

Bijlage 1: Toelichting ERTMS implementatie-scenario's

Door de spoorsector is een aantal scenario's opgesteld met als doel te komen tot een integrale beslissing voor de Nederlandse spoorsector. De scenario's zijn ook opgesteld aan de hand van de 'drivers' voor implementatie van ERTMS in Nederland.

De invoering van ERTMS levert voor Nederland het volgende perspectief:

- Op korte termijn (0-5 jaar) creëert ERTMS, door harmonisatie van technische systemen, toegevoegde waarde voor met name internationaal opererende spoorwegondernemingen.
- Op middellange termijn (5-15 jaar) is ERTMS van belang voor nationaal georiënteerde baanvakken, waarbij verbetering van bestaande systemen onvoldoende resultaat oplevert op het gebied van veiligheid, betrouwbaarheid, onderhoudbaarheid en capaciteit van de infrastructuur. Daarnaast is ERTMS van belang waar ambities van de spoorsector op het gebied van snelheid en rijtijden nieuwe beveiligingssystemen vereisen.
- Op langere termijn (15 jaar e.v.) biedt ERTMS als gestandaardiseerd (Europees) treinbeïnvloedingssysteem de beste mogelijkheid om de functie treinbeveiliging en -beïnvloeding in te vullen. ERTMS zet de ontwikkeling in van verschuiving van dure en complexe baangebonden beveiliging naar goedkopere en flexibele materieelgebonden beveiliging.

Deze constatering versterken de noodzaak tot integrale scenario's voor de gehele spoorsector. Gezien de kosten, baten en risico's zijn eenvoudige migratiestrategieën van belang, waarbij onzekerheden en risico's worden beheerst en waarbij het actief kan worden gestuurd op kosten en baten.

ERTMS als de nieuwe standaard

Het European Rail Traffic Management System (ERTMS) is dé nieuwe standaard voor treinbeïnvloedingssystemen in Europa en in toenemende mate ook daarbuiten. ERTMS leidt tot een doorbraak in de totstandkoming van technische harmonisatie van het (Europees) spoorstelsel. De zienswijze is dat de huidige 20 verschillende nationale treinbeïnvloedingssystemen op termijn worden vervangen door deze standaard. De vraag is dan ook op welke wijze gaat Nederland om met introductie van nieuwe technologie.

Perspectief van ERTMS

ERTMS draagt bij aan de vergroting van de concurrentiekracht van het spoorvervoer in Europa. Het levert op internationale corridors op middellange termijn operationele en commerciële voordelen op voor spoorwegondernemingen. Wisseling van locomotief bij de grens is in de toekomst overbodig en er zijn minder verschillende treinbeïnvloedingssystemen aan boord noodzakelijk. Vanzelfsprekend wordt de nieuwe technologie in Nederland geïmplementeerd op de nieuwe internationale spoorlijnen HSL-Zuid en de Betuweroute.

Naast harmonisatie van een technologie gaat door de ontwikkeling van ERTMS een concurrerende markt van leveranciers ontstaan. Zo zijn er momenteel zes verschillende concurrerende aanbieders van ERTMS in Europa, die zowel voor de trein als voor de infrastructuur onderling functioneel uitwisselbare treinbeïnvloedingssystemen leveren. Ook op bestaande spoorlijnen in Nederland is invoering van ERTMS gewenst op (middel-)lange termijn; de vraag is hoe en wanneer deze te implementeren?

Voor de reizigers zijn met name de veiligheids- en performance-effecten van ERTMS van belang. ERTMS vergroot de veiligheid van het treinverkeer doordat ook snelheden van treinen beneden de 40 km/u worden beveiligd. Passages van stoptonende seinen en mogelijke botsingen van treinen als gevolg van menselijk falen behoren hiermee tot het verleden. Daarnaast is verhoging van de veiligheid van baanwerkers mogelijk met ERTMS.

Een belangrijk voordeel van ERTMS is ook dat treinen met hogere snelheden in Nederland kunnen rijden en dat in de bestaande situatie de railinfrastructuur beter benut kan worden als gevolg van de toegenomen flexibiliteit in het optimaliseren van de benutting.

ERTMS anno 2008

Tot op heden is implementatie van ERTMS gedreven door de noodzaak van interoperabiliteit voor internationaal treinverkeer en door de introductie van hogesnelheidslijnen in Europa waardoor buitenseinen niet meer zichtbaar zijn en overgeschakeld wordt op cabine-signalering. De eerste implementaties van ERTMS in Europa zien we dan ook terug in delen van Europese goederencorridors, zoals de Betuweroute (als onderdeel van de corridor Rotterdam-Genua), en op hogesnelheidslijnen in Spanje, Italië, Zwitserland, maar ook de HSL-Zuid (als onderdeel van de corridor Amsterdam-Brussel-Parijs).

Op korte termijn creëert ERTMS, door harmonisatie van technische systemen, toegevoegde waarde voor met name internationaal opererende spoorwegondernemingen. Het volume goederenvervoer groeit bijvoorbeeld op dit moment met meer dan 8% per jaar. Europese harmonisering van beveiligingssystemen is een enorme ondersteuning voor het vergroten van het concurrentie voordeel op de Europese markt. Nederland met haar zee- en luchthavens is daarbij de gateway tot die markt en spoor is hierin onmisbaar om de logistieke ketens aan Nederland te binden. Nederland heeft met de Betuweroute en de HSL-Zuid een eerste stap gemaakt.

Als gevolg van veroudering van bestaande beveiligingssystemen en de bijbehorende vervangingsnoodzaak wordt ERTMS nu ook op conventioneel spoor geïmplementeerd als dé nieuwe Europese standaard. Dit zien we terug in landen als het Verenigd Koninkrijk, België, Luxemburg, Zwitserland, Denemarken, Zweden en Noorwegen, maar speelt ook een rol in de Nederlandse implementatiestrategie.

Als laatste fase in implementatie ERTMS in Europa zullen, als gevolg van het toenemend treinverkeer, met name de veiligheidseffecten en capaciteitseffecten van ERTMS meer op de voorgrond komen. ERTMS vergroot de veiligheid van het treinverkeer en is flexibeler in het optimaliseren van het gebruik en de benutting van de railinfrastructuur dan de huidige systemen. Een kortere rijtijd van treinen resulteert in een kortere reistijd voor reizigers. Met ERTMS is het op relatief korte termijn mogelijk om de reistijd op een aantal baanvakken op korte termijn met ca 1 minuut te verlagen¹. Daarnaast is door toepassing van ERTMS de opvolgtijd tussen treinen korter waardoor meer treinen kunnen rijden tegen lagere kosten. Juist op korte termijn zijn deze stappen noodzakelijk om tegen een goede prijs-prestatie treinverkeer mogelijk te houden.

Vertaling 'drivers' implementatie ERTMS naar strategische streefbeelden

Vanuit **interoperabiliteit** worden de volgende infra-corridors voorgesteld om te worden voorzien van ERTMS.

PLANNING	INFRA-CORRIDOR	TOELICHTING
2007	Betuweroute	A15-tracé incl. Havenspoorlijn.
2012	Eilanden Betuweroute (Zevenaar – grens en Kijfhoek - Barendrecht)	Voorzien is combinatie met ombouw 1500V → 15kV/25kV
2012-2015	Utrecht – Geldermalsen – Den Bosch - Boxtel	Feederlijn Betuweroute + combinatie met moment vervanging beveiligingsinstallaties
2015-2020	Rotterdam – Dordrecht – Roosendaal - grens	
2015-2020	Eilanden HSL (Rotterdam, Amsterdam en Breda)	Combinatie met moment vervanging beveiligingsinstallaties
2015-2020	IJzeren Rijn	Afhankelijk van besluitvorming

¹ Zie brief ProRail "Maatregelen m.b.t. reistijdverbetering", dd 5 december 2007, RvB/BK/db/20725013

Vanuit **hogere rijnsnelheden** worden de volgende infra-corridors voorgesteld om te worden voorzien van ERTMS.

PLANNING	INFRA-CORRIDOR	TOELICHTING
2007	HSL-Zuid	Enkel de nieuwe lijngedeelten
2008	Amsterdam Muiderpoort – Utrecht	Incl. Utrechtboog
2013	Hanzelijn ²	Lelystad – Kampen - Zwolle

Vanuit **capaciteit** worden de volgende infra-corridors voorgesteld om te worden voorzien van ERTMS

PLANNING	INFRA-CORRIDOR	TOELICHTING
2013-2014	Utrecht – Geldermalsen – Den Bosch - Boxtel	Combinatie met 'snelle inhalingen' en moment vervinging beveiligings-installaties
2015-2020	Amsterdam Centraal-Bijlmer	Combinatie met opvolgtijdverbetering
2015-2020	Flevolijn (Amsterdam – Almere – Lelystad)	Combinatie met 'snelle inhalingen'
2015-2020	Zaanlijn (Uitgeest – Zaandam – Amsterdam)	Combinatie met 'snelle inhalingen'
2015-2020	Gooilijn (Weesp – Hilversum – Amersfoort)	Combinatie met 'snelle inhalingen'

Vanuit **de vervanging van bestaande treinbeveiligingsinstallaties naar nieuwe standaarden** worden de volgende infra-corridors voorgesteld om te worden voorzien van ERTMS.

PLANNING	INFRA-CORRIDOR	TOELICHTING
2015-2020	Boxtel – Breda	Inclusief Tilburg – Den Bosch
2015-2020	Breda – Lage Zwaluwe	
2015-2020	Utrecht – Arnhem - Zevenaar	
2015-2020	Utrecht – Amersfoort - Apeldoorn	

Uitgewerkte scenario's

Om een strategische koers te bepalen voor implementatie ERTMS is een aantal strategische vraagstukken bepaald en uitgewerkt. Deze zijn:

1. De ambitie in systeemkeuze voor ERTMS (Level 1, Level 2 of Level 3)

Uit analyse blijkt dat ERTMS Level 3 de uiteindelijke ambitie heeft, maar dat hier niet op wordt gewacht. Implementatie van ERTMS Level 2 is benoemd als het meest wenselijke implementatie-principe op korte- en middellange termijn. In (complexe) situaties, waar op korte termijn interoperabiliteit noodzakelijk is, zijn 'tijdelijk' andere kostenefficiëntere en minder risicovolle oplossingen mogelijk.

² In de algemene toelichting bij het Tracébesluit van de Hanzelijn staat op bladzijde 12: "Tenslotte is in het Trans Europese Netwerk (TEN) voor spoorvervoer de Hanzelijn onderdeel van een nog te ontwikkelen internationale verbinding (Berlijn-lijn). Om deze reden zal de Hanzelijn geschikt moeten zijn voor snelheden tot 200 km/uur om medegebruik door internationale (hogesnelheids)treinen mogelijk te maken." Als gevolg van deze eis is ERTMS noodzakelijk.

2. Koppeling of ontkoppeling invoering ERTMS met vervanging huidige installaties

Een gelijktijdige invoering van ERTMS met vervanging van huidige installaties is zowel vanuit kosten, baten als risico's de beste optie.

3. Migratie via dubbele systemen in het materieel of in de infrastructuur

De meest efficiënte invoering van ERTMS is een migratie via 'dubbele' systemen in het materieel. Hiermee worden de integrale kosten geminimaliseerd en worden de baten versneld geïncasseerd.

*De voor de spoorsector meest efficiënte benadering van de migratie naar een nieuwe beveiliging is het uitrusten van materieel met dubbele systemen (ERTMS + ATB-STM)
Het meest optimaal is om binnen enkele jaren het materieelpark van spoorwegondernemingen om te bouwen. Dit is de meest kostenefficiënte oplossing, en zorgt dat de baten m.b.t. veiligheid, capaciteit en rijtijden en vermindering exploitatiekosten van spoorwegondernemingen, zo snel mogelijk na de investering worden geïncasseerd.*

4. Ombouwstrategie ERTMS in materieel

Ombouw van het materieel naar ERTMS kan worden gevarieerd; snel in korte tijd door koppeling aan natuurlijke vervangingsmomenten van instroom van nieuw materieel (langdurige migratieperiode). Uit een vergelijking met andere landen geldt dat de kosten per materieeleenheid bij kleine series (<40 eenheden) kunnen verdubbelen / verdrievoudigen t.o.v. grotere series (>200 eenheden). Gedurende de ombouwtijd is een stabiele inzet van materieel bij vervoerders een voorwaarde. Eilandsgewijze inzet van deelparken geeft teveel beperking bij onderhoudsprocessen en bij verstoringen. Kosten ontstaan door zogenaamde versnijdingverliezen.

Op basis van de kwantitatieve en kwalitatieve uitkomsten van de strategische keuzes is door de spoorsector gekomen tot uitwerking van een tweetal 'most-likely' scenario's³. Hierbij zijn de strategische vraagstukken 3 en 4 gevarieerd in de scenario's, aangezien deze sterk interacteren en kunnen variëren. Naast deze 'most-likely' scenario's is door V&W/Arcadis een 'natuurlijk' implementatiescenario uitgewerkt.⁴

Gevoeligheidsanalyse

ProRail heeft de robuustheid van de Nederlandse ERTMS implementatiestrategie laten bepalen op basis van een gevoeligheidsanalyse van de business case en heeft Lloyd's Register Rail gevraagd deze gevoeligheidsanalyse uit te voeren. Hiertoe is een aantal 'worst-case' scenario's doorgerekend op effecten op de netto contante waarden van de investeringen in de verschillende scenario's. Doel is om aan de hand van de grootste onzekerheden inzicht te geven in de robuustheid van de Nederlandse ERTMS implementatiestrategie en de bijbehorende business case. De gevoeligheidsanalyse is mede uitgevoerd op de basis van de informatie van de due diligence van Booz Allen Hamilton en second opinion van Arcadis. De conclusie is dat vanuit kosten en baten de implementatiestrategie robuust is wat betreft (financiële) risico's.

Optimalisatiemogelijkheden

In de huidige kosten en de baten voor ERTMS zit een aantal optimalisatie-mogelijkheden.

Bepalend in de kosten voor implementatie ERTMS in de infrastructuur zijn de kosten voor engineering (met name de Radio Block Centres) en de hoeveelheid transities. Van groot belang bij implementatie van ERTMS in de infrastructuur is hierbij dan ook de bereidheid en mogelijkheid bij leveranciers om te investeren in het optimaliseren van implementatie-processen. Het ingecalculerde prijsniveau is sterk

³ Implementatiestrategie ERTMS, # 20585767 v1 / SpO, versie 1.0, 24 augustus 2007

⁴ Second opinion ERTMS Implementatieplan en 160 km/u, 5 september 2007, 141244/EA7/0V0/000149/kvr

afhankelijk van de omvang en de continuïteit van de infra-ombouw in Nederland en de mogelijkheid van gecombineerde uitvoering van vervanging van bestaande beveiligingssystemen en implementatie van ERTMS. Reductie van kosten van implementatie ERTMS in de infra kan is mogelijk en zelfs waarschijnlijk indien de omvang en continuïteit duidelijk is.

Ditzelfde geldt voor ERTMS boordapparatuur; er is geen Europese markt zolang niet een groot deel van het infra-netwerk van ERTMS is voorzien. Materieel zal dus altijd compatibel moeten zijn met bestaande landspecifieke beveiligingssystemen. Dat betekent dat er tijdelijk nationale markten zullen ontstaan voor materieelsystemen (ERTMS + Nederlandse STM) totdat de infra geheel is omgebouwd.

Bij een éénmalige materieelombouw, zoals nu voor Nederland voorzien, kunnen aanbieders dus feitelijk één keer een grote hoeveelheid systemen verkopen. Daarna zal het slechts gaan om kleine series en vervanging c.q. onderhoud. De totale kosten moeten en kunnen dus in die ene transactie worden goedge maakt.

Er zijn twee aanbieders die een voorsprong hebben in Nederland: Bombardier en Alstom. Alleen die twee hebben een STM voorhanden. Daarnaast zijn er samenwerkingsverbanden mogelijk. Voordeel van een big bang oplossing is dat beiden moeten concurreren op prijs en functionaliteit.

Deze concurrentie maakt de voorkeursscenario oplossing ook interessant: er is meer kans op een kritische massa om te bouwen materieel om daarmee marktwerking en concurrentie tussen meer dan één leverancier mogelijk te maken. Na een complete transitie naar ERTMS is de markt open voor alle leveranciers van ERTMS systemen. Reductie van kosten implementatie ERTMS in het materieel is mogelijk en zelfs waarschijnlijk indien retrofit materieel in één keer wordt aanbesteed.

In de businesscase van de implementatiestrategie ERTMS zijn baten zeer conservatief meegewogen. Dit heeft ook de audit van Booz Allen Hamilton aangetoond. De huidige inzichten geven aan dat er volop kansen aanwezig zijn om de reistijd van reizigers te verbeteren én om tegelijkertijd capaciteitswinst te behalen. In de volgende paragraaf is e.e.a toegelicht.

Performance-effecten

ERTMS is flexibeler in het optimaliseren van het gebruik en de benutting van de railinfrastructuur. Een kortere rijtijd van treinen resulteert in een kortere reistijd voor reizigers. Daarnaast is de opvolgtijd tussen treinen korter waardoor mogelijk meer treinen kunnen rijden tegen lagere kosten.

Het effect van ERTMS op de *rijtijden* van treinen wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door een viertal redenen.

1. Allereerst zijn met ERTMS hogere rijsnelheden mogelijk. De theoretische bovengrens is 500 km/u, terwijl in Nederland met de huidige ATB-systemen en bijbehorend seinstelsel slechts 140 km/u mogelijk is.⁵ Op een aantal trajecten zou met de invoering van ERTMS op korte termijn 160 km/u kunnen worden gereden, hetgeen in de huidige situatie per baanvak circa 1 minuut reistijdverbetering oplevert.⁶ Voor bijvoorbeeld de Hanzelijn kan dit een aantal minuten reistijdwinst opleveren.
2. Een tweede factor is dat ERTMS de treinenloop beveiligt met snelheidsprofielen en niet, zoals bij ATB het geval is, met discrete snelheidstrappen (40, 60, 80, 130 km/u). De snelheidsprofielen bieden het voordeel dat de maximaal toelaatbare snelheid exact kan worden ingesteld op wat ter plaatse toelaatbaar is. Dit biedt met name bij lagere snelheden significante rijtijd winst. Bij infrastructuur die geschikt is voor 50 km/u is de rijtijd dan ook 25% korter ten opzichte van de huidige ATB-snelheid van 40 km/u. Daarnaast is het gebied waarvoor een snelheidsbeperking geldt nauwkeurig in te stellen.
3. Een derde factor is dat ERTMS uitgaat van materieelspecifieke snelheidsprofielen. In het huidige seinstelsel wordt de infrastructuur gedimensioneerd aan de hand van de slechts-beremde trein. Met name voor reizigerstreinen kan dit verbetering van de rijtijd opleveren.
4. De vierde factor is dat ERTMS separate functies kent voor autorisatie om te rijden en de bijbehorende snelheid (zgn 'ontkoppeling Movement Authority en snelheidsbewaking'). Dit onderscheidt kan in praktijk-situaties al 10-30 seconden rijtijdwinst opleveren.

⁵ In uitzonderingssituaties is 160 km/u mogelijk. Dit geldt in Nederland voor de Thalys.

⁶ Zie brief "Maatregelen m.b.t. reistijdverbetering", dd 5 december 2007, RvB/BK/db/20725013

Het effect van ERTMS op *opvolgtijden* wordt hoofdzakelijk bepaald door 3 factoren.

1. De eerste factor betreft de mindere beperkingen voor projectering van infrastructuur. Omdat bij ERTMS veiligheidsinformatie via draadloze communicatie op het beeldscherm van de machinist verschijnt, wordt er geen gebruik meer gemaakt van seinen. Bij optimalisatie van de infrastructuur hoeft dan ook niet meer rekening te worden gehouden met de plaatsbaarheid en zichtbaarheid van seinen.
2. De tweede factor betreft de grotere vrijheid in blok lengten. Balises zijn vrijwel overal te plaatsen, op korte onderlinge afstand. De trein krijgt movement authority tot het laatste vrije blok. Treinen kunnen elkaar daardoor dicht naderen. Blok lengten kunnen zodanig gekozen worden dat treinen elkaar steeds op 2 minuten kunnen opvolgen. Bij de nadering van knooppunten levert dit een significant effect.
3. De derde factor betreft de winst doordat balises geplaatst kunnen worden dicht bij het gevaarpunt, zoals een wissel, en niet op ruime afstand daarvan vanwege zichtbaarheid of een eenduidig seinfront.

De grootte van de beschreven effecten verschilt overigens per specifieke locatie. De systeemreactie-tijden zijn op dit moment afhankelijk per leverancier en kunnen groter zijn dan in de huidige situatie. De huidige inzichten geven echter aan dat er volop kansen aanwezig zijn om de reistijd van reizigers te verbeteren én om tegelijkertijd capaciteitswinst te behalen.

Naast deze conservatief gecalculeerde baten gelden als aanvullende baten:

1. Kortere reistijden a.g.v. hogere rijsnelheden (bijv. 160 km/u).
2. Vermindering van de buitendienststelling a.g.v. minder apparatuur in de baan.
3. Verbetering van de publieke perceptie en het imago van de veiligheid is een extra (immateriële) verbetering (ATB heeft een slechte publieke reputatie)

Conclusie

1. De scenario's zijn opgesteld aan de hand van de drivers voor implementatie ERTMS, waarbij zowel de korte-, als de middellange en lange termijn perspectieven zijn gecombineerd.
2. De conclusie is dat vanuit kosten en baten de implementatiestrategie robuust is voor wat betreft (financiële) risico's.
3. In de huidige kosten en de baten voor ERTMS zit een aantal optimalisatie-mogelijkheden die de strategie van de spoorsector verder versterken.

Bijlage 2: Effect ervaringen ERTMS op Havenspoorlijn op implementatiestrategie

De strategie van de spoorsector heeft als ambitie om uiteindelijk ERTMS Level 3 te implementeren, waarbij het generieke principe is om te starten met ERTMS Level 2. Echter voor de migratie van de Havenspoorlijn naar 25kV en ERTMS is door ProRail geadviseerd om voorlopig Level 1 te implementeren, waarbij het moment van de eventuele migratie naar Level 2 later kan worden bepaald. Dit advies was het gevolg van een complex samenspel van factoren.

Havenspoorlijn

De probleemstelling op de Havenspoorlijn is complex. Een samenspel van drie factoren speelt een rol:

1. Er is een groot aantal afspraken gemaakt met vervoerders, overheid en leveranciers:

- *Er zijn afspraken gemaakt met VenW, vervoerders en Keyrail over de migratie van de Havenspoorlijn. Deze hielden in dat uiterlijk 1 april 2008 ERTMS (minimaal Level 1) beschikbaar is en uiterlijk 1 juli 2008 25kV tractievoeding. Vervoerders hebben hiermee rekening gehouden met bestelling en instroom nieuw elektrisch materieel.*
- *Er zijn contracten afgesloten met leveranciers om de Havenspoorlijn (hoofdlijn en emplacementen) om te bouwen van bestaande ATB-EG naar ERTMS Level 2 in één grote buitendienststelling.*

2. Ervaringen, zowel in Nederland (A15 tracé en Amsterdam-Utrecht) als in het buitenland (Zwitserland, Italië), hebben geleerd dat als wordt vastgehouden aan het oorspronkelijke ombouwscenario, het risico op zowel ernstige projectvertraging als van verstoring van het operationele bedrijf na de indienststelling veel groter is dan kon worden ingeschat toen deze plannen werden opgesteld. Er is geanalyseerd op welke wijze de risico's konden worden verkleind.

- *Het risico wordt mede bepaald door de complexiteit en de omvang van de Havenspoorlijn; het gaat bij de Havenspoorlijn om drie keer zo veel wissels en secties, om vier keer zo veel potentiële rijwegen, zes emplacementen en zeven Radio Block Centers in plaats van achtereenvolgens één en drie op het A15 tracé van de Betuweroute.*
- *Kennis over en ervaring met rangeren ('voor- en achteruitrijden'), sterk wisselde treinsamenstellingen en rangeren met radio-loc onder ERTMS regime was nog zeer beperkt beschikbaar.*
- *Een groot risico betreft het vervangen van de huidige VPI-Interlocking. Om de indienststellingdatum te halen is gekozen om de interlocking niet te vervangen; dit werd te risicovol ervaren. Het gevolg was dat slechts implementatie van ERTMS Level 1 mogelijk is. Het alternatief was om de interlocking wel te vervangen met daarbij toepassing van het gewenste ERTMS Level 2. Het toepassen van ATB-EG als fall-back werd als risicovol ervaren, gezien de dwingende volgorde van migratie (zie punt 3). Hiermee zou de indienststelling van 25kV mogelijk niet haalbaar zijn.*

3. Er zijn, om technische redenen, randvoorwaarden die een dwingende volgorde opleggen waarin de betreffende systemen kunnen worden omgebouwd.

In de huidige situatie is de Havenspoorlijn uitgerust met ATB-EG als treinbeïnvloeding, GRS spoorstroomlopen als treindetectie en VPI en B-relais met buitenseinen als interlocking. Hoewel de Havenspoorlijn al is uitgerust met 25 kV bovenleiding, kan deze om twee redenen nog niet worden gebruikt:

1. *het ATB-EG systeem wordt door de 25 kV/ 50 Hz wisselspanning zodanig gestoord dat dit de veiligheid in gevaar brengt. Dit is een technisch niet oplosbaar probleem: deze systemen kunnen niet compatibel worden gemaakt;*
 2. *Invoeren van 25 kV wisselspanning vereist geeaarde spoorstaven en dat aardingsconcept is niet compatibel met het detectiesysteem gebaseerd op GRS spoorstroomlopen.*
- *Alvorens 25 kV tractie geactiveerd kan worden, dient eerst het ATB-EG systeem te worden vervangen door het beveiligingssysteem ERTMS en dienen vervolgens de GRS spoorstroomlopen te worden vervangen door het JADE systeem.*
 - *Hoewel ATB-EG en GRS spoorstroomlopen wel goed samenwerken met 1500 V DC tractievoeding, kan een dergelijke voeding niet worden toegepast op de Havenspoorlijn omdat gelijkstroom leidt tot corrosie van leidingen in de grond die in de directe nabijheid van de Havenspoorlijn in overvloed aanwezig zijn.*
 - *Het huidige VPI interlocking systeem is overigens niet strijdig met het gebruik van 25 kV tractie; in het kader van BB21 is bepaald hoe bestaande systemen dienen te worden aangepast als ze worden toegepast in combinatie met 25 kV.*

Analyse effect op implementatiestrategie ERTMS

De hierboven beschreven ervaringen op de Havenspoorlijn hebben het volgende effect op de verdere implementatie van ERTMS in Nederland:

1. Dwingende afspraken met vervoerders en leveranciers:

- De wijze van uitrol kan worden gespecificeerd in een tactisch implementatieplan.
- Beheersbaarheid van migratiestappen en bijbehorende buitendienststelling is noodzakelijk. Ombouw van Havenspoorlijn inclusief bijbehorende emplacementen en bijbehorende treinoperatie is binnen Nederland één van de meest complexe situaties voor migratie naar een nieuwe interlocking en ERTMS. Deze migratie is vergelijkbaar met de vervanging van de interlocking dan wel implementatie ERTMS op een complex emplacement als Utrecht. In de tactische uitwerking van de implementatiestrategie moet dan ook specifieke aandacht komen om bestaande kennis uit projecten door te sluisen naar volgende projecten.

2. Risico's ombouw en risico's na migratie:

- Risico's tijdens de ombouwfase (het betreffende weekend) kunnen worden gemitigeerd door als terugval-optie ATB beschikbaar te houden. Dit is mogelijk op het gehele netwerk in Nederland.⁷
- In de komende 25 jaar zullen de bestaande interlockings moeten worden vervangen. Dit brengt vanzelfsprekend risico's met zich mee. De migratie van ATB via Level 1 naar Level 2 is voor het gemengde net niet eenvoudiger of minder complex dan van ATB naar ERTMS Level 2.
- Maatregelen om de risico's m.b.t. vervanging interlockings te managen, worden o.a. opgedaan in het Mistral-programma. Dit traject start vanaf 2008 en is gezien urgentie in aanvang onafhankelijk van implementatie ERTMS (o.a. om de veiligheid en betrouwbaarheid van bestaande systemen te garanderen, totdat duidelijkheid aanwezig is over implementatiestrategie ERTMS én totdat voldoende ERTMS-materieel beschikbaar is).
- Operationele risico's na migratie m.b.t. radiografische bediening / rangeren en sterk wisselende treinsamenstellingen spelen (naast Kijfhoek) in mindere mate op andere delen van het net. Vanuit de ambitie en de visie (verlagen onderhoud, vergroten performance en capaciteit op knooppunten) wordt gesteld dat de oplossing moet liggen in ERTMS Level 2 met toepassing / instandhouding 'rangeer-lichten' / 'vertreklichten'. Een onderscheid tussen Level 1 en Level 2 is daar niet onderscheidend in. In complexe situaties, waar op korte termijn interoperabiliteit noodzakelijk is, zijn 'tijdelijk' andere minder risicovolle oplossingen (bijv. Level 2 met toepassing 'vertreklichten') mogelijk. In het tactisch implementatieplan zal een nadere analyse van de verkeersomstandigheden in combinatie met de technische ontwikkelingen van ERTMS duidelijk moeten maken of, en zo ja waar in de infrastructuur deze oplossing wordt toegepast.⁸

3. Dwingende volgorde:

- Er kunnen technische redenen (leeftijd interlocking, relaties tussen vervanging ATB door ERTMS met opheffen 1500V-eilanden door 15kV/25kV) en randvoorwaarden in tijd (levering interoperabiliteit uiterlijk 2012 of zoveel eerder in 2009) die een effect hebben op de keuze Level 1 / Level 2 bij ombouw eilanden Kijfhoek en Zevenaar.
- Er is een dwingende volgorde in implementatie ERTMS Level 2 op overig netwerk: eerst vervanging van huidige interlockings in programma Mistral, tegelijkertijd (of enig moment later) implementatie ERTMS Level 2.

⁷ Dit is geen vorm van dual-signalling. Tijdens de ombouw zijn terugval-opties / -scenario's beschikbaar, zodat te allen tijde de treindienst conform de gemaakte afspraken na de buitendienststelling kan worden hervat.

⁸ In de rapportage van de businesscase van augustus 2007 zijn de financiële consequenties reeds meegenomen. Er is aangenomen dat een deel van de seinen op knooppunten aanwezig blijft.

Conclusie

1. Een belangrijk risico bij de Havenspoorlijn zat in het vervangen van de huidige interlockings in combinatie met de gemaakte afspraken over indienststellingsdatum en de dwingende volgorde van ombouw beveiliging, treindetectie en energievoorziening.
2. In de komende 25 jaar zal echter een groot deel van de bestaande interlockings in Nederland moeten worden vervangen. Op het moment dat deze interlockings *moeten* worden vervanging, is een implementatie van ERTMS Level 2 opportuun vanuit kosten, baten en risico's.
3. De hierboven beschreven ervaringen op de Havenspoorlijn *versterken* dan ook de *strategische principes en ambitie* van de implementatiestrategie ERTMS.
4. In het denken over risico's moet een onderscheid worden gemaakt in risico's met betrekking tot de migratie van infrastructuur (de ombouw van de infra gedurende een bepaald weekend) en eventuele risico's in de operatie / uitvoering dienstregeling na migratie. Er zijn voldoende opties en mogelijkheden beschikbaar om risico's van de ombouw te managen (bijvoorbeeld ATB als terugval-scenario).

Bijlage 3: Inventarisatie toepassing Dual Signalling

In Nederland is de focus van het programma BB21 gericht geweest op het ontwikkelen van ERTMS voor de megaprojecten Betuweroute en Amsterdam-Utrecht. Daarbij werd het traject Amsterdam-Utrecht gezien als een ideaal traject om met de overgangssituatie met dual signalling kennis en ervaring op te bouwen.

De implementatiestrategie ERTMS van de spoorsector heeft als zienswijze dat de overgangssituatie met dual signalling in de infrastructuur zo kort mogelijk is. Dubbele systemen leveren in principe dubbele investeringen op, dubbele beheerskosten, dubbele storingskansen en dubbele hinder voor de vervoerders voor onderhoud. Dit is ten principale niet conform de beleidsdoelstellingen van de spoorsector. Daarnaast worden de baten op het vlak van verbetering veiligheid treinverkeer (bewaking snelheid < 40 km/u), baanwerkersveiligheid (bewaking snelheid nevenspoor) en capaciteit pas veel later geïncasseerd waardoor mogelijkerwijs in de tussentijd additionele investeringen noodzakelijk zijn.

Het leidende principe is neergelegd dat toepassing van duale systemen in de infrastructuur niet meer moet plaatsvinden gezien vanuit kosten en baten. De vertaling van de strategie naar de tactische planning is daarbij slechts op hoofdlijnen (in streefbeeld) uitgewerkt en is dus nog een open issue. Dit wordt in detail uitgewerkt na het vaststellen van de koers.

De vraag is met name wat het effect van de implementatiestrategie van de spoorsector op de ERTMS-infraprojecten voor de komende 5 jaar, bijvoorbeeld Amsterdam-Utrecht, de Hanzelijn en Mistral. M.a.w. hoe kort kan de overgangssituatie met dual signalling zijn? Een risico is in hoeverre het de komende 4 á 5 jaar redelijk te verwachten is dat met enige zekerheid voldoende ERTMS materieel aanwezig is. De spoorsector ziet dit als een realistische periode o.b.v. doorzetting ervaringen Zwitserland en Scandinavië.

Ervaring in Nederland

Voor de komende 10 jaar is in Europa meer dan 27.000 km infrastructuur met ERTMS gepland of reeds gecontracteerd. In Nederland is over 4 jaar een significant aantal spoorlijnen voorzien van ERTMS. De ervaring in Nederland met implementatie en beheer van ERTMS is dan zeer groot. De Betuweroute is dan bijna 5 jaar operationeel, de HSL-Zuid 4 jaar, de Havenspoorlijn 4 jaar en Amsterdam-Utrecht 3 jaar. De goederenvervoerders hebben dan reeds 5 jaar ervaringen met ombouw en beheer van ERTMS-materieel. Ook NS heeft dan 5 jaar ervaring met toepassing van een ATB-STM in de operationele dienstregeling. Daarnaast wil NS materieel uitrusten met ERTMS om operationele ervaring op te doen met ERTMS op Amsterdam-Utrecht. Ook is de planning dat uiterlijk 2012 de Hanzelijn voorzien is van ERTMS en dat de ATB-eilanden bij Zevenaar en Kijfhoek zijn voorzien van ERTMS.

Daarmee is in Nederland ervaring beschikbaar van implementatie en beheer van ERTMS Level 2 op dedicated lijnen (HSL en Betuweroute), ERTMS Level 1 op zeer complexe railinfrastructuur als de Havenspoorlijn, ERTMS Level 2 als overlay op één van de drukste trajecten in Nederland (Amsterdam-Utrecht), ERTMS Level 2 (overlay) op de Hanzelijn. Daarnaast heeft de minister aangegeven dat ook het baanvak Almere-Lelystad moet worden voorzien van een ERTMS-overlay.⁹ Ook is hiermee ervaringen opgedaan met moeilijke interferenties met bijvoorbeeld vervanging van bestaande treindetectiesystemen (van GRS-Spoorstromlopen naar bijv Jade) en energievoorzieningssystemen (van 1500V naar 25kV).

Tegelijkertijd wordt de komende 4 jaren op minimaal 3 corridors in Nederland de huidige treinbeveiligingssystemen integraal vervangen door nieuwe systemen. In deze corridorsgewijze vervanging wordt ervaring opgedaan met re-engineering van complete baanvakken waarbij de huidige systemen en interfaces worden geoptimaliseerd.

Dual Signalling

Dubbele systemen in de infra leveren in principe dubbele investeringen op, dubbele beheerskosten, dubbele storingskansen en dubbele hinder voor infra-onderhoud voor de vervoerders. Dit is ons inziens ten principale niet conform de beleidsdoelstellingen van de spoorsector.

⁹ Zie brief VenW "Reistijdverbetering", dd 21 januari 2008, VENW/DGP-2007/10779

Het implementeren van dual signalling is voornamelijk van belang indien (1) er nog niet voldoende materieel met ERTMS beschikbaar is, (2) er langdurig risico's voorzien worden in de werking van GSM-R of RBC's¹⁰ of (3) voorzien wordt dat op lange termijn slechts een beperkt aantal spoorlijnen worden voorzien van ERTMS en dat beperkingen in de operationele inzet van materieel niet mogelijk is.

In een aantal andere landen wordt op een aantal trajecten dual-signalling of overlays toegepast. Bijvoorbeeld in Duitsland wordt op de eerste trajecten (zoals Rotterdam-Genua t.b.v. interoperabiliteit) een ERTMS overlay toegepast. Met name punt 1 speelt hier een rol; bij implementatie van sec ERTMS zou een enorm aantal materieel-eenheden moeten worden voorzien van ERTMS¹¹. Duitsland gaat er verder vanuit dat een substantieel deel van het netwerk uiteindelijk wordt voorzien van ERTMS.¹²

In België en Zwitserland wordt de "packet 44-oplossing" toegepast.¹³ Voornaamste reden in beide landen is, dat op korte termijn de veiligheid moet worden gegarandeerd van de werking van het bestaande treinbeïnvloedingsstelsel. Nadat de infra is voorzien van LEU's, balises en loops, moet het gehele materieelpark voorzien worden van deze reverse STM. Daarna wordt de infrastructuur omgebouwd naar ERTMS en wordt het conventionele stelsel uitgefaseerd. Daarna is het mogelijk om het materieel naar ERTMS om te bouwen. In beide landen speelt een rol dat op korte termijn niet voldoende materieel voorzien kan zijn van ERTMS (punt 1). Beide landen voorzien voor 2015 het gehele netwerk te voorzien van deze 'ERTMS-oplossing'.

In Nederland is toepassing van dual signalling mogelijk van belang bij de eerste conventionele lijnen die voorzien (moeten) worden van ERTMS, vooruitlopend op de beschikbaarheid van voldoende ERTMS-materieel. Dit betreft de lijnen Amsterdam-Utrecht, de Hanzelijn en eventueel de Betuweroute-eilanden.

Amsterdam-Utrecht

Op het traject Amsterdam-Utrecht wordt ERTMS als een overlay operationeel per 2009. Een heroverweging geeft dan ook geen andere visie voor AU. Amsterdam – Utrecht moet met dual signalling worden voorzien. Thans is er namelijk geen reizigersmaterieel voorzien van ERTMS. De ervaring laat echter wel zien dat implementatie van dual signalling niet zonder problemen gaat. Deze problematiek wordt nog eens versterkt door het feit dat dual signalling landspecifieke oplossing betreft, waardoor grotere risico's aanwezig zijn in ontwikkeling en implementatie. In het kader van een verdere implementatie van ERTMS levert dit vervoerders (met name NS) wel de extra mogelijkheid om ervaringen met retrofitting materieel in een operationele omgeving te beproeven. Hierdoor wordt het aanwezige risico in de implementatiestrategie ERTMS sterk gereduceerd. Hiervoor zijn concrete plannen in de maak.

Hanzelijn

In de beschikkingaanvraag van de Hanzelijn¹⁴ is opgenomen dat deze zal worden uitgerust met het beveiligingssysteem 'dual-signalling'. Gezien de hoge snelheid van 200 km/u is er de interoperabiliteitsverplichting om dit baanvak te voorzien van ERTMS. Indien de ontwikkeling van het technologiebeleid van ProRail aanleiding geeft om wijzigingen te stellen m.b.t. het op de Hanzelijn toe te

¹⁰ Storingen in het beveiligingssysteem zijn niet per definitie oplosbaar door toepassen van een overlay of door dual signalling. Er wordt namelijk gebruik gemaakt van dezelfde interlocking. Op nieuwe infrastructuur is het te overwegen om eerst conventionele technologie (ATB) toe te passen om daarna te migreren naar ERTMS. Tijdens de migratieperiode kan worden teruggevallen op ATB. Op bestaande spoorlijnen is reeds ATB aanwezig en is dit dus niet noodzakelijk.

¹¹ Alleen al in Duitsland zijn meer dan 30.000 materieel-eenheden en meer dan 350 vervoerders.

¹² Duitsland heeft als strategie om eerst een aantal internationale goederencorridors te voorzien van ERTMS. Daarna een aantal hogesnelheidskorridors. Vanaf 2020 worden de andere internationale corridors voorzien van ERTMS, de rest van het netwerk volgt bij de vervanging van de huidige systemen.

¹³ Packet 44 is een methode om informatie-uitwisseling tussen nationale treinen en trein-beïnvloedingsystemen te faciliteren via Eurobalises in het spoor en Eurobalise-antennes in de trein. Dit packet 44-systeem is dus wel gebaseerd op ERTMS-componenten, maar de veiligheidsfuncties die daarbij worden gebruikt, zijn van het nationale beveiligingssysteem. De toepassing van Packet 44 is slechts mogelijk in landen met puntsgewijze treinbeïnvloedingsystemen en niet zoals in Nederland met continue systemen. Materieel blijft voorzien van het landspecifieke treinbeïnvloedingsstelsel met daarbij toegevoegd een 'reverse STM' om de packet 44 berichten te kunnen lezen.

¹⁴ Aanlegbeschikking Hanzelijn, DGP/SPO/U.05.0159, 5 juli 2005

passen beveiligingssysteem, legt ProRail deze vooraf voor aan de minister. Daarnaast heeft de minister aangegeven dat ook het aansluitende baanvak Almere-Lelystad moet worden voorzien van een ERTMS-overlay.

Eilanden Betuweroute

Een separate planstudie loopt naar het opheffen van de ATB- en 1500V eilanden Zevenaar en Kijfhoek. ProRail onderzoekt in opdracht van het ministerie van Verkeer en Waterstaat op welke wijze deze eilanden kunnen worden geëlimineerd zodat een interoperabele corridor ontstaat. Er kunnen technische redenen (leeftijd interlocking, relaties tussen vervanging ATB door ERTMS met opheffen 1500V-eilanden door 15kV/25kV) en randvoorwaarden in tijd (levering interoperabiliteit uiterlijk 2012 of zoveel eerder in 2009 en wel of niet voldoende materieel beschikbaar) die een effect hebben op de keuze Level 1 / Level 2 of dual signalling of niet bij ombouw eilanden Kijfhoek en Zevenaar. In het vervolg van de planstudie moet blijken welk specifieke lokale oplossing wordt gekozen om de randvoorwaarde van implementatie 2012 (of zoveel eerder) kan worden gerealiseerd.

MISTRAL

De voorbereiding voor een noodzakelijke grootschalige vervanging van oude (relais-) beveiligingsystemen is gestart. Drijfveer voor Mistral is niet implementatie ERTMS of mogelijk maken interoperabiliteit of hogere snelheden; directe aanleiding tot het starten van Mistral is de veroudering van de huidige relais-beveiligingsystemen. De gevolgen van de veroudering zijn aangetoond en dwingen tot het starten van een vervangingsprogramma. Om de veiligheid en betrouwbaarheid van de huidige systemen te garanderen en de risico's op vertraging te beperken, geschiedt deze vervanging vanaf 2008 1 op 1. Er zal eerst enige jaren ervaring moeten zijn opgedaan met een corridorsgewijze vervanging, voordat een hoger ambitieniveau mogelijk is. Deze vervanging kan in de toekomst dan ook worden gecombineerd met implementatie van ERTMS. Om de overgang niet onmogelijk te maken wordt technische gezien het programma Mistral voorbereid op ERTMS, er is gekozen om gebruik te maken van ERTMS-georiënteerde beveiligingsystemen die uit de ERTMS-catalogi van de leveranciers komen.

Overige trajecten

Indien er geen nieuwe marktwensen komen om corridors te voorzien van interoperabele systemen zullen in de overgangsfase verder geen dual signalling systemen worden toegepast tot voldoende materieel is uitgerust met ERTMS.

Conclusie

1. De implementatiestrategie ERTMS van de spoorsector heeft als zienswijze dat de overgangssituatie met dual signalling in de infrastructuur zo kort mogelijk is. Dubbele systemen leveren in principe dubbele investeringen op, dubbele beheerskosten, dubbele storingskansen en dubbele hinder voor de vervoerders voor onderhoud.
2. De vraag is met name hoe kort kan de overgangssituatie met dual signalling zijn, m.a.w. op welk moment kan er voldoende ERTMS materieel in Nederland beschikbaar zijn in de komende 5 jaar?
3. Voorzien is dat in de overgangsfase naast Amsterdam-Utrecht, de Hanzelijn (evt Almere-Lelystad) er geen andere trajecten voorzien worden van dual signalling. Overigens loopt er een separate planstudie naar het opheffen van de ATB- en 1500V eilanden Zevenaar en Kijfhoek.

Bijlage 4: Desinvesteringen migratie naar ERTMS na vervanging huidige systemen

Context

De kennis en ervaring over implementatie van ERTMS is de afgelopen jaren in Europa enorm gegroeid op het gebied van zowel infrastructuur als materieel. Medio 2007 was er ruim 1700 km railinfrastructuur voorzien van ERTMS in Europa en voor de komende 10 jaar is ruim 27.000 km implementatie gepland¹⁵. Totaal ruim 850 materieel-eenheden waren reeds in commerciële exploitatie, 275 eenheden zijn reeds besteld en bijna 500 eenheden materieel worden geretrofit. Daarnaast is een aantal grote tenders (van ca 1000-1500 eenheden) voorzien in de komende maanden. Door deze ontwikkelingen Hierdoor is op dit moment een goede uitspraak te doen over de principiële keuzes in implementatie ERTMS.

In Nederland is de kennis over ERTMS in de infra voornamelijk opgedaan in het BB21-programma van ProRail. De introductie van ERTMS vond tot op heden vaak plaats als onderdeel van grote infrastructurele projecten, zoals de Betuweroute en de HSL-Zuid. ERTMS is in de basis dan ook infra-dominant ontwikkeld en gerealiseerd. Hierdoor was het logisch om ook de migratie te beschouwen vanuit de infrastructuur. Dit werd op een natuurlijke manier nog eens versterkt door de ontvlechting van de spoorsector hetgeen resulteerde in een scheiding van beheer van infrastructuur en exploitatie van treindiensten.

Implementatie van ERTMS op het traject Amsterdam – Utrecht bijvoorbeeld werd in het verleden dan ook vanuit hetzelfde oogpunt beschouwd. Daarnaast was voor een baanvak als Amsterdam-Utrecht de ombouw van een substantieel deel van het Nederlandse materieelpark noodzakelijk. Ten tijde van de besluitvorming over de eerste implementatie van ERTMS op een bestaand baanvak als Amsterdam-Utrecht was het dan ook niet zinvol om te kiezen voor een ombouw van het gehele materieelpark in Nederland.

Risico's materieel-ombouw

De kennis en ervaring van implementatie van ERTMS in het materieel is pas sinds 2005 opgedaan. Met name de ombouw van goederenmaterieel voor de Betuweroute en de ontwikkeling van ATB-STM door NS hebben hiertoe bijgedragen. Dit heeft ertoe geleid dat gedurende de afgelopen jaar een sectorbrede overweging heeft plaatsgevonden in het kader van een verdere implementatie van ERTMS in Nederland.

Verwacht wordt dat medio 2008 in Nederland formeel gehomologeerd materieel beschikbaar komt met inzetcertificaat. Pas als je dat materieel van een paar leveranciers een half jaar operationeel hebt en de eerste evaluatieresultaten kent, kun je met zekerheid stellen wat de beschikbaarheid van geretrofit materieel wordt. We hebben het dan dus over medio 2009. De huidige ervaringen bij ombouw van enkele locomotieven tbv BR vallen nog niet mee.

Van deze ervaringen (ook van de HSL-Zuid) maakt name NS dankbaar gebruik van. Een groot deel van de kinderziektes die de sector nu parten speelt, moeten later dus kunnen worden voorkomen. Precies de reden waarom NS aan Lloyds opdracht heeft gegeven deze kennis te loggen. Precies ook de reden waarom NS reeds operationele proeven doet met een locomotief met een ATB-STM in de dagelijkse dienstregeling.

De ombouw zelf is natuurlijk een operationeel probleem dat voor een deel kan worden verminderd door bij de engineering rekening te houden met zo veel mogelijk ombouwen tijdens Korte Termijn Onderhoud. Dit is een uitdaging voor de ingenieurs. NS i.s.m. Lloyds Register beoordeelt dit als haalbaar. Ook ervaringen in andere landen (bijv Zwitserland en Scandinavië) geeft aan dat 'snelle' materieelombouw challenging is, en niet onrealistisch. Na aanvang is binnen een termijn van ca 3 tot 5 jaar een ombouw van het gehele materieelpark mogelijk. Overigens geldt dit alleen indien dit goed voorbereid wordt en er geen discussie meer is over koers van de strategie.

¹⁵ Atlas of ERTMS, World wide implementation, UIC & UNIFE, 31-07-2007

Natuurlijk blijven er altijd risico's hetgeen in potentie tot vertragingen zou kunnen leiden bij de ombouw van de infrastructuur naar ERTMS of indienststelling van nieuwe lijnen. Overigens geldt dit voor zowel retrofit van materieel, als voor ontwikkeling en implementatie van dual signalling in de infrastructuur. Het is noodzakelijk om vanuit de spoorsector de beste beheersingsmaatregel te kiezen en te regisseren. De functie van system integrator en regisseur moet hierbij expliciet worden georganiseerd.

Naast langer doorgaan met 1 op 1 vervangen van bestaande treinbeveiligingsystemen is het alternatief om voorlopig uit te gaan van duale systemen in de infra. De ontwikkel- en implementatiecomplexiteit van een systeem wat zowel conventionele landspecifieke technologie als nieuwe ERTMS technologie aanstuurt, is hierbij zeker ook niet te onderschatten. Tot op heden is hier geen spoorlijn met dual signalling in commerciële operatie in Nederland.

Desinvesteringen migratie naar ERTMS na vervanging huidige systemen

Medio 2006 is een onderzoek uitgevoerd naar de grootte van deze kosten indien na de 1-op-1 vervanging van de huidige conventionele systemen wordt gemigreerd naar ERTMS Level 2¹⁶. Deze studie is uitgevoerd voor het baanvak Apeldoorn – Deventer hetgeen een representatief baanvak is voor Nederland. In deze studie is geconcludeerd dat de maximale desinvesteringen op het onderzochte traject worden geschat op ruim 10% van de totale investeringskosten. *Het gaat om een bedrag van € 6.217.608,- op een totaal van € 50.000.000,-*

De lichtseinen, de cijferbakken, de ATB en de aanstuurkaarten van de interlocking zijn namelijk niet herbruikbaar bij ERTMS level 2. De kosten die door Mistral zijn gemaakt om deze systemen te implementeren zijn dus desinvesteringen bij latere migratie naar ERTMS.

Gezien bovenstaande cijfers levert uitstel implementatie ERTMS in de infrastructuur van 2012 tot 2018 ca € 110 mio aan vermijdbare kosten op.

Jaar	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Investering Mistral (x € mio)	130	160	160	160	160	160	170
Desinvesteringen (x € mio) aanname: desinvesteringen bedragen ca 10%	13,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	17,0
Cumulatief (x € mio)	13,0	29,0	45,0	61,0	77,0	93,0	110,0

In geval van toepassing dual signalling moeten overbodige' infra-elementen (seinen, seinstuurkaarten en ATB) worden verwijderd, nadat voldoende materieel met ERTMS beschikbaar is. Deze desinvesteringen zijn groter dan de desinvesteringen bij implementatie ERTMS na de Mistral-vervanging.

Doordat een interlocking is toegepast die geschikt is voor dual signalling systemen, zijn hier extra kosten voor gemaakt, (waarschijnlijk) zonder dat langdurig geschikt ERTMS-materieel er gebruik van heeft gemaakt. Toepassing van dual signalling systemen, geeft ook geen aansporing voor vervoerders om materieel snel om te bouwen, waardoor baten zeer laat of niet worden geïncasseerd. Daarnaast wordt bij dual-signalling de optimalisatie van de capaciteit van infrastructuur bepaald door de huidige seinen; dit levert beperkingen op. Na verwijdering van seinen en ATB is een herconfiguratie van ERTMS-systemen noodzakelijk t.b.v. deze capaciteits-optimalisatie.

¹⁶ *Migratie naar ERTMS na implementatie van Baseline 1 op Apeldoorn (incl.) – Deventer (excl.) door Mistral, ir. F. Kossen en ing. J. Prins, IM/TB/Mistral R06018, versie 1.0, 31 juli 2006*

Conclusie

1. Het moment waarop er voldoende ERTMS-materieel beschikbaar is, bepaalt de start van implementatie ERTMS op het conventionele net. De inschatting is dat binnen een termijn van ca 3 tot 5 jaar een ombouw van het materieelpark mogelijk kan zijn.
2. Natuurlijk blijven er altijd risico's hetgeen in potentie tot vertragingen zou kunnen leiden Overigens geldt dit voor zowel retrofit van materieel, als voor ontwikkeling en implementatie van dual signalling in de infrastructuur. Het is noodzakelijk om vanuit de spoorsector de beste beheersingsmaatregel te kiezen en te registreren. De functie van system integrator en regisseur moet hierbij expliciet worden georganiseerd.
3. Naast langer doorgaan met 1 op 1 vervangen van bestaande treinbeveiligingsystemen is het alternatief om voorlopig uit te gaan van duale systemen in de infra.
4. De desinvesteringen bij implementatie dual signalling systemen zijn groter dan de desinvesteringen bij migratie naar ERTMS na 1 op 1 vervanging.

Bijlage 5: Compatibiliteit en ERTMS-versies

Het introduceren van nieuwe functies bij ERTMS betekent ook dat zorgvuldig gekeken moet hoe verschillende versies onderling samenwerken. Hierdoor wordt de interoperabiliteit geborgd en dit is waar het allemaal om begonnen is. Compatibiliteit geeft weer in welke mate de verschillende opvolgende versies van ERTMS onboard systemen samenwerken met opvolgende versies van wal-systemen. Deze samenwerking is essentieel in de werking van een goed spoorstelsel. Door instroom van materieel met nieuwere ERTMS versies of door implementatie van ERTMS op nieuwe spoorlijnen moet deze samenwerking worden gemanaged.

Compatibiliteit tussen infra ERTMS en materieel ERTMS zal altijd een rol spelen, welke strategie of implementatievolgorde wordt gehanteerd. Op (inter-)nationale corridors zullen in de loop der tijd altijd verschillende versies van ERTMS aanwezig zijn. Materieel zal dan ook ten allen tijde voorzien moeten zijn van de hoogste versie die geïnstalleerd is op de betreffende routes en netwerken die worden bereden. [ETCS System Version Management, Subset 104].

Achtergrond

ERTMS is een ICT georiënteerd systeem dat ontworpen en gebouwd is om in de toekomst nog nader te definiëren functies aan toe te kunnen voegen. In het verleden is expliciet voor deze opzet gekozen zodat er geen systeem zou ontstaan dat "in beton" is gegoten waarbij niet meer tegemoet gekomen kan worden aan toekomstige behoeften aan nieuwe of gewijzigde functionaliteit.

Zoals gezegd zijn wijzigingen onlosmakelijk verbonden met grotere geautomatiseerde systemen. Dit is een proces wat ten alle tijde zal doorgaan; er zal geen enkel moment aan te wijzen zijn waarop een versie voor 10 of 20 jaar vast zal staan. Derhalve zijn procedures ontwikkeld voor het beheer van die wijzigingen, om te waarborgen dat kosten en opbrengsten van veranderingen goed worden geanalyseerd en dat de veranderingen op gecontroleerde wijze worden ingevoerd. Daarom dienen het omschreven proces van wijzigingsbeheer en de bijbehorende instrumenten te waarborgen dat veranderingen tegen zo laag mogelijke kosten (software of hardware) worden vastgelegd en op de specificaties worden toegepast.

Het Europees Spoorweg Agentschap (ERA)

De organisatie die de harmonisatie van technische- en veiligheidsnormen en processen in Europa beheert, is het Europees Spoorweg Agentschap (ERA) (<http://www.era.eu.int/>). De ERA coördineert de totstandkoming van Technische Specificaties voor Interoperabiliteit (TSI). Binnen de context van de TSI Command Control and Signalling (CCS) fungeert de ERA als de systeem-autoriteit voor ERTMS in Europa.

Change-Control Management

Deze systeem-autoriteit voor ERTMS beheert ook het proces van wijzigingen doorvoeren. Dit betekent dat er een zorgvuldig proces moet zijn, waarin de migratie naar een volgende versie wordt behandeld en waarbij de inmiddels gedane investeringen in zowel materieel als infrastructuur maximaal worden beschermd. Dit proces is inmiddels opgezet onder de vlag van de European Railway Agency (ERA): het ERTMS Change Control Management.

In dit proces werken CER, EIM en UNISIG onder leiding van de ERA samen om een volgende ERTMS versie te definiëren. Dit proces is dan ook geen Nederlandse aangelegenheid, waar vanuit Nederland 'harde' garanties zijn te eisen over functionaliteit of over een bevestiging van een bepaalde versie. Wel is ProRail vertegenwoordigd in een aantal bepalende werkgroepen en overlegorganen. Gezien de kennis en ervaring die reeds is opgedaan in Nederland blijkt in de praktijk dat relatief meer invloed aanwezig is.

Onderdeel van het ERTMS Change Control Management is het opstellen van een CBA (Cost Benefit Analyse). Dit leidt uiteindelijk tot een voorstel van de EC aan het Article 21 comité (waar de lidstaten in zijn vertegenwoordigd) om de nieuwe ERTMS versie te bekrachtigen waarna opname in de TSI CCS kan

plaatsvinden. Dit gehele proces is beschreven in: ERTMS Change Control Management, European Railway Agency, version 1.2, 11/05/06.

ERTMS SRS v.2.3.0

Tot op heden is de dynamiek in versies groot. SRS 2.2.2 is in 2006 opgevolgd door SRS 2.3.0. De huidige geldige versie is momenteel ERTMS baseline 2.3.0, deze is formeel goedgekeurd door het Article 21 comité in december 2006 en opgenomen in een update van bijlage A in maart 2007. Deze goedgekeurde versie van SRS 2.3.0 is beschikbaar op de ERA website samen met andere documenten die deel uitmaken van deze baseline specificatie (http://www.era.europa.eu/public/core/ertms/Pages/Approved_Documents_List_of_mandatory_Specifications.aspx).

Door UNISIG zijn knelpunten geïdentificeerd die van invloed zijn op technische interoperabiliteit (d.w.z. indien deze knelpunten niet worden gecorrigeerd, is het mogelijk dat treinen niet kunnen rijden op een lijn). Om tegemoet te komen aan de bedoeling van de TSI (interoperabiliteit) is voorgesteld dat de wijzigingen moeten worden opgenomen in de baseline SRS v2.3.0 door een update naar subset 108 (lijst van fout correcties). In dit specifieke geval is het voor iedere ERTMS implementatie (baan of materieel) noodzakelijk deze wijzigingen door te voeren om 'compliant' te zijn met de TSI.

Alle 'Designer Choice' Change Request en alle andere 'Fout Correcties' zijn herzien door UNISIG en een lijst met 55 Change Requests is opgesteld. Dit heeft geresulteerd in een nieuwe versie van subset 108. Op 14 februari 2008 is een update van foutcorrecties door Article 21 aangenomen. Deze versie 1.2.0 zal binnenkort formeel door de EC wordt gepubliceerd.

ERTMS SRS 3.0.0

Er is formeel vastgesteld dat de huidige ERTMS specificaties (SRS v2.3.0) voldoende ontwikkeld zijn om een technisch interoperabel systeem op te kunnen leveren. Echter, de contouren van een volgende stap zijn reeds geschetst om een volgende baseline (SRS v3.0.0) te ontwikkelen.

Onder leiding van de ERA wordt het specificatie traject voor ERTMS versie 3.0.0 opgepakt. In het ERTMS MoU Steering Committee heeft de EC gesteld dat eind 2008 de balans hiervan zal worden opgemaakt. Indien dan blijkt dat de specificatie van versie SRS 3.0.0 onvoldoende is gevorderd, kan worden besloten een tussenversie in te voeren als dat nodig is voor bijvoorbeeld de Corridor Rotterdam - Genua.

De EC heeft Article 21 beloofd dat er een update van het huidige Memorandum of Understanding tussen EC, EIM, CER, UIC en UNIFE voor de ontwikkeling van versie 3.0.0. De verwachting is dat uiterlijk eind 2008 de specs beschikbaar komen van versie 3.0.0, per 2012 ontwikkeld zijn en dat producten per 2015 commercieel beschikbaar zullen zijn.

De volgende uitgangswaarde van de specificaties zijn voor v3.0.0. geïdentificeerd:

- Corrigeer fouten die zijn ontdekt in de huidige baseline;
- Sluit belangrijke punten die nog open staan in huidige baseline;
- Voeg functionaliteit toe die is aangemerkt als noodzakelijk voor de werking van ERTMS;
- Verminder de noodzaak van bepaalde nationale functies.

Voor de specificaties zijn nu ca 100 change request (CR) van belang. Deze change request bestaan uit het herstellen van fouten en omissies (ca 70) en uit aanvullende wensen van diverse partijen (ca 30). De inbreng van functionele CR is niet meer mogelijk sinds maart 2007. Er is een triage uitgevoerd om iedere CR te toetsen op consequenties voor de operatie, techniek en kosten-baten. In de planning is voorzien dat uiterlijk 2008 het specificatie proces is afgerond.

Algemeen is de gedachte dat SRS v3.0.0 de versie is met een volledige set van functionaliteiten die de spoorwegen moeten willen hebben. Een aantal EU-lidstaten geeft specifiek aan te starten met SRS v2.3.0 (eventueel met een aantal toegevoegde SRS v3.0.0 functies) om later een mogelijke overstap te maken,

een aantal landen geeft specifiek aan de voorkeur te geven aan SRS v3.0.0. (zie bijlage voor een overzicht).

Het merendeel van de EIM-leden ziet eventuele uitstel van versie 3.0.0 vooral vertaald in extra kosten; des te langer deze versie op zich laat wachten, des te meer infra en materieel zal betrokken zijn bij de migratie van 2.3.0 naar 3.0.0 [bron: EIM CCM ERTMS meeting 18 februari 2008].

Verskil tussen v2.3.0 en v3.0.0

Ten opzichte van SRS v2.3.0 zijn 4 belangrijke functionaliteiten toegevoegd of verbeterd: (1) Level Crossings, (2) Train Awakening, (3) Remcurves en (4) Limited Supervision.

Level Crossings: (nieuwe functie) Deze functie betreft extra functionaliteit in de trein om het passeren van een gestoorde overweg te ondersteunen. Het betreft het verfraaien van functionaliteit die ook nu al op een iets andere wijze kan worden geleverd met de huidige ERTMS versie 2.3.0

Train awakening: (bestaande functie) Dit betreft het optimaliseren van het Train awakening proces. Dit is de functionaliteit waar de machinist "langs" moet bij het opstarten van de trein. De beoogde wijziging moet dit proces sneller en gebruikersvriendelijker maken. Dit speelt overigens hoofdzakelijk in gebieden waar een trein in ERTMS opstart. Op plaatsen waar een trein in STM gebied opstart spelen de nadelen van de huidige functionaliteit minder.

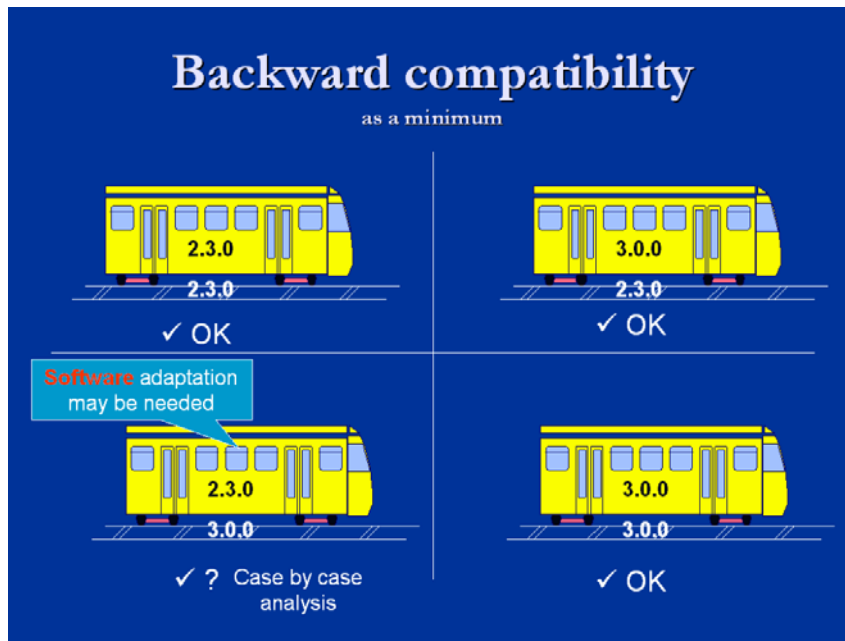
Remcurves: (bestaande functie) De huidige remcurve is qua performance niet optimaal. Het wijzigingsvoorstel betreft alleen onboard functionaliteit.

Limited Supervision: (nieuwe functie) Limited Supervision is een specifieke oplossing voor landen die hun treinbeïnvloedingssysteem, dat werkt op basis van puntoverdracht, willen vervangen door een ERTMS oplossing, zonder daarbij de voordelen van ERTMS verder te willen incasseren.

Voor Nederland betekent dit dat we alleen naar versie 3.0.0 in de infra gaan indien daar substantiële voordelen in zitten. Er is geen verplichting in de TSI of in het Change Control Management om de nieuwste versie te implementeren. Er wordt zelfs gesteld dat er meerdere versie tegelijkertijd actief kunnen zijn. Van de genoemde functies zijn alleen de functie "Train awakening" en "Remcurves" van belang. Indien buurlanden overgaan op versie 3.0.0 dan zullen alle treinen die op 3.0.0 infra willen rijden, deze versie aan boord hebben. Upgrading naar deze functies vereisen aanpassing van de treinapparatuur.

Compatibiliteit

Er is voor gekozen dat een trein met een hogere (nieuwe) versie altijd zal kunnen rijden op een baan met een lagere (oudere) versie. Omgekeerd is die garantie er niet: in theorie kan een trein met een lagere versie niet rijden op een baan met een hogere versie. Preciezer geformuleerd: de "oude" trein herkent de "nieuwe" functies uit de baan niet omdat die simpelweg niet in de vocabulaire van de "oude" trein bekend waren.



In de praktijk verwachten we niet dat dit tot problemen leidt, omdat de tijd tussen twee versies minimaal 5 tot 10 jaar is. Het is zelfs mogelijk dat de zodra een nieuwe ERTMS versie uitkomt, de bestaande baan zonder problemen compatibel kan worden verklaard met de nieuwe versie (dit kan als de in de infra toegepaste functies niet zijn gewijzigd in de nieuwe versie). Daarnaast zal een inframanager ruim van tevoren aangeven dat de versie van de baan wordt verhoogd. Ook hier geldt dat een inframanager dat alleen zal doen als de nieuwe versie (lees: functionaliteit) economisch verantwoord is én noodzakelijk is. Er is vanuit de TSI regelgeving geen verplichting om een bestaande ERTMS baan van de nieuwste versie te voorzien. Daarnaast is het mogelijk om in de retrofit van materieel technisch en/of contractueel rekening te houden met een (toekomstige) upgrade. Dit zal namelijk meerdere keren tijdens de levensduur van het materieel moeten plaatsvinden. Dit geldt met name voor internationaal rijdende treinen.

Impact op implementatiestrategie ERTMS van spoorsector

Op het vlak van compatibiliteit is een groot aantal keuze-opties aanwezig. Materieel zal echter te allen tijde voorzien moeten zijn van de hoogste versie die op de betreffende infrastructuur aanwezig is. Een groot aantal landen kiest voor versie 3.0.0 voor landelijke implementatie, echter ook een groot aantal landen kiest ervoor om reeds te starten met v2.3.0. In 2008 komen de 3.0.0 specs definitief beschikbaar. Het is dus contractueel en technisch mogelijk om voor de retrofit van het materieel rekening te houden met een nieuwere versie van ERTMS. Ook andere landen hanteren deze strategie. Specifiek voor de Nederlandse implementatiestrategie heeft dit dus consequenties dat uiteindelijk een upgrade van bestaand ERTMS-materieel dient plaats te vinden.

Een alternatief is dat met nieuwere versie van ERTMS in de baan, tijdelijk de functionaliteit van de oudere versie wordt aangeboden, totdat voldoende materieel is voorzien van de nieuwere versie. Er is vanuit de TSI regelgeving geen verplichting om direct de nieuwere versie in te voeren. Overigens moet worden gemeld dat diverse partijen in Europa die reeds materieel hebben omgebouwd (voorlopers als Spanje en Zwitserland, maar ook de goederenvervoerders op de Betuweroute) ook enorm veel belang hechten dat het huidige materieel ook in de toekomst kan worden gebruikt.

Annex 1: Overzicht van statements uit Nationale Implementatieplannen ERTMS

Een groot aantal landen zijn reeds gestart met implementatie van ERTMS. Deze landen hanteren momenteel SRS v2.3.0 als baseline en krijgen te .

- In Zwitserland is eind 2008 ca 25% van het netwerk voorzien van ERTMS (Level 1). Daarnaast is een aantal lijnen voorzien van ERTMS Level 2 (Mattstetten-Rothrist en de Lotschberg-tunnel).
- De UK heeft een eerste pilot-line (Cambian Line – 218 km) eind 2008 operationeel met ERTMS Level 2.
- In Zweden wordt ERTMS Level 2 geïmplementeerd op de Botnia-line (190 km). De eerste fase is gereed in 2008, terwijl de gehele lijn in 2010 in dienst moet gaan. Daarnaast is het traject Repbacken-Malung (134 km) geselecteerd voor een pilot van ERTMS Regional. De tender voor de nationale roll-out voor ERTMS Level 2 zijn uitgegeven. Zweden (maar ook Noorwegen) contracteren voorlopig 2.3.0 met een aantal toegevoegde functies, waaronder Level Crossings.
- Spanje heeft reeds een groot aantal hogesnelheidslijnen (> 1000 km) voorzien van ERTMS (Level 1 en Level 2). Zelfs de 'commuter –lines' rondom Madrid en Barcelona worden voorzien van ERTMS (Level 1 en voor drukke trajecten Level 2).
- Luxemburg zal gedurende 2008 haar gehele netwerk voorzien van ERTMS Level 1.
- In België wordt een deel van het netwerk nu voorzien van ERTMS Level 1. Daarnaast worden 2 HSL-lijnen voorzien van ERTMS Level 2. Al het materieel wordt per 2009 voorzien van ETCS onboard quipment.
- Eind 2008 heeft Oostenrijk ca 60% van het netwerk voorzien van ERTMS.

Daarnaast heeft een aantal landen specifiek statements gemaakt in de formele Nationale Implementatieplannen.

United Kingdom¹⁷: "The Cambrian Early Deployment Scheme has been tendered to be compliant with SRS v2.3.0 and it is envisaged that subsequent Migration Schemes will also be tendered to be compliant with SRS v2.3.0. The need for future specification evolution is leading to the development of the next major version of the SRS, currently termed SRS v3.0.0. It is expected that future ERTMS applications will be tendered to further versions of the SRS. From an engineering and commercial point of view it would be advantageous to be able to tender to a more mature specification baseline as this would negate necessary applications engineering in order to achieve certain functional gaps (i.e. level crossing functionality, cold movement detection, selective door control, communication bearer capacity) in the current specification baseline. "

Duitsland¹⁸: „Die ETCS-Funktionalität darf in Bezug auf die Sicherheit, die notwendige Kapazität und die Leistungsfähigkeit der jeweiligen Strecke nicht geringer sein als das bisherige Zugsicherungssystem. Insofern erachtet die Bundesrepublik Deutschland die Optimierung der technischen Spezifikation SRS 2.3.0 hin zur SRS 3.0.0 für ETCS, wie in der TSI bereits angemerkt, als notwendig, um insbesondere die Interoperabilität und die notwendige Leistungsfähigkeit gewährleisten zu können. Die Spezifikation SRS 3.0.0 wird für die deutschen ERTMS/ETCS Korridore als heute bekannter Zielstandard angesehen. Die Entwicklung der technischen Spezifikation SRS 3.0.0 innerhalb des von der Europäischen Kommission und Europäischen Eisenbahnagentur (ERA) avisierten Zeitrahmens bis ende 2009 wird daher seitens der Regierung der Bundesrepublik Deutschland ausdrücklich begrüßt. Um den zeitlichen

¹⁷ ERTMS National Implementation Plan, september 2007, Department of Transport

¹⁸ Nationaler Umsetzungsplan für die TSI Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung des konventionellen transeuropäischen Eisenbahnsystems im Rahmen der Richtlinie 2001/16/EG in der Bundesrepublik Deutschland, 05-09-2007

Gegebenheiten Rechnung zu tragen, wird die Bundesrepublik Deutschland jedoch die nun anlaufenden Planungsverfahren für die Korridore mit der Spezifikation SRS 2.3.0 beginnen. Ob dann auch der Bau und die abschnittsweise Inbetriebnahme mit dieser Spezifikation erfolgt oder zuvor bereits eine Aufrüstung auf die Spezifikation SRS 3.0.0 erforderlich wird, hängt davon ab, welche Spezifikation zum maßgebenden Zeitpunkt der europäische Standard sein wird.”

Denemarken¹⁹: Vertaald: “De huidige editie van de software, die wordt gebruikt onder ERTMS, is gebaseerd op SRS 2.3.0. en wordt qua veiligheid en functionaliteit niet beschouwd als voldoende om alle Deense situaties in de infrastructuur te dekken.

De doorvoering van een serie *change requests* wordt noodzakelijk geacht. In het kort kan bijvoorbeeld genoemd worden de beveiliging van overwegen, flankbeveiliging (in Denemarken is in het algemeen geen sprake van een spoormatige beveiliging van toegang tot het hoofdspoor) en de wens dat de bedrijfsrem wordt geactiveerd als een gevaarlijk punt wordt genaderd en de snelheid te hoog is om een noodstop te kunnen maken als het gevaarlijke punt is bereikt.

Er is van Deense zijde begrip voor, dat deze en meer (in totaal ca. 47) andere wijzigingen in 2007 zullen worden aangekondigd als elementen die zullen worden opgenomen in Baseline 3.0.0., dat naar verwachting uiteindelijk in 2009 in gebruik wordt genomen.

Er is begrip voor, dat de fabrikanten van spoorwagematerieel vanaf eind 2007 offertes moeten kunnen uitwerken in verband met toekomstige contracten, gebaseerd op de functionaliteit in SRS 3.0.0.”

Zweden²⁰: “The development of ERTMS has – with Swedish participation – been going on in Europe since the beginning of the 1990’s and the specification has now reached version 2.3.0. ERTMS is often presented as a European standard system for control of the railway traffic, which is fundamentally correct.

The directive for high-speed trains and the TSI’s (Technical Specifications for Interoperability) connected to it were the first rules decided on. On account of that, the primary development of ERTMS has so far been aiming at high-speed railways. This has resulted in gaps in the specification for the conventional railway network.

The development of the system has not yet reached so far that it in the present situation is a completed product for the conventional railway network which can be directly implemented in the different European railway networks without adaptations.

In order to implement ERTMS on Swedish railway, a development work is needed in order to fill in the gaps in the ERTMS specification. The ongoing work originates from a few registered proposals for changes of the specification e.g. functions for braking curves and level crossing. The proposals are expected to be included in version 3.0 of the specification.”

¹⁹ Dansk ERTMS Implementeringsplan 2007, september 2007, Trafikstyrelsen

²⁰ Swedish ERTMS implementation plan, 18 september 2007