dus op de kleuterschool. Ik moest me aanpassen (kon ik toen nog niet zo goed als nu), me netjes gedragen (kan ik nog steeds niet), met twee woorden spreken (ja, nee), in de rij staan (ik zag geen rij), niet zomaar heen en weer lopen (kastje-muur), opdrachtjes uitvoeren en verplicht de poppenhoek in, want dat doen meisjes het liefst volgens de juffrouw, zoals ik haar moest noemen. Zodra ik naar de jongenshoek overliep, werd ik terug gefloten. Dat heb ik op latere leeftijd flink ingehaald, wat je naar mijn idee beslist een vooruitgang kunt noemen.

Op de eerste schooldag zat ik totaal verbijsterd in een zaaltje met allemaal vreemde kinderen. Waar waren de kinderen uit mijn straat gebleven? Na een tijdje hoorde ik een bel. De deur ging open, een vrouw liep het zaaltje binnen en schonk koffie uit een kan in een kopje voor de juffrouw. Ik snoof de mij welbekende geur op en dacht, ha koffie! Jaja, ik dronk op die leeftijd al koffie. De juf roerde suiker en melk met een metalen lepeltje door haar koffie en tikte het aandachtig tegen de rand van het kopje. In de tussentijd had ik mijn opdrachtje opzij geschoven en zat ik kaarsrecht met mijn armen over elkaar (ik leerde snel als het me uitkwam), in afwachting van mijn kopje koffie. Tot mijn ontzetting liep de mevrouw met de koffiekkan het zaaltje uit. Resoluut stak ik mijn hand op, ook dat had ik inmiddels geleerd en vroeg aan de ‘juffrouw’ of die

‘mevrouw’ nog terug zou komen met koffie voor mij, voor ons. Ze keek me vol verbazing aan en zei: “Nee, natuurlijk niet, kinderen drinken geen koffie, maar melk. Straks krijg je een flesje melk.” Melk?! Dat was toch voor kalfjes?

Als ik toen had geweten dat ik ooit eigenhandig bij de voordrachten van Histechica koffie zou tappen uit een koffietank uit de jaren 50, dan had ik gesmeekt om een flesje melk, maar dan wel met die overheerlijke speculaasjes van Gert-Jan erbij! Maar ja, dat is kennis achteraf. Wat zou van Leeuwenhoek trouwens met die koffie hebben gedaan?

In datzelfde jaar kwam een schoolfotograaf om ons, de kleuters, te fotograferen. Eerst in de groep en daarna individueel. Mijn moeder had me mijn mooiste jurkje aangetrokken, lichtblauw, die kleur stond me zo goed. Het had een kanten bovenlijfje met zilveren borduursels erin en een tule rok. Mijn x-benen eronder droegen bruine, orthopedische schoenen, maar die zag je toch niet op de foto. Net zomin als de enorme vetvlek aan de linkerzijde van mijn jurk, daar zorgde de fotograaf wel voor. Mijn moeder had nog geprobeerd de vlek eruit te halen, maar dat was mislukt. Die prachtige jurk had ik door een schol naar de knoppen geholpen. Ja, u leest het goed, een schol. Ik was namelijk gek op schol, zo erg dat ik zelfs het woord verwarde met het woord school. Steevast had ik het over naar schol gaan. De pogingen van de ‘juffrouw’ om dit falen te herstellen, liepen op niets uit. “Schoooooolll”, zei ze langzaam terwijl ze haar lippen tuitte. Ik herhaalde haar talloze keren steevast met getuite lippen: “Schollllll”. Hopeloos.

Maar hoe zat dat nou met die vetvlek? Elke vrijdagmiddag kocht mijn vader verse schollen in de viskraam tussen het Rijswijkseplein en de Geleenstraat. Prachtige vissen met rare ogen en een bruine rug met oranje stippen. Vol bewondering keek ik toe hoe hij de schollen fileerde. Daarna haalde hij ze eerst door de melk en het meel en bakte ze vervolgens in een grote koekepan (nee, dat was toen niet *fout!*). De schollen spetterden in de slaolie en ik huppelde door de keuken, ik kon

niet wachten. Zodra de eerste gebakken schol een beetje afgekoeld was, mocht ik die opeten. Een feestje. Behalve op die dag dat we bezoek zouden krijgen.

Mijn vader stapelde de ene na de andere gebakken schol op een bord en ik mocht er niet een van nemen. Als het bezoek er was, dan mocht het pas. Mijn moeder had me voor het 'hoogstaande bezoek' mijn mooie, kanten lichtblauwe toen nog smetteloze jurk aangetrokken. Het bezoek kwam, ging met mijn ouders de woonkamer in en ik bleef achter in de keuken. Ik keek, rook en pakte de bovenste schol van het bord af. Ik wist dat dat niet mocht, dus ik stak de vette schol onder mijn jurk en klemde hem met mijn bovenarm strak tegen mijn linkerzij aan. Ik sloop ermee over de gang richting mijn slaapkamer toen plotseling de woonkamerdeur openging. Mijn moeder stond in vol ornaat voor me. Zij zag een druipende vetvlek aan de linker zijkant van mijn jurk. Stiekem schoot ze in de lach, naar ik me meen te herinneren. Dat ik geen straf kreeg voor dit misdrijf heeft me aangezet tot nog meer stelen, maar dat is een ander verhaal.

De scholfotograaf zag ondanks of misschien dankzij die vetvlek, iets artistieks in me. Ik mocht als kunstschilder worden gefotografeerd. Aan de schildersezels hing een vel papier met een inferieure verftekening. Hij vroeg me een penseel te pakken en tegen de tekening aan te duwen alsof ik aan het schilderen was.

Wat krège we nâh? Haagse Harry zou het beslist met me eens zijn geweest. Dat was mijn tekening niet, ik kon veel beter! De vernedering om hiermee te worden gefotografeerd, knaagt nog altijd aan me. Het gebeurde toch. Het resultaat was een knap meisje in een aan de rechterzijde prachtige jurk, die met een chagrijnige kop een penseel kapot stond te duwen tegen een wangedrocht. Ik heb mij gewroken door later een groot kunstenaar te worden.

Het tweede jaar met een andere juf, liep uit op het einde van mijn kleuterschol carrière. Ik moest in de zandbak 'spelen', maar ik haatte zand en dat als Hagenees. Ik wilde steltlopen, maar dat mocht niet. In elke pauze ging ik demonstratief voor het steltenhok zitten, met resultaat. Het mocht als ik voorzichtig zou zijn, huh? Ik liep er zo op weg. Jaren later toen ik 1.87 meter lang was geworden, liep ik ook zomaar weg op hoge hakken.

Het einde, ach ja, het abrupte einde van de kleuterschol was het begin van mijn verdere wanordelijke scholtijd. Een klasgenootje had de merkwaardige gewoonte me van achteren te besluipen en op mijn rug te springen. Geen idee waarom ze dat leuk vond, maar ze deed het bijna elke dag en ik viel meestal voorover. Ook toen ik vol interesse stond te kijken naar een meisje dat op een stevig stuk papier met een scherpe naald de contouren van een afbeelding aan het uitprikken was. De bedoeling van die actie was om de uitgeprikte afbeelding in te kleuren en aan een vilten bord te hangen. Nu moet ik bekennen dat ik jaloers was op het prikkende meisje, dus of mijn herinnering zuiver is, weet ik niet. Maar goed, zij prikte, ik keek toe, mijn klasgenootje besprong me, ik verloor mijn evenwicht, viel voorover tegen het prikkende meisje aan, die vervolgens de priknaald in haar pols kreeg. Ik werd als dader aangewezen en daar hoorde een passende lijfstraf bij. De juf zat op haar stoel en ik lag over haar knieën. Mijn klasgenoten zaten er in een halve cirkel omheen. De juf tilde mijn rok op en petste me meerdere keren op mijn billen. Zo ging dat toen, maar ik was mijn tijd ver vooruit, want ik ging niet meer terug naar schol! Ik bleef thuis, alleen, mijn ouders werkten. Ze hebben het geprobeerd, maar ze kregen me met geen mogelijkheid naar schol terug. Een keer ben ik ernaar toe gelopen vanwege het gemis van de stelten. Ik keek door de afrastering naar die vreselijke zandbak vol spelende en schreeuwende kinderen. Naast de bak zaten de twee juffen op een stoel met een kop koffie. Ze wenkten naar me om binnen te komen. Ik bleef even als bevroren staan, brak uiteindelijk en rende zo snel mogelijk naar huis om voor mezelf koffie te zetten. Als troost hadden daar een paar speculaasjes goed

dienst gedaan, maar ja, Histechica kwam pas zo'n '50 jaar' later op mijn pad.

Met de lagere schol ging het er anders aan toe. Als 3-jarige wilde ik al kunnen lezen en schrijven. Ik deed toen net alsof ik dat al kon door een kleuterboek voor me te houden, mijn ogen horizontaal van links naar rechts te bewegen en een verhaal te verzinnen. Grappig was dat men mij geloofde en treurig was dat men niet beseftte dat ik voortreffelijk toneel speelde, maar dat is weer een ander verhaal. De juf in de eerste en tweede klas heeft me geholpen. Ik leerde zeer snel en haalde de hoogste cijfers. Mijn honger naar kennis was groot. Me misdragen deed ik niet, want de hoofdmeester heette Beenhakker en dat riep de gekste beelden bij me op. Overigens was hij het die me in het laatste scholjaar een tien met een griffel gaf voor mijn beheersing van de Nederlandse taal. Desondanks kreeg ik het advies om naar de Huishoudschol te gaan. Waar had ik gefaald?

Op deze zwarte episode in mijn beklimming van de maatschappelijke ladder, wat voor mij nu eenmaal een weg van falen en opstaan was, wil ik niet al te diep ingaan. De schol heette 'Licht, Hoop en Liefde'. Ik moest mijn naam met rood garen op een, gut hoe heet dat, grof lapje in kruissteken borduren. Vervolgens moest ik dat lapje met een trapnaaimachine op een wit schort naaien. Dat schort moest ik net zoals de andere meisjes, jongens zag ik daar niet, elke scholdag dragen.

Mijn torenhoge verzuim verhinderde vreemd genoeg niet dat ik overging naar de volgende klas. Dagenlang lag ik te huilen in bed en verschool me eronder als mijn ouders eraan kwamen. Uiteindelijk zagen zij in dat dit niet mijn weg was, maar ik was als 13-jarige leerplichtig. De mulo in mijn buurt, het Laakkwartier in Den Haag, bood 'uitkomst'. Eindelijk iets van niveau, dacht ik. Trots begon ik aan mijn nieuwe leergang.

Daar maakte ik kennis met de 'heersers' van de 'school' zoals die ene meester met die snor, dat stijlloze kapsel en dat hoornen briljetje. Hij doceerde Aardrijkskunde en Geschiedenis.

De andere meester gaf Algebra en Meetkunde. Hij had zeer kleine ogen, die zich samenknepen als zijn leerling iets niet begreep of iets verkeerd deed. Falen was geen optie want zijn methode om te straffen was tweërlei. Je kon aan een oor omhoog worden gehesen onder de uitroep: "Aap van een jongen/meisje" en vervolgens een rotschop krijgen. Of je moest naar de lessenaar komen, je hand uitsteken terwijl hij zijn vingers nat likte en je met zijn natte vingers een enorme pets op jouw vingers gaf. Achteraf denkend, moet de leraar toch ook die pijn hebben gevoeld, want pets op pets heeft toch hetzelfde resultaat: pijn! Ik was geen ster in algebra en meetkunde, maar ik was wonderwel niet zijn mikpunt. Wel van de meester Aardrijkskunde en Geschiedenis. Nog nooit had ik zoiets saais meegemaakt als de manier van lesgeven door deze man. Geen Antoni van Leeuwenhoek en zijn Leeuwenhoekjes, geen Adriën Huët en zijn Waterlocomotief. Ik nam niets van hem aan en maakte nooit huiswerk. Bij elke repetitie kregen we een velletje papier aangereikt en dan zei hij: "Jullie mogen 30 vragen beantwoorden". Mogen? Hoezo? Moeten! En daar had ik een broertje dood aan. Ik bedacht een list, dacht ik. Op de velletjes nummerde ik de hoeveelheid vragen en zette daar streepjes achter. Vervolgens ging ik met mijn armen over elkaar zitten en keek hem indringend aan. Soms deed ik uit verveling alsof ik iets wist zoals bij Aardrijkskunde. Ik schreef dan onzinnige, niet bestaande steden op zoals Heerhugowaard en Timboektoe. Ik beleefde daar een satanisch plezier aan. Wonderlijk genoeg kreeg ik voor zijn beide vakken een 3 op mijn rapport, maar bleef daardoor wel zitten. Ik was in mijn eigen zwaard gevallen! Voor de eerste keer voelde ik me echt teleurgesteld en beseftte ik dat ik gefaald had. De vraag rees als 14-jarige, wat nu?

Ik degradeerde naar, hoe heette dat ook alweer, laat ik het maar lulo noemen. De handelskant van het middelbaar onderwijs. De enige herinnering die ik daaraan bewaar, is dat ik een knappe tiener aan het worden was en nylonkousen droeg aan een jarretel. Omdat mijn lichaamslengte niet overeenkwam met de standaard maat nylon kousen en korte rokken in de mode waren, bood de jongen schuin achter me

fl.10,- voor het nog iets verder omhoog trekken van mijn rok. Toen wist ik wat handel inhield en was het tijd om op te stappen.

Ik was 15,5 jaar en nog steeds leerplichtig. Een lang gesprek met de directeur en mijn moeder leverde op dat ik mocht stoppen met 'school'. Ik had vrijstelling gekregen, wat een verademing. Ik werd kapster, facturiste, ik sloeg een baan af bij de Haagsche Courant door faalangst, omdat ik geen antwoord kon geven op de vraag wie toen de burgemeester van Den Haag was. Ik stootte door als boekhoudmachiniste, filiaalhoudster van een hoortoestellenwinkel etc.

Totdat ik er als 20'er achter kwam dat ... Heerhugowaard en Timboektoe echt bestonden! Toen werd ik me bewust van mijn karige algemene ontwikkeling. Dat resulteerde in een niet te beteugelen behoefte om kennis te vergaren, de wereld te ontdekken en desnoods naar Heerhugowaard en Timboektoe af te reizen. Dat was het grote kantelpunt. Het was afgelopen met falen en ik wilde en ging vooruitgang halen.

Na veel opleidingen, cursussen, workshops, trainingen, uitdagende banen, projecten en ondernemerschap zit ik nu, terwijl ik dit stukje voor u noteer, rustig in een theater van een luxe cruiseschip. Ik luister naar de cruisedirector die gasten uitnodigt naar het podium te komen. Ze hebben zo en zoveel dagen gevaren met de rederij en dat verdient spotlights, certificaten en applaus. Verveeld pak ik voordat ik uitgenodigd zou kunnen worden, het hoge, smalle glas van het tafeltje voor me. Het schip dat inmiddels op de vlucht is voor de zware storm Ciarán, duikt net uit een golf terwijl ik een slokje wil nemen. De inhoud belandt op de linkerkzijde van mijn mooie, rode jurk. Glimlachend duw ik mijn arm tegen het natte deel aan omdat ik weet, champagne maakt geen vlekken.

Colofon

Histechnica is de Vereniging van Vrienden van het Academisch Erfgoed van de TU Delft. Het zet zich geheel belangeloos in voor de waardering van het academisch erfgoed van de Technische Universiteit Delft, en voor de bevordering van belangstelling voor de geschiedenis van de techniek.

Dit lustrumboek is een uitgave van de Vereniging Histechnica Delft ter gelegenheid van haar vijftigjarig bestaan.

Redactie

Ir. J.A. (Hans) Ketel

Dr. A. H. (Abel) Streefland

Grafisch ontwerp

Vanessa van Dam,

m.m.v. Selina Landis

Drukker

Wilco

Copyright

Auteurs en Vereniging Histechnica,

2024

www.histechnica.nl

Histechnica werd 50 jaar geleden opgericht en heeft tot doel de belangstelling voor techniek en het industrieel erfgoed levend te houden. De vereniging organiseert voordrachten, excursies en studiereizen jaarlijks afwisselend in binnen- en buitenland, zoals naar Zeeland, Cornwall, Saksen en Baskenland.

Voor meer informatie, aanmelden als lid of het bijwonen van voordrachten kunt u zich wenden tot het secretariaat via de website histechnica.nl.

