

DRONEVLUCHT OVER EEN TIJDPERK

KRONIEK

VAN HET

SEINWEZEN

(1825 – 2050)

Maarten van der Werff

DRONEVLUCHT OVER EEN TIJDPERK

KRONIEK

VAN HET

SEINWEZEN

(1825 – 2050)

Maarten van der Werff

Zonder de lessen uit het verleden stonden we nu niet hier.

Veel mensen buiten onze mooie sector merken het niet, maar het Nederlandse spoor bevindt zich op dit moment in een revolutie. Waar de trein lange tijd als 'het probleem' werd gezien van de mobiliteit, wordt het spoor nu – anno 2021 – door o.a. gemeenten, provincies, het ministerie en zelfs de Europese Commissie als één van de belangrijkste duurzame oplossingen gezien voor het dreigende mobiliteitsprobleem waar we tegenaan lopen als we niets doen. Daarom werken we met al onze spoorprofessionals keihard om ervoor te zorgen dat er rond 2030 maar liefst 30 procent meer treinen kunnen gaan rijden in ons eigen land, maar ook aan veel meer internationaal treinvervoer. Dat we nu zo goed op de kaart staan is te danken aan vakmensen zoals Maarten van der Werff. We komen nu wel aan in een tijd waar we er met elkaar nog een paar stappen bovenop moeten zetten en onszelf opnieuw moeten uitvinden om nóg sneller te kunnen werken. Maar we komen nu ook aan in een tijd waar veel van onze zeer ervaren vakexperts met pensioen zullen gaan, zo ook Maarten. Onszelf opnieuw uitvinden kunnen we alleen met al die wijze lessen die professionals zoals hij hebben opgedaan. Daarom vind ik het 'Kroniek van het Seinwezen' een fantastisch initiatief. Het staat symbool voor de essentiële kennisoverdracht die plaatsvindt tussen de oude en de toekomstige generatie spoorprofessionals. Namens de Raad van Bestuur van ProRail bedank ik Maarten voor alles wat hij heeft betekend voor het Nederlandse spoor en wens ik hem een zeer verdiend pensioen toe.



John Voppen

CEO ProRail



INHOUDSOPGAVE

2021	○	Voorwoord John Voppen	04
1825 - 1850	○	1 Niet botsen, niet ontsporen (De ballen en de schijven)	06
1950	○	2 Over de relais-interlocking, die zijn sporen zou nalaten...	10
1938 - 2020	○	3 Re-, re-, re-organisatie (Het managen van techniek)	20
1992	○	4 Digitaliseren van de keten	22
	○	5 Opzij, opzij, opzij!	24
1987 - 2018	○	6 Seeing is Believing	28
	○	7 Buitenlandse zaken	32
1990	○	8 Europese standaardisatie	34
	○	9 Veiligheidsmanagement	40
	○	10 Het managen van kennis van treinbeveiliging	42
2012	○	11 Digitaliseren (vervolg)	44
1981 - 2021	○	Epiloog	55
2050	○	Aankomst 2050	56
	○	Afkortingen	60
	○	Bronvermeldingen	61
	○	Colofon	62

1

1825 – 1850

Niet botsen, niet ontsporen (De ballen en de schijven)

Bij de eerste trein was er nog geen beveiliging nodig. Toen de risico's werden ingezien, werden primitieve middelen voor 'beveiliging' bedacht. Later ontstonden, gedreven door technologische ontwikkelingen en lessons learned, ingenieuze oplossingen om risico's te vermijden. Ze werden ontwikkeld op basis van wezenlijke beveiligingsprincipes, die ook in de huidige en toekomstige spoorwegprocessen en -technieken nog terugkomen!

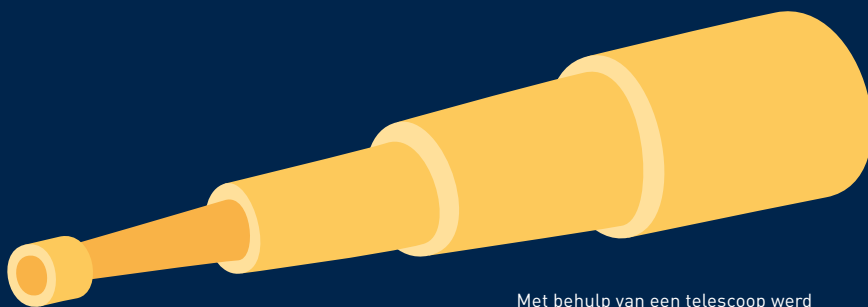
1825 - Vroege vorm van 'train protection' in Groot-Brittannië

Een bewaker te paard met een vlag, een maatregel om het risico 'botsen' te voorkomen. Het gebruik van het spoor is in de tijd sterk veranderd en aanvullende veiligheidsmaatregelen moesten worden genomen. Bijvoorbeeld bij wissels, bij beweegbare bruggen of bij hogere snelheden moesten ook tegen het risico 'ontsporen' maatregelen genomen worden. Dit is een bewuste selectie van de grootst mogelijke risico's.



Train protection anno 1825
Bron 01

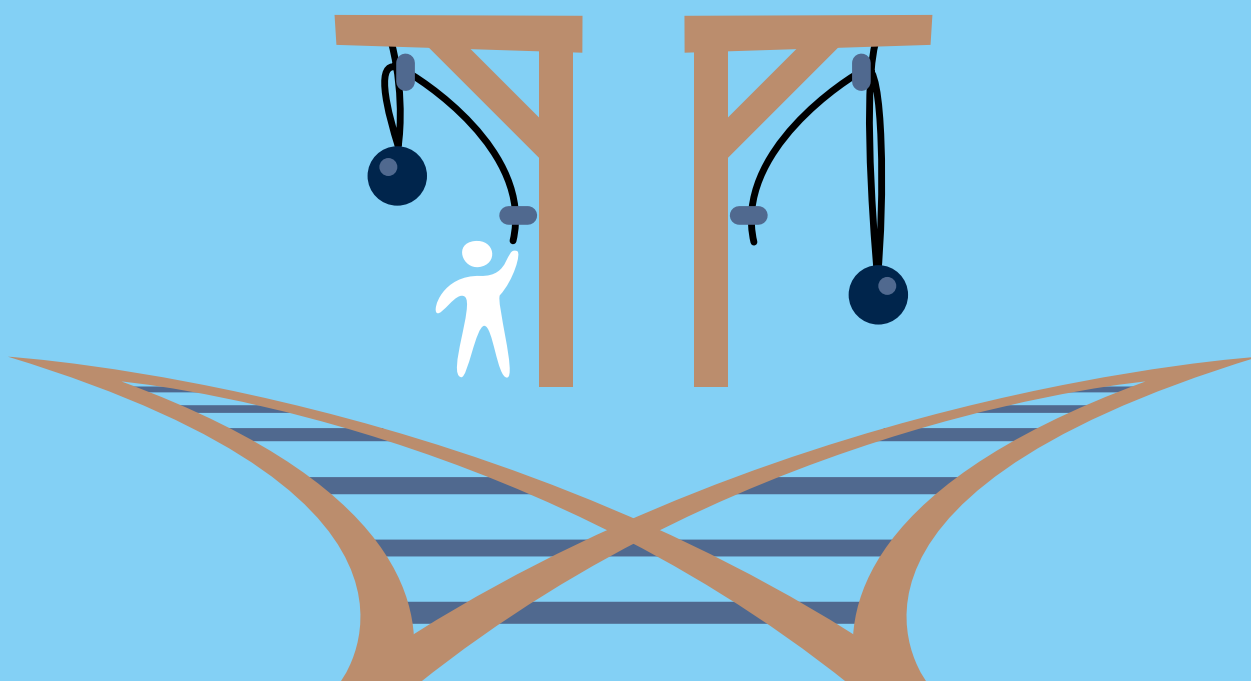




Met behulp van een telescoop werd gekeken welk beeld het sein gaf.

1850 - Het ontstaan van stationsbeveiliging

De ballen (of schijven) worden met een touw of ketting ter plaatse bediend. Een hoge bal die (zo nodig met behulp van een telescoop) zichtbaar is, is dan een veilig sein ('positieve seingeving'). Met een gewicht werd een normale stand van het sein afgedwongen, stand onveilig. Bediening op één centrale plek op een station ontstond om lopen te besparen door de touwen samen te brengen. Door de touwen onderling op enkele meters van elkaar te plaatsen, kon niet meer dan één touw worden bediend en was tegenstrijdige seingeving uitgesloten. Zo ontstond het eerste seinhuis met op afstand bediende seinen.



De eerste seinen

1860 – 1950

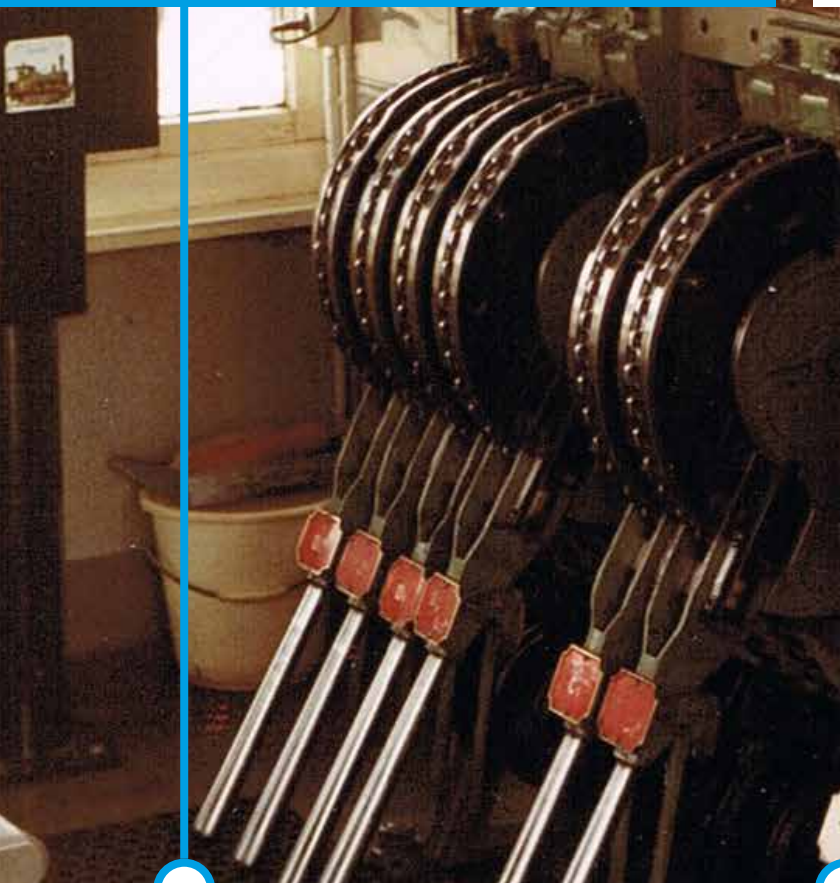
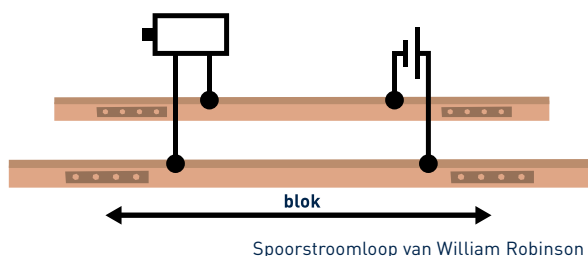
Klassieke beveiliging

1860 - Mechanische beveiligingen

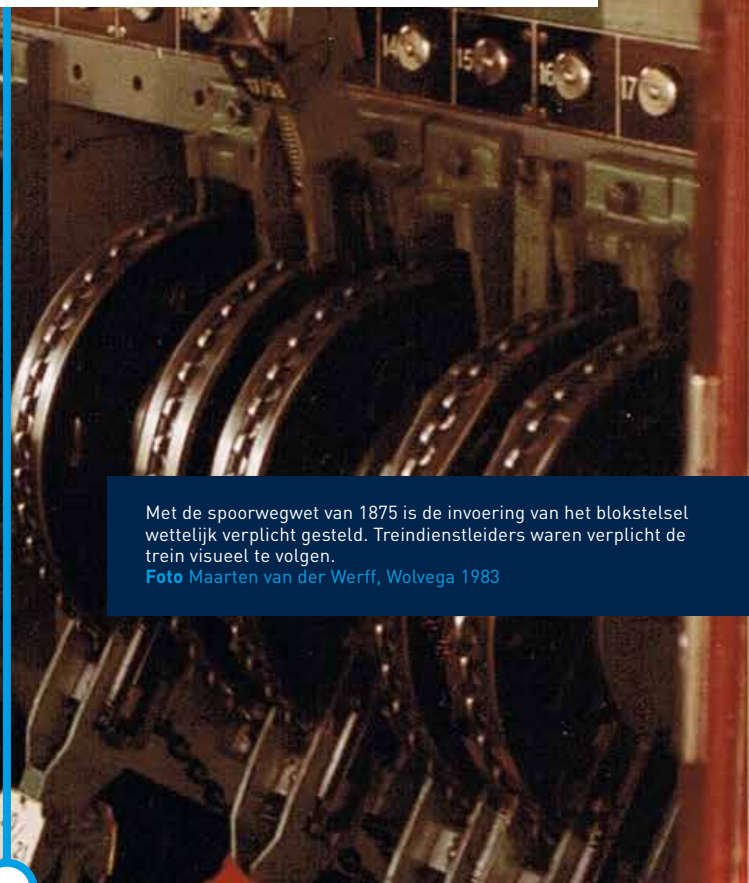
Het zelfde principe als met de ballen werd later toegepast met gleuven in schuifbare linialen: dit waren de beveiligingssystemen met handel-inrichtingen. Sein- en ook wisselstanden die met elkaar in strijd waren konden niet tegelijk worden ingesteld. De eerste mechanische beveiligingen, ontstaan in Groot-Brittannië, waren gebaseerd op het principe van het uitsluiten van fouten. Dit concentreerde de hendels voor bedienen van wissels en seinen op een centrale plaats en zorgde voor mechanische in elkaar grijpende functies tussen de elementen: de interlocking. Wereldwijd resulteerde dit in een grote diversiteit aan hoogwaardige technologieën, aangepast aan de nationale operationele vereisten.

1872 - Treindetectie met geïsoleerd spoor

De Amerikaan William Robinson vindt de spoorstroomloop uit met het relais als essentieel onderdeel (bron 02). Belangrijk voor de principewerking is, dat voor het eerst het technische verband wordt gelegd tussen de trein enerzijds en veiligheid aan de zijde van de infra anderzijds.



1860



Met de spoorwegwet van 1875 is de invoering van het blokstelsel wettelijk verplicht gesteld. Treindienstleiders waren verplicht de trein visueel te volgen.

Foto Maarten van der Werff, Wolvega 1983

1872

1880 - Het ontstaan van blokbeveiliging

Treinen kunnen in theorie op drie manieren uit elkaar worden gehouden:

- Op zicht;
- Met tijdsinterval (zie figuur hiernaast);
- Met ruimte-interval: vaste of variabele opdeling in zgn. blokken.

Op zicht is het meest eenvoudig. Toen uurwerken nog te duur waren voldeden zandlopers. Door de ontwikkeling van de elektrische telegraaf rond 1850 konden berichten over afstand gestuurd worden. Van station tot station, maar ook naar tussengelegen blokposten. Zo werd het tijdsinterval een blokinterval.



Tijdsinterval (variant bij wegverkeer), Defereggental, Oostenrijk
Bron AD/Gelderlander

Beveiligen kan op verschillende manieren:

- zonder seinen, of
 - met seinen (zie figuur hiernaast).
- Beveiligen zonder seinen is mogelijk met andere technische middelen en/of procedures:
- met een staf, een sleutel, in ieder geval een fysiek voorwerp ('token') per blok, of
 - per radio:
 - verbaal (radio verkeersleiding, in Nederland Centrale Radio Verkeers Leiding (CRVL), 1967-1981) of
 - non-verbaal met technische communicatie ('radio based signalling', Nederland: vanaf 2007 met toekomst).



Beveiliging met seinen (variant voor ruimte interval bij wegverkeer)
Bron Rijkswaterstaat



Stelknop toestel met 7 rijen
Bron ProRail

1880

1936 Eerste AKI in bedrijf

1950

2

1950

Over de relais-interlocking, die zijn sporen zou nalaten...

Groot-Brittannië is de bakermat van de spoorwegen. In diverse landen waar spoorwegen ontstonden, gingen mensen verschillend met spoorwegtechniek om. Iedere omgeving kent soms specifieke risico's. Zo ontstond op verschillende plaatsen fundamentele kennis van het beveiligen van het spoorverkeer en bepaalde principes die daaraan ten grondslag lagen; we noemen dat de beveiligingsfilosofie. De Britse, Duitse en Amerikaanse principes zijn wereldwijd bepalend geweest voor spoorwegbeveiliging (bron 03). In Nederland fuseerden verschillende spoorwegbedrijven tot de Nederlandse Spoorwegen (NS), die daarmee in het bezit kwamen van verschillende systemen en producten van voornamelijk Europese oorsprong. Sinds 1924 hadden Nederlandse seinwezen-ingenieurs echter al contacten met General Railway Signal Company (GRS) in Amerika. Dit bedrijf bracht in 1937 de relaistechnologie (bron 01) op de markt. Door het Marshallplan na de Tweede Wereldoorlog werd Amerikaanse technologie ook bij ons ingevoerd; langdurige toepassing daarna verdrong deels de Europese beveiligingsprincipes. De Amerikaanse beveiligingsfilosofie, met functionele, technische en operationele kenmerken, liet daarmee z'n sporen in ons land na. Het zou de doorlooptijd en kosten van ontwikkelingen van toekomstige elektronische beveiligingen zelfs sterk gaan beïnvloeden; de toenmalige functionarissen konden de omvang daarvan niet bevroeden...



Eerste NX-tableau 's-Hertogenbosch, 1952
Bron ProRail / Archief Vialis NMA

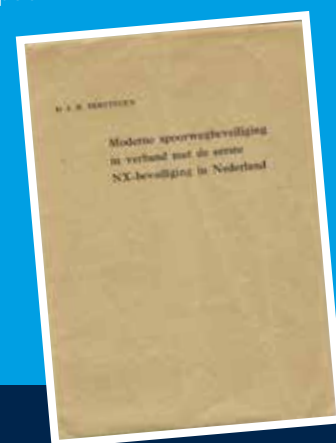
1950 - De eerste NX-beveiliging te 's-Hertogenbosch

Op 4 september 1950 werd de eerste NX-relais-beveiliging van Amerikaanse oorsprong te 's-Hertogenbosch in gebruik genomen. Ter gelegenheid van een voordracht van de toenmalig Chef van het Seinwezen der NS, Ir. J.H. Verstegen, werd in 1951 door het Koninklijk Instituut van Ingenieurs een boekje uitgegeven (bron 04). Het noemt de volgende voordelen van de nieuwe beveiliging:

- Overbrugging van grotere afstanden tussen 'seinhuis' en wissels en seinen;
- De onderlinge koppeling tussen verschillende seinhuizen (als bij bloктоestellen) kon vervallen;
- Het begin en eind van de hele route was in één keer door één persoon te bedienen (NX staat voor ENtrance EXit);
- Versnelling en procesverbetering omdat inschakeling van verschillende posten verviel;
- Signaleringen toonden spoorbezetting en wissel- en seinstanden;
- De treinbewegingen verliepen in combinatie met treindetectie volledig beveiligd en ongeleid;
- Een wissel kwam direct na berijden vrij, bij de klassieke beveiliging was dat pas als de trein de hele wisselstraat voorbij was (capaciteitswinst).

Met citaten uit het boekje is een vergelijking mogelijk tussen de denkbeelden uit 1950 en de werkelijkheid (bron 05). In de periode van 2000-2016 nam op het hoofdspoor:

- het aantal overwegen af van 3000 naar 2400;
- het aantal met bomen beveiligde overwegen toe van 40 naar 70%;
- het aantal onbeveiligde overwegen af van nog geen 800 naar minder dan 300.



Overdruk uit Voordrachten voor het K.I.v.I., 1951, No. 60

Citaten (bron 04)

'Zoals ik U reeds zei, is het geïsoleerde spoor de grondslag van alle automatische beveiliging: automatisch blokstelsel, automatisch beveiligde overwegen (flikkerlichten), automatische bezet-spoor-beveiliging, enz'

'Ik geloof stellig, dat deze beveiliging van Den Bosch, evenals in het algemeen de automatische beveiliging, die wij de laatste jaren maken met de nieuwe seinbeelden een historisch moment voor het seinwezen van de N.S. betekent.'

'De automatische overwegbeveiliging, bekend als de flikkerlichtinstallatie is bestemd voor de werkelijk gevaarlijke onbewaakte overwegen. Wij zijn er voor de oorlog mee begonnen, eerst op stoom-, later op geëlectriceerde baanvakken. De grondslag is weer zoals gezegd: Het geïsoleerde spoor.'

'Ook met het inrichten dier overwegen wordt voortgegaan: de verwachting is, dat wanneer er een 150 à 200 op deze wijze beveiligd zijn, de werkelijk gevaarlijke gevallen zijn opgelost. (Het is natuurlijk uitgesloten om de duizenden overwegen allemaal op deze wijze te kunnen beveiligen.)'

'Met grote belangstelling zie ik uit naar wat voor het Seinwezen der N.S. nog in de toekomst ligt verborgen en dan denk ik daarbij even aan cab-signals, aan de automatische treinbeheersing, misschien electronen-toepassing en wat al niet meer. Ik heb gezegd.'

De principiële beveiligingsmaatregelen

In het boek 'Safeware: System Safety and Computers' (bron 06) van Nancy G. Leveson (1995) staat beschreven dat door het opwerpen van barrières risico's vermeden kunnen worden. Dat kan door toepassing van respectievelijk lockout, lockin en interlock:

- Een lock-out 'voorkomt dat een gevaarlijke gebeurtenis plaatsvindt of voorkomt dat iemand of iets een gevaarlijke zone of staat binnenkomt'. Een lockout is dus een soort afscherming of verdedigingschild, dat ofwel verhindert dat een bepaalde gebeurtenis plaatsvindt, ofwel verhindert dat iets of iemand in het systeem komt.
- Een lockin wordt gedefinieerd als 'iets dat een conditie behoudt of een systeemstatus behoudt'. Lockins kunnen fysiek zijn, zoals muren, deuren, kooien, veiligheidsgordels, containers, of functioneel in die zin dat ze een specifieke systeemstatus of -conditie behouden.
- Ten slotte dient een interlock 'om de juiste volgorde te handhaven of om twee gebeurtenissen in de tijd te isoleren'. Een interlock kan werken door een gebeurtenis te verhinderen (of te voorkomen) door een reeks randvoorwaarden of uitvoeringsvoorwaarden vast te stellen. Een interlock kan ook werken door een bepaalde reeks acties of gebeurtenissen af te dwingen, wat in principe functioneel equivalent is aan het definiëren van een voorwaarde voor een actie. Interlockings komen vaak voor in systemen en kunnen worden geïmplementeerd door hardware of, in toenemende mate, door software.

Ken je talen

De taal staat ten dienste van het vak.

De herkomst en betekenis van een woord verschilt per land, omdat per land het wezen van het benoemde apparaat verschillend aangeduid wordt. Voer voor etymologen. Vraag een collega wat een interlocking in zijn of haar taal is, het antwoord is dan:

Chinees:	联锁系统
Deens:	Sikringsanlæg
Duits:	Stellwerk
Engels:	Interlocking
Fins:	Asetinlaite
Frans:	Enclenchement
Indonesisch:	Sistem persinyalan
Italiaans:	Apparato centrale (a calcolatori)
Noors:	Sikringsanlegg, Stillverk
Oekraïens:	Замикання
Pools:	(Stacyjne) urządzenia należnościowe
Portugees:	Encravamento
Russisch:	Блокировка
Sloveens:	Postavljalnica
Spaans:	Enclavamiento
Thais:	ระบบควบคุมสัญญาณไฟและประแส
Turks:	Anklaşman
Vietnamees:	Hệ thống liên khóa
Vlaams:	Inklinking
Zweeds:	Ställverk



Deel van de gevel voormalig Hoofdgebouw II, nu De Tulpenburgh, Utrecht.
Foto Niko Abrahamsen



1952 Eerste AHOB in bedrijf



1955 Seinstelsel '55 in bedrijf

De 'roots' van de huidige Nederlandse beveiliging

De 'roots' van beveiligingssystemen, die vanaf 1950 in Nederland in gebruik zijn genomen, liggen voor een belangrijk deel in de systemen die passen bij de Amerikaanse beveiligingsprincipes. De systemen zijn ontwikkeld in de eerste helft van de vorige eeuw. De operationele gevolgen bij toepassing in ons land worden duidelijk door ze te vergelijken met Europese kenmerken (bron 07, 08). Opgemerkt wordt dat praktijken in Amerika per staat en Europa per land, per spoorwegbedrijf en per tijdsperiode verschillen.

Operationeel: Europa kende reeds vanaf het eind van de 19e eeuw een druk treinverkeer. Treinen werden in ruimte gescheiden door het rijden op vaste blokafstand met een minutieus gedetailleerde dienstregeling. Waar het niet druk was, werd in Engeland een systeem toegepast waarbij het bezit van een unieke staf of 'token' toegang gaf tot een blok.

In Amerika reden veel goederentreinen. Weinig in aantal, maar treinen waren (kilometers) lang. Ze werden in tijd (bijv. minimaal 4 minuten) gescheiden. Centraal gaf de treindienstleider ('dispatcher') toestemming; hij droeg minder actief bij aan het operationeel proces. Hij telegrafeerde, of belde, treinopdrachten door aan personeel van lokale vervoerders. Voor

vertrek hadden ze regels en toestemmingen; in de uitvoering hadden ze daarmee meer bevoegdheden en verantwoordelijkheden dan in Europa. Dit principe werd aangeduid met 'Timetable and train order operation'. In Europa kwamen vergelijkbare werkwijzen voor bij laagfrequent regionaal verkeer.

Vrije baan: Nederland kende op de vrije baan elektrisch gekoppelde bloktoestellen. In bijv. Engeland en Amerika werden diverse vormen van Manual Block met blokwachters ingevoerd. Toestemming om een spoor te berijden bleef volgens bijv. 'Timetable and train order' gegeven worden. Dubbelsporige trajecten met hoge capaciteitsvraag kregen in Amerika al snel automatische blokbeveiliging op basis van spoorstroomlopen voor treindetectie, vanwege de kosten uitsluitend voor éénrichtingsverkeer.

Overwegen: In Europa hield de uitmonstering van overwegen ongeveer gelijke tred met de toenemende drukte van zowel het weg- als treinverkeer. Doorgaans werd de hele wegbreedte voor verkeer afgesloten, automatisch of bediend door een overwegwachter en gekoppeld met de beveiliging. Amerika telde tweemaal zoveel overwegen. Een locomotief moest bij nadering van een overweg o.a. een werkende bel hebben. Op sommige plekken konden fail-safe automatisch werkende halve overwegbomen worden toegepast, geactiveerd door spoorstroomlopen.

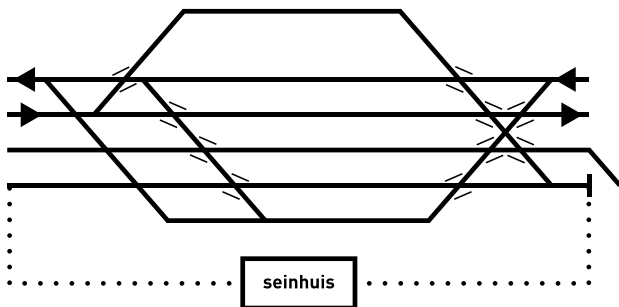
1951 - 1988 Modernisering

Het verwijderen van armseinen met trekdraden werd voorafgegaan door het plaatsen van lichtseinen en relaiskasten, uiteraard gebeurde dit alles in nachtelijke buitendienststellingen (foto: Utrecht – Geldermalsen, 1983). Voor wat de werkomstandigheden betreft: veel hulpmiddelen bestonden nog niet. Helm, beschermende kleding, werden wel al gebruikt, maar niet door iedereen!

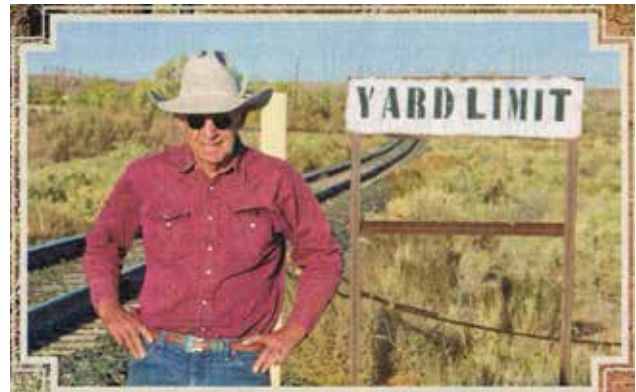
Plaatsen lichtsein,
Utrecht – Geldermalsen, 1983
Foto Niko Abrahamsen



Stations: Europa telde een tienmaal grotere bevolkingsdichtheid dan Amerika en een veel uitgebreider spoorwegnet met bemande (tussen-) stations. In drukke stations, met veel naast elkaar gelegen sporen, strekte de invloed van een centraal opgestelde handelinrichting zich uit naar beide uiterste zijden van een station. Tevens waren deze gekoppeld aan naburige, eveneens bemande, posten op stations en/of de tussengelegen blokposten (zie onderstaand figuur).

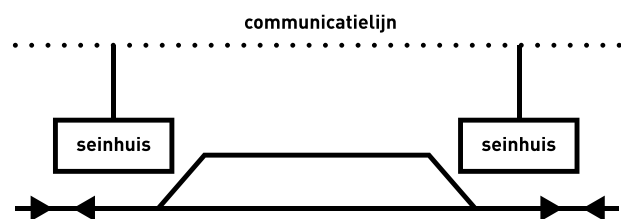


Amerikaanse stations hadden weinig, relatief lange sporen. Om te voorkomen dat de verantwoordelijkheid van een treindienstleider een te groot gebied besloeg, werd deze begrensd, aangeduid met 'yard-limit'. Interlockings deden pas echt hun intrede vanaf de 60-er jaren. Ze werden geplaatst aan de uiterste zijden van een station.



Yard limit
Foto © Trains 2020

Seinen: Het door seinen begrensd gebied (aangeduid met 'interlocking limit') sloot in Amerika aan op aangrenzende uitgestrekte trajecten zonder beveiliging ('dark territory'). 'Dark' en 'Light Dark' (lokale beveiliging zonder informatie naar de dispatcher) maken voor de helft deel uit van de Amerikaanse spoorwegen.



De Nederlandse Beveiligingsfilosofie

Door de Nederlandse sectie van de Institution of Railway Signal Engineers (IRSE) werden in 2012 de basiskennmerken van de Nederlandse beveiligingsfilosofie vastgelegd (bron 09). Het geeft de theorie van het elimineren of beperken van risico's van potentieel gevaar in de life cycle van spoorwegbeveiliging. Met deze kennis kan worden teruggevallen op de filosofie als basis voor het werk in het vakgebied. Een uitgebreide literatuurlijst ligt aan deze uitgave ten grondslag. Verklaard wordt hoe risico's, oorzaken, beveiligen, beveiligingsprincipes, functionaliteit en systemen met elkaar samenhangen. Tevens worden de functies genoemd, die kunnen worden uitgevoerd door een combinatie van technische voorzieningen voor beheersing en beveiliging (maar onafhankelijk van een bepaalde technologie), teneinde het railverkeer mogelijk te maken.



Bron IRSE NL, ProRail

1960 Afstandsbediening CVL in bedrijf (Nijmegen – Blerick)

1960 100e AHOB in bedrijf

Seinen werden in Europa en Amerika verschillend toegepast. Door druk treinverkeer en een beperkte ruimte op het spoor kende Europa trein- en **rangerbewegingen**, ieder met eigen seinen met specifieke betekenissen. In Amerikaanse systemen komen rangeerseinen niet in een dergelijke vorm voor. Dat een trein kon doorschieten voorbij een stop tonend sein was een typisch bij druk verkeer onderkend risico in Europa; dit leidde tot beveiligde doorschietwegen. Amerikaanse systemen kennen zo'n voorziening niet.

De voor Nederland merkbare operationele gevolgen van de toepassing van systemen volgens de Amerikaanse filosofie vanaf 1950 blijken uit o.a. het volgende:

Op grote schaal worden de van oorsprong Amerikaanse spoorstroomlopen voor **treindetectie** toegepast. De kenmerken van dit systeem komen terug in o.a. de toepassing van kortsluitlansen voor werkplekbeveiliging en de combinatie met ATB Eerste Generatie (ATB EG). Op de **vrije baan** hebben blokseinen bediend uit bemande blokposten geleidelijk plaatsgemaakt voor het Amerikaanse model van automatische blokbeveiliging met permissieve **seinen** (dat

zijn seinen die stop kunnen tonen en in dat geval onder voorwaarden voorbijgereden mogen worden). De fail-safe automatisch werkende halve overwegbomen werden hierin geïntegreerd, waarmee ons land in Europa een uniek principe voor **overwegen** hanteert. Op **stations** kennen we geen beveiligde doorschietwegen, omdat het Amerikaanse systeem van oorsprong daarin niet voorziet. Bij toepassing van het Amerikaanse systeem in Nederland werd voor **rangeren** de technische beveiliging uitgeschakeld ('vrijgave rangeren'), Europees gezien een uniek principe. De grens tussen Centraal- en Niet Centraal Bediend Gebied (NCBG: opstelreinen, raccordementen) werd met borden aangegeven; met mondelinge communicatie tussen machinist en treindienstleider ligt de verantwoordelijkheid voor de veiligheid dan geheel bij het uitvoerend personeel.

Hiermee zijn enkele principes geschetst die, samen met andere, de beveiligingsfilosofie vormen voor gebruik van het spoor in Nederland, met gevolgen voor regelgeving (o.a. de ontwerpvoorschriften in de serie OVS60000) en systeemtoepassingen.

1951 - 1988 Modernisering

Onder modernisering werd verstaan het vervangen van de klassieke beveiliging (armseinen, trekdraden, handelinrichtingen, VES-relais (1), e.d.). Vanaf de 60-er jaren werd ook ATB ingevoerd, deels tegelijk met de modernisering. Waar modernisering reeds was uitgevoerd, werd ATB ingebouwd door de Projectgroep Systeemaanpassing (PGSA). Een van de laatste grootschalige modernisering werd in 1984 uitgevoerd en betrof o.a. de beveiliging te Wolvega tussen Meppel en Leeuwarden. De NX-beveiliging met Centrale Verkeers Leiding (CVL) werd bediend vanuit Zwolle.

(1) Vereinigte Eisenbahn-Signalwerke, dateert uit het begin van de 20e eeuw.



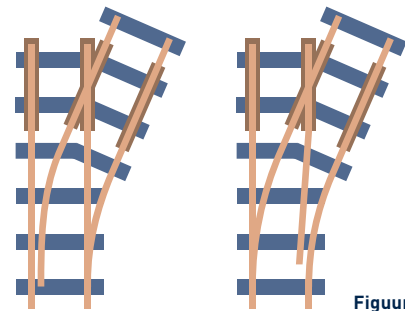
Modernisering Wolvega, 1983
Foto Maarten van der Werff

Wat is de functie van een interlocking?

Een interlocking legt op aanvraag van de verkeersleiding per route voor een trein een verband aan tussen sein- en wisselstanden, daarbij rekening houdend met o.a. spoorbezetting. Hoe ontstaat een veilige rijweg (bron 10)?

- 1) Een wissel ligt links leidend, of rechts leidend, in controle. Dat worden verschillende toestanden genoemd.
- 2) Een wissel wordt bereden en bezet door een trein, of het wissel is vrij. Nog twee toestanden.
- 3) Een wissel is gestoord, of niet. Weer twee toestanden.

Bij één wissel zijn er dus $2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8$ mogelijke toestanden: verschillend in stand, bezet/vrij en (wel/niet) gestoord.

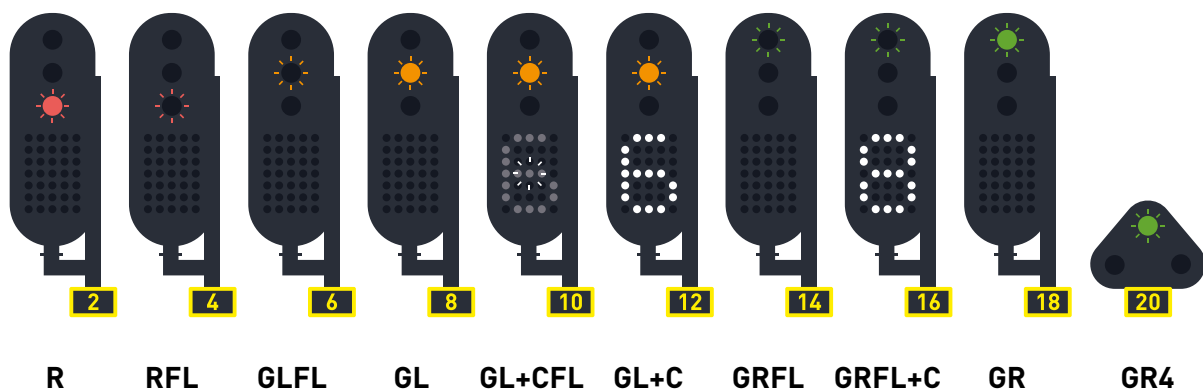


Figuur 1



Figuur 2

Figuur 3



Onze lichtseinen kunnen bij benadering tien soorten seinbeelden tonen; ieder seinbeeld is een bepaalde opdracht voor de machinist. Zo'n seinbeeld is gerelateerd aan de locatie, toegestane snelheid en de afstand tot het volgende sein. Eén sein op een bepaalde locatie kan, afhankelijk van de mogelijke routes, bijvoorbeeld vijf verschillende seinbeelden tonen. In werkelijkheid kunnen dat er dus ook meer of minder zijn.

R=Rood, GL=Geel, GR=Groen, FL=Knipperen, C=Cijfer (snelheid in tientallen km/u) Een laag geplaatst groen sein heeft dezelfde betekenis als GRFL+4.

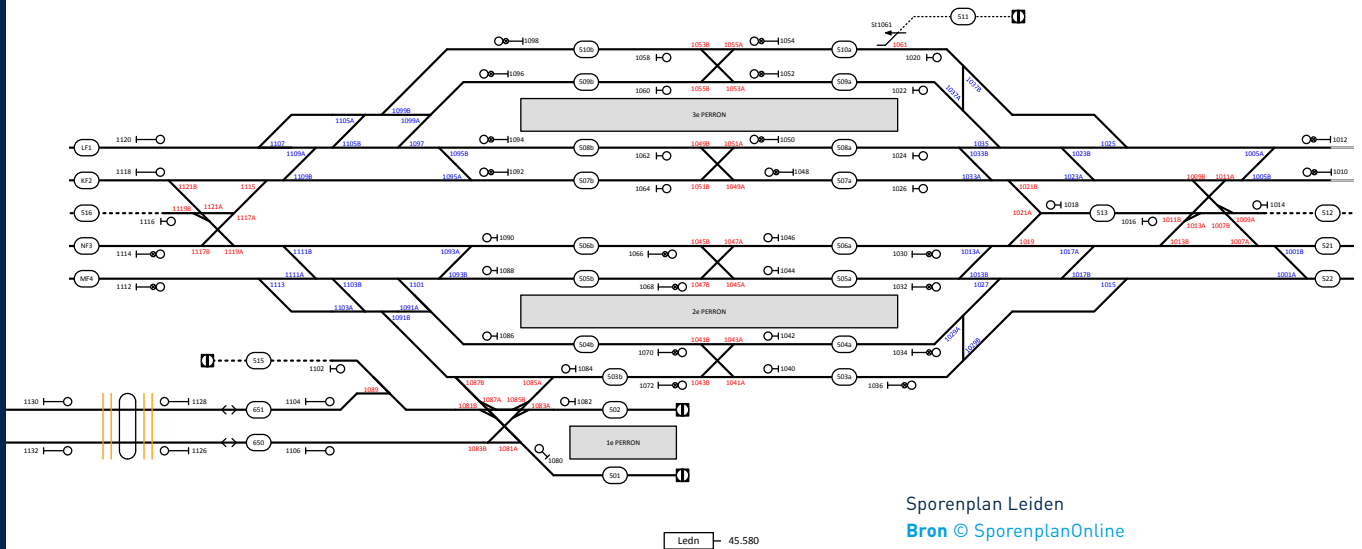
1967 CRVL in bedrijf
(Sauwerd – Roodeschool)

1970 Eerste VCVL in bedrijf
(Groningen – Delfzijl)

1962 Treinramp Harmelen;
principe besluit invoering ATB

1968 Eerste versie NX'68 in
bedrijf (Utrecht – Arnhem)

1970 Einde proefbedrijf,
besluit invoering ATB

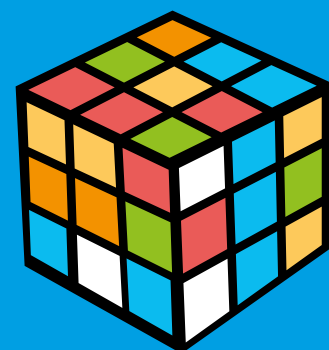


Sporenplan Leiden
Bron © SporenplanOnline

Een middelgroot station als Leiden telt ca. 50 wissels, 50 seinen en 80 spoorgedeeltes die bezet of vrij kunnen zijn. Op dit station zijn er dan, in dit voorbeeld, $8^{50} \times 5^{50} \times 2^{80} = 0,153$ septendeciljard verschillende combinaties / toestanden mogelijk!

Door in relaistechiek de schakelcircuits te laten overeenkomen met de fysiek mogelijke combinaties volgens het geografische sporenplan van het station wordt het theoretisch aantal verschillende combinaties sterk gereduceerd. De typische NX-schakelcircuits dienen voor procesregeling; in beveiligingscircuits zijn de verbanden tussen seinen, wissels en sporen vastgelegd. Hierin worden onderscheiden: de wisselsturing en -controle, de vastlegging en vasthouding van de rijweg, de wisselvergrendeling, de treindetectie en de seinsturing. Eisen aan veiligheid en beschikbaarheid hebben ertoe geleid dat aanvullende functies ontstonden, zoals flankbeveiliging, flankzonebewaking, werkplekbeveiliging, e.a..

Samengevat: slechts bij een deel van het totaal aantal theoretisch mogelijke combinaties van wissel-, seinstanden zijn, als aan alle eisen wordt voldaan, treinbewegingen toegelaten. Ofwel in termen van de Rubiks-kubus: er zijn van een schijnbaar ontelbaar aantal mogelijke situaties slechts weinig waarin de delen (vlakken) in de vereiste stand kunnen komen. De overeenkomst tussen de kubus en een interlocking is het in elkaar grijpen en uitsluiten van combinaties, waarbij slechts een beperkt aantal mogelijkheden de oplossing vormt. Het totaal aantal realistische toestanden voor een middelgroot station blijft nog steeds gigantisch. De beschreven vereenvoudiging maakt het o.a. mogelijk alle mogelijke rijwegen en seinbeeldcombinaties systematisch te testen.



1970 Invoering Verkeersleidingsregio's

1980 Start proefbedrijf Telerail

1981 CRVL buiten bedrijf

1972 Eerste TPRB in bedrijf (Leeuwarden - Stavoren/Harlingen)

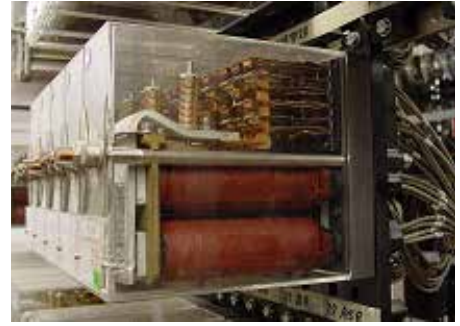
1981 Schipholllijn in bedrijf

1981 Overal lichtseinen

Karakteristieke verschillen in elektromechanische interlockings

Nederland: Amerikaanse filosofie, weinig functies, eenvoudig seinstelsel, weinig relais, weinig interacties

Het aantal functies dat onze beveiliging kent, werd bepaald door zijn 'roots', vastgelegd in zogenaamde modelbladen. Dit aantal is kleiner dan bij Europese beveiligingen. In het van oorsprong Amerikaanse systeem, met veiligheidsrelais van GRS, wordt met een beperkt aantal relais (per rijweg, per sein, etc.) essentiële functionaliteit uitgevoerd; de bedrading volgt als het ware het sporenplan. Met kritische functies, die nodig zijn voor het efficiënt en effectief afwikkelen van het treinverkeer. Op het gebied van bijv. ATB en andere veiligheidsfuncties zijn de ontwerpvoorschriften in 1968 geactualiseerd (NX'68). Een B-relais is intrinsiek veilig, dat wil zeggen dat de veiligheid is geborgd in het product, de constructie, bij de fabricage of revisie, bij onderhoud, etc.. Het voorkomt dat het systeem zichzelf in een werkende installatie moet controleren. Zo ontstond een 'free wired' intrinsiek fail-safe 'dunne interlocking'.



B-relais
Bron ProRail



B-relais rekken in relaisruimte
Bron ProRail

Utrecht Centraal is in 2016 als 'doorstroomstation', als onderdeel van het Programma Hoogfrequent Spoor, voorzien van een nieuwe B-relaisbeveiliging.
Foto Niko Abrahamsen



1984 Eerste AHOB-steller type AY'81 in bedrijf (Raalte)



1985 Aanpassing treindetectie op DH-materieel Noordelijke Nevenlijnen in bedrijf



1986 EBS SIMIS B in bedrijf (Hilversum)

Duitsland: Europese filosofie, veel functies, complex seinstelsel, veel relais, veel interacties.

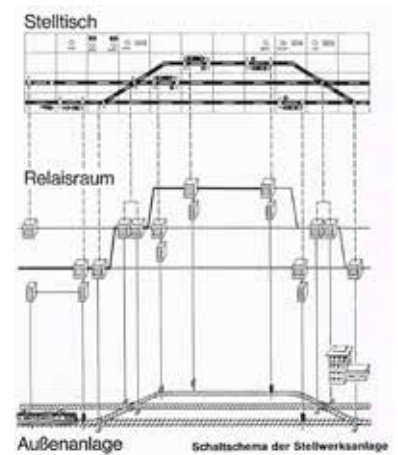
Siemens leverde voor het Nederlandse spoorwegnet zowel de klassieke handelinrichtingen als de latere elektronische beveiligingen. Siemens leverde in Duitsland en andere landen (maar niet aan de NS) ook relaisbeveiligingen (bron 11). In zo'n gecentraliseerde beveiliging kwamen al snel veel functies bijeen. In elektrotechnische circuits werd de kans op wederzijdse beïnvloeding groot. Daarom waren in 1880 reeds maatregelen tegen lekstromen en zwerfspanning nodig. Daardoor werd ook in de relaisbeveiligingen het aantal benodigde relaiscontacten groot. Dat alles heeft geleid tot een 'dikke interlocking'. Siemens paste zgn. niet-veiligheidsrelais toe, die elkaars werking moesten controleren, met meer relais en contacten dan voor beveiliging van de treinenloop strikt noodzakelijk was. Er werden 20 functies onderscheiden in de geografische verbindingen van de verschillende relaisgroepen. Ze werden in functionele groepen (sein, wissel, etc.) overeenkomstig het sporenplan door standaardkabels met elkaar verbonden: het principe kreeg de naam Spurplan-Drucktasten-Stellwerk. Feitelijk hanteerde deze leverancier hiermee een eigen vorm van interface standaardisatie tussen standaard relaisgroepen.



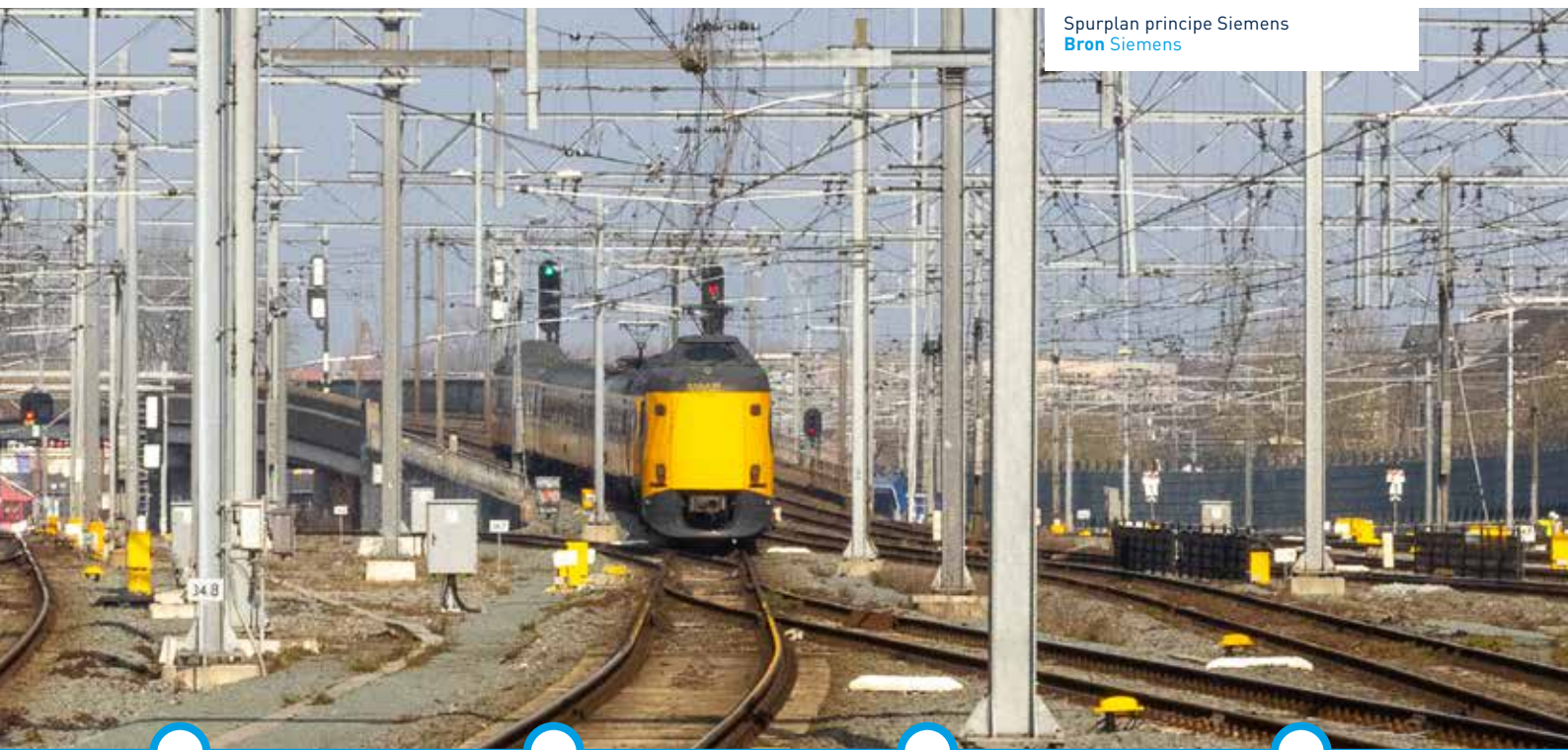
K50 relais
Bron Siemens



K50 relaisgroepen in relaisruimte
Bron Siemens



Spurplan principe Siemens
Bron Siemens



1988 Flevolijn
in bedrijf



1988 Start verbeteren
zichtbaarheid AKI's



1989 Afronding
Modernisering



1989 Eerste
EBP in bedrijf

3

1938 – 2020

Re-, re-, re-organisatie (Het managen van techniek)

Aan besluitvorming over herinrichting van de organisatie gaat altijd veel denk- en analysewerk vooraf. Soms staat het proces centraal, soms de techniek. In een periode van 40 jaar was er meer dan 10 maal een wisseling van management van treinbeveiliging, en nog eens meer dan 10 maal op het niveau daarboven. Enkele terugkerende onderwerpen: techniek, organisatie, rollen, competenties en partnerschap. Hoe ging dat?

1938 – 1991 Het seinwezen binnen de NS

Het Staatsbedrijf N.V. Nederlandse Spoorwegen (NS) is in 1938 opgericht. In het midden van de jaren '60 ontstond een dienstenstructuur met o.a. de technische Diensten van Elektriciteit en Seinwezen (Es) en Weg en Werken (Ww). Begin jaren '70 ontstond door een samenvoeging van deze technische diensten de Dienst van Infrastructuur (Is). Chef Is stond aan het hoofd van de ontwikkelafdeling en productie afdelingen voor beveiliging, telecommunicatie en energievoorziening, inclusief de instandhouding daarvan.

De sectieleider was verantwoordelijk voor het onderhoud, hij had opzichters, monteurs en hoofdmonteurs in dienst. Er werd ook met aannemers gewerkt.

De Commissie Veiligheid Seinwezen (CVS) bepaalde het beleid.



Vroegere NS logo
Bron NS

*“Managers komen,
managers gaan;
maar specialisten,
die blijven bestaan”*



1938 - 1991



1990 Eerste Elektronische
Bel Alkmaar (EBA) in bedrijf



1991 - Ontstaan NS Infrabeheer

Onder leiding van het Hoofd Treinbeveiligings- en Besturingssystemen in de sector Sturing en Energievoorziening verschoof de focus van instandhouding (gericht op uitvoering onderhoud) naar beheer (opdrachtgeverschap, management van onderhoud).



Den Haag Centraal
Foto ProRail

4 1992 Digitaliseren van de keten

4.1 Het regelen, beheersen en beveiligen van het treinverkeer

De bedienings- en beveiligingssysteem vormen de interface tussen de volgende twee domeinen:

- enerzijds is er de dienstregeling als gevolg van de eisen en wensen van (in- en externe) gebruikers en organisaties;
- anderzijds zijn er de buitenelementen, die moeten functioneren in de omgeving van het dynamische proces van meerdere, tegelijkertijd rijdende treinen.

Bij het begin van de modernisering van klassieke beveiliging naar relaisbeveiliging reikte de invloedssfeer van het seinwezendomein van handelingen door de treindienstleider tot aan de informatie en opdrachten aan de machinist van de trein. Vanaf 1989 wordt de niet-vitale relaistechniek, inclusief afstandsturing, vervangen

door de Elektronische Bedien Post (EBP), met monitoren in plaats van de NX-tableaus. De veiligheid blijft geborgd in het beveiligingssysteem. Ook organisatorisch vond de splitsing plaats. Vanwege de aard van de technologie nemen de niet-veilige systemen snel in aantal en soort toe. In het begin van de 90-er jaren ontstaat het programma VPT (Vervoer Per Trein) dat resulteert in een nieuw informatie- en communicatiesysteem voor de planning en be- en bij-sturing van het spoorwegverkeer, waaronder Post 21 verkeers-, treindienstleiding- en planningsystemen. Voor het ontwerp van VPT in combinatie met verschillende typen beveiliging werd samen met de marktpelers Movares, Arcadis en Hollandse Signaalapparaten een tool met de naam Computer Aided Railway Engineering (CARE) ontwikkeld. Hiermee kon het ontwerpen en later ook testen van de systemen voor een groot deel worden geautomatiseerd.

Beeldscherm VL-post Utrecht
Foto ProRail

Door automatisering wordt de keten langer

Omvangrijke toename van informatiseren en automatiseren

De eisen van de dienstregeling als gevolg van de wensen van mensen

Mens stuurt techniek aan

Eerste vorm van beveiligen

De buitenelementen, die moeten functioneren in de omgeving van het dynamische proces van rijdende treinen

Toename van functionaliteit bij actoren

1992

1992 Eerste toepassing VPT

1992 Post 21 gelanceerd

1992 Introductie Telerail

4.2 De eerste computer interlockings

Als reactie op de Vierde Nota voor de Ruimtelijke ordening (1988) presenteerde de NS 'Rail 21, Sporen naar een nieuwe eeuw'. De relaisbeveiliging uit de vorige eeuw was inmiddels empirisch bewezen veilig en betrouwbaar. Om het kosten- en kwaliteitsniveau van beveiliging bij hogere treinfrequenties op peil te houden zocht NS het echter in andere technologie. Het multi-vendor beleid leidde tot de introductie van twee elektronische systemen:

- de Vital Processor Interlocking (VPI) van GRS (bron 01);
- de Elektronische Beveiliging Simis (EBS) van Siemens uit Duitsland (bron 12).

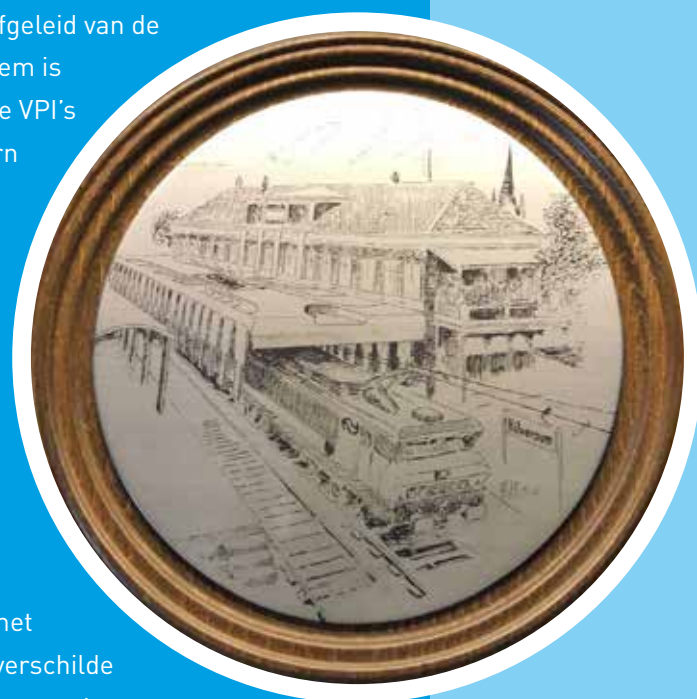
Bij de introductie bleek dat deze systemen hun afkomst niet verloochenen.

Het systeem Vital Processor Interlocking (VPI) is gebaseerd op één enkele processor met een interne verificatie van de systeemintegriteit. Het programma voert opdrachten uit met formules in Booleaanse algebra, afgeleid van de relaistechnologie (van dezelfde leverancier). Het systeem is geschikt voor middelgrote en kleine stations. De eerste VPI's werden bij NS voor het eerst in 1992 toegepast in Hoorn (twee installaties) en één in Hoorn-Kersenboogerd.

Siemens ontwikkelde een elektronische beveiliging voor grote stations in Duitsland op basis van ervaringen, opgedaan met de uitgebreide functionaliteit in de Spurplan relaistechniek. Deze was gebaseerd op dubbel-processor techniek met een grote capaciteit. Resultaten van de processoren moesten bij interne controle identiek zijn.

Het Nederlandse vervoersproces in combinatie met beveiligingsregels en seinen (de beveiligingsfilosofie met Amerikaanse 'roots'), en het ontwerpproces daarvan, verschilde sterk van de Duitse situatie. Het omzetten door Siemens vereiste andere systeem- en proceskennis en dat bleek geen sinecure. Dat kwam naar voren bij de eerste experimentele toepassing in Hilversum (Simis B, 1986) en later bij de 'definitieve' versie van de Elektronische Beveiliging van Siemens voor Nederland in Rotterdam (Simis C, 1994), destijds de grootste elektronische beveiliging ter wereld.

Aanvullend op de functionaliteit die in relaissystemen is ondergebracht, leidt de toepassing van processortechniek tot aanvullende functies, om de veiligheid of bedrijfszekerheid te kunnen waarborgen. Volgordedwang en restrijwegvrijmaking zijn daar voorbeelden van.



Plaquette, aangeboden door Siemens aan NS bij de start van de beproeving van de elektronische beveiliging te Hilversum
Foto Maarten van der Werff

1992 Eerste VPI in bedrijf (Hoorn en Hoorn-Kersenboogerd)

1994 Eerste toepassing PRL

1994 Eerste EBS SIMIS C in bedrijf (Rotterdam)

5

Opzij, opzij, opzij!

We moeten rijden, remmen, stoppen en weer doorgaan

Seinen en overwegen brengen met tekens (met afgesproken vorm, kleur, licht en/of geluid) boodschappen over; wist je dat...

- historisch de vorm van armseinen zou zijn afgeleid van een slagboom?
- GRS zijn eerste overweginstallatie introduceerde in 1905, met een armseinmotor als aandrijfmechanisme?
- energiezuinige LED's als lichtbron in de 90-er jaren eerst bij overwegen werden beproefd en toegepast?
- pas 10 jaar later LED's aan de strenge kleureisen voor lichtseinen voldeden, met als voordelen levensduur en zichtbaarheid?
- bij seinen en overwegen het duidelijke aan/uit schakelen bij knipperende LED's een beter waarschuwend effect heeft dan het langzaam aan- en uitgloeien van gloeilampen?
- seinen en overwegen beide terrein gaan verliezen?
 - Cabineseinen bij European Rail Traffic Management System (ERTMS, zie hoofdstuk 8) vervangen veel van de 11500 lichtseinen langs het spoor; dit komt vooral de capaciteit ten goede;
 - De beste overweg is géén overweg: het overbodig maken van ca. 1700 beveiligde overwegen zal 30 tot 50 jaar duren; niet actief beveiligde overwegen (in totaal nu ca. 650) verdwijnen liever sneller; dit komt de veiligheid ten goede;
- bij veiligheidsonderzoeken na onregelmatigheden, naast techniek en veiligheid, ook perceptie, ergonomie, psychologie, etc. worden beoordeeld, en dus ook bij ontwikkeling moeten zijn beoordeeld?

1995 - Splitsing vervoer en railinfrastructuur; Railinfrabeheer (RIB) neemt de boedel van NS over; vorming afdeling Treinbeveiliging

Splitsing geïnitieerd vanuit Europese richtlijn 91/440/EEG. Het nieuwe RIB moest de door de overheid gedelegeerde beheertaak borgen. Nieuwbouwactiviteiten van NS werden afgesplitst en in het NS-Ingenieursbureau ondergebracht. En vervolgens opnieuw opgesplitst in resp. Holland Railconsult (later Movares) en Articon (later overgenomen door Arcadis). Binnen RIB, Beheer en Instandhouding (B&I), afdeling Technische Systemen (TS) ontstond de sector Treinbeveiliging en Beheersing, met daarbinnen het team Treinbeveiliging. Voor een adequaat asset management stelde een nieuwe financieel directeur voor het eerst de essentiële vragen: "Hoe lang gaan jullie seinpalen mee, en is dat in de boekhouding verwerkt?". In een intensief traject werd de manager tot coach opgeleid (Profs TS, Professionalisering TS). Gedurende een jaar had iedere manager drie gesprekken met iedere medewerker, door een externe coach voorbereid, bijgewoond en geëvalueerd. In 1997 ontstond een nieuw beeld wat van treinbeveiliging werd verwacht. Om grip te krijgen op ontwikkelingen kreeg het team een sleutelpositie op het gebied van o.a. ERTMS en Safety. Ook werd de weg naar certificering en auditen ingeslagen.

"De (Vlaamse) puristische benaming van een treinbeïnvloedingsstelsel of cabineseinstelsel is seinherhalingsstelsel."

De tijdlijn van LICHTSEINEN en TREINBEÏNVLOEDING

Stop Tonend Sein (STS) passages

Vanaf 1920 rapporteert de overheid over het niet opvolgen van opdrachten van seinen. In 1962 vond bij Harmelen de grootste treinramp uit de geschiedenis plaats. In dichte mist nam een machinist een rood lichtsein niet waar. Een botsing met een tegemoetkomende trein was het gevolg, waarbij 93 doden en 52 gewonden vielen. Het was de aanleiding voor een besluit in 1970 om landelijk Automatische TreinBeïnvloeding (later ATB Eerste Generatie, ATB EG, genoemd) toe te passen. ATB werkt samen met spoorstroomlopen voor treindetectie. ATB grijpt in bij te hoge snelheid. Vanaf 1996 wordt ook de combinatie assentelsystemen voor treindetectie en ATB Nieuwe Generatie (ATB NG) toegepast; dit gebeurt op regionale trajecten, waar detectie met spoorstroomlopen in combinatie met modern materieel niet voldoende betrouwbaar is. De invoering van ATB is in 2005 afgerond. Vanaf 2008 voegt ATB Verbeterde versie (ATB Vv) remcurvebewaking toe aan ATB EG, om het risico op STS verder te verlagen. Het aantal STS'n met verhoogd risico is stabiel, minder dan 25 per jaar op hoofdspoor (bron 13).

Defecte seinlampen

Het meest gestoorde beveiligingscomponent, en daarmee duur in onderhoud, was een gedoofde sein(gloeil)lamp. In de 80-er jaren ontstond het idee de Amerikaanse lamp-exchanger, bekend uit de wereld van de scheepvaart, automatisch een reservelamp in te laten schakelen. Dat vond echter ten onrechte ook plaats bij het gebruikelijke dimmen als het donker werd. Wederzijdse acceptatie ('Cross Acceptance') van een product gaat alleen op als de omgeving bij elders opgedane ervaring wordt meegenomen; einde idee! Bij het in 1994 ingevoerde lichtgeleidersein bevonden de lampen zich onderhoudsvriendelijk in een kast naast het spoor; glasvezel transporteert het licht naar het sein. De levensduur van de halogeenlamp was helaas een kwart van die van de gloeilamp.

Led-seinen

In 2003 werden voor het eerst LED-seinen met lange levensduur toegepast, op Amsterdam – Utrecht. Speciale maatregelen bij ontwerp voorkomen dat een defect in de elektronische aansturing van zo'n veiligheidscomponent door falen tot een zgn. veiligheidsstoring leidt (bijv. een defect bij knipperen leidt tot continu branden). Nooit eerder gold een maximale sterkte voor het waarnemen: LED-seinen bleken echter, ook overdag, tot veler verrassing, te kunnen verblinden. Een systematische verbetering werd in de tweede generatie LED-seinen gerealiseerd (bron 14).

De rol van het Ministerie

In 1946 wordt het snelheidsstelsel met lichtseinen (i.p.v. richtingstelsel met armseinen) ingevoerd, met foute interpretaties van machinisten tot gevolg. Het verbeterde seinstelsel uit 1955, Ministerieel goedgekeurd, wordt tot op heden toegepast.

Een 300 pagina's tellend boek (bron 15) beschrijft de geschiedenis van het seinstelsel en de achtergronden van de regelgeving.

In 2009 verzoekt het Ministerie aan ProRail bij projecten het aantal geel-geel-situaties te reduceren, omdat hierdoor misinterpretaties door machinisten mogelijk blijken (bron 16). Anno 2021 is een reductie van 35% bereikt, in 2040 lijkt 100% te kunnen zijn bereikt. In 2013 is bijlage 4 van de Ministeriële Regeling Spoorverkeer ('het Seinreglement') tekstueel geactualiseerd, er waren verschillende versies in omloop bij vervoerders. Afspraak (bron 17): wat ProRail plaatst aan seinen, wordt in de Regeling vermeld. ProRail Treinbeveiliging voert de pen bij wijzigingen. Volgende stap: verdere deregulering.



Boek over het seinstelsel van Peter Middelraad

1996 Eerste toepassing ATB NG in bedrijf

1997 Eerste assentelsysteem in bedrijf (Nijmegen – Roermond)

De tijdlijn van OVERWEGEN

In 1936 werd de Automatische Knipperlicht Installatie (AKI) geïntroduceerd; vanaf 1988 werd de zichtbaarheid verbeterd door toevoegen van een achtergrondplaat (foto hieronder). In 1990 werd bij automatische overwegen de Elektronische Bel Alkmaar (EBA) geïntroduceerd. Door selectie van frequenties van het geluid van de oorspronkelijke mechanische bellen is de waarschuwende werking verbeterd; door het richten heeft de omgeving minder geluidsoverlast. Vanaf 2000 werden overwegen zonder fysieke barrière (meest AKI's) door Automatische Halve Overweg Bomen vervangen (de AHOB is in 1952 in Nederland ingevoerd). Hierdoor verbeterde de veiligheid structureel. Aannemers en ingenieursbureaus werkten in het zgn. X-pact programma samen in een vennootschap onder firma. Het onafgebroken verbeteren van de overwegveiligheid heeft, naast de AHOB, andere, vaak eenvoudiger typen overwegbeveiligingen doen ontstaan, bijv. voor landelijke omgeving. Nieuw te beoordelen risico's ontstaan met autonoom rijdende zeer lange vrachtwagens in havengebieden (gelijk een trein...). De procedures rond overwegen betreffen vaak complexe zaken met veel stakeholders.



Verbetering zichtbaarheid AKI in uitvoering, omgeving Arnhem, 1988
Foto Maarten van der Werff



Een Andreaskruis duidt op een overweg, regels bepalen dat de trein voorrang heeft.
Foto Niko Abrahamsen

1998 - Splitsing Management en Uitvoering van onderhoud, en het uitbesteden ervan.

Preventief onderhoud met voorgeschreven activiteiten werd omgebogen naar resultaatgericht onderhoud om meetbaar resultaat te bereiken bij uitbesteding. Omdat veiligheid, het ontbreken van gevaar, niet meetbaar is, werd preventief onderhoud deels toch gehandhaafd. Het was een periode van ca. twee jaar met veel management- en evenveel koerswisselingen, dat lokte bij de medewerkers reacties uit. Diverse nota's, om elkaar opvolgend management uit te leggen wat treinbeveiliging is en waar het naar toe moest gaan, werden opgesteld.

we hebben last van laag overvliegend management



1997 Eerste rijdende transitie ATB/PZB voor ICE in bedrijf (Emmerich)

1998

1999 Eerste ADOB in bedrijf (Bilthoven)



Station Bilthoven, 9 september 1962
Foto © Kees van de Meene

‘Amerikaans open’

Seinhuiswachter Abrahamsen te Bilthoven, die tevens de overwegbomen bediende, vertelt: “... vroeger, in de klassieke beveiliging, werd een trein ruim op tijd aangekondigd. Het verkeer wachtte geduldig voor de met bomen en hekken gesloten overweg. Als er hulpdiensten naderden, politie of brandweer, en de trein was net voorbij, dan deden we de bomen ‘Amerikaans open’, genoemd naar de uitmonstering van de Amerikaanse AHOB. Hup, linker bomen open, hulpdiensten passeren het verkeer links, dan schuin oversteken en dan konden ze weer snel doorrijden...”. Een pragmatische ‘work around’ bij het volledig afschermen (lockout) met dubbele bomen. Op bovenstaande foto van station Bilthoven zijn de nieuwe AHOB en nieuwe seinen bijna klaar voor gebruik. Bij een andere overweg in Bilthoven, toegepast vanaf 1999, was bij de ADOB (een AHOB met dubbele bomen) het risico op insluiten (lockin in plaats van lockout) en daardoor aanrijdingen te groot. Beide overwegen zijn inmiddels opgeheven en sinds 2017 vervangen door tunnels. Bij enkele overpaden op stations zijn sinds 2010 weer hangwerken aan bomen

aangebracht om te voorkomen dat voetgangers onder een boom doorkruipen om de trein te halen.

De fail-safe AHOB in Nederland

Op het gegarandeerd tijdig sluiten van de bomen kan vertrouwd worden, de beveiliging controleert dat niet; de aankondiging gebeurt door het detectiesysteem, dat aan de beveiliging is gekoppeld. Lichten en bellen zijn redundant uitgevoerd. De overwegsteller is gegarandeerd veilig (SIL4). Weggebruiker en machinist mogen ervan uitgaan dat alle overwegbomen op tijd dalen én gesloten zijn. Een boom daalt door de zwaartekracht. Dit principe is geïntroduceerd met de levering van Amerikaanse technologie en berust op de zgn. vormgevingsveiligheid (embodiment safety). In de veilige toestand houden de elektrische voeding of batterijen een boom open, een defect kan niet leiden tot een onveilige situatie.

Dit principe wijkt af van het Europese, doorgaans niet SIL4-principe. Het controleren van het gesloten zijn van de overwegboom in de beveiliging kost tijd (voor wegverkeer en/of treinverkeer, afhankelijk van de uitvoering), en dus capaciteit.



2000 Start ombouw AKI naar AHOB



2003 Eerste LED-sein in bedrijf (Amsterdam – Utrecht)

6

1987 - 2018

Seeing is believing

Om veranderingen met succes door te voeren helpt het als bepalende kenmerken voor de beoogde doelgroep duidelijk in beeld kunnen worden gebracht ('exposure'). Beelden kunnen helpen om te overtuigen en sneller resultaat te boeken. Denk aan een simulatie, een demonstratie, een tentoonstelling, een interne of externe publicatie, een Proof of Concept, een video, etc.. Enkele voorbeelden staan hieronder, enkele andere staan elders in deze kroniek.

IJs- en ijskoud, klimaatproef AHOB steller AY'81, 1987

De Nederlandse Machinefabriek Alkmaar (NMA) ontwikkelde de fail safe AHOB steller type AY'81, functioneel identiek aan de AHOB stellers type B en D van GRS uit de jaren 50 en 60. NS wilde de steller getest zien bij extreem lage temperatuur (-25 °C). Het kostte een jaar voorbereiding voordat een geschikte klimaatkamer werd gevonden en (omdat er geen overwegboom in paste) het ontwikkelen van een simulatie van de boomconstructie. Precies tijdens de proef, bij Philips Telecommunicatie Industrie PTI, in Huizen, in januari 1987, sloeg de winter toe (bron 20). Buiten was het -17 °C, in de klimaatkamer werd na uren afkoelen met moeite -22 °C gehaald. Berekeningen toonden later aan dat de simulatie de werkelijkheid goed benaderde. En NS was overtuigd van de goede werking van de steller bij lage temperatuur.



Demonstratie, met een bijzondere ontmoeting

Een ieder die in een omgeving werkt waar veiligheid centraal staat, komt ook met onveiligheid in aanraking. Op 31 mei 1995 vond in Mook een ernstig ongeval plaats. Bij het uitvoeren van wisselrevisie kwamen drie baanwerkers om het leven. Onderzoek vond o.a. plaats door de Rijksverkeersinspectie. Deze verzocht RIB om aan Mr. Pieter van Vollenhoven, toenmalig voorzitter van de Spoorwegongevallenraad, de werking van de beveiliging te demonstreren; de demonstratie werd gegeven door de auteur van deze kroniek. Met een NX-tableau werd de situatie gesimuleerd en, net als in werkelijkheid, technisch en procedureel in verband gebracht met het gebruik van een zgn. 'wisselrevisiekastje'. Van Vollenhoven en zijn gevolg lieten zich uitgebreid informeren en stelden veel vragen. Van Vollenhoven blikt in zijn boek (bron 21) "Hier onveilig? Onmogelijk!" (2012) terug op 'Mook'. Door werkdruk was afgeweken van de productienorm en werden de voorschriften niet gevolgd (bron 22). In de slotzitting van de Raad, die leek op een tribunaal, werden verantwoordelijken onomstotelijk met de conclusies van het onderzoek geconfronteerd. De werkwijze bij wisselrevisie werd aangepast, het gebruik van het wisselrevisiekastje verboden. De beoogde risicoreductie wordt bereikt door te stellen 'werkende = trein', een (vooral met regels, niet met techniek) afgedwongen striktere scheiding tussen werkzaamheden en operationeel gebruik.



Detail tableau emplacement Mook - Middelaar
Bron © sporenplan.nl



AHOB bij station Weezep
Foto ProRail

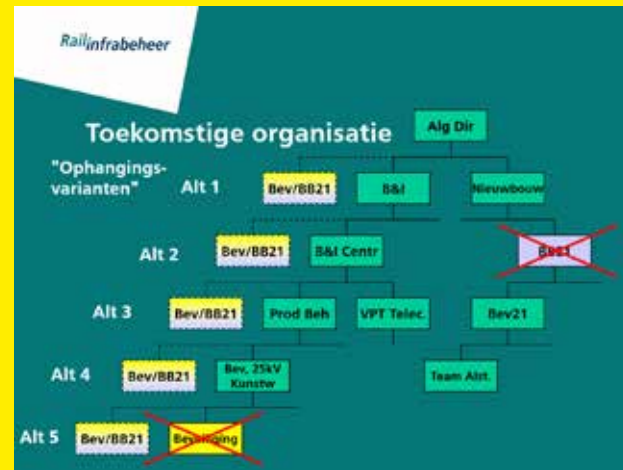
De overheidsdienst Inspectie Verkeer en Waterstaat, de voorloper van de huidige Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT), volgde per 2001 de Rijksverkeersinspectie op. De Spoorwegongevallenraad ging per juni 1999 op in de overkoepelende Raad voor Transportveiligheid, met van Vollenhoven als voorzitter. De Raad voor de Transportveiligheid ging op zijn beurt per 1 februari 2005 op in de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) met vanaf 2019 Jeroen Dijsselbloem als voorzitter.

2001 – 2003 Revitalisering Seinwezen

De groep Treinbeveiliging, onderdeel van een matrixorganisatie van Beheer en Instandhouding, bleek niet samen te kunnen werken met BB21, een programma dat ontstond onder de directeur Nieuwbouw en belast met de invoering van nieuwe technologie (zie bladzijde 34).

Een risico voor de vorming van een solide basis voor de toekomst van het beveiligingsdomein (bron 23). Door onderbemensing van B&I had BB21 geen toegang tot geaccumuleerde kennis bij B&I en het programma nam noodgedwongen taken van B&I over. Consultants ondersteunden bij het oplossen van dit organisatieprobleem. Een programma 'Revitaliseren Seinwezen'

werd nodig geacht. Beveiliging moest een prominentere rol krijgen met opwaardering van capaciteit en kennis. Een managementmemo noemde als kernpunten: technisch- / commerciële- en organisatorisch- / procesinhoudelijke verbeteringen. Alternatieven werden in een diagram (zie boven) weergegeven en op criteria gescoord. Met Alternatief 2 werd gekozen voor een gemeenschappelijke leiding voor beheer van beveiliging en BB21 onder de directeur B&I. De implementatie van ontwikkelingen op de Betuweroute werd door BB21 afgerond; de ontwikkelresultaten van beveiliging (Bev21 genoemd) kwamen onder beheer van Treinbeveiliging. Telematica en VPT gingen vervolgens weer als aparte eenheid met een eigen manager door; met Treinbeveiliging onder één manager bleek geen voordelen te hebben. Echter, door onvoorziene omstandigheden waren enkele hiërarchische niveaus ineens niet langer bezet. Een unieke periode, waarbij de teamleiding direct door de directeur B&I werd aangestuurd. In 2003 werd B&I Centraal de afdeling Infrastystemen. Later dat jaar kreeg Treinbeveiliging een nieuwe manager.



2003 - Mistral

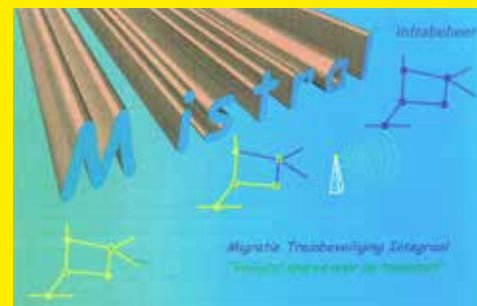
Vanaf 2003 bestond de nieuwe afdeling Treinbeveiliging uit de groepen Architectuur en Validatie (A&V), Systeem- en Productbeheer (SB) en Systeemontwikkeling en Migratie (SOM).

De implementatie van Bev21 met ERTMS en de vervangingsproblematiek zouden vanaf dat moment tot in 2018 met enige regelmaat met elkaar in verband worden gebracht. Nieuw beleid met de naam Mistral (Migratie Treinbeveiliging Integraal) moest borgen dat projecten oplossingen kozen die passen binnen de doelen van ProRail.

'Den Haag' werd snel geïnformeerd over Mistral.

De doelstellingen waren:

- Toename vervoerscapaciteit ('Beter Benutten');
- Gelijkblijvende veiligheid ('Stand still');
- Hogere beschikbaarheid ('Graceful Degradation');
- Migratie naar nieuwe technologieën ('Graceful Migration');
- Invoering werkplekbeveiliging ('Trein en werkende zijn gelijk');
- Lifecyclekosten benadering ('Business Cases').



Brochure Mistral, 2003
Bron Railinfrabeheer

2012 - 2017, Publicatie Sein Vooruit !

Voor gebruik intern ProRail verscheen de uitgave 'Sein vooruit !', voor het eerst in januari 2012. Deze brochure legt het verband tussen beleidsnotities, regelgeving, voorschriften, eisen, specificaties, procedures, processen, standaards, etc. op het gebied van treinbeveiliging. Sein Vooruit ! werd vastgesteld door het Management Team Treinbeveiliging. De derde uitgave (zie figuur) verscheen in 2017 (bron 24). Treinbeveiliging werd zo kort en krachtig toegankelijk gemaakt voor collega's van o.a. Asset Management, Innovatie, Procurement en Projecten.



Sein Vooruit !, uitgave 2017
Bron ProRail

Utrecht, Tentoonstelling Inktpot, 2013

Vanaf 19 februari 2013 werd gedurende twee maanden in de Inktpot in Utrecht, pal achter de receptie, de tentoonstelling gehouden 'Treinbeveiliging, de weg vooruit' (bron 25). De opening vond plaats door de directeur Operatie van ProRail. Door het symbolisch in werking stellen van het systeem overhandigde Movares de nieuwe open Programmable Logic Computer Interlocking (PLC Interlocking) met Commercial Off The Shelf (COTS) technologie aan ProRail (zie bladzijde 46). Dit systeem was kort daarvoor in gebruik genomen op het station van Santpoort Noord. Zo toonde de tentoonstelling een verscheidenheid aan oude en nieuwe techniek, foto's en video's aan een ieder, die de Inktpot betrad.

Proof of Concept Hybride Level 3, demonstratie ETCS National Integration Facility, Network Rail, Engeland, 2017

In 2017 voerde ProRail samen met Network Rail, Alstom, Hitachi, Siemens en Thales met succes een Proof of Concept (PoC) van ERTMS Hybrid Level 3 uit. In een uniek samenwerkingsverband werd de praktische haalbaarheid aangetoond.

Proof of Concept EULYNX, demonstratie Innotrans, Berlijn, 2018

Net zo'n unieke samenwerking ontstond in combinatie met DB Netz, waarbij door ProRail een innovatieve PoC met open COTS-producten kon worden gedemonstreerd op de Internationale Spoorwegbeurs Innotrans in Berlijn (18-21 september 2018). Dit gebeurde met medewerking van Hima, Movares, Pitz, Sweco, VRS en Thales (bron 26). Op EULYNX gebaseerde nieuwe technologie van o.a. niche partijen, in combinatie gebracht met de PLC Interlocking, leidde tot overweldigende reacties van Europese collega-infrastructuurbeheerders, ministeries en leveranciers, maar ook van delegaties uit Korea, Taiwan, Japan, China en India. Op de foto licht Monique Voorderhake de demonstratie opstelling toe



Foto Maarten van der Werff

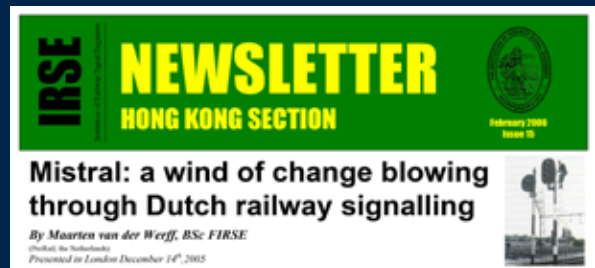
2012-2017

2013

2017

2018

7 Buitenlandse zaken



Spin-off publicatie na presentatie van een paper in London.
Bron IRSE

Nederland vormt samen met het buitenland een integraal spoorwegnetwerk met een grote diversiteit aan toegepaste infrastructuurtechnieken en culturen. De behoeften van de betrokken landen zijn op hoofdlijnen gelijk: het betrouwbaar veilig laten rijden van treinen tegen zo laag mogelijke kosten! Met buitenlandse collega-spoor-inframanager wordt samengewerkt als ware het collega's van zusterbedrijven. Van een Nederlandse spoorwegbeveiligingsindustrie is amper nog sprake, dus gaan ook die relaties over de grens. Binnen het vakgebied komen inframanager en marktpartijen in binnen- en buitenland om verschillende redenen samen voor o.a. kennis- en informatie-uitwisseling.



Parijs, Gare du Nord, 2019,
Foto Maarten van der Werff

Cultuurverschil en de gevolgen

Europese spoorwegbedrijven stationeren soms medewerkers bij de Union Internationale des Chemins de fer (UIC) te Parijs. Zo werd in 2010 in een stuurgroep van een Europees project een nieuwe functionaris geïntroduceerd, een voormalig directeur van een Oost-Europese spoorwegmaatschappij. Een 'gentleman', ervaren, welbespraakt, o.a. in het Engels en Frans. Zijn internationale gehoor werd al snel geconfronteerd met zijn afkomst: democratische processen waren hem vreemd. Discussie in een vergadering was nog mogelijk, maar besluitvorming moest eronder lijden.

1983 Siemens leverde een uniek toetsenbord bedieningssysteem voor de NX-beveiliging van Rotterdam, o.a. toonfrequent spoorstroomlopen voor treindetectie (Sneltram Utrecht-Nieuwegein/IJsselstein, Amersfoort Heuvel 1987 en Venlo 1988) en systemen voor detectie op de Noordelijke Nevenlijnen. Siemens werd in 1986 leverancier voor NS van elektronische beveiligingssystemen.

1989 SASIB (Italië) nam Europese en Amerikaanse activiteiten van GRS over; in 1998 werd SASIB onderdeel van Alstom. B-relais werden in opdracht van de Spoorweg Sein Industrie (SSI) gefabriceerd door Philips Telecommunicatie Industrie (PTI) in Hilversum, later door PEEK Traffic. De toenemende leeftijd van relais leidde tot revisie in opdracht van NS, tegenwoordig ondergebracht bij Nieaff Smit onder de naam Mors Smitt, onderdeel van het Amerikaanse Wabtec.

1990 Een werkbezoek van NS aan GRS leidde tot het besluit ook Amerikaanse elektronische beveiligingen toe te passen.

1999 Vialis ontstond door de samenvoeging van Nederland Haarlem en Volker Stevin Systems. In 2001 trad NMA Railway Signalling toe tot Vialis.

1983

1989 – 2021

1990

1999

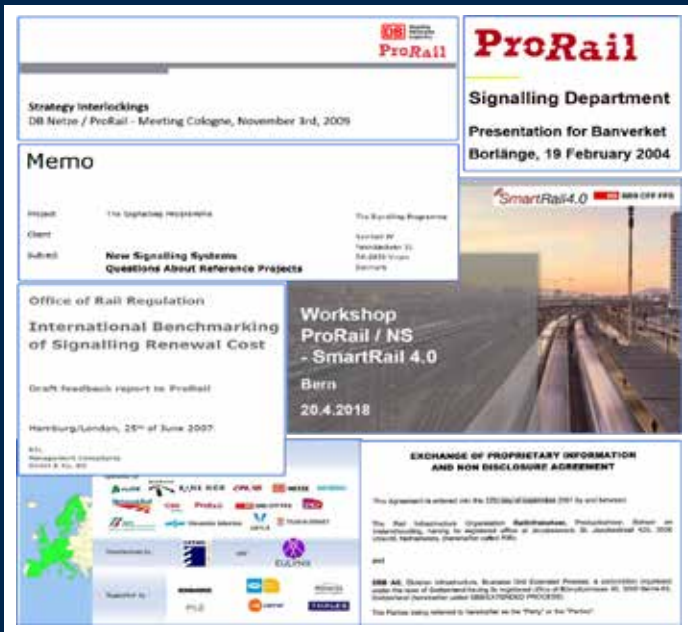
Managers Signalling

Met regelmaat wordt informatie uitgewisseld, soms vertrouwelijk. Er zijn soms grote verschillen, vaak grote overeenkomsten (status, rol, uitdagingen). Binnen het vakgebied gaat het dan over beveiligingsprincipes, vervangingsstrategieën, ERTMS, interlockingstrategie, lifecyclemanagement, treindetectie, migratie, digitaliseren, opleidingen, etc. Dit brengt ons o.a. kostenbesparingen, betere kennisopbouw en verbrede inzichten.

Suppliers Signalling

In 1924 was een 'nauwe en prettige relatie door een studiereis' nog een basis voor zaken doen; tijdens de Oorlogswinter 1944/1945 was 'uit het hoofd' een bestelling gedaan van beveiligingsmaterialen (bron 04). Na de Tweede Wereldoorlog werden uit Amerika ingevoerde robuuste producten met een lange levensduur toegepast. Commerciële en logistieke overwegingen brachten de productie van buitenlandse seinwezen technologie naar Nederland. In minder dan een eeuw is er veel veranderd. Het kopen bij spoor-specifieke leveranciers maakte aan het eind van de vorige eeuw plaats voor het contracteren op basis van leveranciers-onafhankelijke specificaties. Het ontbreken van de oorspronkelijke specificaties, o.a. die welke de veiligheid en beschikbaarheid bepalen, bemoeilijkt nog altijd het verwerven van vervangende producten. Uniformeren, standaardiseren en digitaliseren lossen het probleem van ontbrekende specificaties nog steeds niet op. Het naleven van de regels voor marktwerking ('compliance') werkt daarom complicerend. Moderne spoortechologie komt veelal uit het buitenland. Voor leveranciers hebben ontwikkelingen in beveiliging vanwege hun aard vaak een hoog risicoprofiel (tijd/geld). Voor beveiliging erkende Nederlandse ingenieursbureaus verrichten onderzoeks-, ontwerp- en uitvoeringsbegeleidingswerkzaamheden. De rol van ingenieursbureaus verandert richting het risicodragend participeren en/of hoofdaannemerschap.

N.B. Levering en productie van specifieke seinwezenmaterialen tot aan de modernisering in 1988 is beschreven in seinwezen.net



Collage diverse presentaties
Bronnen ProRail

2001 Levering van specifieke overweginstallaties met lussen van Scheidt & Bachmann.

2003 BB21 contracteerde Alstom en Bombardier.

2007 Beveiligingsactiviteiten van Alcatel werden ondergebracht bij Thales, leverancier van verschillende assentelsysteem.

2012 HIMA uit Duitsland werd interlocking leverancier.

2019 Pintsch Duitsland werd gecontracteerd voor de levering van compacte lichtseinen.

2001

2003

2007

2012

2019

8

1990

Europese standaardisatie



Europese specificaties voor interoperabiliteit (ERTMS) en interface specificaties voor baangebonden systemen (volgens de EULYNX-specificatie) vormen samen de basis voor de zogenaamde Radio Based Signalling en alle systemen die hier verder voor nodig zijn (Level 2 en hoger). ERTMS Level 1 heeft een met ATB NG vergelijkbare functionaliteit en voegt voor Nederland weinig toe. Verdere ontwikkeling voor de komende jaren betreft de ERTMS Game Changers, hieronder vallen o.a. Automatic Train Operation (ATO), Future Radio Mobile Communication System (FRMCS), verbetering remcurvemodel, Level 3 en treinlokalisatie (in plaats van baangebonden treindetectie).

Ontwikkelingen per land starten met verschillende conventionele systemen, gemeenschappelijke hogere ambities leiden tot systemen die voldoen aan Europese standaarden.

Kostenbeperking en interoperabiliteit zijn belangrijke drijfveren.

1998 - 2008. Het programma BB21 ontwikkelt de systemen voor de toekomst

BB21 betekende eerst Beter Benutten, later Besturing en Beveiliging voor de 21e eeuw. Met een korte lijn naar de directie ontstond onder directeur Nieuwbouw het programma BB21 voor de ontwikkeling en invoering van vier categorieën nieuwe systemen voor resp. beveiliging (met ERTMS), beheersing (VPT+), communicatie (GSM-R) en energievoorziening (25kV), primair bedoeld voor vier Megaprojecten (HSL Zuid, HSL Oost, Betuweroute en Amsterdam-Utrecht). Daarna zouden systemen ook elders toegepast kunnen worden.

De voor beveiliging relevante ontwikkelingen in BB21 hebben geleid tot (voor het eerst overeenkomstig CENELEC gedocumenteerde) kennisopbouw, die nodig was voor het met ERTMS operationeel indienststellen en beheren van de viersporigheid Amsterdam-Utrecht en de Betuweroute. De overheid voerde zelf de HSL Zuid uit. De HSL Oost ging uiteindelijk (2001) niet door.



ERTMS

European Rail Traffic Management System (ERTMS) is een door de European Union Agency for Railways (ERA) uitgegeven specificatie voor cabineseïngang met treinbeïnvloeding (European Train Control System, ETCS), een radiocommunicatiesysteem (Global System for Mobile communications for Railways, GSM-R) en uitvoeringsregels voor spoorverkeersleiding en exploitatie (operating rules). De toepassing van ERTMS is door de Europese Commissie voorgeschreven (Regulation (EU) 2016/796), nationale wetgeving is hiervan afgeleid. ERTMS wordt vaak genoemd, waar het deelsysteem ETCS wordt bedoeld. ERTMS bestaat uit baangebonden en treingebonden systemen. De ontstaansgeschiedenis gaat terug naar de 90-er jaren van de vorige eeuw (UIC-project A 200). Streven is om per 2030 ca. 50.000 km van het meer dan 250.000 km lange Europese spoornetwerk van ERTMS te voorzien, en daarna meer. Met Technische Specificaties voor Interoperabiliteit (TSI's) ontstaat een samenhangend grensoverschrijdend Europees spoorwegsysteem. ERTMS volgt hierbij de 23 verouderde nationale treinbeïnvloedingsystemen op; wijzigen daarvan is niet meer toegestaan. De uitwerking van de TSI is opgenomen in de Nederlandse Regeling Spoorverkeer. Het ProRail ERTMS-Programma zorgt voor de ontwikkeling en realisatie van ERTMS Level 2, Baseline 3, Release 2 in Nederland.

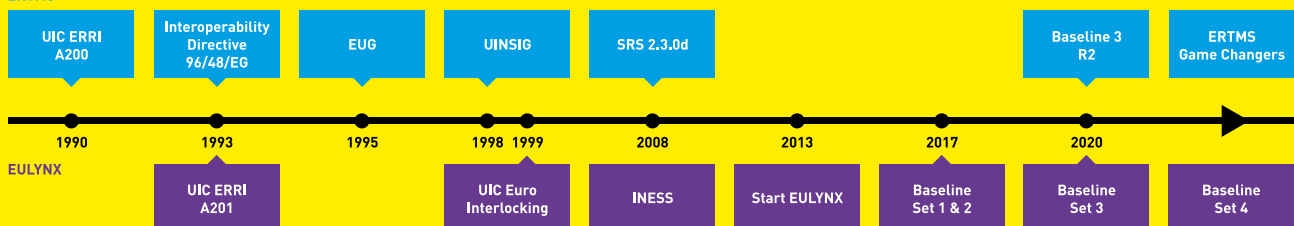
Zie ertms.be.

EULYNX

EULYNX is een Europees initiatief van Inframangers om interfaces en elementen van de beveiligingssysteem zodanig te standaardiseren dat een modulaire systeemarchitectuur ontstaat. In een veranderende systeemarchitectuur, bevordert dit de uitwisselbaarheid en wordt de strijd aangegaan met Vendor Lock-in situaties. De ontstaansgeschiedenis gaat eveneens terug naar de 90-er jaren van de vorige eeuw. In UIC-project A 201 (bron 27) werd geadviseerd een Common Core functionaliteit te standaardiseren om tot kostenreductie te komen. In EURO INTERLOCKING werden kwalitatieve en functionele eisen van zes landen samengebracht (bron 28). Het standaardiseren van interfaces in de architectuur slaagde niet bij gebrek aan een adequate aanpak en medewerking van partijen. Inmiddels werd in Europa de marktwerking gereguleerd. Daardoor ontstond in INESS (INtegrated European Signalling System (bron 29)) het inzicht dat, ondanks de tot stand gekomen Common Core, harmonisatie beter mogelijk was door standaardisatie van interfaces binnen een door de spoorwegen gedicteerde modulaire referentie architectuur. De markt houdt de mogelijkheid per module te innoveren. Dit resulteerde in EULYNX, op basis van Model Based System Engineering, aangevuld met standaardisatie van een aantal overkoepelende onderwerpen binnen het interlocking domein. Een eerste toepassing van EULYNX Baseline Set 3 te Amsterdam wordt voorbereid.

Zie eulynx.eu.

ERTMS



CENELEC 50126/..28/..29 Elektrotechnische normen voor de railsector

De TSI refereert aan o.a. CENELEC 50126/..28/..29 normen, die in de 90-er jaren zijn ontwikkeld. Deze schrijven voor welke processen bij ontwikkeling volgens het V-model, van specificeren tot en met testen, moeten worden gevolgd. Ze zijn bedoeld om aan te tonen dat aan eisen voor betrouwbaarheid, beschikbaarheid, onderhoudbaarheid en veiligheid moet zijn voldaan.

De kunst van specificeren

Binnen Europa is er, om tot standaarden als CENELEC, ERTMS, EULYNX, e.a. te komen, geen standaard werkwijze. Management en specialisten uit verschillende landen met verschillende culturen komen met een globale visie en een gemeenschappelijke motivatie samen. Dit op zich heeft al een toegevoegde waarde. Met de adequate samenstelling van specialisme leiden discussies over verschillen en overeenkomsten tot abstracte resultaten. Bij voldoende commitment (voor inframanager en gebruikers) kunnen zo de standaard-specificaties ontstaan. Grote landen hebben vaak meer inbreng (budget, medewerkers, belangen vanwege een grote 'installed base'), maar een klein land kan een 'topper' leveren. Om de nationale belangen te dienen is strategische positionering in stuur-, project- en werkgroepen belangrijk. Europese samenwerking biedt daarmee toegang tot een enorm potentieel aan o.a. kennis. De kunst is om meer te 'halen' dan te 'brengen'.

Het in woorden specificeren van wat moet leiden tot software voor elektronische systemen is per definitie gevoelig voor verschillende interpretaties. En bij het opstellen van de goede eisen en specificaties moeten zowel het proces (tekst Loesje hiernaast) als de inhoud (citaat hieronder) kloppen.

JE MOET
DE WAARHEID
NIET VERWARREN
MET DE MENING VAN
DE MEERDERHEID

Loesje

Vlaams treinpersoneel roept om in de Thalys:

“Heeft U Brussel-Zuid als eindbestemming dan verzoek ik U hier vriendelijk uit te stappen”.



Hoe hangen de functionele eisenspecificaties voor de Nederlandse integrale systeem-architectuur met elkaar samen? De specificaties van de Nederlandse functionaliteit voor interlockings hebben als basis Euro Interlocking, resp INESS en EULYNX. Voor ERTMS-projecten worden die gecombineerd met de specificaties volgens ERTMS. Ze worden gebruikt in programma's van eisen voor de aanbesteding van interlocking- resp. ERTMS-projecten (resp. het ERTMS-Programma) (bron 30).

De praktijk in een voorbeeld: één top-eis ('treinen mogen niet botsen') is uitgewerkt via functies naar een detail-specificatie, in het Engels met een standaard terminologie (uit zgn. 'glossaries') (zie volgende bladzijde), waarbij vertaal- en interpretatieverschillen niet kunnen worden uitgesloten. Eisen worden goedgekeurd volgens een test- en acceptatieproces.

Voorbeeld uit INESS

Trains shall not collide.

“Route shall be unoccupied and unobstructed”.

Nederlands: “De rijweg moet vrij en onbelemmerd zijn”.

Is flank protection included in this requirement?

Where a parallel route has been set over a previously flank locked element, the release of applied route locking and flank locking shall be mutually exclusive.

Sub System Specification route detailed requirements:

Trackside equipment in the route from entry- to exit signal is reserved (which makes them unavailable for other usage).

Points and locking devices outside the route, used to provide flank protection, are reserved as flank protection point, and cannot be steered to another position. Points outside the route, but in TVP sections of the route must also be reserved for the route.

```
BOOL 20C-NS = (.N.8-AGZ * (11-NS + 11 - RWZ) * (20C-TP + 20C-NS))  
BOOL 4C/D-NS = (.N.6 - AGZ * (13 B-NS + 13 - RWZ) * (4C-TP * 4 D - YP + 4C/D - NS ))
```

```
<ic> activate[forall '<cfg> setting' is_true '<cfg> pre_cond' in  
'lockable elements'.get_state]/ forall '<cfg> setting' do send  
'lockable elements'.'<ic> activate'{$cmd:='<cfg> cmd'}
```

De leverancierssystemen 1 en 2 leiden tot verschillende technische oplossingen. Daarom geldt voor iedere leverancier de eis dat hun systemen altijd de seinen moeten tonen, met de betekenis zoals die voorgeschreven is in de Nederlandse Ministeriële Regeling Spoorverkeer (d.w.z. rijtoestemming met garanties).

In INESS is een analyse gemaakt van de eisen die de verschillende landen aan de beveiliging stellen. Nederland bleek een relatief ‘dunne’ interlocking te hebben, gebaseerd op slechts 600 eisen. De Duitse beveiliging daarentegen telt volgens dezelfde analysemethodiek bijna 1100 eisen. Deze gebruikers hebben meer verwachtingen, eisen meer functionaliteit. Dat uit zich bijvoorbeeld in veel meer verschillende mogelijke (complexe) seinbeelden voor Duitse machinisten, gerealiseerd met een veel ‘dikker’ interlocking (zie figuur sein). Door eisen anders te formuleren, samen te nemen of op te delen, kon aangetoond worden dat met één (verbijzonderde) set van 1150 ‘standaard’-eisen aan alle nationale eisen van Europese inframanagers voldaan kon worden (bron 31). Het realiseren van een standaard interlocking op basis van deze standaard set eisen bleek in de uitwerking te moeilijk, vooral door veranderde wetgeving rond marktwerking en voorziene issues bij contracteren.

Toelichting

37

Topeis

Hogere regelgeving

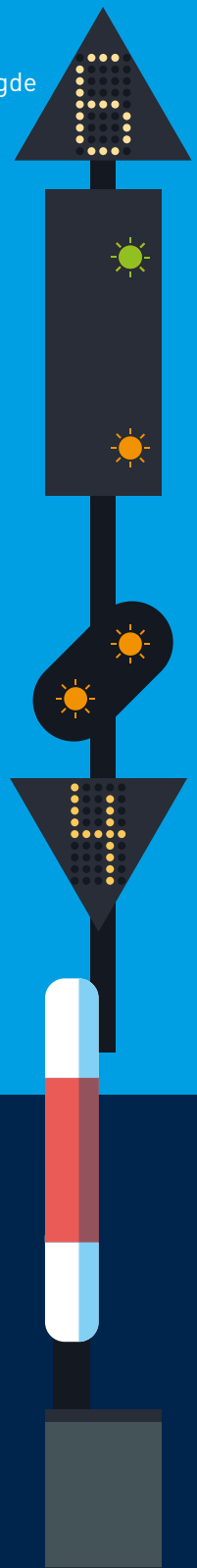
Wat wordt verwacht?

Formulering in een beoogde Europese standaard

Detailniveau eis voor aanbesteding.

Voorbeeld oplossing leveranciersysteem 1

Voorbeeld oplossing leveranciersysteem 2



2002 - Systeemontwikkelingen voor BB21

Omdat de ontwikkelambities van BB21-contractpartijen Alstom en Bombardier voor autolokalisatie en ERTMS Level 3 niet werden gehaald, werd bij heroriëntatie besloten twee specifieke realisatieprojecten aan deze leveranciers te gunnen. Alstom realiseerde Smartlock 300 met een Radio Block Centre (RBC) (voor ERTMS Level 2 zonder seinen) met o.a. Jade spoorstroomlopen in project Betuweroute, Bombardier realiseerde op Amsterdam – Utrecht Ebilock 950 voor zgn. Mixed Signalling (voor ERTMS Level 2 én het nationale seinstelsel). Bij laatstgenoemde ontwikkeling gebeurde iets vergelijkbaars als bij EBS vóór 1994: de voor Nederland nieuwe leverancier Bombardier moest zich veel moeite getroosten om de Nederlandse (niet – Europese) beveiligingsprincipes te doorgronden.

2004 - Systeemontwikkelingen voor Mistral

Voor vervanging van oude relaisinstallaties waren de aanwezige contractrelaties met Alstom en Siemens de basis voor systemen met de namen VPI+ en EBS+. De gesprekken met Alstom werden gestopt, Siemens bleef over. De directie van ProRail wilde een oordeel over de kwaliteit van de eigen vervangingsplannen voor opgave aan het Ministerie. Een managementconsultancybureau concludeerde in 2004 dat de toename van de grootte van de interlockings zou resulteren in een voordeel voor de keuze van het Siemens systeem. Op basis van een in 2002 vastgesteld Programma van Eisen werd met Siemens overeengekomen de Simis C functionaliteit van EBS om te zetten in Simis W voor de EBS+. In 2004 werd het contract getekend. Indienststelling van de eerste EBS+ in Deventer volgde in 2007.

2004 - Bepaling technische levensduur B-relais

In 2004 verschijnt het rapport 'Bepaling technische levensduur B-relais-installaties – Case 1953 - 1968' (bron 32). Visuele inspecties, faalmodi-onderzoeken, informatie uit projecten, meetdata relais, storingsdata en meer werden vertaald in restlevensduur van installatiedelen. Prioriteiten voor vervanging werden gesteld en geïmplementeerd: binnen drie jaar, acht jaar en vijftien jaar. Een deel van de installaties was niet vervangbaar of deels op termijn niet meer leverbaar, wat tot grootschalige vervanging van de hele installaties noodzaakte (bron 33). De kosten werden later geschat op 1,3 miljard Euro (bron 24) (op een installed base van 3,5 miljard Euro, schatting 2014). Een bedrag waarvoor de president-directeur de eindverantwoordelijkheid draagt in het besluitvormingsproces, de goedkeuring van de overheid bleef echter achterwege. Pas in 2014 kwam een bedrag voor vervanging beschikbaar.

2005 - Ontstaan ProRail B.V.

De publieke taken van Railinfrabeheer, Railned en Railverkeersleiding werden gefuseerd. ProRail werd verantwoordelijk voor aanleg, onderhoud, beheer, capaciteitsverdeling en veiligheid in het kader van de spoorwegwet. De spoorwegveiligheidsstaak van Railned ging naar de Inspectie Leefomgeving en Transport.

2002

2004 Laatste
inbouw ATB-
baanapparatuur

2004

2004
Uitrol VPT
gereed

2004

2004
Introductie
GSM-R

2005

2007 - 'Naar een volledig gedigitaliseerde treinbeveiliging'

De ERTMS-beveiligingen van de HSL-Zuid, Betuweroute en Amsterdam – Utrecht, en de EBS+ in Deventer, werden vanaf 2007 in gebruik genomen. BB21 had niet aan alle verwachtingen voldaan, waardoor leveranciers geen gelijke kans hadden om (toekomstige) systemen aan te bieden. (bron 34). De urgentie om verouderde technische beveiligingsinstallaties te vervangen groeide, het Beter Benutten verdween naar de achtergrond. Het rapport 'Naar een volledig gedigitaliseerde treinbeveiliging' werd opgesteld (bron 35). Hierin werden plateaus onderscheiden voor de toekomst; ze keken vooruit naar resp. 2008, 2012 en 2030. De missie noemt:

- Wederkerige relatie met leveranciers;
- Toepassing standaarden;
- Beheer met marktwerking;
- Samenwerking tussen beheerder, realisatieprojecten en leveranciers;
- Snelheid en praktijkgericht ontwikkelen;
- Open innovatie door inzet marktpartijen;
- Treinbeveiliging is het competentiecentrum;
- Stakeholdersmanagement.

Terugkijkend kan gesteld worden dat 2/3 van de 75 (over de drie plateaus verdeelde) verbeterpunten zijn gerealiseerd. Soms is er sprake van voortschrijdend inzicht. De overige aanbevelingen kunnen altijd later nog worden gerealiseerd!

2008 - Treinbeveiliging werd ISO9001 gecertificeerd.



2009 - Mistral Supplier Strategy

Consultant bureau Booz & Company adviseerde (bij de in 2007 geformuleerde missie) over de Supplier Strategy dat iedere extra leverancier extra kosten veroorzaakt, maar om commerciële-, concurrentie- en lifecyclekosten-redenen het werken met twee leveranciers voordelen zou bieden en daarmee interessant genoeg was voor de weinige marktpartijen in dit vakgebied (bron 36). Er volgde nog geen besluit.

2010 - Herindeling Treinbeveiliging

Na opnieuw een wisseling van management op het niveau van de afdeling Treinbeveiliging en daarboven, werd in 2010 in de afdeling een bewuste scheiding aangebracht tussen inhoudelijke specialisten voor beheer en ontwikkeling (in groepen gescheiden: conventionele en nieuwe technologie), en zgn. koersbepalende Expertgroepen ('de hoeders van het gedachtegoed') voor de domeinen ERTMS en Interlocking (functionaliteit van de beveiliging) (bron 37). Een model dat bekend is uit energie, lucht- en ruimtevaart, de marine, etc., waar wordt gesproken van een zgn. Design Authority, omdat treinbeveiliging voor ProRail werd gezien als een 'Mission Critical System'. Zij moesten ook voorkomen dat zowel in ProRail-projecten als in Europese gremia op resp. de terreinen van interoperabiliteit en beveiligingsarchitectuur, functionaliteit en kostenconsequenties besluiten worden genomen waar ProRail als geheel hinder van kon ondervinden. Een aparte groep werd gevormd voor Project ondersteuning, Ontwikkeling en Specificaties (POS). Het werken en ontwikkelen onder architectuur deed zijn intrede. Ongeveer op hetzelfde moment werd een uitrolstrategie ontwikkeld door een nieuw geformeerd ERTMS-team met een eigen leider. De doelgroep hiervoor was het Strategisch Overleg van de spoorbranche en het Ministerie. Om intern geen conflict te vormen met de bestaande afdeling werd een taakafbakening vastgesteld (bron 38). De hoofdlijn hiervan was dat de functionele en financiële aspecten van ERTMS en MISTRAL gescheiden werden van technische specificaties, ontwerpkeuzes en meerjaren vervangingsreeksen van treinbeveiliging (inclusief ERTMS).

2007

2008


2009

2010

9 Veiligheidsmanagement

Veiligheidsmanagement in het domein van treinbeveiliging richt zich op de veiligheid van systemen en hun toepassing, in combinatie met regels en procedures. Veilig functioneren en veilige inpasbaarheid bij implementatie zijn aantoonbaar: voor de hele lifecycle van systemen, voor normale situaties, werkzaamheden en bij storingen. Bovenliggend kader is de in 2004 in werking getreden Europese Spoorwegveiligheidsrichtlijn. Sinds 2019 geldt de nieuwe Spoorwegwet. Jaarlijks brengt de Inspectie Leefomgeving en Transport van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat een verslag uit over de veiligheid op het spoor. ProRail hanteert het Veiligheids Management Systeem (VMS), dat verschillende vormen van veiligheid omvat (systeemveiligheid, externe veiligheid, ARBO-veiligheid, security, sociale veiligheid, etc.).

Emplacement Utrecht
Foto ProRail



Een 'hazard' is een voorval waar je geen scenario voor opstelt

Veiligheidsbeoordeling bij NS en RIB was tot en met het begin van de 21e eeuw gebaseerd op gedetailleerde regelgeving in combinatie met het vertrouwen in vakmanschap, in plaats van expliciete bewijsvoering. Door bij het technisch ontwerp vooraf rekening te houden met zowel mogelijk falen door slijtage, als bepaalde technische faalwijzen en externe condities, garandeerde de toepassing van 'fail safe'-techniek de systeemveiligheid, mits ook regels voor preventief onderhoud, revisie e.d. werden gevolgd. De technologie van wissel- en ahobstellers, relais e.d., en hun toepassing is nog steeds ongewijzigd op dit principe gebaseerd. In de tweede helft van de vorige eeuw ontstonden voor bedrijfsvoering en wijzigingen van installaties de regelingen voor het borgen van veilige berijdbaarheid bij werkzaamheden (RLN60001). Ontwerpen van relaisinstallaties werden van oorsprong vastgelegd op (ASI-)modelbladen, daarna werden de regels voor toepassing en ontwerp in ontwerpvoorschriften beschreven (de oorspronkelijke nummering werd ingepast in latere de OVS60000-structuur). Sinds 1977 kende NS de Rood Label Procedure, de regeling is in de 90-er jaren geactualiseerd (RLN60002); deze beschrijft het kwaliteitsonderzoek van veiligheidscomponenten met vermeend falen. Het kwaliteitssysteem van een leverancier beschrijft zijn handelen en communicatie bij het vaststellen van een nieuw veiligheidsissue (vergelijk een 'terugroepactie'). Vindt de systeembeheerder het nodig (bijvoorbeeld landelijk) maatregelen uit te schrijven dan wordt de Procedure Veiligheidsbericht (PRC00004) gehanteerd. Technische vooruitgang bracht moderne technologie en processen. Elektronica en programmeerbare systemen kennen andere technische faalwijzen: 'bits en bytes hebben geen 'fail safe'-gedrag'. Volgens de spoorwegrichtlijn 2004/49/EC moet bij een significante wijziging in het spoorwegsysteem (dus inclusief functionele of operationele veranderingen), na een systematische analyse van risico's volgens de Common Safety Method – Risk Evaluation and Assessment (CSM-REA), (beheers-) maatregelen worden getroffen. Hierbij past een op risico's

gebaseerde bedrijfsvoering, inclusief degelijke schriftelijke bewijsvoering (zoals safety cases, risk-logs, hazard logs, e.d.).

Het risicomangementproces is een continu proces en volgt de Plan, Do, Check, Act cyclus. Door inventarisatie van risico's die kunnen optreden, worden maatregelen genomen om ongewenste gebeurtenissen te voorkomen. Pas als de genomen maatregelen voldoende effect zullen hebben kan van een aanvaardbaar restrisico worden gesproken. Als blijkt dat meer maatregelen nodig zijn begint een nieuwe Plan, Do, Check, Act cyclus. Deze werkwijze is vanaf 2003 in de overgang van RIB naar ProRail ingevoerd (bron 19).

Het ontwerpproces op basis van o.a. ontwerpvoorschriften borgt dat door het hanteren van ontwerpvoorschriften risico-arme projectoplossingen worden gerealiseerd. Het interne vrijgave- en autorisatie proces valideert deelproducten en het eindresultaat, en beoordeelt het correct doorlopen hebben van het ontwikkelproces. Voor lokaal afwijkende situaties kan een aanvullende risicobeoordeling nodig zijn.

Bij ontwikkel- en realisatieprojecten zijn de door CENELEC vereiste onafhankelijke toetsing van (tussen-) resultaten, verificatie en validatie essentiële stappen. Het werken met ontwerpvoorschriften is bij deze werkwijze onveranderd. In omschreven situaties worden eisen gesteld aan de mate van vakbekwaamheid, ervaring, houding en gedrag. Voor de uitvoering van bepaalde veiligheids-kritische (kern-)taken wordt certificering van personen vereist. In de operatie en in het beheer wordt alert gereageerd op het constateren van afwijkingen (incidenten e.d.), ze kunnen noodzaken tot bijsturing.



Spoorwegongevallen in Nederland (1839-1993) gaat in op de technische kant van ongevallen, in de context van ontwikkelingen met aandacht voor voorschriften en reglementen.

10 Het managen van kennis van treinbeveiliging

Het managen van professionals

Welke kennis? Het werkgebied van treinbeveiliging kent vele specialismen en is daarmee breder dan één goed opgeleide medewerker kan behappen. Kennis hoe technische systemen werken ('know how') is niet het belangrijkste. De beheerder en verdeler van netwerkcapaciteit weet ook welke systemen waarom nodig zijn ('know why') voor het veilig en efficiënt afwikkelen van treinverkeer. Kennis, aanwezig bij opdrachtnemers of andere branchegenoten, kan de kennis nodig voor de regie- en integratierol van Prorail niet vervangen; die specifieke kennis is elders ook niet aanwezig. De kennisorganisatie borgt op een systematische wijze een tastbaar resultaat, waarmee typische vragen voor het certificeren kunnen worden beantwoord:

- “Denk je het, of weet je het zeker?” Veiligheid is aantoonbaar; in de hele procesketen en over de hele lifecycle;
- “Waar staat dat?” De vastlegging hiervan heeft een groot aantal documenten van systemen en producten tot gevolg;
- “Mag ik dat even zien?” De aard en soort van documenten is bijzonder in kennis en aanpak.

De generalist en de specialist in treinbeveiliging

Het meest abstracte kennisniveau ziet niets wezenlijks over het hoofd. Daar heerst overzicht op het integrale domein treinbeveiliging en de raakvlakken met de omgeving. Specialisten op systeemniveau volgen de voorschriften om veiligheid te kunnen aantonen. Hun gedachtenwereld is fundamenteel: de specialist moet stellen “iets is onveilig, tenzij het tegendeel is bewezen”. Dat maakt de specialist niet altijd populair. Specialisten Treinbeveiliging voldoen aan het T-profiel: diepgaande kennis op een beperkt kennisgebied, en in de breedte overlappend met anderen, onderlinge aansluiting moet zijn geborgd.



Banner IRSE
in de Inktpot
Foto Maarten
van der Werff



2006 Eerste Ebi-lock950 in bedrijf (Utrechtboog)



2007 Eerste Smart-lock 300 met ERTMS in bedrijf (Betuweroute)



2007 Eerste Ebilock 950 in bedrijf (Amsterdam – Utrecht)



2007 Eerste EBS+ SIMIS W in bedrijf (Deventer)

Kennismanagement

In 2005 is in de afdeling Treinbeveiliging per kennisgebied en per medewerker, voor de ist- en de soll-situatie, de kennis in kaart gebracht (bron 39). In 2007 is deze kennis ProRail-breed geïnventariseerd (bron 40). In 2008 zijn verbetervoorstellen gerapporteerd (bron 41). Hieruit ontstonden leidende principes voor de kennispositie van treinbeveiliging en voor het leiding geven aan professionals. Dit is o.a. vastgelegd in het Ontwerpboek van vakmanschap en vernieuwing (bron 42), samen met vergelijkbare trajecten bij o.a. Rijkswaterstaat, de politie, een Ministerie en de Belastingdienst. De conclusies:

- Leren doe je van een ontwikkelproces door daaraan actief deel te nemen;
- De organisatie moet het doel geven, en uitgaan van ambitie, toekomstvisie en sterke punten;
- Werken en leren moeten samengaan; training on the job.

“Seinwezen leer je niet op school ...”. Onafgebroken ontstaat nieuwe kennis, het meeste buiten ProRail, bij de markt, bij kennisinstituten. De belangrijkste referenties:

- Theorie: Kennismanagement volgens Weggemans (diverse publicaties) en Kessels (bovengenoemd);
- Onderzoeken: Kennisinstituten (Technische Universiteiten Eindhoven, Twente, Delft);

Sinds 2017 is een fulltime hoogleraar Railverkeerskunde aangesteld aan de Technische Universiteit Delft;

- Netwerken: IRSE, met een Nederlandse sectie; de internationale beroepsvereniging voor treinbeveiliging en aanverwante kennisvelden;

o.a. knowledge base IRSE-website en seinwezen.net.

- Proces, product, prestatie delen en vergelijken met buitenlandse collega's;

In samenwerkingsverbanden of met incidentele uitwisselingen;

- Lezen: Het vakblad Signal+Draht is het toonaangevende internationale vakmedium;

Een medewerker van ProRail treinbeveiliging heeft een zetel in de adviesraad;

- Praktijk: Railcenter (Amersfoort);

Sinds 2017 de unieke plek voor verbinding van vakmanschapontwikkeling, technologie en vakmensen met liefde voor het spoor;

- Interesse: De Nederlandse Vereniging voor Belangstellenden in het Spoor- en tramwegwezen (NVBS) geldt als een kenniscentrum.

In 1997 heeft de toenmalige directie aangegeven dat de spoorbeheerder en NVBS een wederzijds belang hebben informatie over operationele installaties te kennen; daarom wordt desgevraagd aan uitwisseling van informatie meegewerkt.



Recept voor stimuleren van gezamenlijk leren Sibrenne Wagenaar	108
Leerteams als motor van de kennispomp Erik Deen, Joseph Kessels en Maarten van der Werff	124
Vakmanschap op de werkvloer Mariël Rondeel, Leo Dercksen en Marjan Lont	136

Welke rol speelt het kennisniveau ten opzichte van de kennis over de inhoud?

Voorbeeld:

“In 2016 is het rapport over aardfoutproblematiek opgesteld door iemand die lucht- en ruimtevaart studeerde”.

2007 EMC-maatregelen bij 25kV in bedrijf (Betuweroute en HSL)

2007 Laatste AKI naar AHOB omgebouwd

2007 Eerste ATB Vv in bedrijf

2009 Eerste SIMIS W met ERTMS in bedrijf (HSL)

11 2012 Digitaliseren (vervolg)

Digitaliseren is de overgang van informatie naar een digitale vorm. Digitaliseren is inmiddels ook een technologische trend in verschillende systemen en processen. Wiskundig te analyseren methoden en technieken verbeteren het specificeren, testen en valideren, gebaseerd op natuurlijke taal.

2011 Besluiten Stuurgroep ERTMS Mistral

In de systeemarchitectuur werden voortaan de concepten ETCS-Lines (als resultaat van toepassing van ERMTS), Main Line, Regio Line en Yard onderscheiden. Met de daarvoor geëigende vorm van contracteren werden nieuwe Vendor Lock-in constructies vermeden. Mistral werd als apart beleid niet langer gehanteerd. Vervanging viel voortaan onder de lijnorganisatie. Maar dat loste de problematiek niet op. Een nieuw budgetoverzicht werd afgestemd met het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M). De afdeling Vervoer en Dienstregeling richtte (samen met sectorpartijen en I&M) een regie organisatie op voor ERTMS in Nederland. Asset Management werkte (samen met sectorpartijen en Ministerie) een nieuw voorstel uit voor de operationele ERTMS-pilot op Amsterdam-Utrecht (bron 44).

2011 Evaluatie besluitvorming Mistral

Besluitvorming over Mistral bleek een heel lastig proces. Een trainee met een afgeronde Masterstudie Management of Technology van de TU Delft kreeg de opdracht daar een onderzoek naar te doen. In juni 2011 verscheen het rapport 'Het interpreteren van de beïnvloedende factoren binnen het besluitvormingsproces tussen twee treinbeveiligingssystemen bij ProRail' (bron 43) van A.W. Zandstra. Het rapport beschreef op wetenschappelijk niveau wat de (diepere) oorzaken waren van het in 2010 'de facto' afgebroken vervangingsbeleid volgens Mistral. Het rapport geeft aan dat de complexiteit terug te voeren is naar het één systeembedrijf dat ProRail is, d.w.z. dat altijd alle bedrijfsonderdelen moeten worden betrokken om een gemeenschappelijk doel te bereiken. De kernpunten zijn hiernaast opgesomd.



2011



2011 Ebilock 950 Amsterdam - Utrecht met ERTMS Level 2 operationeel



2011



2012 Versie ERTMS 2.3.0d in bedrijf (Betuweroute)

Besluitvormingsproces

Bedrijfscultuur

- Verschillende culturen tussen verschillende business units
- Voornaamste drijfveer is veiligheid
- Niet financieel gedreven
- Vrijheid om in te grijpen
- 'Denkers'

Groepsbesluitvorming

Oorzaken

- Samenwerking is moeilijk
- Mate van consensus
- Niveau van acceptatie van beslissingen
- Aantal mensen
- Spanning tussen individuen
- Betwiste informatie
- Verschillende interesses

Communicatie

Complexe communicatie, oorzaken

- Besluitvorming op meerdere niveaus is complex
- Transparantie
- Het beheer van technologie is complex
- Niveau van begrip

Inconsistenties

Inconsistenties door

- Strategische moeilijkheden, onzekerheid en complexiteit
- Onduidelijke strategische, operationele, tactische besluitvormingsniveaus
- Belanghebbenden
- Scopewijziging
- Ambigüiteit over het gevoel van urgentie

Organisatiestructuur

Onduidelijke organisatiestructuur vanwege

- Reorganisatie ProRail
- Reorganisatie Mistral
- Verantwoordelijkheid en taakverdeling zijn dubbelzinnig
- Niveau van leiderschap, macht, daadkracht

Locatie van veel besluiten. In 1921 geopend als derde administratiegebouw van de NS, nu de Inktpot.

Foto Maarten van der Werff



*“Het één-
systeembedrijf
dat ProRail is”*

Eerste PLC Interlocking (Santpoort Noord)

Movares stelde via de procedure Unsolicited Proposal voor om COTS-technologie in te zetten voor beveiliging. De Booleaanse Algebra die gebruikt werd voor VPI kon ook ingezet worden in combinatie met standaard industriële Programmable Logic Controllers (PLC). ProRail zag een kans om een level playing field te bereiken. Vooruitlopend op het ERTMS-programma dacht het hiermee realisatiekosten te verlagen. Onder de projectnaam Venti werd, door ProRail en Movares samen, in een recordtijd van twee jaar, een interlocking systeem met een PLC van leverancier HIMA ontwikkeld. Het systeem is met een eerste toepassing in Santpoort Noord in december 2012 vrijgegeven (bron 45). Met deze PLC interlocking kunnen verschillende marktpartijen onder voorwaarden een functionele aanpassing, een interface-ontwikkeling, het projecteren, de realisatie of het onderhoud uitvoeren, waarbij de kosten op een vergelijkbaar of lager niveau liggen als bij andere systemen. Het intellectueel eigendom ligt bij ProRail. De wens om nog een volgende open interlocking door de markt te (laten) ontwikkelen is niet uitgekomen.



2012 Eerste PLC Interlocking in bedrijf (Santpoort Noord)

2015 ERTMS Level 1 in bedrijf (Havenspoorlijn)

2016 Doorstroomstation Utrecht (DSSU) in bedrijf

2016 Laatste TPRB door VCVL vervangen



2012 - Start Loket TB

Door aanpassing van het Kernproces van de afdeling Projecten werd geborgd dat een infraproject het technologiebeleid van Treinbeveiliging volgt. Treinbeveiliging bepaalde voortaan samen met het infraproject de impact van systeemkeuzes. Adviezen van ingenieursbureaus konden hierin worden betrokken. Afstemming met regio's over instandhouding wijzigde niet.

2012 - Rapport Parlementaire enquête 'Onderhoud en innovatie spoor'

Vertragingen, verstoringen en ongevallen vormen de aanleiding voor een Parlementaire enquête Onderhoud en innovatie spoor (bron 46). O.a. de manager Treinbeveiliging werd gehoord. Het in 2012 verschenen eindrapport concludeert dat het Nederlandse spoor in internationaal opzicht hoge verkeersprestaties levert. Het gebrek aan langetermijndenken verklaarde volgens het rapport de lage onderhoudsbudgetten (die voor andere doeleinden worden gebruikt), trage besluitvorming en een lage vervangingsgraad. En er werd geconcludeerd dat er voldoende aanknopingspunten waren om ERTMS landelijk in te voeren.

2012 - Regeerakkoord uitrol ERTMS

Mede als gevolg van de parlementaire enquête werd in het regeerakkoord van 2012 als uitgangspunt geformuleerd dat vanaf 2016, door gebruik te maken van bestaande budgetten, het Europese spoorbeveiligingssysteem verder zou worden ingevoerd. Met verschillende versies van de zgn. Railmap werd in de jaren daarna de verdere uitrol van ERTMS voorbereid, maar nog niet uitgevoerd.

2012 – 2018 Programma Vervangen Treinbeveiliging (PVT)

Anno 2012 was nog steeds geen start voorzien van een vervangingsprogramma. Voor uitvoerende marktpartijen zou de voorbereiding op een groot beveiligingsproject één tot drie jaar vergen, werd verondersteld. Aangemoedigd door de uitkomsten van de parlementaire enquête, werd de voorbereiding van de uitvoering van de vervanging gestart (bron 47). In een brief van het ministerie van april 2014 werd ingestemd met de besteding van een budget van € 280 miljoen voor urgente no-regret vervangingsinvesteringen. Net zo'n bedrag werd gereserveerd voor vervanging gecombineerd met het latere ERTMS-programma. Vanwege de discussie over de capaciteit van het spoorwegnet (en daardoor de relatie met ERTMS) werd een onderscheid gemaakt in corridors waar wel, en waar geen capaciteitsverhoging van het treinverkeer werd verwacht. Waar ERTMS geen prioriteit had, kwamen deze corridors als eerste voor vervanging in aanmerking (bron 48). Door problemen met contracten en technische ontwikkelingen in elektronische niet-ERTMS technologie zou het nog tot 2018 en 2019 duren voordat nieuwe installaties in dienst konden worden gesteld.

2012

2012 - 2018

2018 PVT
Gooi in
bedrijf

2018 PVT Weert
en omstreken
in bedrijf

2019 PVT
Limburg Noord
in bedrijf

2019 PVT
Roermond
in bedrijf

Van ontwerp naar digital twin

Het railverkeerstechnisch ontwerp (RVTO) legt het verband tussen de gebruiksmogelijkheden voor treinbewegingen, ruimtelijke vormgeving, beheersing en beveiliging. Het opstellen van een RVTO is een vaste stap bij wijziging van het ontwerp van de beveiligingsinfrastructuur. Het RVTO dient tevens als uitwisselingsformat met opdrachtnemers. De stap van 'rule based' ontwerpen naar de toepassing van digitale technologie, met een veel grotere informatiedichtheid, noodzaakt tot toepassing van modelleringstechnieken voor het RVTO (zgn. Data Preparation). Deze wordt voorbereid voor toepassing in combinatie met de wereldwijde standaard voor Building Information Modeling BIM. Als onderdeel van EULYNX zal een eerste standaard ontstaan. Deze modelleert zowel conventionele- als ERTMS-beveiligingen. Een volgende voorziene stap is implementatie per inframanager.

Met beheer en gebruik van informatie en -een stap verder- Digital Twin, waarbij de fysieke en virtuele wereld dichter bij elkaar gebracht worden, zijn bij digitaliseren van treinbeveiliging ook van belang:

- Gegevens over gebruiksmogelijkheden (Register van Infrastructuur RINF);
- Vastlegging spoorgeometrie;
- Beheer van infradata en -systemen;
- Uitwisseling van infradata;
- Sensoring, monitoring, diagnostiek.

Station zonder conventionele lichtseinen (Altdorf 2018, Zwitserland, gelegen aan Gotthard spoorlijn, uitgerust met ERTMS Level 2)
Foto Maarten van der Werff

2014 – 2019 Intensivering samenwerking Treinbeveiliging en Innovatie

Treinbeveiliging blijkt twee gezichten te hebben. Behoudend en tegelijk innovatief zijn, is de elixer voor 'goede, veilige innovaties'. De samenwerking tussen deze domeinen bracht de manager Innovatie in 2014 tot de uitspraak dat hij Treinbeveiliging de meest innovatieve afdeling van ProRail vond.

2018 – heden. Gecombineerde strategie vervanging en uitrol ERTMS

Met de kennis en ervaringen van de recente vervangingsprojecten werd in 2018 een nieuwe assetmanagement-strategie voor beveiliging vastgesteld (bron 49). Hierin staan de maatregelen voor een realistische uitrolplanning voor vervanging en ERTMS. Hierin is gerekend met in de markt beschikbare uitvoeringscapaciteit. Uitgangspunten zijn minimale investeringen in oude technologie, investeringen die nog nodig zijn in ATB en de (her-)verdeling van gelden nodig voor beveiliging. Ook op het gebied van interlocking deed Europese standaardisatie met EULYNX zijn intrede.

2019 Programmabeslissing ERTMS

In april van dat jaar stemde de Ministerraad, na bestudering van het dossier, in met de (verdere) invoering van ERTMS in Nederland. In juni kreeg het kabinetsbesluit de instemming van de Tweede Kamer.

2014-2021

2014 Ebilock 400 in bedrijf (NCBG Grote Binckhorst)

2014 – 2019

2018 – heden

2018 iVPI volgt VPI op

2019

2020 Samenspel

Binnen de nieuwe geformuleerde ambities van ProRail (verbinden, verbeteren, verduurzamen en het werken naar een betaalbaar spoor) viel in november 2019 het besluit om 'Samenspel voor meer treinen' door te gaan voeren binnen ProRail. Asset Management maakt voor treinbeveiliging organisatorisch onderscheid tussen centrale en lokale systemen, medewerkers werden verdeeld over verschillende organisatieonderdelen. Doel is enerzijds een cultuurverandering om meer samen te werken en om een forse stap te zetten op het gebied van digitalisering en data driven assetmanagement, met het versterken van de daarvoor benodigde competenties (bron 50).

Ter vergelijking: Radio Based Signalling elders

Zowel ERTMS als ook het hieronder toe te lichten Positive Train Control (PTC, Amerika) zijn vormen van Radio Based Signalling voor (inter-) nationale spoorwegnetwerken. Sinds de 80-er jaren van de vorige eeuw wordt zgn. Communications Based Train Control CBTC overal ter wereld toegepast, met name bij tientallen gesloten (metro-)systemen om korte treinopvolging te realiseren (bron 51). Het Amerikaanse PTC-systeem, kent vier functies ter verhoging van de veiligheid:

- het voorkomen van botsingen;
- het bewaken van snelheid;
- tijdelijke snelheidsbeperkingen en
- beveiliging van baanwerkers.

Implementatie is met ca. vijf jaar vertraging in 2020 nagenoeg afgerond op de bij wet in 2008 voorgeschreven belangrijkste lijnen in Amerika, op ca. 100.000 km van het 250.000 km lange netwerk. Interoperabiliteit is gerealiseerd tussen zeven grote vervoerders, elk verantwoordelijk voor het eigen verkeer, geleid vanuit grote moderne 'dispatcher' centra. 'Positive' staat voor het dwingend beperken van rijtoestemming, niet voor het verlenen ervan. PTC is in alle gevallen een overlay bovenop bestaande beveiligingsregimes, soms wordt gebruik gemaakt van positiebepaling per satelliet (GPS). Dit principe verhoogt de robuustheid omdat het bestaande regime niet vervalt en personeel vertrouwd blijft met bekende werkwijzen. Het PTC-systeem is niet altijd gekoppeld met blokstelsels (voor de regelfunctie), overwegbeveiliging, e.d.. Noodzakelijkerwijs wel met interlockings. Met PTC is er altijd contact met de trein, dat legt de basis voor een sneller en efficiënter spoorwegnet; vervolgonwikkelingen zijn daarom gepland.

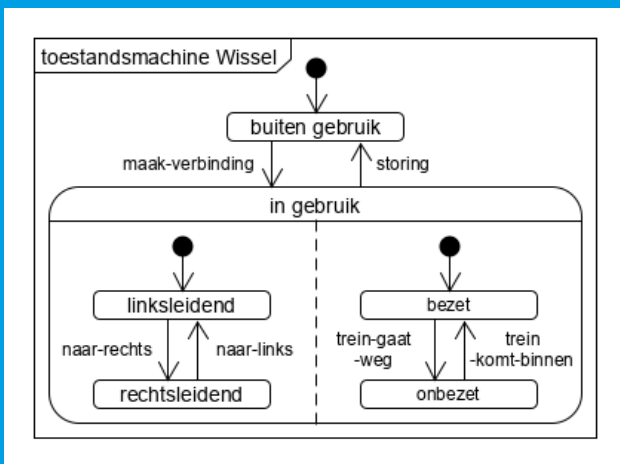
2019 Eerste
GAST-NL in
bedrijf

2019 Besluit
ontwikkeling
compacte seinen

2020 2020

(Semi-)formele taal en modelleren

Ontwikkelingen in wetenschap, computer- en communicatietechnologie faciliteren het digitaliseren van treinbeveiliging. Een belangrijke rol is weggelegd voor (semi) formele (wiskundige) taal. Hierbij wordt gebruik gemaakt van systems engineering als methode voor systeemontwikkeling. Met een model van zo'n systeem wordt de werkelijkheid nagebootst, in de vorm van schema's en diagrammen, die door zowel mensen als computers wordt begrepen (Model Based System Engineering, MBSE). Vooral in andere domeinen dan treinbeveiliging is hiermee al veel ervaring opgedaan. Het voorbeeld voor een toestandmachine (figuur) van een wissel dient ter vergelijking met de in hoofdstuk 2 beschreven toestanden.



Toestandsmachine wissel
Bron ProRail

Deze werkwijze noodzaakt tot ICT-expertise, naast expertise in treinbeveiliging. ICT-specialisten zetten systeemvereisten, gedrag, structuur en parameters voor latere systeemanalyse om in de semi-formele taal. SysML is een voorbeeld van een modelleertaal en ontstaan uit Unified Modeling Language (UML). UML is een algemene taal voor het ontwerpen van softwareapplicaties. Het resultaat in SysML kan door beveiligingsspecialisten worden gebruikt bij ontwikkeling, ontwerp en (geautomatiseerd) testen. Zij zoeken o.a. naar combinaties die niet vaak voorkomen. Met deze vorm van specificeren

en testen kunnen heel veel situaties worden nagebootst en kan binnen de scope van het model aangetoond worden dat fouten niet voorkomen. Deze methoden zijn vooral bedoeld voor moderne, complexe, elektronische, digitale systemen, met een veel grotere informatiedichtheid als bij conventionele systemen. Eisen worden verzameld en verder gebruikt bij het ontwerpen en testen. Het gebruik van zo'n werkwijze leidt voor opsteller en gebruiker (ook bij leveranciers) tot een complete, duidelijke en ondubbelzinnige specificatie. Het gebruik van (semi-)formele modellen is essentieel om in een vroeg stadium ontwerpfouten in eisenspecificaties te ontdekken. De inframanager zal met de toenemende complexiteit van treinbeveiliging 'in control' moeten blijven. Om reden van bedrijfszekerheid en veiligheid moeten incidenten, die tot ingrijpende en kostbare herstelacties kunnen leiden, worden voorkomen. Methoden en ervaringen worden afgestemd tussen ICT- en beveiligingsspecialisten. In het domein treinbeveiliging zijn de volgende ervaringen met modelleren en formeel specificeren opgebouwd:

- **1992 EBS als inspiratie voor EURIS**

Het voormalig hoofd van de afdeling Seinwezen, Peter Middelraad, was de grondlegger van EURIS, een taal waarin hij in de 80-er jaren van de vorige eeuw de Nederlandse treinbeveiligingsfunctionaliteit beschreef in de UNISPEC-specificatie. Deze was geïnspireerd op Prozeß Ablauf Pläne die Siemens bij EBS gebruikte (bron 52).

- **1992 VPI met Booleans als inspiratie voor universiteiten**

De eerste toepassing van VPI in Hoorn, waarvoor de relaischema's waren omgezet in Booleaanse algebra, gaf wetenschappers inspiratie de juistheid van het programma met ondersteuning van computertools te verifiëren voor toepassing op ook grotere emplacementen (bron 53).



“Reverse Requirement Engineering als oorspronkelijke specificaties ontbreken, dat haalt de eisen niet boven water, net als dat je met archeologie de historie niet kunt reconstrueren.”

- **2008-2013 Modelleren interlocking**

In INESS is gebleken dat modelleren van systeemgedrag van interlockings in zijn operationele context ingewikkeld is. De oorzaak is deels gelegen in de vele variabelen. Wet-, regelgeving en beveiligingseisen verschillen bovendien per land. In INESS zijn deze weliswaar onder één noemer gebracht, verwerking van eisen in systemen én het gedrag (timing, e.d.) is per leverancierssysteem verschillend. De combinatie van deze kenmerken leidt voor inframanagers en leveranciers tot onevenredige inspanningen om tot een Europese standaard aanpak voor modelleren van interlockings te komen.

- **2010-2012 Verificatie interlocking functieblokken**

Bij de ontwikkeling van de PLC Interlocking is gebruik gemaakt van semi-formele methoden om de correcte werking van slechts bepaalde functieblokken te verifiëren; dankzij zo'n beperking is verificatie haalbaar.

- **2014 SysML EULYNX**

Semi-formele methoden hebben hun bruikbaarheid aangetoond bij Europees gestandaardiseerde interfacespecificaties in EULYNX. Hierbij is het mogelijk semi-formele taal en modelleren te gebruiken om aan te tonen dat protocollen aan eisen voldoen (bron 54).

- **2019 Formele methoden**

Het gebruik van formele taal heeft zijn toegevoegde waarde bewezen bij de analyse en validatie van de specificatie van ERTMS Hybride Level 3 en wordt voorbereid voor toepassing bij EULYNX. Hierbij gaat het om het detecteren van onbedoelde scenario's in een (semi-)formeel model. De formele modellen helpen vervolgens bij het specificeren van toegestaan en niet toegestaan gedrag van een systeem, waardoor automatisch testen mogelijk is. Het zorgpunt voor een inframanager is dat kennis tussen de oren zit en vastgelegde kennis 'achter' beveiligingssystemen bij slechts een beperkt aantal specialisten aanwezig is. Nieuwe manieren van specificeren, testen en certificeren, ook in de relatie met marktpartijen, komen dan in de plaats van pogingen tot herleidbaarheid van oorspronkelijke eisen. Investeren in opleiding betaalt zich dan later terug (bron 55).

- **2019 Semi-formele methode voor systeemarchitectuur**

Op het gebied van systeemarchitectuur kan het uitbreiden en / of het toevoegen van nieuwe functionaliteit complexer zijn dan bij de basisontwikkeling. Semi-formele methoden helpen bij het evolueren van op regels gebaseerde systemen naar digitale beveiliging. Het borgt de uitvoerbaarheid van een migratiestrategie. Zo'n systematisch moderne, uniforme, niet-proprietaire werkwijze helpt om, samen met marktpartijen, de hele levenscyclus van nieuwe technologie voor en door de beheerder adequaat te kunnen managen.



Verandert de Nederlandse beveiligingsfilosofie met Radio Based Signalling?

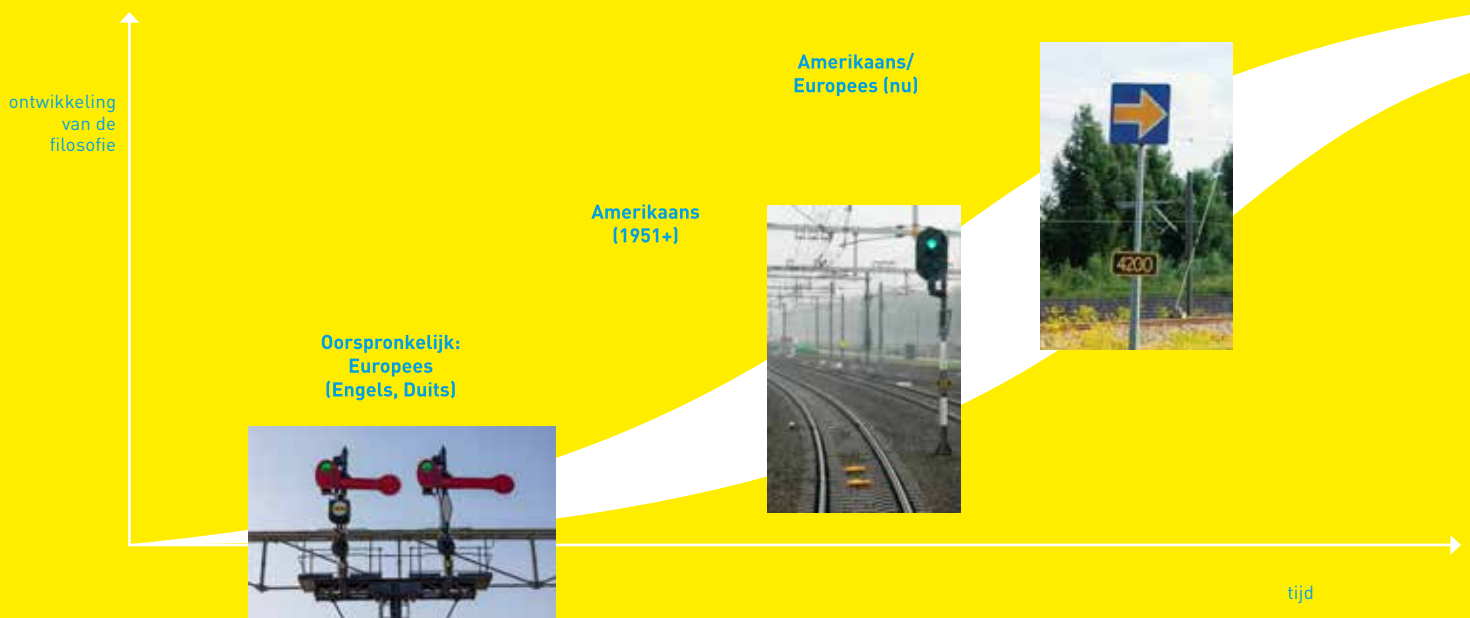
In een situatie, waarbij machinisten, treindienstleiders of werkenden rond het spoor gewend zijn om te gaan met een bepaald beveiligingsregime, ontstaan nieuwe risico's als operationele processen, die hiermee verband houden, wijzigen. Bij de introductie van nieuwe technologie wordt hierop geanticipeerd, zodat het totale systeem veilig en robuust blijft functioneren. Dat gold bijvoorbeeld reeds in de 90-er jaren (in een omgeving waar ATB Eerste Generatie de norm was) bij de introductie van ATB Nieuwe Generatie. Het gold ook bij de eerste ERTMS-toepassingen in ons land in het eerste decennium van deze eeuw, het bleek o.a. ook bij de operationele ERTMS-pilot Amsterdam – Utrecht in 2015 en zal ook gelden als over enkele jaren op achtereenvolgende corridors het seinstelsel (met lichtseinen, ATB Eerste of Nieuwe Generatie) wordt vervangen door ERTMS Level 2 zonder seinen. Volgens (bron 56) moeten zo'n 15000 gebruikers hun regels en gewoontes gaan aanpassen aan nieuwe werkprocessen, dat heeft zijn tijd nodig en kan dus nauwelijks sprongsgewijs plaatsvinden. En mogelijk leidt Europese harmonisatie ook nog tot aanvullende wijzigingen voor de nationale situatie. Functionele verbanden en gedragskenmerken uit onze relais- en elektronische beveiligingen m.b.t. vastleggen en vrijkomen van rijwegen en wisselsturingen hebben in stations hun uitstraling op de capaciteit van perronsporen en wisselcomplexen. Gebruikers verwachten dat die bij corridorsgewijze uitrol van ERTMS minimaal van hetzelfde niveau blijft. Op de vrije baan blijft de typisch Nederlandse uitvoering van de fail safe overweg, eventueel uitgebreid met de

functie Constant Warning Time, ongewijzigd, maar de permissieve seinen in het automatisch blokstelsel komen bij ERTMS te vervallen.

Zonder seinen verandert het proces van geven en intrekken van rijtoestemmingen. ERTMS vervangt de bestaande beveiliging met lichtseinen en ATB, om kostenredenen is niet gekozen voor een overlay of dual signalling variant. Het niet overal gelijktijdig kunnen overstappen van ATB naar ERTMS noodzaakt tot transitie, waar gebruikers mee moeten leren om te gaan. Toepassing van ERTMS op (grote) emplacementen is nog onvoldoende uitgekristalliseerd. Spoorstroomlopen voor treindetectie zijn niet toekomstvast in combinatie met modern materieel. Assentelsystemen nemen de functie van treindetectie van de spoorstroomlopen over, het opnemen van de reset-functionaliteit in de interlocking is nieuw. Werkplekbeveiliging kan niet langer met kortsluitlansen uitgevoerd worden.

Werkplekbeveiliging in digitale technologie, maar bijvoorbeeld ook het realiseren van tijdelijke snelheidsbeperkingen of de inzet van werkmaterieel, vereist andere voorbereidings- en uitvoeringsprocessen. Ook processen om storingen op te lossen zullen tot nieuwe routines leiden. Maar wijzigt de beveiligingsfilosofie hiermee? Het volgen van CSM-REA vereist dat bij een wijziging in de infrastructuur de gevolgen voor de veiligheid worden beoordeeld. Daarvoor is kennis nodig van de situatie vóór wijziging, én de kennis als gevolg van de wijziging. En omdat de stapsgewijze wijziging zich uitstrekt over een relatief lange periode van meer dan 10 jaar, betekent dit voor gebruikers per saldo een verrijking van de bestaande beveiligingsfilosofie met nieuwe elementen als gevolg van meer gedetailleerde digitale informatie, de interoperabiliteit en het verder standaardiseren en automatiseren.

Ontwikkeling van beveiligingsfilosofie in Nederland



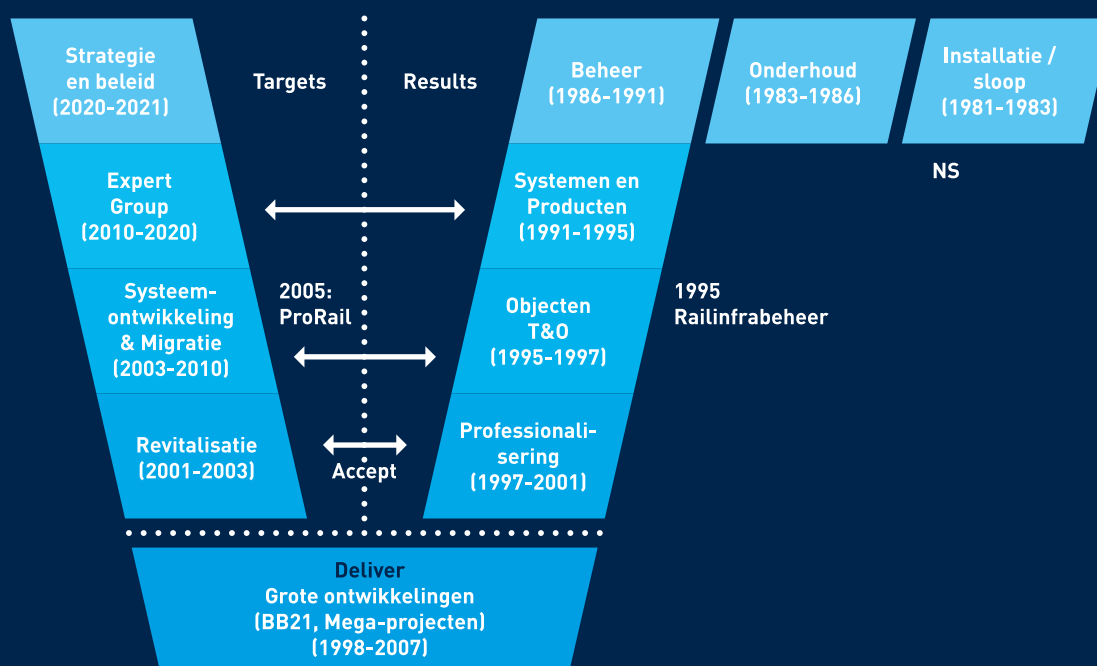


Epiloog

Gezien door de bril van de auteur geeft onderstaand model bij benadering een periode weer van 40 jaar organisatieontwikkeling in het beheer van seinwezen (later treinbeveiliging genoemd).

Van NS, via Railinfrabeheer naar ProRail; ofwel van productie en onderhoud via beheer naar professioneel eigenaarschap. In een vakgebied dat meegroeide met de technologie-ontwikkeling, die zich uitstrekt over een veel langere periode (bron 57). Organisatie- en kennisontwikkeling hebben hun vruchten afgeworpen. Met grote inspanning is in de 90-er jaren getracht hét landelijke systeem voor de toekomst te ontwerpen. Ook al moesten aanvankelijk te hoge ambities naar beneden worden bijgesteld, het heeft treinbeveiliging ver gebracht: de kennis van treinbeveiliging in ons land staat in Europa hoog aangeschreven. Dankzij een in korte tijdperiode geconcentreerde realisatie van

een aantal toonaangevende ontwikkelingen en realisatieprojecten. Het liep parallel aan de worsteling rond vervanging van oude techniek door moderne 'open' systemen (Mistral) en/ óf vernieuwen met ERTMS. Dit alles heeft veel kennis en ervaring opgeleverd. Door het stilvallen als gevolg van een gebrek aan vervolgprojecten ontstond het risico op verdampen van die kennis, ook bij opdrachtnemers. Ook elders in Europa bleef grootschalige toepassing achter bij hoop en verwachtingen. Het tij lijkt echter gekeerd. Duurzaamheid, mobiliteit, digitaliseren, internationale samenwerking, standaardisatie: begrippen die, in combinatie toegepast, synergie geven richting een veelbelovende toekomst voor treinbeveiliging (bron 58).



Aankomst 2050

De Nederlandse bedrijfseenheid van de Europese entiteit Safe and Integral Guided traffic Systems (SIGNS) zorgt voor hoog beschikbare veilige systemen (ter voorkoming van botsen en ontsporen) voor dynamisch geleid verkeer. Hieronder vallen het nationale spoorwegnet met internationale corridors, de regionale railnetwerken, de monorailsystemen, geleide people movers en de Hyperloop. Bij een optimale benutting van schaarse en dure resources (mens, materieel, infrastructuur) legt beveiliging het verkeer geen belemmeringen op; de fysieke kenmerken van de vervoermiddelen en de Europese, wettelijk geregisseerde corridor-logistiek zijn bepalend voor de netwerkcapaciteit.



HSL-Zuid bij Hazeldonk met Thalys. Geen conventionele seinen, wel Stop Marker Borden (SMB).
Foto: ProRail



Hoogfrequent Spoor infra-lay-out, het zogenaamde rijdend intakken en het (bij het carrousselmodel) geautomatiseerd omrangeren op eindstations, maximaliseren de netwerkcapaciteit. We kennen nu ook hoge snelheid goederentreinen ('intermodels'), met een link naar de nationale havens. In de nacht rijden op trajecten zonder overwegen onbemande containershuttletreinen. Het huidige Class A European Radio Based Safety System ontstond uit de ERTMS Game Changers. Iedere actor (voertuig, werkeenheid) is 'always connected' en 'always supervised'. ERTMS ('heavy rail'), CBTC ('lightrail'), werkmaterieel en werkenden zijn in een gemeenschappelijke systeemarchitectuur opgenomen.

Projecten volgen het Nationale Migratieplan voor de Lange Termijn (NMLT). Nieuwe sprints, releases en plateaus zijn afgestemd op de logistiek, dienstregeling, security, communicatie, energievoorziening, civiele techniek, verkeersveiligheid en materieel. Het doordacht toepassen hiervan voorkomt afhankelijkheid van vorige versies ('de legacy trap'). Bedrijfseconomische afwegingen bepalen het haalbare RAMSHE-niveau. Deze aanpak brengt significante kostenbesparing en versnelling van realisatieprojecten. Met regelgeving voor geleid vervoer en bijbehorende infrastructuur ziet de European Guided Transport Agency toe op aanbestedingen. Ontwikkelingen op het gebied van interoperabiliteit, functionaliteit en technologie hebben een rapportageplicht. Innovatie door de markt gebeurt binnen de randvoorwaarden van de modulaire Europese referentie-architectuur, met ook elders in de wereld toegepaste standaard industriële interfacespecificaties. In de periferie mag daarbij COTS-technologie worden toegepast. Zo'n aanpak met keuzemogelijkheden betaalt zich ook uit bij de resterende 20% van het net met de laagste treinfrequenties, dat nog is uitgerust met conventionele B-relaistechiek (zgn. Class B systemen). Eerdere realisatie volgens hogere ambities bleek niet mogelijk door bezuinigingen

van de overheid, gebrek aan besluitvorming, planningsoptimisme, mislukte aanbestedingen, conflicten met andere projecten en contractuele problemen met marktpartijen, zowel over Service Levels als de aantoonbaarheid van de systeemintegraliteit. De laatste 30 jaar:

- zijn 1500 wissels uit het hoofdspoorwegnet verwijderd en 500 daarbuiten;
- zijn veel (kleine) emplacements-beveiligingen vervallen;
- zijn ca. 9000 van de 11500 seinen vervallen;
- zijn 60% van de 2500 beveiligde overwegen vervallen (en vervangen door tunnels of viaducten); er zijn geen onbeveiligde overwegen meer;
- maakten treindetectiesystemen plaats voor materieel onafhankelijke localisatietechnologie.

De infrastructuur voor geleid vervoerprocessen en -aanbieders is 'vitaal' verklaard; deze valt onder het Ministerie van Informatica, Safety en Security (IS&S). De eenheden SIGNS en SCILS (Security, Connectivity, Information and Logistic Services) bezitten op essentiële aspecten het intellectueel eigendom van alle systemen. SIGNS beheert alle generieke zgn. hybride (conventionele en moderne) veilige systemen, SCILS de niet-veilige systemen. De gemeenschappelijke Wiki ontsluit voor medewerkers (de meeste medewerkers met het zgn. T-profiel) het kennismanagementsysteem. Dit omvat ook het (formeel) specificeren, (integratie-) testen/commissioning en certificeren: toepassing van semi-formele methoden waar het kan, en van formele methoden waar het moet vanwege de bewijsvoering bij veiligheid en hoge beschikbaarheid. In Europese gremia nemen we strategische posities in en spelen onze kenniswerkers een bepalende rol. Kennis wordt nationaal en internationaal gedeeld met marktpartijen en er is uitwisseling met andere hightech domeinen. Enkele ervaren medewerkers beheersen de fundamentele beveiligingsfilosofie en -principes. Bepaalde medewerkers, ook in de regio en bij opdrachtnemers, zijn persoonlijk

gecertificeerd voor de veiligheidstaken bij productie, ontwikkeling en operatie / beheer. Ontwerp van intelligente systemen met een level playing field voor toeleverende bedrijven noodzaakt tot strategische partnerschappen. Langdurige partnerschappen en consortia van opdrachtgever en opdrachtnemers werken goed en zijn concurrerend. Samen met Oost-Aziatische leveranciers hebben Europese leveranciers de wereld als markt. Software en hardware zijn vrijwel ontkoppeld. Het softwareconfiguratiemanagement kent een hoog maturity level. Bij monorailsystemen met toepassing van de block-chain technologie bevindt intelligentie zich steeds meer in voertuigen. Hardwarefunctionaliteit beperkt zich tot de interfaces met de gebruikers en het proces 'buiten'. De functie beveiliging is 'in de cloud' ondergebracht met standaard geometrische beveiligingsalgoritmen (SSaaS, Safe Software as a Service). Bij hoog beschikbare, adaptieve en resiliënt open systemen en optimale processen komt het met procedures moeten terugvallen naar een lager veiligheidsniveau nauwelijks nog voor. Vanwege de relatief hoge kosten is de veiligheidsschil voor de veilige ruimte-toedeling zo dun mogelijk. Bij ontwikkeling en ontwerp wordt Business Continuity Management by Design toegepast. Evaluaties van simulaties en trainingen brachten het crisismanagement op een hoog niveau.

SIGNS is een belangrijke afnemer van de diensten van SCILS:

- Security beschermt het digitale spoorwegsysteem, de medewerkers en alle bedrijfseenheden tegen veiligheids- en gezondheidsbedreigingen, waaronder (data-) diefstal, vandalisme, terroristische aanslagen en geweld. Systemen zijn duurzaam en adaptief aan de klimaatveranderingen (temperatuur, bliksem, EMC, vocht, etc.);
- Connectivity beheert de netwerken voor het real time asset- en procesinformatiesysteem,

waaronder het glasvezel- en het Next G- (NG-)communicatienetwerk (de feitelijke doorontwikkeling van het inmiddels gedateerde 5G FRMCS);

- Real time configuratie- en databeheer voor de autonome, centrale geautomatiseerde verkeersleidingssystemen en de besturing van de centrale beveiliging van het vervoersnetwerk en de informatievoorziening aan gebruikers;
- Het tactisch- en strategisch beheer sluit hierop aan met artificial data engineering en data intelligence, in combinatie met Big Data Technology voorkomt dit potentiële storingen; het heeft ook de regie over het operationeel beheer, werkzaamheden, doorontwikkelingen en migratieprogramma's; digitaal en geautomatiseerd ontwerp en informatie-uitwisseling kent 'Design Rule Checking' en kent korte doorlooptijden;
- Een ander deel voert de regie over de (zo nodig safe of secure) informatiebronnen (IoT-sensorsystemen in assets, stations en materieel). Het wereldwijd toegepaste BIM (Building Information Modeling) vormt de basis voor beheer, realisatie en onderhoud. Het geleid vervoer is één grote database: een virtuele goudmijn aan gegevens voor managementinformatie, monitoring en diagnose. Systemen monitoren en diagnosticeren zichzelf en elkaar. Het hoge rekenvermogen van computers faciliteert toepassing van virtual en augmented reality, net als artificial intelligence voor o.a. het herkennen van assets. Beperking van diversiteit optimaliseert de onderdelenvoorziening tot een standaard productenportfolio; aannemers die onderhoud of reparaties uitvoeren gebruiken robots en drones, zonder bedrijfshinder te veroorzaken.

Business Proces Management is inmiddels een door de NATO JALLC-gecertificeerde Lerende Organisatie, met adequate registratie van besluiten in het ISO-kwaliteitssysteem.

Terug naar nu. Is bovenstaande nu een dronebeeld of een droombeeld?

*“Your goal should be out of reach
but not out of sight”*

- Anita DeFrantz, roeister, 2000 -



Afkortingen

AHOB	Automatische Halve Overweg Bomen	IRSE	Institution of Railway Signal Engineers
AKI	Automatische Knipperlicht Installatie	LED	Light Emitting Diode
ATB EG	Automatische Trein Beïnvloeding Eerste Generatie	NMA	Nederlandse Machinefabriek Alkmaar
ATB NG	Automatische Trein Beïnvloeding Nieuwe Generatie	NS	Nederlandse Spoorwegen N.V.
ATB Vv	Automatische Trein Beïnvloeding Verbeterde Versie	NX (NX'68)	Entrance Exit - Beveiligingssysteem (versie 1968)
ATO	Automatic Train Operation	OV5	Ontwerpvoorschrift
B&I	Beheer en Instandhouding	PLC Interlocking	Programmable Logic Computer Interlocking
BB21	Besturing en Beveiliging voor de 21e eeuw	PRL	Procesleiding
BIM	Building Information Modeling	PTC	Positive Train Control
CBTC	Communications Based Train Control	PVT	Programma Vervanging Treinbeveiliging
COTS	Commercial Off The Shelf	PZB	PunktZugBeeinflussung
CRVL	Centrale Radio Verkeers Leiding	RAMSHE	Reliability Availability Maintainability Safety Health Environment
CSM (-REA)	Common Safety Methods - Risk Evaluation and Assessment	RBC	Radio Block Centre
CVL	Centrale Verkeers Leiding	RIB	Railinfrabeheer
EBA	Elektronische Bel Alkmaar	RVTO	RailVerkeersTechnisch Ontwerp
EBP	Elektronische Bedien Post	SIL	Safety Integrity Level
EBS	Elektronische Beveiliging Simis van Siemens	SSI	Spoorweg Sein Industrie
EMC	ElektroMagnetische Comptabiliteit	STS	Stop Tonend Sein
ERTMS	European Rail Traffic Management System	TPRB	Ter Plaatse Bediend Relaisblokstelsel
ETCS	European Train Control System	TS	Technische Systemen
GRS	General Railway Signal Company	TSI	Technical Specifications for Interoperability
GSM-R	Global System for Mobile communications for Railways	TU	Technische Universiteit
HSL	Hogesnelheidslijn	UIC	Union Internationale des Chemins de fer
ICE	InterCity Express	VCVL	Vereenvoudigde Centrale Verkeers Leiding
ICT	Informatie- en communicatietechnologie	VPI	Vital Processor Interlocking
INESS	INtegrated European Signalling System	VPT	Vervoer Per Trein

Bronvermeldingen

- [01] A Centennial - History of Alstom Signalling Inc. (Formerly General Railway Signal Company), 2004
- [02] American Railway Association, The Invention of the Track Circuit, www.gutenberg.org, 2014
- [03] Railway Signalling & Interlocking, Eurailpress
- [04] Ir. J.H. Verstegen, Moderne spoorwegbeveiliging in verband met de eerste NX-beveiliging in Nederland; K.I.v.I., 1951
- [05] Onderzoeksraad voor Veiligheid, Overwegveiligheid - een risicovolle kruising van belangen, 2018
- [06] Nancy G. Leveson, Safeware: System Safety and Computers, 1995
- [07] W. Wunderlich, Safety Systems for Railroad Signalling in Germany, Siemens, 1972
- [08] George Raymond et al., ERTMS Regional and North American Dark Territory: A Comparison; IRSE Aspect 2012
- [09] Filosofie, principes, functies en systemen voor de Nederlandse spoorwegbeveiliging, IRSE Dutch Section, 2012
- [10] J. Pachl, Railway Signalling Principles, www.joernpachl.de, 2020
- [11] Rail Automation - Siemens und die Eisenbahnsignaltechnik; Siemens AG, 2003
- [12] Safety for the Rail Service, the Rotterdam Microcomputer Interlocking of the Nederlandse Spoorwegen, Siemens AG, 1994
- [13] Veiligheid van de spoorwegen, Jaarverslag Spoorwegveiligheid 2019, Inspectie Leefomgeving en Transport, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, www.rijksoverheid.nl
- [14] Ronald Helder, The use of LED technology in Dutch railway signals, Signal und Draht, april 2016
- [15] P. Middelraad, Voorgeschiedenis, ontstaan en evolutie van het NS-Lichtseinstelset, 2000
- [16] STS-passages, brief Ministerie V&W aan ProRail, kenmerk VenW/DGMO-2009/9591, 19 oktober 2019
- [17] Notulen/actielijst werkgroep Seinenboek, VWRV, 22 mei 2013
- [18] Jeroen Nederlof, Peter van der Mark, The Continuing story of Level Crossings In The Netherlands, IRSE news 193, October 2013
- [19] Jan Swier, Implementation of risk-based rail asset management: a case study, IRSE News 228, December 2016
- [20] <http://alweerblog.blogspot.com/2012/07/hoewas-het-weer-in-1987.html>
- [21] P. van Vollenhoven, Onveilig hier? Onmogelijk!; 2012
- [22] John Stoop en Henk van Dijk, Je geld of me leven, 2015
- [23] Maarten van der Werff, Henk Scholten, Bogdan Godziejewski, Migration Strategy for Signalling Systems in the Netherlands, Signal und Draht, oktober 2002
- [24] Sein Vooruit!, uitgave 3, mei 2017
- [25] Treinbeveiliging, de weg vooruit, poster ProRail Documentatie Informatie Voorziening, Treinbeveiliging en Het Spoorwegmuseum, 2012
- [26] Monique Voorderhake, Frits Makkinga, Maarten van der Werff, ProRail and its industrial partners have built the first EULYNX demonstrator, Signal und Draht, juli/augustus 2019
- [27] Harmonization of Functional Conditions of Signalling Systems, ERRI A201, 1997
- [28] Euro Interlocking, Baseline 8, UIC, 2008
- [29] Dossier INESS, UIC, 2012
- [30] Ron de Croon, Francois Hausmann, Paul Visser, Peter Musters, Adrick Broeils, The Challenge of Hanzelijn, IRSE News 186 February 2013
- [31] Mirko Blazic, Maarten van der Werff, The European standard of interlocking requirements is emerging, Signal und Draht, maart 2012
- [32] Bepaling technische levensduur B-relais-installaties - Case 1953 - 1968, Eindrapport, rapportage ProRail, 2004
- [33] Maarten van der Werff, Mistral: A Wind of Change Blowing Through Dutch Railway Signalling, IRSE Paper, 2005
- [34] Afsluitende BB21 Rapportage, versie 3.0, ProRail, 14 mei 2008
- [35] Joep Firet, Beslisdocument Digitale Treinbeveiligingstechniek, memo 4 april 2007
- [36] Booz & co., Mistral Supplier Strategy, Final report, 2009
- [37] Vorm en positie Expert groepen TB, interne memo 2 juni 2015
- [38] Afbakening taken [...], interne memo 8 januari 2010
- [39] Kennismanagement bij Treinbeveiliging; gids voor medewerkers en management; Ist- en Soll-situatie; rapportage 25 februari 2005 - geanonimiseerde versie december 2020
- [40] Kennisborging domein Treinbeveiliging, analyse en verbetervoorstellen, rapportage ProRail, 2008
- [41] Resultaten Kennispositiebepaling Treinbeveiligingsdomein, ProRail / Squarewise, 2007
- [42] M. Rondeel, J. Kessels, et al., Het Ontwerpboek, mei 2015
- [43] A.W. Zandstra, MSc Management of Technology, Interpreting the influencing factors within the decision making process between two train safety systems at ProRail, An explorative study, Delft University of Technology, Faculty of Technology, Policy and Management, 2011
- [44] Notulen, Stuurgroep ERTMS Mistral, 14 november 2011
- [45] Michael Blaauboer, Wendi Mennen, Maarten van der Werff, Reducing Life Cycle Costs of Main Line interlockings, Signal und Draht, november 2013
- [46] https://www.parlement.com/id/vio4ff8kq8z/parlementair_onderzoek_onderhoud_en
- [47] Vervanging Treinbeveiliging, PVT van aarzelande start naar uitrofabriek; presentatie ProRail, 2016
- [48] Presentatie Noodzaak en Nut Vervangen Treinbeveiliging, Assetmanagement bij Treinbeveiliging, presentatie ProRail, 2017
- [49] Assentmanagementstrategie voor vervanging en ERTMS, memo van Karel van Gils aan de ExCo d.d. 30 augustus 2018
- [50] Ondernemingsbesluit 'Herinrichting AM i.v.m. Samenspel', memo Wouter van Dijk aan de Ondernemingsraad ProRail, d.d. 30 juli 2020 (ProRail sharepoint)
- [51] https://en.wikipedia.org/wiki/Communications-based_train_control
- [52] J. Berger, P. Middelraad, and A.J. Smith, EURIS, European railway interlocking specification, UIC Paper, UIC Commission 7A/16, May 1992
- [53] Jan Friso Groote, The safety guaranteeing system at station Hoorn-Kersenboogerd (1995)
- [54] Maarten van der Werff, Bernd Elsweiler, Bas Luttkik and Paul Hendriks, The use of formal methods in standardisation of interfaces of signalling systems; ITC, IRSE News 256; juni 2019
- [55] Maarten Bartholomeus, Bas Luttkik, Tim Willems, Dominik Hansen, Michael Leuschel and Paul Hendriks, The use of formal methods in specification and demonstration of ERTMS Hybrid Level 3; ITC, IRSE News 260, november 2019,
- [56] Beleidsagenda Spoorveiligheid 2020-2025, januari 2020
- [57] Kees van de Meene, René Jongerius, Roef Ankersmit, Van optische telegraaf tot ERTMS, NVBS, Op de Rails, 7- en 8-2019
- [58] Rob Goverde, Naar een efficiënter spoorgebruik, NVBS Op de Rails 6-2020

Colofon

Inhoud: Maarten van der Werff

Vormgeving: Sjoerd Stellingwerf

© 2022 - Tweede druk. Mogelijk gemaakt door IRSE Nederland, ProRail en Strukton Rail Nederland.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand en/of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de makers, en - voor wat betreft de getoonde foto's - de auteursrechthebbenden.

IRSE ///
Institution of Railway Signal Engineers
NEDERLAND SECTION

ProRail



Strukton
Rail

Waarom deze kroniek?

Ter gelegenheid van mijn 40-jarig jubileum én mijn pensioneren had ik het voorrecht deze Kroniek te kunnen schrijven. Een werk over de verbanden door de tijd, met verwijzingen naar de belangrijkste bronnen. Deze uitgave geeft een kijkje achter de schermen van 40 jaar seinwezen, tegenwoordig treinbeveiliging genoemd.

Ik hoop met de Kroniek een brede doelgroep te bereiken, voor wie ik verschillende aspecten van treinbeveiliging belicht. Treinbeveiliging wordt door velen 'ingewikkeld' gevonden. Het onderwerp is ook complex, recht evenredig aan de mogelijke gevolgen van een falende treinbeveiliging. "Everything should be made as simple as possible, but not simpler", zei Albert Einstein. Dit is precies de wijze waarop treinbeveiliging is ingericht. De complexiteit neemt verder toe, het is daarmee een uitdaging en noodzaak om treinbeveiliging begrijpelijk uit te blijven leggen aan de omgeving. Waarbij de beschreven historie en toekomstbeelden ongetwijfeld aan inhoudelijke vervolgdiscussies zullen bijdragen.

Mijn dank gaat uit naar Fauzia, Monique, Sjoerd, Paul, Klaas, Niko en Roland voor de ondersteuning bij het samenstellen van deze kroniek.

Veel leesplezier!



*Maarten
van der Werff*

Treinbeveiliging