

Ontwikkeling van veiligheidheidskunde in het interbellum en de bijdrage van Heinrich

Coen van Gulijk¹, Paul Swuste¹, Ben Ale¹ en Walter Zwaard²

Summary

This paper investigates the development of safety science in the years between the First and Second World wars: the interbellum. This work focuses on English language handbooks and their impact on developments in the Netherlands. English language authors in the interbellum have contributed to safety by developing new safety concepts. With a few exceptions, most of these concepts were developed in a way that lacks rigorous scientific analysis and scientific reporting. Hence, these concepts are not scientific descriptions but analogies. Scientific methods were applied in Europe (and in the UK specifically) but that did not result in many handbooks.

The work of H.W. Heinrich is emphasized because he was the most powerful ambassador for the contemporary views on safety in the interbellum. His powerful graphic metaphors are still used today. Also, he was a typical author for the interbellum: semi-scientific methods and unclear sources cloud the origins of his safety models.

It is concluded that the years between the two world wars was a boom time for safety as a working field and as a science. Many new ideas about safety were conceived and debated and a respectable number of safety workers publish their thoughts. A remarkable conception is that safety can be organized; that gives way for the first safety management systems, even if the name safety management system does not exist in that era.

Inleiding

In een voorgaand artikel is een begin gemaakt met een historisch onderzoek naar het veiligheidskundige vakgebied (Swuste et al. 2009). In dat artikel is gestart met een literatuuronderzoek naar de eerste veiligheidskundige theorieën; de theorie van Eastman uit de Verenigde Staten en de brokkenmakerstheorie uit Engeland. Verder komen onderwerpen aan bod als de opkomst van de Amerikaanse Safety First Movement, van de National Safety Council, van veiligheidscommissies en -procedures in bedrijven en van het Nederlandse Veiligheidsinstituut.

De brokkenmakerstheorie verklaart ongevallen uit een predispositie van de slachtoffers en is daarmee een voorbeeld van een theorie gebaseerd op de zogenaamde individuele hypothese. Eastman legt veel meer de nadruk op de orga-

nisatie en de condities van het werk als oorzaak van ongevallen en is daarmee een voorbeeld van de omgevingshypothese. Het artikel maakt duidelijk dat de oorsprong van deze theorieën plaatsvond in een complexe omgeving. De krachtige intuïtieve waarde van de brokkenmakerstheorie en de wetenschappelijke verantwoording hebben er toe geleid dat de theorie tot op de dag van vandaag aanhangers heeft.

In dit artikel wordt de historische lijn uit het vorige artikel gevolgd. We zetten een stap voorwaarts in de tijd en belanden in de periode tussen de eerste en de tweede wereldoorlog, het interbellum. Deze tijd kenmerkt zich door een snelle ontwikkeling van nieuwe ideeën in het werkgebied veiligheid. Hoe die ideeën zich ontwikkelen wordt in dit artikel bestudeerd. Er wordt een aantal toonaangevende handboeken toegelicht en we gaan dieper in op de werken van een ex-militair die in de verzekeringswereld werkt: H.W. Heinrich. Zijn populaire ideeën en concepten zijn jarenlang een standaard in het veiligheidskundige vakgebied en zijn tot de dag van vandaag populaire concepten.

In dit artikel worden dezelfde onderzoeksvragen geadresseerd als in het voorgaande artikel:

- Binnen welke context heeft de theorie- en modelvorming plaats gevonden?
- Waar zijn de theorieën en modellen op gebaseerd en indien beschikbaar, welke dataverzameling heeft er aan ten grondslag gelegen?
- Welke consequenties hebben de theorieën en modellen voor het vakgebied van de veiligheidskunde (gehad) en gedurende welke periode is de theorie dominant (geweest)?

In de vraagstelling worden de termen 'theorievorming' en 'theorie' gebruikt. Een theorie is op te vatten als een gevalideerd model. Met een theorie zijn waargenomen verschijnselen, in dit geval ongevallen, te analyseren en belangrijker, met een theorie kunnen voorspellingen worden gedaan. Een model is een schematische presentatie van de werkelijkheid, die nog niet gevalideerd is, nog niet ondersteund en bevestigd door onderzoeksresultaten.

Een uitgebreid literatuuronderzoek is de basis geweest voor de beantwoording van de vragen. Veel van de oorspronkelijke referenties en bronnen zijn aanwezig in de Centrale

¹ Sectie Veiligheidskunde, Technische Universiteit Delft; email: c.vangulijk@tudelft.nl

² Opleider en adviseur, Delft

Bibliotheek van de Technische Universiteit Delft. Indien daar niet aanwezig zijn bestanden van internationale bibliotheken geraadpleegd. Alle publicaties van Heinrich uit de vakbladen National Safety News, Industrial Supervisor en NSC Transactions zijn voor de onderzochte tijdsperiode geraadpleegd. Voor de andere literatuur is gestart met de wetenschappelijke literatuur en van daaruit is de vakliteratuur geraadpleegd.

De ontwikkelingen op het gebied van arbeidsveiligheid in Duits en Frans sprekende landen in Europa worden in dit artikel niet behandeld en dat geldt eveneens voor de Scandinavische landen. Hopelijk kan deze omissie op termijn worden rechtgezet.

Ontwikkeling van het veiligheidskundige vakgebied in het interbellum

In de Verenigde Staten verschijnt al voor de Eerste Wereldoorlog, in 1910 een overzicht van de bibliotheek van de Carnegie Steel Company met maar liefst 54 titels van Amerikaanse en Europese boeken over ongevallen in de industrie, de mijnbouw, de spoorwegen, over brandpreventie, veiligheidstechniek en handleidingen voor eerste hulp bij ongevallen (Anoniem, 1910). In deze context vergelijken we toonaangevende Amerikaanse en Britse publicaties en handboeken over industriële veiligheid tot de tweede wereldoorlog en hun effect in de periode volgend op het interbellum. Hierin beperken we ons tot boeken waarin niet alleen (technische) oplossingen zijn opgenomen maar ook handreikingen worden gegeven om veiligheid binnen bedrijven te organiseren.

In het interbellum heeft dat organiserende concept nog geen naam, nu zouden we dat veiligheidsmanagement noemen. In het eerste deel in deze reeks artikelen is daar veel over gerapporteerd en hier bouwen we daar op voort (Swuste et al., 2009).

Verenigde Staten

In het interbellum worden publicaties over veiligheid in de Verenigde Staten bijna allemaal geïnitieerd door de National Safety Council. Dit is een samenwerkingsverband van leidende Amerikaanse industrieën en de verzekeringsmaatschappijen. Er zijn drie onderwerpen die de discussie beheersen; de financiële compensatie van bedrijfsongevallen, de veiligheidstechniek en een nieuw onderwerp, de organisatie van veiligheid. De belangrijkste bijdragen op dat gebied zijn al in of voor de eerste wereldoorlog (zie Swuste et al., 2009) verschenen. In het interbellum blijven er boeken verschijnen met die onderwerpen.

De publicaties over de financiële compensatie van bedrijfsongevallen zijn juridisch en wettelijk getint. Een werk van (net) voor het interbellum is van Blanchard (1917). Compensatie is ook vanuit een werknemers- en vakbondsstandpunt beschreven. Het gaat hierbij om een oproep voor werknemersorganisatie, geïllustreerd aan gevalsbeschrijvingen over (financieel) hopeloze omstandigheden van werkne-

mers en hun families die door een ernstig, of dodelijk ongeval zijn getroffen (Eastman, 1908; Hard, 1910; Mitchell, 1911; Dunn, 1929). Deze publicaties liggen in de lijn van de argumentatie van Crystal Eastman's onderzoek uit het staaldistrict rond Pittsburgh, een onderzoek dat uitvoerig is beschreven in het eerste deel van de serie.

De tweede groep, de boeken over veiligheidstechniek, zijn vakpublicaties uit verschillende bedrijfstakken. De stand der techniek wordt uitgebreid beschreven en toegelicht met foto's en ontwerptekeningen. Werken uit die periode zijn van Beyer (1916), Ashe (1917), Schaack (1917) en Williams (1927).

De handboeken, waarin het organiseren van veiligheid is opgenomen, geven behalve een overzicht van de veiligheidstechniek van een groot aantal bedrijfstakken ook ruime aandacht aan de organisatorische aspecten van veiligheid (Cowie, 1916; DeBlois, 1926; Heinrich, 1931). De publicatie van deze handboeken zijn een indicatie van een voortschrijdende professionalisering van het vakgebied. Deze boeken verschijnen in een periode van een voortdurend toenemende rationalisering en mechanisering van productieprocessen en zullen in komende paragrafen worden besproken.



Fig. 103.—Caterpillar-type long-boom power shovel. (Courtesy of the Marion Steam Shovel Company.)
The bucket capacity is 23 tons or 20 cubic yards. Vertical sweep of shovel is 82 feet 6 inches. It is estimated that 1,500 men working with picks and shovels would be required to duplicate the work of this one machine. Accident exposure to the operators and ground men who serve this shovel is considerably less than if they and others were obliged to excavate this material by manual labor.

Figuur 1: met een stoommachine kunnen een handje vol mensen het werk doen wat eerder door duizenden werd gedaan. Veranderende werkwijzen leiden tot veranderende veiligheidsrisico's (Heinrich, 1931).

De rationalisering en mechanisering van productieprocessen krijgt in deze tijd een impuls door het werk van Frederick Taylor: the principles of scientific management. De term 'scientific' betekent bij Taylor dat beslissingen in bedrijven gebaseerd moeten zijn op rationele argumenten. De argumenten worden verkregen uit taakanalyses. Taken van werknemers worden opgeknipt tot de kleinst mogelijke deelhandelingen. Deze worden gedocumenteerd en gekoppeld aan een beloningssysteem. Snelheid van werken, kostenreductie en een verregaande scheiding van hoofd- en handarbeid in staf en lijn zijn de belangrijkste kenmerken van de verandering. Dit leidt tot veranderingen in de Amerikaanse

industrie: lopende band en de massaproductie van goederen worden gemeengoed. Dat heeft effect op ongevallen en daarmee een effect op veiligheidskundige publicaties: de hoge kosten van de frequent voorkomende ongevallen is een terugkerend thema in een groot deel van de publicaties. Publicaties van Beyer (1916) en Blanchard (1917) verwijzen expliciet naar de verborgen kosten van ongevallen, het productieverlies, de vervanging van werkrachten, de kosten voor de zorg van slachtoffers en eventueel proceskosten als de werkgever wordt aangeklaagd. Ongevallen verstoren efficiënte productie en daarmee wordt een hoog niveau van veiligheid in een bedrijf of bedrijfstak direct gezien als een voorwaarde voor efficiënte productie én van de kwaliteit van de goederen (zie ook American Engineering Council, 1928). In één van de publicaties wordt dat treffend verwoord (bewerkt citaat van Williams in DeBlois, 1926):

‘Processtoringen, bijvoorbeeld producten die uit persen springen, gebeuren onverwachts en moeten gezien worden als ongevallen, omdat vaak werknemers worden verwond. Of dat nu gebeurt of niet, ongevallen en efficiëntie zijn elkaars tegenpolen. Je kunt ze niet allebei in een bedrijf hebben. Een bedrijf met onverwachte storingen is per definitie niet efficiënt.’

Een gemeenschappelijk onderwerp, dat in alle publicaties wordt genoemd, is de noodzaak voor adequate veiligheidsprocedures. Daarbij hoort ook het toezicht op de procedures en algemener, de opleiding van werknemers in veiligheid. Deze discussie is geïnspireerd door het Taylorisme dat werkprocedures introduceerde. De National Safety Council vertaalt die principes in haar nieuwe centrale boodschap van de drie E's: Engineering, Education en Enforcement. Mechanische veiligheidsmiddelen moeten ontworpen worden (engineered), werknemers moeten worden opgeleid om veilig te handelen (educated) en veiligheid wordt vastgelegd in regels door de werkgever en de naleving wordt via toezicht gecontroleerd (enforcement) (Greenwood, 1934). Generieke veiligheidsprocedures worden via de karakteristieke posters en veiligheidsborden bekendgemaakt.

Daarnaast verschijnen er taak of machine specifieke veiligheidsprocedures in de vorm van de verschillende veiligheidscodes. Het toezicht op deze procedures is in handen van de voorman en niet van de veiligheidsingenieur van het bedrijf of van de veiligheidscommissie. De speciale positie van de voorman in de bedrijfsveiligheid, de sleutel tot de manschappen, wordt in vrijwel alle publicaties benadrukt. Als de voorman niet overtuigd is van de noodzaak tot veilig werken, dan is het dweilen met een open kraan.

Verenigd Koninkrijk

Het Verenigd Koninkrijk verschilt van de Verenigde Staten, vanwege haar lange traditie van sociale wetgeving, die dateert van het begin van de 19e eeuw en waar al halverwege die eeuw specifieke veiligheidsvoorschriften voor de textielindustrie van kracht waren (Hale, 1978). Hier wordt het onderzoek naar bedrijfsveiligheid niet geïnitieerd door grote bedrijven en verzekeringsmaatschappijen, maar door de

overheid. In het tweede jaar van de Eerste Wereldoorlog wordt de Health of Munition Workers Committee opgezet, een commissie van de Ministry of Munition, om de productiviteit en de efficiëntie van de munitieproductie te onderzoeken. Een tweede taak van deze commissie is onderzoek uitvoeren naar de veiligheid en gezondheid van de vrouwen, kinderen en ouderen, die de mannen vervingen die onder de wapens waren geroepen. Na de oorlog, in 1918, is de commissie omgevormd tot de Industrial Fatigue Board, om in 1929 over te gaan in de Industrial Health Board. Het doel van deze ‘Committees’ en ‘Boards’ is door middel van systematische studies de invloed van de nieuwe werkorganisatie, die onder het Taylorisme is ontstaan, te laten onderzoeken. De gevolgen van werktijden, verlichting, temperatuur en ventilatie en kort cyclische arbeid niet alleen op de productiviteit, maar ook op de incidentie van ongevallen werden onderzocht. Een overzicht van dit onderzoek is beschreven in het eerste deel van deze serie (Swuste et al. 2009). Dit onderzoek heeft de theorie van de ongevalgevoelige werker opgeleverd, uitgevoerd door de epidemioloog Major Greenwood en zijn onderzoeksassistent Hilda Woods. De psycholoog Eric Farmer introduceerde in 1925 de term ‘accident proneness’, de brokkenmaker. Hetzelfde begrip, unfallneigung en de unfällner, is tegelijkertijd in Duitsland door de psycholoog Karl Marbe ontwikkeld op basis van een statistische analyse van ongevalgegevens van de Berufsgenossenschaften (Greenwood en Woods, 1919; Farmer, 1925; Marbe, 1925; Hale en Hale, 1972; Burnham, 2008).

Zowel voor Farmer als voor Marbe zijn deze bevindingen de start geweest voor de ontwikkeling van psychologische testen om roekeloze werkers vooraf te selecteren. De brokkenmaker appelleert aan een overtuigend beeld van oorzaken van ongevallen en dat blijkt ook uit verwijzing naar de brokkenmaker in de Brits wetenschappelijke pers (Anoniem, 1931a-b).

De bakermat van wetenschappelijk onderzoek naar bedrijfsveiligheid ligt niet in Amerika, maar in Europa. Helaas heeft dit onderzoek niet geleid tot een serie van handboeken, zoals in Amerika. In het interbellum is er slechts één gepubliceerd, met veiligheid als zelfstandig onderwerp: ‘accidents and their prevention’ door Vernon in 1936. Evenals de Amerikaanse handboeken zal ook de publicatie van Vernon verderop worden besproken.

Nederland

In Nederland blijft het Veiligheidsmuseum het toonaangevende instituut voor veiligheid. Dat instituut is voornamelijk gebaseerd op initiatief van de industrie. Het Veiligheidsinstituut groeit van 10.000 bezoekers in 1915 tot 30.000 in 1927 (Zwaard, 2007) en er worden steeds meer activiteiten ontplooid. In 1924 publiceert het veiligheidsinstituut het blad ‘Nieuws uit het Veiligheidsinstituut’ wat in 1927 verandert in het blad ‘De Veiligheid’. Dat blad wordt een platform voor uitwisseling van vakbeoefenaars op het gebied van de veiligheid. De industriëlen hebben interesse

in kennis over Veiligheid, efficiëntie en toepasbaarheid van resultaten uit wetenschappelijk onderzoek. Mede als gevolg van die interesse en de vraag naar hoger opgeleid personeel wordt TNO opgericht: de 'centrale organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek'. De werkzaamheden van TNO onderzoek nemen een aanvang in 1932. Taak, werkwijze en organisatievorm zijn in 1930 al vastgelegd in een speciale wet. TNO moet ervoor gaan zorgen dat de samenleving, meer in het bijzonder de bedrijven, optimaal kunnen profiteren van de resultaten van natuurwetenschappelijk onderzoek.

De Nederlandse overheid ontplooit haar invloed op het vakgebied en dan in eerste instantie op sociale thema's "door middel van de arbeidsinspectie en regels voor huizenbouw. In het interbellum worden ook de eerste veiligheidsinspecteurs van de overheid aangesteld en in 1934 wordt de nieuwe Veiligheidswet in gebruik genomen welke gedetailleerde informatie bevatte op het gebied van veiligheid.

In Nederland is in die periode geen significante ontwikkeling van de veiligheidswetenschap. Nederland stelt zich wel op de hoogte van wetenschappelijke ontwikkelingen in het buitenland maar is vooral volgend. Het is met name sociale veiligheid en arbeidshygiëne waar Nederland zich mee bezig houdt.

Toonaangevende handboeken over veiligheid uit het interbellum

US 1916: Practical safety methods and devices

Het eerste handboek wat we behandelen is van de Amerikaan George Alvin Cowee (1887 – 1975) en getiteld 'Practical safety methods and devices' (Cowee, 1916). Dit is een van de vroegste publicaties van het nieuwe veiligheidsdenken in het interbellum (en komt zelfs twee jaar voor het interbellum uit!). Cowee is begin 20e eeuw manager van het Bureau of Safety van de Utica Mutual Compensation Insurance Corporation. Behalve over industriële veiligheid heeft hij boeken geschreven over onderwerpen gerelateerd aan verzekerings- en beursactiviteiten (Cowee, 1911, 1931, 1938, 1942, 1960). Het lijkt erop, dat industriële veiligheid maar een beperkte tijd onderwerp is geweest voor Cowee.

Het boek is een uitgebreid handboek over veiligheidstechniek in de bouw, de metaal en staal industrie en de mijnbouw. Behalve de afscherming van machines en installaties krijgt brandpreventie veel aandacht omdat brand een belangrijk risico is in die tijd. Het onderwerp veiligheidsmanagement komt in het boek van Cowee tot uiting in een beschrijving van de rol en de organisatie van veiligheidscommissies. Deze commissies moeten zonder aanwezigheid van een superieur bijeen kunnen komen en maandelijks een andere voorzitter aanstellen. De commissie rapporteert onveilige situaties in het bedrijf aan de veiligheidsdienst.

Over oorzaken van ongevallen is het boek vrij globaal en weinig gedetailleerd. Kennis over oorzaken van bedrijfs-

gevallen is in die periode nog rudimentair. De National Safety Council benadrukt het roekeloze gedrag van werknemers, die geleerd moeten worden om in een gemechaniseerde omgeving veilig te werken. Cowee benadrukt dat argument ook, door te stellen dat 30% van de ongevallen voorkomen kunnen worden door afscherming en 60% via opleiding. Het is niet duidelijk waar deze percentages op gebaseerd zijn. Ook andere publicaties uit die tijd verwijzen naar deze oorzaken. Veilig werken moet een gewoonte worden en dat lijkt sterk op de huidige slogan 'je werkt hier veilig of je werkt hier niet' (Anoniem, 1914b, Ashe, 1917; Schaack, 1917; Willems, 2004). Een enkele publicatie gaat nog een stap verder. Roekeloosheid zit in de mens zijn natuur. Om aan werknemers te melden dat ze voorzichtig moeten zijn, heeft nauwelijks zin en dat geldt eveneens voor te vaak herhaalde waarschuwingen. Ervaringen uit ongevallen moeten direct in 'lessons learned' worden omgezet, zodat de werknemer begrijpt dat hij de grootste verliezer is van ongevallen (Anoniem, 1913). Niet iedere publicatie in die tijd oormerkt het gedrag als belangrijkste oorzaak. In Duitse ongevalstatistieken worden fouten van slachtoffers, of van collega's veel minder belangrijk gevonden dan de inherente gevaren van machines en gereedschappen (Schwedtman en Emery, 1911; Blanchard, 1917). Deze argumenten liggen in dezelfde lijn als de conclusies van Crystal Eastman en benadrukken de gevaren en risico's van de mechanisatie.

US 1926: Industrial safety organization for executives and engineers

Het tweede handboek is van de Amerikaan Lewis DeBlois (1878-1967), getiteld 'Industrial safety organization for executives and engineers' (DeBlois, 1926). DeBlois is tussen 1907 – 1926 werkzaam bij DuPont de Nemours Co., onder andere als voorzitter van de veiligheidscommissie van de afdeling 'high explosives' en later als hoofd van de veiligheidsdienst van het bedrijf. In 1923 is hij verkozen tot de 9e President van de National Safety Council.

De titel van het boek suggereert een nadruk op veiligheidsmanagement en het boek maakt dat waar. Anders dan in voorgaande publicaties wordt de verantwoordelijkheid voor veiligheid bij de werkgever gelegd. Vaak wordt 75-90% van ongevallen geweten aan gedrag van slachtoffer. Dat mag zo zijn volgens DeBlois, maar wanneer dezelfde ongevallen keer op keer kunnen voorkomen in een bedrijf, dan heeft het management het onderwerp schijnbaar niet belangrijk genoeg gevonden en geen actie ondernomen. De werkgever moet de veiligheidsboodschap in houding en gedrag uitdragen en leider van veiligheid worden net zoals hij op andere onderwerpen de leider is. Hij moet persoonlijke betrokkenheid tonen en zijn veiligheidsboodschap regelmatig herhalen.

De term 'Safety First Movement' komt niet meer voor in het handboek. Als de term letterlijk wordt genomen, is het een uitnodiging voor het gedrag van een lafaard. Risico's en risico's nemen is een essentieel onderdeel van het leven en

van de opvoeding en stelt mensen in staat om te leren, is de gedachtegang. En daarmee verdwijnt de aanduiding 'first' uit de titel en wordt alleen nog maar gesproken over de 'safety movement'. Onder invloed van mechanisering en massaproductie is er, volgend DeBlois, nog steeds een schijnbare toename ongevallen. Het woord 'schijnbaar' valt op en een deel van het werk gaat uitgebreid in op methoden om veiligheid meetbaar te maken en zo zijn economische meerwaarde aan te tonen. Nationale ongevalcijfers en de cijfers per staat lijken te fluctueren met de stand van de economie. Economische voorspoed bepaalt de werkgelegenheid, die op zijn beurt de blootstelling aan gevaren bepaalt.

De ongevalcijfers per staat en de nationale cijfers zijn te onbetrouwbaar om het effect van een toegenomen aandacht voor veiligheid te kunnen aantonen. Ondanks de ontwikkelingen lijkt erop dat Amerika nauwelijks geïnteresseerd is in dode en gewonde werknemers. Als ongevallen al geregistreerd worden, dan worden indelingen en classificaties gebruikt die medisch zijn georiënteerd en slechts zeer beperkte informatie over oorzaken bevatten. Soms worden alleen algemene oorzaken aangegeven, bijvoorbeeld ongeluk door val, of wordt verwezen naar specifieke bedrijfstakken, ongeval in mijn, of wordt schade genoteerd, bijvoorbeeld de notatie 'breuk'. Bij individuele bedrijven of bedrijfstakken is de situatie anders en er zijn voorbeelden van bedrijven of bedrijfstakken die spectaculaire reducties laten zien in absolute getallen en in ongevallen per 1000 werknemers. Bedrijven in de ijzer en staalindustrie is daar een voorbeeld van. Helaas geldt dat niet voor alle bedrijfstakken. In de mijnbouw, de houtverwerkende en de textielindustrie zijn de ongevalcijfers onverminderd hoog en stabiel. DeBlois vond daar het volgende van: als het veiligheidsni-

STAIRWAY ACCIDENTS



CARELESS WAY



RESULT

Many Persons are Killed or Injured Every Year
by Falls Down Stairways

Keep
Your
Hand



CORRECT WAY

Model Safety Bulletin. (Actual size of this Page, 8 1/2" x 11")

On
The
Rail!

Figuur 2: het beïnvloeden van gedrag: handen aan de railing, een oud verhaal (Beyer, 1916).

veau van een bedrijf op een plateau blijft steken, dan is er iets mis met de manier hoe veiligheid wordt georganiseerd en uitgevoerd. Om dat te verbeteren moet veiligheid een tweede natuur worden van iedereen in het bedrijf (DeBlois, 1927).

Aannames over ongevalcausaliteit en algemene regels voor de preventie van ongevallen zijn belangrijke bijdragen van DeBlois. Ongevallen moeten begrepen worden als een gevolg van een keten van gebeurtenissen, welke ofwel direct, ofwel over een langere termijn van invloed zijn op het ontstaan van letsel. Het startpunt van een ongeval is het gevaar, dat equivalent wordt gesteld aan potentiële of kinetische energie, mechanisch, elektrisch of chemisch van aard. Deze keten deelt hij op in: het vrijkomen van het gevaar, in letseloorzaken, en de directe aanleiding voor de opgelopen schade. Besluiten van het management of van voormannen, die onvoldoende rekening houden met veiligheidsaspecten, zijn voorbeelden van ongevaloorzaken die een invloed op de langere termijn hebben. Verder introduceert DeBlois de begrippen waarschijnlijkheid en blootstelling.

Waarschijnlijkheid is niet anders dan een gezond verstand benadering gereduceerd tot een berekening, zonder verdere kennis van het achterliggende ongevalproces. Blootstelling is de blootstelling aan gevaar. De waarschijnlijkheid voor een bepaald ongeval kan heel laag zijn, als de blootstelling hoog is, neemt de kans op het ongeval toe. Met deze benadering zijn de regels voor preventie van ongevallen eenvoudig op te stellen. Preventie moet allereerst gezocht worden in een reductie van de gevaren, door snelheid, massa, druk, temperatuur te verminderen of te verlagen, door chemicaliën te vervangen, of door mogelijkheden om energie tot stilstand te brengen. Ook blootstellingreductie is een manier om ongevallen te voorkomen. Afscherming van draaiende delen van machines is daar een voorbeeld van. Preventie via maatregelen om letseloorzaken te beperken, met als voorbeeld de verschillende soorten persoonlijke beschermingsmiddelen, is doorgaans minder effectief dan de eerder genoemde maatregelen.

Als laatste maakt DeBlois opmerkingen over het nut van mentale en psychologische testen om werknemers te selecteren voor specifieke taken. Deze testen, die binnen het leger worden toegepast, kunnen ook gebruikt worden om zogenaamde ongevalgevoelige werknemers vooraf te herkennen. Zonder overigens te refereren aan de resultaten van onderzoek van de Britse Industrial Fatigue Board (zie eerste deel van de serie), wordt gemeld dat het onderzoek nog in een experimenteel stadium is om direct toepasbaar te zijn binnen de industrie.

US 1931: Industrial accident prevention

Het derde handboek dat we hier behandelen is van de Amerikaan Herbert William Heinrich (1886-1962) en heeft als titel 'industrial accident prevention', met 'a scientific approach' als ondertitel (Heinrich, 1931). Verderop in dit artikel gaan we dieper in op Heinrich en zijn werk. Hier wordt zijn bijdrage uit 1931 in context geplaatst tussen

andere auteurs. Heinrich is afkomstig uit de verzekeringswereld en werkzaam als Assistant Superintendent bij de Engineering and Inspection Division van de Travelers Insurance Company. De ondertitel, verwijzend naar een wetenschappelijke benadering moet niet al te letterlijk worden opgevat. Vergelijkbaar met Taylor, die eveneens de term wetenschappelijk gebruikt, wordt hier slechts verwezen naar een benadering die gebaseerd is op feiten en minder op geloof.

Inhoudelijk is Heinrich's handboek een samenvatting van eerdere gepubliceerde handboeken en publicaties. De stand van de veiligheidstechniek komt uitgebreid aan de orde en net als LeBlais ondersteunt hij een managementbenadering van veiligheid in bedrijven en maakt hij een onderscheid tussen oorzaken en gevolgen van ongevallen. De bijdrage van Heinrich ligt in numerieke onderbouwing van drie veiligheidsconcepten: de indirecte kosten van ongevallen (de 1 op 4 verhouding); de ongevaloorzaken (de 88:10:2 verhouding); en consequenties van ongevallen (1:29:300 verhouding).

Net als LeBlais besteedt ook Heinrich aandacht aan de psychologische kanten van veiligheid maar besteedt slechts 13 pagina's aan het onderwerp.

UK 1936: Accidents and their prevention

Het handboek van de Engelsman Horace Middleton Vernon (1870-1951) 'Accidents and their prevention' uit 1936 is de laatste belangrijke bijdrage uit het interbellum. Vernon is een onderzoeker en heeft academische kwalificaties in chemie, fysiologie, biologie en medicijnen. In 1915 heeft hij in Birmingham in een munitiefabriek gewerkt en dat heeft zijn interesse in arbeidsveiligheid gewekt en hij is toegetreden tot de Health of Munition Workers Committee en de daarop volgende Boards. Hij heeft veel gepubliceerd op het gebied van arbeid en gezondheid en vooral op de invloed van de lange werktijden, en de effecten van temperatuur, ventilatie en alcoholconsumptie (Bedford, 1951; Smith, 1951).

Zijn handboek doet uitgebreid verslag van onderzoeken die door de Committee en de Industrial Fatigue en Health Board zijn geïnitieerd, evenals het onderzoek van Marbe en publicaties van Heinrich naar de kosten van ongevallen. Het onderzoek behandelt de externe en individuele oorzaken van ongevallen. Maar het opvallende is, dat zijn handboek niet beperkt blijft tot industriële ongevallen, maar ook ongevallen uit de verschillende transportsectoren en uit de huiselijke omgeving uitgebreid beschrijft. In het handboek wordt logischerwijs ook de accident proneness theorie behandeld. Over de consequenties van deze theorie, de psychologische testen om werknemers te selecteren, is Vernon vrij kritisch. De testen onder werknemers zijn nog erg onbetrouwbaar. Voor het verkeer en voor spoorwegen zijn de testresultaten aanzienlijk positiever. Veron heeft een duidelijke eindconclusie in zijn boek: de preventie van ongevallen is een samenspel van wettelijke maatregelen,

technische maatregelen en de juiste psychologie (en conditie) van de mens. Elk deel van die conclusie is met wetenschappelijke data en theorieën onderbouwd. Hij gebruikt voornamelijk data van de Britse overheid maar ook zijn eigen data komen aan bod. Alleen anders dan in de Amerikaanse ingenieurshandboeken worden dit keer geen ontwerptekeningen of foto's van de maatregelen getoond.

De bijdrage van Heinrich

In het voorgaande deel lijkt Heinrich geen bijzondere bijdrage te hebben geleverd ten opzichte van zijn tijdgenoten. Heinrich is echter bijzonder om een aantal redenen. Ten eerste blijft hij na de tweede wereldoorlog actief in het veiligheidsgebied, hij heeft het veiligheidsdenken uit het interbellum daarmee ontwikkeld naar een volwassen concept dat pas in de jaren vijftig gerijpt is. Andere auteurs uit het interbellum publiceren niet meer tijdens of na de oorlog en hun inzichten worden niet doorontwikkeld. Deze auteurs hebben eenmaal hun ideeën geponeerd maar hebben die niet aangepast na commentaren van collega vaklieden. Doordat Heinrich ook na de oorlog publiceert is het voor hem mogelijk om zijn ideeën over te dragen aan een nieuwe generatie.

Ten tweede was Heinrich buitengewoon productief, hij heeft zijn werk in talloze publicaties en vijf boeken verder toegelicht. Ten derde heeft Heinrich een aantal modellen geponeerd die buitengewoon populair waren en tot op de dag van vandaag herkend worden. Samenvattend is Heinrich de sterkste drager van het veiligheidsdenken in het interbellum en heeft zich na de oorlog verder verdiept in de volledige uitwerking van het veiligheidsdenken uit het interbellum. Hier volgt een verdieping in het werk van Heinrich. Dat geeft inzicht in wat deze interbellum-veiligheidsdenker bezig hield en wat hij belangrijk vond.

Verborgen kosten van ongevallen, de 4:1 verhouding

De 4:1 regel welke Heinrich voor het eerst in 1927 poneert wordt in discussies vandaag de dag nog gebruikt als vuistregel. Naast het originele document in 1927 (Heinrich, 1927) en de publicatie in zijn boeken heeft hij dit concept ook meermaals toegelicht bij verschillende Amerikaanse 'National Safety Congresses' een jaarlijks wederkerend congres dat georganiseerd is door de National Safety Council. Deze organisatie en congressen bestaan tot op heden. In zijn boeken (Heinrich 1931, 1941, 1950a, 1959, 1980) geeft Heinrich aan dat de 4:1 regel algemeen geldt maar hij geeft ook voorbeelden waar de verhouding tussen indirecte kosten, welke niet door de verzekering gedekt worden en de directe kosten ook veel hoger kunnen zijn. In zijn bijdrage van 1938 bij de 'National Safety Congress' geeft hij een casus uit de bouw waar de verhouding maar liefst 4,400 tegen 1 is (Heinrich, 1938a). Hij merkt op dat de 4:1 verhouding waarschijnlijk een conservatieve schatting is en citeert een onderzoek uit de bouwwereld van de 'Associated general contractors of America' waar een verhouding van 6:1 wordt gevonden. In een van zijn artikelen welke hij in

de tweede wereldoorlog publiceert (Heinrich, 1942a) geeft hij ook voorbeelden waar incidenten leiden tot het vertragen van werkzaamheden. Hier is geen sprake meer van een 4:1 kostenplaatje maar wordt de Amerikaan in het hart getroffen: ongelukken vertragen de oorlogsmachine en dat is onacceptabel. Hij eindigt de argumentatie met sterke bewoording:

'Stop this senseless slaughter and maiming of workmen, stop this unintentionally sabotaged of your production effort, an thus help in a smashing big way to WIN THE WAR'

Overigens wordt het appel gericht aan voormannen, welke hij ziet als de centrale werkers voor veiligheid en goede productie. Hierover later meer.

Oorzaken van ongelukken

Een tweede belangrijke bijdrage van Heinrich is zijn onderzoek naar de oorzaken van industriële ongelukken. Hij publiceert dat voor het eerst in 1928 in een artikel getiteld "The origin of accidents". Op basis van 12,000 random geselecteerde verzekeringsuitkeringen van zijn eigen Travel Insurance Company en 63,000 rapporten van fabriekseigenaren vond hij dat de meeste ongelukken konden worden voorkomen: 98%! 88% van de oorzaken bestempelde hij als 'supervisory'; 10% als 'machine'. Slechts 2% van de ongelukken was niet te voorkomen (Heinrich, 1928).

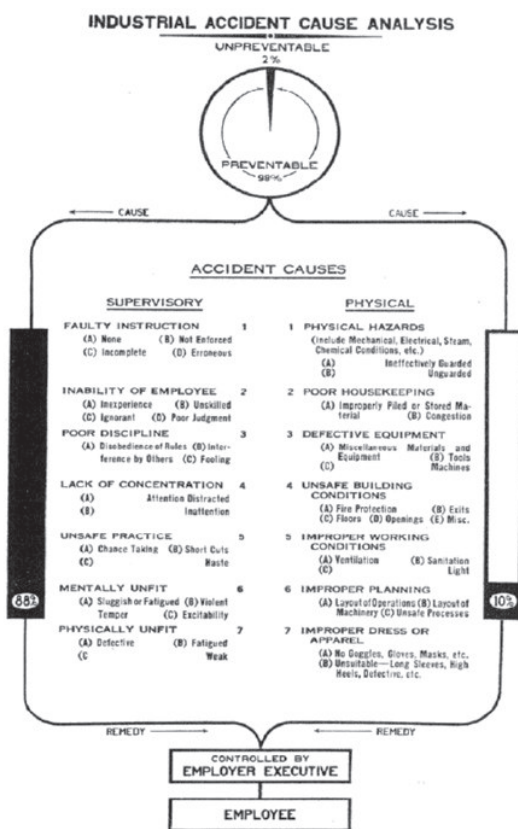


FIG. 1.—Chart of accident causes. See explanatory notes, p. 47.

Figuur 3: Oorzaken van ongevallen. Uit Heinrich 1931.

In zijn boek van 1931 neemt hij wat meer ruimte om uit te leggen hoe dat probleem in elkaar zit: ongelukken in de categorie supervisory, of toezichthoudend, betekent dat een mens het ongeluk had kunnen voorkomen. De fouten liggen in: slecht toezicht, onvermogen van de werknemer, slechte discipline, onvoldoende concentratie, onveilige gebruiken, mentale ongeschikt, en fysiek ongeschikt. Merk op dat hier niet alléén wordt gewezen naar menselijk falen ook wordt geappelleerd naar het toezicht op deze tekortkomingen. De termen 'unsafe acts of person' en 'man failure' oftewel onveilig handelen door de persoon en menselijk falen krijgen pas in Heinrich's boek in 1941 een plaats in de grafische representatie van de data. Over de machinale oorzaken zegt hij dat het aandeel klein is omdat er in die periode veel mechanische delen worden afgeschermd.

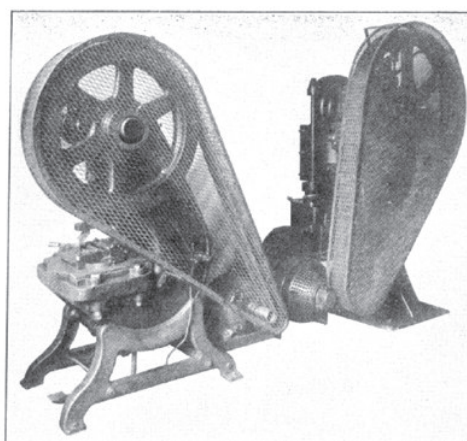


FIG. 101.—Punch presses with individual motor drive and belt enclosure. Special base plates for the motors form an integral part of the machines. The belts and pulleys have been suitably enclosed by guards of expanded metal and angle iron.

Figuur 4: afscherming van draaiende delen (Heinrich, 1931)

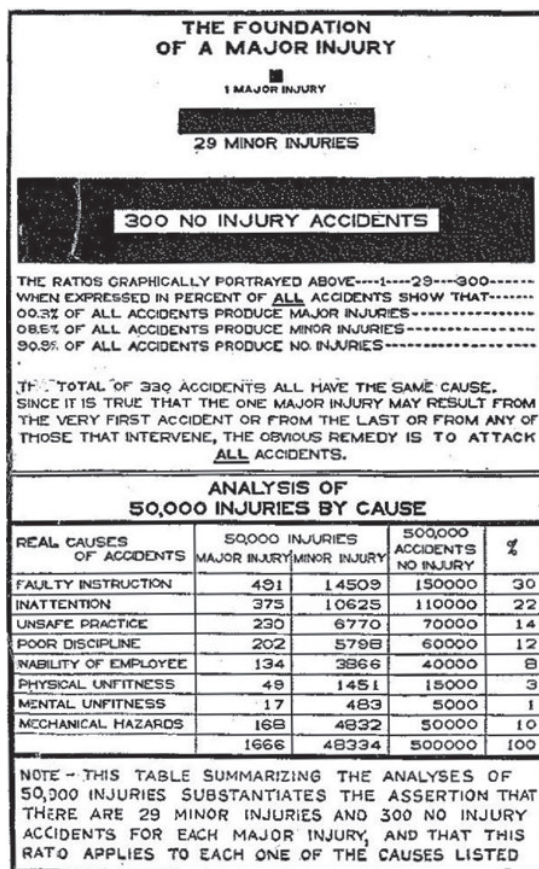
In de data zijn 25% van de ongelukken gerelateerd aan machines maar omdat 60% van die gevallen ook een toezicht fout hadden heeft hij ze in de categorie toezicht geplaatst en bleef er in totaal 10% machinale oorzaken over. De resterende 2% is gerapporteerd als niet te voorkomen maar hier wordt als kanttekening geplaatst dat deze ongevallen wellicht ook in een voorkombare categorie horen maar er onvoldoende informatie is in ongeval documenten om dit aan te nemen. De term 'Act of God' komt niet voor in de discussie: Heinrich zinspeelt daar op de gedachte dat alle ongelukken te voorkomen zijn.

In zijn latere publicatie in de NSC Transactions in 1950 verwijst Heinrich opnieuw naar de verhouding 88:10:2 (Heinrich, 1950b). In dit artikel herinnert hij de lezer eraan dat het grootste gedeelte van de ongevallen veroorzaakt wordt door mensen, hetzij door falend toezicht, hetzij door foutief handelen van mensen. Daarom redeneert hij dat psychologie een noodzakelijk onderdeel moet worden van de veiligheid als werkgebied en dat veiligheidsingenieurs daarin training moeten krijgen. Hij geeft aan dat een veiligheidsingenieur vier correctieve maatregelen kan nemen: (1) technische oplossingen; (2) overtuigingskracht en instructie;

(3) personele selectie en ergonomie; (4) en disciplineren. Bij de laatste drie is psychologie, op zijn minst gedeeltelijk, belangrijk voor de veiligheidsingenieur. Opvallend is dat hij de getallen 88:10:2 niet in dat artikel opschrijft; hij gaat er van uit dat zijn publiek op de hoogte is van dit soort elementaire grondbeginselen.

Ongevalmechanisme

Het ongevalmechanisme is het fundament van een verwonding. Op basis van 50.000 ongevalrapporten wordt bepaald dat van de 330 ongevallen 1 leidt tot een ernstige verwonding, 29 tot een lichte verwonding en 300 hebben géén verwonding tot gevolg.



Figuur 5: de fundering van incidenten: hier nog niet weergegeven als een ijsberg (Heinrich, 1931).

Een interessant detail is dat Heinrich het woord dood niet gebruikt, dat is een verbastering door latere gebruikers. In de volksmond wordt wel naar dit model gerefereerd als de piramide maar in 1931 is die niet als piramide weergegeven. Het woord piramide wordt in 1958 door Lateiner geïntroduceerd en ook anders gebruikt dan in deze figuur wordt aangeduid, zie verderop in de tekst. Belangrijk gegeven is dat het optreden van een verwonding een gevolg is van een ongeval. Als eenmaal een willekeurig ongeval is opgetreden is de verwonding à priori onvoorspelbaar: die kan ernstig zijn, minder ernstig, of zelfs afwezig. Hiermee brengt hij

een splitsing aan tussen ongeval en verwonding. Dat is de eerste notie die Heinrich gebruikt om een sequentie van elementen in ongevallen aan te brengen. Dit concept gebruikt hij om duidelijk te maken dat veiligheidsinstrumenten zich op ongevallen dienen te richten en niet op verwondingen.

In artikelen gaat Heinrich niet meer in op dit onderzoek naar de oorzaken van ongelukken. In zijn artikel van 1942 (Heinrich, 1942b) in de NSC Transactions neemt hij het wel als gegeven aan. Het artikel gaat over de plaats van de voorman in het veiligheidsprogramma. Hij geeft handreikingen aan managers die voormannen begeleiden en trainen in veiligheidswerk. In het onderdeel 'redenen die voormannen geven voor onvoldoend resultaat in veiligheidsprogramma's' haalt hij de volgende discussie aan:

Workman: Can't stand over each individual workman continuously.

Safety engineer: Don't need to. Workmen violate the same safe-practice rule on the average of 300 times before they are hurt. You should be able to see at least a few of these violations and take executive remedial measures at that time.

Hier gebruikt Heinrich de 300:29:1 verhouding impliciet en zonder er naar te verwijzen. Heinrich hoeft zijn lezerspubliek niet nader voor te lichten over wat de getallen betekenen; hij veronderstelt die als algemeen bekend.

In 1958, een hele tijd na de tweede wereldoorlog publiceert een voor Nederland belangrijke persoon over de 300:29:1 verhouding. Zijn naam: Alfred Lateiner, hij brengt het gedachtegoed van Heinrich naar Nederland met een cursus van het veiligheidsmuseum dat bekend stond als 'de methode Lateiner'. In dit artikel (Lateiner 1958) geeft hij een vurig pleidooi voor het juiste gebruik van de 300:29:1 verhouding. Hij geeft aan dat het registreren van ongevallen alleen onvoldoende is. Ook ongevallen waarbij geen slachtoffers vallen dienen te worden geregistreerd zodat kan worden gecontroleerd of veiligheidsmaatregelen strenger moeten worden gemaakt. Hiermee pleit Lateiner voor wat in onze moderne tijd 'incidentregistratie' wordt genoemd. Overigens is het in dit artikel waar Lateiner de vergelijking met een ijsberg maakt:

The accident problem is like an iceberg with only one-eleventh of its mass visible. The invisible base - made up of no-injury accidents - is ten times greater. We ordinarily look at an accident critically only when it produces an injury.

Een interessant detail is te vinden aan het eind van dit artikel. Hier refereert hij naar de 4:1 ratio voor de kosten van ongevallen. In de voetnoot is te lezen dat hij de volgende maand deze 4:1 ratio zal toelichten. Dat maakt duidelijk dat hij een goede volgeling was van de ideeën die Heinrich 30 jaar eerder ontwikkelde.

Ongevalproces in domino's

Welk beroemd element ontbreekt in de editie van 1931? De domino's. In Heinrich's boek van 1931 is het domino model niet vermeld. Dat model wordt pas in 1941 vermeld in de tweede editie. In 1931 volstaat hij met één regel. Vrij vertaald zegt hij op pagina 39: wanneer iemand gewond raakt volgen de gebeurtenissen elkaar als volgt op: ten eerste de oorzaak van het ongeluk; ten tweede, het ongeluk en ten derde de verwonding. Klaarblijkelijk heeft Heinrich na publicatie van de eerste editie zich verder verdiept in de systematisering van ongevallen en de preventie daarvan. Deze voortschrijdende systematisering heeft geleid tot het domino model. Hij vermeldt overigens in de tweede editie dat het model eerder gepresenteerd is: bij een presentatie voor de directie van veiligheidssectie van Detroit in 1934 wat suggereert dat de systematisering al snel na het publiceren van het boek in 1931 plaats vond. Er is echter geen vroegere publicatie gevonden.

De domino's zijn meer dan een visualisering van een ongeval sequentie of een referentie naar menselijke fouten. Het ontwerp van de domino's (en veel andere delen van het boek) is gebaseerd op het formuleren van 10 axiomen van industriële veiligheid, welke ook voor het eerst in 1941 worden gepresenteerd. Hoe hij precies van deze axiomen komt tot de domino's is niet nader vermeld maar het is duidelijk dat meer dan de helft van die axiomen een relatie tot de domino's hebben.

1. *The occurrence of an injury invariably results from a completed sequence of factors – one being the accident itself.*
2. *An accident can occur only when preceded by or accompanied and directly caused by on or both of two circumstances – the unsafe act of a person and the existence of a mechanical or physical hazard.*
3. *The unsafe acts of persons are responsible for the majority of accidents.*
4. *The unsafe acts of a person does not invariably result immediately in an accident and an injury, nor does the single exposure of a person to a mechanical or physical hazard always result in accident and injury.*
5. *The motives or reasons that permit the occurrence of unsafe acts of persons provide a guide to the selection of appropriate corrective measures.*
6. *The severity of an injury is largely fortuitous – the occurrence of the accident that results in the injury is largely preventable.*
7. *The methods of most value in accident prevention are analogous with the methods required for the control of the quality, cost, and quantity of production.*
8. *Management has the best opportunity and ability to prevent accident occurrence, and therefore should assume the responsibility.*
9. *The foreman is the key man in industrial accident prevention.*
10. *The direct costs of injury, as commonly measured by compensation and liability claims and by medical and hospital expense, are accompanied by incidental or indirect costs, which the employer must pay. (Citaat: Heinrich 1941)*

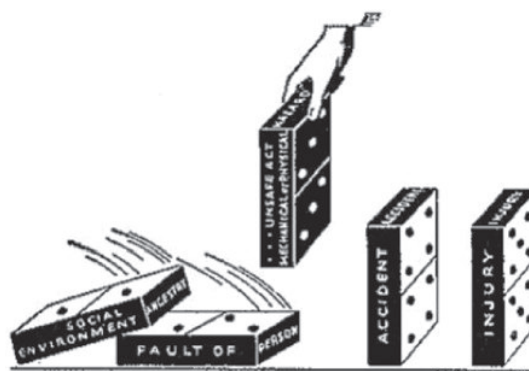


FIG. 4.—The removal of the central factor makes the action of preceding factors ineffective.

Figuur 6: Ongevallen voorkomen is dominostenen uit de reeks halen (Heinrich, 1941)

De eerste stap in een ongevalproces is de sociale omgeving en de stamboom van personen. Heinrich vond kennelijk dat ongevallen het meeste voorkomen bij mensen met een dubieuze sociale achtergrond.

De tweede stap zijn persoonlijke gedragsfouten. Hiermee wordt niet het maken van een individuele fout bedoeld maar het optreden van karakterfouten of persoonlijke gedragsfouten: roekeloos, onrustig, of minachting voor veiligheidsregels.

De derde stap is gerelateerd aan het incident, een menselijke fout op dat moment of en/of het optreden van een mechanisch of fysisch gevaar.

De vierde is het ongeval.

De vijfde stap is verwonding. Het is volgens Heinrich niet te voorspellen hoe ernstig de verwonding is. In praktijk kan elk ongeval leiden tot elke gradatie van ernst van de verwonding.

Belangrijk is dat verwonding gescheiden is van het ongeval. Een concept waar Lateiner in zijn artikel van 1958 nog eens extra aandacht besteedt. Preventie moet zich richten op voorkoming van het ongeval, het aantal verwonding daalt dan vanzelf.

In de figuren van hoofdstuk II in de editie van 1941 wordt buitengewoon plastisch aangeduid hoe ongevallen te voorkomen: één van de dominostenen dient te worden verwijderd. In deze figuren wordt de derde stap verwijderd: het optreden van de precondities voor een ongeval. Dit is waar de veiligheidsingenieur de beste mogelijkheden heeft om in te grijpen. Niét het verwijderen van personen met dubieuze sociale achtergrond en niét het verwijderen van mensen met karakterfouten. Heinrich gebruikt het procesmodel van ongevallen om inzicht te krijgen in preventie van ongevallen. Kennis nemen van de domino's ontslaat de veiligheids-

ingenieur er niet van om uit te zoeken hoe ongevallen plaats vinden.

Over die domino's publiceert Heinrich, buiten zijn boeken, zelf niet. Wel wordt er een interessante link gelegd tussen de domino's en ongevalonderzoek, door Stockdale in 1957. Hij geeft aan dat ongevalonderzoekers dienen te zoeken naar de 'chain of events' zoals door Heinrich eerder gemeld als hij zijn domino's presenteert. Het woord domino's valt overigens niet in dat artikel. De verwijzing is als volgt:

One of the Fundamentals of successful accident investigation is a knowledge of the chain of events which produce all accidents. Undoubtedly, we are all familiar with Mr. Heinrich's accident sequence. Briefly stated it is this: "In every accidental occurrence, there is always a chain of events which occurs in a logical and fixed order. Each link in the chain is dependent upon the preceding link."

Hier wordt aangegeven dat de domino's geen rotsvast concept zijn. Er moet lering worden getrokken uit het feit dat het een algemeen geldend procesmodel is wat aangeeft dat een ongeval een opeenvolging van gebeurtenissen is.

Het is belangrijk om in het oog te houden dat het domino model in de jaren dertig, veertig en met uitloop tot de jaren 50 van de vorige eeuw een bijzonder populaire metafoor was in de Amerikaanse politiek (Ninkovich 1994). Het concept werd gebruikt om de ondergang van het Amerikaanse bankstelsel te omschrijven in 1932-1933: banken vielen om als domino's. Maar vooral is het concept gebruikt in de arena van de internationale politiek om het concept van 'acute-strategic interdependencies' tussen bondgenoten vorm te geven. Het idee is dat als belangrijke strategische partners vallen, de rest van de coalitie ook kan vallen. Herkent u de overeenkomst met Heinrich? Helaas blijft het bij die overeenkomst, Heinrich heeft de oorsprong van de domino's bij zijn axioma's gelegd zonder te refereren aan een mogelijke bron.

Relatie tussen ongevalonderzoek en kans x effect

De woorden risico en kans werden door veiligheidsdenkers in het interbellum niet gebruikt. Risico en kans zijn eigenschappen van een systeem met een voorspellende waarde terwijl de auteurs in het interbellum veel meer keken naar historische data en die vergeleken met data na een interventie. Toch zijn er in die tijd al aanwijzingen dat kansberekening een rol zou kunnen spelen in ongevalpreventie. DeBlois (1926) is de eerste die het in zijn werk schrijft over waarschijnlijkheid van ongevallen en blootstelling. Ook Heinrich denkt hier over na. In zijn artikel van 1932 'The safety engineer aids the life underwriter' geeft hij zijn visie. Vrij vertaald is de titel van dat artikel: veiligheidsingenieur helpt de levensverzekeraar (Heinrich, 1932).

Het artikel is afwijkend omdat dit het enige artikel is dat gaat over zijn eigenlijke werkgebied: verzekeringen. Ook is het afwijkend omdat hij een vergelijking trekt tussen een

'causality engineer' en een 'safety engineer.' Een 'causality engineer' is wat we in Nederland en actuaris zouden noemen: een wiskundige die de rekenmodellen van verzekeraars opstelt. Een safety engineer is wat we in Nederland herkennen in de verouderde naamgeving van een veiligheidskundige: veiligheidsingenieur. De meerwaarde in samenwerking zit hem daar in dat de verzekeraar veel kennis heeft van 'gevaarlijke beroepen' of beroepen waar veel ongevallen zijn. In het artikel wordt een voorbeeld gegeven van een stomerij waar buitengewoon veel ongevallen plaats vonden. Nadat dit werd opgemerkt gingen technici op zoek naar een oplossing die veiliger was dan het bestaande proces. Als gevolg van het onderzoek werden benzine-achtige stoffen (met een laag kookpunt) vervangen door kerosine (met een hoog kookpunt: minder kans op explosie en verbranding) en het aantal ongevallen verminderde. De rol van de actuaris was om vroegtijdig problemen te identificeren (op basis van kansberekening) en de rol van de veiligheidsingenieur was om het probleem op te lossen. De vinding is dat schade afneemt als de frequentie van ongevallen wordt teruggebracht. Intuïtief wordt hier gespeeld met een bekende wetmatigheid van risico-analyse: risico = kans x effect. Ook in het artikel waar de oorzaak van ongevallen aan het licht wordt gebracht (Heinrich, 1928) wordt met deze gedachte gespeeld: de beste manier om (grote) ongevallen te voorkomen is om de frequentie van (kleine) ongevallen en bijna-ongevallen te verminderen. Het zal nog jaren duren voordat de wetmatigheid voor risico = kans x effect een uitgesproken vorm krijgt maar het is duidelijk dat Heinrich hier oog voor had en begreep dat de instrumenten die een actuaris in de jaren dertig gebruikte zinvolle bijdragen konden leveren voor de veiligheid. Afwijkend met de moderne standpunten dacht hij dat het effect niet kon worden beïnvloed. Hij noemt dat ook specifiek in axioma 6. Dat betekent dat Heinrich's wereldbeeld zou kunnen worden geschetst als risico = kans.

Zijspoor van Heinrich: de voorman

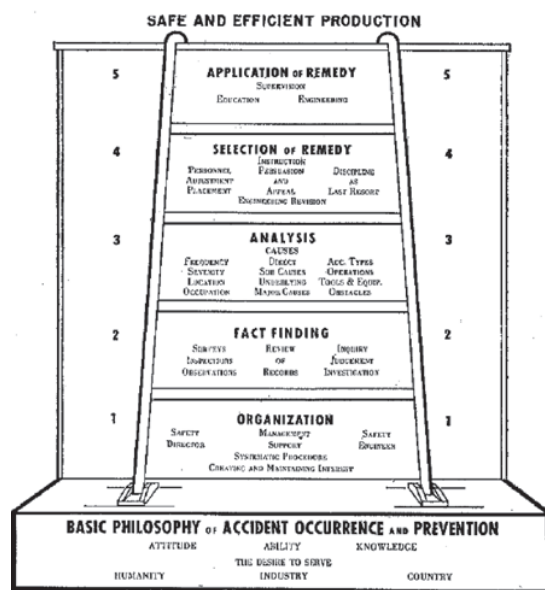
Een minder bekende bijdrage van Heinrich is zijn werk voor de ontwikkeling van de kennis en kunde van de voorman. In zijn boek van 1931 hint hij dat de voorman, de direct leidinggevende van de werkmannen, een belangrijke rol speelt in het tot stand komen van veilig werken. Al eerder publiceert hij dat concept (Heinrich, 1929). In latere edities van het boek wijdt hij verder uit over de rol van de voorman maar zijn belangrijkste bijdrage is buiten de reeks boeken te vinden. In zijn publicatie uit 1938 getiteld 'It's up to the foreman' geeft hij aan hoe de voorman die rol moet invullen: hij kan individuen enthousiasmeren, heeft een organiserende rol voor veiligheids cursussen, informatie verzamelen van zijn personeel, en veiligheidsbewustzijn creëren (Heinrich, 1938b).

In 1942 wordt Heinrich voorzitter van de veiligheidsdivisie van de 'War Advisory Board' (SHHFI, 2008) en krijgt de voorman een extra zetje. Uit zijn artikelen blijkt dat hij ervan uitgaat dat goede voormannen de productie veiliger maken en daarmee een grotere productie mogelijk maken zodat de oorlog kan worden gewonnen. Zijn vurig pleidooi is eerder

in dit artikel geciteerd (Heinrich, 1942a). Hij publiceert in datzelfde jaar nog een artikel wat de voorman aanspreekt (Heinrich, 1942b). In dit artikel wordt duidelijk gemaakt dat de voorman een positie heeft die onder druk staat. Er wordt veel van hem verwacht en dan moet alles óók nog eens veilig. Heinrich geeft aanwijzingen hoe de voormannen zich kunnen verbeteren en hoe spelende problemen op te lossen. Ook suggereert hij dat voormannen zich moeten organiseren in discussieplatformen die uitsluitend bezocht worden door voormannen zodat zij vrijelijk onderling kunnen praten zonder dat het management direct ingrijpt in de discussie. Die discussie moet dan overigens wel over veiligheid gaan. Later in de oorlog geeft Heinrich een drieliuk uit over het werk van de voorman. Het drieliuk heet 'Key men in industry' (Heinrich, 1945a-c). Hierin creëert hij een raamwerk over het functioneren en de taken van de voorman welke hij in deel 2 omschrijft als 'supervisory industrial work' oftewel, toezichhouder op industrieel werk. Heinrich beschrijft een raamwerk van vier hoofdtaken van supervisie en die zijn weer onderverdeeld in vier deeltaken. Het raamwerk is qua complexiteit net zo ambitieus als het raamwerk in zijn veiligheidsboeken. In de artikelen heeft hij echter onvoldoende ruimte om echte diepgang te krijgen. Hij refereert naar een uit te komen boek op dit onderwerp: Basics of Supervision. Merk op dat de nadruk op veiligheid volledig is verdwenen. Hiermee slaat hij een nieuwe weg in. Op zichzelf een interessante weg maar een die weinig met veiligheid te maken heeft. In het kader van dit artikel is dat een zijspoor.

De kroon op het werk van Heinrich: een raamwerk voor veilig werken

Het duurt tot 1950 voordat de systematiek van Heinrich was uitgekristalliseerd tot een geïntegreerd raamwerk. Dat raamwerk vangt hij in een grafische weergave die een even sterke inbeeldingskracht heeft als die van de 4:1 verhouding hebben of de 88:20:2 verhouding.



Figuur 7: Verassend modern: basisfilosofie voor veiligheidsmanagement (Heinrich 1950)

Het raamwerk geeft een basisfilosofie van ongevallen en ongevalpreventie in vijf stappen: organisatie; onderzoek; analyse; selectie van de remedie; en toepassing van de remedie. Het raamwerk is verassend modern. In dit raamwerk zijn alle veiligheidsonderwerpen uit het interbellum op een logische manier met elkaar in verband gebracht. Hiermee is het boek een bijna compleet handboek geworden om een veiligheidsmanagement systeem te ontwikkelen. Het maakt het veiligheidsdenken uit het interbellum tot een compleet en bruikbaar systeem.

Dit raamwerk is de belangrijkste bijdrage van Heinrich aan de veiligheid en de belangrijkste boodschap van veiligheidsdenken in het interbellum: veiligheid kan worden georganiseerd als onderdeel van normale productie en management activiteiten. Het raamwerk zou in een modern bedrijf in 2009, bijna 60 jaar na de publicatie, niet misstaan.

Heinrich en de NSC

Gedurende de tweede wereldoorlog verandert de wereld en veranderen veiligheids organisaties. De National Safety Council, NSC, heeft in zijn beginjaren slechts de functie om de National Safety Congress te organiseren. Deze congressen worden navenant populairder en de organisatie groeit in de jaren dertig uit tot een toonaangevend instituut. In die jaren dertig is het instituut verantwoordelijk voor het opstellen van nationaal geldende veiligheidsregels voor wegtransport (NSC, 2008). Die leidende rol wordt door de regering herkend en in 1941 (NSC, 2008) krijgt de NSC een leidende rol om de veiligheid te borgen voor de oorlogsindustrie in de VS. Franklin D. Roosevelt droeg de NSC op:

"mobilize its nationwide resources in leading a concerted and intensified campaign against accidents, and to call upon every citizen, in public or private capacity, to enlist in this campaign and do his part in preventing wastage of human and material resources of the nation through accidents."

Heinrich was op dat moment al een graag geziene gast op de National Safety Congresses, wat door de NSC wordt georganiseerd. In 1942 wordt hij benoemd tot voorzitter van de veiligheidsdivisie van de 'War Advisory Board' (SHHFI, 2008). Deze aanstelling volgt een jaar na de publicatie van de tweede editie van zijn boek. Het is een prikkelende speculatie dat hij de domino's in dat boek wellicht geformuleerd had om deze positie te bereiken. President Franklin D. Roosevelt was namelijk volging van het dominomodel in de internationale politiek (Ninkovich 1994). Het idee dat datzelfde model ook voor de veiligheid bruikbaar was wellicht koren op de molen van de President. Of dat werkelijk de gang van zaken was is niet duidelijk. In de artikelen van die tijd appelleert Heinrich ook het sterkst naar het goed laten verlopen van de oorlogsproductie (zie eerder in dit artikel: Heinrich, 1942a).

Post-Heinrich tijdperk

Na 1950 publiceert Heinrich niet veel meer. Het onderwerp van zijn artikel uit 1951 (Heinrich 1951) leent zich niet om zijn theorieën kracht bij te zetten. In 1956 laat hij zich nog een keer strikken om een pro-contra discussie aan te gaan met

Roland Blake over de 88:10:2 verhouding. Het is een interessante discussie waar een nieuwe generatie veiligheidsdenkers zich probeert af te zetten tegen de oude garde. Blake vindt dat de gefixeerde verhouding ervoor zorgt dat veiligheidsmedewerkers op het verkeerde been worden gezet. Heinrich geeft aan dat zolang niemand zijn vroegere onderzoeken herhaalt en/of verbetert, er geen goede reden is om ze te verwerpen (Heinrich en Blake, 1956).

In 1956 schrijft hij zijn laatste artikel waarin hij propageert dat scholen en universiteiten leertrajecten moeten gaan aanbieden om de veiligheidsspecialist een volwaardige beroepsbeoefenaar te maken (Heinrich, 1956). Dit ligt volledig in de lijn van zijn bijdrage: veiligheid is een relevant kennisgebied dat volwaardige educatieve leerinstrumenten moet krijgen. In datzelfde jaar gaat Heinrich met pensioen, hij is dan 74 jaar (SHHF, 2008).

Het boek dat in 1959 uitkomt, de vierde editie, is in grote lijnen een herdruk van de editie van 1950 en het feit dat er op de voorpagina staat dat Heinrich geassisteerd is door E.R. Grannis doet vermoeden dat hij het werk voor een groot gedeelte uitbesteed heeft. De vijfde editie van 1980 is een totaal vernieuwd boek waar de basisideeën van Heinrich nog wel vermeld zijn maar een volledige herziening is gedaan van alle modellen. Deze laatste editie heeft dan als subtitel 'A safety management approach' ofwel, een veiligheidsmanagement benadering. De eerder edities hadden als subtitel 'a scientific approach' ofwel, een wetenschappelijke benadering. Heinrichs gedachtengoed is als het ware vertaald naar de moderne tijd. De bijdrage van Heinrich zelf kan niet groot zijn geweest. Hij is dan al 18 jaar dood.

Een werk uit 1957 refereert naar de rol van de domino's in incident onderzoek als onderdeel van zo'n raamwerk (Ruddick, 1957). Ruddick formuleert ook mooi hoe er na de oorlog over Heinrich werd gedacht:

One safety leader assembled the combined thinking of those daring souls, with a considerable amount of his own individual and original thought. H.W. Heinrich of the Travelers Insurance Company will be remembered for his book entitled, Industrial Accident Prevention.

Wetenschappelijke verantwoording: Theorie en Data

De belangrijkste vondsten van Heinrich zijn gebaseerd op ongevalrapporten uit de verzekeringsdocumenten en bedrijfsdocumenten waar Heinrich toegang toe had. Het staat buiten kijf dat hij grote hoeveelheden van die rapporten bestudeerd heeft. Voor het uitwerken van de 'oorzaken van ongelukken' gebruikt hij een dataset van maar liefst 75,000 rapporten. Ook het 'fundament van ernstige verwonding is gebaseerd op een indrukwekkende 50,000 rapporten. Er wordt niet nader gespecificeerd hoe groot de dataset was om de 4:1 verhouding te vinden maar in de eerste editie worden meer dan tien voorbeelden gebruikt om het concept aan te tonen. Heinrich had dus een goede toegang tot data. De data die Heinrich gebruikt

voor zijn conclusies heeft hij niet nader vermeld in de boeken. Uit appendix 6 van de eerste editie blijkt dat hij wel degelijk op de hoogte is van hoe wetenschappelijk onderzoek gedaan moet worden maar helaas vermeldt hij zijn eigen methode niet. Er kan een goede reden zijn voor die obscuriteit: verzekeringsgegevens zijn vertrouwelijk en ongevalrapporten van bedrijven zijn dat meestal ook. Het was niet moeilijk geweest om de selectieprocedure dat bij het onderzoek gebruikt was af te drukken en toe te lichten maar dat heeft hij niet gedaan. Wat de reden ook is, het maakt de wetenschappelijke basis zwak.

Op basis van deze gegevens kan worden geconcludeerd dat de 4:1 verhouding een vondst is die gebaseerd is op wetenschappelijk werk. Hij heeft kennelijk een prepositie geponeerd, namelijk dat er veel verborgen kosten zijn bij ongevallen. Hij heeft data gebruikt om zijn theorie kracht bij te zetten. En hij heeft een generiek gemiddelde gevonden. Helaas is de dataset en de precieze werkwijze niet goed gedocumenteerd in de literatuur. Daardoor kan dit concept niet als theorie worden bestempeld maar moet het als model worden behandeld. Omdat er niet over een wetenschappelijke theorie kan worden gesproken is het werk niet wetenschappelijk te noemen.

Een andere belangrijke tekortkoming is de manier waarop naar andere werken wordt gerefereerd. In wetenschappelijke literatuur zijn we gewend om aan te geven welke conclusies, bevindingen, of modellen van andere auteurs zijn. Dat doen we door referenties met getallen of namen in de tekst. In deze tekst kiezen we ervoor om een referentie met naam en jaartal te geven (vb. Swuste et al. 2009). In 1931 was het gebruikelijk om voetnoten te gebruiken voor referenties. De meeste Amerikaanse auteurs hebben dat niet gedaan. Zowel Heinrich (1931) als Cowee (1916) niet. DeBlois (1926) doet dat wel, hij is daarin een uitzondering.

Het niet duidelijk omschrijven van de onderzoeksmethode, weglaten van data die geanalyseerd zijn, en slecht refereren dwingt ons tot de conclusie dat de werken uit de Verenigde Staten simpelweg niet wetenschappelijk zijn.

Werken die we nu als wetenschappelijk bestempelen komen in het interbellum uit Europa. Het werk van Vernon (1936) is daar een goed voorbeeld van, en op het gebied van veiligheid ook het enige voorbeeld. Vernon is aanhanger van de brokkmaker theorie maar breidt die uit met effecten van de omgeving op de mens en de effecten van de menselijke conditie (moe, oud ect.) en studies naar de effectiviteit van technische oplossingen. Hij gebruikt data en publiceert die om zijn ideeën aan te tonen, hij refereert adequaat, en formuleert theorieën die hij onderbouwt. Vernon concludeert dat de preventie van ongevallen een samenspel is van wettelijke maatregelen, technische maatregelen en de juiste psychologie (en conditie) van de mens. Elk deel van die conclusie is met wetenschappelijke data en theorieën onderbouwd. In zijn boek van 1936 gebruikt hij voornamelijk data van de Britse overheid maar ook zijn eigen data komen aan bod. Een interessant detail is dat Vernon in zijn werk slechts twee maal

een referentie wijdt aan Heinrich. In een voetnoot op pagina 17 en 24 staan verwijzingen naar zijn artikelen over de 4:1-verhouding. Het boek van Heinrich werd niet vermeld. Aangezien de referenties van Vernon uiterst uitgebreid waren en alle andere auteurs van zijn tijd wel refereert, is het onwaarschijnlijk dat hij het boek van Heinrich niet gelezen had. Hij heeft kennelijk de keuze gemaakt het niet op te nemen in zijn referentielijst. Waarom hij dat niet deed weten we niet.

Consequenties voor het vakgebied

Ondanks de smalle wetenschappelijke basis is Heinrich de meest krachtige drager van het veiligheidsdenken in het interbellum. Het succes ligt in de immens krachtige pictogrammen van domino's en driehoeken die een onweerstaanbare aantrekkingskracht hebben. Ook het bij elkaar brengen van onderwerpen in een generiek management model is een unieke prestatie. De representaties zijn minstens een halve eeuw populair geweest en sommige van zijn concepten worden tot op de dag van vandaag gehanteerd en gebruikt in Nederlands lesmateriaal (MVK, 2008). Het werk van zijn tijdgenoten lijkt na de tweede wereldoorlog een beperkte invloed te hebben maar de denkbeelden van Heinrich overleven niet alleen de oorlog, ze blijven daarna nog minstens 35 jaar populair. In 1955 haalt de directeur van het Nederlands Veiligheidsinstituut (Spaan, 1955) Lateiner naar Nederland om Heinrich's denkbeelden hier neer te zetten. Spaan was onder de indruk van deze 'moderne' denkbeelden en probeerde de Nederlandse veiligheidskunde hiermee een impuls te geven.

De pictogrammen hebben wellicht een belangrijke herkenningswaarde maar de reden waarom zijn werk langer populair bleef lijkt te liggen in zijn ontwerp van een veiligheidsmanagement systeem. Spaan (1955) geeft dat als belangrijke reden om zijn werk verder te bestuderen. Kennelijk is er na de oorlog behoefte aan een kant klaar management systeem en Heinrich kan dat bieden.

Wetenschappelijke achtergronden uit Europa zijn op dat moment kennelijk minder van belang. In de Verenigde Staten wordt Heinrich docent aan verschillende instituten om zijn ideeën te verspreiden. In zijn laatste artikel geeft hij aan dat onderwijs op het gebied van veiligheid een veel substantieelere rol moet gaan spelen op onderwijs instituten (Heinrich, 1956).

Na de tweede wereldoorlog staat een nieuwe groep veiligheidsdenkers op die hun eigen stempel zetten op de veiligheid. In de Verenigde Staten is Blake (Blake 1945) een voorbeeld van zo'n nieuwe veiligheidsdenker. Hij publiceert zijn ideeën met een groep veiligheidswerkers en gaat zelfs de discussie met Heinrich aan (Heinrich 1956). Een andere nieuwe denker is Bird. In 1966 publiceert Bird zijn eerste boek (Bird & Germain, 1966). Een belangrijke aanname die Bird maakt is dat schadeongevallen (waarbij geen menselijk letsel optreedt) ook voorkomen moeten worden. Niet alleen omdat de schade een onnodige kostenpost oplevert maar ook omdat daarmee de kans op menselijke ongevallen afneemt. Het boek van Bird is een soort handleiding voor een veiligheidsmanagement systeem compleet met formulieren, checklists en lesprogram-

ma. Ook in Nederland krijgt het veiligheidsgebied een impuls. Winsemius publiceert in 1951 een vernieuwend proefschrift dat op geen enkele wijze verbonden lijkt te zijn met eerdere werken op het gebied van de veiligheid. Hij werkt een methode uit die gebaseerd is op taak analyse. Het werk is zonder twijfel baanbrekend maar lijkt totaal los te staan van eerdere werken op het gebied van de veiligheid. Het lijkt uit de lucht te vallen. In hierop volgende artikelen daarover meer.

Het lijkt erop dat nieuwe werkers na de tweede wereldoorlog weinig behoefte hebben om het werk van Heinrich voort te zetten of te verbeteren. Blake geeft in de discussie in 1956 aan-geeft aan dat hij het grondig oneens is met Heinrich.

Conclusie

In het interbellum heeft de het werkgebied van de veiligheid een bloeitijd. Het belang van veiligheid was door voorgaande werkers aangetoond (Swuste et al. 2009) en kennelijk was de tijd rijp voor verdere ontwikkeling. De veiligheidskunde auteurs zijn niet alleen onderzoekers maar ook medewerkers van commerciële bedrijven. In de Verenigde Staten groeit de invloed van de National Safety Council tot zij in 1936 zelfs hoofdlijnen aanlevert voor verkeersveiligheid en de veiligheid voor de oorlogsproductie. Veiligheid is in het interbellum een populair werkgebied. Wellicht heeft dat te maken met de turbulente tijd waarin zich dit afspeelt: de grote oorlog is voorbij, er is veel armoede in westerse landen, het aantal sterfgevallen in de industrie is in sommige takken van de industrie nog steeds zeer groot, het verkeer begint steeds meer slachtoffers te eisen, de grootste economische crisis van de moderne tijd vond plaats en er was weer een nieuwe oorlog op komst. Wellicht was de misère van die tijd een motor voor het ontwikkelen van veiligheid, maar ook de behoefte aan ongestoorde processen kan een rol hebben gespeeld.

Een respectabel aantal auteurs in de Verenigde Staten publiceert handboeken over veiligheid. De meeste daarvan hebben een grote impact op het veiligheidskundige werkgebied maar zijn wetenschappelijk gezien niet sterk. De wetenschap voor veiligheid wordt voornamelijk in Europa uitgevoerd en wel door instellingen die verbonden zijn met de overheid. Het werk van de Industrial Safety Board is daar een goed voorbeeld van. Hun werk wordt niet zo uitbundig gepubliceerd als in de Verenigde Staten en dat is jammer want het boek van Vernon (1936) is een uitstekend werk.

Heinrich de belangrijkste vertolker van het veiligheidsdenken in het interbellum. Hij is de gene die veiligheidskundige concepten ontwikkelt die zo sterk zijn dat ze tot de dag van vandaag gebruikt worden. Heinrich was ook een kind van zijn tijd. Zijn onderwerpen en werkwijzen zijn passend voor het interbellum. Hoewel de meeste lezers het gevoel hebben dat Heinrich's werk wel wat verouderd is blijft het tot op de dag van vandaag aantrekkingskracht hebben. Dat is de wetenschappelijke auteurs van zijn tijd niet gelukt.

De semi-wetenschappelijke aanpak van Heinrich is kenmer-

kend voor de veiligheid in het Interbellum. Veel werkers in het gebied publiceerden op die manier en het werk van de wetenschappers was kennelijk nog onvoldoende ontwikkeld om een beter alternatief te bieden. Net als veel auteurs in die tijd publiceerde hij ook over andere onderwerpen (denk aan de voorman). Anders dan zijn tijdgenoten heeft hij zich vrijwel zijn hele productieve leven bezig gehouden met veiligheid.

Literatuur

Anoniem, Industrial accidents, a selected list of books (1910). Carnegie Library of Pittsburg

Anoniem, Accident prevention, Safety first (1913). The United Gas Improvement Company, Philadelphia

Anoniem, Safeguards for machine tools and power presses (1914b). Machinery's reference series nr 140. The Industrial Press, New York American Engineering Council, Safety and production, an engineering and statistical study of the relationship between industrial safety and production (1928). Harper & Brothers Publishers, New York

Anoniem (1931a). Science and the human factor *Nature* 127 (3213);805-807

Anoniem (1931b). Safety work in chemical industries. *Nature* 128(3218);1-3

Ashe S. Organisation in accident prevention (1917). McGraw-Hill Book Co, New York

Blake, R.P. Industrial Safety (1945). Prentice-Hall, New York.

Blanchard R. Industrial accidents and workmen's compensation (1917). Appleton and Co, New York

Bedford T. Obituary H.M. Vernon (1951). *British Medical Journal* 8(2): 92-93

Beyer D. Industrial accident prevention (1916). Houghton Milner Co, Boston

Bird, F.E., G.L. Germain, Damage control (1966), The Comet Press, New York.

Burnham J. Accident Proneness (Unfallneigung): a classic case of simultaneous discovery/construction in psychology (2008). *Science in context* 21(1): 99-118

Cowee G. Geology of Andover Granite (1911). Massachusetts Institute of Technology, Department of Mining and Metallurgy

Cowee G. Practical safety methods and devices, manufacturing and engineering (1916). D. van Nostrand Company, New York

Cowee G. Common stocks and the next bull market (1931). Fort hill Press, Boston

Cowee G. Bankers and brokers blanket bonds (1938). The Spectator, Philadelphia

- Cowee G. Cumulative liability and its elimination in connection with fidelity coverage (1942), Fort Hill Press, Boston
- Cowee G. The ups and downs of common stocks (1960). Vantage Press, New York
- DeBlois L. Industrial safety organization for executives and engineer (1926). McGraw-Hill Book Company, New York
- DeBlois L. (1927) Has the industrial accident rate declined since 1913? Proceedings of the Casualty Actuarial Society XIV: 84-96
- Dunn R. Labor and automobiles (1929). New York International Publishers, New York
- Eastman C (1908) The American way of distributing industrial accident losses, a criticism. American Economic Association Quarterly 10(1);119-134
- Farmer E. (1925) The method of grouping by differential tests in relation to accident proneness. Industrial Fatigue Research Board (Annual Report 1925): 43-45
- Glendon A. Clarke S. McKenna E. Human safety and Risk management 2nd ed. (2006) Taylor & Francis Group, New York
- Greenwood M. Wood H. (1919) The incidence of industrial accidents upon individuals with special reference to multiple accidents. Industrial Fatigue Board, report nr 4. Her Majesty's Stationary Office, London
- Greenwood E. Who pays? (1934). Doran & Co, New York
- Hale A. (1978). The role of H.M. inspectors of factories with particular reference to their training. Thesis University of Ashton, Birmingham UK
- Hale A. Hale M. (1972). A review of the industrial accident research literature of the National Institute of Industrial Psychology. Her Majesty's Stationary Office, London
- Hard W. (1910). Injured in the course of duty. Industrial accidents, how they happen, how they are paid for and how they ought to be paid for. Reprints from Everybody's Magazine. The Ridgway Co New York
- Heinrich H. (1927) The "incidental" cost of accidents, National Safety News (Februari 1927): 18-20
- Heinrich H. (1928) The origin of accidents, National Safety News (Juli 1928): 9-12 & 55
- Heinrich H. (1929) A message to foremen, National Safety News (December 1929): 23-24 & 51-52
- Heinrich H. (1931) Industrial accident prevention. McGraw-Hill Publishing co., London
- Heinrich H. (1932) The safety engineer aids the life underwriter, National Safety News (Augustus 1932): 21-22
- Heinrich H. (1938a) Accident cost in the construction industry, NSC Transactions: 374-377.
- Heinrich, H. (1938b) It's up to the foreman! Ind. Supervisor 4: 4-5 & 14
- Heinrich H. (1941) Industrial accident prevention 2nd ed. McGraw-Hill Book Company London & New York
- Heinrich H. (1942a) Men in motion, Ind. Supervisor 10: 4-5 & 11
- Heinrich H. (1942b) The foreman's place in the safety program, NSC Transactions 1: 191-194
- Heinrich H. (1945a) Key men in industry: part 1, Ind. Supervisor 13(1): 4-6
- Heinrich H. (1945b) Key men in industry: part 2, Ind. Supervisor 13(2): 12-14
- Heinrich H. (1945c) Key men in industry: part 3, Ind. Supervisor 13(3): 12-14
- Heinrich H. Industrial accident prevention 3rd ed. (1950a) McGraw Hill Book Company New York, Toronto & London
- Heinrich H. (1950b) The human element in the cause and control of industrial accidents, NSC Transactions 30: 7-10
- Heinrich H. (1951) The safety engineer and home safety, NSC Transactions 13: 6-8.
- Heinrich H. (1956) Recognition of safety as a profession – a challenge, NSC Transactions 24: 37-40
- Heinrich H. Blake, R. (1956) The accident cause ratio – 88:10:2, National Safety News (May, 1956): 18-22
- Heinrich H. Granniss E. Industrial accident prevention 4th ed. (1959) McGraw Hill Book Company, New York, Toronto & London
- Heinrich H. Petersen D. Roos N. Industrial accident prevention 5th ed. (1980) McGraw Hill Book Company New York
- Lateiner A. (1958) If we're to stop accidents preventing injuries is not enough! Ind. Supervisor 26(11): 3-5 & 14

Marbe K. (1925). Zur praktischen Psychologie der Unfälle und Betriebsunglücke, Verhandlungen der phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg: 172–175

Mitchell J (1911). Burden of industrial accidents. *Annals of the American Academy of Political and Social Science* 38(1);76-82

MVK, Risicobeheersing en ongevalsmanagement (2008), Elsevier opleidingen.

Ninkovich F. *Modernty and power: a history of the domino theory in the twentieth century* (1994). Chicago university press, Chicago

NSC (2008) <http://www.nsc.org/about/timeline/asp>, geraadpleegd op 25-11-2008.

Ruddick, C.C. (1957) The value of good records and how to use them, *NSC Transactions* 3: 5-8.

Schaack D. van Safeguards for the prevention of industrial accidents (1917). The life insurance Co., Hartford.

Schwedtmann F. J. Emery (1911) *Accident prevention and relief. An investigation of the subject in Europe with special attention to England and Germany, together with recommendations for action in the United States of America.* National Association of Manufacturers of the USA, New York

SHHFI (2008) Herbert Heinrich, <http://shhofi.org/inductees/Bios/heinrich93.htm>, geraadpleegd op 3-5-2008.

Smith M. (1951) Obituaries. Dr. H. M. Vernon. *Nature* 167 (4245): 383-384

Spaan, E. (1955) ongevallen-oorzakenanalyse, *De Veiligheid* (maart 1955): 49-50.

Stockdale E. (1957) How do you investigate an accident? *NSC Transactions* 3: 9–12

Swuste P. Gulijk C. Zwaard W. (2009). Ongevalscausaliteit in de 19e en de eerste helft van de 20e eeuw, de opkomst van de brokkenmakertheorie in de Verenigde Staten, Groot-Brittannië en Nederland. *Tijdschrift voor toegepaste Arbowetenschap* 22(2):46-63

Vernon H. (1936) *Accidents and their prevention.* University Press, Cambridge

Williams S. (1927) *The manual of industrial safety,* Shaw Company, New York

Willems R. (2004) *Hier werk je veilig, of je werkt hier niet.* Shell Nederland.

Zwaard W. (2007). *Kroniek van de Nederlandse veiligheid. Van kinderarbeid en wassend water tot ontploffend vuurwerk.* Syntax Media, Arnhem