



Hans van den Broek

Techniek is belangrijk, maar het zijn mensen die het verschil maken

De relevantie van human factors in maritieme
automatisering

Techniek is belangrijk, maar het zijn mensen die het verschil maken

De relevantie van human factors in maritieme
automatisering



Hogeschool Rotterdam Uitgeverij

Colofon

ISBN: 9789051799644

1^e druk, 2017

© Hans van den Broek

Dit boek is een uitgave van Hogeschool Rotterdam Uitgeverij

Postbus 25035

3001 HA Rotterdam

Publicaties zijn te bestellen via

www.hr.nl/onderzoek/publicaties

De copyrights van de afbeeldingen (figuren en foto's) berusten bij Hogeschool Rotterdam en de makers tenzij anders vermeld.

Deze publicatie valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-NietCommercieel-GelijkDelen 4.0 Internationaal-licentie.



Techniek is belangrijk, maar het zijn mensen die het verschil maken

De relevantie van human factors in maritieme
automatisering

Openbare Les

Hans van den Broek

Lector Human factors in maritieme automatisering

Rotterdam, dinsdag 10 oktober, 2017

Voorwoord

In deze openbare les geef ik als lector human factors in maritieme automatisering mijn visie op de relatie tussen 'mens' en 'technologie'. De maritieme context waarin dit van toepassing is, beperkt zich niet tot schepen of scheepvaart, maar heeft wat mij betreft ook betrekking op bedien- en beheersprocessen in de haven, maritieme industrie, serviceverleners, achterlandverbindingen, en dergelijke. Ook technologie is een breed begrip. Grote systemen zoals autonoom varende schepen en robots vallen hieronder, maar ook kleinere toepassingen zoals apps, tools en interfaces.

De uitnodiging om een openbare les te schrijven heb ik als een cadeau ervaren omdat ik niet vaak de gelegenheid krijg om een integrale visie op mijn vakgebied te geven. Gezien de breedte van de onderwerpen en human factors, was het een uitdaging om keuzes te maken, er geen lesboek van te maken en voor de relatieve buitenstaander er een leesbaar geheel van te maken. Ik hoop dat dat gelukt is en dat de literatuurreferenties uitnodigen om verder te lezen, om zo het inzicht in human factors en haar praktische toepassing te verbreden.

De rode lijn die ik uiteindelijk heb gekozen laat zich het best omschrijven met de term 'technische menskunde' die in Nederland door Prof. Bouwman rond 1954 werd geïntroduceerd als vertaling van het toen gangbare 'human engineering'. De term was destijds nodig omdat het besef doorbrak:

'Dat juist door toenemende 'automatie' het werk door mensen verricht wordt en dat het daarom van wezenlijk belang is dat de technische omgeving waarin de mens werkt, aan de eigenschappen van de mens wordt aangepast.'

Na de eeuwwisseling is de term *technische menskunde* gaandeweg vervangen door het internationaal meer gangbare *human factors* (Amerikaans) en *ergonomie* (Europees). De origine van het vakgebied bleef echter onveranderd, namelijk de invloed van het ontwerp van technische systemen op het menselijk functioneren. De intentie was altijd om het 'ontwerp' aan te passen, niet 'de mens'.

Een tweede keuze die ik heb gemaakt is om de relatie tussen 'mens' en 'technologie' niet alleen te beschrijven vanuit het perspectief van de 'gebruiker', zeg maar de

een-op-een relatie, maar ook te beschrijven dat 'technologie' onderdeel is van een geheel van samenwerkende delen. Dit perspectief staat bekend als de 'systeem-benadering' en meer specifiek de *socio-technische systeembenadering*. Deze benadering gaat ervan uit dat een combinatie van mensen (*socio*) - zoals individuen, teams en organisaties - en technische elementen - zoals geautomatiseerde systemen, computers en instrumenten - interacteren om organisatorische activiteiten te ondersteunen en uit te voeren. Simpel gezegd: de taakuitvoering van stuurman op de brug is in hoge mate afhankelijk van de aanwezige apparatuur en instrumenten en van de andere leden van het brugteam. De veiligheid van het schip neemt toe naarmate de afstemming tussen de technische omgeving en de mensen die er mee moeten werken beter is.

Deze openbare les is niet alleen mijn visie op maritieme automatisering, het is ook bedoeld als *startpunt* van praktijkgericht onderzoek. Praktijkgericht onderzoek is onderzoek waarvan de vraagstelling wordt ingegeven door de beroepspraktijk en waarvan de opgedane kennis direct kan bijdragen aan die beroepspraktijk. Het gegeven dat ik als lector hiervoor een bepaalde verantwoordelijkheid draag en aan praktijkgericht onderzoek een bijdrage kan leveren, ervaar ik als een enorme uitdaging maar ook als de leukste kant van mijn werk als lector. Het biedt mij de mogelijkheid om theoretische kennis en concepten te vertalen naar oplossingen waar de beroepspraktijk op een directe manier voordeel van heeft.

Het lectoraat *Human Factors in maritieme automatisering* is onderdeel van de leerlijn *Technische innovaties voor een duurzame maritieme toekomst* en is één van de zes leerlijnen van Kenniscentrum *Duurzame Havenstad*. Het kenniscentrum, en daarmee het lectoraat, is voor het uitvoeren van praktijkgericht onderzoek primair afhankelijk van de inzet van docenten en studenten. De gedachte hierachter is dat er op deze manier een betere verbinding ontstaat tussen kenniscentra en het onderwijs en dat onderzoeksresultaten daardoor ook daadwerkelijk leiden tot vernieuwing van het curriculum.

Het lectoraat *Human Factors in maritieme automatisering* is primair gericht op het opleidingsinstituut *Rotterdam Mainport University of Applied Sciences* (RMU) van Hogeschool Rotterdam, maar ook op de technische opleidingen *Engineering and Applied Science* (EAS) en *Communicatie, Media en Informatietechnologie* (CMI). Om praktijkgericht onderzoek meer massa en focus te geven, is het denk ik nodig dat het lectoraat samen met het onderwijs op een programmatische manier onderzoek gaan verrichten. Als slotsom van deze openbare les formuleer ik drie thema's waarbinnen ik praktijkgericht onderzoek wil uitvoeren.

Het op een eenduidige manier benaderen en uitvoeren van praktijkgericht onderzoek is een tweede speerpunt om meer massa en focus te krijgen in

praktijkgericht onderzoek. Ook daar ligt voor het lectoraat een verantwoordelijkheid. Door in het afgelopen jaar met docenten en studenten in gesprek te gaan over wat praktijkgericht onderzoek is, hoe het uitgevoerd kan worden en hoe de kwaliteit ervan vastgesteld kan worden, heeft mij gedwongen op een bewuste en expliciete manier met de fundamentele van methoden en technieken van onderzoek bezig te zijn en heb ik vele methodiekboeken geraadpleegd. Dat is gezien het feit dat ik in mijn hoedanigheid als senior human factor scientist bij TNO dagelijks met onderzoek bezig ben wellicht vreemd om vast te stellen. Dat deze reflectie over methoden en technieken voorheen niet in die mate nodig was komt denk ik voort uit het gegeven dat bij TNO door de loop der jaren een onderzoekcultuur is gegroeid tussen gelijk gestemde die weinig afstemming behoeven en al helemaal geen fundamentele discussies voeren over iets als bijvoorbeeld het wel of niet toepassen van de regulatieve cyclus. Het heeft me verrast dat ik het nadenken over methoden en technieken en daarover met docenten en studenten te praten zo interessant heb gevonden. Het heeft in ieder geval geleid dat ik in deze openbare les ook aandacht besteed aan de vraag hoe praktijkgericht onderzoek geschikt gemaakt kan worden voor het onderwijs.

Tot slot wil ik graag een aantal mensen bedanken. Op de eerste plaats zijn dat Monique van der Drift en Jacco Griffioen voor het feit dat ze, na afloop van mijn presentatie op 29 mei 2015 voor de KNVR, mij hebben aangesproken en hebben gepolst voor deze functie. De rest is geschiedenis.

Ik wil het College van Bestuur van Hogeschool Rotterdam en de Raad van Bestuur van TNO danken voor het vertrouwen dat in mij is gesteld om het lectoraat *Human Factors in maritieme automatisering* invulling te geven.

Ik dank Maarten van Ogtrop, Peter Verhagen, Arjan Lagendaal, Liek Voorbij en TNO-collega Michael Holewijn voor het vele werk achter de schermen om mijn aanstelling formeel mogelijk te maken.

Ik ben Jolanda Dwarswaard, Liek Voorbij, Elin Koppelaar en TNO-collega Jan Maarten Schraagen zeer erkentelijk voor hun reflectie, commentaar en aanvullingen op eerdere versies van deze openbare les.

Ik dank verder mijn collega's van het kenniscentrum voor het feit dat ze mij met open armen hebben ontvangen en mij met raad en daad hebben bijgestaan. In de werkruimte op de RDM kade - met direct zicht op de Dokhaven en Nieuwe Maas - is het een komen en gaan van lectoren, collega's van het RDM Centre of Expertise, docenten en studenten. Deze dynamiek spreekt mij erg aan omdat er altijd wel weer een interessant gesprek of ontmoeting ontstaat en er momenten zijn, zoals de kennislunch, waarin ik me gemotiveerd voel om met praktijkgericht

8 onderzoek en kennisoverdracht bezig te zijn. Peter Verheijen, dank voor je collegialiteit en voor het feit dat je als liaison mij wegwijs hebt gemaakt bij de RMU en in de activiteiten binnen de community *Maritime & Offshore Innovation* van het RDM Centre of Expertise.

Ook ben ik mijn TNO-collega's van de 'technische menskunde locatie' in Soesterberg en mijn directe collega's van mijn 'eigen' afdeling *Human behaviour & Organisational Innovations* veel dank verschuldigd. Ik ben me zeer bewust van het feit dat deze openbare les en de voorbeelden die ik heb kunnen geven niet tot stand waren gekomen zonder al die jaren van samenwerking en zonder gevoed te zijn geweest door de gezamenlijke projecten, artikelen en rapporten die we hebben geschreven en de gesprekken en discussies die we hebben gevoerd.

Als laatste dank ik mijn gezin voor hun steun en begrip voor het feit dat ik mij vele weekeind- en vakantiedagen aan het gezinsleven heb onttrokken. Beste Roos, Elmo en Jasper, het resultaat ligt er nu en ik hoop dat dit boekje het gemis waard is gebleken. Ik vind het in ieder erg waardevol dat ik met deze openbare les jullie weer iets meer kan meegeven over wat mij fascineert en waar ik mij beroepsmatig mee bezig houd. Ik hoop dat jullie later net als ik ook een plek zullen vinden die voldoening en motivatie zal bieden. Lieve Margo, dank voor het grondig lezen en corrigeren van eerdere versies van deze openbare les. Je bent een ervaren hbo-docent en recentelijk een cum laude master social work. Ik kijk met veel plezier terug op alle gesprekken die we hebben gehad over de ins en outs van het hbo-onderwijs en onderzoek, vaak nadat ik met een vol hoofd thuis kwam. Ik kijk uit naar de gesprekken en reflecties die ongetwijfeld zullen volgen. Zonder jouw liefde en steun was het zeker niet gelukt.

Zwolle, 28 augustus 2017.

Voorwoord	5
Hoofdstuk 1 De mens komt van Mars en automatisering van Venus?	13
1.1 Interactie tussen mens en technologie	13
1.2 Onhandige automatisering	14
1.2.1 Advanced driver assistance system	15
1.2.2 Dynamic positioning systems	16
1.3 Maritieme veiligheid en automatisering	19
1.4 De ironie van automatisering	23
Hoofdstuk 2 Autonoom varen nader beschouwd	25
2.1 De ontwikkellijn van autonome technologie	25
2.2 Situation awareness	27
2.3 Mens of techniek: wie doet wat?	29
2.3.1 Vragen in het wie-doet-wat-vraagstuk	29
2.3.2 Antwoorden in het wie-doet-wat-vraagstuk	30
2.3.3 Conclusie betreffende de operator van de toekomst	31
2.4 Op weg naar volledige autonomie?	33
Hoofdstuk 3 Symbiose tussen mens en machine	37
3.1 Intelligente ondersteuning van de DP-operator	38
3.1.1 Roaming-concept	38
3.1.2 Intelligent operator support system	38
3.2 Augmented reality navigation	44
3.3 Onderzoek en ontwikkeling	46
3.4 Terug naar de Tesla-case	46
Hoofdstuk 4 Dienende techniek	49
4.1 Verbeterproblemen en constructieproblemen	49
4.2 Resilience engineering	50
4.2.1 Wat is resilience engineering?	50
4.2.2 OSIST-model	52
4.3 Operationele kosten	55

Hoofdstuk 5 Praktijkgericht onderzoek	61
5.1 De operator van de toekomst	62
5.2 Resilience en maritieme veiligheid	64
5.3 Praktische relevantie van automatisering	65
Hoofdstuk 6 Onderwijs	67
6.1 Onderwijs gedreven onderzoek	67
6.2 Onderzoek geschikt maken voor onderwijs	69
Hoofdstuk 7 Samenvatting	71
Bronnen	75
Over de auteur	81
Eerdere uitgaven	82

Afbeelding 1. Een Tesla model-S verongelukt in zelfrijdende modus, resulterend in de dood van Joshua Brown op 7 mei 2016	15
Afbeelding 2. Oaka Mizu, de FPSO-installatie van Bluewater	17
Afbeelding 3. Toepassing van tablet en smartwatch in de 'machinekamer'	39
Afbeelding 4. IOSS als ondersteuning 'op de brug'	39
Afbeelding 5. Clippy, tot uw dienst?	42
Afbeelding 6. Voorbeeld van smart notifications	42
Afbeelding 7. Vastleggen van werkafspraken	44
Afbeelding 8. Artist impression van het gebruik van de AR-viewer (Bron: Schmidt, 2017)	45
Afbeelding 9. De MOL Triumph arriveert in de haven van Rotterdam	47
Figuur 1. Overzicht van de oorzaken van LOP-incidenten als percentage van het totaal aantal incidenten (Bron: Hauff, 2014)	18
Figuur 2. Visie van Rolls Royce op de ontwikkeling naar autonoom varen	26
Figuur 3. Schematische weergave van remote support	27
Figuur 4. Het standaardmodel van situatie-bewustzijn	29
Figuur 5. Weak AI en strong AI ontwikkelen zich met verschillende snelheden	34
Figuur 6. Resilience engineering vertegenwoordigt een nieuwe visie op veiligheid (Bron: Hollnagel, 2009)	51
Figuur 7. De vier essentiële eigenschappen die een socio-technisch systeem meer resiliënt maken (Bron: Hollnagel, 2009)	52
Figuur 8. Resilience van een socio-technisch systeem vraagt om een integrale aanpak van verschillende systeemaspecten	53
Figuur 9. Bij een geoptimaliseerde bemanning houden bemanningskosten en automatiseringskosten elkaar in evenwicht (met dank aan TNO-collega Wilfried Post)	56
Figuur 10. Overzicht van de platformontwikkeling van de Koninklijke Marine	58
Figuur 11. Ontwerp- en evaluatieraamwerk bemanningsmodellen	59
Figuur 12. Ondersteuning op afstand-opstelling en -experiment	64

De mens komt van Mars en automatisering van Venus?

'De machine die 'daar voor me' schijnt te staan en de mens die 'in me' schijnt te zitten, zijn niet twee afzonderlijke dingen. Ze groeien samen naar Kwaliteit toe, of raken samen steeds verder van Kwaliteit verwijderd.'

Robert M. Pirsig in Zen en de kunst van het motoronderhoud, 1980

Door voortschrijdende technologische innovatie in de laatste decennia worden steeds meer taken van de mens overgenomen door geautomatiseerde systemen en robots. Dat geldt ook voor taken waarvoor het tot voor kort niet mogelijk leek dat ze volledig geautomatiseerd konden worden uitgevoerd, zoals het besturen van een auto of het varen van een schip.

1.1 Interactie tussen mens en technologie

Volgens Sarter, Woods en Billings (1994) is automatiseringstechnologie oorspronkelijk ontwikkeld om de precisie, prestaties en efficiëntie van werkprocessen te vergroten. Tegelijkertijd zou de werkdruk verminderen en zouden de opleidingseisen voor de operator kunnen worden aangepast.

Ook werd het als technisch mogelijk beschouwd om autonome systemen te ontwikkelen die weinig, zo niet geen enkele menselijke betrokkenheid vergen en op die manier de kans op menselijke fouten te verminderen of elimineren. Dit hoofdstuk laat zien dat verregaande automatisering nieuwe problemen met zich meebrengt als menselijke factoren (human factors) onvoldoende betrokken worden bij het ontwerpen van de geautomatiseerde systemen.

De interactie tussen mens en technologie wordt sinds de Tweede Wereldoorlog min of meer systematisch onderzocht. De beroemde Amerikaanse psycholoog

Paul Fitts wordt gezien als pionier op dit gebied. Samen met anderen humanfactor-psychologen werkte hij in de Tweede Wereldoorlog aan ontwerpen voor cockpits, navigatiedisplays en radarsystemen. Fitts (1951) stelde terecht dat machines ontwikkeld moesten worden voor de mens en dat ze de mens niet moesten dwingen zich aan te passen.

In Nederland werd begin jaren '60 van de vorige eeuw voor het eerst systematisch onderzoek gedaan naar human factors op het gebied van maritieme automatisering. In het artikel Technisch menskundige factoren bij de inrichting van een navigatiebrug uit 1967, werd het onderzoek, in de geest van Paul Fitts, als volgt samengevat:

'In het bijzonder door de toenemende automatisme is het van belang de menselijke waarnemings- en handelingscapaciteiten te betrekken in het ontwerp van een navigatiebrug. Uitzicht, paneelbouw en de ruimtelijke indeling aan de brug worden behandeld. Het belang van mock-up bouw, schaal 1 : 1, voor ontwerp en ten behoeve van gecoördineerd teamwork aan alle belanghebbenden, wordt onderstreept' (Walraven & Lazet, 1967, p. 1).

Hoe bewonderenswaardig het streven van Fitts ook was, hij introduceerde hiermee wel het zogenaamde *MABA-MABA*-denken (Men Are Better At..., Machines Are Better At...). De opsomming van goede en minder goede kwaliteiten van mens en computer die Fitts opstelde, staat bekend als de *Fitts List*. Winter en Dodou (2011) laten zien dat deze dichotome vorm - dus met slechts twee mogelijkheden - van toewijzen van functies aan 'de mens' of aan 'de machine' (functieallocatie) nog steeds wordt toegepast bij de ontwikkeling en implementatie van geautomatiseerde systemen.

1.2 Onhandige automatisering

De eenzijdige technologiegerichte benadering die uit het *MABA-MABA*-denken is ontstaan, heeft de afgelopen jaren geleid tot onverwachte problemen in de interactie tussen mens en systeem (Sarter et al., 1994). Een voorbeeld daarvan is dat een geautomatiseerd systeem in situaties van hoge werklast en veel dynamiek niet helpt maar juist hindert, doordat het te veel moeite vergt om het systeem te leren begrijpen en te gebruiken. Wiener (1989) introduceerde hiervoor de term '*onhandige automatisering*' (*clumsy automation*). Overdreven gezegd maakt onhandige automatisering makkelijke taken makkelijker en moeilijke taken moeilijker wanneer er problemen zijn. Hierbij komt dat de voorspelbaarheid en transparantie van systemen afnemen als gebruikers geen zicht wordt geboden op de onderliggende mechanismen en processen. Gebruikers zien systemen dan als

black box en hebben onvoldoende inzicht in hoe zij de systemen kunnen aanpassen en kunnen verrast worden door de acties van hun 'krachtige maar duistere' machinepartner.

Het advanced driver assistance system (§ 1.2.1) en dynamic positioning systems (§ 1.2.2) zijn voorbeelden van onhandige automatisering. Onhandige automatisering is een fundamenteel probleem dat zowel in de auto-industrie als in de maritieme sector een belangrijke oorzaak is van het ontstaan van ongelukken en riskante situaties.

1.2.1 *Advanced driver assistance system*

Joshua Brown zette als trotse Tesla-rijder veel YouTube-video's online, waarop hij vrolijk en onbekommerd handsfree in zijn 'Tessy' over de snelweg reed. Op 7 mei 2016 werd een rit in zijn Tesla hem fataal (zie afbeelding 1). Deze gebeurtenis staat te boek als het eerste dodelijke ongeval als gevolg van falen van de *auto pilot*.



Afbeelding 1. Een Tesla model-S verongelukt in zelfrijdende modus, resulterend in de dood van Joshua Brown op 7 mei 2016

Onderzoek direct na de crash wees uit dat noch de sensoren van de auto noch Joshua Brown de voorlans kruisende vrachtwagen opgemerkt hadden. Aangevoerd werd dat de Tesla niet had geremd. Het onderzoek liet ook zien dat als Joshua Brown geconcentreerd was geweest op de weg en niet was afgeleid door zijn Smartphone, hij zeven seconden de tijd zou hebben gehad om te reageren op de vrachtwagen. Het feit dat Joshua Brown niet in staat was om de falende auto pilot te corrigeren, illustreert een fundamenteel probleem in de samenwerking tussen 'mens' en 'systeem'.

Het *advanced driver assistance system* zoals de auto pilot officieel heet, is ontworpen voor een beperkt aantal en relatief simpele situaties. Het is niet ontworpen voor complexe situaties zoals voorlangs kruisend verkeer. Volgens een verklaring van Tesla, merkte de sensor de witte vrachtwagen niet op tegen de achtergrond van een heldere hemel. Dat soort 'moeilijke' situaties vereist dus de volledige betrokkenheid van de bestuurder om de controle van de auto pilot over te kunnen nemen. Mensen zijn echter niet goed in taken die veel en langdurige concentratie vragen (vigilantietaken). De *vigilantie* wordt daarbij ondermijnd door de menselijke eigenschap een systeem steeds meer te vertrouwen naarmate het langer goed gaat. Dit gegeven heeft Joshua Brown parten gespeeld, want als enthousiast gebruiker heeft hij veel gereden in *auto pilot* mode. Dat ging elke keer goed, dus waarom zou het de volgende keer niet goed gaan?

In het ontwerp van het advanced driver assistance system is met de menselijke eigenschap van beperkte vigilantie die bovendien afneemt naarmate de positieve ervaring toeneemt, echter in het geheel geen rekening gehouden. Ook bij het Amerikaanse verkeersveiligheidsagentschap dat acht maanden na de crash onderzoek deed, speelden deze overwegingen van human factors geen rol. In de Tesla werden geen technische fouten gevonden die het ongeluk veroorzaakt konden hebben. Het agentschap gaf wel de waarschuwing dat een advanced driver assistance system maar een beperkt aantal verkeerssituaties aankan, bondig samengevat als: 'Not all systems can do all things' (Baudette, 2017). Deze uitspraak maakt duidelijk dat onhandige automatisering *niet* wordt gezien als de oorzaak van het ongeluk. De conclusie van het verkeersveiligheidsagentschap is ook niet dat Tesla verplicht is het ontwerp van het advanced driver assistance system aan te passen, in tegendeel: Joshua Brown had beter op de weg moeten letten.

1.2.2 *Dynamic positioning systems*

Dynamic positioning systems (DP-systemen) zijn computergestuurde systemen om automatisch de positie van een schip vast te houden of ervoor te zorgen dat het schip een vooraf bepaald traject vaart. DP-systemen worden voornamelijk toegepast in de offshore-industrie onder andere bij het baggeren, het leggen van kabels en pijpen, het uitvoeren van duik- en booroperaties en het oppompen van olie. Schepen met DP-systemen worden steeds groter en complexer. Incidenten hebben daarom ook steeds grotere consequenties. Ongelukken kunnen leiden tot aanzienlijke kosten doordat de apparatuur beschadigt, er menselijke slachtoffers vallen of er ecologische vervuiling optreedt. Het is daarom noodzakelijk om de veiligheid en betrouwbaarheid van DP-schepen te verbeteren.

Floating production and offloading ships (FPSO-schepen) (zoals in afbeelding 2) worden bijvoorbeeld lange tijd (maanden tot jaren) door middel van een DP-systeem recht boven de olieput gehouden om via een flexibele zuigbuis olie op

te pompen. Een FPSO-schip moet dus ondanks wind, golven en stromingen op dezelfde positie blijven. Als het schip te veel afdrijft, kan de zuigbuis breken, met alle gevolgen van dien (loss of position incident). Een *loss of position incident* (LOP-incident) veroorzaakt aanzienlijke kosten als gevolg van productieverlies en eventuele materiële en milieuschade. Het laatste redmiddel bij een incident is het gecontroleerd afkoppelen van de zuigbuis, waarmee breuk en milieuschade worden voorkomen. Het grootste deel van de tijd kan het DP-systeem de gewenste positie vasthouden, maar ondanks dat, monitoren vier DP-operators in ploegdienst 24/7 het systeem om eventueel verlies van positie te voorkomen.

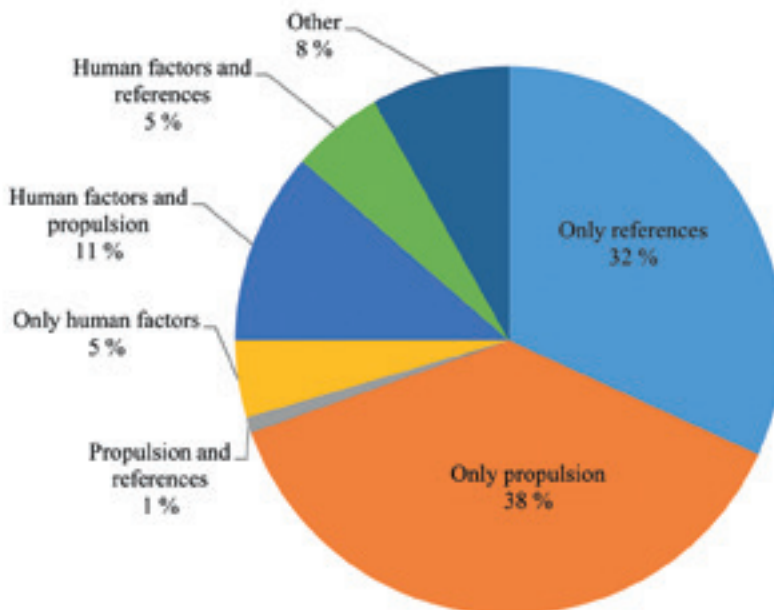
De DP-operator speelt dus een cruciale rol. Het is uiteindelijk de DP-operator die de controle van het DP-systeem moet overnemen om LOP-incidenten te voorkomen in geval het DP-systeem faalt. De DP-operator heeft een voornamelijk *superviserende* rol. Bij de *auto pilot case* in §1.2.1 heb ik aangegeven dat langdurig concentreren (vigilantie) een probleem kan zijn voor mensen; zo is ook de concentratie (vigilantie) die het monitoren van het DP-systeem vergt, voor de DP-operator moeilijk op te brengen, vooral 's nachts. Studies van Parasuraman en Riley (1997) laten zien dat het vigilantieprobleem een vorm van *zelfgenoegzaamheid* (complacency) met zich meebrengt. *Complacency* houdt in dat een operator geleidelijk steeds minder geneigd is constant te willen weten wat de toestand van het systeem is en zich makkelijker overgeeft aan het gevoel dat alles wel goed gaat. Het kan ertoe leiden dat de operator het systeem te veel gaat vertrouwen (*overreliance*), ook in situaties waarin dat eigenlijk niet kan en die dus potentieel gevaarlijk zijn.



Afbeelding 2. Oaka Mizu, de FPSO-installatie van Bluewater

Het effect van de hoge graad van automatisering van het systeem is dat de DP-operator vaak niet in staat is snel en effectief de controle over te nemen van het systeem. Dit effect staat bekend als het *out of the loop-handelingsprobleem* (performance problem) (Endsley & Kiris, 1995; Kaber & Endsley, 2004). Het heet 'out of the loop', omdat de operator in onvoldoende mate onderdeel is van het bedien- en beheersproces.

DP-systemen zijn complexe systemen en zijn moeilijk te doorgronden (Van der Kleij, Te Brake & Van den Broek, 2015). Anders dan in een auto, kan de DP-operator een probleem vaak niet *direct* waarnemen. De DP-operator kan problemen of kritische situaties alleen afleiden uit de informatie die via de interface (*conning display*) van het DP-systeem ontsloten wordt. Het zoeken naar informatie en instellingen kost tijd. Dit kan problematisch zijn, omdat de beschikbare tijd om te reageren op een *drift off* (LOP door wind of stroming) of een *drive off* (LOP door eigen aandrijving) in het algemeen zeer kort is en de kans op het voorkomen van een LOP snel afneemt nadat de fout optreedt (Chen & Moan, 2004 Sandhåland, Oltedal, Hystad & Eid, 2015). Tjallema, Van der Nat, Grimmelius en Stapersma (2007) onderschrijven dit door te stellen dat het *detecteren van het probleem*, het *identificeren van de fout*, het *bedenken van een oplossing* en het *implementeren van de oplossing* vaak te veel tijd kosten om een LOP te voorkomen, zeker omdat het schip ook nog tijd nodig heeft om te reageren.



Figuur 1. Overzicht van de oorzaken van LOP-incidenten als percentage van het totaal-aantal incidenten (Bron: Hauff, 2014)

De International Marine Contractors Association (IMCA) houdt sinds 1980 het aantal rapportages van DP-incidenten van alle DP-schepen anoniem bij. Hauff (2014) heeft een analyse van de data uit de IMCA-jaarrapporten van 1980 tot 2010 gemaakt (zie figuur 1).

Uit de analyse blijkt dat er in 21%¹ van de LOP-incidenten sprake was van verkeerd ingrijpen (*unsafe acts*) door DP-operators. Een interessante conclusie is dat in 5% van de gevallen de operator zelf de veroorzaker van het probleem was en dat in de meeste gevallen het probleem zat in de voortstuwing (*propulsion*). In de analyse zijn 222 incidenten opgenomen; dat betekent dat 36 incidenten (21% - 5% = 16%) voorkomen hadden kunnen worden.

1.3 Maritieme veiligheid en automatisering

Veel statistieken over maritieme veiligheid laten hoofdzakelijk 'de mens' zien als de veroorzaker van maritieme ongelukken (zie tekstkader). Deze aanname wordt echter gevoed door het feit dat het label '*human error*' steeds verschillend wordt geïnterpreteerd en tot een verzamelterm is geworden voor iedere betrokkenheid van 'de mens' bij situaties waarin 'dingen misgingen' (Hollnagel, 2016b). Anderzijds laten ongevalstatistieken een hoog percentage human errors zien doordat de onderzoekers vaak niet genoeg tijd nemen voor een gedegen ongevalsanalyse en het label 'human error' plakken op de oorzaken die er tot dan toe gevonden zijn. Een diepgaandere analyse zal altijd laten zien dat onder andere organisatorische, juridische, bestuurlijke, economische en wettelijke factoren (mede) een rol hebben gespeeld.

De aanname dat er mede andere factoren een rol spelen in de maritieme industrie, komt duidelijk naar voren als de transportstatistieken van de maritieme industrie worden vergeleken met die van de luchtvaartindustrie, waar dezelfde human factors en organisatorische uitdagingen een rol spelen als het gaat om veilig transport. Volgens de International Maritime Organization (IMO) is maritiem transport wellicht de meest internationale van alle grote industrieën en een van de meest gevaarlijke (International Maritime Organization, 2017). Maritiem transport blijkt 25 keer riskanter dan transport door de lucht, volgens cijfers over het aantal doden per honderd kilometer (Berg, 2013). De vergelijking laat zien dat de luchtvaartindustrie *geavanceerder en volwassener* is in haar benadering van veiligheid dan de maritieme sector.

1 21% is de optelling van de percentages van de drie human factor gerelateerde categorieën, respectievelijk 5-, 11- en 5%)

Scheepsstatistieken over de jaren '70 van de vorige eeuw tonen aan dat er meer dan één vrachtschip per dag verloren ging op zee. Dit deed alarmbellen rinkelen, met als resultaat dat de Amerikaanse Maritime Transportation Research Board onderzoek gelastte op het gebied van *human error*, met als doel het opstellen van aanbevelingen voor het voorkomen van maritieme ongevallen. Deze studie identificeerde enkele human factors die in hoge mate bijdroegen aan, of zelfs als oorzaak werden gezien van ongevallen. Enkele van deze factoren waren: onoplettendheid, inefficiënt brugontwerp, slechte operationele procedures, slecht gezichtsvermogen, hoge mate van vermoeidheid, onduidelijke samenwerking tussen kapitein en stuurman, overmatig alcoholgebruik, te veel personeelwisselingen, hoog percentage berekend risico, inadequate verlichting en markeringen, verkeerd gebruik van de radar, onzeker gebruik van geluidssignalen en niet-adequate regels en richtlijnen (Maritime Transportation Research Board, 1976).

In 1993 rapporteerde de U.S. Coast Guard dat 80% van maritieme ongelukken te wijten was aan *menselijke fouten*. Op basis van deze feiten is toen het programma 'Prevention through People' gestart. Dit programma was gericht op het ontwikkelen van een langetermijnstrategie voor het voorkomen van menselijke fouten (U.S. Coast Guard, 1995).

In 1994 rapporteerde de International Maritime Organisation (IMO) dat 75% van de scheepsongelukken wereldwijd te wijten was aan menselijke fouten. Op basis daarvan deed de IMO de *aanbeveling* om human factors (en in het bijzonder human errors) te bestuderen, wat een grote bijdrage zou kunnen leveren aan het verbeteren van maritieme veiligheid. De studie resulteerde in richtlijnen met een sterke focus op het *menselijke element*. Voorbeelden hiervan zijn de *International Safety Management Code* (ISM Code) en de aanpassing van de *International Convention on Standards for Training, Certification and Watchkeeping for seafarers* (STCW-verdrag uit 1974) die in 1997 van kracht werd.

Bron: gebaseerd op Grech, Horberry en Koester, 2008

Wellicht aangewakkerd door de statistieken wordt ook nu, net als in de jaren '90, het vervangen van 'de mens' door 'autonome systemen' bij uitstek gezien als middel om de falende mens te compenseren. Voorvechters van autonoom varen verdedigen het concept door te stellen dat autonome systemen de operationele kosten kunnen verlagen (§4.3) en de maritieme veiligheid kunnen vergroten, *juist* doordat de rol van de mens wordt verkleind. Deze vorm van MABA-MABA-denken waarin *human error* als primaire oorzaak van maritieme ongevallen wordt

geïdentificeerd, is een te simpele benadering van het veiligheidsvraagstuk en de processen die daarin een rol spelen.

Rypkema, Van der Beek, Schraagen, Winkelman en Van Wijngaarden (2015) melden dat het de Amerikaanse veiligheidsdeskundige Herbert W. Heinrich (1931) was die voor het eerst de mens in zijn veiligheidsanalyse van de *dominotheorie* heeft opgenomen. Heinrich legde uit dat een reeks opeenvolgende gebeurtenissen, met inbegrip van menselijk en technisch falen, tot een ongeluk kan leiden, zoals metaforisch gesproken een rij dominostenen omvallen. Als een van de dominostenen valt, tikt deze de volgende steen om, enzovoort. Dit denken is gebaseerd op de opvatting dat een ongeval één enkele oorzaak heeft (de eerste dominosteent die valt) en dat *die* oorzaak het belangrijkste doel voor preventie moet zijn. Deze weergave dat de oorzaak van een incident *lineair* en *deterministisch* tot een ongeluk leidt en dat het succesvol identificeren en elimineren van de oorzaak als effect heeft dat dat betreffende ongeluk niet meer zal gebeuren, ligt ten grondslag aan het optimisme van het denken in 'de techniek lost alles wel op'. Het gevaar van deze versimpeling is dat er autonome systemen worden ontwikkeld die onvoldoende flexibel en interactief zijn om met wisselende en complexe situaties om te gaan en *juist* daardoor een gevaar vormen voor de maritieme veiligheid.

Een aspect dat in het MABA-MABA-denken vaak over het hoofd wordt gezien, is het reëel bestaande risico dat er met het introduceren van autonome systemen *nieuwe foutbronnen* ontstaan. Te denken valt aan foutbronnen in technische systemen en in communicatieverbindingen, maar ook het gebrek aan cybersecurity is een gevoelig en potentieel risico voor operationele continuïteit en de veiligheid van het scheepvaartverkeer. Ook is het de vraag of de op afstand geplaatste menselijke operator, geïsoleerd van de realiteit van het schip en zijn werkelijke omgeving, technisch dusdanig ondersteund kan worden dat deze persoon in voldoende mate in staat is het schip veilig te houden.

Het belangrijkste aspect wat mij betreft is echter dat de 'techniek lost alles wel op' manier van denken voorbijgaat aan het feit dat in kritische domeinen, veiligheid wordt gewaarborgd doordat *socio-technische systemen* zich kunnen aanpassen aan de operationele eisen van het moment en kunnen corrigeren en reageren als dingen misgaan of anders verlopen dan verwacht (Stanton, Salmon, Walker, Salas & Hancock, 2017). De socio-technische systeembenadering gaat ervan uit dat een combinatie van mensen (*socio*) - zoals individuen, teams en organisaties - en technische elementen - zoals geautomatiseerde systemen, computers en instrumenten - interacteren om organisatorische activiteiten te ondersteunen. Simpel gezegd: een dieptemeter levert informatie die van belang is voor de *situation awareness* (§2.2) van de stuurman, omdat de stuurman op basis van die

informatie het risico van *aan de grond lopen* kan bepalen en eventueel actie kan ondernemen. Samenwerking en afstemming, breed gedefinieerd, staan centraal in het socio-technische systeemconcept. Het kan bijvoorbeeld gaan om samenwerking op de brug op het eigen schip maar ook om samenwerking tussen schepen. Een schipper kan bijvoorbeeld met behulp van radar of automatische identificatiesystemen (AIS) geattendeerd worden op gevaar voor aanvaring; aangenomen dat het andere schip over vergelijkbare apparatuur beschikt, wordt een gezamenlijk beeld van de situatie gecreëerd op basis waarvan afstemming kan plaatsvinden (bijvoorbeeld via de marifoon of andere communicatiemiddelen) over de manier waarop de aanvaring vermeden kan worden. Dit gedeelde bewustzijn van de situatie wordt aangeduid met *shared situation awareness* (Stanton et al., 2006).

De veerkracht en responsiviteit in de situatie wordt met de Engelse term *resilience* aangeduid. In de definitie van Eric Hollnagel (2016a) is een systeem resiliënt:

'if it can adjust its functioning prior to, during, or following events (changes, disturbances, and opportunities), and thereby sustain required operations under both expected and unexpected conditions'.

Het gaat er bij resilience niet alleen om dat een systeem kan herstellen van bedreigingen en druk, maar ook adequaat kan handelen onder verschillende omstandigheden – en kan reageren op zowel verstoringen als mogelijkheden. Veerkracht en responsiviteit vereisen een adaptieve manier van samenwerken tussen mensen onderling en tussen mens en systeem.

Samenwerking en interactie vereisen sociale vermogens zoals communicatie, informatiedeling, afstemming en coördinatie. Dat betekent dat autonome systemen niet alleen ontworpen moeten worden om een *taak* zo goed mogelijk uit te voeren, maar ook ontworpen moet worden met oog op samenwerking en coördinatie met andere actoren (mensen en technische systemen), als onderdeel van het socio-technische systeem. Echter, door de 'vervangbaarheidsmythe' worden overwegingen om van autonome systemen ook effectieve 'team players' te maken, zelden in ontwikkeltrajecten opgenomen. Ook evaluaties en analyses van de invloed van autonome systemen op de resilience van socio-technische systemen blijven achterwege. Het mogelijk ontbreken van een sociale oriëntatie en adaptief vermogen kan ook gezien worden als een vorm van onhandige automatisering, namelijk: de resilience van het socio-technische systeem wordt door automatisering verzwakt in situaties die juist een hoge mate van adaptiviteit vragen.

Ik heb in §1.1, 1.2 en 1.3 laten zien dat er door voortschrijdende technologische ontwikkelingen meer en meer taken van de mens overgenomen worden door geautomatiseerde systemen. De praktijkvoorbeelden illustreren echter dat hoog-geautomatiseerde systemen ook weer nieuwe 'uitdagingen' oproepen, die ironisch genoeg een fundamenteel automatiseringsprobleem vormen.

*Hoe **meer** het werk wordt geautomatiseerd² en hoe betrouwbaarder en robuuster de automatisering is, hoe **kleiner** de kans dat de menselijke operator, die overzicht moet houden over de geautomatiseerde systemen, zich bewust is van kritische informatie en de controle handmatig kan overnemen wanneer dat nodig is (Endsley, 2016).*

Het gevolg van het MABA-MABA-denken is dat het accent van de ontwikkelingen ligt op het vervangen van de mens door meer en meer van diens taken over te nemen en niet op het kopiëren van diens adaptieve en sociale vermogen. Het introduceren van autonome systemen kan op de volgende manier een tweede fundamenteel automatiseringsprobleem gaan vormen.

*Hoe **meer** autonome systemen worden toegevoegd aan het socio-technische systeem, hoe **kleiner** de kans is dat het systeem voldoende resiliënt is om adequaat te kunnen handelen onder verschillende omstandigheden en te kunnen reageren op zowel verstoringen als mogelijkheden.*

Juist dat vormt ironisch genoeg een bedreiging voor de maritieme veiligheid.

2

Meer automatisering verwijst naar het gebruik van automatisering voor meer functies, voor langere duur, voor hogere automatiseringsniveaus en voor automatisering die langere taaksequenties omvat.

Autonoom varen nader beschouwd

'It turns out that the human mind is less computer-like than originally realized, and AI is less human-like than originally hoped.'
Guszcza, Lewis & Evans-Greenwood, 2017

'Autonoom varen' staat volop in de belangstelling, aangewakkerd door ontwikkelingen op het gebied van autonoom rijden. Net als bij autonoom rijden is het idee achter de ontwikkeling van autonoom varende schepen dat ze zelfstandig moeten kunnen varen en navigeren. Zeker nu kunstmatige intelligentie - naar het zich laat aanzien - in een bestendige bloeiperiode zit (Guszcza et al., 2017), wordt het nu ook als technisch haalbaar beschouwd om autonome systemen te ontwikkelen die weinig, zo niet geen enkele menselijke betrokkenheid vergen. Dit hoofdstuk laat echter zien dat ook in de ontwikkeling van autonoom varen 'de mens' als operator een belangrijke rol zal blijven spelen, omdat schepen in de toekomst zullen worden gemonitord en zullen worden bijgestaan door een operator vanuit een walstation, waar dan ook. Dit betekent dat er voor hem een dimensie bij komt ten opzichte van de 'uitdagingen' die hij bij autonome systemen tegenwoordig al ondervindt, namelijk *ondersteuning op afstand* oftewel *remote support*.

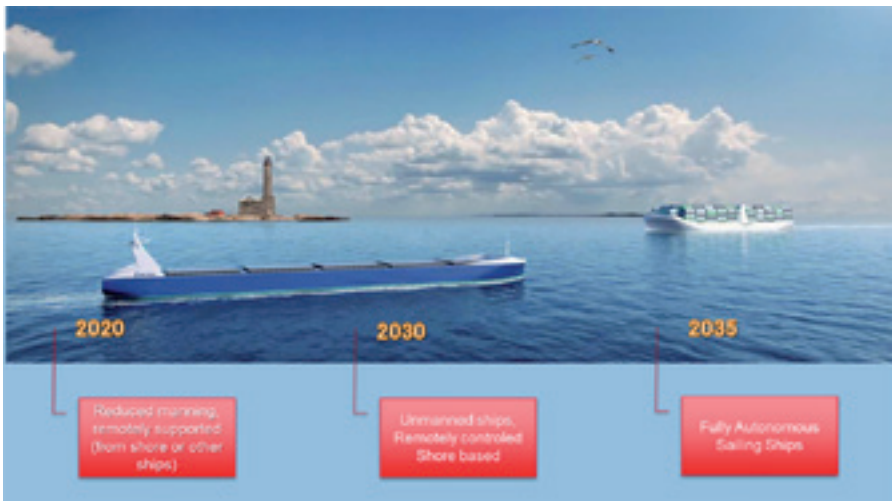
2.1 De ontwikkellijn van autonome technologie

Er zijn al veel bedrijven en organisaties die plannen ontwikkelen en concepten hebben klaarliggen op het gebied van autonoom varen. DNV-GL, een internationale accreditatie-, registratie- en classificeringsorganisatie, heeft onlangs de ReVolt gepresenteerd als de volgende generatie onbemande kustvaarder (DNV-GL, 2017; DNV-GL, z.j.). Ook Rolls Royce Marine heeft aangekondigd (Rolls Royce, 2017) dat ze fors gaat investeren in onderzoek en ontwikkeling van intelligente scheepssystemen. Ze zoekt daarbij samenwerking met andere partijen en aanvullende financiering. Vooral Scandinavische landen stellen veel onderzoeksbudgetten beschikbaar.

Asbjørn Skaro, Director Digital and Systems bij Rolls-Royce, zegt in een persbericht (Rolls Royce, 2017) hierover:

'Rolls-Royce is pioneering remotely controlled and autonomous ships and believes such a remote controlled ship will be in commercial use by the end of the decade and a common sight on the high seas by 2030. For the full benefits of such a change to be realized, many activities currently done today manually will need to be done autonomously. This research will help us explore how that might be achieved.'

Belangrijk in het bovenstaande citaat is dat er gesproken wordt over zowel *remotely controlled* als over *autonomous ships*. Figuur 2 illustreert de gefaseerde ontwikkelingslijn zoals Rolls Royce die voor zich ziet (Rolls Royce, 2016). Hierin wordt de fase van *remotely controlled* gezien als de voorloper van *full autonomous ships*. Figuur 2 maakt duidelijk dat in de fase van nu tot 2020 en van 2020 tot 2030 schepen worden gemonitord en worden bijgestaan door een operator op afstand. Het idee hierachter is dat *remote support* door operators nodig is totdat de 'intelligentie' van scheepssystemen ver genoeg ontwikkeld is om de autonome systemen zonder hulp van buitenaf te laten varen.

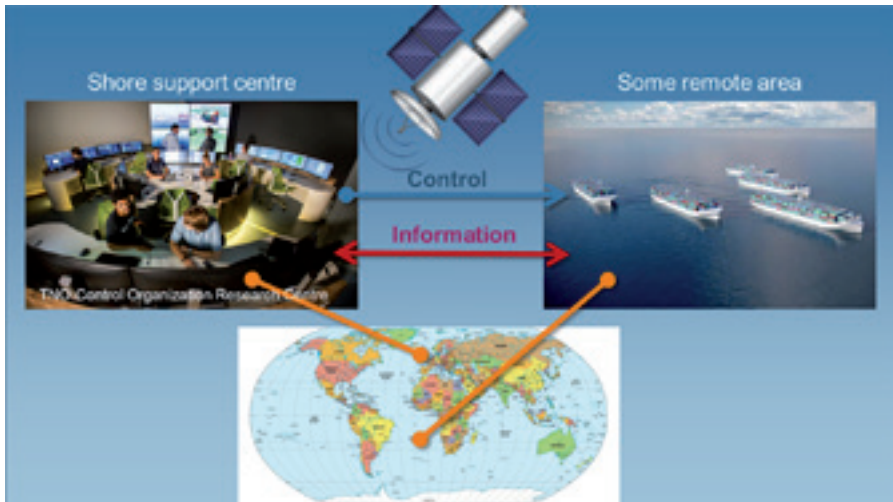


Figuur 2. Visie van Rolls Royce op de ontwikkeling naar autonoom varen

Figuur 3 laat schematisch zien wat de opzet van *remote support* is. Het doelschip vaart 'ergens' in een geografisch gebied en staat in verbinding met een operator die zich mogelijk op grote afstand van het schip bevindt in een walstation (*shore support centre*).

De figuur laat ook zien dat er informatie uitgewisseld kan worden tussen het shore support centre en het doelschip. De operator heeft de mogelijkheid om assistentie te verlenen door specifieke informatie aan te leveren, maar kan ook de controle (control) over het schip overnemen en deze met de hand besturen. De *samenwerking* tussen de systemen aan boord van het autonome schip en de operator op afstand vereist:

- dat er een taakverdeling is tussen schip en operator; en
- dat de operator in deze samenwerking tussen mens en machine moet weten wanneer hij moet ingrijpen en wanneer niet.



Figuur 3. Schematische weergave van remote support

2.2 Situation awareness

Tot nu heb ik de term 'intelligentie' gebruikt in combinatie met autonoom varen en termen zoals het 'detecteren van het probleem', het 'bedenken van een oplossing' en het 'implementeren van de oplossing' gebruikt in de DP-case. Echter, omdat het bij maritieme veiligheid uiteindelijk gaat om het vermogen om situaties goed te kunnen inschatten en daarop te kunnen reageren, geeft de term *situation awareness* beter aan waar het om gaat. Ik leg de opbouw van *situation awareness* uit aan de hand van een navigatievoorbeeld.

Navigeren bestaat uit een aantal hoofddoelen, zoals routeplanning, baancontrole, omgeving waarnemen, anticiperen op weersomstandigheden en vermijden van aanvaringen. Dat situation awareness (SA) een bruikbaar begrip is in de context van maritieme veiligheid, illustreren Grech, Horberry en Koester (2008) door het 'proces van vermijden van aanvaringen', oftewel het *anti-collisionproces*, op de volgende manier te beschrijven:

- 1 De aanwezigheid van andere schepen en hun vaart en koers moeten worden vastgesteld. Dat kan door visuele waarneming of met behulp van radar of automatische identificatiesystemen (AIS).
- 2 Vervolgens moet worden vastgesteld of de vaarroutes elkaar gaan kruisen. Zo niet, dan is er geen gevaar voor aanvaring (en stopt het anti-collisionproces).
- 3 Vervolgens moet vastgesteld worden of er gevaar voor aanvaring is; zullen de twee schepen zich (ongeveer) op het zelfde tijdstip en (ongeveer) op dezelfde positie bevinden?
- 4 Op basis van *International Regulations for Preventing Collisions at Sea* (COLREGs) (IMO, 2017b) moet bepaald worden welk schip moet uitwijken.
- 5 Er moet beoordeeld worden of uitwijken ook mogelijk is (geen gevaar van ondiepte bijvoorbeeld). Het kan daarom nodig zijn om contact met het andere schip op te nemen.
- 6 Als er actie vereist is, moet die tijdig en effectief ingezet worden om aanvaring te voorkomen.
- 7 Tot slot moet er actie ondernomen worden om vast te stellen dat de manoeuvre het beoogde effect heeft.

Er zijn vele situaties waardoor er iets in de beschreven procedure mis kan gaan en die tot ongelukken kunnen leiden. De stuurman op de brug kan een schip over het hoofd zien, er kan een verkeerde conclusie getrokken worden aangaande het risico op een aanvaring, de actie die ondernomen wordt om de aanvaring te voorkomen kan een verkeerde zijn of mist het benodigde effect, enzovoort. Dit proces kan in drie fases beschreven worden met gebruik van het *model of situation awareness* (situatiebewustzijn) van Mica Endsley (zie figuur 4), die dit model in 1988 heeft geïntroduceerd:

- 1 Er doet zich een situatie voor waarin *situation awareness* wordt opgebouwd, door:
 - *Waarneming* (niveau 1). De aanwezigheid van een ander schip moet worden waargenomen.
 - *Begrip en anticipatie* (niveau 2 en niveau 3). Kruisen de koersen elkaar? Is er gevaar voor aanvaring? Welk schip moet uitwijken? Kan dat ook?
- 2 Na het verkrijgen van situation awareness volgt bepaald gedrag, een actie (uitvoering). Er wordt bijvoorbeeld een manoeuvre uitgevoerd om aanvaring te voorkomen.

- 3 De volgende stap is het leggen van de koppeling tussen gedrag en situatie (*terugkoppellus*). Heeft het gedrag gezorgd voor het beoogde effect?



Figuur 4. Het standaardmodel van situatie-bewustzijn

Als de *perceptie* of het *begrip* ontoereikend is, lukt het niet 'om het risico van *aanvaring*' waar te nemen, hetgeen een gevaar is voor de veiligheid van het schip.

2.3 Mens of techniek: wie doet wat?

Op een autonoom varend schip doet de apparatuur veel van het werk, maar blijft er ook een operator op afstand betrokken, om eventueel de controle over te nemen. De verdeling van taken over mens en apparatuur moet geheel duidelijk zijn, op alle drie de niveaus van situation awareness.

2.3.1 Vragen in het wie-doet-wat-vraagstuk

Ik heb laten zien dat de eerste stap in het SA-model het *waarnemen* van de situatie is. De situatie kan 'de aanwezigheid van een ander schip' betreffen of 'varen richting ondiepte'. Maar in breder perspectief betreft het ook het waarnemen van 'de maritieme situatie' en 'de informatie die nodig is om de totale situatie van het schip te beschrijven'. Op de eerste plaats gaat het om de voortgang van de reis: is het schip in open water of nauw vaarwater, op een drukke vaarroute, in de haven? Op de tweede plaats gaat het om de omgevingscondities, zoals de hoeveelheid daglicht, wind, stroming, zicht en zeegang. Ook de interactie met andere schepen die dichtbij varen is van belang, net als het gegeven dat het schip wordt ingehaald of dat er risico voor aanvaring is. Naast externe waarnemingen zijn er ook interne waarnemingen nodig van de werking en status van apparatuur (werkt alles zoals het moet werken?), aandrijving en vermogen, enzovoort. Bij het ontwerp van een autonoom varend schip is op dit niveau de vraag welke verdeling er moet zijn bij het doen van de noodzakelijke waarnemingen: ligt de waarneming bij sensoren op het schip of bij de operator op afstand? Ook moet duidelijk zijn onder welke condities sensoren betrouwbaar zijn en onder welke omstandigheden niet of minder en hoe de operator hier inzicht in krijgt.

Het SA-model laat zien dat de keuze voor een bepaalde actie (gedrag) is gebaseerd op de gedane waarneming, de verwerking van de informatie en de anticipatie op wat gedaan moet worden (waarvan het nemen van een beslissing over de te ondernemen actie een belangrijk onderdeel is). Beslissingen die zeevarenden nemen zijn belangrijk, omdat ze uiteindelijk invloed hebben op de veiligheid. Een verkeerde beslissing kan de oorzaak zijn van een ongeluk of een catastrofe. Bij het ontwerp van een autonoom varend schip is de vraag hoe de situation awareness niveaus 'begrip' en 'anticipatie' verdeeld worden tussen de intelligente systemen aan boord en de operator op afstand.

Het laatste onderdeel van het wie-doet-wat-vraagstuk betreft het uitvoeren van acties die het gedrag van het schip bepalen oftewel het varen van het schip: wordt de operator op afstand geacht letterlijk de controle over het schip over te kunnen nemen en deze handmatig te varen als dat nodig is?

2.3.2 Antwoorden in het wie-doet-wat-vraagstuk

Gebaseerd op experimenten kwamen Onnasch, Wickens, Li en Manzey (2014) tot de conclusie dat *information acquisition* (vergelijkbaar met SA-niveau 1 waarnemen) en *information analysis* (vergelijkbaar met SA-niveau 2 begrijpen) goed te automatiseren zijn, terwijl *decision making* en *execution* (vergelijkbaar met SA-niveau 3 anticiperen) minder goed te automatiseren zijn. Betekenen de bevindingen, dat de aspecten op niveau 1 en 2 overgelaten kunnen worden aan de techniek en dat niveau 3, vooralsnog, door de operator wordt uitgevoerd?

Helaas ligt het niet zo simpel. Het probleem met informatieverwerkingsmodellen die het cognitieve proces opdelen in niveaus (Endsley) of stadia (Onnasch et al.), is dat ze als een lineair en sequentieel informatiemodel kunnen worden opgevat: waarneming is de eerste stap en dient als input voor begrip en gedrag. Echter *informatie* en *situatie* zijn geen neutrale begrippen. Mensen zien of zoeken namelijk actief naar informatie vanuit bepaalde verwachtingen of schema's en interpreteren de informatie op basis van verwachtingen en context. Zo zijn onder andere de taak die wordt uitgevoerd, de doestellingen van de waarnemer en diens ervaring van invloed op de informatie die wordt waargenomen. Om niveau 2 situation awareness te bereiken wordt niveau 1 informatie geïnterpreteerd en wordt de relevantie ervan beoordeeld in relatie tot de taak en doestellingen. Het doen van een waarneming of *information acquisition* is dus een niet-lineair complex *cognitief* proces. Dit wordt vooral duidelijk als er sprake is van onvolledige, onjuiste en onvolkomen informatie: dan is menselijke intelligentie absoluut nodig om die informatie op waarde te kunnen schatten.

Volgens Stanton et al. (2017) is het SA-model van Endsley bovendien 'normatief', omdat ze impliciet van een objectiveerbare waarheid (*ground truth*) uitgaan,

namelijk als een situatie die een relatief statisch en blijvend referentiepunt zou vormen voor het beoordelen van de 'juistheid' of 'onjuistheid' in de situation awareness (Endsley, 1988). Wat Stanton et al. bedoelen, is dat het opbouwen van situation awareness van een schip niet vergelijkbaar is met het kijken naar een schilderij met de bedoeling zoveel mogelijke losse elementen en facetten in je op te nemen en dat daarbij zou gelden dat hoe meer 'elementen' je in je op kan nemen, hoe beter de situation awareness is. Het werkt juist andersom. Situation awareness wordt opgebouwd met een bepaald *doel* en dat doel stuurt de waarneming. Dus als je wilt begrijpen wat een schilder wil overbrengen met zijn kunstwerk, kijk je over het algemeen naar andere elementen en symbolen dan wanneer je wilt begrijpen hoe de schilder technisch te werk is gegaan. Situation awareness is ook 'constructief' van aard, omdat de waarnemer deel uitmaakt van de situatie en de dynamiek van die situatie kan beïnvloeden, is de waarnemer daardoor een essentieel onderdeel van de toekomst. Dat betekent dat in een anti-collisionsituatie schepen op elkaar zullen reageren en als er meerdere schepen dicht op elkaar varen, kan dat tot ingewikkelde interactiepatronen leiden. Individuen zijn dus niet altijd passieve waarnemers van een statische normatieve situatie, maar zij zijn 'actoren' in een interactief dynamisch systeem, waardoor nieuwe 'formatieve' situaties ontstaan.

Uit dit betoog blijkt dat situation awareness een complex cognitief proces is dat weliswaar uit verschillende niveaus of fases bestaat, en dat de opbouw ervan niet simpelweg in stukjes opgedeeld kan worden en niet simpelweg aan mens of machine gealloceerd kan worden. Daarbij komt dat situation awareness niet een objectieve weergave is van een situatie en dat niet van tevoren kan worden bepaald wat een juiste situation awareness is in een bepaalde situatie. Situation awareness wordt actief opgebouwd en gedeeld in socio-technische systemen door actoren (mensen, systemen en instrumenten) met een bepaald doel. Het allocatievraagstuk betreft dan ook niet wat de systemen kunnen overnemen van 'de mens', maar hoe 'de mens' en de systemen kunnen samenwerken in het opbouwen en onderhouden van situation awareness (Van den Broek, Schraag, Te Brake & Van Diggelen, 2017).

2.3.3 Conclusie betreffende de operator van de toekomst

Wat valt er op basis van de vragen en antwoorden in het wie-doet-wat-vraagstuk te zeggen over de rol van de *operator van de toekomst*? Net als ik bij de Tesla-case en de DP-case heb beschreven, zal de operator een *supervisor van systemen zijn*. Zoals ik heb laten zien stelt deze rol hoge eisen aan vigilantie en oplettendheid van de operator. Daarbij komt dat de operator en de systemen op alle SA-niveaus zullen moeten samenwerken.

De mate waarin systeem en operator elkaar moeten aanvullen bij het opbouwen en onderhouden van situation awareness, hangt enerzijds af van de geavanceerdheid en betrouwbaarheid van de techniek. Op het niveau van waarneming (niveau 1) kunnen bijvoorbeeld sensoren onder bepaalde omgevingscondities (zeegang, licht, sneeuw) minder betrouwbaar zijn dan normaal. De auto pilot case (§1.2.1.) leert ons dat het voor een operator, c.q. chauffeur zeer behulpzaam zou zijn als autonome systemen het (leer) vermogen zouden bezitten om de betrouwbaarheid van de (eigen) sensoren in bepaalde omstandigheden te bepalen en hierover terugkoppeling te kunnen geven. De operator is dan in ieder geval op de hoogte en kan assistentie verlenen of de controle overnemen. Zolang autonome systemen niet over een dergelijke zelfbeoordeling beschikken, moet in ieder de operator als supervisor leren, c.q. weten welke signalen erop wijzen dat het technische systeem de situatie niet (goed) aankan en er ingegrepen moet worden en of er assistentie gewenst is.

Anderzijds hangt de verdeling van de taken bij het opbouwen van de situation awareness af van de complexiteit van de situatie. Op open zee is het aantal schepen dat in de buurt vaart gering en is de afstand tussen de schepen relatief groot; als er geanticipeerd moet worden, is daarvoor voldoende tijd. In nauw vaarwater daarentegen neemt het aantal schepen toe, varen ze dicht op elkaar en wordt anticiperen moeilijker omdat er bijvoorbeeld ook rekening gehouden moet worden met ondieptes of onvoorziene omstandigheden en onderlinge interactie. De complexiteit van de omgeving wordt dus bepaald door drie dimensies:

- 1 het aantal elementen;
- 2 de relatie tussen de elementen; en
- 3 de tijdsdruk.

Een complexe omgeving brengt meer onzekerheid met zich mee dan een minder complexe omgeving. Om te kunnen inschatten of er voldoende informatie aanwezig is bij een autonoom systeem om de situatie veilig te houden of dat bepaalde informatie daarvoor ontbreekt of onvolledig is, vraagt specifieke cognitieve vaardigheden van de operator (Bainbridge, 1983). Complexe situaties vragen in die zin meer betrokkenheid van de operator dan minder complexe situaties.

De operator van de toekomst wordt geacht *letterlijk* de controle van een schip over te kunnen nemen en het schip handmatig te varen als dat nodig is. Daarmee wordt de operator ook *stuurman op afstand*. Dat impliceert dat de operator van de toekomst over nautische ervaring moet beschikken. In vergelijking met de stuurman op de brug, mist de stuurman op afstand het directe zicht op de maritieme omgeving van het schip. Dat betekent dat alle waarnemingen (niveau 1) gedaan en doorgegeven moeten (gemedieerd) worden door technische systemen.

Dit betreft de visuele waarnemingen; wat hierbij echter vaak wordt vergeten, is dat het auditieve vermogen, het haptische³ vermogen en het reukvermogen ook van belang zijn bij de perceptie op niveau 1. Het stampen van het schip kan aanleiding zijn om vaart te minderen, maar ook trillingen en een rooklucht kunnen de operator bewustmaken van een onveilige situatie. Met andere woorden: ook deze *informatie* draagt bij aan de situation awareness. Onderzocht moet dus worden in welke mate deze informatiebronnen bijdragen aan de opbouw van situation awareness en in hoeverre het ontbreken ervan een risico vormt voor de veiligheid. Als dat risico inderdaad aanwezig blijkt te zijn, moeten er 'oplossingen' bedacht worden om deze *niet-visuele* informatie technisch gemedieerd ter beschikking te stellen aan de operator, zodat deze zijn rol van stuurman op afstand veilig kan uitvoeren.

2.4 Op weg naar volledige autonomie?

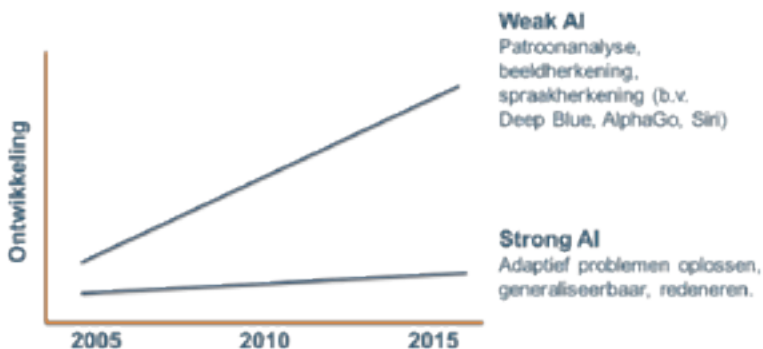
Is het probleem niet gewoon opgelost als er 'volledige' autonomie is bereikt en mensen niet meer nodig zijn? Het antwoord is even simpel als duidelijk: volledige autonomie bestaat niet.

Op de eerste plaats zegt het begrip 'autonomie' helemaal niets over wat een systeem functioneel kan noch hoe technisch hoogstaand een systeem is. Een robotgrasmaaier bijvoorbeeld is een autonoom systeem, maar een relatief simpel systeem in technisch opzicht. Toch kan deze robot prima doen wat hij moet doen, omdat de omgeving van de grasmaaier simpel is of simpel gemaakt wordt. Zijn eigenaar heeft ervoor gezorgd dat het grasveld is afgezet met een detectiedraad of een duidelijk detecteerbare omheining, obstakels zoals takken en stenen zijn opgeruimd enzovoort. Vergeleken met de robotgrasmaaier is het Mars-verkenningsrobotwagentje Curiosity Rover (NASA, 2016) een veel geavanceerder systeem. Dat is onder andere nodig vanwege het zeer grillige Marslandschap, waarmee het wagentje zelf overweg moet kunnen, want directe manuele assistentie van andere actoren ontbreekt ter plekke. Kortom, hoe complexer de omgeving en hoe zelfredzamer het systeem moet zijn, des te geavanceerder *de techniek* van het systeem moet zijn. Het begrip *autonomie* verwijst daarom slechts naar de *eigenschap* van een systeem, namelijk dat het systeem zelfstandig taken kan uitvoeren en in staat is het gedrag aan te passen om doelen te bereiken. De mate van *adaptiviteit* en *zelfredzaamheid* aan de ene kant en de *complexiteit van de situaties* waarmee het systeem moet kunnen omgaan aan de andere kant, bepalen echter hoe *geavanceerd* de techniek moet zijn en wat het niveau van automatisering moet zijn. In deze definitie bestaan

3 Het haptische vermogen betreft de zintuigelijke waarneming van krachten, trillingen en aanraking. Het gebruik van trillingen om aandacht te trekken, zoals dat bijvoorbeeld bij mobiele telefoons wordt gebruikt, is een vorm van haptische feedback.

er geen autonominiveaus (*levels of autonomy*) maar automatiseringsniveaus (*levels of automation*).

De vraag is of automatiseringstechnologie zo ver ontwikkeld is of kan worden dat een systeem om kan gaan met grote onzekerheid - en dus complexe omgevingen - zonder dat daar menselijk ingrijpen bij nodig is. Zeker op het gebied van kunstmatige intelligentie (verder wordt de Engelse afkorting 'AI' van artificial intelligence gebruikt) worden indrukwekkende stappen gezet. Een mijlpaal in deze ontwikkeling was dat Deep Blue (de IBM-supercomputer) schaakgrootmeester Gary Kasparov versloeg in een directe competitie (IBM, z.j.). Meer recent versloeg AlphaGo van het Google-dochterbedrijf Deepmind de wereldkampioen in het spel Go (Deepmind, 2017). Deze groep AI-systemen wordt aangeduid met *weak* of *narrow AI*, omdat ze goed is in het uitvoeren van een 'smalle' specifieke taak (narrow task), zoals het spelen van schaak en Go. Ook Siri, de spraakgestuurde interface van Apple (Apple, 2017), is een goed voorbeeld van narrow AI. Velen denken op basis successen van dit type *weak AI*, dat het niet lang meer zal duren voordat er *super-intelligente* AI-systemen zijn die mensen overtreffen wat betreft generieke intelligentie. In de menselijke psychologie wordt algemene intelligentie gekwantificeerd met een zogenaamde *G-factor* (G staat voor generiek, een soort IQ), dat is de mate waarin een type cognitieve vaardigheid (bijvoorbeeld het leren van een vreemde taal) geassocieerd is met andere cognitieve vaardigheden (bijvoorbeeld wiskundige vaardigheden). AI-systemen die intelligentie generiek kunnen toepassen op allerlei problemen, worden *strong AI* genoemd. Deze generieke intelligentie is niet kenmerkend voor de AI-toepassingen van vandaag de dag: een algoritme dat ontworpen is om een auto te rijden, zal nutteloos blijken bij het opsporen van een gezicht in een menigte of het varen van een schip.



Figuur 5. Weak AI en strong AI ontwikkelen zich met verschillende snelheden

De vooruitgang op gebied van *weak AI* moet dan ook los worden gezien van de voortgang op het gebied van *strong AI*, zoals figuur 5 laat zien.

Anders gezegd: een schaakcomputer kan geen schip varen, maar andersom kan een stuurman wel leren schaken, improviseren, schakelen tussen taken en een eitje bakken. Het bakken van een ei is een voorbeeld van een taak waarin perceptief-motorische informatie een belangrijke rol speelt, wat nog moeilijker blijkt te automatiseren te zijn dan de cognitieve processen van een hogere orde.

Ook leren AI-systemen anders dan mensen. Machine-leren is het proces van het toepassen van zeer complexe en krachtige maar typisch niet-interpreteerbare statistische modellen op enorme hoeveelheden gegevens. Deze algoritmen zijn alleen betrouwbaar als de data die gebruikt wordt om ze te trainen: a) voldoende compleet zijn en b) representatief zijn voor de omgeving of situatie waarin ze worden gebruikt.

De slotsom is dat hoewel machines op *deelgebieden* steeds 'intelligenter' worden, hun kunstmatige intelligentie anders van karakter is dan de intelligentie van mensen, vooral op het gebied van *generieke cognitieve vermogens*. Van een probleemloze een-op-een-vervanging kan daarom geen sprake zijn. Ook ten aanzien van autonoom varen is de conclusie, dat autonome systemen altijd tegen grenzen (*bounded rationality*, zie ook hoofdstuk 3) zullen aanlopen wat betreft de situaties die ze aankunnen, dus de hulp van mensen en andere autonome systemen nodig zullen hebben. Autonome systemen moeten daarom niet gezien (en ontworpen) worden als 'egocentrische' systemen maar als adaptieve actoren die kunnen bijdragen aan de resiliëncie van het socio-technisch systeem waar ze deel van uitmaken.

Symbiose tussen mens en machine

'Just as the best cars are ergonomically designed to maximize the driver's comfort and control, so decision-support algorithms must be designed to go with the grain of human psychology, rather than simply bypass human psychology altogether.'
Guszcza, Lewis en Evans-Greenwood, 2017

Niet alleen AI- en autonome systemen kennen grenzen, ook de mens is begrensd, namelijk door zijn cognitieve capaciteiten. AI-pionier Herbert Simon - bekend om zijn werk op het gebied van *bounded rationality* - zegt in zijn baanbrekende publicatie *Administrative Behavior* samengevat hierover: 'We humans must settle for solutions that *satisfice* rather than *optimize* because our memory and reasoning ability are limited. Also rationality implies a complete, and unattainable, knowledge of the exact consequences of each choice' (Simon, 1976, p. 81).

Computers worden daarentegen niet moe, nemen consistente beslissingen zowel voor als na de lunch en hebben geen last van vigilantieproblemen en hebben dus wel degelijk voordelen ten opzichte van mensen. Om deze voordelen te kunnen benutten, zonder in de MABA-MABA-'allocatieve' van Paul Fitts te vallen, is een vorm van automatisering nodig die gericht is op synergie en samenwerking, gebaseerd op de volgende drie uitgangspunten:

1. *Zorg ervoor dat 'de mens' onderdeel is van het proces (geen tweedeling).*
2. *Gebruik machine-intelligentie om de menselijke cognitie aan te vullen (cognitive augmentation) en tekortkomingen adaptief te compenseren.*
3. *Richt de aandacht op manieren waarop technische systemen hun situation awareness kunnen communiceren aan mensen, zodat ze mensen kunnen helpen in onverwachte situaties, en andersom.*

De Amerikaanse psycholoog en computerwetenschapper Joseph Carl Robnett Licklider, pionier op het gebied van interactief computergebruik, beschrijft deze vorm van samenwerking als symbiotische relatie tussen mens en computer:

'In the anticipated symbiotic partnership, men will set the goals, formulate the hypotheses, determine the criteria, and perform the evaluations. Computing machines will do the routinizable work that must be done to prepare the way for insights and decisions in technical and scientific thinking... The symbiotic partnership will perform intellectual operations much more effectively than man alone can perform them' (1960, p .4).

In dit hoofdstuk geef ik een aantal voorbeelden van symbiotische samenwerking tussen mens en machine, ook wel mens-machineteaming genoemd.

3.1 Intelligente ondersteuning van de DP-operator

Binnen TNO is in de afgelopen jaren in de geest van Licklider gewerkt aan de ontwikkeling van een systeem dat de monitoring- en supervisietaak van de DP-operator aan boord van floating production and offloading schepen, zoals geschetst in §1.2.2, ondersteunt. In de FPSO-case kwam naar voren dat operators problemen kunnen ondervinden als ze lang geconcentreerd en oplettend moeten zijn zonder dat er veel gebeurt en de werklast (te) laag is.

3.1.1 *Roaming-concept*

Het vigilantieprobleem was aanleiding om de mogelijkheden te onderzoeken voor het overnemen van de monitoringtaak door 'techniek'. Het idee erachter is dat dit de DP-operator de mogelijkheid biedt zijn werkstation op de brug te verlaten om andere activiteiten te gaan doen, zoals rusten, eten, administratieve werkzaamheden of klusjes. Het feit dat de DP-operator de brug kan verlaten, maakt zijn werk interessanter. Omdat de DP-operator hiermee de mogelijkheid krijgt te gaan 'zwerven', heeft het idee de naam 'het roaming-concept' gekregen.

3.1.2 *Intelligent operator support system*

Het systeem dat TNO heeft ontwikkeld, heet het intelligent operator support system (IOSS). In dit systeem heeft de DP-operator de beschikking over een tablet die hij meeneemt als hij de brug verlaat. Op de tablet wordt de belangrijkste informatie van dat moment grafisch weergegeven. De DP-operator draagt tevens een *smart watch*. Als de situatie normaal is en stabiel, laat de smart watch van de operator een rustige 'hartslag' zien doormiddel van het pulseren van de gekleurde ringen (afbeelding 3). Als het IOSS reden ziet om de operator ergens van op de hoogte te brengen, gebeurt dat door de smart watch te laten trillen en wordt op de tablet uitgelegd wat er aan de hand is (afbeelding 3).



Afbeelding 3. Toepassing van tablet en smartwatch in de 'machinekamer'

De uitvoering van het roaming-concept (TNO, 2016) vereist dat er verschillende technieken ontwikkeld worden en samengebracht in het IOSS. Het uitgangspunt bij de ontwikkeling van het IOSS is dat de DP-operator *ondersteund* wordt maar dat hij zelf het echte *denkwerk* blijft doen; zijn rol wordt dus niet overgenomen door de 'techniek' maar wordt erdoor ondersteund.



Afbeelding 4. IOSS als ondersteuning 'op de brug'

Om het roaming-concept mogelijk te maken, zijn de volgende functionaliteiten ontwikkeld en geïntegreerd in het IOSS:

1. *human aware artificial intelligence*, om de operator te volgen in wat die doet en niet doet en daarop de ondersteuning aan te passen;
2. *explainable artificial intelligence*, om mee te denken met de operator en uitleg te geven;
3. *data analytics*, om de omgeving te monitoren en het systeem te superviseren;
4. *procedurele ondersteuning*, om werkafspraken te maken en procedures te ondersteunen.

Human aware artificial intelligence

Om roaming mogelijk te maken, heeft IOSS informatie nodig over de locatie en het gedrag van de DP-operator. Het real time 'volgen' van het gedrag van de DP-operator is een vorm van *human aware AI*. Human aware betekent dat de een systeem 'kennis' opbouwt van de gebruiker en op basis van die gegevens de ondersteuning aanpast.

De simpelste vorm van human aware AI is het detecteren van de locatie van de DP-operator. Die kan vastgesteld worden met behulp van locatiesensoren. De afstand die de DP-operator moet afleggen om naar de brug te komen en de aard van zijn bezigheden op dat moment, kunnen worden meegenomen in de timing van het moment dat de DP-operator van informatie wordt voorzien. Afhankelijk van de plek waar de operator is en de taak waar hij mee bezig is, kan het systeem de operator meer of minder tijd geven om weer op zijn plek te komen.

Een tweede vorm van human aware AI is het meten en ondersteunen van de situation awareness van de DP-operator. Op welke manier dat vastgesteld kan worden is erg afhankelijk van de context, maar ik neem hier voor de DP-operator als voorbeeld *eye tracking*. Een eye-trackingsysteem bestaat uit kleine camera's die de kijkrichting van de ogen registreren. Op deze manier kan bijvoorbeeld nauwkeurig vastgesteld worden hoe lang en naar welke elementen van een *conning display* (interface) de DP-operator kijkt. Op basis van deze eye-trackingdata kan vervolgens geanalyseerd worden welke gegevens de DP-operator kennelijk belangrijk vindt in een bepaalde situatie. Als de DP-operator bijvoorbeeld allerlei verschillende datatypes in ogenschouw neemt, zou dat een indicatie kunnen zijn dat hij 'zoekende' is en nog begrip van de situatie aan het opbouwen is (situation awareness, zie §2.2). Als de DP-operator echter vooral naar een bepaald data type kijkt, zegt dat hij begrip heeft van de situatie. Zou het niet mooi zijn als het 'technische systeem' op die momenten zijn situation awareness, als ondersteuning, kan delen met de DP-operator? Experimenten op dit vlak lijken in een positieve richting te wijzen (Van der Kleij, Hueting & Schraagen, 2017).

In de DP-trainingssimulator van het Scheepvaart en Transport College (STC) in Rotterdam is in 2016 een experiment uitgevoerd door RMU-student Mike Poelman en beschreven in zijn afstudeerscriptie *Cognitive state of Dynamic Positioning Operators* (2017). In het kort komt het experiment erop neer dat tijdens de DP-training de interactie van de DP-trainee met het DP-interface digitaal wordt vastgelegd. De analyse van deze gegevens moet inzicht geven in hoe de trainee omgaat met een DP-probleem (*failure mode*) dat de instructeurs op een gegeven moment introduceren in de simulatie. De vraag die beantwoord moest worden, bestaat uit twee delen: 1) is het mogelijk om uit de interactiegegevens af te leiden hoe DP-trainees met de failure mode omgaan en 2) kan de aanpak van de DP-trainees worden vergeleken met de 'probleemaanpak' zoals die volgens de instructeurs optimaal zou zijn (expert-aanpak)? Als uit deze vergelijking vervolgens blijkt dat wat de trainees doen afwijkt van wat ze volgens de instructeur moeten doen, kan dat een indicatie zijn van een inadequate situation awareness. In tweede instantie kan het IOSS een dergelijke vaststelling gebruiken om de ondersteuning van de DP-operator aan te passen, bijvoorbeeld door het geven van (extra) aanwijzingen. Een dergelijke functionaliteit lijkt erg op de interactie tussen instructeurs en DP-trainees in de bestaande trainingssituaties. Om de DP-trainees op het goede pad te zetten, zeggen instructeurs iets als: 'Heb je wel rekening gehouden met ...?'. Een dergelijke geautomatiseerde functionaliteit is op dit moment nog niet ontwikkeld, maar het voorbeeld laat wel zien dat er onderzoek en experimenten op dit vlak mogelijk zijn, ook door hbo-studenten.

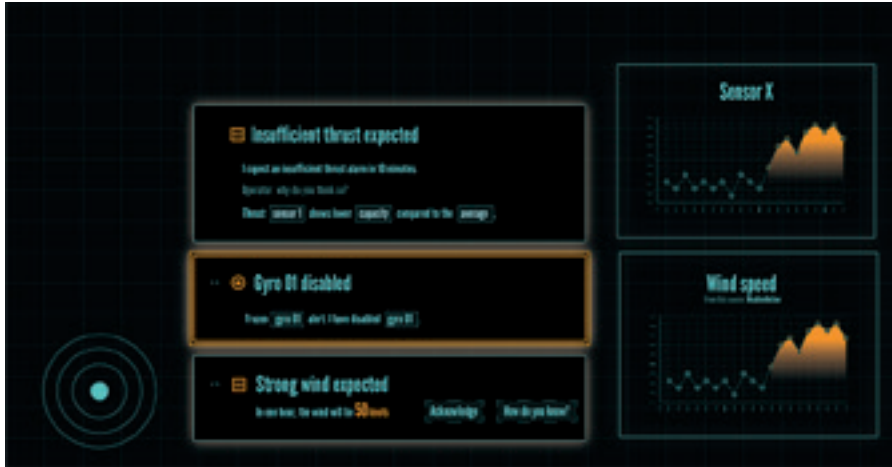
Explainable artificial intelligence

De tweede functionaliteit die de ontwerpers van het IOSS voor ogen hebben, is dat de ondersteuning zich gedraagt als een virtuele teamgenoot die meehelpt opletten, waarschuwt, meedenkt en uitleg geeft. Zo'n virtuele teamgenoot moet een herkenbaar voorkomen hebben, een avatar. Het beroemdste (of meest beruchte) voorbeeld van een virtuele teamgenoot is de Microsoft Office Assistant, waarvan de meest herkenbare representatie (avatar) Clippy werd genoemd, zie afbeelding 5. Het is met Clippy niet goed afgelopen, omdat deze niet goed genoeg was afgestemd op wat mensen in een bepaalde situatie aan ondersteuning nodig hebben. De fout die Clippy maakte was dat hij te vaak en op de verkeerde momenten de aandacht trok en daardoor hinderlijk werd. Ook viel Clippy gebruikers lastig met trivialiteiten terwijl deze met andere, meer serieuze taken bezig waren. Kortom, Clippy bezat niet de juiste eigenschappen die nodig zijn voor een goede samenwerking: het vermogen om een model van de gebruiker en de taakcontext te construeren (zie eerder onder 'Human aware artificial intelligence' in deze paragraaf).



Afbeelding 5. Clippy, tot uw dienst?

Het vermogen van systemen om te kunnen uitleggen wat de situatie is en te kunnen aangeven wat een systeem wel en niet kan doen, wordt aangeduid als *explainable AI*. Explainable AI is technologie die de noodzakelijke transparantie, begrijpelijkheid en voorspelbaarheid van complexe geautomatiseerde systemen verbetert (Endsley, 2016).



Afbeelding 6. Voorbeeld van smart notifications

Het IOSS maakt gebruik van zogenoemde slimme meldingen (*smart notifications*). Slimme meldingen bestaan uit berichten in dialoogvorm, zoals ook wordt toegepast bij sms-berichten. De gebruiker kan irrelevante meldingen inactief maken en vragen om van relevante kennisgeving op de hoogte gehouden te worden (zie ook afbeelding 6). Het systeem kan zich op deze manier leren instellen op wat de operator wenselijk en niet wenselijk acht.

Data analyse

De bewakingsfunctie van het IOSS is niet alleen van belang als mogelijke oplossing van het vigilantieprobleem van de DP-operator. In vergelijking met mensen kunnen met computerkracht veel meer variabelen gevolgd en gecombineerd worden. Dat gebeurt met data-analysetechnieken (data analytics). Met data-analysetechnieken wordt in grote datasets (big data) gezocht naar statistische verbanden. Zo kan het IOSS *de kans* bepalen dat een probleem zich gaat voordoen als bepaalde kenmerken aanwezig zijn. Het systeem 'leert' de verbanden te leggen op basis van gebeurtenissen, omstandigheden en zwakke signalen die in het verleden aanwezig waren toen problemen ontstonden. Op deze manier is het mogelijk om in een vroeg stadium, nog voordat alarmbellen afgaan, problemen te zien aankomen of althans te weten dat de kans daartoe reëel aanwezig is. Hierdoor wordt de DP-operator al in een vroeg stadium bewust van een mogelijk probleem en heeft hij meer tijd om zich voor te bereiden en naar oplossingen te zoeken. In het kader

van de FPSO-case, geschetst in §1.2.2, zijn data-analysetechnieken toegepast om de kans op een loss of position incident te voorspellen (Van der Waa, Van Diggelen, Neerinx & Raaijmakers, 2018).

Het probleem van data-analysetechnieken is dat ze statistische verbanden leggen die voor mensen vervolgens lastig te interpreteren zijn. Welke actie onderneem je bijvoorbeeld als je weet dat er 10% kans op regen is: neem je dan wel of geen paraplu mee? Er moet dus nog veel onderzoek gedaan worden naar de manier waarop de resultaten van data-analysetechnieken geïnterpreteerd en uitgelegd moeten worden. Aan de andere kant, het feit dat wordt aangegeven dat er een kans bestaat dat een bepaalde combinatie van factoren tot een probleem kan leiden, zal de operator alert maken en zal hij gestuurd door de verwachting actief naar informatie gaan zoeken (zie §2.3.2). Als er informatie wordt gevonden die de ontwikkelingen bevestigen geeft hem dat de mogelijkheid voorbereidingen te treffen om voortijdig te anticiperen op de te verwachten situatie.

Er moet veel data beschikbaar zijn om voldoende betrouwbare voorspellingen te krijgen. Als bijvoorbeeld een verband wordt gevonden op basis van een enkele meting, dan is het voorspellend vermogen gering; het kan dan namelijk gewoon toeval zijn. Echter, als het verband op basis van duizenden metingen wordt vastgesteld, is de voorspelling veel overtuigender en betrouwbaarder. Ook de betrouwbaarheid van de voorspelling zal moeten worden geadresseerd, want als het systeem te vaak onterecht alarm slaat, zal het vertrouwen in het systeem afnemen. Wellicht reageren operators dan vervolgens minder alert op een volgende waarschuwing, terwijl er in dat geval wel echt iets aan de hand kan zijn.

Procedurele ondersteuning

Vanwege de hoge veiligheidsstandaard die in de DP-wereld wordt gehanteerd, wordt er vaak met gestandaardiseerde procedures gewerkt. Dat betekent dat operators onder bepaalde omstandigheden verplicht zijn handelingen volgens procedures uit te voeren en checklisten te gebruiken. De procedure kan inhouden dat operators formulieren moeten gebruiken bij de onderlinge overdracht, dit is de zogenaamde 'Shift DP-checklist'. De checklist wordt door beide operators getekend en gearhiveerd. Een ander voorbeeld is de procedure voor het gebruik van een checklist bij het binnenvaren van de veiligheidszone rondom een olieplatform, de zogenaamde 'DP-field arrival checklist'. Dat is een zeer omvangrijke procedure waarin alle vitale systeemonderdelen getest worden, dit kan wel twee uur duren. Dit type procedures zou bij uitstek geschikt zijn om te digitaliseren met het IOSS, zoals dat ook in de vliegtuigindustrie gebruikelijk is (Taal, 2017).



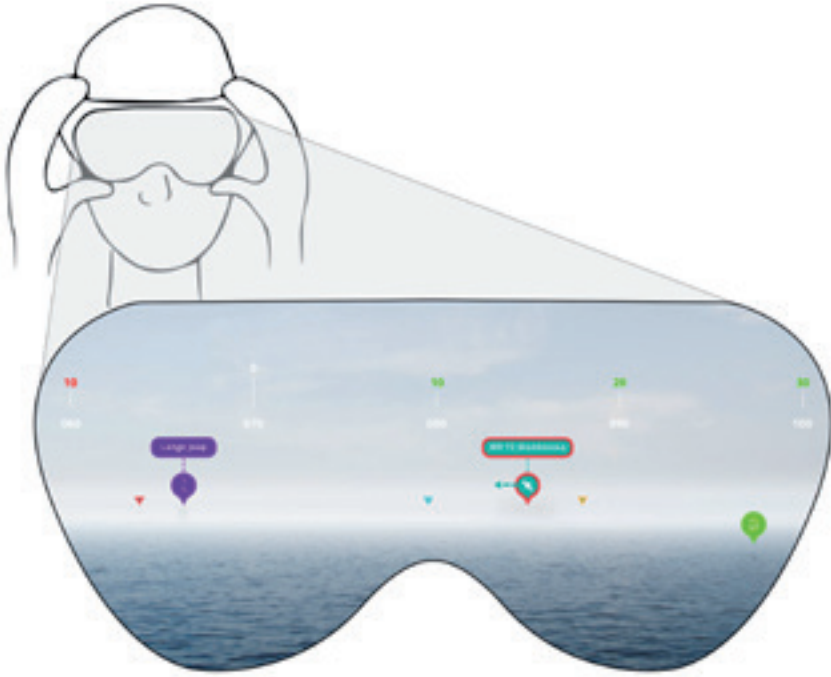
Afbeelding 7. Vastleggen van werkafspraken

Een aspect van de procedure bij samenwerking is dat leden van een team 'werkafspraken' met elkaar maken over *wie* onder *welke* omstandigheden welke taken wel of niet mag uitvoeren. Analoog hieraan is het mogelijk om werkafspraken tussen de operator en het IOSS te maken. De werkafspraken kunnen bijvoorbeeld betrekking hebben op acties die het systeem zonder toestemming mag uitvoeren (en daarna gemeld worden), acties waar het systeem vooraf toestemming voor nodig heeft en taken die primair bij de operator blijven liggen. Ook is het mogelijk afspraken te maken over hoe vaak en wanneer de DP-operator geïnformeerd wil worden (zie afbeelding 7). Deze functionaliteit van werkafspraken kan gebruikt worden om onder bepaalde omstandigheden de werkdruk van de operator op een aanvaardbaar niveau te houden en niet gestoord te worden door trivialiteiten.

3.2 Augmented reality navigation

Augmented reality is een computertechniek waarmee, direct of indirect, informatie aan een live beeld van de werkelijkheid kan worden toegevoegd. Het beeld van de werkelijkheid wordt als het ware 'verrijkt' (augmented) met informatie. *Augmented reality navigation* is toegepast in een experiment om de officier van de wacht (OvdW), de persoon op de brug die verantwoordelijk is voor de veilige navigatie, te ondersteunen bij de navigatietask in nauw vaarwater. De uitdaging van varen in nauw vaarwater is dat er veel schepen in de gaten gehouden moeten worden vanwege gevaar op aanvaring en dat de eigen ruimte om te manoeuvreren gering is. De informatie over schepen in de omgeving van een schip wordt op de radar

weergeven. De OvdW moet deze 2D-representatie koppelen aan het 3D-buitenbeeld en kijkt daarom afwisselend naar de radar en naar buiten. Het idee bij dit experiment was om alle informatie die het radarbeeld geeft, te projecteren door middel van augmented reality (AR), zodat de blik naar buiten gericht kan blijven zonder dat dit informatieverlies oplevert. Voor de implementatie is gekozen voor een AR-viewer die tegen het hoofd gezet kan worden, zie afbeelding 8.



Afbeelding 8. Artist impression van het gebruik van de AR-viewer (Bron: Schmidt, 2017)

De driehoekjes in afbeelding 8 stellen schepen voor. De verschillende kleuren worden gebruikt om aan te geven of een schip nadert (rood), op gelijke afstand blijft (oranje) of wegvaart (blauw). Als de gebruiker meer wil weten van een bepaald schip kan informatie ontsloten worden door de ogen op een symbool te fixeren. Het symbool ploft dan open en de naam en type schip worden geprojecteerd, bijvoorbeeld 'WR 12 Waddenzee', dat een vissersboot blijkt te zijn. De gestippelde pijl geeft de relatieve beweging van de vissersboot aan ten opzichte van het eigen schip. Om de navigatie te vergemakkelijken is een kompas weergegeven. Onder wordt in witte cijfers de ware koers (*true heading*) van het eigen schip ten opzichte van het ware noorden weer gegeven. Boven wordt de relatieve hoek (*relative bearing*) van andere schepen en objecten zoals boeien en vuurtorens weergegeven. 'Rood 10' wordt als term gebruikt om te communiceren dat een object zich onder een hoek van tien graden in het linker gezichtsveld

bevindt en 'groen 30' voor een object dat zich onder een hoek van dertig graden in het rechter gezichtsveld bevindt. De indicatoren voor boeien en richtpunten zoals vuurtorens kunnen uitgeschakeld worden (Schmidt, 2017).

3.3 Onderzoek en ontwikkeling

Voor de meeste concepten en technieken die ik heb beschreven, geldt dat er nog onderzoek en ontwikkeling moet plaatsvinden voordat ze aan boord van een schip toegepast kunnen worden. Met de DP-case heb ik laten zien dat innovatieve automatisering toegevoegde waarde kan hebben voor die praktijk. Het demonstreren van de toegevoegde waarde gebeurt door de praktijk te simuleren en innovatieve concepten en technieken daarbinnen toe te passen. De toegevoegde waarde wordt vervolgens vastgesteld door ervaren DP-operators DP-scenario's uit te laten voeren en hen daarna op een gestructureerde manier te bevragen naar hun bevindingen. Op deze manier verschaffen de feedback en suggesties van deze ervaren DP-operators nieuwe inzichten, die kunnen worden meegenomen in kennisontwikkeling. Dit is als een implementatie- en evaluatieonderzoek te kwalificeren. Ook studenten en docenten kunnen dit soort gesimuleerde implementatie- en evaluatieonderzoek gebruiken om te experimenteren en onderzoek te doen naar de vraag op welke manier techniek kan worden ingezet om de menselijke cognitie aan te vullen en tekortkomingen adaptief te compenseren, zodat er sprake kan zijn van symbiose tussen mens en machine.

3.4 Terug naar de Tesla-case

Wat zouden adaptieve automatisering en human-awaretechnieken concreet hebben kunnen betekenen in de Tesla-case in §1.2.1? Een advanced driver assistance system zoals de Tesla heeft, vraagt wisselende niveaus van aandacht van de bestuurder (van helemaal geen aandacht vereist, via in de gaten houden tot ingrijpen). Het daadwerkelijke aandachtsniveau van de bestuurder (zijn *driver readiness state*) zou kunnen worden geregistreerd door informatie uit verschillende bronnen (zoals eye tracking, handen wel of niet aan het stuur, afstand van de voeten tot de pedalen) te combineren. Als dan bijvoorbeeld met eye tracking wordt vastgesteld dat de bestuurder niet op de weg let en niet in de spiegels kijkt, kan het systeem concluderen dat de driver readiness state laag is. Zodra het niveau van de driver readiness niet aansluit bij het niveau dat het advanced driver assistance system op dat moment vereist, zou een signaal kunnen worden gegeven aan de bestuurder: '*U bent op dit moment niet in staat direct de controle over het voertuig over te nemen.*' Omdat mensen er meestal van uitgaan dat het negeren van dit soort waarschuwingssignalen geen consequenties heeft,

zal alleen het geven van een boodschap niet voldoende zijn. Als de onvolledige teamsamenwerking (tussen auto en bestuurder) de veiligheid in gevaar brengt, zal het advanced driver assistance system de auto in 'veilige toestand' moeten brengen door de snelheid tot een aanvaardbaar niveau terug te brengen of de auto zelfs tot stilstand te brengen op een veilige plek. Wellicht was met deze techniek Joshua Brown nog in leven geweest.

Dienende techniek

'We choose to go to the moon not because it is easy but because it is hard.'
J.F. Kennedy, 1961

De voorbeelden die in hoofdstuk 3 zijn gegeven, zijn voorbeelden van wat ik *dienende techniek* noem. Techniek is dienend als het ontwerp ervan gericht is op het verbeteren van taakprestaties van mensen door het adaptief aanvullen van de menselijke cognitie en het compenseren van menselijke tekortkomingen. Dienende techniek maakt het mogelijk dat 'de mens' dat kan doen waar hij sterk in is: anticiperen op verschillende operationele omstandigheden en reageren op zowel verstoringen als mogelijkheden. Deze benadering waarin de mens dan wel de gebruiker centraal staat, wordt aangeduid als de *human-centred of user-centred approach*.

Volgens Sarter et al. (1994) moet bij automatisering niet alleen de gebruiker centraal staan, maar moet de automatisering ook relevant zijn voor de praktijk.

4.1 Verbeterproblemen en constructieproblemen

In de visie van Van Aken en Andriesen (1994) kan innovatie ten behoeve van de beroepspraktijk om verschillende redenen plaatsvinden en kan men een onderscheid maken tussen verbeterproblemen en constructieproblemen.

Bij *verbeterproblemen* wordt de bestaande situatie als problematisch ervaren. Er wordt dan geprobeerd om deze situatie om te buigen naar de gewenste situatie. Daarbij kan worden gedacht aan het vergroten van de veiligheid (het terugdringen van het aantal scheepsongevallen en het vergroten van de overlevingskans bij een maritiem ongeval) of aan taakondersteuning van de operator (bijvoorbeeld beslisondersteuning). Bij verbeterproblemen is er sprake van *technologie-pull*. Het probleem vraagt als het ware om een technische oplossing. Intelligente ondersteunende systemen zoals het IOSS vormen hier een voorbeeld van. Ook tools die onderhoudsmonteurs kunnen helpen bij het diagnosticeren van een technisch probleem en interactieve interfaceconcepten en visualisaties die bijdragen aan het voorkomen van fouten en het verbeteren van de taakuitvoering, kunnen dienen als voorbeelden.

Bij *constructieproblemen* wordt de bestaande situatie niet als problematisch ervaren, maar wordt deze situatie toch veranderd of geoptimaliseerd. Daarbij kan gedacht worden aan het bouwen van grotere en dus efficiëntere schepen of aan specialistische schepen waarmee de concurrentiepositie wordt versterkt. Dit laatste wordt ook wel de *technologie-push* genoemd, omdat ontwikkelingen ontstaan vanuit de mogelijkheden die nieuwe technieken bieden.

In §1.3 heb ik benoemd dat autonoom varen wordt gezien als middel bij uitstek om de falende mens te compenseren en op die manier de maritieme veiligheid te vergroten. In termen van Van Aken en Andriessen (2011) wordt autonoom varen daarmee gezien als oplossing voor een *verbeterprobleem*. Zoals ik heb betoogd, kan van een oplossing echter geen sprake zijn omdat de 'intelligentie' van autonome systemen wordt overschat en het systeemperspectief in de analyse van het probleem (maritieme onveiligheid) geheel ontbreekt. In mijn visie moet (autonome) automatiseringstechnologie daarom ontwikkeld worden in het kader van *constructieproblemen* en moet daarom *praktische relevantie* hebben. De praktische relevantie wordt in dit hoofdstuk gekoppeld aan de vraag in hoeverre automatisering kan bijdragen aan de resiliënce van socio-technische systemen en in welke mate automatisering kan bijdragen aan het reduceren van de operationele kosten.

4.2 Resiliënce engineering

Bij resiliënce engineering gaat het om de vraag wat de karakteristieken zijn van resiliënt handelen, hoe deze zijn te herkennen, hoe ze zijn te beoordelen en hoe ze zijn te verbeteren (Hollnagel, 2016a). Kennis van deze aspecten is een belangrijke voorwaarde om een geautomatiseerd systeem te ontwikkelen dat een bijdrage kan leveren aan de resiliënce van socio-technische systemen (§1.3).

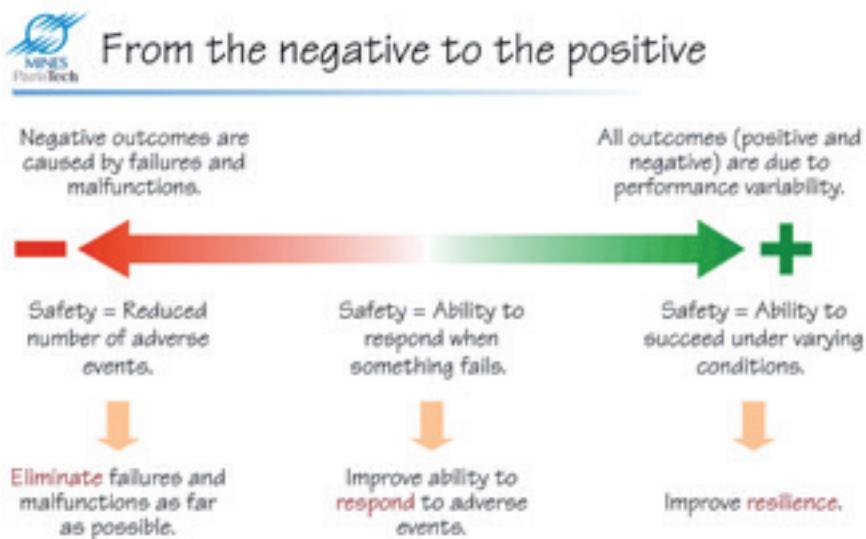
4.2.1 *Wat is resiliënce engineering?*

Resiliënce engineering is ontstaan uit het feit dat *lineaire en deterministische* veiligheidsmodellen niet meer voldeden. Rypkema et al. (2015) stellen dat ongelukken zoals met de Costa Concordia (Marine Casualties Investigative Body, 2012) niet te verklaren zijn vanuit een enkelvoudige aanleiding. Dergelijke ongelukken ontstaan als een complex fenomeen vanuit de normale operationele variabiliteit van een (socio-technisch) systeem (Carvalho, 2011).

In de jongste inzichten wordt resiliënce engineering verbreed tot de vraag hoe socio-technische systemen intrinsiek, dus als systeem, werken en niet alleen over hoe ze veilig blijven (Hollnagel, 2016a). Een systeem dat bijvoorbeeld niet gebruik kan maken van (optimalisatie)mogelijkheden die zich aandienen, is ook niet in staat om met bedreigingen en verstoringen om te gaan. Veiligheid wordt gewaarborgd door het

vermogen van het systeem om met wisselende omstandigheden om te kunnen gaan. Hierbij geldt het uitgangspunt dat deze veerkracht en responsiviteit niet alleen op een individueel niveau te vinden zijn of geoptimaliseerd kunnen worden; ook op team- en organisatieniveau en op het niveau waarop verschillende partijen (*multi party*) samenwerken (bijvoorbeeld loods en schip of sleper en schip), kunnen veerkracht en responsiviteit op actuele omstandigheden geoptimaliseerd worden.

Individen en organisaties moeten zich altijd aanpassen aan de actuele omstandigheden. In de resilience-benadering worden fouten niet gezien als uitval van of storingen in normale systeemfuncties, maar vertegenwoordigen ze het tegenovergestelde van de aanpassingen die nodig zijn om de echte complexiteit aan te kunnen pakken. Succes wordt toegeschreven aan de mogelijkheid van groepen, individuen en organisaties om op de veranderende verschijningsvorm van risico te anticiperen voordat schade optreedt. Deze verschuiving van het 'negatieve' naar het 'positieve' heeft Hollnagel weergegeven in een PowerPoint-presentatie (2009, p. 38), die hier als figuur 6 is opgenomen.



Figuur 6. Resilience engineering vertegenwoordigt een nieuwe visie op veiligheid (Bron: Hollnagel, 2009)

Het doel van resilience engineering is het vermeerderen van het aantal dingen dat goed gaat in plaats van het verminderen van het aantal dingen dat niet goed gaat.

Het uitgangspunt is dat een systeem meer resiliënt gemaakt kan worden door het versterken van vier essentiële eigenschappen in het systeem: leren, reageren, monitoren en anticiperen (figuur 7). Het vermogen van het systeem om te

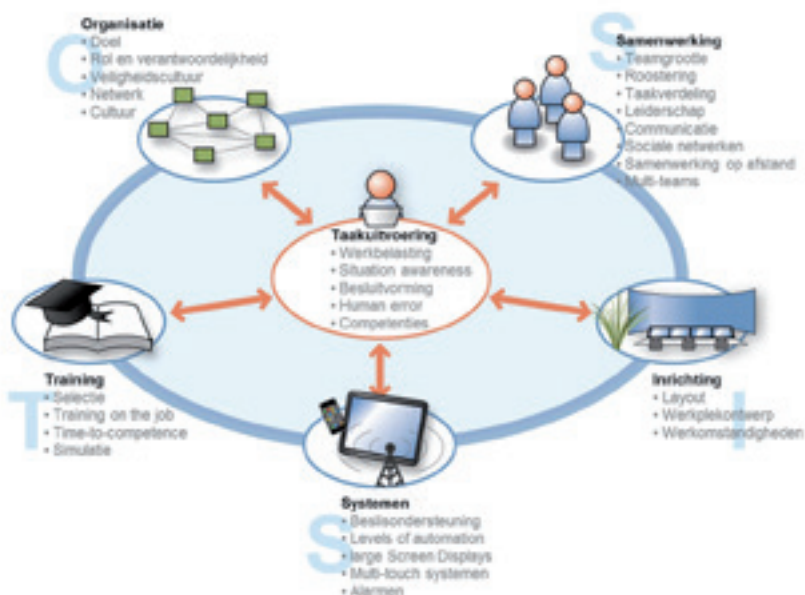
voorspellen, te plannen en uit te voeren vergroot de controle over de operationele omstandigheden en verbetert daarmee de veiligheid (Hollnagel, 2009).



Figuur 7. De vier essentiële eigenschappen die een socio-technisch systeem meer resiliënt maken (Bron: Hollnagel, 2009)

4.2.2 OSIST-model

Resilience engineering is erop gericht organisaties en systemen zodanig in te richten dat er vermogen ontstaat om te anticiperen en te reageren op verschillende operationele omstandigheden en om met uitdagingen om te gaan. Uitdagingen kunnen bijvoorbeeld liggen op het vlak van taalbarrières tussen bemanningsleden aan boord van een schip of een gereduceerd bemanningsniveau waardoor er minder (redundante) mankracht beschikbaar is om taken over te nemen of extra in te zetten. Om de resilience van een socio-technisch systeem te verbeteren of te optimaliseren moeten alle factoren die een rol spelen bij het handelend vermogen van het systeem, in de beoordeling en verbetering een rol spelen. In figuur 8 is een door TNO ontwikkeld model weergegeven, met vijf factoren die van invloed zijn op de taakuitvoering. De vijf factoren zijn: organisatie, samenwerking, inrichting, systemen en training (OSIST).



Figuur 8. Resilience van een socio-technisch systeem vraagt om een integrale aanpak van verschillende systeemaspecten

Hoewel alle factoren van invloed zijn op het vermogen om resiliënt te handelen, betekent dit niet dat in elk praktijkgericht onderzoek of verbetertraject ieder onderdeel met evenveel gewicht aan de orde moet komen. Er kunnen immers verschillende aanleidingen zijn om een bestaande praktijk te verbeteren. Het is echter wel van belang te beseffen dat de introductie van nieuwe elementen effect heeft op de andere elementen van het socio-technische systeem. Het inbouwen van een nieuw aandrijvingsstelsel kan grote invloed hebben op het type onderhoud dat gepleegd moet worden en daarmee op het onderhoudsschema en daarmee op het benodigde aantal scheepswerktuigbouwvakkers. Het kan ook zijn dat het introduceren van nieuwe systemen vraagt om andere kennis en competenties om onderhoud te plegen. Wellicht vereisen de training en ondersteuning van onderhoudspersoneel aanpassing. Hieronder worden de factoren van het OSIST-model kort besproken.

Organisatie

Een schip wordt ingezet om bepaalde operationele en organisatiedoelen te bereiken. De organisatie is daarmee van grote invloed op de werkzaamheden aan boord van het schip. De organisatie stelt eisen aan de effectiviteit van de taakuitvoering en schept de voorwaarden door personeelsbeleid en -selectie (crew resource management). Organisaties ontwikkelen (bewust of onbewust) een cultuur van normen, waarden en overtuigingen die weerspiegeld worden in de strategieën en de houding van het management ten opzichte van aspecten zoals open communicatie, teamsamen-

werking en teamtraining. De bewuste invloed en sturing van de organisatie op het gedrag van de bemanning is een zeer belangrijk aspect.

Samenwerking

Processen en procedures zorgen ervoor dat de samenwerking, taakverdeling en -uitvoering binnen de teams en op het schip, op een juiste manier plaatsvinden. Maritieme bemanningen kunnen gekarakteriseerd worden door hun formele samenstelling vaak gebaseerd op traditionele rollen als kapitein, stuurman, officier, roerganger, bootsman, matroos, enz. De hiërarchie is duidelijk en formeel. Naast leiderschap en coördinatie speelt taakverdeling een belangrijke rol. Ook die is vaak historisch gegroeid. Het werken met vaste patronen en gezagsverhoudingen heeft zeker voordelen, maar kan ook het adaptief vermogen in de weg zitten om met onverwachte omstandigheden goed om te kunnen gaan. De hiërarchische opbouw van teams kan ook tot gevolg hebben dat eigen initiatief en teamzelfsturing niet ontwikkeld, of zelfs geremd worden ("mij is niets gevraagd!"). Culturele achtergrond van de bemanning speelt hierbij ook een rol. Middelen om de teamresilience te vergroten zijn bijvoorbeeld het werken met veiligheidsbuddy's of het houden van debriefing sessies. Debriefing heeft veel potentie omdat het kan worden toegepast op een moment dat er geen tijdsdruk is. Ook het bevorderen en ondersteunen van teamreflectie kan een positief effect hebben op resilience (Siegel en Schraagen, 2017).

Inrichting

Het citaat in hoofdstuk 1 over de *Technisch menskundige factoren bij de inrichting van een navigatiebrug* uit 1967, laat zien dat bruginrichting al een lange human factors traditie kent. Het uitgangspunt voor het ontwerp van de inrichting en werkplekken is dat deze optimaal is afgestemd op de taakuitvoering en de samenwerking. Het feit dat bruginrichting als belangrijk wordt gezien heeft te maken met ondersteunen van maritieme situation awareness. Dat kan bijvoorbeeld door het optimaliseren van zichtlijnen, voorkomen dat reflectie de waarneming belemmert door ramen schuin te plaatsen, enzovoorts. Buiten het feit dat de inrichting van operationele ruimtes optimaal afgestemd moet zijn op de taakuitvoering en de samenwerking, heeft de werkomgeving (het schip) fysieke eigenschappen die van invloed zijn op het fysieke en mentale welbevinden van zeevarenden en daarmee direct of indirect invloed op de kwaliteit van de werkuitvoering. De volgende eigenschappen van de werkomgeving zijn van invloed op het functioneren van mensen:

- geluid
- trilling
- verlichting
- klimaat condities
- verblijf en sociale factoren
- scheepsbewegingen

Systemen

In voorafgaande hoofdstukken is al veel aandacht aan cognitive systems engineering (Hollnagel & Woods, 1983). Cognitive systems engineering is het vakgebied van human factors dat zich met de samenwerking tussen mens en machine bezighoudt en met de vraag hoe ze gezamenlijk een cognitief adaptief systeem kunnen vormen dat voor de planning en de aanpassing van acties en handelingen gebruikmaakt van kennis van zichzelf en kennis van de omgeving.

Systeemaspecten die nog niet aan de orde zijn gekomen, zijn het gebruiksgemak (*usability*) en de *affordances* (perceptie van de functie) van systemen. Het gaat hierbij om de vraag hoe toegankelijk het systeem is en hoe duidelijk wordt gemaakt welke mogelijkheden het systeem de gebruiker biedt. Een mooi voorbeeld hierbij is Steve Jobs, die mensen zich met name herinneren als iemand die het denken vanuit *human centric design* centraal stelde bij het gebruik van de personal computer, wat heeft geleid tot een veel intuïtievare manier van bedienen, zoals *swipen*, die zelfs kleine kinderen in staat stelt met een iPad om te gaan.

Training

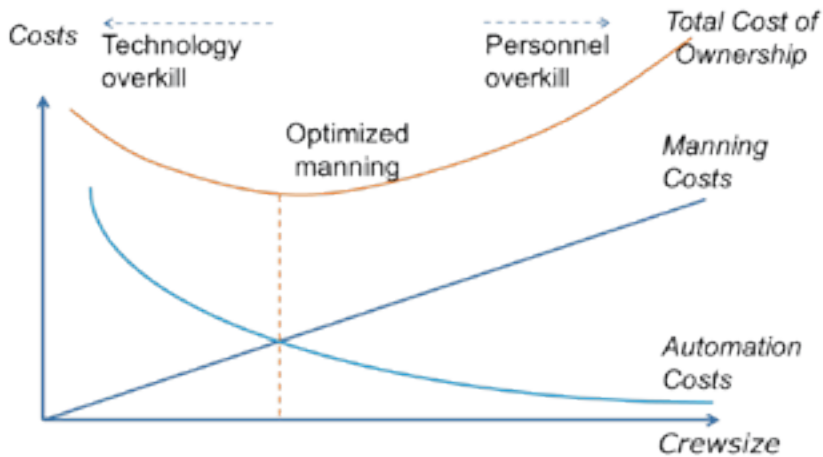
Training zorgt ervoor dat operators over de juiste competenties beschikken. Binnen de opleidingen wordt praktijkkennis, behalve door te laten varen op de opleidingsschepen, door middel van simulatoren overgebracht. De brugsimulator, de machinekamer-simulator en de DP-simulator zijn hiervan enkele voorbeelden. Er worden ook veel simulatietrainingen ontwikkeld voor speciale complexe *first time right*-operaties. Dit zijn handelingen (bijvoorbeeld complexe hijsoperaties) waarbij geen ruimte is voor het *leren van fouten* en het de eerste keer dus goed moet gaan. De simulaties bieden een ideale manier om de resiliënce binnen de operaties te vergroten. Belangrijk aandachtspunt bij het inzetten van simulatie voor opleiding en training is de zogenaamde *skill transfer*, oftewel: wat iemand leert in de simulator, moet een op een bruikbaar zijn in de praktijk. Bij een grotere bijdrage van simulatie aan de inzetbaarheid van zeevarenden groeit het belang van effectieve simulatietraining.

4.3 Operationele kosten

Voorvechters verdedigen het concept van autonoom varen door te stellen dat het (naast dat het de maritieme veiligheid zal verbeteren) de operationele kosten zal verlagen (§1.3). Bij de praktische relevantie van autonoom varen voor het verlagen van de operationele kosten kunnen vraagtekens gezet worden. Hoofdstuk 2 heeft namelijk laten zien dat er wel degelijk een bemanning op afstand nodig is. Verder vraagt de remote-controlfunctie een specifieke en robuuste infrastructuur in de vorm van *shore support centres*, communicatieverbindingen en technische ondersteuning van de operator(s).

Of investeren in automatisering 'loont', hangt af van de vraag wat de *optimale bemanningsomvang (optimized manning)* van een varend systeem is.

Figuur 9 laat zien dat de optimale bemanningsomvang ligt op het punt waar de totale operationele kosten (*total cost of ownership*) het laagst zijn. Dat punt wordt bepaald door een optimale balans tussen automatiseringskosten en bemanningskosten. Als een scheepseigenaar meer investeert dan dat de besparing op personeelskosten over de gehele levensduur van het schip (*life cycle*) zal opleveren, is er sprake van *technologische overkill*. Andersom snijdt een scheepseigenaar zich in de vingers als hij zijn personeelskosten niet drukt met relatief goedkope automatiseringsoplossingen en is er sprake van *personele overkill*.



Figuur 9. Bij een geoptimaliseerde bemanning houden bemanningskosten en automatiseringskosten elkaar in evenwicht (met dank aan TNO-collega Wilfried Post)

Hier komt bij dat de investeringskosten om de 'laatste man' van boord te krijgen ten opzichte van een gereduceerde bemanning in verhouding vele malen groter zullen zijn. Als we het *Pareto-principe* (80/20-regel) hierop toepassen, dan zal de laatste 20% bemanningsreductie 80% van de totale ontwikkelkosten opslokken. Dat is de reden waarom de curve van de automatiseringskosten links ineens stijj oploopt.

Een voorbeeld waarbij het streven naar autonoom varen een duidelijke vorm van technologische overkill is, speelt in de commerciële zeevaart. In die sector wordt efficiëntieverbetering nagestreefd via schaalvergroting. De zogenaamde triple E-klasse containerschepen (wat staat voor *Economy of Scale, Energy Efficiency and Environmental Performance*) zijn hiervan een voorbeeld. Met hun enorme afmetingen en het laadvermogen van meer dan 20 duizend standaardcontainers, is alles gericht op kostenbesparingen en energie-efficiëntie. Door in één keer

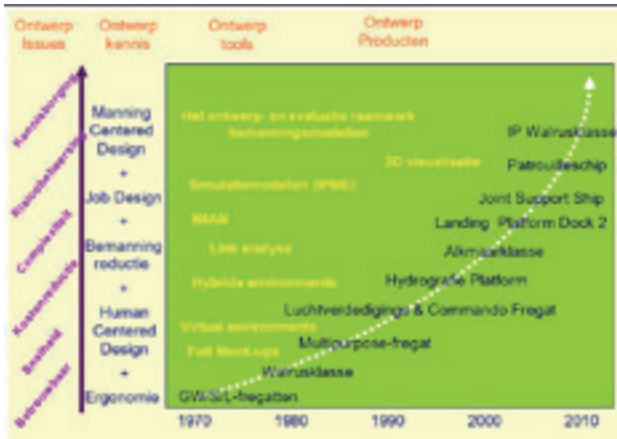
duizenden containers meer mee te nemen, kunnen de kosten voor transport van één container met 20% tot 30% omlaag en de uitstoot van CO₂ per container zelfs met 50% (Dijk & Lalkens, 2017). De Mary Maersk, een triple E-containerschip met een capaciteit van 18.450 standaardcontainers, wordt door een vierentwintigkoppige bemanning gevaren, van wie tien engineers twee grote dieselmotoren en andere systemen in de machinekamer in bedrijf houden. De Deense wet staat toe dat de Mary Maersk met dertien bemanningsleden gevaren wordt; er is dus ruimte voor verdere bemanningsreductie (Dijk & Lalkens, 2017).

Echter, de *ontwikkel- en investeringskosten* die deze reductie vergt, wegen niet op tegen de *kostenbesparing* die de bemanningsreductie zal opleveren. De kosten voor de 24 bemanningsleden vallen namelijk in het niet bij de totale operationele kosten. Daarbij komt dat de rederij een verregaande bemanningsreductie, en zeker autonoom varen, ziet als *verhoogd risico* voor de continuïteit en de veiligheid van het zeetransport. Bedrijfszekerheid is van grote bedrijfseconomische waarde.



Afbeelding 9. De MOL Triumph arriveert in de haven van Rotterdam

Toepassing van automatisering maakt het, in principe, mogelijk *meer te doen met hetzelfde aantal of minder mensen*. Dit maakt automatisering praktisch relevant voor efficiëntieverbetering. Door de jaren heen heeft *human system engineering* een grote rol gespeeld bij de ontwikkeling van platformen van de Koninklijke Marine, door de ontwikkeling van nieuwe automatiserings- en inrichtingsconcepten. In het TNO-rapport 'Eindrapport programma: Bemanningsmodellen V526' (Van den Broek, 2010) staat een figuur afgebeeld, dat hier is opgenomen als figuur 10. De figuur geeft een globaal overzicht van de platformontwikkeling in de laatste veertig jaar. Rechts zijn de *ontwerpproducten* weergegeven waarvan een groot deel nog in de vaart is. In de tweede kolom links is de benodigde *ontwerpkennis* in globale termen weergegeven.



Figuur 10. Overzicht van de platformontwikkeling van de Koninklijke Marine

Het rapport vermeldt verder:

'De Koninklijke Marine heeft een lange traditie in het betrekken van Human Factor kennis bij het inrichten van operationele ruimtes van hun schepen. De ergonomie en efficiëntie van de Nederlandse Marine schepen worden dan ook internationaal geroemd. Echter, ook deze kennis moet zich verder ontwikkelen om gelijke tred te houden met de behoeftstelling, en om met slinkende budgetten en minder mensen, meer te kunnen doen in een steeds complexer wordende operationele context. Gevolg hiervan is dat de huidige schepen qua bedrijfsvoering concepten een stuk complexer zijn geworden ten opzichte van bijvoorbeeld het S-fregat (1970). Denk maar eens aan het patrouilleschip dat met een gecombineerde commandobrug en geïntegreerde TC/CC⁴ gaat varen' (p. 15).

Inmiddels zijn de patrouilleschepen oftewel de OPV's (*ocean-going patrol vessels*) van de Hollandklasse in de vaart genomen. Ze zijn gebouwd om in te zetten voor kustwachttaken waarbij geen of beperkte tegenstand wordt verwacht. De schepen hebben geen aparte technische centrale en ook geen aparte commandocentrale, deze centrales zijn met de brug samengevoegd in de 'Commandobrug Achter', kortweg Cobra. Op de brug zelf is ook veel veranderd: de schepen varen zonder papieren kaarten, dus volledig digitaal. Het manoeuvreren gaat makkelijker dankzij de automatische piloot, die het schip met gps via iedere route naar iedere haven ter wereld kan varen (marineschepen.nl, 2016).

Door de enorme automatisering kunnen de schepen van de Koninklijke Marine varen en opereren met een heel klein aantal bemanningsleden. Het optimaliseren van de bemanningsomvang heeft echter een schaduwzijde. Zo kan de werklast te hoog oplopen doordat er minder ruimte is om taken van elkaar over te nemen of elkaar te ondersteunen, zeker in *all hands on deck*-situaties. Dit gebrek aan redundantie en ruimte om hoge werklast op te vangen, kan de resilience van schepen ten tijde van operaties aantasten. Om deze reden vindt de Koninklijke Marine dat de bemanningsreductie op deze schepen te ver is doorgevoerd omdat er (te) weinig 'speelruimte' overblijft.

Het eerdergenoemde TNO-rapport was een sluitstuk van een vierjarig programma gericht op het ontwikkelen van een ontwerpgerichte methode om alle aspecten te kunnen afwegen die van invloed zijn op functionaliteit, bemanningsomvang, efficiëntie en kosten. Het ontwerp- en evaluatieraamwerk bemanningsmodellen (figuur 11), zoals het model is genoemd, biedt op drie manieren ondersteuning aan het ontwerpproces:

1. als model van de complexe ontwerppraktijk, met als voordeel dat alle betrokken partijen vanuit een gedeelde visie aan het ontwerpproces kunnen deelnemen;
2. als facilitair instrument, met als voordeel dat de complexe ontwerpproessen binnen (verschillende) projectteams ondersteund en vastgelegd kunnen worden;
3. als systematiek waarmee de consequenties van ontwerpkeuzes inzichtelijk gemaakt worden.



Figuur 11. Ontwerp- en evaluatieraamwerk bemanningsmodellen

Aanvullend op het ontwerp- en evaluatieraamwerk bemanningsmodellen, hebben TNO en industriële partners recentelijk voor de Defensie Materiaal Organisatie (DMO) een *crew design* tool ontwikkeld (Van Diggelen, Janssen & Van den Tol, 2016). De tool is een applicatie waarmee in een vroege fase van het ontwerp van een vaartuig of platform, kennis over ambitieniveaus, personeel, automatisering en operationele concepten kan worden vastgelegd en gedeeld door gebruik te maken van herbruikbare bibliotheken. Op basis van deze bibliotheken kunnen verschillende bemanningsconcepten worden doorgerekend. Door aan het uitvoeren van de taken verschillende eisen te stellen wat betreft competenties, vaardigheden en opleidingsniveau, zullen de samenstelling, omvang en kosten van de bemanning variëren. De crew design tool berekent niet de optimale bemanningsomvang maar laat zien wat het *effect* van een bepaalde keuze (bijvoorbeeld meer of minder automatisering) is op de bemanningsomvang en -samenstelling is.

Als bemanningsreductie het streven is, dan is mijn advies: *begin niet bij de techniek maar bij de mensen* en onderzoek waar ondersteuning gewenst en praktisch relevant is voor bedrijfszekerheid, resilience en maritieme veiligheid.

Praktijkgericht onderzoek

'Praktijkgericht onderzoek is onderzoek waarvan de vraagstelling wordt ingegeven door de beroepspraktijk en waarvan de opgedane kennis direct kan bijdragen aan die beroepspraktijk.'

Andriessen, 2014

Uitgangspunt voor praktijkgericht onderzoek binnen het lectoraat *Human Factors in maritieme automatisering* is dat bij de toepassing en ontwikkeling van maritieme techniek en automatisering wordt gekeken naar het dienend vermogen. *Dienende automatisering* is automatisering waarbij de gebruiker centraal staat, die gericht is op resiliënce en praktisch relevant is. Daarop gebaseerd zijn de thema's waarbinnen ik onderzoek wil uitvoeren, de volgende:

1. **De operator van de toekomst.** Wat is de invloed van technische ontwikkelingen op de rol, kennis en vaardigheden van de operator van de toekomst? Op welke manier kan gewaarborgd worden dat de operator onderdeel blijft uitmaken van de bedien- en beheersprocessen?
2. **Resiliënce en maritieme veiligheid.** Geen enkele maritieme situatie is hetzelfde. Het vermogen om veranderingen waar te nemen en hierop te kunnen inspelen, is een eigenschap van socio-technische systemen. Veiligheid wordt bevorderd door het resiliënt vermogen van socio-technische systemen te vergroten. Welke rol speelt automatisering hierin?
3. **Praktische relevantie van automatisering.** Ontwikkelen en toepassen van geautomatiseerde systemen heeft nut als deze een bijdrage leveren aan het oplossen van verbeter- of constructieproblemen. Hoe bepalen we of een systeem een bijdrage kan leveren aan efficiëntieverbetering van operationele processen?

5.1 De operator van de toekomst

De operator is een generieke beroepsuitoefenaar die (mede) afhankelijk is van automatisering bij het bereiken van bepaalde operabele doelen. De rol van de professional zal gaan verschuiven van *uitvoerder, via operator naar supervisor van systemen*. Door de operator centraal te zetten, krijgen we inzicht in de veranderingen in de bediening- en beheersprocessen als gevolg van technische ontwikkelingen.

Er zijn hierbij twee perspectieven voor praktijkgericht onderzoek mogelijk:

- 1 Het eerste is een opleidingsperspectief: wat wordt de rol van de operator van de toekomst en over welke kennis, vaardigheden en competenties moet deze beschikken?
- 2 Het tweede is het perspectief van samenwerking: op welke manier kunnen operator en systemen samenwerken en aanvullend zijn in de bediening- en beheersprocessen?

Ik wil het praktijkgericht onderzoek van het lectoraat vooral richten op toepassingen van automatisering, autonome systemen en robots op een lokaal niveau, dat wil zeggen: op toepassing in en rond de haven. Lokale ontwikkelingen hebben namelijk op korte termijn de grootste impact en zijn relatief goed toegankelijk voor praktijkgericht onderzoek.

Robots

'Robots' spelen in de context van praktijkgericht onderzoek een belangrijke rol omdat robots een toegankelijke en betaalbare type autonoom systeem vormen, waarbij dezelfde uitdagingen in de samenwerking tussen mens en machine een rol spelen als bij grotere autonome systemen. Robots zijn autonome systemen, maar niet elk autonoom systeem is een robot.⁵ Het onderscheid zit vooral in de fysieke verschijningsvorm en het feit dat robots zich in dezelfde publieke ruimte begeven als mensen. Robottechnologie is met name gericht op het verrichten van handelingen en deeltaken, zelfstandig of als verlengstuk van de mens. Dit vraagt om interactie met de (fysieke) omgeving en samenwerking met mensen (Van der Kleij, Schraagen & Neerincx, 2016). Te denken valt aan *oppervlakte- of onderwaterdrones* die kade-inspecties uitvoeren en metingen verrichten of schepen die simpele repetitieve taken uitvoeren. Het kan ook gaan om robots die ballasttanks en tanks voor chemische opslag inspecteren en schoonmaken. Het kan gaan om kleinere kustvaarders, die via vaste vaarroutes van A naar B pendelen. In dit kader wordt ook wel over *maritieme robots* of *maritieme toepassingen van robots* gesproken in plaats van autonome schepen.

Taakuitvoering van de operator

Figuur 8 (§4.2.2) maakt duidelijk dat de taakuitvoering van de operator op verschillende aspecten onderzocht en geoptimaliseerd kan worden, onder andere gaat het om:

- werkbelasting
- situation awareness
- besluitvorming
- human error
- competenties

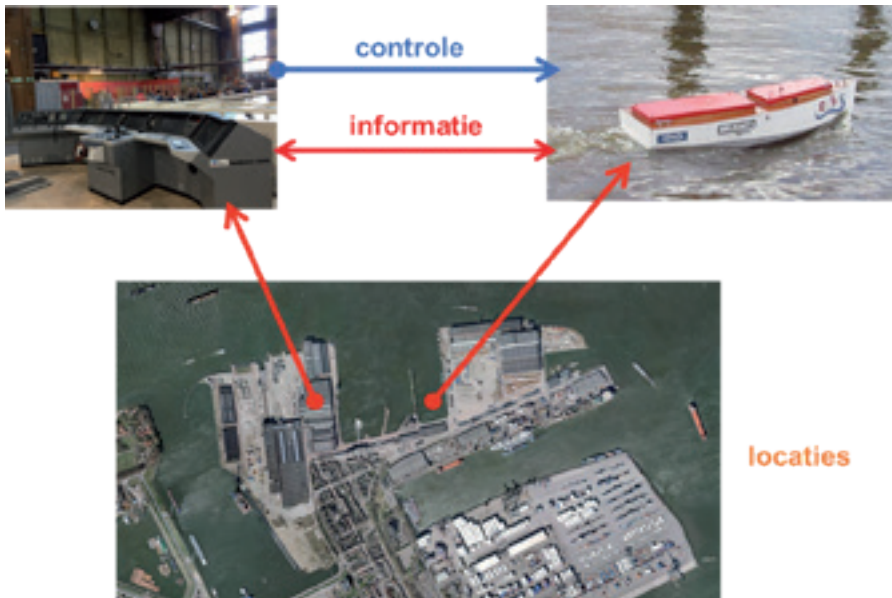
Human factors onderzoek is er opgericht om met methoden en modellen deze aspecten te meten en te optimaliseren. Door het betrekken van de vijf factoren die van invloed zijn op de taakuitvoering organisatie, samenwerking, inrichting, systemen en training, kunnen bepaalde aspecten geoptimaliseerd worden. Een (te) hoge werklast bijvoorbeeld kan worden opgelost door een andere manier van samenwerken of taakverdeling, ook de ontwikkeling van een ondersteuningstool of het verminderen van de administratieve druk zou een oplossing kunnen vormen.

Ondersteuning op afstand van aquabots

Een concreet voorbeeld van praktijkgericht onderzoek is de vraag hoe een stuurman op de wal en (de techniek van) een aquabot samen kunnen werken bij het veilig navigeren van de aquabot. Simpel gezegd is een aquabot een vaartuig dat onbemand een route van A naar B kan varen.

Dit onderzoek vindt plaats vanuit een navigatiebrug die het bedrijf RH-marine beschikbaar gesteld aan de Community of Practice (CoP) Maritieme Technologie - onderdeel van het RDM Centre of Expertise (CoE). Deze brug staat in het *innovation dock*, vlak voor de waterbak (zie foto linksboven in figuur 12). Ook is er een aquabot gebouwd met een romplengte van ongeveer 1,5 meter (zie foto rechtsboven in figuur 12), die via remote control kan varen in de waterbak.

De eerste experimenten zijn gericht op het op afstand bedienen van de aquabot in de waterbak, met direct zicht vanaf de navigatiebrug. Vervolgexperimenten zijn gericht op het varen van de aquabot in een gereserveerd stuk van de haven (zie onderste foto in figuur 12). Hierbij is het de bedoeling dat de stuurman de aquabot op afstand kan volgen en assisteren zonder direct zicht op de situatie.



Figuur 12. Ondersteuning op afstand-opstelling en -experiment

Zoals uitgelegd in §2.4 zegt het feit dat de aquabot een 'autonoom systeem' is niets over de geavanceerdheid van de automatisering, bijvoorbeeld of de aquabot de functionaliteit van collision avoidance bezit. De hoofdvraag is daarom de volgende:

*Op welke manier moet de samenwerking tussen de stuurman op afstand en de aquabot **technisch** en **functioneel** ingericht worden om veilige navigatie onder verschillende omstandigheden, oplopend van lage complexiteit naar hoge complexiteit, mogelijk te maken?*

De deelvragen zijn:

- Op welke manier kunnen systemen en de stuurman op de wal samenwerken bij het veilig navigeren van de aquabot en wat is de bijdrage van beide actoren in het geheel?
- Ligt de betrokkenheid van beide actoren op een constant niveau of hangt de mate van betrokkenheid af van bepaalde omstandigheden?
- Welke omstandigheden spelen hierbij een rol en op welke manier zijn ze te beïnvloeden?

5.2 Resilience en maritieme veiligheid

Het vermogen om veranderingen waar te nemen en hierop in te spelen (resilience) is een eigenschap van socio-technische systemen. Veiligheid wordt bevorderd door dit

adaptief vermogen van socio-technische systemen te vergroten. Het socio-technisch systeemdenken mag eigenlijk niet ontbreken in het curriculum van studenten die wat betreft veiligheid in kritische domeinen komen te werken.

Binnen dit thema is het de bedoeling dat we op een praktisch niveau gaan onderzoeken en beschrijven:

- wat de karakteristieken zijn van resiliënt handelen;
- hoe we de karakteristieken kunnen herkennen;
- hoe we deze kunnen beoordelen; en
- hoe we deze kunnen verbeteren.

Kennis van deze aspecten is een belangrijke voorwaarde om te kunnen beoordelen of automatisering een bijdrage kan leveren aan de resiliënce van socio-technische systemen. Uiteraard zijn automatisering en technologie hierbij niet zaligmakend. In §4.2.2 heb ik het OSIST-model geïntroduceerd, die de factoren benoemt die geoptimaliseerd en veranderd kunnen worden om de resiliënce te vergroten.

5.3 Praktische relevantie van automatisering

Onderzoek binnen het thema *praktische relevantie van automatisering* is gericht op de toegevoegde waarde van automatisering en technologie voor het *operationele* proces. Binnen dit thema worden verbeter- en constructieproblemen op systeemniveau geanalyseerd. Dat betekent dat in de analyse van problemen en mogelijke oplossingen wordt uitgezoomd naar het geheel van de samenwerkende delen. Het schip is een systeem. Door 'in te zoomen' kunnen ook subsystemen zoals de brug en de machinekamer onderwerp van onderzoek zijn. Door uit te zoomen wordt het systeem 'schip' op haar beurt onderdeel van een groter maritiem-, logistiek- of havensysteem.

Op systeemniveau 'schip' kan bijvoorbeeld de vraag onderzocht worden op welke manier automatisering en techniek ingezet kunnen worden om met minder mensen te kunnen varen. Dat is in tijden van economische tegenspoed een actuele en praktische vraag. Praktische relevantie kan economisch afgewogen worden en als business case worden opgevat. Praktische relevantie van automatisering en autonome systemen neemt toe als de systemen werk kunnen uitvoeren dat voor mensen fysiek gevaarlijk is, saai is of een bedreiging vormt voor de gezondheid.

Er zijn ontwerppraktijken ontstaan waarin het gat tussen wat de ontwerpers beogen en wat de gebruikers in de praktijk nodig hebben, wel erg groot is geworden. Dat komt doordat de ontwerpers een ander perspectief hebben dan de gebruikers en gebruikers vaak niet bij de ontwikkelingen worden betrokken. Ontwerpers willen dingen simpel houden en zien in technologie alleen voordelen,

vaak gebaseerd op het idee dat de gebruiker beter gaat presteren. De gebruiker heeft echter met de dagelijkse complexiteit te maken en als systemen daarin niet ondersteunend zijn, kan het mislopen (§1.2.1 en 1.2.2).

De mismatch tussen wat systemen bieden en wat de gebruiker nodig heeft, kan ook ontstaan doordat de ondersteunende elementen voor verschillende deeltaken verschillende systemen opleveren, die vervolgens in een operationele ruimte (zoals een navigatiebrug) bij elkaar worden gezet. Dat levert in sommige gevallen een bonte verzameling monitoren, interfaces en apparaten op, waardoor de gebruiker steeds van het ene systeem naar het andere systeem moet overschakelen. Alleen door uit te zoomen naar de brug als systeem, kan er inzicht ontstaan in de knelpunten die daardoor ontstaan in de taakuitvoering en de mogelijke geïntegreerde oplossingen.

Ook ten aanzien van autonome systemen en robottoepassingen kan onderzoek gedaan worden naar praktische relevantie. In zijn afscheidslezing *The Near Future of Unmanned Vessels: a Complexity-Informed Perspective* geeft collega-lector Kees Pieters (2017) een vijftal vragen die gesteld kunnen worden om te bepalen of maritieme robots in een bepaalde context praktisch relevant en toepasbaar zijn of niet. Hieronder worden ze, vertaald, weergegeven:

1. Worden de gevraagde taken momenteel uitgevoerd door mensen of is uitvoering momenteel niet mogelijk?
2. Is de omgeving waarin de activiteiten plaatsvinden stabiel en voorspelbaar (of juist complex), of kan de omgeving stabiel gemaakt worden?
3. Als de omgeving voorspelbaar is, kan [dan] technologie ontwikkeld worden die veilig opereren in die omgeving mogelijk maakt?
4. Als de omgeving complex is, kan een robot [dan] leren om met die complexiteit om te gaan?
5. Als de omgeving complex is en meer van de menselijke capaciteiten vraagt dan mogelijk is, is een exoskelet⁶ [dan] een haalbare optie?

Ik zou hier een zesde vraag aan toe willen voegen:

6. *Als de omgeving complex is, kan een team van robot en operator dan wel met de bijbehorende onzekerheid omgaan?*

6

Een exoskelet is een systeem dat het menselijk lichaam ondersteunt en beschermt, bijvoorbeeld bij het tillen van zware goederen (zie bijvoorbeeld De Looze, Krause & Van Dijk, 2016).

Onderwijs

*'Verantwoordelijkheid is het besef dat je de onbetwiste
schepper bent van een gebeurtenis of een ding.'*
Jean-Paul Sartre in L' être et le néant, 1943

Het lectoraat *Human Factors in maritieme automatisering* is onderdeel van de leerlijn *technische innovaties voor een duurzame maritieme toekomst*. Het lectoraat is primair gericht op het opleidingsinstituut *Rotterdam Mainport University of Applied Sciences* (RMU) van Hogeschool Rotterdam, maar ook op de technische opleidingen *Engineering and Applied Science* (EAS) en *Communicatie, Media en Informatietechnologie* (CMI).

Ik besef terdege dat de hbo-studenten van deze technische opleidingen geen adaptieve systemen zullen gaan ontwikkelen, laat staan dat ze worden opgeleid tot Human System Engineer of Human Factors-onderzoeker. Toch is deze openbare les voor deze groep studenten bewust op een beschouwende manier geschreven, vanuit de verwachting hen op deze manier bij te brengen wat technologische ontwikkeling en innovatie voor hun professie gaan betekenen. Ik hoop dat deze openbare les bijdraagt aan het kritisch vermogen van studenten om vraagtekens te zetten bij de claims die gepaard gaan met technologische innovatie en om de praktische relevantie van technologische innovatie voor hun beroepspraktijk te beoordelen.

6.1 Onderwijs gedreven onderzoek

Deze les is mede geschreven om docenten handvatten te geven bij het op een analytische manier onderzoeken van de effecten van automatisering en technologische innovatie op het functioneren van mensen. Ik hoop vooral dat ik erin ben geslaagd over te brengen dat de kwaliteit van operationele processen uiteindelijk is te verklaren uit het functioneren van *socio-technische systemen*, waarin *mensen* een essentiële rol zullen blijven vervullen.

De manier om kennis te ontwikkelen van het functioneren van *socio-technische systemen* en het verbeteren van de duurzaamheid ervan, is het verrichten van

praktijkgericht onderzoek. Het is belangrijk dat vooral docenten bij praktijkgericht onderzoek betrokken worden, omdat docenten de ontwikkelde kennis via curriculumvernieuwing door kunnen geven aan de studenten. Het gaat hierbij niet alleen om kennis die relevant is voor de maritieme praktijk, maar ook om kennis over methoden en technieken van praktijkgericht onderzoek.

Het verrichten van praktijkgericht onderzoek is het middel om kennis te ontwikkelen die antwoorden biedt op praktijkproblemen. Dat kunnen 'hier en nu' problemen zijn: wat doe ik tegen te hoge werkdruk? Het kunnen ook vragen van meer strategische aard zijn: in welke geautomatiseerde systemen kan de reder het best investeren als hij met minder mensen wil gaan varen?

Met de inzichten uit het onderzoek kan een onderwijsinstituut zich profileren als *praktijkgericht kennisinstituut*. Dat betekent dat de ontwikkelde kennis mede gebruikt wordt om de stakeholders in de bedrijfstak te adviseren over technologische innovatie en om antwoord te geven op de praktische dilemma's en uitdagingen op dit vlak.

Sinds 1 januari 2016 is binnen Hogeschool Rotterdam beleid van kracht dat opleidingen geacht worden een aanzienlijk deel van hun onderwijsbudget te besteden aan de inzet van docenten voor praktijkgericht onderzoek. De gedachte is dat op deze manier een betere verbinding ontstaat tussen kenniscentra en het onderwijs en dat dit model een betere garantie biedt dat onderzoeksresultaten ook daadwerkelijk leiden tot vernieuwing van het curriculum. Een belangrijk aspect van het werk van lectoren is daarom de afstemming met (hoofd)docenten over de bijdrage van human factors aan de minor, de onderwerpen van onderzoek, de aanpak van onderzoek en de begeleiding van studenten. Daarnaast hebben lectoren geregeld overleg met de onderwijsmanagers van de opleidingen over de inzet van docenten in onderzoek en de organisatie van de impact van kennis op het onderwijs. Ook is er voortdurend afstemming met de praktijk. Lectoren besteden een relatief groot deel van hun tijd aan het leggen van verbindingen, afstemming en het opstellen van onderzoeksplannen.

Naast docenten kunnen ook studenten betrokken worden bij onderzoek. De hbo-studenten worden geacht te beschikken over onderzoekend vermogen, een competentie die bijdraagt aan een betere uitoefening van het beroep waarvoor ze worden opgeleid. Dit onderzoekend vermogen bestaat uit drie onderdelen (Andriessen, 2014):

1. een onderzoekende houding hebben (wat betekent dat ze nieuwsgierig, bedachtzaam en kritisch zijn en bereid om informatie te delen);
2. kennis uit onderzoek van anderen toepassen (wat betekent dat ze hun weg kunnen vinden in relevante wetenschappelijke en vakliteratuur);

3. zelf onderzoek doen (wat betekent dat ze het vermogen hebben om zelf de onderzoekscyclus te doorlopen en informatie te verzamelen die uit secundaire bronnen mag komen).

6.2 Onderzoek geschikt maken voor onderwijs

De hbo-studenten doen gedurende de opleiding op verschillende manieren ervaring op in het doen van onderzoek. In het eerste jaar krijgen studenten van de opleiding Maritiem Officier les in methoden en techniek van onderzoek (MTO) en bekwamen ze zich in het opstellen van een onderzoeksplan. In verschillende fases van de opleiding worden studenten geacht deze MTO-kennis toe te passen en onderzoek te verrichten. Zo zijn er de zogenaamde PI-projecten, waarin studenten van de verschillende opleidingen aan de RMU geïntegreerd onderzoek verrichten, vindt er onderzoek plaats in het kader van de minor en zijn er praktijkopdrachten. De opleiding wordt afgesloten met de afstudeeropdracht.

Het is mijn ambitie als lector om samen met de opleidingen (een deel van) de onderzoeken die studenten gaan uitvoeren in de verschillende fases van hun opleiding, te laten vallen onder de thema's die ik in hoofdstuk 5 'Praktijkgericht onderzoek' heb beschreven. Het ideaalbeeld is om de resultaten van de deelonderzoeken, in alle fases van het onderwijs, als puzzelstukjes aan elkaar te leggen en zo bij te dragen aan een grote en brede, voor de praktijk relevante kennisbasis.

Onderzoek geschikt maken voor onderwijs houdt daarom in:

1. dat de *vragen* voor het praktijkonderzoek en de praktijkgerichte opdrachten uit gemeenschappelijke thema's voortvloeien;
2. dat de vragen en opdrachten dusdanig concreet en toepasbaar gemaakt zijn, dat ze *uitvoerbaar* zijn in de beperkte tijd die docenten en studenten hebben om onderzoek te doen.

Het vergroten van de uitvoerbaarheid door het concretiseren van de vragen, kan op de volgende, verantwoorde, manier uitgevoerd worden.

Verschuren en Doorewaard (2015) onderscheiden verschillende typen praktijkgericht onderzoek: probleemverkenningsonderzoek, diagnostisch onderzoek, ontwerponderzoek, monitoring- c.q. implementatieonderzoek en evaluatieonderzoek. Binnen een onderzoek wordt een onderzoekscyclus doorlopen waarin de onderzoeker van vraag naar antwoord toewerkt. De onderzoekscyclus wordt op een methodische manier uitgevoerd, dat wil zeggen: ze bestaat uit een aantal stappen (zie ook Andriessen, 2014).

Het komt echter alleen bij grote en langdurige studies voor dat diagnose, ontwerp, implementatie en evaluatie gekoppeld worden uitgevoerd, omdat de uitvoering van een dergelijke studie veel tijd en capaciteit vraagt. Gebaseerd op Strien (1986) is mijn voorstel daarom om de verschillende typen onderzoek als deelonderzoeken te zien en uit te voeren, waarbij nog steeds een onderzoekscyclus wordt doorlopen.

Het eerste voordeel van mijn aanpak is dat een diagnostisch onderzoek methodisch aangepakt kan worden en de uitkomsten vervolgens richting kunnen geven aan het ontwerponderzoek dat daarop volgt c.q. het ontwerponderzoek kan worden gebaseerd op de resultaten van het diagnostisch onderzoek. Ook ligt de combinatie van implementatieonderzoek en evaluatieonderzoek voor de hand. Kortom, op deze manier wordt de kennis als een *estafettestokje* van de ene aan de andere onderzoeker doorgegeven. Het effect is dat meer tijd kan worden besteed per onderzoek, hetgeen naar verwachting de kwaliteit ten goede zal komen en per saldo meer kennis zal opleveren.

Een tweede methodologisch voordeel van deze opzet is dat dezelfde vragen parallel en in verschillende situaties beantwoord kunnen worden. Een onderzoek naar een bepaald fenomeen, bijvoorbeeld werkdruk, kan aan boord van verschillende typen schepen worden uitgevoerd. Onderzoek naar de verschillende uitkomsten wat betreft werkdruk, levert een vorm van kennisverrijking op, omdat de verschillen kennelijk iets zegt over de *context*, namelijk het type schip. Ook het feit dat bevindingen zijn gebaseerd op meerdere onderzoeken ($n > 1$) vergroot de validiteit van de gevonden uitkomsten. Onderzoeken kunnen op deze manier aaneengeschakeld worden als *kralen aan een ketting*.

Dat het onderzoek op deze manier geschikt wordt gemaakt voor onderwijs, betekent niet dat het onderzoek daarmee ook versimpeld wordt. De complexiteit kan worden gewaarborgd, door bijvoorbeeld eisen te stellen aan het aantal (afhankelijke en onafhankelijke) variabelen dat in het onderzoek wordt betrokken. Ook het aantal stakeholderperspectieven of de combinatie van een technisch en een sociaal perspectief kan zorgen voor de benodigde complexiteit.

Alleen door meer focus en massa van praktijkgericht onderzoek is gezamenlijk praktijkgerichte kennis te ontwikkelen.

Samenvatting

Door de technologische innovatie in de laatste decennia worden meer en meer taken van de mens overgenomen door geautomatiseerde systemen en robots. Dat geldt ook voor taken waarbij het tot voor kort niet voor mogelijk leek dat ze volledig geautomatiseerd kunnen worden uitgevoerd, zoals het besturen van een auto of het varen van een schip. Veel van deze automatiseringstechnologie is ontwikkeld om de precisie, prestaties en efficiëntie van processen te verbeteren. Daarnaast was de verwachting dat door automatisering de werkdruk zou verminderen en opleidingseisen konden worden aangepast, omdat er minder werk voor operators zou overblijven. Ook zou het werk sterk vereenvoudigen. Het werd als technisch mogelijk beschouwd om autonome systemen te ontwikkelen die weinig, of zelfs geen enkele, menselijke betrokkenheid vergen en daarmee de kans op menselijke fouten verminderen of elimineren.

Het idee dat 'de machine' en 'de mens' twee gescheiden en onvergelijkbare werelden zouden zijn, heeft een eenzijdige technologische benadering van automatisering voortgebracht. Door te denken dat de efficiëntie van processen verbeterd kan worden door simpelweg taken van 'de mens' over te hevelen naar 'de machine', zijn er onverwachte problemen ontstaan in de Bedien- en beheersprocessen van de geautomatiseerde systemen. Problemen in de interactie tussen mens en geautomatiseerd systeem hebben als effect dat het systeem onhandig te bedienen is (*onhandige automatisering*). Overdreven gezegd maakt *onhandige automatisering* makkelijke taken makkelijker en moeilijke taken moeilijker wanneer er problemen zijn.

Het onvoldoende betrekken van menselijke factoren (human factors) bij het ontwerp van geautomatiseerde systemen is een fundamenteel probleem, dat zowel in de auto-industrie als in de maritieme sector een belangrijke oorzaak is van het ontstaan van ongelukken en riskante situaties.

De ontwikkeling van autonoom varen wordt door de voorvechters verdedigd met het argument dat autonome systemen de operationele kosten zullen verlagen en dat ze de maritieme veiligheid zullen vergroten, *juist* omdat de rol van de mens wordt verkleind. Net als in de jaren '90 van de vorige eeuw wordt het vervangen

van 'de mens' door 'autonome systemen' bij uitstek gezien als middel om de falende mens te compenseren. De vraag is of de aannames dat 'de techniek' in staat is om 'de mens' te vervangen en dat maritieme ongelukken veroorzaakt worden door 'de falende mens', wel terecht zijn.

Statistieken van maritieme ongelukken laten zien dat er in 70 tot 80% van de gevallen sprake is van *human error*. Dit hoge cijfer is echter het gevolg van het feit dat er geen duidelijke invulling is van het begrip 'human error' en het als verzamelterm wordt gebruikt voor fouten waarbij mensen betrokken zijn. Bij diepgaandere analyses zal altijd blijken dat onder andere organisatorische, technische, juridische, economische en wettelijke factoren (mede) een rol hebben gespeeld. Belangrijker is echter dat het idee dat een ongeval een *enkele* oorzaak heeft en dat *die* oorzaak het belangrijkste doel voor preventie moet zijn, een te simpele benadering van maritieme veiligheid is. Maritieme veiligheid komt voort uit het gegeven dat *socio-technische systemen* zich kunnen aanpassen aan de operationele eisen van het moment en kunnen corrigeren en reageren als dingen misgaan of anders verlopen dan verwacht. Deze *socio-technische systeembenadering* heeft als uitgangspunt dat enerzijds mensen (*socio*), zoals individuen, teams en organisaties en anderzijds technische elementen, zoals geautomatiseerde systemen, computers en instrumenten, in een combinatie samenwerken om processen uit te voeren. Simpel gezegd: de stuurman kan zijn werk doen doordat de dieptemeter hem informatie aanlevert die voorkomt dat hij het schip *aan de grond laat lopen*. Niet alleen het samenspel tussen 'mens' en 'techniek' is van belang, maar ook de samenwerking met andere actoren in het systeem. Het kan gaan om samenwerking op de brug, maar ook om de samenwerking en afstemming tussen schepen. De veerkracht en responsiviteit van een socio-technisch systeem wordt met de Engelse term *resilience* aangeduid. Een systeem is resiliënt als het kan herstellen van bedreigingen en druk, en als het adequaat kan handelen onder verschillende omstandigheden en zowel kan reageren op verstoringen als op mogelijkheden die zich voordoen.

Vanuit het perspectief van het socio-technisch systeem is vereist dat autonome systemen niet alleen ontworpen worden om hun *taak* (varen) zo goed mogelijk uit te voeren, maar ook om samen te werken met andere actoren (mensen en technische systemen) en die samenwerking te coördineren, als onderdeel van het socio-technische systeem.

Samenwerking en coördinatie spelen ook een rol bij de ontwikkeling van autonome schepen, die in fases zal verlopen. Aan het begin van de ontwikkeling zullen schepen gemonitord en bijgestaan worden door een operator op afstand. Het idee hierachter is dat assistentie op afstand nodig is totdat de 'intelligentie' van scheepssystemen zo ver ontwikkeld is dat de autonome systemen in staat zijn zonder hulp van buitenaf te

varen. *Assistentie op afstand* houdt in dat het *doelschip* 'ergens' vaart en in verbinding staat met een operator in een *walstation*. Het populaire idee is dat als een schip is uitgerust met (voldoende) sensoren en over kunstmatige intelligentie beschikt, dit toereikend moet zijn om veilig zelf te varen. Niets is echter minder waar.

Op de eerste plaats is 'autonomie' een relatief begrip. De mate van *adaptiviteit* en *zelfredzaamheid* die gevraagd wordt van een schip en de *complexiteit van de situaties* waarmee het schip moet kunnen omgaan, bepalen het niveau van automatisering.

Op de tweede plaats is het opbouwen van een omgevingsbeeld en het bepalen of de omgeving een gevaar vormt voor het schip (situation awareness), een complex proces. Dat komt doordat informatie geen objectief gegeven is. Het is bijvoorbeeld niet mogelijk om van tevoren vast te leggen welke elementen waargenomen moeten worden om veilig te varen. De waarneming wordt gestuurd door de verwachtingen en de context en is daardoor een complex cognitief proces. Hoewel kunstmatige intelligentie op *deelgebieden* steeds 'intelligenter' wordt, is kunstmatige intelligentie anders van karakter dan de intelligentie van mensen, vooral op het gebied van *generieke intelligente vermogens*. Het proces van opbouw van situation awareness kan niet als geheel overgedragen worden aan kunstmatige intelligentie. Anders gezegd: met een schaakcomputer kun je geen schip varen. Van een probleemloze één-op-één-vervanging kan daarom geen sprake zijn. Autonome systemen moeten daarom niet gezien (en ontworpen) worden als 'egocentrische' systemen, maar als adaptieve actoren die kunnen bijdragen aan de resiliëncie van het socio-technisch systeem waar ze deel van uitmaken.

Deze inzichten pleiten niet voor minder of meer automatisering, maar voor *andere* automatisering, namelijk automatisering die gericht is op synergie en samenwerking, zodat er sprake kan zijn van symbiose tussen mens en machine. Hiervoor gelden de volgende drie uitgangspunten:

1. *Zorg ervoor dat 'de mens' onderdeel is van het proces (geen tweedeling).*
2. *Gebruik machine-intelligentie om de menselijke cognitie aan te vullen (cognitive augmentation) en tekortkomingen adaptief te compenseren.*
3. *Richt de aandacht op de manier waarop technische systemen hun situation awareness kunnen communiceren aan mensen, zodat ze mensen kunnen helpen in onverwachte situaties, en andersom.*

In deze openbare les breek ik een lans voor de ontwikkeling van autonoom varen vanuit het idee dat een geautomatiseerd systeem alleen kan functioneren als onderdeel van een socio-technisch systeem en dat daarom human factors vanaf het begin betrokken moet worden bij de ontwikkeling. Ook pleit ik ervoor dat autonome automatisering wordt ontwikkeld als *dienende* technologie.

Uitgangspunt voor praktijkgericht onderzoek binnen het lectoraat *Human Factors in maritieme automatisering* is daarom dat maritieme techniek en geautomatiseerde systemen beoordeeld moeten worden op hun dienende vermogen. *Dienende automatisering* is automatisering waarbij de gebruiker centraal staat, die gericht is op resilience en die praktisch relevant is.

De drie thema's waarbinnen ik vanuit het lectoraat praktijkgericht onderzoek wil uitvoeren, zijn de volgende:

1. **De operator van de toekomst.** Wat is de invloed van technische ontwikkelingen op de rol, kennis en vaardigheden van de operator van de toekomst? Op welke manier kan gewaarborgd worden dat de operator onderdeel blijft uitmaken van de bedien- en beheersprocessen?
2. **Resilience en maritieme veiligheid.** Geen enkele maritieme situatie is hetzelfde. Het vermogen om veranderingen waar te nemen en hierop te kunnen inspelen, is een eigenschap van socio-technische systemen. Veiligheid wordt bevorderd door het resiliënt vermogen van socio-technische systemen te vergroten. Welke rol speelt automatisering hierin?
3. **Praktische relevantie van automatisering.** Ontwikkelen en toepassen van geautomatiseerde systemen heeft nut als de systemen een bijdrage leveren aan het oplossen van verbeter- of constructieproblemen. Hoe bepalen we of een systeem een bijdrage kan leveren aan efficiëntieverbetering van operationele processen?

Het verrichten van praktijkgericht onderzoek is *het* middel om kennis te ontwikkelen die antwoorden biedt voor praktijkproblemen die voortkomen uit de voortschrijdende technologische innovatie op het gebied van automatisering en robotisering. Hierbij is het van belang dat *docenten* en *studenten* bij dit onderzoek betrokken worden. De betrokkenheid bij praktijkgericht onderzoek en de kennisbasis ervan wordt vergroot als:

- de *vragen* van het praktijkonderzoek en praktijkgerichte opdrachten uit gemeenschappelijke thema's voortvloeien; en
- de vragen en opdrachten dusdanig concreet en toepasbaar gemaakt zijn, dat ze *uitvoerbaar* zijn in de beperkte tijd die docenten en studenten hebben om onderzoek te doen.

Hiervoor ga ik mij inzetten.

- Aken, J. van & Andriessen, D. (red.) (2011). *Handboek ontwerpgericht wetenschappelijk onderzoek: wetenschap met effect*. Den Haag: Boom Lemma uitgevers.
- Andriessen, D. (2014). *Praktisch relevant én methodisch grondig. Dimensies van onderzoek in het HBO*. (Openbare Les). Utrecht: Hogeschool Utrecht, 10 april 2014. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <https://www.onderzoek.hu.nl/Onderzoekers/Daan-Andriessen>
- Apple (2017). "Hey Siri, wake me up at 7 AM tomorrow". Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <https://www.apple.com/ios/siri/>
- Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica*, 19(6), pp. 775-779.
- Berg, H.P. (2013). Human Factors and Safety Culture in Maritime Safety (revised). *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 7(3), pp 343-352.
- Bielić, T., Mohović, R. & Ivče, R. (2011). Sociotechnical Model of Ship Organization Effectiveness. *PROMET -Traffic&Transportation*, 23(1), pp. 49-57.
- Boudette, N.E. (2017, 19 januari). *Tesla's Self-Driving System Cleared in Deadly Crash*. The New York Times. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <https://www.nytimes.com/2017/01/19/business/tesla-model-s-autopilot-fatal-crash.html>
- Broek, J. van den (2010). *Eindrappport programma. Bemanningsmodellen V526*. TNO-rapport. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <http://xref.tno.nl/bibliotheek/sv-015068/TNO/MU/2010/MU10-E117.pdf>
- Broek, J. van den, Schraagen, J.M.C, Brake, G.M. te & Diggelen, J. van (2017). Approaching full autonomy in the maritime domain: paradigm choices and Human Factors challenges. *Proceedings of MTEC2017*, 26-28 april 2017, pp. 375-389. Singapore.
- Carvalho, P.V.R. de (2011). The use of functional resonance analysis method (FRAM) in a mid-air collision to understand some characteristics of the air traffic management system resilience. *Reliability Engineering & System Safety*, 96(11), pp. 1482-1498.
- Chen, H. & Moan, T. (2004). Probabilistic modeling and evaluation of collision between shuttle tanker and FPSO in tandem offloading. *Reliability Engineering & System Safety*, 84(2), pp. 169-186.
- Coles, F.J. (2017, 16 januari). *The 5 things aviation can give to shipping*. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <http://www.thesis2017.com/the-5-things-aviation-can-give-to-shipping/>

- Deepmind (2017). *AlphaGo*. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <https://deepmind.com/research/alphago/>
- Dijk, B. van & Lalkens, P. (2017). 'Vroeger was alles volle kracht vooruit.' Meevaren op het grootste containerschip ter wereld waar de romantiek heeft plaatsgemaakt voor superstrakke efficiëntie. Geraadpleegd op 16 juni 2017, via <https://maersk.fd.nl/>
- Diggelen, J. van, Janssen, J.B. & Tol, W.A. van den (2016). *Crew Design Tool*. ResearchGate. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via https://www.researchgate.net/publication/309464882_Crew_Design_Tool
- Diggelen, J. van, Broek, J. van den, Waa, J.S. van der & Schraagen, J.M.C. (2017). An intelligent operator support system for Dynamic positioning. *Advances in Human Factors in Energy: Oil, Gas, Nuclear and Electric Power Industries: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Human Factors in Energy: Oil, Gas, Nuclear and Electric Power Industries*, pp. 48-59. July 17-21, 2017, The Westin Bonaventure Hotel, Los Angeles, California, USA.
- DNV-GL (2016). *The ReVolt. A new inspirational ship concept*. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <https://www.dnvgl.com/technology-innovation/revolt/index.html>
- DNV-GL (z.j.). *Revolt. The unmanned, zero emission, short sea ship for the future*. (Videobestand). Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <https://production.preststogo.com/mars/embed?o=61B31CB1FF164E2D&c=10651&a=Y>
- Endsley, M. R. (1988). Situation awareness global assessment technique (SAGAT). *Proceedings of the National Aerospace and Electronics Conference (NAECON)*, pp. 789-795. New York, NY: IEEE.
- Endsley, M. R. (2016). From Here to Autonomy: Lessons Learned From Human-Automation Research. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 59(1), pp. 5-27.
- Endsley, M. R. & Kiris, E. O. (1995). The out-of-the-loop performance problem and level of control in automation. *Human Factors*, 37(2), pp. 381-394.
- Fitts, P. M. (Ed.). (1951). *Human Engineering for an effective air-navigation and traffic control system*. Columbus Ohio: Ohio State University Research Foundation.
- Grech, M., Horberry, T. & Koester, T. (2008). *Human Factors in the Maritime Domain*. CRC Press.
- Guszcza, J., Lewis, H. & Evans-Greenwood, P. (2017). Cognitive collaboration: why human and computers think better together. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <https://dupress.deloitte.com/dup-us-en/deloitte-review/issue-20/augmented-intelligence-human-computer-collaboration.html>
- Hauff, K. S. (2014). *Analysis of Loss of Position Incidents for Dynamically operated Vessels*. Master-thesen. Norwegian University of Science and Technology.
- Heinrich, H.W. (1931). *Industrial accident prevention*. New York: McGraw-Hill.

- Hollnagel, E. (2009). Safety Culture, Safety Management, and Resilience Engineering. *Proceedings of the Association of Air Transport Engineering and Research (ATEC) Safety Forum*, 10 november, pp 28-44 Tokyo, Japan. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via http://www.atec.or.jp/20th/20th_p_003_Hollnagel.pdf
- Hollnagel, E. (2016a). *Resilience Engineering*. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <http://erikhollnagel.com/ideas/resilience-engineering.html>
- Hollnagel, E. (2016b). *The NO view of 'human error'*. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <http://erikhollnagel.com/ideas/no-view-of-human-error.html>
- Hollnagel, E. & Woods, D. D. (1983). Cognitive systems engineering: New wine in new bottles. *International Journal of Man-Machine Studies*, 18 (6), pp 583-600.
- IBM (z.j.). *Deep Blue*. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/deepblue/>
- International Maritime Organisation (2017a). *Maritime Safety*. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <http://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/Default.aspx>
- International Maritime Organisation (2017b). *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 (COLREGs)*. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <http://www.imo.org/en/About/conventions/listofconventions/pages/colreg.aspx>
- International Maritime Organisation. (1974). *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)*. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\)-1974.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS)-1974.aspx)
- Kaber, D. B. & Endsley, M. R. (2004). The effects of level of automation and adaptive automation on human performance, situation awareness and workload in a dynamic control task. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 5(2), pp. 113-153.
- Kleij, R. van der, Hueting, T. & Schraagen, J. M. C. (2017). Change detection support for supervisors of highly automated systems: Effects on performance, mental workload, and recovery of situation awareness following interruptions. *International journal of Industrial Ergonomics*. Artikel in voorbereiding.
- Kleij, R. van der, Schraagen, J.M.C. & Neerincx, M. (2016). De robot als onderhoudsmonteur van de toekomst? *Tijdschrift voor Human Factors*, 41(3), pp. 12-15.
- Kleij, R. van der, Brake, G.M. te & Broek, J. van den (2015). Enabling swifter operator response in the event of a fault initiation through adaptive automation. *MTS Dynamic Positioning Conference*, 13-14 oktober, pp. 1-12, Houston, Texas.
- Licklider, J. C. R. (1960). Man-computer symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, 1(maart), pp. 4-11. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <http://worrydream.com/refs/Licklider%20-%20Man-Computer%20Symbiosis.pdf>
- Looze, M. de, Krause, F. & Dijk, W. van (2016). Exoskeletonen als oplossing voor fysiek zwaar werk? *Tijdschrift voor Human Factors*, 41(3), pp. 16-19.
- Marineschepen.nl (2016). *Hollandklasse OPV*. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <https://marineschepen.nl/schepen/holland.html>

- Marine Casualties Investigative Body (2012). *Cruise Ship COSTA CONCORDIA. Marine casualty on January 13, 2012; Report on the safety technical investigation.* (Rapport). Ministry of infrastructures and transports. Italy. Geraadpleegd op 24 juli 2017, via http://cf.gcaptain.com/wp-content/uploads/2013/05/Costa_Concordia_-_Full_Investigation_Report.pdf
- Maritime Transportation Research Board (1976). *Human erroring merchant marine safety.* (Rapport). Washington, DC: National Academy of Sciences.
- NASA (2016). *Curiosity Rover.* Geraadpleegd op 19 juni 2017, via https://www.nasa.gov/mission_pages/msl/index.html
- Onnasch, L., Wickens, C.D., Li, H., & Manzey, D. (2004). Human Performance Consequences of Stages and Levels of Automation: An Integrated Meta-Analysis. *Human Factors* 56(3), pp. 476 -488. DOI: 10.1177/0018720813501549.
- Parasuraman, R. & Riley, V. (1997). Humans and automation: Use, misuse, disuse and abuse. *Human Factors*, 39(2), pp. 230-253.
- Pieters, K. (2017). *The Near Future of Unmanned Vessels. A Complexity-Informed Perspective.* (Essay). Rotterdam: Hogeschool Rotterdam Uitgeverij. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <http://hogeschool-rotterdam.academia.edu/KeesPieters>
- Pirsig, R. M. (1980). *Zen en de kunst van het motoronderhoud. Een onderzoek naar waarden.* 6de druk. Uitgeverij Contact.
- Poelman, M. (2017). *Cognitive state of Dynamic Positioning Operators.* (Hbo-these). HBO-kennisbank. Nog niet gepubliceerd.
- Rolls Royce (2016). *Autonomous ships. The next step. Autonomous shipping is the way forward in the maritime industry with Rolls-Royce leading the way in its development.* Ship Intelligence Marine. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/rr-ship-intel-aawa-8pg.pdf>
- Rolls Royce (2017, 8 maart). *Rolls-Royce announces investment in Research & Development for Ship Intelligence.* (Persbericht). Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <https://www.rolls-royce.com/media/press-releases/yr-2017/08-03-2017-rr-announces-investment-in-research.aspx>
- Rypkema, J.A., Beek, F.A. van der, Schraagen, J.M.C., Winkelman, J.W. & Wijngaarden, M. van (2015). A method to assess maritime resilience. In: Podofillini, L., Sudret, B., Stojadinovic, B., Zio, E., Kröger, W. (Eds.). *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems*, 2nd version (pp. 3873-3880). Leiden: CRC Press.
- Salmon, P., Stanton, N., Walker, G. & Green, D. (2006). Situation awareness measurement: A review of applicability for C4i environments. *Applied ergonomics*, 37(2), pp. 225-238.
- Sandhåland, H., Oltedal, H. A., Hystad, S. W. & Eid, J. (2015). Distributed situation awareness in complex collaborative systems: A field study of bridge operations on platform supply vessels. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 88(2), pp. 273-294.

- Sarter, N.B., Woods, D.D. & Billings, C.E. (1994). Automation surprises. In: G. Salvendy, *Handbook of human factors and ergonomics* (pp. 1926-1943). John Wiley and Sons.
- Siegel, A.W. & Schraagen, J.M.C. (2017). Beyond procedures. Team reflection in a rail control centre to enhance resilience. *Safety Science 91(januari)*, pp. 81-191.
- Simon, H.A. (1976). *Administrative Behavior: a Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*. Third Edition. New York: The Free Press.
- Schmidt, K. (2017). *Augmented reality navigation. The use of Augmented Reality on the bridge to aid navy personnel with safe navigation on future frigates*. (Master-thesen). Technische Universiteit Delft.
- Stanton, N. A., Salmon, P. M., Walker, G. H., Salas, E. & Hancock, P. A. (2017). State-of-science: situation awareness in individuals, teams and systems, *Ergonomics*, 60(4), pp. 449-466.
- Stanton, N.A., Stewart, R., Harris, D., Houghton, R.J., Baber, C., McMaster, R., Salmon, P., Hoyle, G., Walker, G., Young, M.S., Linsell, M., Dymott, R. & Green, D. (2006). Distributed situation awareness in dynamic systems: theoretical development and application of an ergonomics methodology. *Ergonomics*, 49(12-13).pp. 1288-1311.
- Strien, P.J. van (1986). *Praktijk als wetenschap. Methodologie van het sociaal-wetenschappelijk handelen*. Assen: Van Gorcum.
- Taal, J. (2017). *Using Digital Checklists For Dynamic Positioning Operations*. (Hbo-thesen). Hogeschool Rotterdam.
- Tjallega, A., Nat, C. van der, Grimmelius, H. & Stapersma, D. (2007). The road to eliminating operator related dynamic positioning incidents. *Proceedings of the Dynamic Positioning Conference*, October 9-10, pp. 1-17. Houston, Texas.
- TNO. (2016). *Human Enhancement by Maritime Adaptive Automation*. Video. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <https://youtu.be/MHOVj-rChrM>
- Turan, O., Kurt, R.E., Arslan, V., Silvagni, S., Ducci, M., Liston, P., Schraagen, J.M.C., Fang, Y. & Papadakis, G. (2016). Can we learn from aviation: safety enhancements in transport by achieving human orientated resilient shipping environment. *Proceedings of the 6th Transport Research Arena*, 18-21 april. pp. 1669-1678. Warschau.
- U.S. Coast Guard. (1995). *Prevention Through People*. Quality Action Plan. Washington, DC: Department of Transportation.
- Verschuren, P. & Doorewaard, H. (2015). *Het ontwerpen van een onderzoek*. Amsterdam: Boom uitgeverij.
- Waa, J. van der, Diggelen J. van, Neerinx, M. & Raaijmakers, S. (2018). ICM: An intuitive, model independent and accuracy certainty measure for machine learning. *Proceedings of the 10th International Conference on Agents and Artificial Intelligence. Jan 16-18, 2018*. Funchal, Madeira, Portugal. Scitepress. Artikel nog niet gepubliceerd.

- Walraven, P.L. & Lazet, A. (1967). Technisch menskundige factoren bij de inrichting van een navigatiebrug, *TNO-nieuws*, 22(1962), pp. 179-183. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO. Geraadpleegd op 19 juni 2017, via <http://publications.tno.nl/publication/34618740/NXGgEC/walraven-1967-technisch.pdf>
- Wiener, E.L. (1989). *Human Factors of Advanced Technology ("Glass Cockpit")* Transport Aircraft. NASA Contractor Report 177528. Rapport. NASA Ames Research Center.
- Winter, J.C.F. de, Dodou, D. (2014). Why the Fitts list has persisted throughout the history of function allocation. *Cognition, Technology & Work* 16(1), pp. 1-11.

Over de auteur

Dr. J. van den Broek (Hans) is naast lector aan Hogeschool Rotterdam, senior human factor scientist bij TNO en werkzaam op de afdeling *Human behaviour & Organisational Innovations* onderdeel van de expertise groep Earth, Life & Social Sciences. Sinds 2000 werkt hij bij TNO aan een scala aan projecten op gebied van human factors in een maritieme context. Speciale interesse gaat hierbij uit naar teamsamenwerking, mens-systeem interactie in hoog geautomatiseerde omgevingen en shared situational awareness.

Naast deze onderwerpen vormt de geoptimaliseerde bemensing van schepen en platvormen een belangrijke rode lijn in het werk van Hans van den Broek. Als programmamanager *ontwerp- en evaluatieraamwerk bemanningsmodellen* is hij betrokken geweest bij de ontwikkeling en toepassing van methoden en technieken op het gebied van bemanningsconcepten in relatie tot automatisering.

Hans van den Broek studeerde cognitieve psychologie aan Universiteit Utrecht (1986-1992) en promoveerde in 2001 aan Universiteit Groningen op het proefschrift *On agent Cooperation: The relevance of cognitive plausibility for multiagent simulation models of organizations*.

Hans van den Broek publiceert en presenteert regelmatig over human factors in maritieme automatisering en is lid van de redactieraad van het kwartaaltijdschrift *International Shipbuilding Progress*.

Hans van den Broek woont in Zwolle en samen met Margo te Roller heeft hij drie kinderen, Roos (19), Elmo (17) en Jasper (15).

Eerdere uitgaven

van Hogeschool Rotterdam Uitgeverij



Visie op de toekomst van de Nederlandse procesindustrie

Auteur Marit van Lieshout
 ISBN 9789051799683
 Verschijningsdatum oktober 2017
 Aantal pagina's 68
 Prijs € 14,95



Slim bewegen tussen haven en stad

Auteur Ron van Duin
 ISBN 9789051799675
 Verschijningsdatum oktober 2017
 Aantal pagina's 84
 Prijs € 14,95



#DuurzaamRenoveren

Auteur Haico van Nunen
 ISBN 9789051799651
 Verschijningsdatum oktober 2017
 Aantal pagina's 100
 Prijs € 14,95



Bewegen naar gezondheid

Auteur Maarten Schmitt
 ISBN 9051799632
 Verschijningsdatum september 2017
 Aantal pagina's 86
 Prijs € 14,95



Studiesucces

Auteur Ellen Klatter
 ISBN 9789051799583
 Verschijningsdatum juni 2017
 Aantal pagina's 96
 Prijs € 14,95



Samen opleiden
 Auteur Mariëlle Theunissen
 ISBN 9789051799590
 Verschijningsdatum juni 2017
 Aantal pagina's 76
 Prijs € 14,95



Een goed begin is het halve werk
 Auteur Hanneke Harmsen van der Vliet - Torij
 ISBN 9789051799521
 Verschijningsdatum juni 2017
 Aantal pagina's 136
 Prijs € 21,95



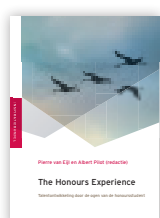
Professionele identiteit
 Auteur Martin Reekers
 ISBN 9789051799514
 Verschijningsdatum maart 2017
 Aantal pagina's 54
 Prijs € 14,95



Creatieve Ruimte
 Auteur Michiel de Ronde
 ISBN 9789051799373
 Verschijningsdatum juni 2016
 Aantal pagina's 96
 Prijs € 14,95



Ongebaande paden
 Auteur Paul van der Aa
 ISBN 9789051799385
 Verschijningsdatum juni 2016
 Aantal pagina's 86
 Prijs € 14,95



The Honours experience
 Auteurs Pierre van Eijl, Albert Pilot (redactie)
 ISBN 9789051799361
 Verschijningsdatum mei 2016
 Aantal pagina's 272
 Prijs € 26,95

Exemplaren zijn bestelbaar via www.hr.nl/onderzoek/publicaties. Hier zijn ook eerder verschenen uitgaven van Hogeschool Rotterdam Uitgeverij beschikbaar.

Hans van den Broek

Techniek is belangrijk, maar het zijn mensen die het verschil maken

De relevantie van human factors in maritieme automatisering

ISBN 90-5179-964-0



Door de technologische innovatie in de laatste decennia worden meer en meer taken van de mens overgenomen door geautomatiseerde systemen en robots. Dat geldt ook voor taken waarbij het tot voor kort niet voor mogelijk leek dat ze volledig geautomatiseerd kunnen worden uitgevoerd, zoals het besturen van een auto of het varen van een schip.

Veel van deze automatiseringstechnologie wordt ontwikkeld met het doel de precisie, prestaties en efficiëntie van processen te verbeteren en het werk van operators sterk te vereenvoudigen. In deze openbare les laat ik zien dat als de technische omgeving waarin de mens werkt onvoldoende wordt aangepast aan de eigenschappen van de mens, er *onhandige automatisering* ontstaat die de veiligheid van mens en systeem in gevaar kan brengen.

Autonoom varen wordt gezien als de heilige graal van automatisering. Het berust op de aanname dat met toepassing van kunstmatige intelligentie het technisch mogelijk is om autonome systemen te ontwikkelen die weinig, of zelfs geen enkele menselijke betrokkenheid vergen en daarmee de kans op menselijke fouten verminderen of elimineren. In deze openbare les leg ik uit dat automatiseringstechnologie nog niet ver genoeg ontwikkeld is en kan worden, dat een systeem om kan gaan met grote onzekerheid - en dus complexe omgevingen - zonder dat daar menselijk ingrijpen bij nodig is.

Niet alleen autonome systemen kennen grenzen, ook de mens is begrensd door zijn cognitieve capaciteiten. We hebben daarom niet meer automatisering nodig, maar automatisering die gericht is op synergie en samenwerking tussen mens en systeem.

Hans van den Broek is lector *Human factors in maritieme automatisering* bij Kenniscentrum Duurzame HavenStad van Hogeschool Rotterdam. Het lectoraat onderzoekt de gevolgen voor de rol van de mens in de maritieme bedien- en beheersprocessen als gevolg van toenemende informatisering, automatisering en robotisering.