

# MENSELIJK FALEN

REDE  
UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN HET AMBT VAN  
BUITENGEWOON HOOGLERAAR IN DE TOEGEPASTE FUNCTIELEER  
AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE LEIDEN  
OP VRIJDAG 11 FEBRUARI 1983  
DOOR  
DR. W.A. WAGENAAR



1983

RIJKSUNIVERSITEIT TE LEIDEN

Tussen het Psychologisch Instituut aan de Hooigracht te Leiden en het Academiegebouw aan het Rapenburg vindt men, tegenover het Van der Werffpark, een grijze gedenksteen in de kademuur gemetseld waarop te lezen staat: ligplaats van het kruitschip, gesprongen 12 januari 1807. Op deze plaats is door menselijk falen op de vermelde datum een schip geëxplodeerd dat 37.000 pond buskruit vervoerde. Het stadsdeel daaromheen, dat wij nu kennen als een park aan de ene zijde en het wat rommelige terrein waarop het Kamerlingh Onneslaboratorium is gebouwd aan de andere zijde, was "Leidens schoonste en beroemdste buurt, dicht belommerd door breedgetakte linden, bebouwd met de huizen der patriciërs, deftig, smaakvol en welvarend" (Knappert, 1906). Van de 227 bewoonde huizen in de directe omgeving vielen er 68 geheel in puin; van 80 huizen bleven slechts wat buitenmuren staan, de overige waren totaal onbewoonbaar. Honderd één en vijftig mensen vonden onder het puin de dood, ongeveer 2000 mensen werden gewond. De lijken werden ter identificatie in het St. Elisabethgasthuis opgebaard, in de gebouwen waarvan later het Psychologisch Instituut zou worden gevestigd. Hoe was deze ramp ontstaan?

Op de ochtend van de twaalfde januari was schipper Adam van Schie geheel tegen de voorschriften in met zijn kraak de stad binnengevaren. Het voorschrift, vermeld in de "Keuren der stad Leijden" uit 1658 zei duidelijk dat verkopers van buskruit hun waar moesten bergen in een der torens van de stadsvesten, waartoe de knecht van de artillerie hun te allen tijde toegang diende te verschaffen. Niemand mocht meer dan tien pond buskruit in de stad brengen, op straffe van 25 gulden boete. Maar mensen overtreden voorschriften vaak willens en wetens; dat is, zoals we zullen zien, een van de belangrijkste oorzaken van menselijk falen. Aan boord van het schip bevonden zich behalve schipper van Schie nog drie knechts. Het gezelschap heeft aan boord een warme maaltijd gebruikt; de baggerman Jan Overduin heeft althans gezien dat er aard-appelschillen overboord werden geworpen. Om één minuut over vier was de zon ondergegaan; het was tamelijk koud, afbeeldingen van de ramp laten zelfs sneeuw zien. Men mag derhalve aannemen dat de vier

binnenschippers op het kruitschip een vuur hebben gestookt om te koken, zich te verwarmen en wat licht te hebben. Nu is open vuur natuurlijk uit den boze in de nabijheid van zo'n grote lading explosieven en geen weldenkend mens zou rustig met de schipper een aardappeltje hebben meegegeten. Hoewel . . . het is nog niet zo lang geleden dat een grote explosie in een kerncentrale ontstond doordat iemand met een kaars op zoek ging naar een lek in de gasleiding. Een ongeluk heeft zelden maar één oorzaak; het gaat meestal om een coincidentie van een aantal omstandigheden. Zo moeten we aannemen dat de bemanning ook wat onzorgvuldig is geweest bij het laden van het schip; of misschien had men onderweg wat buskruit onderhands verkocht en daarbij gemorst. Het binnenvaren in de stad, het morsen met kruit, en het stoken van een vuurtje waren alle drie noodzakelijke voorwaarden om een echte grote ramp te ontketenen. Wat is de kans dat toevalligerwijs aan alle drie voorwaarden wordt voldaan? Hier komt een belangrijk aspect van menselijk falen naar voren: de omstandigheden die leiden tot één fout zijn vaak ook verantwoordelijk voor de overige fouten. De slordigheid van de kruitschippers is de ene factor die alle drie fouten kan verklaren. Men noemt zulke fouten die tegelijkertijd kunnen optreden *common mode* fouten.

Vrijwel direct na de ramp vroeg men zich af wat de oorzaak was, waarbij juist de kwestie van menselijk falen een dubbele rol speelde. De discussie betrof de vraag of de inwoners van de stad door een zondig leven de ramp over zich hadden afgeroepen. Een anoniem geschrift dat zich in de Leidse Universiteitsbibliotheek bevindt is getiteld: "Leiden's Ramp Geen Toeval"; de dichter betoogt daarin dat de ontploffing deel uitmaakt van Gods Voorzienigheid en dat de slachtoffers hun straf stellig hadden verdiend. Zelfs Bilderdijk beleed in 1824 nog openlijk deze mening. Een probleem bij deze kijk op menselijk falen was dat ook twee hoogleraren van de universiteit, Luzac en Kluit, bij de ramp waren omgekomen. Niemand kon toch aannemen dat deze hooggeplaatsten een zondiger leven hadden geleid dan elk van de overlevenden? De dichter Evert Schilderup weet het ongeluk gewoon aan nalatigheid:

”Als, tegen burger-pligt en reden,  
's Lands wet met voeten wordt getreden,  
En dus het bliksemende kruit  
Een stad ten puinhoop heeft verslonden,  
Wat brult gij dan 's volk snode zonden  
Als oorzaak van Gods wraak-toorn uit”.

Met andere woorden, het kruitschip is geëxplodeerd door menselijk falen van de bemanning.

### *De kans op menselijk falen*

Het moderne equivalent van het Leidse kruitschip is de LPG-opslag bij de garage om de hoek, de chloortrein die door dichtbevolkte gebieden rijdt, de kerncentrale die een gebied van duizenden vierkante kilometers zou kunnen besmetten. Ook nu bestaat de vraag hoe groot de kans is dat iemand "tegen burger-plicht en reden" een fout maakt en daardoor een ongeluk veroorzaakt. Wat helpt het om gevaarlijke installaties in technisch opzicht steeds perfecter te maken, wanneer blijkt dat de bediener van zo'n installatie door de kans op menselijk falen steeds de zwakste schakel is? Hoe zwak is die schakel eigenlijk?

Laten we dicht bij huis beginnen. Ongelukken met glazen ramen en deuren worden in 92 0/0 van de gevallen door de gebruikers veroorzaakt, bijv. door elkaar niet te laten voorgaan, door ongeduld, door valpartijen in grote haast, door in woede een deur of raam dicht te smijten of door alcoholgebruik. Slechts in 8 0/0 van de gevallen zijn factoren als wind, brand, of plotseling flauwvallen mede-oorzaak van een glasongeluk (Clark & Webber, 1982).

In huis vinden jaarlijks in ons land 2,3 miljoen ongevallen plaats die zo ernstig zijn dat er medische hulp verleend moet worden. Dit leidt tot ongeveer 53.000 ziekenhuisopnamen en 2.300 doden. Volgens Rogmans (1982) bestaat de helft van de ongevallen uit valpartijen, waarbij vooral de vaste trappen, ongelijke straattegels en fietsen de oorzaak zijn. Planek (1982) komt tot vergelijkbare observaties: 34 doden per één miljoen inwoners door van de trap vallen. Een nadere inspectie van de toedrachtbeschrijvingen leert dat ook hier globaal 90 0/0 van de ongelukken door mensen zelf wordt veroorzaakt.

Bij het recreatieve varen verdrinken er jaarlijks nogal wat mensen. Harnet & Bijlani (1982) hebben bestudeerd hoe vaak pleziervaarders verdrinken in koud water. Tachtig procent van de slachtoffers droeg geen zwemvest, hetgeen een menselijke fout genoemd kan worden wanneer men, waarschijnlijk dik gekleed, gaat varen op koud water.

Onderzoek naar verdrinkingen van kleine kinderen in zwembaden (Pearn

& Nixon, 1979) heeft uitgewezen dat constructiefouten in het zwembad verantwoordelijk zijn voor 28 0/0 van de ongevallen. In 8 0/0 is het kind zelf verantwoordelijk, bijv. doordat het oud genoeg is om een verbod te begrijpen, maar desondanks ongehoorzaam is. In 64 0/0 van de gevallen zijn de ouders verantwoordelijk, bijv. doordat ze erop rekenen dat kleine kinderen gehoorzaam zijn, of doordat ze onderling niet goed afspreken wie er zal opletten.

Branden ontstaan in woonhuizen volgens Ducic & Chezzo (1980) in 70 0/0 van de gevallen door menselijke fouten. In de helft van deze gevallen is roken in bed de oorzaak. In 51 0/0 van de gevallen trachten de bewoners niet eens het vuur te blussen.

In de vervoerssector zijn gegevens over menselijke fouten overvloedig beschikbaar. Van Belle, Meeter en Farr (1975) hebben berekend dat men 18 0/0 van de aanleidingen tot ongelukken op overwegen kan verklaren door omgevingsfactoren zoals slechte zichtbaarheid van knipperlichten, of onzichtbaar naderende treinen. De overige 82 0/0 van de oorzaken moeten worden gezocht in eigenschappen van de slachtoffers. Dit wordt ondersteund door een mededeling van de Nederlandse Spoorwegen dat per week ongeveer 1000 weggebruikers willens en wetens gesloten ahob's en knipperende aki's negeren. Wigglesworth (1978) presenteert zelfs gegevens waaruit men kan concluderen dat ongelukken op overwegen binnen de bebouwde kom voor 100 0/0 door menselijk falen worden veroorzaakt.

In een onderzoek naar ongelukken met snowmobiles vonden Waller & Lambon (1975) dat 47 0/0 wordt veroorzaakt door menselijke fouten zoals veel te hard rijden of alcoholgebruik. Het berijden van snowmobiles staat bekend als gevaarlijk, en wellicht komt dit juist doordat meer dan de helft van de ongelukken wordt veroorzaakt door factoren die de bestuurder niet onder controle heeft. Bij het autorijden is dat geheel anders. In de oliestaat Katar vond Eid (1980) dat 94,9 0/0 van de ongelukken ontstaat door menselijke fouten; gebreken aan auto's zijn verantwoordelijk voor 2,6 0/0 van de ongelukken, en overstekende kamelen voor 1,7 0/0. Hoe algemeen dit gegeven is wordt treffend geïllustreerd door een vergelijking met Britse gegevens, verzameld door Sabey & Taylor (1980). Deze vonden dat bij 94,7 0/0 van de auto-ongelukken menselijke fouten een doorslaggevende rol hadden gespeeld. Het meest frekwent waren beoordelingsfouten, zoals te hard rijden, te weinig afstand houden, ten

onrechte inhalen, en in het algemeen zich niet aan de verkeersregels houden.

In de scheepvaart komen we tot niet veel gunstiger getallen. Het speciale Panel, in opdracht van de Amerikaanse Academy of Sciences belast met de bestudering van menselijk falen in de koopvaardij, rapporteerde dat 85 % van de ongelukken te wijten was aan menselijk falen (National Academy of Sciences, 1976). Een Noors overzicht berekende dat 73 % van de factoren die scheepsongelukken veroorzaken te maken hebben met menselijk falen (Karlsen & Kristiansen, 1980). De eerste en belangrijkste factor is wel het verkeerd manoeuvreren door zich niet te houden aan de verkeersregels, door te hard te varen, of door plaatsbepalingsinstrumenten niet te gebruiken. De tweede factor is het falen tijdens wachtdiensten: niet aanwezig zijn, andere taken uitvoeren of in slaap vallen.

Wie schattingen wil maken van de rol van menselijk falen bij treinongevallen kan een overvloed van materiaal vinden in Rolt's beroemde boek "Red for Danger", dat alle treinongelukken beschrijft die ooit in Groot Brittannië hebben plaatsgevonden. In Nederland kwamen 50 spoorwegongelukken voor tussen 1913 en 1977, waarbij 222 reizigers werden gedood. Acht en veertig ongevallen, of 96 %, werden veroorzaakt door menselijk falen (Clemens, 1978).

Voor ongelukken in de luchtvaart stelde Wittenberg (1978) vast dat menselijk falen een essentiële rol speelde in 79 % van de gevallen. Hartman (1979) komt op een schatting van 70 %. Het grootste probleem in deze vervoerssector is dat mensen zich niet houden aan de voorgeschreven procedures. Ongelukken door fouten in de luchtverkeerleiding zijn volgens het Amerikaanse bureau voor ongevals-onderzoek voor meer dan 90 % te wijten aan menselijke factoren, waaronder onoplettendheid en beoordelingsfouten de belangrijkste oorzaken zijn (Danaher, 1980).

Gegevens over menselijke fouten zijn in de industrie veel meer gespreid gepubliceerd dan in de vervoerssector. Het ongeluk op Three Mile Island in Harrisburg heeft echter ook bij de industrie de belangstelling geïntensiveerd voor het aandeel dat menselijk falen heeft in het ontstaan van rampen. Lloyd (1979) geeft een overzicht van honderd geregistreerde overschrijdingen van kritieke veiligheidspecificaties in nucleaire opwerkingsfabrieken. Slechts tweemaal

was er sprake van technisch falen. Vijf en zestig maal waren de voorschriften verkeerd geïnterpreteerd, 33 maal was slordigheid de oorzaak. Bij elkaar dus 98 % menselijke fouten. Het verkeerd interpreteren van regels werd in ongeveer de helft van de gevallen uitgelokt door onduidelijke formuleringen; de andere oorzaak was vaal onvoldoende opleiding van het personeel. Slordigheid kwam vooral voor bij vermoeidheid en tijddruk.

Vergelijkbaar met de situatie van het Leidse kruitschip is een onderzoek naar menselijke fouten bij het werken met nucleair wapentuig (Finley, Webster & Swain, 1974). Hoewel het uit de betreffende publicatie niet geheel duidelijk is of alle fouten in het overzicht zijn opgenomen, is er een onontkoombare suggestie dat 88 % van de fouten is ontstaan door menselijk falen.

Een verontrustend overzicht van socio-technische catastrofes is samengesteld door Bignell en Pym (1978). Hun boek "Catastrophic Failures" bevat een minutieuze beschrijving van zeven grote ongelukken. Een botsing tussen een trein en een dieplader die te langzaam reed om zich van de ahob te verwijderen toen deze begon te rinkelen; niemand had er aan gedacht dat zo'n langzaam transport niet zonder vooraankondiging een overweg kan passeren. Een puinberg die zich op een mijnwerkersdorp stortte terwijl alle voortekenen in de wind werden geslagen door de in competentiestrijd verstrikte instanties. Het instorten van een wolkenkrabber na een bescheiden aardgasontploffing op de 18e verdieping; alle bouwelementen waren zodanig op elkaar gestapeld dat één instortend muurtje het hele flatgebouw ten gronde kon richten. Het instorten van een grote verkeersbrug doordat men tijdens de constructie enkele cruciale bouten verwijderde bij een poging om één segment uit te deuken. Hoewel de auteurs zich bewust van een uitspraak over de schuld-vraag onthouden is het evident dat alle zeven ongelukken geheel en al door menselijk falen zijn veroorzaakt.

### *Bestrijding van menselijk falen*

In het voorgaande betoog is, meen ik, overtuigend aangetoond dat menselijk falen de belangrijkste factor is in het ontstaan van onge-

lukken. Wat doen we nu met deze constatering; hoe bestrijden we menselijk falen? Ik zal drie mogelijkheden in het kort schetsen.

1. In de eerste plaats kunnen we proberen de falende mens te verbeteren, net zoals een technicus zal trachten onveilige apparaten veiliger te maken. U zou denken dat het beïnvloeden van menselijk gedrag ook goed past binnen het denkraam van de toegepaste werkende psycholoog. Toch moet ik U op dit punt uit de droom helpen. Er zijn maar weinig aanwijzingen dat een betere training of selectie in aanzienlijke mate zou kunnen bijdragen aan een vermindering van door mensen veroorzaakte ongelukken. Dit geldt voor de gehele scala van het vallen van trappen, het roken in bed, het onveilig autorijden tot en met de omvangrijke catastrofes beschreven door Bignell, Peters & Pym. Let wel, ik zeg niet dat we niet verplicht zijn om door training en selectie het risico zoveel mogelijk te beperken; ik betoog slechts dat het probleem veel verschillende kanten heeft, en niet op één factor zoals onvoldoende training kan worden herleid. Een treffend voorbeeld van de moeilijkheid vindt men in de discussies rond de opvoeding van verkeersdeelnemers. Steeds weer blijkt dat onveilig rijden geen persoonlijkheidskenmerk is, noch berust op gebrek aan kennis: de veilige rijder van nu kan de brokkenmaker van morgen zijn (vgl. Koornstra, 1978). De kwaliteit van opleiding via autorijscholen en selectie via het rijexamen heeft maar heel weinig invloed op het aandeel van menselijke fouten in verkeersongevallen; ter illustratie roep ik U de getallen uit Katar en Groot Brittanië in herinnering, waar aanzienlijke verschillen bestonden wat betreft opleiding en selectie. In dit verband is het interessant nota te nemen van een uitspraak die Michon heeft gedaan in het voorwoord van een speciaal nummer van *Accident Analysis & Prevention*, volledig gewijd aan verkeersopvoeding (Michon, 1981). Hij betoogt dat verkeersopvoeding, tegen alle feitenmateriaal in, effectief *moet* zijn omdat we niet de tijd hebben om te wachten op structurele veranderingen in het verkeer. De wens is hier de vader van de gedachte, en de redenering kan met het grootste gemak worden omgekeerd: omdat we niet kunnen wachten tot psychologen nu eindelijk eens komen met goede indoctrinatieprogramma's voor jonge verkeersdeelnemers moeten we voorlopig maar aansturen op structurele veranderingen.



De praktijk leert ons dat het over het algemeen effectiever is om onveilige omgevingen te veranderen dan om het gedrag van mensen in onveilige omgevingen te veranderen. In dit korte bestek zullen we verder geen aandacht schenken aan deze eerste toepassingsmogelijkheid van kennis over menselijk falen.

2. De tweede manier om gevolgen van menselijk falen te bestrijden is de omgeving aanpassen aan de zwakke kanten van het menselijk functioneren. Die aanpassing moet berusten op een zo goed mogelijke inventarisatie van de aspecten uit de omgeving die aanleiding zijn tot fouten. Een gedeelte van wat men wel de "harde" ergonomie noemt, bedient zich van deze benadering. Proefondervindelijk of op grond van fundamenteel onderzoek, stelt men vast welke knoppen onderling weinig worden verward, welke meters goed zijn af te lezen, welk soort indeling van bedieningspanelen tot een minimaal aantal fouten leidt, bij welke temperatuur men het beste werkt, of bij welk werk- en rusttijden schema mensen zo min mogelijk last van vermoeidheid krijgen. De ergonoom zal altijd proberen zijn inzichten te gebruiken om de omgeving bij de mens aan te passen, en niet de mens aan zijn omgeving. Het reeds eerder genoemde onderzoek naar overschrijdingen van veiligheidslimieten in opwerkingsfabrieken heeft ons echter geleerd dat het merendeel van de fouten niet ontstaat door een verkeerd ontworpen technische omgeving of door een onjuiste werkorganisatie, maar doordat, vaak onbewust, wordt afgeweken van voorschriften. Ook de Leidse kruitschipper deed dit. Waarom? Omdat de voorschriften te complex, hinderlijk of onduidelijk zijn; omdat de werknemers niet geïnteresseerd zijn of omdat het management niet in staat is naleving van de voorschriften te bevorderen; omdat operators zulke triviale vergissingen maken als gewone rekenfouten of toepassing van het verkeerde voorschrift; of zelfs omdat het gedrukte voorschrift fatale fouten bevat. Wanneer we de voorgeschreven procedures en werkwijzen ook tot de omgeving rekenen is het duidelijk dat er naast de harde ergonomie ook behoefte is aan meer kennis over dit "zachtere" aspect van onveilige omgevingen. Over dit tweede toepassingsgebied van kennis

over menselijk falen zullen we eveneens kort zijn, omdat we hier te maken hebben met een gevestigde discipline die onder tal van namen overal ter wereld wordt bedreven: Human Factors Research, Human Engineering, Ergonomie, Technische Menskunde, Humanisering van de Arbeid. Het is duidelijk dat van iedereen die een doctoraal examen in de psychologische functieleer behaalt in de praktijk een gedegen kennis van dit toepassingsgebied zal worden verwacht.

### *Risico-analyse*

3. De derde mogelijkheid om kennis over menselijk falen in de praktijk toe te passen is gelegen in de apriorische schatting van risico's van nieuwe technologieën. Deze toepassing is recentelijk vooral in de belangstelling gekomen door de brandende vragen rond het gebruik van kernenergie. Om dit op waarde te kunnen schatten is het nodig in enkele woorden iets uiteen te zetten over twee verschillende methoden om risico-analyse uit te voeren.

De eerste methode noemen we *faalwijze en effect analyse*. We gaan daarbij als volgt te werk:

- we beschrijven het te analyseren systeem als een samenstel van onderscheidbare componenten;
- we maken voor ieder van de componenten een lijst van de mogelijke fouten die daarin kunnen optreden, en van de effecten die deze fouten hebben op de andere componenten;
- we schatten hoe groot de kans is op ieder van de fouten en hoe groot de mogelijke schade is.

In een faalwijze en effect analyse redeneren we dus van component naar ongewenste gebeurtenissen.

De tweede methode van risico-analyse noemen we *foutenboom analyse*. Deze methode werkt juist omgekeerd: van gebeurtenis naar componenten:

- we beschrijven alle ongewenste gebeurtenissen die het te analyseren systeem kan veroorzaken en we schatten de mogelijke schade;
- we bedenken zoveel mogelijk oorzaken die tot de onge-

wenste gebeurtenissen kunnen leiden. Elk van die oorzaken kan ook zelf weer verschillende oorzaken hebben; zo ontstaat een zich steeds verder vertakkende foutenboom die uitloopt in oer-oorzaken waarvan we de kans op voorkomen schatten;

- terugkerend kunnen we nu de kans op de uiteindelijke ongewenste gebeurtenis berekenen.

Bij beide methoden kan men proberen de mens op te nemen in het te analyseren systeem. In de faalwijze en effect analyse is de operator op z'n eenvoudigst een component waarvan de faalkans moet worden geschat. Zo zien we in een risico-analyse van een fosfeenfabriek de operator als component opgenomen met een faalkans van één duizendste per maand (Van der Schaaf, 1978). Daarmee wordt bedoeld dat een bepaalde operator maar één keer in de duizend maanden, dat is 83 jaar, een fout zal maken. In een risico-analyse van een niet nader te specificeren grote installatie heb ik een operator-faalkans van eens in de duizend jaar aangetroffen. Zulke getallen zijn natuurlijk uiterst onrealistisch en getuigen niet van veel inzicht in de problematiek van menselijk falen. Nog erger wordt het wanneer menselijk falen in risico-analyse expliciet buiten beschouwing wordt gelaten, of alleen impliciet verdisconteerd door uitsluitend gebeurtenissen op te nemen die *onder normale omstandigheden* voorkomen. Extreme nalatigheid zoals bij de Leidse kruitschipper, paniekreacties zoals op Three Mile Island, en boze opzet zoals in het geval van sabotage of openlijke oorlogshandelingen worden in risico-analyses doorgaans buitengesloten.;

Vanwege het grote gevaar van onvolledig of onjuist verdisconteren van menselijk falen in risico-analyses zal de resterende ruimte aan dit probleem worden besteed. Met dit thema bevinden we ons aan het front van het psychologisch onderzoeksgebied; daarnaast echter is het ook een materie waarover ons de laatste tijd steeds dringender vragen worden gesteld.

Wanneer we de situatie, zoals die thans bestaat, overzien, kunnen we met een ongerust hart stellen dat fundamenteel psychologisch onderzoek niet in staat is geweest de gegevens te verschaffen die nodig zijn om de mens als deel van een mens-

machine systeem mede in een risico-analyse te betrekken. Een voorbeeld kan dit toelichten. De bijna-ramp op Three Mile Island ontstond onder andere doordat de leidingen van de hulpkoelwatervoorziening waren afgesloten (cf. IEEE-Spectrum, November 1979). Dat dit niet werd gemerkt is het directe gevolg van een ergonomische blunder: het rode alarmlichtje werd twee dagen lang afgedekt door een papieren label, een kaartje waarop een mededeling over onderhoudswerkzaamheden stond. Veel raadselachtiger is het echter hoe het kwam dat de afsluiters in die belangrijke leidingen waren dichtgedraaid. In de foutenboom-analyse met als hoofdgebeurtenis "geen hulpkoelwater beschikbaar" moet naast technische oorzaken zoals "pomp weigert", "koelwatertank leeg" ook de oorzaak "afsluiters per ongeluk dichtgedraaid" voorkomen. Maar hoe komen we aan een schatting van de kans dat zo'n fout wordt gemaakt? Allereerst moeten we proberen vergelijkbare situaties in het verleden te vinden. Wanneer die niet bestaan, bijvoorbeeld omdat we bezig zijn de allereerste kernreactor te ontwerpen, wordt het echt interessant. Nu zijn we immers in de positie dat we met behulp van een psychologische theorie gegevens willen genereren die geldig moeten zijn in een situatie die nog niet eerder is voorgekomen. Het lijkt een beetje op het voorspellen van de baan van een ruimteschip met behulp van fysische wetten die nog nooit eerder op door de mens gemaakte hemellichamen zijn toegepast. Is de psychologie een wetenschap die in zo'n geval betrouwbare voorspellingen kan leveren? Welk soort psychologische theorie kan iets verstandigs zeggen over de kans dat een afsluiter in de hulpkoelwatervoorziening van een kerncentrale per ongeluk wordt dichtgedraaid?

We zullen vier aanknopingspunten bespreken die in de recente literatuur worden gevonden, en die alle zijn gerelateerd aan een geheel eigen richting in de psychologische functieleer. Deze richtingen sluiten elkaar niet uit, maar vullen elkaar aan; helaas echter zonder dat we kunnen zeggen dat uit de combinatie een duidelijk afgerond geheel ontstaat.

## *Analyse in taakdelen*

Een eerste oplossing van het probleem is voorgesteld in een uitvoerig geschrift dat Swain & Guttman hebben samengesteld ten behoeve van de Amerikaanse Nucleaire Controle Commissie (Swain & Guttman, 1980). Zij trachtten daarin het menselijk handelen te ontleden in uiterst kleine deeltjes, zoals het aflezen van een meter, het dichtdraaien van een afsluiter, het overschrijven van een lijstje getallen, het onthouden van een eenvoudige opdracht. Men moet deze benadering niet verwarren met een analyse in componenten, zoals die plaatsvindt in een faalwijze en effect analyse; de eenvoudige handelingen van Swain & Guttman zijn slechts brokstukjes gedrag, geen componenten van een omvangrijk "psychologisch apparaat". Wanneer de eenvoudige handelingen zijn vastgesteld kunnen we onderzoeken hoe vaak zulke handelingen verkeerd worden uitgevoerd. In het kader van het openen van afsluiters vermelden Swain & Guttman ondermeer de volgende fouten met de daarbij behorende kansen:

- de verkeerde afsluiter openen wanneer tenminste twee er hetzelfde uitzien en in dezelfde stand staan,  $p = 0.005$ ;
- een afsluiter veranderen die al veranderd is, d.w.z. sluiten terwijl men denkt hem te openen; men noemt dit een omkeringsfout. Wanneer de afsluiter van een correct label is voorzien dat aangeeft dat hij al open staat geldt:  $p = 0.0001$ ; wanneer het label verkeerd is of ontbreekt geldt:  $p = 0.1$ ;
- aannemen dat een afsluiter geheel open is, wanneer hij in feite halverwege blijft steken. Wanneer het zichtbaar is of de afsluiter open staat geldt:  $p = 0.01$ ;
- het verkeerd invullen van de lijst van afsluiters die geopend moeten worden,  $p = 0.003$ ;
- een mondeling gegeven opdracht tot het openen van een afsluiter vergeten uit te voeren,  $p = 0.001$ ;
- het bevestigen van een label aan de verkeerde afsluiter,  $p = 0.005$ .

De kansschattingen van Swain & Guttman zijn tamelijk grof, maar dat is niet het grootste probleem. Erger is het dat we worden geconfronteerd met een fundamenteel probleem van de foutenboom-analyse, namelijk dat we met behulp van een beperkt aantal oer-oorzaken een bijna onbegrensd aantal scenario's kunnen verzinnen die allen leiden tot het niet openen van een afsluiter, ondanks een

expliciet gegeven opdracht. Een groep studenten heeft geprobeerd zoveel mogelijk van dergelijke scenario's te verzinnen. Ze zijn in korte tijd tot zeker twaalf scenario's gekomen; de volgende voorbeelden geven een indruk hiervan.

*Scenario 1* Operator A krijgt de opdracht om afsluiter 1 te openen; dit is echter zojuist door operator B gedaan, die helaas het label aan afsluiter 2 heeft gehangen. Meneer A maakt nu de omkeringsfout en draait afsluiter 1 weer dicht.

*Scenario 2* Operator B krijgt opdracht om afsluiter 2 te openen; hij doet dit, maar bevestigt het label aan afsluiter 1. Wanneer nu operator A arriveert om afsluiter 1 te openen wordt hij door een verkeerd bevestigde label in de suggestie gebracht dat deze al open staat, en zonder iets te doen keert hij weer terug.

*Scenario 3* Operator A draait afsluiter 1 open maar bevestigt het label aan afsluiter 2, Operator B komt later inspecteren, neemt aan dat afsluiter 1 ten onrechte open staat omdat er geen label aan hangt, en sluit hem weer.

*Scenario 4* Voor onderhoudsdoeleinden is afsluiter 1 opengedraaid en van een correct label voorzien. In de koffiepauze van de monteur arriveert operator A die de opdracht heeft om afsluiter 1 te openen. Hij ziet dat dit al gebeurd is en vertrekt zonder iets te doen. Daarna komt de onderhoudsmonteur terug, maakt zijn werk af, en sluit afsluiter 1 weer volgens de voorschriften.

Het aantal scenario's is bij voldoende verbeeldingskracht haast onbegrensd; en aangezien de totale kans dat afsluiter 1 dicht blijft wordt berekend uit de som van de afzonderlijke kansen behorend bij ieder van de scenario's is het welhaast onmogelijk de totale kans te schatten. Het repertoire van menselijke fouten is zo uitgebreid dat een foutenboom-analyse altijd lacunes zal vertonen.

Een aantal bezwaren tegen de benadering van Swain & Guttman is samengevat door Adams (1982). Hij merkt op dat mensen vaak een soort terugkoppelingsmechanisme bezitten waardoor ze gemaakte fouten achteraf toch weer herstellen. Met andere woorden: er is een gereede kans dat operator A zich later realiseert wat er fout is gegaan, waarna hij de fout herstelt. Bovendien zijn er fouten die niet beschreven kunnen worden als het verkeerd uitvoeren van één of meer deelhandelingen. Het komt heel vaak voor dat de totale sekwentie wordt weggelaten, dat alle onderdelen correct worden

uitgevoerd maar in de verkeerde volgorde, of met een verkeerde timing. Terugblikkend naar de lange lijst van menselijk falen aan het begin van dit betoog zal men zich realiseren dat de methode van Swain & Guttman slechts op een klein aantal van de gevallen toepasbaar is. Ook de Leidse kruitschipper is moeilijk in dit kader te passen, tenzij men hem driemaal laat scoren in de categorie "niet opvolgen van voorschriften" waarvan de bijbehorende kans één op honderd is. Ondanks alle kritiek moet de methode niet lichtvaardig ter zijde worden geschoven; al is hij beperkt toepasbaar, het zou jammer zijn de methode ongebruikt te laten in die beperkte verzameling van gevallen waarin hij goede resultaten zou kunnen opleveren.

### *Het onderscheiden van psychologische functies*

In de vorige paragraaf hebben we gezien dat de techniek van foutenboomanalyse niet op eenvoudige wijze toepasbaar is bij het voorspellen van de kans op menselijk falen. Het ligt voor de hand om, bij wijze van alternatief, te onderzoeken of de faalwijze en effect analyse meer soelaas biedt. Daarvoor is het nodig het "psychologisch apparaat" te verdelen in onafhankelijke componenten, of, zoals we liever zeggen, onafhankelijke functies. Het probleem van het onderscheiden van psychologische functies is zo oud als de psychologische functieleer zelf. Donders trachtte reeds door middel van nauwkeurige reactietijdmetingen het totale keuzereactieproces te beschrijven als een sekwentie van zich na elkaar afspelende deelprocessen, en in die traditie wordt in Nederland nog steeds veel onderzoek verricht, zij het met behulp van een wat nieuwer onderzoeksparadigma dat door Sternberg (1969) is ontwikkeld. In een recente publicatie heeft Sanders (1980) de keuzereactie beschreven als een sekwentie van tenminste zes na elkaar opererende informatieverwerkers die namen dragen zoals stimulusvoorbewerking, kenmerkextractie, antwoordselectie en motorische aanpassing. Deze z.g. stadia kunnen worden gezien als de kleinste onafhankelijke bouwstenen, de basisfunctie waaruit het reactieproces is opgebouwd. Alle fouten die optreden moeten ergens in die basisfuncties zijn ontstaan; op grond van de definitie van basisfuncties moet het dus mogelijk zijn een inventarisatie te maken van alle soorten fouten die kunnen optreden, en dat is precies hetgeen Rabbitt & Vyas (1970) hebben gedaan, kort na Sternberg's publi-

catie over de identificatie van basisfuncties. Het z.g. additieve factoren model van Sternberg leidt dus regelrecht naar een faalwijze en effect analyse van menselijk gedrag.

Het additieve factoren model is niet de enige methode om tot onderscheiding van basisfuncties te komen. Een geheel andere benadering is door Herrmann & Neisser (1978) gebruikt om basisfuncties van het geheugen op te sporen. Zij begonnen met een uitgebreide vragenlijst over een grote variëteit van situaties waarin het geheugen ons in het dagelijks leven in de steek laat. Met behulp van een factorenanalyse werd vervolgens het al of niet samengaan van bepaalde geheugenfouten herleid tot een relatief klein aantal onafhankelijke geheugenfuncties, waarvan ik als voorbeeld noem: een geheugen voor uit het hoofd leren, een geheugen dat ons moet weerhouden van verstrooidheid, een geheugen voor namen, een geheugen voor hoe mensen er uit zien, een geheugen voor moppen, verhalen en conversaties, en een geheugen voor boodschappenlijstjes. Bij het openen van een serie afsluiters moeten we van deze geheugenfuncties gebruik maken; we moeten bijv. niet uit verstrooidheid de gehele opdracht vergeten; daarnaast moeten we ons geheugen voor boodschappenlijstjes gebruiken om niet één van de afsluiters over te slaan. De faalkansen voor deze twee geheugenfuncties kunnen eenvoudig met elkaar worden vermenigvuldigd omdat ze onafhankelijk zijn, zoals nog eens is aangetoond door Wilkins & Baddeley (1978).

Het lijkt er dus op dat de identificatie van onafhankelijke psychologische functies een goed uitgangspunt is voor de uitbreiding van risico-analyses naar menselijk gedrag. Helaas is er op dit gebied nog te weinig onderzoek gedaan om op grote schaal een dergelijke benadering te kunnen toepassen. Bovendien is het een bezwaar dat het menselijk functioneren niet altijd gemakkelijk kan worden beschreven met behulp van een aantal in serie geschakelde componenten, bijv. omdat er terugkoppelingslusen in het proces zijn opgenomen. En het zijn juist meestal deze wat meer complexe verschijnselen die aanleiding zijn tot de grootste ongelukken.

### *Programma-modellen*

Het onderscheiden van psychologische functies als componenten



waarvan de faalkans kan worden bepaald lijkt wel op een faalwijze en effect analyse van een computer. We weten echter dat computers soms falen, niet omdat er een component kapot is, maar omdat er een situatie ontstaat die door de programmeur niet is voorzien. De hardware-machine is niet stuk, maar de programma-software glijdt uit. We zouden ook het falen bij het opendraaien van een afsluiter kunnen beschrijven als een "uitglijer", een "slip" van een "mentaal programma". De cognitieve psychologie, hoewel moeilijk te definiëren, wordt onder andere gekenmerkt door een voorliefde voor mentale programma's. Omdat de onderdelen van zo'n programma in een buitengewoon ingewikkelde relatie tot elkaar staan heeft het geen zin te trachten ze op te sporen via de methoden die worden gebruikt bij de identificatie van onafhankelijke functies. De realiteitswaarde van de programma-onderdelen wordt daarentegen afgeleid uit de onmogelijkheid om zonder die onderdelen het bestudeerde gedrag, waaronder we ook de in de realiteit voorkomende fouten rekenen, te genereren. Deze benadering verklaart bijv. de grote belangstelling die psychologen hebben voor versprekingen en correcties in natuurlijke spraak (vgl. Levelt, 1983).

Een ander voorbeeld is de analyse van uitglijers in het handelen aan de hand van het activatie-trigger-schema programma van Norman (1981). Volgens deze theorie is iedere taak intern gerepresenteerd door een aantal hiërarchisch georganiseerde schema's. Bijvoorbeeld: het openen van een aantal afsluiters kent het "moeder-schema": loop naar de fabriek, draai afsluiters open, loop weer terug naar de controle kamer. Door dit schema worden een aantal "dochter-schema's geactiveerd, onder andere om de weg naar de deur te vinden, om labels in te vullen, om te checken of ik de juiste afsluiter te pakken heb. De dochters hebben weer "kleindochters": het lezen van de labellijst, het zoeken naar bril en pen, etc. De geactiveerde schema's worden in handelingen omgezet, getriggerd, zodra de omgeving de juiste prikkels geeft. Essentieel voor de theorie is dat een groot aantal schema's tegelijkertijd geactiveerd, en dus triggerbaar, zijn. Programma-uitglijders kunnen we nu indelen in fouten van vijf verschillende klassen.

*Klasse 1* Activatie van het verkeerde moeder-schema. Voorbeeld: operator A denkt dat het openen van afsluiter 1 wel door een ander zal worden uitgevoerd, en gaat naar huis.

*Klasse 2* Activatie van het verkeerde dochter-schema. Voorbeeld:

lopend naar afsluiter 1 komt operator A langs de kapstok waar zijn jas hangt; hij trekt deze aan en gaat naar huis.

*Klasse 3* Verlies van activatie. Voorbeeld: in de fabriekshal aangekomen is operator A totaal vergeten wat hij kwam doen.

*Klasse 4* Verkeerd triggeren. Voorbeeld: komend langs afsluiter 2 in een ander gedeelte van de installatie draait operator A deze open en gaat terug naar de controlekamer.

*Klasse 5* Wegblijvende triggering. Voorbeeld: operator A komt na een serie handelingen bij afsluiter 1 aan, en denkt nu dat hij deze al heeft opgedraaid, terwijl hij dat alleen in gedachten heeft gedaan.

De benadering via de analyse van programma-uitglijers is veelbelovend; helaas zijn er nog te weinig programma-modellen om een veelomvattende toepassing op korte termijn in het vooruitzicht te kunnen stellen. Maar een welkome aanvulling op de hiervoor behandelde methoden is deze techniek zeker wel.

### *Beoordelingsfouten*

In de vorige drie paragrafen zijn we nog steeds niet toegekomen aan de vermoedelijke oorzaak van de Leidse kruitramp. Schipper van Schie heeft niet gefaald in één van de deelhandelingen bij het uitvoeren van zijn taak; noch heeft één van de componenten in een schakeling van informatieverwerkende functies gefaald; evenmin kan men zeggen dat een "mentaal programma" is uitgegleden op een verradelijke plek. Gewezen op zijn onvoorzichtigheid zou Van Schie waarschijnlijk de fout niet eens als zodanig hebben erkend; integendeel, hij zou beargumenteerd hebben dat hij altijd aan boord kookt en nog nooit een ongeluk heeft veroorzaakt. Zijn laatste woorden kunnen geweest zijn dat ontploffingen alleen voorkomen bij schippers die werkelijk onvoorzichtig wa . . . <sup>1</sup>. Zo'n beredeneerde fout kunnen we een beoordelingsfout noemen. Het beoordelen van complexe

<sup>1</sup> Dit in navolging van de laatste woorden van Generaal John Sedgwick: "Ze raken nog geen olifant op deze afst . . ." (Pile, 1979).

situaties hebben we tot nog toe niet in een samenhangende psychologische theorie kunnen vangen. Wel weten we dat de "mentale programma's" die hierbij betrokken zijn niet alleen falen omdat ze af en toe uitglijden, maar vooral ook omdat ze te eenvoudig zijn. Dit blijkt uit de langzamerhand zeer uitgebreide verzameling verkorte denkwijzen, een soort mentale vluggertjes, die we heuristische noemen. Hoewel formeel niet waterdicht werken deze heuristieken in veel gevallen goed. Bij uitzondering leiden ze echter tot beoordelingsfouten. Een duidelijk voorbeeld is de door Tversky & Kahneman (1973) beschreven neiging om de waarschijnlijkheid van een ongeluk af te leiden uit het gemak waarmee men zich zo'n ongeluk kan herinneren. Omdat Van Schie al jaren zonder problemen met kruit voer kon de mening bij hem hebben postgevat dat het ongevaarlijk was om aan boord te koken. Een andere heuristisch is om de waarschijnlijkheid van een ongeluk achteraf te beredeneren uit de dan bekende omstandigheden; daaruit ontstaat de illusie dat ongelukken een dwingende verklaring hebben, en dat men ze dus van te voren ziet aankomen: ziet men ze niet dan komen ze ook niet! (Fischhoff & Beyth, 1975). Uitvoerige inventarisaties van deze heuristieken (Hogarth, 1980; Wagenaar, 1977) laten zien dat het aantal verschillende typen beoordelingsfouten groot is, en dat we nog maar heel weinig weten van de frekwentie waarmee ze voorkomen. Voor invoer in een risico-analyse zijn de gegevens vooralsnog ongeschikt. Edwards (1982) beargumenteert zelfs dat de risico's in de praktijk helemaal niet bestaan.

### *Conclusie*

Terugblikkend op de vier manieren om de waarschijnlijkheid van menselijk falen te schatten kunnen we zeggen dat elke manier zijn bezwaren en beperkingen heeft. De methode van Swain & Guttman die berust op het onderscheiden van kleinste deelhandelingen heeft het bezwaar dat hij volstrekt atheoretisch is, en daardoor geen generalisaties toelaat. Het is een open vraag of zo'n methode ooit geschikt zal zijn voor de analyse van nieuwe mens-machine systemen. Dit neemt natuurlijk niet weg dat er nu reeds tal van gebieden zijn waarop de methode wel degelijk kan worden toegepast; dit zal vooral die gevallen betreffen waarin de taken die mensen uitvoeren in voorschriften zijn vastgelegd als sekwenties van goed omschreven deelhandelingen.

Het onderscheiden van onafhankelijke psychologische functies is vooral nog alleen onderzocht in relatief eenvoudige informatieverwerkingsprocessen. Ondanks deze beperking zou het nuttig zijn om de bestaande modellen veel meer dan thans het geval is te gebruiken bij de schatting van kansen op menselijk falen.

Het is duidelijk dat een grote categorie menselijke gedragingen te complex is om beschreven te kunnen worden met behulp van additieve factoren modellen. De fouten die in zulk gedrag ontstaan, zoals de programma-uitglijers van Norman, en de verkeerd toegepaste heuristieken van Tversky & Kahneman, vormen meestal de grondslag van echte grote gecompliceerde rampen. De psychologische theorievorming is op dit punt niet veel verder dan de beschrijvende en klassificerende fase. We kunnen onmogelijk voorspellen wanneer zulke fouten voorkomen en hoe vaak. In een mens-machine systeem worden mensen vooral gebruikt vanwege hun vermogen zich op intelligente wijze aan te passen aan nieuwe onverwachte situaties. Juist in zulke situaties zijn nieuwe en onverwachte mentale uitglijers mogelijk die niet altijd in een risico-analyse kunnen worden voorzien. We moeten dus concluderen dat het probleem van menselijk falen ongrijpbaarder wordt naarmate de taak die een mens verricht menselijker en minder machinaal is.

Deze conclusie is geen brevet om nu maar bij de pakken te gaan neerzitten. Onze korte tocht langs diverse benaderingen van het probleem heeft een flink aantal direct beschikbare methoden en gegevens opgeleverd. Geen ontwerper van risico-introductorende systemen zal zich kunnen veroorloven deze gegevens te negeren; hetgeen in concreto betekent dat de discipline van de psychologische functieleer op veel grotere schaal dan thans het geval is te hulp roepen zal moeten worden bij het ontwerp van zulke systemen.

Aan de andere kant kunnen functieleer-psychologen niet beweren dat er al een geheel afgerond kennispakket klaar ligt. Integendeel: het psychologisch inzicht is fragmentarisch en nog veel te weinig geschikt gemaakt voor toepassing. Het onderzoek ligt op dit werkterrein voor het opscheppen. De vele typen menselijke fouten zijn nog nooit op een zinvolle en overzichtelijke wijze gerubriceerd. Zo'n overzicht zou op z'n minst kunnen dienen als checklist bij het beoordelen van menselijke taken. Er bestaat geen systematische

psychologische analyse van ongelukken met dodelijke afloop. Het is daardoor alleen maar via anecdotes mogelijk om fouten zoals uitglijers en verkeerd toegepaste heuristieken op te sporen. Naar de frekwentie en verstrekkendheid van zulke fouten kunnen we alleen maar raden. De omstandigheden die zulke fouten uitlokken kennen we nauwelijks. De effectiviteit van diverse maatregelen ter voorkoming van fouten is in nevelen gehuld. Er ligt dus een groot onderzoeksterrein voor ons open; een terrein waaraan de psychologische functieleer ook nu reeds veel te bieden heeft. Aangezien in het komende decennium de werkgelegenheid voor buiten het universitair bedrijf werkende onderzoekers zal worden bepaald door de mate waarin zij helpen maatschappelijke problemen op te lossen, mag voor de functieleer-psycholoog die heeft geleerd het vak toe te passen een goede toekomst worden verwacht.

Dames en Heren,

Bij de publieke aanvaarding van het ambt van buitengewoon hoogleraar in de toegepaste functieleer gaan mijn gedachten allereerst uit naar mijn leermeester Prof. Dr. J. Linschoten, die mij voor het eerst heeft laten kennismaken met de beginselen van het vak waarvan ik de toepassing zojuist heb bepleit. Zijn nagedachtenis zal altijd gekleurd zijn door het aanstekelijke plezier waarmee hij ons mooie vak bedreef.

Ik dank Hare Majesteit de Koningin, en in Haar allen die in de burelen van het universitaire bedrijf tot mijn benoeming hebben bijgedragen, voor het in mij gestelde vertrouwen. Ik hoop dit vertrouwen te rechtvaardigen door bij het onderricht in allerhande praktische en nuttige zaken ook de liefde voor het vak over te dragen op de aan mij toevertrouwde studenten.

Waarde Van de Geer, waarde Sanders

Bij mijn eerste schuchtere pogingen om de functieleer toe te passen mocht ik een werkkamer met U delen, naast nog zeven andere TNO-ers en een konijn. Zelfs al had ik gewild, dan nog was het mij onmogelijk geweest Uw waardevolle adviezen te ontlopen. Ik heb deze dwang der omstandigheden nimmer betreurd; integendeel, ik ben van mening dat veel jonge afgestudeerden mij mogen benijden

om de start in Uw overvolle en hectische werkkamer, die iedere ergonomische regel tartte.

Waarde Bouman, Walraven en Van Meeteren

Onder Uw leiding heb ik in het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO in grote vrijheid het werk mogen doen waarnaar mijn hart uitging. Van U drieën heb ik geleerd dat fundamenteel onderzoek van hoge kwaliteit de allerbelangrijkste voorwaarde is voor het toegepaste wetenschappelijke werk. Dit inzicht heeft het IZF gemaakt tot de bron van ideeën die voor de uitoefening van mijn nieuwe ambt zo onmisbaar is.

Dames en Heren medewerkers van het Insituut voor Zintuigfysiologie TNO

Een wetenschappelijk onderzoek is altijd het product van veler inspanning. Mijn benoeming tot buitengewoon hoogleraar is een erkenning van Uw aller kwaliteiten en daarnaast ook een bedekte poging U in te schakelen in het universitaire bedrijf. Ik weet dat de voorbereiding van colleges en de begeleiding van studenten in grote mate afhankelijk zijn van Uw expertise en medewerking, waarop ik ook in de toekomst een beroep hoop te mogen doen.

Waarde Flores D'Arcais

De buitengewone leerstoel toegepaste functieleer is een product van Uw nachtelijke hersenactiviteit. Hoewel volgens onderzoek in Uw eigen vakgroep de meeste psychologische functies juist in de nachtelijke uren het gebrekkigst werken hoop ik mijn taak zodanig te kunnen vervullen dat Uw idee niet als een typisch voorbeeld van menselijk falen in de analen van deze universiteit zal worden bijgezet. De hartelijke verstandhouding die wij al werkend in de loop der jaren hebben mogen opbouwen doet mij met groot vertrouwen de toekomst tegemoet zien.

Dames en Heren medewerkers van de vakgroep psychologische functieleer

Er breekt voor onze kleine vakgroep een moeilijke tijd aan: een groeiend aantal topvakstudenten klopt steeds luider op onze deur

om toegang te verkrijgen tot een kwalitatief hoogstaande opleiding. Aangezien toepasbaarheid van de kennis in het maatschappelijk leven daarbij een steeds belangrijker aspect gaat vormen staat ons allen een periode van aanpassing te wachten. Ik heb met vreugde mogen ervaren dat U voor deze uitdaging allerminst terugschrikt.

Dames en Heren studenten

Mijn laatste woord is voor U. Niet omdat U de laatste plaats in mijn preferentievолgorde inneemt, maar omdat ik weet dat door het recentheidseffect laatste woorden het best beklifven. De belangrijkste reden van mijn komst naar Leiden is de wens om Uw opleiding aan te passen aan de maatschappelijke behoefte. Ik heb met U reeds eerder mogen vaststellen dat de tijden zijn veranderd: degenen die een academische graad in de psychologische functie leer hebben behaald mogen er niet meer in zo ruime mate als vroeger op rekenen dat zij binnen het universitaire bedrijf een arbeidsplaats zullen vinden. En nog meer dan vroeger zal gelden dat de kwaliteit van de opleiding in belangrijke mate bepalend is voor het vinden van werk buiten de universiteit. Het is mijn bedoeling om de opleiding in Leiden, die reeds bekend staat om zijn wetenschappelijk niveau, ook de naam mee te geven van één die direct inzetbare onderzoekers aflevert. Wij moeten snel groeien naar een situatie waarin Uw toekomstige werkgever, bij het lezen van Uw curriculum, zal zeggen: "Uit Leiden? Die moeten we hebben, dat kan menselijkerwijs niet misgaan!".

Ik heb gezegd.

## Referenties

- Adams, J.A. Issues in human reliability. *Human Factors*, 24, 1-10, 1982.
- Bignell, V., Peters, G. & Pym, C. *Catastrophic Failures*, The Open University Press, Milton Keynes, 1978.
- Clark, A.J. & Webber, G.M.B. Accidents involving glass in domestic doors and windows in England and Wales. *Accidents Analysis & Prevention*, 14, 293-303, 1982.
- Clemens, C.H.M. De veiligheid van het railverkeer en haar bewaking. Centrum voor vervoers- en verkeerswezen, Delft, 1978.
- Danaher, J.W. Human error in ATC system operations. *Human Factors*, 22, 535-545, 1980.
- Ducic, S. & Ghezzeo, H.R. Epidemiology of accidental home fires in Montreal, *Accident Analysis & Prevention*, 12, 67-73, 1980.
- Edwards, W. Human cognitive capabilities, representativeness and ground rules for research. In: Proceedings of the Eighth Research Conference on Subjective Probability, Utility and Decision Making, Budapest, 1981 (in press).
- Eid, A.M. Road traffic accidents in Qatar. The size of the problem. *Accident Analysis & Prevention*, 12, 287-298, 1980.
- Finley, B.H., Webster, R.G. & Swain, A.D. Reduction of human errors in field test programs. *Human Factors*, 16, 215-222, 1974.
- Fischhoff, B. & Beyth, R. "I knew it would happen", *Organizational Behaviour and Human Performance*, 13, 1-6, 1975.
- Harnett, R.M. & Bijlani, M.G. The involvement of cold water in recreational boating fatalities II, *Accident Analysis & Prevention*, 14, 163-168, 1982.



- Herrmann, D.J. & Neisser, U. An inventory of everyday memory experiences. In: M.M. Gruneberg, P.E. Morris & R.N. Sykes (Eds.): *Practical aspects of memory*, Academic Press, London, 1978.
- Hartman, B. Human factors aspects of aircraft accidents and incidents. AGARD conference proceeding No. 254, 1979.
- Hogarth, R.M. *Judgement and choice*, John Wiley & Sons, New York, 1980.
- Karlsen, J.E. & Kristansen, S. *Statistical survey of collisions and groundings for Norwegian ships for the period 1970-1978*. Det Norske Veritas Report no. 80-0199, Oslo, 1980.
- Knappert, L. *De ramp van Leiden*, Van Nooten, Schoonhoven, 1906.
- Koornstra, M.J. Pechvogels en brokkenmakers. In: W.A. Wagenaar, P.A. Vroon, W.H. Janssen (Eds.): *Proeven op de som*, Van Loghum Slaterus, Deventer, 1978.
- Levelt, W.J.M. Monitoring and self-repair in speech. *Cognition*, 1983 (in press).
- Lloyd, R.C., Heaberlyn, S.W., Clayton, E.D. & Carter, R.D. Assessment of criticality safety. *Nuclear Technology*, 42, 13-22, 1979.
- Michon, J.A. Preface to a special volume of accident analysis and prevention, *Accident Analysis & Prevention*, 13, 161, 1981.
- National Academy of Sciences, *Human error in merchant marine safety*. Prepared by the panel on human error in merchant marine safety; maritime transportation research board; commission on sociotechnical systems, Washington, 1976.
- Norman, D.A. Categorization of action slips. *Psychological Review*, 88, 1-15, 1981.
- Pearn, J.H. & Nixon, J. An analysis of the causes of freshwater immersion accidents involving children. *Accident Analysis & Prevention*, 11, 173-178, 1979.

- Pile, S. The book of heroic failures, Routledge & Kegan Paul, London, 1979.
- Planek, T.W. Home accidents: a continuing social problem, *Accident Analysis & Prevention*, 14, 107-120, 1982.
- Rabbitt, P.M.A. & Vyas, S.M. An elementary preliminary taxonomy for some errors in laboratory choice RT tasks. In: A.F. Sanders (ed.): *Attention and Performance III, Acta Psychologica*, 33, 56-76, 1970.
- Rogmans, W.H.J. *Ernst en omvang van ongevallen in de privé-sfeer; een enquête-onderzoek onder ruim 18.000 huishoudens in Nederland*. Veiligheidsinstituut, Amsterdam, 1982.
- Rolt, L.T.C. *Red for danger*, Pan Books, London, 1978.
- Sabey, B.E. & Taylor, H. The known risks we run: the highway. In: R.C. Schwing & W.A. Albers (Eds.): *Societal risk assesment*, Plenum Press, New York, 1980.
- Sanders, A.F. Stage analysis of reaction processes. In: G.E. Stelmach & J. Requin (Eds.), *Tutorials in Motor Behavior*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1980.
- Sternberg, S. The discovery of processing stages: extensions of Donders' method. In: W.G. Koster (Ed.), *Attention and Performance II, Acta Psychologica*, 30, 276-315, 1969.
- Swain, A.D. & Guttman, H.E. Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications. U.S. Nuclear Regulatory Commission, report NUREG/CR-1278, Washington, 1980.
- Tversky, A. & Kahneman, D. Availability: a heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, 5, 207-232, 1973.
- Van Belle, G. Meeter, D. & Farr, W. Influencing factors for rail-road-highway grade crossing accidents in Florida. *Accident Analysis & Prevention*, 7, 103-112, 1975.

- Van der Schaaf, J. Risiko-analyse van een fosgeen productie-installatie. T.H. Twente, 1978.
- Wagenaar, W.A. *De beste stuurhul dempen de put*. Ambo, Baarn, 1977.
- Waller, J.A. & Lambon, K.R. Snow mobiling: characteristics of owners, patterns of use and injuries. *Accident Analysis & Prevention*, 7, 213-223, 1975.
- Wigglesworth, E.C. Human factors in level crossing accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 10, 229-240, 1978.
- Wilkins, A.J. & Baddely, A.D. Remembering to recall in everyday life: an approach to absent-mindedness. In: M.M. Gruneberg, P.E. Morris & R.N. Sykes (Eds.): *Practical aspects of memory*. Academic Press, London, 1978.
- Wittenberg, H. De veiligheid in de luchtvaart en haar bewaking. Centrum voor vervoers- en verkeerswezen, Delft, 1978.