

Eindrapport

Opdracht ERTMS View 1&2

Datum: 12 maart 2018

Versie: 1.0



Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
1.1	Opdracht en scope	3
1.2	Aanpak.....	3
1.3	Leeswijzer	3
2	Management Samenvatting.....	4
3	Managementreactie van het Programma ERTMS op BCG-rapport.....	10
3.1	(A1) Te heroverwegen keuzes met impact vóór de programmabeslissing	10
3.2	(A2) Verder te onderbouwen / uit te werken keuzes met impact vóór de programmabeslissing	11
3.3	(A3) Overige aanbevelingen met impact vóór de programmabeslissing	13
3.4	(B1) Verder te onderbouwen ná programmabeslissing	14
3.5	(B2) Overige aanbevelingen met impact ná programmabeslissing	16
4	Verdieping: goederenvervoerders, interoperabiliteit in EU en geleerde lessen.....	17
5	Detail uitwerking	19
5.1	Noodzaak voor ERTMS-uitrol.....	19
5.2	ERTMS technologie.....	22
5.2.1	ERTMS Level.....	22
5.2.2	Baseline keuze	24
5.3	Keuze voor detectiesysteem	26
5.4	Ombouwen van complexe emplacementen	28
5.5	Uitrol op Centraal Bediend Gebied en Niet Centraal Bediend Gebied	29
5.6	Ombouwen van materieel.....	30
5.7	Aanbesteding- en Contracteringstrategie	33
5.8	Test- en migratiestrategie	36
5.9	Uitrolstrategie: baanvakselectie en uitrolvolgorde	38
5.10	Update MKBA	40
5.11	Kostenbeheersing.....	42
5.12	Afhankelijkheden en risico's andere spoorprogramma's	45
5.13	Cybersecurity.....	47
5.14	Opleidingsplan machinisten en andere functies	48
6	Verdieping op belangrijke onderwerpen	49
6.1	Goederenvervoerders	49
6.2	Interoperabiliteit in Europa	51
6.2.1	Aansluiting van technologie.....	51
6.2.2	Voldoen aan EU verplichtingen.....	52
6.2.3	Aansluiting timing aangrenzende landen	52
6.3	Geleerde lessen ERTMS-uitrol in binnen- en buitenland.....	54
7	Appendix	56
7.1	Samenvatting aanbevelingen met relevantie vóór programmabeslissing	56
7.2	Samenvatting aanbevelingen met relevantie na programmabeslissing.....	57
7.3	Overzicht geïnterviewde experts.....	58
7.4	Eindnoten	60

1 Inleiding

1.1 Opdracht en scope

Dit document bevat de aanbevelingen van de opdracht 'ERTMS View 1&2 (verleden & heden)'. De Stuurgroep en het Programma ERTMS hebben met deze opdracht het doel om nog eenmaal in retrospectief te bezien of de tot nu toe gemaakte keuzes voldoende onderbouwd zijn voor het verantwoord kunnen nemen van de programmabeslissing (PB). In deze opdracht zijn de gemaakte kritieke keuzes, en de wijze waarop afhankelijkheden met andere spoorprogramma's zijn opgenomen, onafhankelijk onderzocht door The Boston Consulting Group (BCG). Uitkomsten van dit onderzoek zijn aanbevelingen om (voor)genomen besluiten te heroverwegen of om bepaalde (voor)genomen besluiten beter te onderbouwen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen vier hoofdaanbevelingen en een grotere verzameling overige suggesties om het Programma verder te verbeteren. Dit document is geschreven voor het Programma ERTMS, vooruitlopend op definitieve programmabeslissingen en politieke besluitvorming. Hiervoor is gekozen zodat de aanbevelingen van deze opdracht meegenomen kunnen worden in de programmabeslissing. Een gedetailleerd review van de projectbeheersing (budget, planning en risico's) en project governance ligt buiten de scope van deze opdracht. Er is alleen gekeken naar de door het Programma gemaakte inhoudelijke keuzes. Ook is er alleen gekeken naar de huidige budget scope van €2,4 miljard. De periode daarna komt aan bod in de opdracht View 3 (toekomst).

1.2 Aanpak

De te behandelen opdrachtvragen zijn opgehaald bij de belangrijkste stakeholders: het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, ProRail, NS en de andere vervoerders. Deze zijn aangevuld met vragen van het Programma ERTMS en BCG. Samen met een begeleidingsgroep bestaande uit vertegenwoordigers van het Programma ERTMS, I&W, NS en BCG, is in een periode van 5 weken de voortgang en prioritering van onderwerpen vastgesteld. BCG heeft bij het beantwoorden van deze vragen gebruik gemaakt van bestaande expertise en documentatie van het Programma ERTMS, ProRail, NS, I&W, goederenvervoerders en overige vervoerders. Daarnaast heeft BCG gebruik gemaakt van haar eigen internationale expertise en van externe expertise via contacten van programmamedewerkers. Door het bestuderen van geleerde lessen uit voorgaande ERTMS implementatie in Nederland en in het buitenland, is er voldoende comfort dat de belangrijkste onderwerpen aan bod zijn gekomen in deze opdracht. De conclusies in dit rapport zijn gebaseerd op de onafhankelijke evaluaties en aanbevelingen van BCG.

1.3 Leeswijzer

Dit document begint met een uitgebreide managementsamenvatting van de belangrijkste onderwerpen en aanbevelingen. Een totaaloverzicht van onze aanbevelingen staat in specifieke bijlagen en worden uitgebreid beschreven in Detailuitwerking hoofdstukken. Na de managementsamenvatting volgt een verdieping op enkele belangrijke onderwerpen uit de samenvatting. Het hoofdstuk Detailuitwerking daarna geeft antwoord op de vragen per onderwerp. Iedere vraag is op dezelfde manier behandeld: bevindingen leiden na een evaluatie tot aanbevelingen. De bevindingen zijn een objectieve weergave van feiten en redeneringen van het programma ERTMS. In de evaluatie geeft BCG haar inhoudelijk oordeel over de bevindingen en in aanbevelingen doen wij voorstellen voor maatregelen. In de aanbevelingen wordt zoveel mogelijk onderscheid gemaakt tussen heroverwegingen en verdere onderbouwing die vóór of na PB moeten gebeuren. Daarbij wordt bedoeld: vóór de BIT, zodat er na goedkeuring door de Staatssecretaris en de Raad van Commissarissen van ProRail en NS geen grote wijzigingen meer optreden vanuit het Programma. Met ná PB wordt bedoeld: in de realisatiefase.

2 Management Samenvatting

Op hoofdlijnen onderschrijven wij de gemaakte functionele keuzes door het Programma ERTMS. Wij bevelen aan om drie belangrijke keuzes te heroverwegen:

- De keuze om de infrastructuur in twee percelen aan te besteden
- De keuze om geen proefbaanvak aan te leggen
- De keuze voor de huidige uitrolstrategie

Alle overige aanbevelingen hebben tot doel het Programma te verbeteren, maar zijn van een tweede orde.

ATB door ERTMS vervangen is op dit moment de beste keuze

Wij onderschrijven de keuze voor het vervangen van ATB door ERTMS. Belangrijkste redenen zijn ten eerste de vervangingsbehoefte van het huidige ATB systeem. Het voorkomen van desinvesteringen (ATB voor ATB vervangen) is een belangrijker argument geworden om ERTMS nu in te voeren, dan ten tijde van de Voorkeursbeslissing (VKB). Ten tweede de wens om aan de Europese richtlijnen en verplichtingen te voldoen met de uitrol van TEN-T corridors en de noodzaak tot het uitfaseren van nationale beveiligingssystemen. Ten derde de (maatschappelijke) baten als gevolg van de systemsprong in treinbeveiliging, waardoor in de toekomst bijvoorbeeld Automatic Train Operations (ATO) mogelijk wordt. Daarnaast zorgt ERTMS ook voor mogelijke directe baten zoals snelheids- en capaciteitswinst, verhoogde veiligheid, etc. Deze baten zijn kwantitatief onzeker en zeer waarschijnlijk lager dan in het VKB opgenomen en daardoor minder doorslaggevend in de argumentatie voor de invoering van ERTMS.

De grote noodzaak van ATB vervanging op termijn is voldoende aangetoond, maar er is onvoldoende inzicht in de specifieke vervangingsnoodzaak op baanvakniveau in de tijd. Dit komt door de beperkte mogelijkheid om slijtage te meten en, wanneer metingen wel mogelijk zijn, een gebrek aan voldoende data voor (statistische) analyse. ERTMS is gekozen als de standaardtechnologie door Europa en leveranciers zullen deze technologie verder ontwikkelen. Langer wachten met het implementeren van ERTMS is ongewenst, gezien het potentieel om desinvesteringen in ATB-vervanging te voorkomen. Daarnaast moet tijdig worden begonnen met het implementeren van ERTMS om te voldoen aan Europese deadlines. Wachten met de ERTMS-uitrol om te leren van andere landen brengt de tijdslijnen van Europese afspraken in het geding. Leren van andere landen is vooral nuttig voor het ombouwen van grootschalige emplacementen, maar juist voor dit aspect is nog onduidelijk wanneer andere landen deze om gaan bouwen.

- Aanbeveling: Werk na PB de specifieke ATB vervangingsbehoefte per baanvak over tijd precies uit, om beter inzicht te krijgen in de kans op falen en de impact van de gevolgen van als de ATB technologie faalt. Op basis hiervan kan de vervangingsnoodzaak van ATB veel concreter worden meegenomen in de selectie van baanvakken en de bepaling van de uitrolvolgorde.

ERTMS Level 2 only met Baseline 3 is op dit moment de juiste technologie

De keuze voor Level 2 is voldoende onderbouwd en wij onderschrijven deze als de beste keuze voor technologie op dit moment, voor de huidige selectie van twaalf baanvakken. Level 1 technologie is geen systemsprong en realiseert op de geselecteerde baanvakken weinig van de mogelijke maatschappelijke baten ten opzichte van ATB. Daarnaast is Level 1 complexer en duurder te onderhouden en biedt het geen doorgroeimogelijkheden naar Level 2 en 3. Gegeven de keuze om ERTMS nu al uit te gaan rollen is enkel Level 2 mogelijk: (hybride) Level 3 is nog onbewezen technologie en zal de komende jaren niet gereed zijn voor grootschalige uitrol in de praktijk. Gezien de huidige selectie van baanvakken op drukke (goederen)corridors in de ERTMS uitrolstrategie, zal er ook tot ver na de komende 10 jaar, nog behoefte zijn aan baangebonden treindetectie. Het uitrollen van Level 2 is daarmee een goede opmaat naar Level 3 hybride, waarna later een transitie naar Level 3 mogelijk is, indien dat kosten/baten-technisch aantrekkelijk zou zijn. Voor andere baanvakken dan de huidige selectie moet opnieuw worden gekeken naar het

optimale ERTMS level (zoals Level 1 op regionale lijnen waar andere voor- en nadelen tellen dan bij huidige baanvakken, of (ver) in de toekomst direct (hybride) Level 3 implementeren waar gewenst).

Wij onderschrijven de keuze voor ERTMS Level 2 only boven een dual signalling (DS) oplossing, waarbij naast ERTMS ook ATB opnieuw wordt aangelegd. DS heeft hogere kosten voor infrastructuur, beheer en onderhoud, beperkte realisatie van mogelijke baten (bijvoorbeeld geen, of zelfs afname van, spoorcapaciteit), het draagt niet bij aan het voorkomen van desinvesteringen in ATB-ervanging en geeft onduidelijkheden in de operatie. Ook als tijdelijke maatregel (migratiestap) op de eerste baanvakken is DS geen goed alternatief. Het is technisch zeer complex en nog nooit eerder uitgevoerd op emplacementen, waardoor het grote ontwikkelrisico's met zich meebrengt. De kosten zijn hoger (ook ATB moet vervangen worden), het vergroot hinder en bij een besluit nu, kan het leiden tot 2-3 jaar vertraging van het Programma. Nederland beschikt reeds over twee DS baanvakken die nuttig worden gebruikt in de migratiestrategie van het Programma, meer DS baanvakken voegen niets toe. In het buitenland is op sommige plekken DS aangelegd op de eerste baanvakken, voornamelijk gedreven door het niet tijdig kunnen ombouwen van materieel. Ook Duitsland overweegt voor een nieuwe serie baanvakken te kiezen voor ERTMS level 2 only. Door de keuze voor ERTMS only moet al het materieel worden omgebouwd met Baseline 3 ERTMS apparatuur. Dit heeft voor goederenvervoerders die reeds over ERTMS materieel beschikken, grote financiële consequenties. In tegenstelling tot DS, is het bij ERTMS only niet mogelijk om geleidelijk de overgang te maken van rijden onder ATB naar rijden onder ERTMS. Deze nadelen wegen volgens ons echter niet op tegen alle genoemde voordelen van ERTMS only.

De keuze voor Baseline 3 onderschrijven wij. Europa heeft Baseline 3 aangewezen als de standaard vanaf 2019 en sorteert optimaal voor op toekomstige ontwikkelingen. Nadeel van Baseline 3 is dat deze technologie nog niet volledig is beproefd, maar Baseline 3 is al wel geaccepteerd als nieuwe EU standaard. Het Programma ERTMS moet met deze status bij het testen en de projectplanning voldoende rekening houden. De voordelen van versie 3.6.0 t.o.v. 3.4.0 zijn verder doorgevoerde bugfixes en de mogelijkheid van GPRS technologie. Versie 3.6.0 is volgens specificaties interoperabel met versie 3.4.0. Deze interoperabiliteit moet wel contractueel worden afgedwongen bij leveranciers. Het Programma ERTMS onderzoekt en maakt de afwegingen van deze voor- en nadelen tussen versie 3.6.0 en 3.4.0. De belangen van alle stakeholders weegt zij daarin mee.

Spoorstroomlopen vervangen door assentellers op eerste baanvakken

De keuze om spoorstroomlopen op de eerste twee baanvakken te vervangen door assentellers onderschrijven wij. De oude spoorstroomlopende technologie (gebruikt voor detectie van materieel) loopt tegen beperkingen aan door invoering van modern materieel waardoor het systeem tot meer storingen leidt. Met de komst van ERTMS is het mogelijk om assentellers aan te leggen, een technologie die in veel andere Europese landen al de norm is. Deze technologie moet nog worden doorontwikkeld en vrijgegeven voor de Nederlandse context. Het vervangen van spoorstroomlopen door assentellers op vrije baanvakken waar ERTMS wordt aangelegd heeft vergelijkbare kosten als vervangen door nieuwe spoorstroomlopen. Dit geldt niet voor emplacementen, waar assentellers veel duurder zijn omdat dat veel kostbaar graafwerk vereist, tenzij de infrastructuur op een emplacement integraal/ volledig wordt vervangen. De aanleg van ERTMS is niet noodzakelijk op korte termijn, omdat de huidige problemen met GRS spoorstroomlopen op dit moment nog beperkt in omvang zijn. Vanwege de beperkte ervaring met assentellers in Nederland stelt het Programma voor om tijdens de uitrol van ERTMS op de eerste twee baanvakken de functionaliteit, betrouwbaarheid, baten en kosten van assentellers goed te analyseren voordat wordt overgegaan met verdere toepassing van assentellers op vervolgbaanvakken en eventueel emplacementen. Assentellers kunnen op deze eerste twee baanvakken onzekerheid verminderen in de overgang naar Level 2 only, die overgang wordt eenvoudiger als ATB en ERTMS een eigen detectiesysteem hebben. Aanleggen van assentellers is daarmee ook een risicobeheersmaatregel.

Maak keuze voor ombouwen complexe emplacementen onafhankelijk van programmabeslissing

De oplossingen voor het ombouwen en operabel maken van ERTMS op de zeer grote en complexe emplacementen van Amsterdam en Utrecht CS zijn nog niet uitgewerkt. Het ombouwen van deze emplacementen is een grote uitdaging met mogelijk grote implicaties voor klanthinder. Indien het duidelijker is dat het ombouwen van deze twee emplacementen mogelijk is met acceptabele hinder, dan zal er ook voldoende vertrouwen zijn dat dit voor alle andere emplacementen ook mogelijk is. Er is een studie uitgevoerd naar de theoretische capaciteit van GSM-r en er wordt een pilot opgezet om te testen of de GSM-r capaciteit voldoende zal zijn op deze locaties.

Er is nog geen scherp beeld van de specifieke kosten en baten van het ombouwen van emplacementen. Het is daarom nu niet mogelijk om vast te stellen of het nu al meenemen van deze emplacementen in de scope wenselijk is; de programmerisico's zijn relatief groot. Om deze reden zou het in de uitrolscope meenemen van deze twee grote emplacementen losgekoppeld moeten worden van de programmabeslissing. Een besluit kan dan worden genomen zodra er voldoende ervaring is met de realisatie en de risico's, kosten en baten echt bekend zijn. De beslissing om deze emplacementen al of niet om te bouwen moet uitdrukkelijk de volgende overwegingen meenemen: de EU goederencorridor verplichting, te behalen baten en het aantal extra ATB/ ERTMS transitie's rond deze emplacementen.

- Aanbeveling: Houd voor PB de keuze van het ombouwen van grote emplacementen naar ERTMS flexibel zodat de optie bestaat om deze niet om te bouwen als dat niet wenselijk blijkt.
- Aanbeveling: Werk na PB de kosten, baten en impact van een aantal scenario's voor het wel/niet ombouwen van Amsterdam CS en Utrecht CS op hoofdlijnen verder uit.

ERTMS alleen uitrollen op Centraal Bediend Gebied van opstel- en rangeerterreinen

Er is voldoende onderbouwing om ERTMS niet te implementeren op opstel- en rangeerterreinen die onder Niet Centraal Bediend Gebied (NCBG) vallen en wel te implementeren op opstel- en rangeerterreinen die wél onder Centraal Bediend Gebied (CBG) vallen. Op dit moment is er geen ATB op NCBG, welke bestemd is voor vrij gebruik. Er is op dit moment onvoldoende aangetoond dat er uit veiligheidsoverwegingen besloten zou moeten worden om ERTMS wel aan te leggen op NCBG. De impact en kosten hiervan zijn nog onvoldoende onderzocht. Aanbevolen wordt om voor specifieke plekken verder te onderbouwen of uitrol van ERTMS op NCBG gewenst is. CBG is onderdeel van het regulier emplacement en neemt daardoor ook deel aan het verkeer. Uit veiligheidsnoodzaak dient hier ERTMS te worden aangelegd. Dit zal de beschikbare opstelcapaciteit beïnvloeden vanwege inpassings- issues en ontwerpschuld. Op dit moment loopt er al een onderzoek hoe de impact op opstel-, perron-, en rangeercapaciteit geminimaliseerd kan worden, o.a. door bij implementeren van de ontwerpvoorschriften (OVS) expliciet een afweging te maken tussen veiligheid, kosten en capaciteit (zie de paragraaf over afhankelijkheden met andere programma's).

Ombouwen van materieel grotendeels vóór ombouwen infrastructuur

De keuze om het materieel grotendeels (NS serie SGM zeker niet en de ICM en DDZ series waarschijnlijk niet) om te bouwen met ERTMS vóórdat de infrastructuur wordt omgebouwd, onderschrijven wij. Er wordt al in zekere mate gepland om met deelparken te werken door verouderd materieel niet om te bouwen naar ERTMS. Dat materieel kan t.z.t. dus niet ingezet worden op omgebouwde ERTMS infrastructuur. Het vooraf volledig ombouwen van al het materieel heeft een groot effect op de planning en op investeringskosten en geeft mogelijk problemen met aansluiting tussen materieel- en infrastructuur-technologie. Op dit moment worden regionale vervoerders onvoldoende betrokken bij de besluitvorming en is het voor hen onduidelijk wat de exacte impact van de uitrol van ERTMS is op hun operatie.

- Aanbeveling: Betrek voor PB de regionale vervoerders intensiever bij besluitvorming op onderdelen die hun operatie zullen raken.
- Aanbeveling: Maak voor de PB, gebruik makend van de nieuwe planning, expliciet de keuze of het voldoende zin heeft om treinseries ICM en DDZ te voorzien van ERTMS.

Splitsing aanbestedingen en omgang met technologische ontwikkeling in ACS heroverwegen

De voorliggende Aanbesteding- en Contracteringstrategie (ACS) biedt het ombouwen van de infrastructuur in twee percelen aan. BCG beveelt aan om dit voorgenomen besluit voor de PB te heroverwegen omdat het alternatief van slechts één systeemleverancier niet op alle facetten is beoordeeld en er nieuwe ontwikkelingen hebben plaatsgevonden. Het is onduidelijk of de nadelen van de complexe systeemintegratie bij een keuze voor twee leveranciers voldoende op waarde worden geschat. Daarnaast is de recente voorgenomen fusie van Siemens en Alstom (die het kleine aantal leveranciers verder beperkt) nog niet meegenomen in de laatste documentatie. Ten slotte is er in de ACS nog geen rekening gehouden met de mogelijkheid van een tweede raamcontract bij voortzetting tot landelijke uitrol, dat (alsnog) kan leiden tot een uitbreiding van het aantal leveranciers. Uiteraard heeft het kiezen voor één leverancier ook nadelen. Alle voor- en nadelen van zowel één als twee leveranciers – niet alleen die met betrekking op de markt – moeten volgens ons explicieter en kwantitatiever worden afgewogen.

- Aanbeveling: Heroverweeg voor PB de keuze om de infrastructuur in twee percelen aan te besteden. Laat het verschil in voordelen, nadelen en risico's (met impact op kosten/baten) t.o.v. één systeemleverancier kwantificeren door (onafhankelijke) experts.

De wijze waarop leveranciers worden gestimuleerd om flexibiliteit in te spelen op nieuwe technologische ontwikkelingen is niet voldoende beschreven in de ACS. In de OCI (Overkoepelend Contracteringsplan Infra) worden enkel toekomstige wijzigingen geïnventariseerd. Nadeel hiervan is dat er geen overkoepelend beeld is en dus geen beleid is, hoe hiermee om te gaan (bijvoorbeeld kiezen voor specifieke incentivering van leveranciers, of formuleren van functionele in plaats van specifieke eisen). Daarbij is er ook onvoldoende beschreven in de ACS hoe incentivering van leveranciers kan leiden tot betere, snellere en goedkopere resultaten. De impact van beheersbaarheid wordt onvoldoende meegenomen in de keuze om aanbesteding van materieel te verdelen over meerdere percelen. Ook is het onduidelijk of het Programma en ProRail voldoende ervaring hebben om de systeemintegratie optimaal uit te voeren, zoals de ACS voorstelt. Het is niet duidelijk hoe het Programma en ProRail deze competenties willen gaan ontwikkelen. Uiteraard heeft het laten uitvoeren van deze integratie door de markt ook nadelen. Daarom vinden wij dat de voor- en nadelen van beide opties beter tegen elkaar moeten worden afgewogen. De gescheiden aanbesteding van infrastructuur en materieel is voldoende onderbouwd in de ACS. Ook is er voldoende onderzocht of er mogelijkheden zijn om samen met het buitenland aan te besteden. De lokale verschillen (in operatie, technologie en timing) zijn te groot bevonden om op te wegen tegen mogelijke voordelen.

- Aanbeveling: Heroverweeg de keuze voor de beheersing van de systeemintegratie vanuit Programma in plaats van de markt. Onderzoek hoe je de markt hierbij optimaal kan benutten.
- Aanbeveling: Neem voor PB de gevraagde flexibiliteit van leveranciers bij technologische ontwikkelingen (bijvoorbeeld de opvolger GSM-r, ERTMS Level 3, etc.) expliciet op in termen van beleidsdoelstellingen in de ACS, niet enkel in de OCI.

De teststrategie herzien

De test- en migratiestrategie beschrijft de structuur van de geplande test en migratiestappen op hoofdlijnen maar is slecht op hoofdlijnen uitgewerkt waardoor niet concreet is wat, wanneer, waar, en op welke manier wordt getest. In de strategie is geen proefbaanvak opgenomen. De aanpak is om in de laatste week buiten een *exploitatieve* eindtest uit te voeren. Het is niet aangetoond dat de combinatie van factory acceptance test, het testlab, het schaduwbedrijf, het parallelbedrijf en de eindtest voldoende is om de risico's te minimaliseren en (het management van) personeel voldoende vertrouwen te geven om met dit systeem probleemloos te kunnen gaan werken in de operatie. Door eerst te leren op een Level 2 only proefbaanvak kan het risico op klanthinder verder worden gereduceerd en kunnen de onzekerheden in de eindfase van het testtraject, beter worden geaccepteerd. Voorafgaand aan de eindtest voorziet de strategie in een testlab, dat wordt ingericht en beheerd door het Programma. De keuze om het testlab in

beheer van het Programma te houden is onvoldoende onderbouwd; Zwitserland besteedt dit beheer bijvoorbeeld uit aan de markt.

- Aanbeveling: Heroverweeg voor PB de keuze om geen proefbaanvak aan te leggen. Technische en operationele restrisico's kunnen met een proefbaanvak verder worden verminderd.
- Aanbeveling: Kies voor PB een locatie voor dit proefbaanvak in samenspraak met (goederen) vervoerders, ProRail en I&W. Houd hierbij rekening met o.a. programmavertraging, operationele impact, kosten en de mogelijkheid om voldoende te leren van de tests.
- Aanbeveling: Onderbouw beter voor PB de keuze om het testlab zelf te beheren. Na de PB dient eventueel verder worden uitgewerkt hoe het Programma deze competenties op kan gaan bouwen.

Herzien van uitgangspunten van de uitrolstrategie: baanvakselectie en uitrolvolgorde

Omdat een aantal uitgangspunten is losgelaten of geposterioriteerd en een aantal criteria intussen is veranderd, is de huidige selectie van baanvakken en uitrolvolgorde mogelijk niet meer de optimale. De huidige baanvakselectie en uitrolvolgorde houden wel voldoende rekening met de Europese corridor-afspraken. Een mogelijke keuze voor één infraleverancier zal impact hebben op de baanvakselectie en uitrolvolgorde. Het is nog onvoldoende aangetoond waarom de negatieve gevolgen van transitie zwaarder dienen te wegen dan de andere criteria. Een mogelijk proefbaanvak kan de uitrolvolgorde (en planning) beïnvloeden, net als nieuwe inzichten uit afhankelijkheden met PHS. Als wordt besloten om de uitrolstrategie te herzien, dan kan in de nieuwe afweging ook de wens van de NS voor het aanpassen van de HSL en de wensen van goederenvervoerders nog meer mee worden genomen. De keuze voor de eerste twee baanvakken staat, vanwege de grote impact op vertraging van het hele Programma, alleen ter discussie als er een proefbaanvak wordt toegevoegd (dan worden dit baanvakken twee en drie) of het aantal leveranciers verandert. Het is waarschijnlijk dat een groot deel van de huidige baanvakselectie en uitrolvolgorde in stand blijft. Gegeven de doelstelling om de Europese corridors te voorzien van ERTMS liggen 7 van de 12 baanvakken in de scope vast.

- Aanbeveling: Doe voor de PB een studie naar mogelijke (high level) impact van aangepaste uitrolstrategie. Heroverweeg daarna de baanvakselectie en uitrolvolgorde met aangepaste uitgangspunten. Dit leidt mogelijk tot een selectie van baanvakken die resulteert in een nog betere aansluiting met andere programma's, hogere besparingen door vervangingskosten en (nog) betere aansluiting op wensen van de NS en goederenvervoerders.

MKBA uit VKB op veel punten anders dan huidige situatie

De maatschappelijke baten zijn onzeker en minder concreet dan de kosten, vanwege onzekerheden in de aannames achter deze baten. Het is niet gebruikelijk voor MIRT projecten om na de VKB een update te maken van de MKBA. Wel zijn door dit Programma de directe kosten en directe maatschappelijke baten gemonitord. Er zijn significante verschillen tussen de huidige situatie en de MKBA ten tijde van de VKB uit 2014. De belangrijkste oorzaak is de versmalde scope van €3,6 mld. naar €2,3 mld. Daarnaast zijn er lagere veiligheidsbaten en is er minder snelheids- en capaciteitswinst dan aangenomen. De geschatte investeringskosten voor infrastructuur en materieel zijn aanzienlijk toegenomen. Een nieuwe MKBA zou kunnen helpen bij het verder onderbouwen van keuze Level 2 ten opzichte van (hybride) Level 3, maar de conclusie over gemaakte technologiekeuzes zullen ons inziens niet veranderen. De inspanning van het maken van een nieuwe MKBA weegt daardoor niet op tegen de voordelen ervan.

- Aanbeveling: Expliciteer voor PB de onzekerheid in aannames omtrent baten in de MKBA en beschrijf de veranderingen in de MKBA van de VKB met de huidige situatie.

Onvoldoende zicht op kostenontwikkeling in het Programma

Het in kaart brengen van de veranderingen in kosten is complex door de simultane effecten van autonome kostenstijgingen, (impliciete) keuzes gemaakt in het Programma en de opname van kosten die in eerdere overzichten ontbraken / niet waren uitgewerkt. Daarnaast is er (nog) geen zicht op de belangrijkste drijvers

van kostenstijgingen en wordt er op dit moment gewerkt aan een plan om kosten te verlagen. Zeker is dat de geschatte kosten voor het ombouwen van de geselecteerde 12 baanvakken omhoog zijn gegaan sinds de VKB.

- Aanbeveling: Creëer een volledig beeld van de verandering in iedere kostenpost op basis van alle impliciet en expliciet gemaakte keuzes sinds de voorkeursbeslissing. Heroverweeg indien nodig gemaakte keuzes met een grote of groter dan verwachte impact op de kosten van het Programma ERTMS.
- Aanbeveling: Zo snel mogelijk zorgen voor het ‘vastzetten’ van de uitrolscope binnen huidige budget, en de range daarin (aantal baanvakken) in tijd steeds nauwer definiëren om een betere kostenbeheersing af te dwingen.
- Aanbeveling: Blijf na PB zoeken naar mogelijkheden om kosten verder te verlagen en de uitrol verder te versnellen. Onderzoek de mogelijkheid om de PEAT-kosten te reduceren door te werken met een vereenvoudigd kernproces, dit kan bijvoorbeeld door een ERTMS kernproces in te richten binnen ProRail. Kijk hierbij ook naar de mogelijkheid om een deel van de engineering door de systeemleveranciers te laten uitvoeren, zoals in het buitenland gebruikelijk is. Onderzoek mogelijkheden om de kosten voor inpassing/ ontwerpschuld te reduceren door op een slimme manier flexibel om te gaan met de ontwerp-voorschriften. Werk met standaardonderdelen, modulair bouwen, functioneel specificeren, etc.

Afhankelijkheden en risico's met andere spoorprogramma's beter borgen

De moederorganisaties kunnen de afstemming en prioritering tussen de verschillende programma's beter borgen. Er bestaat binnen de afdeling omgevingsmanagement van ERTMS een overzicht van afhankelijkheden tussen ERTMS en andere programma's, maar de mate waarin deze inzichten worden vertaald naar acties is nog te beperkt (deels in afwachting van de programmabeslissing, deels in afwachting van de inrichting van programma-overstijgende portfolio governance bij ProRail). Op een hoger niveau in de spoorsector (waar naast bijvoorbeeld ProRail en NS ook I&W is betrokken), is er geen portfolio governance aanwezig. Het Programma dient, in samenspraak met ProRail, pragmatisch om te gaan met het aanpassen van infrastructuur volgens de verschillende OVS-en zolang de veiligheid niet in het geding is.

- Aanbeveling: Zet na het PB een portfolio governance op voor afhankelijkheden tussen spoorprogramma's, naast het verder stimuleren van meer praktische portfolio management bij ProRail.

Het ERTMS systeem wordt voldoende beschermd tegen cyberaanvallen

De genomen maatregelen tegen cyberaanvallen zijn op dit moment voldoende. Er zijn duidelijke plannen en processen beschreven om het systeem tegen cyberaanvallen te beschermen. De specifieke ICT kennis is zowel aanwezig binnen de ERTMS organisatie als bij de moederorganisaties (vooral ProRail en NS). Bij goederenvervoerders ontbreekt de specifieke kennis. Daar is nog extra aandacht voor nodig. De cybersecurityexperts dienen goed betrokken te worden in de aanbesteding- en contracteringsfase. Op dit moment is er geen beleidskader omtrent het onderwerp cybersecurity van treinverkeer.

- Aanbeveling: Maak afspraken met het Ministerie van I&W over wanneer er een beleidskader rondom cybersecurity van het treinverkeer wordt opgesteld.

Opleidingsplan voor machinisten en andere functies voldoende betrouwbaar

Er is een gedegen trainings- en opleidingsplan voor machinisten dat kan worden uitgevoerd zonder negatieve impact op de capaciteit. Uit dit plan blijkt dat machinisten voldoende gelegenheid hebben om ervaring op te doen, mits materieel op tijd wordt omgebouwd. Het opleiden van machinisten in de 'echte' eindsituatie is afhankelijk van de keuze voor een proefbaanbak. Bij het opleiden van monteurs, ingenieurs en andere functies voorzien wij geen problemen. Er moet nog nader worden bekeken wat de benodigde opleidingen zijn voor machinisten van regionale vervoerders, en de impact hiervan op hun inzetbaarheid.

3 Managementreactie van het Programma ERTMS op BCG-rapport

De Programmadirectie ERTMS herkent zich in de door BCG uitgevoerde analyse zoals verwoord in het rapport. Het is een onafhankelijke en professionele challenge op de tot nu toe door het Programma uitgevoerde activiteiten. BCG concludeert dat het Programma goed werk heeft geleverd en dat majeure ontwerpkeuzes goed zijn onderbouwd. Tegelijkertijd wordt een aantal aanbevelingen gedaan om een aantal belangrijke onderdelen nog een keer te onderzoeken en waar mogelijk te verbeteren. Het betreft onder andere de heroverweging van een drietal keuzes (onderdelen van de Aanbesteding- en Contractering Strategie, de aanleg van een Proefbaanvak en de Uitrolstrategie). Daarnaast geeft het rapport van BCG een aantal minder verstrekkende aanbevelingen waarmee het Programma haar voordeel kan doen.

De Programmadirectie onderschrijft de waarde van de aanbevelingen uit het BCG rapport. Het rapport biedt de mogelijkheid om de aangegeven relevante aspecten nader te verdiepen en waar nodig bij te sturen om de producten van het programma te verbeteren voorafgaand aan de Programmabeslissing (en daarna). De Programmadirectie heeft de resultaten van deze BCG-analyse in een dialoog met vertegenwoordigers uit de branche doorgenomen. Dit is mede input geweest voor deze managementreactie, waar we als Programmadirectie inhoudelijk op de door BCG genoemde aanbevelingen in gaan.

3.1 (A1) Te heroverwegen keuzes met impact vóór de programmabeslissing

BCG stelt dat de heroverwegingen geen invloed hebben op het startmoment CIO-oordeel. Wél moet het zijn afgerond vóór het einde van de Gate-review. Daarom kunnen de heroverwegingen parallel aan andere processen plaatsvinden. Het Programma zal de uitkomst van de heroverwegingen op zijn merites beoordelen. Dat kan ertoe leiden dat een eventuele aanpassing van de planning van de programmabeslissing nodig zal zijn omdat deze en andere producten aangepast moeten worden. De Programmadirectie beaamt dat het goed is om deze keuzes nog een keer goed onder de loep te nemen.

1. Heroverweeg de keuze om de infra op te splitsen in twee delen

BCG adviseert om vóór de programmabeslissing de keuze om de infrastructuur in twee percelen aan te besteden, te heroverwegen. Laat het verschil in voordelen, nadelen en risico's (met impact op kosten/baten) t.o.v. één systeemleverancier kwantificeren door (onafhankelijke) experts, omdat:

- *Het onvoldoende duidelijk is of de nadelen van de complexe systeemintegratie bij een keuze voor twee leveranciers wel voldoende op waarde zijn geschat.*
- *De recente voorgenomen fusie van Siemens en Alstom nog niet is meegenomen in de laatste programmadocumentatie. Dit kan gevolgen hebben voor de te maken keuze.*
- *In de ACS (Aanbesteding- en Contractering Strategie) nog geen rekening is gehouden met de mogelijkheid om na acht jaar een tweede raamcontract te sluiten waarin (alsnog) het aantal leveranciers wordt uitgebreid.*

Bovenstaande drie aanleidingen worden door de Programmadirectie herkend als voldoende basis om een aanvullend onderzoek in lijn met het advies van BCG te starten. Doel van dat onderzoek is om na te gaan of er in het licht van nieuwe inzichten en informatie, een nog betere keuze gemaakt kan worden dan die in de huidige versie van de ACS is gemaakt.

2. Heroverweeg de keuze om geen proefbaanbaak aan te leggen.

BCG adviseert om de programmabeslissing om geen proefbaanvak aan te leggen, te heroverwegen, om daarmee technische en operationele risico's beter te kunnen mitigeren. Een dergelijk proefbaanvak dient te voldoen aan de randvoorwaarden van de reizigersvervoerders, goederenvervoerders, ProRail en I&W.

Als onderbouwing voor dit voorstel stelt BCG dat het onvoldoende is aangetoond dat de combinatie van factory acceptance test, testlab, schaduwbedrijf, parallelbedrijf en eindtest voldoende is, om de restrisico's afdoende te minimaliseren en (het management van) personeel voldoende vertrouwen te geven om met dit systeem probleemloos te kunnen gaan werken in de operatie.

De Programmadirectie vindt het voorstel om het aanleggen van een proefbaanvak toe te voegen aan de teststrategie de moeite waard om te onderzoeken, met name omdat het een belangrijke bijdrage kan leveren aan het draagvlak voor en de acceptatie van invoering ERTMS-level-2 only bij vervoerders en verladers. Het Programma zal daarom een onderzoek starten naar de voor- en nadelen van een proefbaanvak mede in relatie tot de acceptatie van de overgang naar level-2 only.

3. Heroverweeg de huidige baanvakselectie en uitrolvolgorde

BCG adviseert om voor de PB een studie uit te voeren naar mogelijke (high level) impact van de aangepaste uitrolstrategie. Heroverweeg daarna de baanvakselectie en de uitrolvolgorde met aangepaste uitgangspunten. Dit leidt mogelijk tot een selectie van baanvakken die resulteert in een nog betere aansluiting met andere programma's, hogere besparingen door vervangingskosten, minder reizigershinder en (nog) betere aansluiting op wensen van de NS en goederenvervoerders. BCG stelt overigens dat er voldoende rekening is gehouden met de Europese corridorafspraken.

De Programmadirectie onderschrijft de aanbeveling van BGC en is van mening dat de uitrolstrategie niet alleen nu, maar blijvend onderwerp van heroverweging dient te zijn omdat de uitgangspunten en omstandigheden die erop van invloed zijn, zullen blijven veranderen. Het Programma behoudt een adaptief karakter m.b.t. de uitrolstrategie. Het Programma ziet nú geen reden om, voorafgaand aan de Programmabeslissing, middels een brede studie de uitrolvolgorde ingrijpend te wijzigen.

Gegeven de doelstelling om de Europese corridors te voorzien van ERTMS, blijven 7 van de 12 baanvakken daarom vooralsnog binnen de uitrolscope. De keuze van de eerste twee baanvakken staat voor wat betreft de programmadirectie alleen ter discussie als er een proefbaanvak wordt toegevoegd en/of als de ACS wordt aangepast met betrekking tot het aantal leveranciers.

Het Programma zal na het afronden van de onderzoeken in kader van het proefbaanvak en het aantal leveranciers (de ACS) de scope en uitrolvolgorde opnieuw onder de loep nemen. Daarbij zullen dan ook de meest actuele inzichten worden meegenomen op het gebied van de vervangingsvraag en de internationale afspraken rond ERTMS.

3.2 (A2) Verder te onderbouwen / uit te werken keuzes met impact vóór de programmabeslissing

4. Heroverweeg de keuze om het Testlab zelf te beheren.

BCG verwijst naar voorbeelden in het buitenland waar het testlab deels aan de markt wordt overgelaten.

Het Programma zal de keuze om het testlab zelf te gaan beheren, beter onderbouwen. Daarbij zullen de situaties in het buitenland waarnaar wordt verwezen, worden beoordeeld in de context van de Nederlandse situatie en in het oordeel worden meegenomen. Na de Programmabeslissing zal worden uitgewerkt hoe het Programma de benodigde competenties verder kan gaan op bouwen. Zie ook punt 7.

5. Retrofit van materieel over 2 tot 4 percelen

BCG adviseert om voor de keuze om de retrofit van het materieel over twee tot vier percelen te verdelen een completere afweging te maken, inclusief flexibiliteit, concurrentie en beheersbaarheid van de integratie.

De keuze om tot verschillende percelen voor de retrofit van materieel te komen is in de afgelopen periode weloverwogen en met toepassing van multi-criteria analyse gemaakt. Hierbij hebben aspecten als uniformiteit, commerciële flexibiliteit, integratieproblematiek, begeleiding van leveranciers, engineering capaciteit en de noodzaak voor specials bij bijzonder materieel een grote rol gespeeld. De Programmadirectie ziet in deze aanbeveling een aanleiding om de afwegingen bij gemaakte keuzes duidelijker te beschrijven en zal dat ook doen.

6. Flexibiliteit – middels ACS – bij technologische ontwikkelingen

BCG adviseert om via de ACS-garanties te bewerkstelligen t.b.v. flexibiliteit bij technologische ontwikkelingen – zoals de overgang naar hybride level 3 – om te voorkomen dat het Programma vast komt te zitten aan achterhaalde technologie.

In de ACS is inderdaad niet een op zichzelf staande paragraaf opgenomen t.a.v. de ‘technologise ontwikkelingen’. Het onderwerp komt echter wel op een aantal plekken terug in de ACS. In de Contracteringsplannen en de Aanbestedingsdossiers zal dit verder handen en voeten krijgen. Bovendien zal zowel bij Materieel als bij Infra (systeemleveranciers) gebruik worden gemaakt van een Raamovereenkomst. De feitelijke contractering vindt dus incrementeel (per materieelserie dan wel per corridor) plaats middels te verstrekken Nadere Overeenkomsten. Dat maakt het mogelijk de specificatie (behorende bij een Nadere Overeenkomst) op basis van voortschrijdend inzicht te wijzigen. Dat biedt dus flexibiliteit om voortschrijdend inzicht te implementeren. Niettemin zal er sprake zijn van centrale regie op het vlak van contractmanagement en technisch management om dit te bewaken, anders maakt ieder sub-team zijn eigen interpretatie en ontstaat er inconsistentie.

7. Systeemintegratie Baan-trein binnen Programma i.p.v. door de markt

BCG stelt dat onvoldoende is onderbouwd is waarom ProRail systeemintegrator zou moeten zijn op het niveau van het vervoersysteem (SI-1) en Baan-trein Integratie (SI-2) en niet de marktpartijen. Gevraagd wordt te beargumenteren welke onderdelen het beste binnen het Programma kunnen blijven en welke beter aan de markt overgelaten kunnen worden.

De markt zélf heeft aangegeven (marktconsultatie Systeemintegratie september/oktober 2015) dat de taken van de systeemintegrator belegd moeten zijn bij de partij die het mandaat heeft om de besluiten te nemen. Het Programma (bij ProRail belegd) heeft dat mandaat en is om die reden de juiste partij om de Systeemintegratie te borgen. Het testlab, ingericht onder regie van het Programma, is daarbij een

belangrijk instrument om de integrale werking aan te tonen. Deelnemers en marktpartijen verklaarden zich bereid om een ondersteunende rol in te vullen, mits daar vooraf duidelijke afspraken over worden gemaakt.

3.3 (A3) Overige aanbevelingen met impact vóór de programmabeslissing

Het programma zal een reactie op deze aanbevelingen uitwerken. Dat zal betekenen dat een deel daarvan wel, een deel niet en een deel mogelijk deels zal worden overgenomen. De onderbouwing voor deze keuzes worden uiteraard vastgelegd.

8. Ombouwen van grote emplacementen uit de programmabeslissing halen

BCG adviseert om het ombouwen van de grote emplacementen niet op te nemen in de programmabeslissing, en hier te zijner tijd een apart besluit over te nemen.

Het Programma onderkent dat rond de ombouw van de grote emplacementen nog de nodige onzekerheden bestaan en dat er nog onvoldoende zicht is op de risico's. Het Programma zal dit risico nader duiden in de Railmap 4.0.

9. Ombouw ICM en DDZ

BCG adviseert een expliciete keuze te maken, gebruik makend van de nieuwe planning, of het voldoende zin heeft om treinseries ICM en DDZ om te bouwen met ERTMS.

De Programmadirectie is hierover met NS in overleg. Die keuze zal dus expliciet gemaakt worden.

10. Afstemmen haalbaarheid materieelombouw met NS R&O

BCG adviseert om de haalbaarheid van de planning en kosten van materieelombouw zeer expliciet af te stemmen met (voornamelijk) NS R&O en met de mogelijk externe leveranciers.

Het Programma heeft tijdens de voorbereidingsfase de haalbaarheid van de planning en de kosten van materieelombouw uitgebreid afgestemd met de betrokken partijen, waaronder NS R&O. Het programma zal deze afstemming alsnog expliciet documenteren en ter validatie voorleggen aan de betrokken directies.

11. Expliciteren aannames omtrent maatschappelijke baten

BCG adviseert om de onzekerheid in aannames omtrent maatschappelijke baten en de daling van deze baten te expliciteren ten opzichte van de voorkeursbeslissing

De Programmadirectie zal geen nieuwe MKBA maken. Er is een monitoringskader ontwikkeld waarmee we tijdens de planuitwerking en straks ook in de realisatiefase voortdurend de consequenties van gemaakte keuzes kunnen doorrekenen. Op basis hiervan rapporteren we regelmatig over hoe onze plannen scoren op de doelen.

3.4 (B1) Verder te onderbouwen ná programmabeslissing

1. Portfolio governance voor afhankelijkheden tussen spoorprogramma's

BCG adviseert om een portfolio governance op te zetten voor afhankelijkheden tussen spoorprogramma's, naast het verder stimuleren van meer praktische portfolio management bij ProRail.

Binnen het Programma wordt door omgevingsmanagement overzicht gehouden op de afhankelijkheden en raakvlakken tussen ERTMS en andere programma's. Het opzetten van een sector brede portfolio governance is een activiteit die buiten het Programma ligt.

2. Specifieke ATB-vervangingsbehoefte

BCG adviseert om de specifieke ATB-vervangingsbehoefte per baanvak over tijd precies uit te werken, om beter inzicht te krijgen in de kans en impact van de gevolgen van falende ATB-technologie.

Het Programma gaat adaptief om met de uitrolvolgorde. Hierbij zal, de specifieke vervangingsbehoefte van ATB die door ProRail in beeld is gebracht, binnen de ruimte van de meegegeven kaders, een zwaarder accent krijgen dan bij de eerdere voorstellen omtrent de uitrolvolgorde is gebeurd. Zie ook 3 punt.

3. Kosten en baten ombouw Amsterdam en Utrecht

BCG adviseert om de kosten en baten van een aantal scenario's voor het wel/niet ombouwen van Amsterdam CS en Utrecht op hoofdlijnen uit te werken.

Dit advies ligt in het verlengde van het advies om de ombouw van de grote emplacementen los te koppelen van de Programmabeslissing. Uitgangspunt blijft dat óók op deze emplacementen ATB door ERTMS wordt vervangen.

4. Onderzoek naar financiële ondersteuning goederenvervoerders

BCG adviseert te onderzoeken in hoeverre goederenvervoerders financieel kunnen worden ondersteund bij de kosten die zij moeten maken voor het (opnieuw) ombouwen van materieel. Daarbij dient het economisch nut (e.g. levensvatbaarheid vervoerder, resterende levensduur materieel) van deze compensatie hierin te worden meegenomen.

Het Programma onderkent deze problematiek. Mede om die reden heeft het Ministerie en het Programma in nauwe samenwerking met de sector daarom in de zomer van 2017 een zogenaamd "blended" voorstel uitgewerkt waarbij er sprake is van zowel financiële ondersteuning door Europa maar ook vanuit Nederland, met de mogelijkheid tot het aangaan van een soepele lening bij de Europese Investeringsbank en met project support bij de contractering en bij het realiseren van de noodzakelijke upgrade-werkzaamheden. Eind november maakte de Europese Commissie bekend dat het voorstel onverkort geselecteerd is. Hoewel het Programma hier slechts een gedeeltelijke verantwoordelijkheid heeft, blijft het Programma verdere initiatieven op dit gebied actief ontwikkelen en ondersteunen.

5. Betrekken regionale vervoerders

BCG adviseert om de regionale vervoerders intensiever te betrekken bij besluitvorming op de onderdelen die hun operatie zullen raken, zoals het ombouwen van materieel en de impact van de uitrol van ERTMS op de trajecten waarop zij rijden.

Het overleg met de regionale vervoerders wordt verder geïntensiveerd. Zeker naar mate de uitvoering dichterbij komt en concreter wordt, vindt het Programma het van groot belang om alle betrokken partijen recht te doen, te betrekken en hun inbreng op alle mogelijke terreinen in te bedden in de realisatie-aanpak. Bovendien zal het Programma, daar waar mogelijk, deze vervoerders ondersteunen in de uitvoering van hun projecten.

6. Overzicht van geleerde lessen

BCG adviseert een overzicht te maken hoe geleerde lessen van ERTMS-uitrol in Nederland en buitenland worden geborgd in het huidige Programma.

Onderdeel van de opdracht in de Planuitwerkingsfase is om geleerde lessen uit het buitenland en andere grote (spoor) projecten mee te nemen in uitwerking van de planen. Zo is bijvoorbeeld de recente beleidskeuze van Denemarken om het programma te vertragen, geanalyseerd en vertaald naar lessen die voor de Nederlandse situatie relevant zijn. Het Programma zal het overzicht van lessen compleet en actueel maken en actueel houden. Relevante maatregelen worden geïmplementeerd opdat herhaling van eerder opgetreden problemen, binnen en/of buiten Nederland, zoveel mogelijk wordt beperkt.

7. Noodzaak voor ERTMS op specifieke NCBG-plekken

BCG adviseert voor specifieke plekken de noodzaak van uitrol ERTMS op NCBG te onderbouwen.

Het toepassen van ERTMS op een NCBG ligt buiten de scope van het Programma.

8. Invullen testonderdelen

BCG adviseert om de invulling van de belangrijkste testonderdelen – zoals de leverancierstests, het testlab en het Integraal Proefbedrijf – verder uit te werken, zodat de impact op de planning en het budget beter kan worden bepaald.

Het Programma heeft een robuuste Test- en Migratiestrategie uitgewerkt, hetgeen door BCG wordt bevestigd. Het BCG-advies om het testlab en het Proefbedrijf verder uit te werken wordt overgenomen zodat de impact op de planning en budget tijdig bekend zijn. Daarbij worden ook lessons learned (bijvoorbeeld vanuit het Fyra-traject, Denemarken en UK) meegenomen.

9. Nadere uitwerking uitrol

BCG adviseert om nader uit te werken hoe de uitrol van ERTMS op baanvak drie tot en met twaalf gaat plaatsvinden, in het bijzonder rekening houdend met de uitrol op grote emplacementen en de aansluiting van grensovergangen met België en Duitsland.

Zie punt A1-3.

3.5 (B2) Overige aanbevelingen met impact ná programmabeslissing

De overige aanbevelingen vinden hun weg in de reguliere werkzaamheden van het Programma ERTMS en de nadere invulling van de projectenplannen bij de betrokken partijen tijdens de realisatiefase.

4 Verdieping: goederenvervoerders, interoperabiliteit in EU en geleerde lessen

Belangen van goederenvervoerders verder opnemen in Programma

De goederenvervoerders hebben tot voor kort onvoldoende invloed kunnen hebben op het ERTMS Programma. Onlangs zijn initiatieven gestart om hun belangen beter te borgen. De invoering van ERTMS zorgt voor hogere kosten bij goederenvervoerders (tegenover zeer geringe baten op de korte termijn). Dit verzwakt hun concurrentiepositie ten opzichte van andere modaliteiten en ten opzichte van het buitenland verder. Op vijf punten kan het Programma nog meer rekening houden met deze belangen.

1. Sommige keuzes van het ERTMS Programma resulteren in hogere (en in sommige gevallen eerdere) kosten voor goederenvervoerders. Dit zijn bijvoorbeeld keuzes voor ERTMS only en Baseline 3 (versie 3.6.0). Zij worden daarvoor nu deels gecompenseerd door (CEF) subsidies.

- Aanbeveling: Onderzoek voor PB in hoeverre goederenvervoerders financieel kunnen worden ondersteund voor de kosten die zij moeten maken voor het (opnieuw) ombouwen van materieel. In de argumentatie moet een goede afweging worden gemaakt van het economisch nut van deze compensatie (goed kijken naar levensvatbaarheid van (kleinere) goederenvervoerders en resterende levensduur van materieel). Dit kan het beste worden meegenomen in een sector brede analyse van kosten en stimuleringsmaatregelen door het Ministerie van I&W.

2. De ervaringen met uitrol van ERTMS op eerder baanvakken in Nederland en elders in Europa laten zien dat er nog veel ‘kinderziektes’ optreden na ombouw. Het is voor goederenvervoerders (en de NS) daarom zeer risicovol als het eerst omgebouwde baanvak een belangrijke goederencorridor (Kijfhoek- Roosendaal) is. Dual-signalling zou dit minder risicovol maken, maar met een combinatie van uitvoerige lab-testen en een proefbaanvak zou deze (complexe en dure) overgangmaatregel niet nodig hoeven zijn.

- Aanbeveling: Heroverweeg voor PB het niet aanleggen van een proefbaanvak. Een proefbaanvak mitigeert technische en operationele risico's. Dit baanvak moet voldoen aan de randvoorwaarden van goederenvervoerders, NS, ProRail en I&W (zie paragraaf Teststrategie).

3. Duitsland kiest versie 3.4.0; Nederland voor 3.6.0. Deze versie zou *backward compatible* moeten zijn volgens de specificaties. Dit moet contractueel worden afgedwongen bij leveranciers. Certificering voor materieel moet daarvoor opnieuw worden aangevraagd. Het Programma werkt aan een analyse waarin de extra kosten, baten en risico's van versie 3.6.0 t.o.v. 3.4.0 worden meegenomen voor alle stakeholders.

4. ERTMS zou een katalysator kunnen zijn van innovaties die het goederenvervoer verder kunnen helpen, zoals bijvoorbeeld een “Groene golf” van Rotterdam tot aan Duitsland, het inzetten van langere treinen, automatisch rangeren in het havenbedrijf en Automatic Train Operations (ATO) dat zelfrijdende treinen mogelijk maakt in de toekomst. Deze functionaliteiten worden nu niet meegenomen in de ERTMS-uitrol.

- Aanbeveling: ProRail moet eerder starten met het uitrollen van deze waarde-toevoegende functionaliteiten. Dit valt buiten de scope van het Programma ERTMS, maar moet hier wel op worden afgestemd. Uiteraard dient bij deze functionaliteiten de impact op het reizigersvervoer te worden meegenomen.

5. De uitrolstrategie kan in de selectie van baanvakken en uitrolvolgorde (nog) meer rekening houden met de belangen van goederenvervoerders. Op basis van optimalisatie van internationaal goederenvervoer zouden andere keuzes gemaakt kunnen worden in selectie van baanvakken, o.a. door het meenemen van Rotterdam en de route naar Bentheim.

- Aanbeveling: Heroverweeg na PB de huidige uitrolstrategie. Neem daarin de belangen van goederenvervoerders nog beter mee, als extra input voor een mogelijke aanpassing in baanvakselectie en uitrolvolgorde (zie paragraaf Uitrolstrategie).

Interoperabiliteit met rest van Europa is niet optimaal, maar voldoende gewaarborgd

De huidige keuzes van Nederland zorgen voor voldoende interoperabiliteit met de rest Europa. Level 2 is op dit moment de meest voorkomende levelkeuze in Europa (inclusief Duitsland), en Baseline 3 is vanaf 2019 de Europese standaardversie. Al het nieuwe materieel wordt door leveranciers uitgerust met deze technologie. Naar België is bij de grens een lokale oplossing nodig om de interoperabiliteit te waarborgen. Nederland wijkt af van Duitsland met de keuze voor versie 3.6.0 i.p.v. 3.4.0, maar deze versie zou volgens de specificaties *backward compatible* moeten zijn. Dit moet contractueel worden afgedwongen bij de leveranciers.

Zoals eerder beschreven dienen internationale (goederen)vervoerders in eerste instantie alleen voor Nederland hun materieel te upgraden naar Baseline 3. Maar op termijn is deze upgrade ook nodig in andere landen, als die hun infrastructuur naar de Europese standaard Baseline 3 ombouwen. Certificering voor materieel moet voor iedere upgrade opnieuw worden aangevraagd tegen aanzienlijke kosten. Het Programma ERTMS werkt op dit moment een analyse uit waarin voor alle stakeholders de extra kosten, baten en risico's van versie 3.6.0 t.o.v. 3.4.0 inzichtelijk gemaakt worden.

Met de huidige selectie van baanvakken wordt voldoende rekening gehouden met de verplichtingen voor Europese goederencorridors. De selectie van Amsterdam-Meteren in plaats van Amsterdam Oostvaarders-Hengelo is genomen in goed overleg met Europa en volgen de laatste inzichten in baten voor het internationale goederenvervoer. De eerder beschreven mogelijkheid waarin Amsterdam CS en Utrecht CS niet worden omgebouwd met ERTMS zou tot gevolg hebben dat niet aan de EU verplichtingen wordt voldaan. Dit moet nadrukkelijk in de afwegingen worden meegenomen.

Nederland loopt qua uitroltiming van ERTMS achter op haar buurlanden. De timing is hiermee niet optimaal wat betreft aansluiting, maar daar kan het Programma nu niet veel meer aan veranderen. De huidige keuzes van baanvakken en uitrolvolgorde wijken af van de TEN-T verplichtingen, maar zijn afgestemd met Europa.

De lessen uit eerdere ERTMS trajecten (HSL/ Fyra, Betuweroute, buitenland) nog explicieter meenemen

Het ERTMS Programma kan de lessen uit voorgaande ERTMS trajecten nog beter mee nemen. Gebaseerd op deze lessen is de organisatie bijvoorbeeld beter ingericht op storingsdetectie, zijn maatregelen ter voorkoming van een deel van de storingen opgenomen in Baseline 3, en wordt het risico op verstoringen door transitie nu beter afgedekt. Aan de andere kant is de strategie voor de borging van flexibiliteit m.b.t. technologische vooruitgang nog onvoldoende in de ACS uitgewerkt, is het 'meekijken' bij fabriekstesten te vrijblijvend in de teststrategie opgenomen en is er afgeweken van de aanbeveling om een proefbaanvak aan te leggen. De aanbevelingen om deze punten wel mee te nemen zijn benoemd in de paragrafen over ACS en de test- en migratiestrategie.

Ook in het buitenland wordt op veel plekken ERTMS ingevoerd. Vooral in Denemarken is dit groots opgepakt en zijn veel lessen te leren. Het Programma geeft aan dat deze lessen worden meegenomen, al ontbreekt er (net als bij geleerde lessen van Nederlandse ERTMS trajecten) een integraal overzicht op welke manier, tot welke bewuste keuzes, dat heeft geleid.

- Aanbeveling: Creëer voor PB een overzicht hoe geleerde lessen van ERTMS-uitrol in Nederland en buitenland worden geborgd in het huidige Programma. Maak regelmatig (bijvoorbeeld eens per half jaar) een update van dit overzicht.

5 Detail uitwerking

Wij werken iedere vraag volgens dezelfde structuur uit. Eerst beschrijven wij onze bevindingen, daarna evalueren we deze om vervolgens op basis hiervan aanbevelingen te doen. We beschrijven hierbij eerst waarom er gekozen wordt voor ERTMS en welke vorm van ERTMS technologie en detectie optimaal is. Daarna gaan we in op enkele specifieke elementen waar ERTMS moet worden uitgerold: complexe emplacementen, (niet) centraal bediend gebied en het materieel. Vervolgens beschrijven we hoe dit dan wordt uitgerold, via de Aanbesteding- en Contracteringstrategie, de test- en migratiestrategie en de uitrolstrategie. De impact van de ERTMS-uitrol behandelen we in de update van de MKBA. Daarna volgen enkele grote programmerisico's: kostenbeheersing, afhankelijkheden met andere spoorprogramma's, cybersecurity en het opleidingsplan voor machinisten en andere functies.

5.1 Noodzaak voor ERTMS-uitrol

Wat is de maatschappelijke impact van en noodzaak voor ATB door ERTMS vervangen op dit moment?

Bevindingen

Er zijn drie argumenten voor de vervanging van ATB door ERTMS: Er is een vervangingsbehoefte van de huidige ATB infra, er zijn Europese afspraken over de uitrol van ERTMS en de uitrol leidt tot baten.

Ten eerste is de huidige ATB treinbeveiliging op termijn toe aan vervanging, alleen is niet precies bekend wanneer. De urgentie van deze behoefte verschilt per baanvak en is tevens afhankelijk van het type ATB dat is gebruikt: Eerste Generatie (EG) of Nieuwe Generatie (NG). Daarnaast heeft de Europese Unie ERTMS (een 'Class A' systeem) als standaard aangemerkt en bepaalt dat op termijn nationale 'Class B' beveiligingssystemen zoals ATB EG en NG door ERTMS vervangen dienen te wordenⁱ. Dit leidt er ook toe dat leveranciers enkel nog bereid zijn te investeren in de ontwikkeling van ERTMS. Door vervanging van ATB door ERTMS te voorkomen en direct ERTMS uit te rollen kunnen daarom besparingen worden gerealiseerd. De omvang van deze besparingen (of: vermeden dubbele kosten) verschilt per baanvak en wordt momenteel nader uitgewerkt¹.

De treinbeveiliging op ATB EG baanvakken kent een reguliere vervangingsnoodzaak waarbij huidige ATB infra wordt vervangen door nieuwe ATB infra. De belangrijkste elementen van de treinbeveiliging zijn kabels, interlockings, relaishuizen/-kasten, detectie en seinen. Voor de meeste van deze vijf elementen is het moeilijk om de noodzaak en tijdstip voor vervanging exact te bepalen. Dit komt door de beperkte mogelijkheid om slijtage te meten en, wanneer metingen wel mogelijk zijn, een gebrek aan voldoende data voor (statistische) analyse. Initieel worden losse elementen vervangen, maar op enig moment is het aantrekkelijker om een baanvak of emplacement integraal te vervangen. Omdat dit tijdstip niet goed is te bepalen wordt gewerkt met vuistregels op basis van de ouderdom van elementen, bijvoorbeeld 'vervanging 50 jaar na plaatsing van de interlocking'. De impact van late(re) vervanging is moeilijk te duiden, naar verwachting bestaat deze vooral uit lagere betrouwbaarheid (meer storingen)ⁱⁱ. Een van deze elementen, de GRS spoorstroomlopen (treindetectie), kent een aangetoonde, specifieke vervangingsnoodzaak. Vanwege toenemende detectieproblematiek dienen deze op termijn door assentellers te worden vervangen (zie ook de vraag 'Wat is de optimale detectieoplossing bij invoering van ERTMS vanuit maatschappelijk perspectief?'). Een gedetailleerde onderbouwing van de vervangingsnoodzaak van ATB EG treinbeveiliging per baanvak wordt momenteel uitgewerkt. In dit onderzoek worden ook de potentiële besparingen door voorkoming van vervanging van ATB EG treinbeveiliging per baanvak onderzocht².

¹ Onderzoek PWC naar vervangingsnoodzaak in opdracht van Programma ERTMS

² Onderzoek PWC naar vervangingsnoodzaak in opdracht van Programma ERTMS

Ook de treinbeveiliging op ATB NG baanvakken kent een reguliere vervangingsnoodzaak. In tegenstelling tot ATB EG is ATB NG 'end of life' en vindt er geen productie van onderdelen meer plaatsⁱⁱⁱ waardoor ATB NG vervangen dient te worden door een ander systeem. Conform de huidige planning zijn deze baanvakken toe aan vervanging in 2023^{iv}. Tegelijkertijd worden gesprekken gevoerd met de enige leverancier, Alstom, om nog maximaal 15 jaar vervangingsmaterieel geleverd te krijgen^v. Het risico dat ATB NG componenten in oplopend tempo degenereren, neemt toe naarmate de vervanging van ATB NG langer op zich laat wachten. Dit heeft negatieve gevolgen voor voornamelijk de betrouwbaarheid (toename storingen).

Een tweede argument voor vervanging van ATB voor ERTMS is dat Nederland met Europa heeft afgesproken ERTMS voor 2030 uit te rollen op een aantal (goederen)corridors (TEN-T) waaronder Amsterdam-Utrecht en Kijfhoek-Roosendaal. Recentelijk is door nieuw inzicht in (goederen)vervoersstromen een afwijking van de originele TEN-T corridors afgestemd met Europa. Daarnaast heeft Nederland zich gecommitteerd aan een inspanningsverplichting om ERTMS voor 2050 in een groot deel van het land uit te rollen^{vi}.

Tot slot leidt uitrol van ERTMS tot veiligheids-, interoperabiliteit-, capaciteits-, snelheids- en betrouwbaarheidsbaten. De veiligheid neemt toe doordat ERTMS minder afhankelijk is van menselijk handelen en treinbewegingen beter monitort. De interoperabiliteit wordt beter doordat (voornamelijk goederen)vervoerders minder vaak van loc en/of machinist hoeven te wisselen bij grensovergangen. De capaciteit en snelheid nemen toe door blokverdichting, het wegvallen van seinopvolging, hogere maximale snelheid (160 km/u) en een gedetailleerder snelheidsprofiel (intervallen van 5km/u i.p.v. de vijf ATB opties (40, 60, 80, 130 en 140 km/u). Naast deze directe baten leidt ERTMS tot een systeemsprong van treinbeveiliging waardoor in de toekomst implementatie van ATO (Automatic Train Operations), een voorwaarde voor zelfrijdende treinen, mogelijk wordt. Voor vervoerders is voornamelijk de optiewaarde van technologische vooruitgang van belang; de directe baten zijn minder op hen toegesneden.

De noodzaak om zo snel mogelijk te starten met uitrol van ERTMS wordt gedreven door vier factoren. Tot eerste kan de omvangrijke cultuur- en organisatieverandering bij betrokken organisaties dan tijdig in gang gezet worden. Ten tweede neemt de omvang van potentiële besparingen op ATB vervanging toe. Tot slot is er een noodzaak om het materieel, de infra, het personeel en de operaties gereed te hebben voor de Europese deadlines. Deze verandering moet leiden tot betere samenwerking die nodig is om voor het succesvol implementeren van dit systeem.

De voordelen van langer wachten met de uitrol van ERTMS zijn tweeledig. Door langer te wachten kan geleerd worden van de ervaring in het buitenland (voornamelijk interessant voor emplacementen) en kan mogelijk moderne technologie (baseline en/of level) toegepast worden die nu nog niet beschikbaar is. Toepassing van een verder ontwikkelde baseline kan tot betere betrouwbaarheid leiden vanwege bug fixes en verbeteringen (zie ook hoofdstuk 'baseline'). De huidige baseline is door Europa vastgesteld als standaard en er worden geen aanpassingen aangebracht tot en met in ieder geval 2022. Toepassing van level 3 hybride of level 3 only kan onder andere tot hogere capaciteitsbaten en minder kosten voor infra leiden doordat de behoefte aan baandetectie af neemt. De investeringen voor de huidige technologie (baseline 3, level 2 only) zijn op de huidige selectie van baanvakken ook noodzakelijk voor level 3 hybride vanwege een gebrek aan integere treinen (vooral bij goederen) en storingsgevoeligheid. Voor level 3 only is minder baandetectie vereist dan voor level 2 only. De komst van level 3 only is voorsnog onzeker en gaat gepaard met praktische bezwaren zoals treinintegriteit en storingsgevoeligheid en onbewezen overall concepten zoals het veilig kunnen oplossen van alle type verstoringen (zie ook hoofdstuk 'level keuze').

Evaluatie BCG

Er bestaat een voldoende, vanuit maatschappelijk oogpunt onderbouwde, noodzaak om op termijn het huidige ATB te vervangen door ERTMS. Ook is voldoende onderbouwd dat de uitrol van ERTMS zo snel mogelijk moet starten.

De onderbouwing van de vervangingsnoodzaak van ATB vertoont echter nog wel gebreken: Er is onvoldoende hard bewijs en inzicht in de resterende levensduur van beveiligingsonderdelen per baanvak. Desondanks gebeurt deze vervanging nu al wel. Tijdig starten met de uitrol van ERTMS voorkomt dus onnodige investeringen in de vervanging van ATB door ATB. De gemaakte Europese afspraken en doelstelling om op lange termijn over te gaan op één Europees treinbeveiligingssysteem versterken de noodzaak voor het zo snel mogelijk starten met de uitrol van ERTMS.

De optiewaarde van langer wachten op technologische ontwikkelingen lijkt beperkt. De investeringen voor uitrol van ERTMS baseline 3, level 2 only op de huidige gekozen baanvakken zijn grotendeels no-regret bij een mogelijk toekomstige transitie naar level 3 hybride^{vii} (zie ook hoofdstuk 'level keuze'). Implementatie van level 3 only is nog niet realistisch, onder andere door onzekerheid over de ontwikkeling van de techniek en storingsgevoeligheid (zie ook hoofdstuk 'level keuze'). Het is essentieel om in de aanbesteding optimaal voor te sorteren op toekomstige (software) updates. Dit is voorlopig nog onvoldoende beschreven in de ACS (zie ook hoofdstuk ACS).

Gegeven de doelstelling om voor ERTMS 2030 uit te rollen is tevens de optiewaarde van wachten op (en leren van) buitenlandse ervaring beperkt. Er is nog veel onzekerheid over wanneer welke technologie door andere landen toegepast gaat worden. Zo heeft Denemarken recentelijk besloten om de uitrol van ERTMS met enkele jaren te vertragen en loopt in Duitsland nog een onderzoek naar de voorkeurstechologie (zie ook 'lessen uit het buitenland'). Daarnaast worden in het buitenland de komende jaren geen grote of complexe emplacementen voorzien van ERTMS level 2 only³ waardoor Nederland niet/beperkt kan leren van buitenlandse ERTMS ervaring voordat het zelf start met uitrol op emplacementen. Gegeven de complexiteit bij de uitrol van ERTMS op emplacementen was deze buitenlandse ervaring juist waardevol geweest, Nederland betaalt hiervoor nu mogelijk het 'leergeld' (zie ook vraag 'hoe ver zijn oplossingen voor ombouwen en operabel maken van ERTMS op meest complexe emplacementen uitgewerkt?'). Nederland heeft zelf al voldoende ervaring op eenvoudige ERTMS toepassingen (A2, Hanzelijn, Betuweroute, HSL – al zijn die niet allemaal 'brownfield'). Tot slot komt uit werkbezoeken naar voren dat de situatie en overwegingen in andere landen verschillen van Nederland^{viii}.

Aanbeveling BCG

De noodzaak en urgentie voor uitrol van ERTMS is voldoende onderbouwd.

Na de programmabeslissing

Werk de specifieke vervangingsbehoefte van ATB EG en NG per baanvak over tijd beter uit. Dit geeft beter inzicht in de kans op slechtere prestaties van ATB en de potentiële gevolgen daarvan. De uitkomsten hiervan versterken de onderbouwing van de noodzaak voor vervanging van ATB en kunnen worden meegenomen in de verdere selectie van baanvakken en de bepaling van de uitrolvolgorde (zie ook vraag 'Welke selectie van baanvakken leidt tot optimale maatschappelijke baten?' en 'Wat is de optimale uitrolvolgorde van het aanpassen van de infrastructuur vanuit maatschappelijk perspectief?').

³ Andere landen volgen later (Zwitserland, Denemarken), zijn niet representatief (Oostenrijk) of hebben nog onvoldoende zicht op uitrol van level 2 only op emplacementen (overige)

5.2 ERTMS technologie

5.2.1 ERTMS Level

Wat is momenteel de beste vorm van ERTMS (level 1, 2, 3 of hybride) voor zowel infra als materieel vanuit maatschappelijk perspectief?

Bevindingen

De keuze voor het ERTMS level wordt gemaakt op basis van de huidige technologische stand van zaken voor de scope van de geplande twaalf ERTMS baanvakken (zie ook baanvakselectie) en niet voor overige baanvakken in Nederland. Het is mogelijk dat omstandigheden zoals een lagere baanbezetting op andere baanvakken leiden tot een andere ERTMS level keuze dan voor de huidige twaalf baanvakken.

ERTMS level 1 maakt gebruik van huidige infra en is beschikbaar als overlay op ATB (dual signalling) en 'only' variant. Het grootste voordeel van level 1 is dat het uitrol van ERTMS toe staat tegen lagere kosten dan andere levels en ombouw van materieel niet noodzakelijk is. Daartegenover kent level 1 een aantal belangrijke nadelen ten opzichte van andere ERTMS levels. Ten eerste is er geen constante informatie beschikbaar over de treinpositie, enkel wanneer deze een balise passeert wordt de positie bepaald. Ten tweede staat level 1 geen realisatie van additionele baten toe die andere ERTMS levels wel behalen. Ten derde valt de gebruikerservaring met level 1 op de Nederlandse Havenspoorlijn tegen en valt ook de gebruikservaring in andere landen tegen^{ix}. Tot slot biedt level 1 enkel een optie tot uitstel; op termijn wordt ATB vervangen door ERTMS, daarvoor is level 2 of hoger noodzakelijk. Uitrol van level 1 creëert zodoende een extra transitie.

ERTMS level 2 is beschikbaar als 'only' variant en als overlay op ATB (dual signalling). De belangrijkste voordelen van level 2 only ten opzichte van ATB en level 1 bestaan uit hogere baten (door onder meer blokverdichting), minder noodzaak (en daardoor kosten) voor infra, beheer en onderhoud (seinen worden overbodig), een betere positionering voor toekomstige technologische ontwikkelingen (o.a. ATO) en goede aansluiting bij de level keuze van andere Europese landen. Nadelen van level 2 only ten opzichte van ATB en level 1 bestaan voornamelijk uit hogere eenmalige investeringen, de noodzaak om materieel om te bouwen en de risico's bij ingebruikname van een nieuw systeem.

De belangrijkste voordelen van ERTMS level 2 dual signalling ten opzichte van level 2 only bestaan uit risicobeperking door aanwezigheid van een ATB fallback optie en het wegvallen van de noodzaak om materieel om te bouwen. Daarentegen vereist het ten opzichte van level 2 only wel additionele investeringen voor infra, beheer en onderhoud en kent het beperktere baten, meer onduidelijkheden in de operatie en meer storingen^x. Daarnaast kan, in tegenstelling tot level 1 overlay, het bestaande ATB niet volledig worden hergebruikt in combinatie met level 2 waardoor een grotendeels nieuw ATB systeem moet worden aangelegd. Ondanks dat dit bijdraagt aan de reguliere vervangingsbehoefte van ATB worden kosten van het ATB door ATB vervangen op deze wijze niet vermeden.

ERTMS level 3 hybride is een combinatie van level 2 only en level 3 treindetectie die mogelijk wordt door materieel en infra uit te rusten met additionele functionaliteit. Om gebruik te kunnen maken van de trein gebonden positiebepaling dient het materieel zelf aan te kunnen tonen dat het integer is, dat wil zeggen dat het zelf controleert dat alle treinstellen continu verbonden zijn. Aan de infrazijde dient daarnaast het Radio Block Center (RBC) geprogrammeerd te worden zodat het de door de trein afgegeven positie kan meenemen in het afgeven van Movement Authorities. Level 3 hybride kent als voordeel ten opzichte van level 2 only dat het een gefaseerde migratie naar level 3 toe staat: naarmate er meer integere treinen rijden ontstaan additionele baten door virtuele positiebepaling en dalen de kosten voor infra, onderhoud en

beheer doordat de behoefte aan baangebonden infra afneemt. Deze gefaseerde migratie is mogelijk doordat level 3 hybride een fallback optie biedt naar level 2 only in het geval van storingen in de trein gebonden positiebepaling. Tegelijkertijd biedt de trein gebonden positiebepaling een alternatief wanneer storingen optreden in de baandetectie (mits er voldoende integrale treinen rijden). Naarmate het aantal integrale treinen toe neemt kan de baandetectie geleidelijk worden uitgezet en afgebouwd, hierdoor blijft de fallback mogelijkheid wel bestaan alleen zal deze gebruik maken van steeds grotere blokken.

Het grootste nadeel van level 3 hybride is dat het integrale treinen vereist om gebruik te kunnen maken van level 3 treinpositiebepaling. Zonder integrale treinen functioneert level 3 hybride vergelijkbaar met level 2 only. Er bestaat op dit moment nog onvoldoende onderbouwing dat voornamelijk goederentreinen integer gemaakt kunnen worden. Daarnaast zijn er (beperkte) extra kosten vereist voor uitrol van level 3 hybride^{xi}. Er bestaat ook nog veel onzekerheid over de praktische uitvoerbaarheid van level 3 hybride omdat deze technologie nog nergens is uitgerold. Er wordt door ProRail op dit moment getest met level 3 hybride op een proefbaanvak in de UK. Deze testomgeving is echter niet direct vergelijkbaar met bijvoorbeeld een Nederlands emplacement. Daarnaast is het nog onduidelijk of (en wanneer) deze technologie de benodigde certificering ontvangt. Tot slot is er nog onvoldoende onderbouwing voor de exacte omvang van de baten en de kosten en de prestaties van level 3 hybride in de Nederlandse context.

Implementatie van level 3 only is nog niet realistisch. De technologie is nog nergens uitgerold, behalve in light rail, en biedt geen fallback mogelijkheid bij storingen waardoor geen positiebepaling meer mogelijk is en het verkeer tot stilstand komt. Daarnaast vereist het net zoals level 3 hybride dat treinen integer zijn met als belangrijk verschil dat level 3 only vereist dat alle treinen integer zijn. Op lange termijn lijkt level 3 only wel de technologie van de toekomst; het staat additionele baten toe door virtuele positiebepaling en reduceert de kosten voor infra, onderhoud en beheer doordat de behoefte aan baangebonden infra afneemt. Er bestaat momenteel nog geen visie op de gewenste technologie op lange termijn. Tevens is (nog) onduidelijk hoe de huidige levelkeuze aansluit op de lange en middellange termijn strategische visies voor de Nederlandse infrastructuur en mobiliteit (SVIR en LTSA⁴).

Evaluatie BCG

Gegeven de huidige scope en de keuze voor één systeem voor zowel infra als materieel is de keuze voor ERTMS level 2 only voldoende onderbouwd. De potentiële capaciteits- en snelheidsbaten die enkel met level 2 only (of hoger) gerealiseerd kunnen worden zijn voornamelijk aanwezig binnen de huidige baanvakselectie. Ook andere landen kiezen voor level 2 (only) en de huidige baanvakselectie beslaat de meeste belangrijke (goederen)corridors wordt de interoperabiliteit met Europa zo goed mogelijk ingericht. Level 2 only biedt momenteel de meeste mogelijkheid om te profiteren van toekomstige technologische ontwikkelingen, inclusief een mogelijke directe uitrol van level 3 hybride.

Wanneer de scope wijzigt - en dat is mogelijk in verband met een heroverweging van de baanvakselectie en uitrolvolgorde (zie vraag 'Welke selectie van baanvakken leidt tot optimale maatschappelijke baten?' en 'Wat is de optimale uitrolvolgorde van het aanpassen van de infrastructuur vanuit maatschappelijk perspectief?') – dient opnieuw beoordeeld te worden of level 2 only de optimale keuze is. Bij verdere uitrol van ERTMS op het Nederlands spoor (buiten de huidige twaalf baanvakken) dient per regio en eventueel per baanvak bepaald te worden of level 2 only ook de optimale keuze is. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat ERTMS level 1 een betere keuze is voor regionale baanvakken gezien de lagere investeringen en beperkte behoefte op die baanvakken aan (capaciteits-)baten.

⁴ Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte en de Lange Termijn Spoor Agenda

Level 2 dual signalling is geen geschikte tijdelijke oplossing voor de eerste baanvakken. Ten eerste wordt de risico beperkende waarde van dual signalling al grotendeels behaald door de introductie van een proefbaanvak (zie aanbeveling teststrategie), als daarvoor wordt gekozen. Ten tweede zorgt deze optie voor vertraging van het Programma omdat deze baanvakken opnieuw ontworpen dienen te worden op de combinatie ATB/ERTMS wat naar verwachting 2-3 jaar duurt. Ten derde brengt het additionele kosten omdat ATB opnieuw moet worden aangelegd. Naar verwachting wegen de besparingen van niet om te bouwen materieel hier niet tegenop. Tot slot ontstaat een grote kans op verlies van capaciteit doordat dient te worden voldaan aan zowel ATB als ERTMS regelgeving/procedures.

Gegeven de omvang van de kosten van ERTMS en de (technologische) ontwikkelingen in rail en andere modaliteiten is het noodzakelijk om expliciet(er) af te wegen hoe de verschillende opties voor (verdere) uitrol van ERTMS aansluiten bij de lange termijn visie op rail/mobiliteit in Nederland (onder andere de SVIR en LTSA).

Aanbeveling BCG

De keuze voor ERTMS level 2 only is op dit moment voldoende onderbouwd.

Na de programmabeslissing

Sorteer optimaal voor, voornamelijk in de aanbesteding, op toekomstige (hybride) level 3 technologie door zowel infra (RBC) als materieel (integriteit) te voorzien van de vereiste technologie voor zover beschikbaar (zie ook aanbeveling voor ACS). Bepaal daarnaast een lange termijn strategische visie op treinmaterieel/technologie in Nederland om toekomstige ERTMS keuzes (bijvoorbeeld uitrol ATO, updates van baseline, verdere uitrol van ERTMS in Nederland) daar op aan te laten sluiten. Deze visie zou moeten worden opgesteld vanuit de hele spoorsector.

5.2.2 Baseline keuze

Wat is momenteel de beste keuze voor de baseline en versie voor zowel infra als materieel vanuit maatschappelijk perspectief?

Bevindingen

De baseline en versie bevatten specificaties voor ERTMS. Momenteel zijn er twee baseline opties: baseline 2 en 3. Daarnaast bestaan binnen de baseline verschillende versies zoals 3.4.0 en 3.6.0 bij baseline 3. De baseline en versie dienen voor zowel infra als materieel te worden bepaald. Daarbij geldt dat het materieel altijd dezelfde of een recentere baseline vereist als de infra. De voornaamste consequentie hiervan is dat baseline 2 materieel niet interoperabel is met baseline 3 infra.

Baseline 3 kent enkele belangrijke voordelen ten opzichte van baseline 2 voor zowel infra als materieel. Ten eerste is baseline 3 betrouwbaarder doordat het ~400 bug fixes, verbeteringen en additionele functies bevat ten opzichte van baseline 2. Ten tweede is baseline 3 als Europese standaard vanaf 1 januari 2019 verplicht voor al het nieuw toe te laten (inter)nationaal materieel. Ten derde sluit baseline 3 beter aan bij het huidige marktaanbod. Leveranciers hebben een voorkeur voor de meer gestandaardiseerde baseline 3^{xii}. Tot slot biedt baseline 3 maximale inzetbaarheid voor materieel omdat de specificaties 'backwards compatible' zijn met eerdere baselines. Dit moet in de praktijk nog wel aangetoond worden.

De belangrijkste nadelen van baseline 3 ten opzichte van baseline 2 bestaan voor zowel infra als materieel uit de ontwikkelingsrisico's die gepaard gaat met de eerste uitrol van deze release. Daarnaast dienen de eigenaren van bestaand materieel met ERTMS baseline 2 opnieuw te investeren in een baseline 3-upgrade. Voor materieel zonder ETCS dient de eigenaar een keuze te maken tussen of investeren in ERTMS ombouw

of kiezen voor een beperktere inzet of verkoop. Dit treft voornamelijk internationaal goederenvervoer en een deel van het nationaal reizigersvervoer. Een deel van de upgrade en ombouwkosten kan worden gesubsidieerd door de CEF en een bijdrage van I&W.

Baseline 3 biedt de keuze tussen twee versies, 3.4.0 en 3.6.0. Versie 3.6.0 is recenter en betrouwbaarder dan 3.4.0 door bug fixes en verbeteringen en bevat daarnaast additionele functionaliteit zoals online key management en GPRS ondersteuning. Versie 3.6.0 heeft daardoor ook hogere kosten voor het materieel vergeleken met versie 3.4.0. De additionele kosten worden momenteel nader onderzocht door het Programma ERTMS⁵. Zowel infra als materieel met baseline 3.4.0 wordt de komende jaren uitgerold, terwijl de uitrol van Baseline 3.6.0 op dit moment nog in de ontwikkelingsfase zit.

Evaluatie BCG

De programmakeuze voor Baseline 3, versie 3.6.0 wordt in principe onderschreven, al kan de argumentatie waarom dit een betere keuze is dan versie 3.4.0 verder worden onderzocht. Hier wordt naar verwachting aan tegemoet gekomen door de lopende studie waarin de keuze voor versie 3.6.0 ten opzichte van 3.4.0 nader wordt onderbouwd. In deze studie worden ook de extra kosten, baten en risico's meegenomen voor alle stakeholders (goederen, reizigers, infra en ministerie).

In de aanbesteding dient zoveel mogelijk voorgesorteerd te worden op toekomstige updates. Daarbij is het essentieel dat de hardware zo min mogelijk aangepast hoeft te worden zodat het materieel niet uit bedrijf hoeft te worden genomen. Leveranciers moeten updates snel en periodiek kunnen testen op de combinatie van infra en materieel om fouten snel te kunnen herstellen.

Aanbeveling BCG

Geen noodzaak tot wijziging besluit.

Voorafgaand aan de programmabeslissing

Onderzoek in welke mate goederenvervoerders verder financieel ondersteund dienen te worden voor de kosten die zij moeten maken voor het (opnieuw) ombouwen van materieel. De argumentatie moet een goede analyse van het economisch nut van deze compensatie bevatten. Dit kan het beste worden meegenomen in een sectorbrede analyse van kosten en stimuleringsmaatregelen.

Na de programmabeslissing

Valideer of de testplanning voldoende rekening houdt met mogelijke vertraging door toelatingstesten en te verwachten 'kinderziektes' van een nieuwe technologie. Wanneer dit onvoldoende is opgenomen moet de planning worden herzien.

⁵ Studie van Programma ERTMS onder leiding van George Nagel (NS)

5.3 Keuze voor detectiesysteem

Wat is de optimale detectieoplossing bij invoering van ERTMS vanuit maatschappelijk perspectief?

Bevindingen

Treindetectie bepaalt of een gedeelte van een emplacement of vrije baan bezet is door een trein of niet. ATB EG gebruikt daarvoor ES-lassen, die nodig zijn om GRS Spoorstroomlopen te realiseren. Deze ES-lassen maken het mogelijk te bepalen of er een trein aanwezig is door het stroomverloop in het spoor te meten; wanneer deze onderbroken wordt door baan-treinverbinding weet het dat een sectie bezet is. De assenteller is een alternatieve vorm van treindetectie die geen gebruik maakt van spoorstroomlopen en daardoor geen baan-treinverbindingproblemen kent.

De vraag welk treindetectiesysteem, assentellers of ES-lassen, gebruikt moet worden is niet direct verbonden met de uitrol van ERTMS. ERTMS level 2 only vereist een vorm van baangebonden treindetectie. Dit kunnen zowel assentellers of ES-lassen zijn, beide zijn in principe geschikt. De uitrol van ERTMS biedt echter wel de mogelijkheid om over te stappen naar assentellers: bij ATB is dat niet mogelijk omdat het ATB systeem en het detectiesysteem in de infra technisch gecombineerd zijn. Wanneer voor ERTMS nieuwe infra wordt aangelegd wordt een groot deel van de reguliere kosten van aanleg of vervanging van treindetectie reeds gemaakt (voornamelijk graafwerk). De resterende kosten voor aanleg van assentellers en ES-lassen zijn vergelijkbaar omdat de aanschafwaarde van beide systemen ongeveer gelijk is.^{xiii} Bij één-op-één vervanging gaat deze logica slechts gedeeltelijk op; op de vrije baan zijn de vervangingskosten nog steeds ongeveer gelijk, op emplacementen zijn deze een factor vier duurder.^{xiv}

De huidige ES-lassen presteren steeds slechter doordat ze verouderd zijn en doordat de baan-treinverbinding slechter wordt door introductie van nieuw materieel (onder andere schijfremmen en minder remschommelingen) en monocultuur (één type trein per baanvak). Dit blijkt onder andere uit observaties van de verkeersleiding^{xv} en toelatingsresultaten voor nieuw VIRM materieel. Deze slechtere prestaties uiten zich in een toename van storingen en 'loss of shunt', de situatie waarin een trein zich op een baanvak bevindt maar niet gedetecteerd wordt. Loss of shunt heeft potentieel grote negatieve gevolgen voor de veiligheid. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat een baanvak met een niet gedetecteerde trein (loss of shunt) voor overig verkeer als vrij wordt aangemerkt, waardoor er een rijweg kan worden ingesteld naar een dergelijk bezet baanvak. Ook is het mogelijk dat hierdoor een overweg niet wordt geactiveerd waardoor een niet gedetecteerde trein deze kan passeren terwijl de lichten gedoofd zijn en de bomen open staan en het wegverkeer de overgang kan passeren.

Er bestaat nog geen behoefte ES-lassen per direct te vervangen omdat de omvang van de loss of shunt problematiek zich momenteel beperkt tot enkele seconden^{xvi}. Daarnaast beperkt de detectieproblematiek zich grotendeels tot de vrije baan en speelt het minder op en rond emplacementen. Deze problematiek wordt gemonitord en wanneer noodzakelijk worden aanpassingen aan infra en/of materieel verricht, zoals is gebeurd bij de uitrol van VIRM materieel. Een aantal slecht detecterende locs mag bijvoorbeeld niet zonder een of meerdere bakken rijden zodat er goed contact gemaakt wordt met de rails.

Assentellers vereisen geen baan-treinverbinding en zijn daardoor betrouwbaarder dan ES-lassen. Een nadeel van de assenteller vergeleken met de ES-las is dat het niet (direct) spoorstaafbreuken detecteert. Dit is echter oplosbaar met extra functionaliteit door spoorstaafbreuk op een andere wijze te detecteren. Daarnaast is de ervaring met aanleg en gebruik van assentellers in Nederland beperkt (in het buitenland is dit een gangbare vorm van detectie). De huidige assentellers op ATB NG baanvakken zijn niet vergelijkbaar met wat er gewenst is op de ATB EG baanvakken.

Het Programma stelt voor om de eerste twee ERTMS baanvakken uit te rusten met assentellers omdat deze naar verwachting beter presteren dan ES-lassen en de kosten voor aanleg vergelijkbaar zijn wanneer de volledige infra van een baanvak of emplacement integraal wordt vervangen. Vanwege de beperkte ervaring met assentellers in NL stelt het Programma voor om tijdens de uitrol van ERTMS op de eerste twee baanvakken de functionaliteit, baten en kosten van assentellers goed te analyseren voordat over wordt gegaan met verdere uitrol op vervolgvakken en eventueel emplacementen. Voor het Programma ERTMS zijn assentellers ook een risicobeheersingsmaatregel: het ombouwen wordt nu voor groot deel gedreven door wijzigen van ES-lassen. Als ERTMS beveiliging werkt op assentellers, dan hoeft dat niet en kan het sneller en betrouwbaarder worden omgebouwd. Ook kan er dan sneller worden terug gebouwd naar ATB voor het geval dat nodig zou zijn.

Evaluatie BCG

Er is voldoende onderbouwing om bij de uitrol van ERTMS te starten met de aanleg van assentellers. Ondanks dat het niet noodzakelijk is, vinden we het goed dat er op een kostenefficiënte manier wordt gekeken naar de aanleg van assentellers. Wanneer nieuwe treinbeveiliging wordt geplaatst of een ingrijpende herziening van de huidige treinbeveiliging plaats vindt, dienen assentellers aangelegd te worden omdat deze naar verwachting beter presteren dan ES-lassen (dit dient te worden bevestigd in de evaluatie van eerste baanvakken op functionaliteit, betrouwbaarheid, baten en kosten). De huidige problemen met ES-lassen zijn echter nog niet van zodanige omvang dat op korte termijn alle huidige ES-lassen vervangen dienen te worden door assentellers.

Aanbeveling BCG

Geen noodzaak tot ander besluit

5.4 Ombouwen van complexe emplacementen

Hoe ver zijn de oplossingen voor het ombouwen en operabel maken van ERTMS op de meest complexe plekken (Amsterdam CS en Utrecht CS) uitgewerkt?

Bevindingen

Er was tijdens dit onderzoek geen documentatie voor ons beschikbaar over het ombouwen van de grootste emplacementen zoals Amsterdam CS en Utrecht naar ERTMS.^{xvii} Onderzoek gedaan voor het project Doorstroom Station Utrecht (DSSU) laat zien dat er waarschijnlijk een (lange) gefaseerde overgang nodig is om op Utrecht over te gaan op ERTMS.^{xviii} De mogelijkheid voor het langdurig sluiten van Utrecht is destijds onderzocht, maar bleek niet mogelijk omdat er onvoldoende capaciteit is om alternatief vervoer te organiseren.^{xix} Op basis van dezelfde argumentatie is het ook niet mogelijk om Utrecht een paar dagen te sluiten, wat nodig zou zijn voor een snelle ombouw naar ERTMS. Hoewel er op Amsterdam CS minder treinen rijden is dit een nog complexere locatie vanuit het totale OV perspectief.^{xx}

Er zijn in Europa geen voorbeelden beschikbaar van ERTMS ombouw van complexe emplacementen. Nederland zal leergeld betalen, omdat er geen ervaring is waarvan kan worden geleerd.^{xxi} Amsterdam CS en Utrecht CS moeten wél worden omgebouwd om aan de EU verplichtingen te voldoen en om de blokverdichting als onderdeel van het PHS-programma te realiseren.

Er is een ERTMS/GSM-R verkeersanalyse uitgevoerd^{xxii} die laat zien dat er zelfs op de grootste emplacementen waarschijnlijk geen (radio)capaciteitsproblemen zullen ontstaan.^{xxiii} Omdat de Technical specifications for interoperability (TSI) pas in 2016 zijn vrijgegeven, is er nog geen GSM-R pilot uitgevoerd. Ondertussen zijn de werkzaamheden om een pilot uit te voeren gestart.^{xxiv}

Evaluatie BCG

De oplossingen voor het ombouwen en operabel maken van ERTMS op de meest complexe plekken is nog onvoldoende uitgewerkt om hierover een besluit de kunnen nemen. Het Programma zou dan een commitment aangaan richting I&W en de Tweede Kamer waarvan te veel onzeker is of die met de huidige technologie, maatregelen en acceptatiegraad wel oplosbaar is. De kosten van, en de overlast door, het ombouwen van grote emplacementen zoals Amsterdam CS en Utrecht zijn erg onzeker. Daarnaast is de impact op de kosten en baten van ERTMS slechts gedeeltelijk inzichtelijk als de ombouw van deze grote emplacementen niet of later gebeurt. Na het ombouwen biedt GSM-R theoretisch voldoende capaciteit om deze emplacementen te laten functioneren, het is verstandig dat dit nog met een pilot wordt bevestigd.

Aanbeveling BCG

Voorafgaand aan de programmabeslissing

Neem de keuze om de grote emplacementen om te bouwen niet op in de programmabeslissing, maar neem hier te zijner tijd een apart besluit over. Het loskoppelen van de ombouw van de grote emplacementen en de programmabeslissing creëert de optie om ze niet om te bouwen wanneer dit later onwenselijk blijkt.

Na de programmabeslissing

Werk de kosten, baten en impact van een aantal scenario's voor het wel/niet ombouwen van Amsterdam CS en Utrecht op hoofdlijnen uit. Deze inzichten helpen bij de beslissing omtrent de overige emplacementen. Houd de onderlinge afhankelijkheden met PHS hierbij goed in de gaten en maak de uiteindelijke keuze in overleg met het PHS-programma. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het opnemen van de optie om ATB beveiliging 'ERTMS ready' aan te leggen zodat hier bij het ombouwen van Amsterdam CS in 2023 gebruik van kan worden gemaakt. Zorg dat er voldoende ruimte zit in de nu voorliggende ACS om in dit soort situaties maatwerk te leveren.

5.5 Uitrol op Centraal Bediend Gebied en Niet Centraal Bediend Gebied

Wat is de noodzaak van en impact op het uitrollen van ERTMS op opstel- en rangeerterreinen?

Bevindingen

De noodzaak voor ERTMS op opstel- en rangeerterreinen verschilt tussen Centraal Bediend Gebied (CBG) en Niet Centraal Bediend Gebied (NCBG).

Centraal Bediend Gebied (CBG) kent een noodzaak voor ERTMS voor zowel opstel- als rangeerterreinen. Dit terrein is onderdeel van het regulier emplacement en neemt daardoor ook deel aan het verkeer. Om aan huidige veiligheidsniveaus te voldoen dient hier ERTMS te worden aangelegd. Uitrol van ERTMS op CBG heeft een negatieve impact op de opstelcapaciteit door vernieuwde veiligheidseisen. Deze veiligheidseisen zijn niet ERTMS-specifiek; ook bij vervanging van ATB door ATB ontstaat er minder opstelcapaciteit. In het ERTMS budget is wel rekening gehouden met compensatie voor mogelijk verloren opstelcapaciteit. Het is door de uitrol van ERTMS niet mogelijk om op een rangeerterrein geduwd te rangeren. De baliselezer zit onder de loc aan de voorkant van de trein; bij geduwd rangeren steken er wagons voor de loc uit, die mogelijk niet op dat deel van het spoor mogen komen, maar de loc weet dat pas als de balise wordt gepasseerd. Deze problematiek speelt ook in het buitenland en wordt momenteel samen met Europese partners uitgewerkt in nieuwe processen⁶. Tot slot hebben goederenvervoerders de wens geuit om een gedeelte van het CBG om te vormen tot NCBG zodat rangeermaterieel zonder ERTMS toegang heeft tot binnenkomend goederenmaterieel.

Er is geen directe noodzaak voor ERTMS op Niet Centraal Bediend Gebied (NCBG) voor zowel opstel- als rangeerterreinen. Dit terrein is bestemd voor vrij gebruik en er is daarom momenteel geen spoorbeveiliging (ATB) aanwezig. Aanleg van ERTMS op NCBG leidt tot verlies aan opstelcapaciteit en complexere processen (onder andere duwen). Daar staan potentiële veiligheidsbaten van circa €1 miljoen per jaar tegenover in heel Nederland, voornamelijk door preventie van schade aan materieel en infra^{xv}. Deze veiligheidsbaten kunnen gedeeltelijk ook op andere wijze dan door uitrol van ERTMS worden gerealiseerd, bijvoorbeeld door aanleg van beveiligde wissels. Daarnaast leidt uitrol van ERTMS tot additionele baten door betere locatiebepaling van goederenmaterieel met gevaarlijke stoffen. Een inschatting van de extra kosten voor aanleg ERTMS en extra opstelcapaciteit en kosten vanwege complexere operaties ontbreekt waardoor baten en kosten onvoldoende kunnen worden afgewogen.

Evaluatie BCG

Er is voldoende onderbouwing om ERTMS te implementeren op opstel- en rangeerterreinen onder Centraal Bediend Gebied (CBG). Er is onvoldoende onderbouwing om ERTMS ook te implementeren op opstel- en rangeerterreinen onder Niet Centraal Bediend Gebied (NCBG). Aanbevolen wordt om voor specifieke plekken verder te onderbouwen of uitrol van ERTMS op NCBG gewenst is. Het is goed dat wordt onderzocht hoe de negatieve impact op opstel- en rangeercapaciteit geminimaliseerd kan worden, onder andere door bij het opstellen van de ontwerpvoorschriften een expliciete afweging te maken tussen veiligheid, kosten en capaciteit (zie de paragraaf over afhankelijkheden met andere programma's). Potentiële impact kan in samenhang met het programma Behandelen & Opstellen worden gemitigeerd.

Aanbeveling BCG

Geen noodzaak tot wijzigen besluit.

⁶ Onder andere met Zwitserland, Denemarken en Frankrijk

5.6 Ombouwen van materieel

Wat is vanuit maatschappelijk perspectief de optimale aanpak voor ombouw van het materieel?

Bevindingen

Er zijn vier categorieën materieel die mogelijk uitgerust dienen te worden met ERTMS: Nationaal reizigers, goederenvervoer, regionaal reizigers, en speciaal (rangeer, opstel, aannemer, historisch). Wanneer materieel niet is uitgerust met ERTMS kan het niet rijden op ERTMS only baanvakken. Het internationaal reizigersvervoer is reeds, of wordt tijdig, uitgerust met ERTMS.

Het grootste deel van het goederen- en nationaal reizigersmaterieel vereist ERTMS omdat het rijdt op de voor ERTMS geselecteerde baanvakken. Een deel van dit materieel is op dit moment al uitgerust met ERTMS (echter niet altijd met de voorgestelde baseline) of faseert tijdig uit, tevens is een deel van het (binnenkort) beschikbare nationaal reizigersmaterieel uitgerust met ERTMS. Voor nationaal reizigersmaterieel geldt dat de SGM tijdig uit faseert. Mogelijk faseren ook de ICM en DDZ binnen enkele jaren voor of na de start van de uitrol van ERTMS uit waardoor NS gedurende een periode mogelijk in deelparken zal rijden. In dit stadium houdt de planning en het budget wel rekening met ombouw van de ICM en DDZ, dit is opgenomen in het materieel park plan (MPP).^{xxvi} De nieuwe SNG en ICNG zijn beide uitgerust met ERTMS (baseline 3, versie 3.4.0).

Voor al het resterende ERTMS materieel dient bepaald te worden of het een upgrade vereist naar Baseline 3. Voor alle categorieën materieel geldt dat ERTMS meer vrijheidsgraden biedt, bijvoorbeeld autonome toegang tot het rangeerterrein in Haarlem. Zonder ERTMS dient dit materieel geduwd te worden op ERTMS baanvakken.

Er zijn twee hoofdargumenten om het nationaal reizigersmaterieel (en rijdend personeel) grotendeels gereed te maken voor ERTMS. Ten eerste staat het een efficiëntere dienstregeling toe. Materieel en personeel kan het meest effectief worden aangewend wanneer het inzetbaar is in geheel Nederland. Ten tweede biedt het meer mogelijkheid tot be- en bijsturen. Bij verstoringen kan materieel het meest effectief worden omgeleid wanneer het inzetbaar is in geheel Nederland. De belangrijkste argumenten om niet al het reizigersmaterieel gereed te maken voor ERTMS, maar slechts een deel zijn lagere initiële kosten en het vergroot de kans dat het materieel tijdig gereed is voor de uitrol van ERTMS op infra.

Voor het grootste deel van het goederenmaterieel bestaat een noodzaak voor ERTMS (upgrade) omdat de goederencorridors grotendeels binnen de ERTMS baanvakselectie vallen. Goederenmaterieel met baseline 2 ERTMS vereist wel een upgrade naar baseline 3 (dat is al het goederenmaterieel dat reeds beschikt over ERTMS).

Voor regionaal reizigers- en speciaal materieel wordt de noodzaak tot ombouw bepaald door de geplande uitrol van ERTMS op regionale baanvakken, opstel- en rangeerterreinen en de historische baan. Er zijn twee argumenten om (een deel van) het regionaal reizigersmaterieel uit te rusten met ERTMS. De huidige ERTMS baanvakselectie beslaat emplacementen waar regionaal reizigersmaterieel gebruik van maakt. Daarnaast worden regionale baanvakken mogelijk uitgerust met ERTMS om aan de ATB NG vervangingsbehoefte te voldoen. Voor speciaal materieel geldt dat er niet is voorzien in uitrol van ERTMS op de opstel- en rangeerterreinen en historische baan waar zij (grotendeels) actief zijn. Er bestaat daardoor geen noodzaak dit materieel uit te rusten met ERTMS.

Er zijn een aantal argumenten om het nationaal en regionaal reizigersmaterieel met ERTMS uit te rusten vóór de infra. Ten eerste blijft de inzetbaarheid van materieel optimaal (voorkomt extra deelparken,

waardoor de speelruimte voor be- en bijsturing maximaal blijft). Ten tweede biedt het machinisten de mogelijkheid om geleidelijk over te stappen op ERTMS door eerst bekend te worden met de trein en daarna met de infra. Ten derde biedt het de mogelijkheid om de vervangingsnoodzaak van ATB NG baanvakken op te lossen door direct ERTMS uit te rollen. Wanneer wordt besloten om deze baanvakken uit te rusten met ERTMS is het noodzakelijk dat het regionaal materieel ERTMS aan boord heeft.

Daarnaast zijn er argumenten om het uitrusten van het nationaal reizigers- en goederenmaterieel met ERTMS niet te koppelen aan de uitrol van ERTMS op de infra. Ten eerste is er een risico dat de installatie van ERTMS niet in één keer goed gaat omdat de integratie van materieel en infra niet goed getest is. Hierdoor zou (een deel van) de materieelvloot opnieuw uit dienst moet worden genomen wat een stuk kostbaarder is dan het aanpassen van de centrale ERTMS infrastructuur. Ten tweede ontstaat er tijdsdruk op de ombouw van materieel en training van machinisten. De huidige planning voorziet hier in, maar bevat weinig speling. Tot slot ontstaat er meer ruimte in het huidige budget wanneer een deel van het materieel niet wordt uitgerust met ERTMS.

Evaluatie BCG

Er is voldoende onderbouwd dat het nationaal, regionaal en goederenmaterieel grotendeels en zo snel mogelijk gereed dient te worden gemaakt voor ERTMS.

Vooraf door de ambitie om geheel Nederland in de toekomst uit te rusten met ERTMS en de noodzaak om ATB NG op korte termijn te vervangen is het verstandig om naast het nationaal ook regionaal reizigersmaterieel grotendeels gereed te maken. Voor regionaal reizigersmaterieel dient deze eis opgenomen te worden in de (eerstvolgende) concessies. Het Programma ERTMS voorziet reeds in de ombouw van het nationaal reizigersmaterieel (NS). Het is daarbij wel van belang dat er in de stuurgroep ERTMS (NS, ProRail en Ministerie van I&W) tijdig een keuze gemaakt wordt over de noodzaak om de ICN en DDZ om te bouwen. Wanneer deze tijdig uitfaseren of tijdelijk in deelparken rijden kunnen kosten worden bespaard.

Goederencorridors vormen een belangrijk element van de ERTMS uitrolstrategie waardoor goederenmaterieel gereed dient te zijn voor ERTMS, baseline 3. Dit vereist bij de meeste goederenvervoerders een upgrade (zie aanbeveling bij baseline keuze). Enkel de goederenvervoerders die op niet-ERTMS baanvakken blijven rijden kunnen af zonder ERTMS, dit is echter een relatief klein aantal ten opzichte van het totaal aantal goederenlocs.

Gegeven de huidige timing van de uitrolvolgorde voor ERTMS infra is het noodzakelijk zo snel mogelijk te starten met het gereed maken van het materieel om toekomstige inzetbaarheid veilig te stellen. De afdeling NS Refurbishment & Overhaul (R&O) moet nog in diepte de haalbaarheid/ maakbaarheid van dit ombouwen onderzoeken en zich committeren aan de planning. Hierbij dient ook de mogelijkheid van uitbesteding te worden onderzocht.

De regionale vervoerders worden heel beperkt geraakt door de huidige selectie van baanvakken en worden op dit moment zeer beperkt meegenomen in de besluitvorming van het Programma ERTMS. Deze vervoerders hebben niet de diepe expertise en capaciteit die nodig is om de vaak uitgebreide en technische documentatie door te nemen. Hierdoor zijn zij onvoldoende op de hoogte van de impact van de uitrol van ERTMS op hun operatie en staan zij zeer kritisch tegenover de huidige beslissingen vanuit het Programma. De regionale vervoerders hebben een liaisonmanager en een plek in de Stuurgroep ERTMS, al worden die functies op dit moment onvoldoende benut om aansluiting te krijgen van deze groep.

De rentewinst die behaald kan worden op het uitstellen van het ombouwen van het NS materieel staat in geen verhouding tot de extra kosten die ontstaan door in deelparken te rijden. Uitstel van het ombouwen van een deel van het materieel heeft wel een positief effect op het beschikbare budget van Programma ERTMS. Andere redenen om ombouwen uit te stellen (naast materieel dat binnen enkele jaren uit-faseert en nu al niet wordt omgebouwd en meer budget voor baanvakken ombouwen) zijn risico op upgrades als materieel vroegtijdig is omgebouwd, en het feit dat er dan treinen zijn omgebouwd die nog lange tijd geen gebruik kunnen maken van de infrastructuur. Dit neemt echter niet weg dat op termijn het (grootste deel van het) materieel alsnog omgebouwd dient te worden om de huidige operatie niet te belemmeren.

Gegeven de beperkte geografische scope van speciaal materieel en de kosten voor ombouw is het niet noodzakelijk dit om te bouwen. Wanneer dit materieel naar een rangeerterrein moet, dient het geduwd te worden.

Aanbeveling BCG

Geen noodzaak tot wijzigen van het besluit; een groot deel van het materieel moet omgebouwd worden vóór de infrastructuur.

Voorafgaand aan de programmabeslissing

Maak expliciet de keuze, gebruik makend van de nieuwe planning, of het voldoende zin heeft om treinseries ICM en DDZ om te bouwen met ERTMS.

Betrek de regionale vervoerders intensiever bij besluitvorming over onderdelen die hun operatie zullen raken zoals (compensatie voor) het ombouwen van materieel en impact van ERTMS uitrol op de trajecten waarop zij rijden.

Stem de haalbaarheid van de planning en kosten van materieelombouw zeer expliciet af met (voornamelijk) NS R&O en mogelijk externe leveranciers.

Na de programmabeslissing

Neem ERTMS als voorwaarde op in eerstvolgende concessies voor regionale vervoerders, als er besloten wordt om daar ERTMS toe te passen.

5.7 Aanbesteding- en Contracteringstrategie

In welke mate voldoet de ACS aan haar doelen en wordt er rekening gehouden met de kenmerken van de markt?

Bevindingen

De belangrijkste strategische keuzes rond aanbesteding en contractering voor het Programma ERTMS worden besproken in het document *Aanbesteding- en Contracteringstrategie Programma ERTMS (ACS)* van het dossier programmabeslissing.^{xxvii} Grote keuzes zijn het gescheiden aanbesteden van infrastructuur en materieel, de opsplitsing van de aanbesteding van de infrastructuur in twee percelen en van het materieel in twee tot vier percelen. Er wordt in de ACS onvoldoende expliciet ingegaan op het faciliteren van mogelijke (technologische) updates door leveranciers tijdens de uitrol van ERTMS.^{xxviii} Ten slotte is ervoor gekozen om het Programma – in plaats van de markt – verantwoordelijk te maken voor de systeemintegratie van het Vervoersysteem en de Baan-treinintegratie.

De infrastructuur en het materieel worden gescheiden aanbesteed. Hiervoor is gekozen omdat gezamenlijke aanbesteding kan leiden tot onduidelijkheden tussen ProRail en de vervoerders.^{xxix} Daarnaast is een gecombineerd contract erg groot. Dit kan leiden tot extra risico's. Verder zijn er weinig partijen die excelleren in beide deelmarkten.^{xxx} Duitsland heeft er ook voor gekozen om infrastructuur en materieel gescheiden aan te besteden. De Duitse keuze werd gedreven door wettelijke eisen.^{xxxi}

De aanbesteding van de infrastructuur wordt opgesplitst in drie delen: Het ERTMS systeem, de infrastructuur en de configuratie. Het ERTMS systeem⁷ zal worden aanbesteed in een raamcontract met twee percelen gebaseerd op geografie. De ombouw van de infrastructuur zal worden aanbesteed bij verschillende spoor- en kabelaanneemers; het precieze aantal contracten wordt nog bepaald. Ten slotte zullen er vier contracten worden aangegaan met een pool⁸ van deelnemende erkende ingenieursbureaus voor globale uitwerking en detailontwerp van het systeem en wijzigingen aan de configuratie.^{xxxii}

De verdeling van de aanbesteding van het ERTMS systeem in twee percelen is gebaseerd op een marktscan die het Programma heeft laten uitvoeren in 2015. Die marktscan heeft deze strategie aanbevolen op basis van een vraag- en aanbodanalyse. Deze marktscan was niet gericht op het inschatten van de impact van het complexe systeemintegratievraagstuk door deze opsplitsing. Het voorkomen van *vendor lock-in* was een belangrijk argument voor de opsplitsing. Hiervoor bestaat volgens de marktconsultaties voldoende aanbod: In de consultatie kwamen vier geïnteresseerde en geschikte systeemleveranciers naar voren.^{xxxiii} Daarvan hebben er twee recentelijk een fusie met elkaar voorgenomen.^{xxxiv,xxxv} De afweging tussen één en twee ERTMS systeemleveranciers is gemaakt, gebaseerd op PHS-scenario uit de VKB. Sindsdien is de blik vergroot en heeft de Stuurgroep besloten dat de uiteindelijke landelijke uitrol ook in de afweging moet worden meegenomen.^{xxxvi} Volgens de Aanbestedingswet 2012 is de maximale termijn voor een raamovereenkomst acht jaar.^{xxxvii} Dit is onvoldoende tijd voor de lange termijn vervangingsopgave/landelijke uitrol. Dit impliceert dat het aanbesteden van de rest van de baanvakken kan leiden tot meer complexiteit met (een) extra leverancier(s). Op dit moment wordt er gewerkt aan het opnemen van de impact van deze veranderingen in de ACS. In het buitenland wordt er ook verschillend gedacht over de opsplitsing van de infrastructuur.

⁷ Bestaande uit de Radio Block Center (RBC), de interlocking (IXL) en de Object Controller (OC)

⁸ De omvang van het beschikbare erkende ERTMS-personeel van één van de vier ingenieursbureaus is te beperkt om aan de behoefte te kunnen voldoen. Uit de marktconsultatie is naar voren gekomen dat de vier ingenieursbureaus bereid zijn om in een 'pool' samen te werken.

Naast de aanbesteding van de infrastructuur bespreekt de ACS ook de aanbesteding van het materieel. Alle drie de besproken opties voor materieelaanbesteding gaan uit van een raamovereenkomst met twee tot vier percelen. Deze aanpak biedt flexibiliteit om in te spelen op de wensen van de verschillende vervoerders. Het aantal percelen is beperkt omdat de schaalvoordelen afvlakken rond 500 treinen per perceel, maar het effect van meerdere percelen op beheersbaarheid is niet expliciet meegenomen. De STM ATB-EG⁹ is afzonderlijk aanbesteed omdat slecht twee partijen dit kunnen doen. Hierdoor kunnen er vijf partijen meedingen in de grote raamovereenkomst.^{xxxviii}

De verantwoordelijkheid van leveranciers tijdens de uitrol voor updates op basis van technologische ontwikkelingen (e.g. Level 3, 5G) is een belangrijk strategisch uitgangspunt. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de recent gerealiseerde vertraging in Denemarken. Door problemen met de materieelleverancier omtrent de software loopt het Deense uitroltraject zeven jaar vertraging op.^{xxxix, xl} Het overkoepelend contracteringsplan infra (OCI) maakt een inventarisatie van toekomstige wijzigingen^{xli}, maar dit komt nog niet in voldoende mate terug in de ACS. Daarnaast wordt de keuze gemaakt om het Programma verantwoordelijk te maken voor systeemintegratie Vervoersysteem en Baan-treinintegratie.

Samenwerking met andere landen in contractering en het delen van ontwikkelkosten is overwogen door het Programma. De conclusie is getrokken dat dit in de praktijk lastig uitvoerbaar is, omdat elk land een specifieke technologische omgeving heeft. Er is wel een Europees samenwerkingsverband tussen ProRail en haar zusterorganisaties genaamd EULYNX.^{xlii} Dit verband speelt een rol in het zetten van standaarden en het voorkomen van *vendor lock-in*. De EU specificaties voor ERTMS beschrijven namelijk de interface tussen baan en trein, maar niet tussen andere componenten. Binnen EULYNX wordt er in Europese samenwerking een standaard specificaties ontwikkeld voor de interfaces tussen systeemcomponenten.

De ACS brengt de kenmerken van de markt in kaart en neemt deze mee in de uitwerking van haar strategie. Er wordt gekozen voor het tijdig uitvoeren van de aanbesteding om te voorkomen dat grote leveranciers zich reeds aan andere (buitenlandse) projecten hebben gecommitteerd ten tijde van de Nederlandse ERTMS uitrol. Daarbij richt de ACS zich niet actief op Chinese systeemleveranciers, omdat dit waarschijnlijk te veel risico voor vertragingen met zich mee brengt.^{xliii, xliv} De standaarden zijn in China anders en communicatie gaat minder makkelijk, waardoor er extra controle nodig is en de kans op fouten groter is. Ten slotte wordt er een pool aan ingenieursbureaus betrokken om door middel van *open engineering*¹⁰ de afhankelijkheid van de te contracteren systeemleveranciers (in de toekomst) te beperken.

Evaluatie BCG

De verbinding tussen de gekozen strategie en de doelen van de ACS (Doelmatigheid, Continuïteit, Toekomstbestendigheid en Integraliteit) is niet geëxpliciteerd. Nadere beschouwing laat zien dat de ACS slechts deels voldoet aan haar doelen. De kenmerken van de markt – de voorgenomen Alstom Siemens fusie uitgezonderd – zijn voldoende meegenomen. De gescheiden aanbesteding van infrastructuur en materieel is voldoende onderbouwd. Daarentegen ontbreken er nog drie belangrijke elementen in de onderbouwing van de keuze voor twee in plaats van één systeemleverancier(s). Hoewel splitsing voordelen biedt vanuit het perspectief van *vendor lock-in*, is het nadeel van de complexere systeemintegratie volgens ons onvoldoende meegenomen in deze afweging. Daarnaast moet de opname van de mogelijkheid tot landelijke uitrol en de voorgenomen fusie van twee belangrijke partijen in de markt integraal worden meegewogen in deze afweging. Alle voor- en nadelen van twee leveranciers – niet alleen de markt aspecten – moeten worden afgewogen tegen de voor- en nadelen van één leverancier. Ook voor de aanbesteding

⁹ Specific Transmission Module Automatische TreinBeïnvloeding – Eerste Generatie

¹⁰ Open engineering zorgt ervoor dat andere marktpartijen dan de betreffende ERTMS-leverancier (een deel) van de benodigde ontwerpwerkzaamheden kunnen uitvoeren.

van het materieel geldt dat bij de keuze voor meerdere percelen de impact op beheersbaarheid onvoldoende is meegenomen. De vraag omtrent de complexe systeemintegratie is extra relevant omdat het Programma van plan is zelf deze systeemintegratie te beheren. Het is niet duidelijk of met deze aanpak de markt optimaal wordt benut. Systeemintegratie volledig aan de markt overlaten zal lastig zijn, maar het Programma heeft hier zelf ook weinig ervaring mee. Vanuit het Programma ligt er een systeemintegratiestrategie^{xlv} voor, maar het is onvoldoende duidelijk hoe de competenties die hiervoor nodig zijn opgebouwd gaan worden.

De capaciteit van de markt in NL is beperkt. Waarschijnlijk zijn er maar vijf potentiële leveranciers voor het materieel, vier ingenieursbureaus die zijn goedgekeurd en slechts drie of vier potentiële systeemleveranciers voor de infrastructuur. Dit kan tot problemen leiden vanwege de ERTMS vraag uit het buitenland en de vraag uit Nederland voor andere projecten. Deze situatie is niet ideaal, maar de ACS speelt hier voldoende op in. De aanbesteding zal zo vroeg mogelijk plaatsvinden om leveranciers alvast vast te leggen en er is terecht niet voor gekozen om actief Chinese spelers te benaderen.

De wijze waarop op technologische ontwikkelingen (zoals hybride level 3) kan worden ingespeeld tijdens de uitrol van ERTMS is onvoldoende geborgd in de ACS. Dit is een belangrijk strategisch uitgangspunt dat op het hoogste niveau in de ACS moet worden geborgd. Ten slotte lijkt de keuze voor ondersteuning door ingenieursbureaus aantrekkelijk om *vendor lock-in* te beperken, maar is het onduidelijk wat de mogelijke meerkosten zijn van maatwerk op dit niveau ten opzichte van de geschaalde standaardoplossingen die een systeemleverancier kan bieden.

Aanbeveling BCG

Voorafgaand aan de programmabeslissing

Heroverweeg de keuze om infra op te splitsen in twee percelen. Doe nader onderzoek naar een scenario met één leverancier en zet dit af tegen het scenario met twee leveranciers voor de definitieve keuze. Laat daarbij het verschil in voordelen, nadelen en risico's – inclusief de impact op de maatschappelijke kosten en baten – tussen deze twee scenario's zo veel mogelijk kwantificeren. Maak ook voor de keuze om de retrofit van het materieel over twee tot vier percelen te verdelen een completere afweging, inclusief flexibiliteit, concurrentie en beheersbaarheid van de integratie. Een hypothetische combinatie van twee systeemleveranciers met vier materieelleveranciers doet het aantal integraties verachtvoudigen.

Het ideale uitgangspunt voor de aanbesteding en contractering van ERTMS is een landelijke lange-termijn visie voor het spoor. De functionele specificaties van alle wijzigingen aan het spoor zouden hier uit moeten volgen. Hoewel het waarschijnlijk te ambitieus is om de ACS in deze fase terug te laten grijpen op een dergelijke visie, kan het uitgangspunt van functionele specificaties gehandhaafd blijven. Maak van deze functionele specificaties gebruik in de ACS om te borgen dat leveranciers van de optimale techniek gebruik maken. Garandeer in de ACS flexibiliteit bij technologische ontwikkelingen – zoals de overgang naar hybride level 3 – en voorkom dat het Programma vast komt te zitten aan achterhaalde technologie. De lijst met verwachte ontwikkelingen in de OCI is hiervoor niet voldoende. Werk de incentivering in de ACS om leveranciers te stimuleren beter, sneller en goedkoper te gaan werken verder uit, zie hierover ook onze opmerkingen in de sectie kostenbeheersing. Wij verwachten dat er hierdoor in de ACS een aantal extra paragrafen toegevoegd dienen te worden.

Heroverweeg ten slotte de keuze voor de beheersing van de systeemintegratie van het Vervoersysteem en de Baan-treinintegratie vanuit Programma in plaats van de markt. Onderzoek hoe je de markt hierbij optimaal kan benutten. Beargumenteer welke onderdelen het beste binnen het Programma kunnen blijven en welke beter aan de markt overgelaten kunnen worden. Blijf openstaan voor de mogelijkheid om de systeemintegrator rol als perceel aan te besteden voor invulling door een marktpartij.

5.8 Test- en migratiestrategie

In welke mate sluit het geplande test- en migratieproces aan bij de strategische uitgangspunten "Mens Centraal", "Gezamenlijke besturing" en "Minimaliseren effect op Operatie"?

Bevindingen

De test- en migratiestrategie wordt in negen stappen beschreven in de rapporten *Integrale Teststrategie ERTMS*^{xlvi} en *Migratiestrategie*^{xlvii}. Belangrijke stappen in dit proces zijn het rijden op geharmoniseerde baanvakken, de Factory Acceptance Testen (FAT), tests in het Testlab, *shadow running* en een exploitatieve eindtest. Er is in deze strategie voor gekozen om geen proefbaanvak aan te leggen.

De integratie van de verschillende (sub)onderdelen wordt getest door middel van FAT. In de evaluatie van de Fyra wordt aanbevolen als aanbestedende partij actief betrokken te zijn bij de leverancierstesten.^{xlviii} Op deze manier is de aanbesteder goed op de hoogte van welke testen worden uitgevoerd en kunnen hier onderdelen aan worden toegevoegd.^{xlix} In de teststrategie wordt de betrokkenheid van verantwoordelijke partijen hierbij vrijgelaten.

Het Programma is voornemens om een Testlab te ontwikkelen en beheren waarin zowel technische als gebruiksprocessen worden getest.ⁱ Een voordeel van een Testlab is dat er minder testen buiten hoeven worden uitgevoerd en dat er meer verschillende tests mogelijk zijn. Het concept van het Testlab is verder uitgewerkt in het Voorstel tot Ontwerpbesluit (VTO) *Inrichten en beheren van een Testlab voor Integratie en Validatie*. In de VTO wordt niet ingegaan op de verantwoordelijkheid voor het beheer van het Testlab. In Zwitserland is er ook een Testlab ontwikkeld – beheerd door de systeemleveranciers – om materieelleveranciers in staat te stellen hun producten te testen.ⁱⁱ

Vervolgens wordt de trein-baanintegratie vanuit zowel technisch- als gebruikersperspectief uitgebreid getest door middel van *shadow running*.¹¹ Dit wordt gecombineerd met een parallel-bedrijf waarin testtreinen rijden onder bewaking van ERTMS, maar de rijwegen vanuit het ATB systeem worden ingesteld.ⁱⁱⁱ Deze testfase staat niet meer opgeschreven in de huidige versie van de teststrategie, maar zal nog steeds worden uitgevoerd en werd wel beschreven in eerdere conceptdocumenten.ⁱⁱⁱⁱ Het is onduidelijk waarom deze uitwerking in de laatste versie ontbreekt. Het testproces wordt afgesloten met een exploitatieve eindtest van een week. Het uitgangspunt is dat alle fouten zijn opgelost vóór deze eindtest. Er is niet gekozen voor het gebruik van een proefbaanvak, in tegenstelling tot de aanbeveling vanuit de evaluatie van de Fyra om een uitgebreid Integraal Proefbedrijf te houden om technische en operationele problemen op te lossen.^{lv} Dit is gebaseerd op de overtuiging dat de combinatie van nu voorgenomen testen een voldoende uitbreiding is om de destijds waargenomen risico's te borgen.

De Beslismemo *Klanthinder (concept)* constateert dat er in de programmabeslissing te weinig aandacht is voor klanthinder die wordt veroorzaakt door migratiestappen.^{lv} Hierdoor lijkt er op dit moment een (te) beperkt beeld te bestaan van de impact van de overgang naar ERTMS op bijvoorbeeld de vervoerders, maar hier wordt op dit moment actief aan gewerkt. Dit memo stelt dat een procesvoorstel in de maak is.

Evaluatie BCG

Het geplande test- en migratieproces kan nog beter aansluiten bij de uitgangspunten *Mens Centraal* en *Minimaliseren effect op Operatie*. Dit komt in het bijzonder door de keuze om geen proefbaanvak aan te leggen. Onder proefbaanvak verstaan we hier een volledig operationeel baanvak dat voor een lange tijd

¹¹ Shadow running: rijden op spoor dat is voorzien van ERTMS, zonder afhankelijk te zijn van ERTMS (trein rijdt nog op ATB). Hiermee kan de ERTMS trein-baan integratie worden getest.

gebruikt kan worden voor technische en operationele testen, voordat de gekozen technologie (level 2 baseline 3) op andere baanvakken is uitgerold. Dit is naar ons inzien een risicovolle keuze is. Hoewel gebruikersprocessen kunnen worden getest met de voorgenomen aanpak, is het onzeker of dit voldoende is. Ervaring uit het verleden leert dat zelfs na succesvol testen de praktijk integratieproblemen kan vertonen. Bij zowel de HSL als de Betuweroute werkten materieel en infrastructuur in eerste instantie niet goed samen, ondanks aansluitende ERTMS specificaties. Een uitgebreider integraal proefbedrijf (IPB) met een volledige dienstregeling op een proefbaanvak kan fouten in de mens-techniek interactie fors beperken en zorgt voor meer vertrouwen van de betrokken partijen. Daarmee wordt de aansluiting op het uitgangspunt *Mens Centraal* vergroot. Daarnaast is het onzeker of de gekozen aanpak de technische risico's voldoende minimaliseert. Een proefbaanvak kan daarmee ook bijdragen aan de doelstelling: *Minimaliseren effect op Operatie*. Ten slotte is het op dit moment onduidelijk of een exploitatieve eindtest van een week mogelijk is op de eerste geplande baanvakken.

Het test- en migratieproces geeft een goed beeld van de strategie op hoofdlijnen, maar is nog onvoldoende gedetailleerd uitgewerkt om concreet iets te zeggen over wat, wanneer, waar, op welke manier wordt getest. Daarbij ontbreken belangrijke onderdelen zoals FAT en het parallel-bedrijf in de definitieve versie van de teststrategie, terwijl deze wel werden beschreven in een eerdere versie. Het is onduidelijk waarom dit zo is. Het is hierdoor niet mogelijk om de geplande teststrategie verder inhoudelijk te beoordelen. Het beeld van de impact van het test- en migratieproces op de planning en het budget is hierdoor ook niet volledig. De huidige uitwerking wekt wel de indruk dat de betrokkenheid van de aanbestedende partij bij FAT zeer minimaal en vrijblijvend is meegenomen. Dit strookt niet met de aanbevelingen van de Fyra evaluatie. Ook de verantwoordelijkheid voor het beheer van het Testlab is onvoldoende uitgewerkt. Het Programma lijkt voornemens het beheer zelf te doen, maar een scenario waarin de leverancier het beheer doet (zoals in Zwitserland) wordt (nog) niet overwogen.

Aanbeveling BCG

Voorafgaand aan de programmabeslissing

Heroverweeg de keuze om geen proefbaanvak aan te leggen. Een proefbaanvak kan het risico op vertraging en extra kosten in de toekomst aanzienlijk beperken. Als ervoor wordt gekozen om wél een proefbaanvak aan te leggen kan de locatie van het proefbaanvak worden bepaald in samenspraak met (goederen) vervoerders, ProRail en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de kosten en baten van een proefbaanvak. Denk hierbij ook aan de vertraging die het Programma oploopt door te beginnen met een proefbaanvak, de impact van het gekozen baanvak op de huidige spooroperatie en de mogelijkheid om voldoende te leren van de tests. Laat onder andere de NS en goederenvervoerders specificeren welke testen op het proefbaanvak nodig zijn en waarom dat zo is.

Onderbouw de keuze om het Testlab zelf te beheren verder. Er zijn in het buitenland voorbeelden waar dit (deels) aan de markt wordt overgelaten. Wij raden aan om verder uit te werken waarom daar in Nederland niet voor wordt gekozen.

Na de programmabeslissing

Werk de invulling van de belangrijkste testonderdelen – zoals de leverancierstests, het testlab en het Integraal Proefbedrijf – verder uit, zodat de impact op de planning en het budget beter kan worden bepaald. Verzeker bij deze uitwerking de betrokkenheid van de aanbestedende partij bij de FAT conform de Fyra aanbeveling.

5.9 Uitrolstrategie: baanvakselectie en uitrolvolgorde

Welke selectie van baanvakken leidt tot optimale maatschappelijke baten en wat is de optimale uitrolvolgorde van het aanpassen van de infrastructuur vanuit maatschappelijk perspectief?

Bevindingen

De baanvakselectie en uitrolvolgorde zijn gebaseerd op drie leidende *principes*: Voorkom transities tussen ERTMS en ATB waar mogelijk ('inktvlekstrategie'), start met twee baanvakken (huidige uitkomst van de ACS) en PHS-implementatie gaat voor (treft enkel timing, niet scope)^{vi}.

Binnen de beperkte ruimte die deze principes overlaten zijn de baanvakselectie en uitrolvolgorde gebaseerd op een afweging van een aantal *criteria*: Baten/kosten, veiligheidswinst/kosten, vermeden vervangingskosten in ATB per geïnvesteerde Euro en voordeel voor internationaal treinverkeer. Daarnaast wordt ook groot belang gehecht aan het voldoen aan Europese verplichtingen^{vii}. Deze criteria overlappen deels, zo valt bijvoorbeeld de 'veiligheidswinst' ook onder de bredere noemer 'baten' en worden vervangingskosten zowel in 'kosten' als in aparte categorie 'vermeden vervangingskosten' meegenomen.

De gehanteerde principes beperken de ruimte voor criteria om nog bepalend te kunnen zijn. De combinatie 'start met twee baanvakken' en 'voorkom transities' bepalen grotendeels de uitrolvolgorde. De criteria (baten, kosten, etc.) worden enkel gebruikt om te kiezen tussen mogelijke aangrenzende baanvakken in de uitrollogica.

Evaluatie BCG

Er is voldoende aanleiding om een aantal van de *principes* te posterioriteren of los te laten. Daarnaast is er beter zicht op de invulling van een aantal *criteria*. Dit leidt ertoe dat de huidige selectie van baanvakken en uitrolvolgorde mogelijk niet meer de optimale is. Tevens is mogelijk een heroverweging van de startbaanvakken noodzakelijk. Dit wordt nader besproken in het hoofdstuk teststrategie.

Een aantal *principes* kan mogelijk worden gedeprioriteerd of volledig worden losgelaten. Ten eerste is, ondanks dat de nadelen van transities duidelijk zijn aangetoond^{viii}, onvoldoende onderbouwd waarom deze nadelen zwaarder dienen te wegen dan *criteria* zoals baten en kosten. Wanneer transities op geschikte locaties worden geplaatst en het aantal transities wordt beperkt lijkt de negatieve impact beperkt. Ten tweede kan de potentiële heroverweging van de ACS (zie aanbeveling ACS) tot een keuze voor niet twee maar één leverancier leiden waardoor de noodzaak voor twee startbaanvakken mogelijk vervalt. Als er daarnaast vanuit de heroverweging van de test- en migratiestrategie wordt gekozen voor een proefbaanvak, gaat deze vóór de huidige twee baanvakken. Tot slot is er lokale optimalisatie mogelijk vanwege ontwikkelingen waardoor bijvoorbeeld rond Weesp en Amsterdam ERTMS uitgerold kan worden vóór PHS.

Er is nieuw zicht op de invulling van een aantal *criteria* (baten, kosten, etc. per baanvak) sinds het opstellen van de baanvakselectie en uitrolvolgorde waardoor een heroverweging mogelijk tot andere uitkomsten leidt. De belangrijkste wijzigingen bestaan uit nieuwe inzichten ten aanzien van de vervangingsbehoefte en daardoor te realiseren kostenbesparingen¹² en de onzekerheid over de te behalen baten van ERTMS.

Het is onoverkomelijk dat omstandigheden wijzigen over tijd maar dat is geen reden om nieuwe informatie die tot een andere uitkomst qua volgorde kan leiden, niet te overwegen zolang het besluitvorming nog kan beïnvloeden.

¹² Momenteel wordt deze in opdracht van Programma ERTMS door PWC doorgerekend

Aanbeveling BCG

Voorafgaand aan de programmabeslissing

Voer een (korte) studie uit om de potentiële impact van een heroverweging van de baanvakselectie en uitrolvolgorde te bepalen, hiervoor is voldoende aanleiding gegeven de nieuwe inzichten in principes en criteria. Tegelijkertijd is het waarschijnlijk dat een groot deel van de huidige baanvakselectie en uitrolvolgorde in stand blijft. Gegeven de doelstelling om de Europese verplichte corridors te voorzien van ERTMS blijven baanvakken Kijfhoek-Roosendaal, Amsterdam-Meteren en de Brabantroute in scope. Vanwege de grote vertraging die dit zou betekenen voor het Programma staat de keuze voor de eerste twee startbaanvakken alleen ter discussie als er een proefbaanvak wordt toegevoegd (dan zijn dit baanvakken twee en drie) of het aantal leveranciers verandert. De discussie rondom heroverwegen van baanvakselectie dient volledig binnen het huidige budget te gebeuren.

Wanneer de potentiële baten van een alternatieve baanvakselectie en uitrolvolgorde materieel blijken is heroverweging een logische volgende stap. Er moet dan nadrukkelijk een afweging worden gemaakt of de mogelijk positieve impact opweegt tegen mogelijke vertraging van het Programma. Bij deze afweging dient expliciet rekening te worden gehouden met de volgende ontwikkelingen:

- De uitkomsten van de heroverweging van de ACS ten aanzien van het aantal leveranciers meenemen.
- De uitkomsten van de heroverweging van de test- en migratiestrategie ten aanzien van het proefbaanvak meenemen. Het gewicht dat aan de negatieve gevolgen van transitie wordt toegekend heroverwegen.
- De criteria voor baanvakselectie wederzijds uitsluitend maken (zowel voor baten als voor kosten) zodat deze niet meer overlappen.
- De laatste inzichten in (vervangings)kosten en baten per baanvak¹³ meenemen.
- De baten van reeds gemaakte investeringen in de planning en uitwerking van de huidige twee startbaanvakken meenemen.
- Het principe 'PHS vóór ERTMS' per baanvak bekijken, in plaats van integraal beoordelen.
- De belangen van NS nog beter meenemen, bijvoorbeeld door baanvakken die momenteel al uitgerust zijn met ERTMS zoals de HSL en Amsterdam-Utrecht mee te nemen.
- De belangen van goederenvervoerders (nog) beter meenemen, zoals meenemen van Rotterdam en/ of route Bentheim in de huidige scope.

Daarnaast adviseren wij, mocht deze heroverweging plaats vinden, de criteria objectief af te wegen. Dat wil zeggen kosten en baten verrekenen tegen contante waarde, rekening houdend met de kans dat deze zich verwezenlijken. Een besparing die op korte termijn met grote zekerheid behaald kan worden, bijvoorbeeld door preventie van ATB door ATB vervanging, levert in contante waarde mogelijk meer op dan onzekere baten die ver in de toekomst gerealiseerd worden.

Ten slotte adviseren wij om de twaalf baanvakken die uiteindelijk in de programmabeslissing worden opgenomen regelmatig te evalueren, samen met de leverancier(s) en andere stakeholders. Op basis hiervan kunnen dan kleine wijzigingen worden gemaakt. Bijvoorbeeld het vervangen van één van de eerste twaalfbaanvakken door een ander baanvak dat door nieuwe inzichten veel aantrekkelijker is geworden of een aanpassing op de volgorde van de nog uit te rollen baanvakken.

¹³ Onderzoek PWC naar vervangingsnoodzaak in opdracht van Programma ERTMS

5.10 Update MKBA

Hoe zijn de uitgangspunten en uitkomsten van de MKBA veranderd en is er inzicht in de kosten en baten van de varianten die op dit moment spelen?

Bevindingen: Documentatie

In 2014 is een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) opgesteld ter ondersteuning van de toen voorliggende voorkeursbeslissing. In deze MKBA werden de maatschappelijke kosten en baten van drie eindbeelden en drie migratiepaden vergeleken.^{lix} Een MKBA wordt normaal gesproken alleen gebruikt voor nut/noodzaak discussies en om alternatieven tegen elkaar af te wegen, daarom is de MKBA sinds de voorkeursbeslissing – zoals gebruikelijk bij MIRT projecten – niet bijgehouden.^{lx}

Er is wel de keuze gemaakt om baten die direct aan de programmadoelen zijn gerelateerd bij te houden in een monitoringskader.^{lxi} Daarnaast worden de investeringskosten door het ERTMS Programma bijgehouden in een kostenrapport.^{lxii} De ontwikkeling van overige kosten en baten (bijvoorbeeld kosten buiten het Programma, indirecte maatschappelijke effecten) wordt niet gerapporteerd.^{lxiii} Ten opzichte van de MKBA uit 2014 is de huidige scope van het Programma gehalveerd^{14, lxiv} door de TEN-T 2030 lijnen los te laten en slechts een deel van de PHS lijnen met ERTMS te voorzien.^{lxv} Uitgangspunten zoals de macro-economische scenario's, tijdlijnen en discontovoet zijn ook aanzienlijk veranderd.^{lxvi} De verschillen in maatschappelijke kosten/baten voor de varianten die nu spelen (ERTMS L2, hybride L3 of L3) zijn niet inzichtelijk.

Bevindingen: Ontwikkeling kosten en baten

Onze ruwe inschatting is dat zowel de maatschappelijke kosten als de maatschappelijke baten zijn afgenomen met ongeveer één derde.^{lxvii} De verandering in baten wordt vooral gedreven door de scopeverandering^{lxviii}, waarbij gekozen is om de baanvakken met de hoogste baten te behouden. De maatschappelijke kosten zijn door de scopeverandering veel sterker afgenomen, tot de helft. Alleen zijn de kosten vervolgens weer met één derde toegenomen door nieuwe ontwikkelingen (bijvoorbeeld verdere invulling van de kosten, nieuwe voorstellen tot ontwerpbesluit (VTO's) en het opnemen van de inpassingvraag en ontwerpsschuld).^{lxix} Ten slotte heffen de effecten van een lagere discontovoet en later gerealiseerde maatschappelijke baten elkaar ongeveer op. De Netto Contante Waarde van de in de toekomst liggende baten gaan omhoog door de lagere discontovoet, maar de tijd tussen de realisatie van de kosten en de baten wordt groter door een langzamere uitrol.^{lxx}

Naast de daling van de maatschappelijke baten door de verkleining van de scope, zijn de baten ook veranderd door nieuwe ontwikkelingen en inzichten. De snelheids- en capaciteitsbaten dalen door een lagere impact van ERTMS op de rijnsnelheid dan oorspronkelijk was verwacht en doordat er minder 160km/uur baanvakken worden gerealiseerd in de huidige scope van €2,4 mrd. De veiligheidsbaten van het ERTMS Programma dalen ook omdat de spoorveiligheid buiten het ERTMS Programma om al meer wordt verbeterd dan verwacht. De totale veiligheid gaat dus wel omhoog, maar ERTMS maakt een minder groot verschil dan gedacht. De betrouwbaarheidsbaten gaan ondanks de scopeverkleining omhoog omdat de reizigersverliesuren in de referentiesituatie werden onderschat in 2014, dus er is nu meer te winnen. Ook de interoperabiliteitsbaten gaan – ondanks de kleinere scope – omhoog door een zwaardere focus op internationaal goederenvervoer in de selectie van baanvakken na het loslaten van de TEN-T¹⁵ 2030 logica. Het is bij al deze maatschappelijk-economische baten belangrijk om op te merken dat er voor de

¹⁴ Hoewel erg ten tijde van het PHS-scenario niet over baanvakken werd gesproken zou de scopeverandering kunnen worden uitgedrukt als een verkleining van 24 naar 12 baanvakken. Uitgedrukt in kilometers spoor wordt er nog ~53% van ERTMS voorzien.

¹⁵ Trans-European Transport Network

kwantificering veel aannames nodig zijn, de daadwerkelijke impact blijft voor dit soort analyses altijd onzeker.

Na de daling van de maatschappelijke kosten door de verkleining van de scope, zijn de geschatte investeringskosten voor infrastructuur en materieel aanzienlijk toegenomen. De helft van deze toename geldt ook voor het nul-scenario¹⁶, zoals aanleg conform de OVS-eisen en de bijbehorende compensatie voor het verlies van opstelcapaciteit. Dit type kostenstijging heeft geen impact op de maatschappelijke business case, omdat deze ten opzichte van het nul-scenario wordt geïjkt. Andere kosten, zoals de hogere PEAT-kosten¹⁷ door verlaging van de ingeschatte schaalvoordelen en de hogere programmakosten drukken wel op de maatschappelijke business case. Daarnaast worden er minder vervangingskosten en investeringskosten vermeden dan oorspronkelijk gedacht. Bijvoorbeeld, slecht twee derde van de geselecteerde ERTMS baanvakken heeft een vervangingsbehoefte, niet alle, zoals oorspronkelijk gedacht.

Evaluatie BCG

Er is terecht voor gekozen om geen nieuwe maatschappelijke kosten-batenanalyse op te stellen voor de programmabeslissing. Een nieuwe MKBA zou kunnen helpen bij het onderbouwen van keuze ERTMS Level 2 ten opzichte van (hybride) Level 3, maar de baten spelen een minder belangrijke rol in de ERTMS afweging dan ten tijde van de VKB, daarom is het onwaarschijnlijk dat het resultaat van een nieuwe MKBA de conclusie over gemaakte technologiekeuzes zal veranderen. Het opstellen van een nieuwe MKBA vereist veel tijd en werk en dat is op dit moment niet de moeite waard.

De maatschappelijk-economische baten uit de MKBA zijn een stuk minder concreet en zeker dan de kosten, hierom kan een nadruk op het besparen van kosten de voorkeur verdienen. Er moeten veel aannames worden gedaan om bijvoorbeeld de snelheids- en capaciteitsbaten en betrouwbaarheidsbaten van het nieuwe ERTMS systeem op de gekozen baanvakken te bepalen. De economische waarde van een vermeden verwonding of een bespaard uur is per definitie een inschatting. Daarnaast maakt de onduidelijkheid over de kosten/baten van het ombouwen van grote emplacementen de MKBA onzekerder.

Aanbeveling BCG

Na de programmabeslissing

Er is geen noodzaak om een nieuwe maatschappelijke kosten-batenanalyse op te stellen, maar expliciteer de onzekerheid in aannames omtrent baten en de daling van de baten ten opzichte van de voorkeursbeslissing. Hiermee kan worden geborgd dat er geen keuzes worden gemaakt op basis van wensdenken.

¹⁶ In het nul-scenario wordt ERTMS zo minimalistisch mogelijk uitgerold.

¹⁷ Projectmanagement-, Engineering-, Administratie- en Ontwerpkosten voor uitrol ERTMS baanvakken

5.11 Kostenbeheersing

Wat zijn de belangrijkste keuzes die de kostenstijging van het ERTMS Programma verklaren?

Bevindingen

In 2014 is in de voorkeursbeslissing het PHS-scenario geselecteerd op basis van de maatschappelijke kosten-batenanalyse. De kosten van dit scenario werden destijds geraamd op €3,6 miljard^{lxxi}, maar in diezelfde beslissing werd slechts €2,3 miljard¹⁸ beschikbaar gesteld.^{lxxii} Daarom werd de scope aangepast zodat deze aansloot op het gestelde budget. Deze verkleinde scope vormt het uitgangspunt van het zogenaamde VKB-250 scenario. Sindsdien zijn de geraamde kosten meerdere malen bijgesteld op basis van nieuwe eisen, inzichten en een verder veranderde scope.^{lxxiii} Resultaat is dat de huidige kosteninschatting ruim boven het VKB-250 scenario ligt, waardoor gezocht wordt naar kostenverlagingen om zoveel mogelijk baanvakken uit te rollen binnen het gestelde budget. Deze stijging van kosten geldt zowel voor de programmakosten als voor de materieel-, infrastructuur- en additionele onderhoudskosten.^{lxxiv}

Het Kostenrapport ERTMS van mei 2017 geeft een overzicht van de kostenontwikkeling ten opzichte van het VKB-250 scenario.^{lxxv} Sindsdien is het kostenoverzicht ERTMS een levend document dat regelmatig wordt bijgesteld wanneer er besluiten worden genomen of nieuwe inzichten ontstaan. Ondanks deze rapportage bestaat er op dit moment geen volledige bottom-up onderbouwing van de kosten en de verandering hiervan sinds de voorkeursbeslissing. Er wordt op dit moment gewerkt aan een kostenbeheersingsproces om te gebruiken tijdens de uitvoeringsfase.

De gebudgetteerde programmakosten¹⁹ zijn sterk toegenomen ten opzichte van VKB-250. Op basis van een interne bottom-up uitwerking van de programmakosten kan deze stijging worden verklaard.^{lxxvi} De uitwerking laat zien dat de oorspronkelijke inschatting dat de programmakosten 9.5% van het totale projectkosten bedragen, een onderschatting was. Ook zijn de programmakosten licht toegenomen doordat het MIRT budget is verlengd van 2028 naar 2030. Van het huidige programmabudget van €372 mln. zal in 2018 reeds plm. €100 mln. zijn uitgegeven.

De materieelkosten zijn ook sterk toegenomen. De belangrijkste drijver hiervan is een toename in de materieel overstijgende²⁰ kosten.^{lxxvii} Deze kosten zijn toegenomen als gevolg van een toename van ICT- en opleidingskosten en het toerekenen van een deel van de testlabkosten. Een tweede belangrijke oorzaak vormt de detaillering van de risico-opslag op basis van de zogenaamde Standaardsystematiek voor Kostenramingen. Als resultaat van deze uitwerking is de risico-opslag fors naar boven bijgesteld.

De directe kosten voor de ombouw van het materieel zijn netto ongeveer constant gebleven, maar onderliggend zijn een flink aantal wijzigingen opgetreden. De belangrijkste wijziging is dat geen er BTW in rekening wordt gebracht door de vervoerders, wat tot minder uitgaven zal leiden.²¹ Daarnaast worden treinen met hoge kosten en lage baten van ERTMS – zoals historische treinen – niet langer omgebouwd. Verder is de inschatting van sommige kostenposten – op basis van inzichten uit Denemarken – naar beneden bijgesteld. Deze drie effecten samen zorgen voor een forse reductie op de post materieelkosten.

¹⁸ Officieel destijds 2,6 mld. In juni 2016 is 250 mln. eraf gehaald voor Schiphol (zie brief 21 juni 2016). Later is dit door indexatie en subsidie weer 2,4 mld. geworden.

¹⁹ Onder Programmakosten worden de kosten geschaard, die nodig zijn voor de aansturing van het programma, beheersing en activiteiten op vervoersysteemniveau zoals systeemintegratie en ketenbeheer (inclusief de bijbehorende risico-opslag).

²⁰ Zoals opleiding en ICT

²¹ Dit geldt ook voor de materieel overstijgende kosten en de risico-opslag, maar hier is het absolute effect een stuk kleiner.

Daartegenover staat een uitbreiding van het materieel dat wordt omgebouwd, zoals de opname van 300 extra locomotieven van goederen- en leasemaatschappijen als onderdeel van een CEF call plus de opname van de locomotieven die een upgrade van baseline 2 naar 3 nodig hebben. Ook zijn er investeringen voor extra functionele eisen (zogenaamde VTO's: Voorstellen tot Ontwerpbesluit) ten opzichte van VKB-250 opgenomen, waaronder een *Train Integrity Monitor*, *Automatic Data Entry* en *Cold Movement Detection*. De kostenverlagende en –opdrijvende effecten op de kosten voor ombouw van materieel middelen elkaar ongeveer uit.

Hoewel de totale materieelkosten sterk zijn toegenomen, zullen de kosten voor het Programma ERTMS afnemen. Dit komt doordat de kosten voor de 300 extra locomotieven deels gefinancierd kunnen worden als onderdeel van een Connecting Europe Facility (CEF) call van de Europese Unie. Daardoor betaalt het Programma €15mln; de rest is voor rekening van CEF en de vervoerders.²² Ook een deel van de ombouw van de rest van het goederenmaterieel²³ zal door de vervoerders worden betaald.^{lxxviii}

De belangrijkste oorzaak van de toename in de infrastructuurkosten is de opname van assentellers, maar specifiek deze kosten vallen buiten het Programma ERTMS en zijn voor rekening van ProRail.^{lxxix} Een andere belangrijke drijver achter deze kostenstijging, die wel binnen het Programma valt, is een toename in de baanvak overstijgende kosten als gevolg van onder andere het inrichten van gezamenlijke testfaciliteiten, de harmonisatie van de bestaande ERTMS baanvakken en een uitgebreidere ICT scope. Een volgende belangrijke oorzaak is het opnemen van inpassingskosten en de zogenaamde ontwerpschuld in de Programmabegroting. Deze kosten worden gemaakt als gevolg van nieuwe en historische aanpassingen aan de ontwerpvoorschriften. Dit omvat compensatie voor ingeleverde opstelcapaciteit voor goederen- en reizigersvervoer en enkele aanpassingen in de sporenlay-out.

Ten slotte zijn de PEAT-kosten gestegen door een verlaging van de ingeschatte schaalvoordelen in zowel tijd als omvang bij de huidige uitrol ten opzichte van een volledige landelijke uitrol. Deze stijging wordt versterkt door de keuze om het relatief kostbare ProRail kernproces²⁴ voor elk baanvak afzonderlijk te doorlopen.

De additionele beheers- & onderhoudskosten als gevolg van de aanleg van ERTMS zijn ook licht toegenomen, maar de belangrijkste verandering hier is dat de financiering vooralsnog is opgenomen in het Programma ERTMS, terwijl deze in de VKB-250 vanuit de BOV-reeksen²⁵ voor het spoor werden gefinancierd.^{lxxx}

Evaluatie BCG

Kort na de VKB zijn veel kosten geschat op basis van beperkte inzichten. Inmiddels is het inzicht in verschillen kostenposten verscherpt, bijvoorbeeld door middel van een bottom-up berekeningen. In een aantal gevallen bleken de kosten na deze analyse een stuk hoger uit te vallen. De kosten van het Programma ERTMS zijn ook flink opgelopen als gevolg van verschillende keuzes die de scope hebben verbreed. Denk hierbij aan de extra eisen in de vorm van VTO's en de keuze om baseline 2 treinen mee te nemen in de materieelombouw. Een volledig overzicht dat de verandering in de kosten voor iedere post stap-voor-stap omschrijft op basis van alle gemaakte keuzes ontbreekt nog.

²² Deze CEF-call is ingediend voor €70M. De oorspronkelijke raming voor het ombouwen van dit deel van het materieel was €150M, daarom bestaat het risico dat hier in de toekomst alsnog kosten uit voortvloeien voor het Programma ERTMS.

²³ Inclusief de daarbij behorende risico-opslag.

²⁴ Het kernproces is een kwaliteitsborgings- en besluitvormingsproces dat alle ProRail projecten moeten doorlopen.

²⁵ Subsidie van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat aan ProRail voor Beheer, Onderhoud en Vervanging.

De gemaakte keuzes leiden samen met nieuwe inzichten op basis van nadere detaillering tot een grote toename in de kosten. Deze kostentoeename is vanuit programmaperspectief deels gecompenseerd door meevallers, het elders onderbrengen van kosten en het veranderen van de scope. De huidige raming is op dit moment nog flink hoger dan het beschikbare budget. Het Programma zoekt naar oplossingen om de kosten te verlagen en mogelijk de scope te verkleinen. Tegelijkertijd ontbreekt nog een meer gedetailleerde beschrijving van de wijze waarop leveranciers zullen worden geïncentiveerd om kosten te verlagen en tijdig op te leveren. Het is op dit moment nog niet duidelijk hoe Design-to-Cost technieken worden toegepast binnen het ERTMS-programma.

Aanbeveling BCG

Na de programmabeslissing

Creëer een volledig beeld van de verandering in iedere kostenpost op basis van alle impliciet en expliciet gemaakte keuzes sinds de voorkeursbeslissing. Neem hierin mee welke posten nog potentiële risico's tot verdere kostenstijgingen bevatten. Heroverweeg indien nodig gemaakte keuzes met een grote of groter dan verwachte impact op de kosten van het Programma ERTMS. Geef op basis hiervan inzicht in het minimum en maximum aantal baanvakken dat kan worden uitgerold, gegeven het beschikbare budget. Leg dit zo snel mogelijk vast en zorg dat deze bandbreedte van het aantal baanvakken dat kan worden uitgerold steeds smaller wordt naarmate het project vordert. Op deze manier wordt de flexibiliteit om op een later moment een baanvak te laten vervallen vanwege hoger uitvallende kosten lager, waardoor kostenbeheersing harder wordt afgedwongen. Zorg daarbij voor een voldoende plan om kosten tijdens uitrol te beheersen, door indicatoren te definiëren en deze te monitoren, zoals gemiddelde kosten per km aangelegde ERTMS (mogelijk gedifferentieerd voor een aantal categorieën van soorten baanvak).

Ga daarnaast actiever op zoek naar mogelijkheden om kosten te verlagen, gebruikmakend van Design-to-Cost technieken. Denk hierbij zowel aan creatieve oplossingen als het tegen het licht houden van gemaakte keuzes. Onderzoek de mogelijkheid om de PEAT-kosten te reduceren door te werken met een vereenvoudigd proces, dit kan bijvoorbeeld door een ERTMS kernproces in te richten binnen ProRail of door met een eigenstandige projectorganisatie met dedicated kwaliteitsborging en besluitvorming (zoals ook gedaan is bij de projecten Betuweroute en HSL-zuid) te werken. Kijk hierbij ook naar de mogelijkheid om een deel van de engineering door de systeemleveranciers te laten uitvoeren, zoals in het buitenland gebruikelijk is. Daarbij kan mogelijk bespaard worden door in te zetten op gebruik van standaardonderdelen en modulair bouwen. Bestudeer verder de mogelijkheden om de kosten als gevolg van de verschillende ontwerpvoorschriften te verminderen, door hier op een slimme manier flexibel mee om te gaan (waarbij wel het doel van de voorschriften wordt gerealiseerd, maar mogelijk volgens een niet standaard-werkwijze). Maak hierbij maximaal gebruik van synergie met andere programma's zoals PHS. Besteed ten slotte zo slim mogelijk aan, door incentivering in te bouwen voor leveranciers om geld en tijd te besparen, en door functioneel te specificeren met een voldoende grote scope, zodat leveranciers ruimte hebben om te innoveren.

5.12 Afhankelijkheden en risico's andere spoorprogramma's

In hoeverre zijn afhankelijkheden en impact van ERTMS op andere spoorprogramma's in kaart gebracht?

Bevindingen

ProRail is bezig met de oprichting van een Portfoliogroep voor de afstemming tussen de verschillende spoorprogramma's. Deze Portfoliogroep is momenteel nog niet volledig operationeel, waardoor inhoudelijke afstemming tussen programma's in de praktijk nog ontbreekt.^{lxxxix} Vanuit de Afdeling Omgevingsmanagement van het Programma ERTMS is wel een memo opgesteld die de afhankelijkheden met andere programma's in kaart heeft gebracht, voor wat betreft de eerste twaalf ERTMS-baanvakken.^{lxxxii} Daarnaast zijn er voorschriften opgesteld waaraan eerdere aanpassingen aan het spoor (bijvoorbeeld als gevolg van andere programma's) moeten voldoen, zodat ERTMS zonder problemen later kan worden aangelegd.^{lxxxiii}

In het memo *Synergie-kansen ERTMS met raakvlak-projecten* zijn zowel aanbevelingen opgenomen over mogelijkheden tot synergie als mogelijkheden tot het minimaliseren van risico's. Er kan volgens het Programma bijvoorbeeld worden bespaard door geen seinoptimalisaties uit te voeren in het PHS, maar te wachten met blokverdichting tot ERTMS wordt uitgerold. Daarnaast kan het risico op vertraging door PHS worden beperkt door de ERTMS uitrolvolgorde iets aanpassen en in sommige specifieke gevallen een andere ombouwvolgorde aan te houden. De geïdentificeerde kansen en risico's uit het memo zijn op dit moment – in afwachting van de programmabeslissing – echter nog niet opgevolgd. De geïdentificeerde risico's zijn ook nog niet opgenomen in het Risicodossier.^{lxxxiv}

De afhankelijkheden tussen ERTMS en PHS zijn het grootst.^{lxxxv} De planning van ERTMS op OV SAAL baanvakken is afhankelijk van PHS (PHS vóór ERTMS). Daarnaast zijn PHS én ERTMS nodig om een groot deel van de ingecalculerde maatschappelijke baten te realiseren. De meeste van deze baten zitten in het traject OV SAAL²⁶. Daarentegen is er op dit moment geen noodzaak voor het Programma ERTMS om aanpassingen te doen voor 3kV²⁷, 3kV zal waarschijnlijk pas na het eerste deel van de ERTMS uitrol worden gerealiseerd en bevindt zich nu nog in de onderzoeksfase.^{lxxxvi} Verder moeten de nieuwe ERTMS baanvakken op termijn worden aangesloten op de bestaande zes ERTMS baanvakken met een oudere technologie. De implicaties hiervan zijn nog niet uitgewerkt.^{lxxxvii} Zo is het onduidelijk of er bespaard kan worden door bestaande baanvakken te upgraden in plaats van een technisch uitdagende overgang te faciliteren.

Evaluatie BCG

Binnen de afdeling Omgevingsmanagement van het Programma ERTMS bestaat voldoende inzicht in de afhankelijkheden ten opzichte van andere programma's zoals PHS, maar er wordt nog te weinig met deze inzichten rekening gehouden, zowel binnen als buiten het Programma. Dit heeft naar ons inzien drie oorzaken: er zijn nog veel onzekerheden in Programma waardoor harde afspraken/ afstemming met andere projecten moeilijk is; de Portfoliogroep die het Programma hierbij kan ondersteunen is nog niet volledig operationeel; en bevindingen van Omgevingsmanagement worden onvoldoende opgepakt door het Programma. Meer duidelijkheid over de prioritering en afhankelijkheden tussen programma's is een vereiste voor het effectief uitvoeren van zowel het Programma ERTMS als de andere spoorprogramma's. Vanzelfsprekend ligt de verantwoordelijkheid hiervoor slechts deels bij het Programma ERTMS zelf.

²⁶ Doel van OV SAAL is meer en sneller treinverkeer mogelijk maken op het traject Schiphol – Amsterdam – Almere – Lelystad (onderdeel van PHS)

²⁷ Een overstap van 1,5kV naar 3kV bovenleiding spanning

Aanbeveling BCG

Na de programmabeslissing

Maak de afhankelijkheden tussen de verschillende programma's continu inzichtelijk. Breng hierbij ook de kansen die ontstaan in kaart. Versterk de Portfoliogroep zodat deze in staat zijn de operationele afstemming tussen programma's te faciliteren. Treed daarnaast in overleg met het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat over de prioritering tussen de verschillende programma's en nodig hen uit of de strategische afwegingen tussen (spoor)programma's te overzien. Uiteindelijk kan het Ministerie het beste borgen dat alle partijen die aan of met het spoor werken voldoende afstemmen en samenwerken en moet het Ministerie in staat zijn om knopen door te hakken bij conflicten tussen programma's.

Start de discussie met onder andere PHS over de reeds geïdentificeerde afhankelijkheden en kansen voor de eerste twaalf baanvakken zo spoedig mogelijk. Vergelijk ook de kosten van het aansluiten van de nieuwe ERTMS baanvakken op de bestaande zes ERTMS baanvakken met de mogelijkheid om deze eerste zes baanvakken volledig te harmoniseren met de nieuwe vakken. Maak ten slotte de afweging tussen veiligheid, kosten en opstelcapaciteit bij de implementatie van de verschillende ontwerpvoorschriften expliciet. Ga hierbij pragmatisch om met het aanpassen van infrastructuur volgens de verschillende ontwerpvoorschriften zolang veiligheid niet in het geding is.

5.13 Cybersecurity

Hoe wordt het ERTMS systeem beschermd tegen cyberaanvallen en moet er een beleidskader worden opgesteld ten aanzien van dit risico?

Bevindingen

Cybersecurity is een belangrijk aspect voor het ERTMS systeem en staat bij vele overheden op de radar. Vanwege dit belang heeft het Programma ERTMS een *Cybersecurity-kader* opgesteld.^{lxxxviii} Daarnaast hebben de moederorganisaties geborgd dat ze over voldoende expertise beschikken op het gebied van cybersecurity.^{lxxxix,xc} Alleen het mandaat op systeemniveau is nog niet volledig duidelijk.^{xcii} Cybersecurity is belangrijk voor ERTMS omdat dit systeem gevoeliger is voor cyberaanvallen dan ATB^{xcii} en er geen back-up is, mocht ERTMS uitvallen^{xciii}. Door de overgang naar ERTMS wordt het spoorstelsel afhankelijk van Internet Protocol (IP) communicatie, dat kwetsbaar is voor mogelijke infiltratie van het systeem door cyberaanvallen.^{xciv} Er was slechts beperkte aandacht voor cybersecurity bij het ontwikkelen van de ERTMS-standaard^{xcv}. Daarom is cybersecurity een extra aandachtspunt voor I&W^{xcvi} en buitenlandse ministeries^{xcvii}.

Het ERTMS Programma vult de zorg voor cybersecurity in met een *Cybersecuritykader*.^{xcviii} Dit kader schetst de aan cybersecurity gerelateerde risico's en de te nemen maatregelen. Hiermee schept het cybersecuritykader randvoorwaarden voor de veilige invoering van ERTMS. Daarbij is het kader aangevuld op basis van analyse van de cybersecurity van ERTMS door een externe partij. Het Programma ERTMS en de moederorganisaties beschikken over voldoende expertise op het gebied van cybersecurity. Dit is in mindere mate het geval voor de goederenvervoerders, in het bijzonder bij materieel afkomstig van een leasemaatschappij.^{xcix}

Ten slotte zijn de overkoepelende verantwoordelijkheden voor de cyberveiligheid van het spoor nog niet volledig uitgewerkt.^{c,ci} Hoewel de meeste partijen voldoende expertise hebben en er randvoorwaarden zijn gesteld is het bijvoorbeeld onduidelijk wie de regie heeft als er een "ERTMS-virus" uitbreekt. Een beleidskader vanuit het ministerie hieromtrent ontbreekt op dit moment nog.

Evaluatie BCG

Cybersecurity krijgt voldoende aandacht binnen het Programma en de moederorganisaties, maar een landelijk beleidskader ontbreekt nog. De randvoorwaarden om het ERTMS systeem voldoende te beschermen tegen cyberaanvallen zijn aanwezig. Dit moet nog wel worden aangevuld met landelijke regelgeving die het mandaat op systeemniveau duidelijk maakt. Ten slotte moet er uiteindelijk een adequate oplossing worden gevonden voor het gebrek aan kennis en prioriteit bij de goederenvervoerders.

Aanbeveling BCG

Na de programmabeslissing

Wij zien vanuit het perspectief van de cybersecurity geen noodzaak tot het wijzigen van de voorgenomen Programmabeslissing. Wel adviseren wij om de experts op het gebied van cybersecurity van alle partijen expliciet te betrekken bij de aanbesteding en contractering. Let goed op de borging van cybersecurity voor de goederenvervoerders. Het is waardevol als het Programma in overleg treedt met IenW over een landelijk beleidskader om de cybersecurity van het treinverkeer in Nederland te garanderen op een zelfde niveau als voor bijvoorbeeld vliegverkeer of onze energievoorziening. Hierin moet in ieder geval duidelijk worden aan welke eisen een stuk spoor of een trein moet voldoen vanuit cybersecurity perspectief om in Nederland gebruikt te mogen worden. Daarnaast moet dit bepalen wie er dient te handelen (bijv. NS of ProRail) in het geval van calamiteiten. Ten slotte moet dit vastleggen hoe om te gaan met de mogelijkheid tot levering van informatietechnologie voor kritieke infrastructuur door leveranciers uit bijvoorbeeld China. Wellicht kan Nederland hierbij gebruik maken van een vergelijkbaar kader opgesteld door een buitenlandse overheid.

5.14 Opleidingsplan machinisten en andere functies

Hoe zorgt het opleidingsplan voor machinisten en andere functies voor voldoende betrouwbaarheid en capaciteit?

Bevindingen

Het Programma benadert scholing en opleiding holistisch vanuit veertien thema's.^{cii} Onderdeel van deze aanpak is de opleiding van machinisten zoals beschreven in het opleidingskundig ontwerp. Verder is er een plan om tijdig overcapaciteit te werven, zodat de inzet niet onder druk komt te staan door de onttrekking tijdens het opleidingstraject.^{ciii} Het Programma ontwikkelt een inzetmodel om alle machinisten voldoende ervaring op te laten doen tussen het moment dat ze hun opleiding hebben afgerond en de uitrol van ERTMS.^{civ} Hier kunnen soms meerdere jaren tussen zitten. Hierbij is voldoende beschikbaar omgebouwd materieel een randvoorwaarde, omdat het aantal ERTMS baanvakken beperkt is. Het Programma voorziet geen problemen voorzien bij het opleiden van monteurs of andere functies.^{cv} Er heerst bij de regionale vervoerders nog geen duidelijk beeld van de benodigde opleidingen voor hun machinisten, en de impact hiervan op hun inzetbaarheid.

Evaluatie BCG

De beschreven aanpak en het opleidingskundig ontwerp bewaken adequaat de betrouwbaarheid en capaciteit. Het grootste risico is dat de ervaring die machinisten kunnen opdoen met ERTMS materieel in het geding kan komen wanneer de retrofitting van het materieel vertraging oploopt. Daarnaast is er meer detaillering nodig van het effect van de voorgenomen opleidingsplannen op de regionale- en goederen vervoerders.

Aanbeveling BCG

Na de programmabeslissing

Er is geen noodzaak tot het heroverwegen van het besluit omtrent de opleiding van machinisten en andere functies. Werk de mogelijke impact uit van een vertraging van de retrofit van het materieel en neem indien nodig maatregelen om dit risico te mitigeren.

6 Verdieping op belangrijke onderwerpen

Wij hebben op enkele belangrijke onderwerpen een extra verdieping gemaakt, aangezien deze onderwerpen raakvlakken hebben met veel van de onderwerpen die zijn opgenomen in de detail uitwerking. Deze verdieping is gedaan op de onderwerpen goederenvervoerders, interoperabiliteit in Europa (met daarbinnen een splitsing naar technologie keuzes, voldoen aan EU verplichtingen en timing van de uitrolstrategie) en de geleerde lessen van ERTMS uitrol in binnen- en buitenland.

6.1 Goederenvervoerders

Belangen van goederenvervoerders verder opnemen in Programma

De goederenvervoerders hebben tot voor kort onvoldoende invloed kunnen hebben op het ERTMS Programma. Onlangs zijn initiatieven gestart om hun belangen beter te borgen in het Programma. De invoering van ERTMS zorgt voor hogere kosten bij goederenvervoerders (tegenover zeer geringe baten op de korte termijn), vanwege het (opnieuw) inbouwen van ERTMS apparatuur in het materieel, mogelijk onttrekken van materieel uit de dienstregeling en operationele risico's bij het in gebruik nemen van het nieuwe ERTMS systeem. Dit verzwakt op korte termijn hun concurrentiepositie ten opzichte van andere modaliteiten en ten opzichte van het buitenland verder. Op vijf punten kan het Programma nog meer rekening houden met deze belangen.

1. Sommige keuzes van het ERTMS Programma resulteren in hogere (en in sommige gevallen eerdere) kosten voor goederenvervoerders. Dit zijn bijvoorbeeld keuzes voor ERTMS only en Baseline 3 (versie 3.6.0). Goederenvervoerders worden daarvoor nu deels gecompenseerd door (CEF) subsidies.

- Aanbeveling: Onderzoek voor PB in hoeverre goederenvervoerders financieel kunnen worden ondersteund voor de kosten die zij moeten maken voor het (opnieuw) ombouwen van materieel. In de argumentatie moet een goede afweging worden gemaakt van het economisch nut van deze compensatie (goed kijken naar levensvatbaarheid van (kleinere) goederenvervoerders en resterende levensduur van materieel). Dit kan het beste worden meegenomen in een sector brede analyse van kosten en stimuleringsmaatregelen door het Ministerie van I&W.

2. De ervaringen met uitrol van ERTMS op eerdere baanvakken in Nederland en elders in Europa laten zien dat er nog veel 'kinderziektes' optreden na ombouw. Het is voor goederenvervoerders (en de NS) daarom zeer risicovol als het eerste omgebouwde baanvak een belangrijke goederencorridor (Kijfhoek-Rosendaal) is. Dual-signalling zou dit minder risicovol maken, maar met een combinatie van uitvoerige lab-testen en een proefbaanvak zou deze (complexe en dure) overgangsmaatregel niet nodig hoeven zijn.

- Aanbeveling: Heroverweeg voor PB het niet aanleggen van een proefbaanvak. Voor goederenvervoerders zou het mogelijk ook een optie zijn als wordt gestart met de uitrol van baanvak Haarlem, voor baanvak Kijfhoek. Net als een proefbaanvak mitigeert dit technische en operationele risico's, waardoor de eerste kinderziektes niet naar boven komen op druk bereden en complexe baanvakken. Dit baanvak moet voldoen aan de randvoorwaarden van goederenvervoerders, NS, ProRail en I&W (zie paragraaf Teststrategie).

3. Duitsland kiest versie 3.4.0; Nederland voor 3.6.0. Deze versie zou backwards compatible moeten zijn volgens de specificaties. Dit moet contractueel worden afgedwongen bij leveranciers. Certificering voor materieel moet daarvoor opnieuw worden aangevraagd. Het Programma werkt aan een analyse waarin de extra kosten, baten en risico's van versie 3.6.0 t.o.v. 3.4.0 worden meegenomen voor alle stakeholders.

4. ERTMS zou een katalysator kunnen zijn van innovaties die het goederenvervoer verder kunnen helpen, zoals bijvoorbeeld een "Groene golf" van Rotterdam tot aan Duitsland, het inzetten van langere treinen,

automatisch rangeren in het havenbedrijf en Automatic Train Operations (ATO) dat zelfrijdende treinen mogelijk maakt in de toekomst. Deze functionaliteiten worden nu niet meegenomen in de ERTMS-uitrol.

- Aanbeveling: ProRail moet eerder starten met het uitrollen van deze waarde-toevoegende functionaliteiten. Dit valt buiten de scope van het Programma ERTMS, maar moet hier wel op worden afgestemd. Uiteraard dient bij deze functionaliteiten de impact op het reizigersvervoer te worden meegenomen.

5. De uitrolstrategie kan in de selectie van baanvakken en uitrolvolgorde (nog) meer rekening houden met de belangen van goederenvervoerders. Op dit moment zijn al veel baanvakken in scope die van belang zijn voor goederenvervoerders. Op basis van optimalisatie van internationaal goederenvervoer zouden andere keuzes gemaakt kunnen worden in selectie van baanvakken, o.a. door het meenemen van Rotterdam en de route naar Bentheim. Dit moet binnen de huidige (budget) scope van het Programma passen en afgewogen worden tegenover andere belangen van baanvak keuze.

- Aanbeveling: Heroverweeg na PB de huidige uitrolstrategie. Neem daarin de belangen van goederenvervoerders beter mee, als extra input voor een mogelijke aanpassing in baanvakselectie en uitrolvolgorde (zie paragraaf Uitrolstrategie).

6.2 Interoperabiliteit in Europa

6.2.1 Aansluiting van technologie

Wordt de interoperabiliteit met Europa, voornamelijk met Duitsland en België, optimaal ingericht met de huidige voorgestelde keuze voor technologie?

Bevindingen

De interoperabiliteit met Europa is voornamelijk afhankelijk van de ERTMS level en baseline keuze.

Level 2 is op dit moment de meest voorkomende standaard in Europa en wordt ook in buurlanden Duitsland en België uitgerold. Internationale reizigers- en goederenvervoerders zijn grotendeels uitgerust met ERTMS level 2 en kunnen daardoor rijden in Nederland. Duitsland legt op de hoge snelheidslijnen level 2 only aan en heeft op een beperkt aantal conventionele lijnen level 2 overlay (dual signalling) aangelegd om tijdig te voldoen aan Europese afspraken. Een extra reden voor level 2 overlay komt voort uit het gebrek van overeenstemming met vervoerders om materieel tijdig ERTMS ready te krijgen. Onder andere door ontevredenheid over level 2 dual signalling loopt op dit moment een studie van de Duitse overheid naar de uitrol van level 2 only, deze is naar verwachting medio 2018 afgerond^{vi}. De interoperabiliteit met Nederland is zowel voor level 2 only als overlay in orde.

De keuze voor baseline 3, versie 3.6.0 sluit aan bij de toekomstige Europese standaard (baseline 3 in 2019) en is interoperabel met het meeste materieel. Deze interoperabiliteit moet nog wel bij leveranciers (in contracten) worden afgedwongen en daarna in de praktijk bewezen worden. Internationale reizigerstreinen en een deel van het huidige goederenmaterieel zijn interoperabel met baseline 3, versie 3.4.0, nieuw materieel is vanaf 2019 standaard uitgerust met baseline 3 en daarmee interoperabel. Huidig goederenmaterieel zonder ERTMS vereist op termijn een upgrade om in Europa te kunnen blijven rijden, ongeacht de keuze die Nederland maakt. Huidig goederenmaterieel met ERTMS baseline 2 vereist een upgrade voor hard- en software, uit dienst treden, testen en toelating (zie hiervoor ook de vraag ‘Wat is momenteel de beste keuze voor de baseline en versie voor zowel infra als materieel vanuit maatschappelijk perspectief?’). Baseline 3 sluit aan op de Duitse keuze voor baseline 3, versie 3.4.0 (al moet in de praktijk de interoperabiliteit nog worden aangetoond) maar niet op de huidige Belgische keuze voor baseline 2^{vii}.

De voorgestelde keuze om geen dual signalling aan te leggen (zie vraag ‘Wat is de maatschappelijke impact van en noodzaak voor ATB door ERTMS vervangen op dit moment?’) kan er toe leiden dat vervoerders eerder genooddaakt zijn om een ERTMS upgrade te verrichten. Vanwege de Europese standaard is deze upgrade op termijn hoe dan ook noodzakelijk maar doordat Nederland als eerste kiest voor de combinatie baseline 3, level 2 only wordt deze noodzaak mogelijk voor sommige vervoerders versneld.

Evaluatie BCG

De interoperabiliteit wordt voldoende ingericht met de huidige keuzes voor technologie: ERTMS baseline 3, versie 3.6.0, level 2 only. Level 2 is de meest gebruikte technologie in Europa en baseline 3 is vanaf 2019 de Europese standaard. De onderbouwing van de keuze voor baseline 3, versie 3.6.0 in plaats van versie 3.4.0 (keuze Duitsland) is nog dun. Op dit moment wordt deze keuze nader onderzocht²⁸ (zie ook vraag ‘Wat is momenteel de beste keuze voor de baseline en versie voor zowel infra als materieel?’).

Aanbeveling BCG

Geen noodzaak tot heroverwegen van besluiten.

²⁸ Studie van Programma ERTMS onder leiding van George Nagel (NS)

6.2.2 Voldoen aan EU verplichtingen

Houdt de voorgestelde uitrolvolgorde vanuit maatschappelijk oogpunt op optimale wijze rekening met EU verplichtingen?

Bevindingen

De huidige scope en timing van de uitrolvolgorde bevat alle verplichte (goederen)corridors uit het European Deployment Plan^{cviii}. Kijfhoek-Rosendaal, Amsterdam-Meteren en de Brabantroute zijn allen onderdeel van EU afspraken en in scope van de baanvakselectie en uitrolvolgorde. De huidige planning voorziet in uitrol op verplichte corridors voor de Europese deadline van 2030.

Met de EU is een afwijking ten opzichte van de originele TEN-T afspraken overeengekomen om de doelstelling voor EU interoperabiliteit beter te behartigen. Amsterdam Oostvaarders-Hengelo, onderdeel van de eerdere TEN-T doelstelling, is geruild voor Eindhoven-Venlo (gereed 2027) omdat deze corridor meer baten oplevert voor goederenvervoerders dan Amsterdam Oostvaarders-Hengelo en Duitsland nog geen plannen heeft voor deze route aan de Duitse kant. Deze afspraak is informeel goedgekeurd door de EU omdat deze pas formeel goedgekeurd kan worden in 2023 (ijkmoment).

Een nadere detaillering van het European Deployment Plan voor de resterende geselecteerde baanvakken wordt na de programmabeslissing uitgewerkt.

Evaluatie BCG

Er wordt optimaal rekening gehouden met EU verplichtingen door in de initiële scope van twaalf baanvakken de belangrijkste Europese (goederen)corridors op te nemen. Door te starten met Kijfhoek-Rosendaal wordt direct een deel van de Europese verplichte corridors uitgerust met ERTMS.

Aanbeveling BCG

Geen noodzaak tot wijziging van het besluit.

Na de programmabeslissing

In het nog op te stellen actieplan dient wel nader uitgewerkt te worden hoe de uitrol van ERTMS op de laatste tien corridors plaats gaat vinden, in het bijzonder rekening houdend met de uitrol op grote emplacementen (Amsterdam en Utrecht CS) en de aansluiting van grensovergangen.

6.2.3 Aansluiting timing aangrenzende landen

Sluit de uitrolvolgorde en timing optimaal aan op de rest van Europa, in het bijzonder Duitsland en België?

Bevindingen

De uitrolplanning voor ERTMS in Nederland sluit niet volledig aan op de planning in België en Duitsland, maar de interoperabiliteit blijft naar verwachting gewaarborgd gedurende de overgangperiode. Afstemming tussen Nederland en haar buurlanden vindt op dit moment plaats door middel van wederzijds ondertekende intentieverklaringen.^{cix} Na de programmabeslissing zal de aansluiting verder worden uitgewerkt.^{cx}

De belangrijkste twee grensovergangen in de huidige Nederlandse initiële uitrol zijn Venlo-Keulen en Rosendaal-Gent. De Duitse uitrol van Keulen naar de grens zal naar verwachting in 2023 plaatsvinden. Een deel van dit traject zal worden aangelegd met Level 1 *limited supervision* en een deel zal worden aangelegd

met Level 2.^{cxii} Wel zal het hele traject van Baseline 3 worden voorzien. Nederland sluit hierop aan met het baanvak Eindhoven-Venlo-Grens in 2027.^{cxiii} De Belgische uitrol van Antwerpen via Gent naar de grens zal ook in komende jaren plaatsvinden. Dit traject zal worden uitgevoerd met Level 2 en Baseline 2.^{cxiii} Nederland sluit hierop aan met baanvak Roosendaal-Grens in 2024.^{cxiv}

De interoperabiliteit met Duitsland en België blijft naar verwachting gewaarborgd gedurende de periode dat Nederland nog geen ERTMS heeft uitgerold. De verbinding met Duitsland blijft interoperabel doordat Duitsland noodgedwongen *dual signalling* hanteert op de eerste ERTMS baanvakken. Op dit moment wordt aan een oplossing gewerkt om de verbinding met België tijdelijk te borgen door op de circa vijf kilometer tussen Roosendaal en de Belgische grens een overgangstraject neer te leggen. Op deze wijze blijft Roosendaal bereikbaar voor Belgische locs, aldaar kan dan indien noodzakelijk gewisseld worden van loc. Detailuitwerking van de uitrol van deze overgang wordt momenteel verricht.^{cxv}

Het aanpassen van de Nederlandse planning om beter aan te sluiten op de vroegere planning van België en Duitsland lijkt om twee redenen niet haalbaar. Ten eerste is de impact van het naar voren halen van de uitrol op Venlo (aansluiting Duitsland) beperkt omdat er een aaneengesloten serie baanvakken nodig is voor de interoperabiliteit.^{cxvi} Het vervroegen van Venlo heeft geen zin als dit ten koste gaat van een ander baanvak in deze serie. Ten tweede zijn alle twaalf van de nu voorgenomen baanvakken onderdeel van een internationale corridor of een omleidingsroute^{cxvii}, dus in algemene zin is de impact van herprioritering beperkt. Slechts het hele Programma vervroegen zou hier een uitkomst zijn, maar de huidige deadlines zijn waarschijnlijk al een uitdaging.

Evaluatie BCG

De uitrolvolgorde en timing ten opzichte van Duitsland en België is niet optimaal, maar binnen de tijdsbeperkingen die nu voor het Programma gelden zijn er voldoende maatregelen getroffen voor de transitie. De mogelijkheden tot verbetering zijn beperkt omdat een aaneengesloten corridor nodig is voor interoperabiliteit.

Aanbeveling BCG

Er is geen noodzaak tot het wijzigen van het voorgenomen besluit omdat de consequenties voor de interoperabiliteit naar verwachting beperkt zijn en er geen duidelijke mogelijkheden zijn om hier iets aan te verbeteren. Start wel zo vroeg mogelijk met het uitwerken van deze overgangen samen met België en Duitsland. Dit zijn lastige trajecten waar veel tijd in kan gaan zitten.

6.3 Geleerde lessen ERTMS-uitrol in binnen- en buitenland

In welke mate zijn de lessen uit eerdere ERTMS trajecten (o.a. HSL, Fyra en Betuweroute) opgenomen in het huidige voorstel?

Bevindingen

Uit ervaring op de Betuwelijn is gebleken dat het achterhalen van storingsoorzaken complexer is dan bij ATB omdat ERTMS in veel grotere mate gebruik maakt van complexe elektronica zoals RBC's, GSM-r en on board units. Het is daardoor moeilijker om aan te tonen of een storing veroorzaakt wordt door infra, materieel of het GSM-r netwerk. Daarnaast is het complexer om de exacte oorzaak van storingen in de ICT te vinden^{cxviii}. Om deze reden heeft ProRail een ERTMS monitoring en analyseteam opgezet voor storingsdetectie en het uitwerken van oplossingen. Sinds een half jaar bestaat daarnaast een ProRail taskforce dat de reeds geïdentificeerde en toekomstige problemen bij uitrol van ERTMS aan gaat pakken. De reeds geïdentificeerde storingsoorzaken zijn daarnaast opgenomen in de Nederlandse specificaties en als change requests gedeeld met de ERA (European Railway Agency) met het verzoek deze op te nemen in nieuwe baseline specificaties.

Uit ervaring op meerdere ERTMS baanvakken is gebleken dat leveranciers veel tijd vereisen voor ERTMS (software) updates. Afhankelijk van de update kan het tot vijf jaar duren voordat deze is verwerkt. ProRail en NS hebben geleerd in toekomstige overeenkomsten met leveranciers heldere afspraken over tijdige (software) updates op te nemen. De ACS bevat nog onvoldoende een concrete beschrijving over hoe technologische ontwikkelingen zoals (software) updates worden verwerkt.

Uit ervaring op de HSL, Betuweroute en traject Amsterdam-Utrecht is gebleken dat slecht geplaatste transitie tussen ERTMS en ATB leiden tot meer verstoringen en lagere betrouwbaarheid. Om die reden wordt in het huidig ontwerpproces beter rekening gehouden met transitie, door deze op zo geschikt mogelijke locaties te plaatsen (bijv. niet gelijktijdig met andere handelingen) en door de eindgebruikers te betrekken bij de ontwerpfase. Tevens zijn transitie een leidend uitgangspunt in de uitrolvolgorde.

Uit ervaring op de HSL/Fyra en Betuweroute is gebleken dat materieel en infrastructuur in eerste instantie niet volledig interoperabel waren, ondanks aansluitende ERTMS specificaties. Deze problematiek kan in de toekomst worden voorkomen of beperkt door vóór de uitrol van materieel en infra met fabrikanten mee te kijken en hen aan te laten tonen dat het materieel en infra interoperabel is. Het Programma ERTMS heeft de optie om mee te kijken met fabrikanten opgenomen in de teststrategie. Daarnaast dient het materieel en infra getest te worden (op interoperabiliteit) op een moment dat nog wijzigingen doorgevoerd kunnen worden, bijvoorbeeld gedurende een proefbedrijf gedurende een jaar op een proefbaanvak. Het Programma ERTMS heeft onder andere shadow running, een test lab en een exploitatieve eindtest van maximaal één week per baanvak opgenomen in de teststrategie. Tot slot kan de interoperabiliteit tussen materieel en infra verbeterd worden door gebruik te maken van beproefde technologie. Het Programma ERTMS maakt gedeeltelijk gebruik van beproefde technologie (bijv. level 2) maar voorziet ook in nieuwe technologie vanwege de daaraan toegekende voordelen (bijv. baseline 3, versie 3.6.0).

Evaluatie BCG

Het Programma ERTMS is intern goed voorbereid op het achterhalen van storingsoorzaken en het oplossen van deze oorzaken. Het kan de storingspreventie en tijdige oplossing van storingen nog verbeteren door leveranciers actiever te betrekken bij het detecteren en oplossen van storingen. Daarnaast dienen met leveranciers duidelijke afspraken gemaakt te worden over hoe de huidige storingsoorzaken en verbetermogelijkheden aangepakt en opgenomen worden in nieuw materieel en infra. Tot slot dient in de

ACS beter voorgesorteerd te worden op toekomstige technologische ontwikkelingen, specifiek (software) updates om storingsorzaken aan te pakken en verbeteringen door te voeren.

Het Programma ERTMS houdt voldoende rekening met de negatieve impact van transitie maar schiet mogelijk haar doel voorbij door het voorkomen van transitie een uitgangspunt te maken van de baanvakselectie en uitrolstrategie. Het is onvoldoende onderbouwd waarom de kosten van transitie zwaarder dienen te wegen dan overige baten en kosten (zie vraag 'Welke selectie van baanvakken leidt tot optimale maatschappelijke baten en wat is de optimale uitrolvolgorde van het aanpassen van de infrastructuur vanuit maatschappelijk perspectief?').

Het Programma ERTMS houdt onvoldoende rekening met de ervaringen op de HSL/Fyra en Betuweroute ten aanzien van interoperabiliteit van infra en materieel. Het meekijken bij fabriekstesten dient minder vrijblijvend opgenomen te worden in de teststrategie. Shadow running, het test lab en de exploitatieve eindtest zijn, ondanks dat het goede initiatieven zijn, nog onvoldoende om interoperabiliteitsproblemen te voorkomen. Deze initiatieven zijn vooral gericht op het testen op bekende risico's, niet op nog onbekende risico's. Om de kans op interoperabiliteitsproblemen zo klein mogelijk te maken is een dedicated proefbaanvak vereist (zie vraag 'In welke mate sluit het geplande test- en migratieproces aan bij de strategische uitgangspunten "Mens Centraal", "Gezamenlijke besturing" en "Minimaliseren effect op Operatie"?').

Tot slot heeft het Programma ERTMS voldoende aanleiding om te kiezen voor gedeeltelijk nieuwe technologie zoals baseline 3, versie 3.6.0. Zie voor een onderbouwing van technologie keuzes het hoofdstuk 'Technologie'.

Aanbeveling BCG

Voorafgaand aan de programmabeslissing

Heroverweeg de keuze voor het niet aanleggen van een proefbaanvak (zie ook beantwoording test- en migratieproces) en werk de strategie voor de borging van flexibiliteit m.b.t. technologische ontwikkeling verder uit in de ACS (zie ook beantwoording ACS).

Na de programmabeslissing

Borg de aanwezigheid, informering en gelegenheid tot toevoegen van testitems bij Factory Acceptance Tests (zie ook beantwoording test- en migratieproces).

7 Appendix

7.1 Samenvatting aanbevelingen met relevantie vóór programmabeslissing

Te heroverwegen keuzes

- Heroverweeg de keuze om infra op te splitsen in twee percelen. Doe nader onderzoek naar een scenario met één leverancier en zet dit af tegen het scenario met twee leveranciers. Laat daarbij het verschil in voordelen, nadelen en risico's – inclusief de impact op de maatschappelijke kosten en baten – tussen deze twee scenario's zo veel mogelijk kwantificeren
- Heroverweeg de keuze om geen proefbaanvak aan te leggen. Technische en operationele restrisico's kunnen met een proefbaanvak verder worden verminderd. Als ervoor wordt gekozen om wél een proefbaanvak aan te leggen moet de locatie van het proefbaanvak worden bepaald in samenspraak met (goederen) vervoerders, ProRail en het Ministerie van I&W.
- Heroverweeg middels het uitvoeren van een (korte) impact studie de huidige baanvakselectie en uitrolvolgorde, hiervoor is voldoende aanleiding gegeven de nieuwe inzichten in principes en criteria. Het is echter waarschijnlijk dat een groot deel van de huidige uitrolstrategie in stand blijft.
- Heroverweeg de keuze om het Testlab zelf te beheren verder. Er zijn in het buitenland voorbeelden waar dit (deels) aan de markt wordt overgelaten.

Verder te onderbouwen/ uit te werken keuzes

- Maak voor de keuze om de retrofit van het materieel over twee tot vier percelen te verdelen een completere afweging, inclusief flexibiliteit, concurrentie en beheersbaarheid van de integratie.
- Garandeer in de ACS flexibiliteit bij technologische ontwikkelingen – zoals de overgang naar hybride level 3 – en voorkom dat het Programma vast komt te zitten aan achterhaalde technologie. Hierdoor zal in de ACS een aantal extra paragrafen toegevoegd dienen te worden.
- Onderbouw de keuze voor de beheersing van de systeemintegratie van het Vervoersysteem en de Baan-treinintegratie vanuit Programma in plaats van de markt.

Overige aanbevelingen

- Neem de keuze om de grote emplacementen om te bouwen niet op in de programmabeslissing, maar neem hier te zijner tijd een apart besluit over. Het loskoppelen van de ombouw van de grote emplacementen en de programmabeslissing creëert de optie om deze emplacementen niet om te bouwen wanneer dit later onwenselijk blijkt.
- Onderzoek in hoeverre goederenvervoerders financieel kunnen worden ondersteund bij de kosten die zij moeten maken voor het (opnieuw) ombouwen van materieel. Neem het economisch nut (e.g. levensvatbaarheid vervoerder, resterende levensduur materieel) van deze compensatie hierin mee. Doe dit in de context van een sectorbrede analyse van kosten en stimuleringsmaatregelen door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat; het Programma kan dit faciliteren.
- Betrek regionale vervoerders intensiever bij besluitvorming op onderdelen die hun operatie zullen raken zoals het ombouwen van materieel en impact ERTMS uitrol op de trajecten waarop zij rijden.
- Creëer een overzicht hoe geleerde lessen van ERTMS-uitrol in Nederland en buitenland worden geborgd in het huidige Programma. Maak regelmatig een update van dit overzicht.
- Maak expliciet de keuze, gebruik makend van de nieuwe planning, of het voldoende zin heeft om treinseries ICM en DDZ om te bouwen met ERTMS.
- Stem de haalbaarheid van de planning en kosten van materieelombouw zeer expliciet af met (voornamelijk) NS R&O en mogelijk externe leveranciers.
- Expliciteer de onzekerheid in aannames omtrent maatschappelijke baten en de daling van deze baten ten opzichte van de voorkeursbeslissing.

7.2 Samenvatting aanbevelingen met relevantie na programmabeslissing

Verder te onderbouwen/ uit te werken keuzes

- Werk de specifieke ATB vervangingsbehoefte per baanvak over tijd precies uit, om beter inzicht te krijgen in de kans en impact van de gevolgen van falende ATB technologie.
- Werk de kosten en baten van een aantal scenario's voor het wel/niet ombouwen van Amsterdam CS en Utrecht op hoofdlijnen uit. Deze inzichten zullen ook helpen bij de beslissing omtrent de overige grote emplacementen. Houd de onderlinge afhankelijkheden met PHS hierbij goed in de gaten en maak de uiteindelijke keuze in overleg met het PHS-programma.
- Voor specifieke plekken verder onderbouwen van noodzaak uitrol ERTMS op NCBG. Weeg hierin de kosten- en baten en operationele impact tegen elkaar af. Dit kan niet generiek worden gedaan, maar kan per locatie tot een andere conclusie leiden.
- Werk de invulling van de belangrijkste testonderdelen – zoals de leverancierstests, het testlab en het Integraal Proefbedrijf – verder uit, zodat de impact op de planning en het budget beter kan worden bepaald. Verzeker bij deze uitwerking de betrokkenheid van de aanbestedende partij bij de FAT conform de Fyra aanbeveling.
- Nader uitwerken hoe de uitrol van ERTMS op baanvak drie tot en met twaalf gaat vinden, in het bijzonder rekening houdend met de uitrol op grote emplacementen (Amsterdam en Utrecht CS) en de aansluiting van grensovergangen met België en Duitsland. Dit zijn lastige trajecten waar veel tijd in kan gaan zitten.

Overige aanbevelingen

- Sorteert optimaal voor, vooral in de aanbesteding, op toekomstige level 3 technologie door infra (RBC) en materieel (integriteit) te voorzien van de vereiste technologie voor zover beschikbaar
- Bepaal een lange termijn strategische visie op treinmaterieel/technologie om toekomstige ERTMS keuzes (bijvoorbeeld uitrol ATO, updates van baseline, verdere uitrol van ERTMS in Nederland) daar op aan te laten sluiten. Deze visie zou moeten worden opgesteld vanuit de hele spoorsector.
- Valideer of de testplanning voldoende rekening houdt met mogelijke vertraging door toelatingstesten en te verwachten 'kinderziektes' van een nieuwe Baseline 3 technologie. Wanneer dit onvoldoende is opgenomen moet de planning worden herzien.
- Neem ERTMS als voorwaarde op in eerstvolgende concessies voor regionale vervoerders, als er besloten wordt om daar ERTMS toe te passen.
- Creëer een volledig beeld van de verandering in iedere kostenpost op basis van alle impliciet en expliciet gemaakte keuzes sinds de voorkeursbeslissing. Neem hierin mee welke posten nog potentiële risico's tot verdere kostenstijgingen bevatten.
- Ga actiever op zoek naar mogelijkheden om kosten te verlagen, onder andere gebruik maken van Design-to-Cost technieken. Denk hierbij zowel aan creatieve oplossingen als het tegen het licht houden van gemaakte keuzes.
- Betrek de experts op het gebied van cybersecurity van alle partijen expliciet bij de aanbesteding en contracteringsfase, besteed hierbij specifiek aandacht aan de goederenvervoerders/leasemaatschappijen.
- Treed met I&W in overleg over een landelijk beleidskader om cybersecurity van treinverkeer in Nederland te garanderen op een niveau als voor bijvoorbeeld vliegverkeer of energievoorziening.
- Werk de mogelijke impact uit van een vertraging van de retrofit van het materieel op het opleidingsplan van machinisten en neem indien nodig maatregelen om dit risico te mitigeren.
- ProRail moet eerder starten met het uitrollen van deze waarde-toevoegende functionaliteiten ("groene golf", ATO, rijden met langere treinen). Dit valt buiten de scope van het Programma ERTMS, maar moet hier wel op worden afgestemd.

7.3 Overzicht geïnterviewde experts

Naam	Functie
Arjen de Boer	Contractmanager van ProRail
Arjen Lenten	Consultant MoKa en BuCa van Springs Mobility
Arjen Zoeteman	Manager programma 3kV van ProRail
Bart Hoogcarspel	Beleidsadviseur afdeling Veiligheid van ProRail
Bart van der Berg	Projectleider Risico- & Kansenmanagement van Twynstra Gudde
Emile Martens	Medewerker OPTM Configuratiemanagement en Kaderstelling van 3iConsultancy, via NS
Ernst Cramer	Manager Omgevingsmanagement van NS
Esme Kalshoven	Liaisonmanager van NS
Everard van Rees	Testmanager van Movares
Frits van der Laan	ERTMS kennisknooppunt
George Nagel	Werkstroommanager OPTM Materieel van Ricardo, via NS
Gérard Hoeberigs	Werkstroommanager OPTM Configuratiemanagement van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstraat
Hans van Zandvoort	Systeemspecialist POS van ProRail
Hans-Willem Vroon	Goederenvervoerders van RailGood
Hella van Veen	Manager informatiemanagement en architectuur logistiek van ProRail
Hellen van Dongen	Directeur Openbaar vervoer en spoor van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstraat
Henri van Houten	Systeemmanager ERTMS van ProRail
Henrico Plantinga	Tendermanager van ProRail
Henrik Koelewijn	Rail Systems Engineer van ProRail
Herman Tijmsma	Adviseur Veiligheid Verkeersleiding van ProRail
Hugo van den Berg	Omgevingsmanager van ProRail
Jaap Balkenende	Manager programma PHS van ProRail
Jack Korndörffer	Adviseur van NS
Jaco Schoonen	Systeemspecialist POS van ProRail
Jeroen Klinkers	Werkstroommanager OPTM Systeemintegratie en Migratie van ProRail
Jeroen van Bergenhenegouwen	Beleidsadviseur van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstraat
John Voppen	COO van ProRail
Joost van Gennip	Programmamanager Instandh./Voorber. Vervoer van NS
Karel van Gils	Directeur Asset Management van ProRail
Kees van Gent	Medewerker Vervoer en Dienstregeling - Vervoersanalyse en Capaciteitsontwikkeling van ProRail
Leo van der Geest	Projectmanager Kijfhoek-Roosendaal van ProRail
Marcel Hendriks Boers	ERTMS MT Systeemintegratie van ProRail
Markus Bertam	Managing Director van LTE Nederland
Merel Remkes	Liaisonmanager van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstraat
Miech Groeneveld	Manager POS Nieuwe Techniek van ProRail
Paul Hendriks	Manager Treinbeveiligingssystemen van ProRail

Peter Brugts	Expert interoperabiliteit spoorwegen van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstraat
Peter Scheffel	Manager OPTM en Werkstroommanager OPTM GIS van ProRail
Peter Wilms	Liaisonmanager Goederenvervoerders van WHB Rail Management
Pieter de Munck	Liaisonmanager van Arriva
Reinoud Liefing	Projectleider Gebruikersaspecten van NS
Rutger Meijer	Medewerker OPTM.3 van ProRail
Tjalling Smit	CCO van NS
Wendi Mennen	Werkstroommanager OPTM KIS van Incensio
Willem de Graaf	Contractmanager van Rijkswaterstaat
Wim Knoppers	Programma directeur ERTMS van ProRail
Xaf Utberg	Systeemintegrator van Leigh Fischer, via IenW

7.4 Eindnoten

-
- ⁱ EU verordening Nr. 1315/2013 en 1316/2013, Europees Parlement en de Raad, 11 december 2013
- ⁱⁱ Gebaseerd op de expertise van Manager bij ProRail
- ⁱⁱⁱ Brief Alstom *naleverbaarheid ATB NG*, 18 november 2016
- ^{iv} ProRail Raildocs, IXL Indeling v 8.2, E. van Goor (beheerder)
- ^v Notulen *PVT: ATB-NG: Overleg met Alstom over status en leveringen*, (concept), Leo van der Geest, 5 juli 2017
- ^{vi} EU verordening Nr. 1315/2013 en 1316/2013, Europees Parlement en de Raad, 11 december 2013
- ^{vii} Budgettaire offertes voor level 3 hybride, Henri van Houten (eigenaar)
- ^{viii} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS bij ProRail en medewerkers OPTM
- ^{ix} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS bij ProRail
- ^x Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS bij ProRail en medewerkers OPTM
- ^{xi} Budgettaire offertes voor level 3 hybride, Henri van Houten (eigenaar)
- ^{xii} Gebaseerd op de expertise van medewerker OPTM
- ^{xiii} Gebaseerd op de expertise van medewerker OPTM
- ^{xiv} Gebaseerd op de expertise van medewerker OPTM
- ^{xv} Veiligheidsdatabase ProRail, geraadpleegd door Bart Hoogcarspel op 26 november 2017
- ^{xvi} Gebaseerd op de expertise van medewerker veiligheid van ProRail
- ^{xvii} Gebaseerd op de expertise van medewerkers OPTM
- ^{xviii} Gebaseerd op de expertise van medewerker OPTM
- ^{xix} Uittreksel *Fasering 2015/2016 vs klanthinder*, Versie 1 (definitief), Mark Oldenziel, Robert Degenhart en Jeroen Klinkers, 31 oktober 2014
- ^{xx} Gebaseerd op de expertise van medewerker OPTM
- ^{xxi} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS bij ProRail en medewerkers OPTM
- ^{xxii} *ERTMS/GSM-R verkeersanalyse*, Versie 1.6, Jos Nooijen, Rik Nagtegaal en Erik Aarts, 23 december 2016
- ^{xxiii} Gebaseerd op de expertise van medewerker OPTM
- ^{xxiv} *GSM-R in documenten PB*, Versie 0.8 (concept), Wendi Mennen, 13 november 2017
- ^{xxv} Incident registratie NCBG 2008-2016, Bart Hoogcarspel
- ^{xxvi} Gebaseerd op de expertise van manager bij NS
- ^{xxvii} *Aanbesteding- en Contracteringstrategie Programma ERTMS*, versie 2.0 (definitief), Schrijfteam ACS, 25 september 2017
- ^{xxviii} Gebaseerd op de expertise medewerker betrokken bij contractering
- ^{xxix} *Aanbesteding- en Contracteringstrategie Programma ERTMS*, versie 2.0 (definitief), Schrijfteam ACS, 25 september 2017
- ^{xxx} *Aanbesteding- en Contracteringstrategie Programma ERTMS*, versie 2.0 (definitief), Schrijfteam ACS, 25 september 2017
- ^{xxxi} Gebaseerd op de expertise van de BCG-expert op het gebied van ERTMS
- ^{xxxii} *Aanbesteding- en Contracteringstrategie Programma ERTMS*, versie 2.0 (definitief), Schrijfteam ACS, 25 september 2017
- ^{xxxiii} Gebaseerd op de expertise van medewerker POS bij ProRail
- ^{xxxiv} Gebaseerd op de expertise van medewerker betrokken bij contractering
- ^{xxxv} Gebaseerd op de expertise van medewerker POS bij ProRail
- ^{xxxvi} Gebaseerd op de expertise van medewerker betrokken bij contractering
- ^{xxxvii} *Aanbesteding- en Contracteringstrategie Programma ERTMS*, versie 2.0 (definitief), Schrijfteam ACS, 25 september 2017
- ^{xxxviii} *Aanbesteding- en Contracteringstrategie Programma ERTMS*, versie 2.0 (definitief), Schrijfteam ACS, 25 september 2017
- ^{xxxix} *Onboard challenges force Danish ERTMS rethink*, International Railway Journal, 1 december 2017
- ^{xl} Gebaseerd op de expertise van Liaisonmanager
- ^{xli} Overkoepelend contracteringsplan infra, versie 3.0 (definitief), Henrico Plantinga, 12 juli 2017
- ^{xlii} Gebaseerd op de expertise van medewerker betrokken bij contractering
- ^{xliiii} Gebaseerd op de expertise van medewerker betrokken bij contractering
- ^{xliiii} Gebaseerd op de expertise van medewerker betrokken bij contractering
- ^{xliii} Gebaseerd op de expertise van medewerker betrokken bij contractering
- ^{xliiii} Gebaseerd op de expertise van medewerker betrokken bij contractering
- ^{xliiii} Gebaseerd op de expertise van medewerker betrokken bij contractering
- ^{xliv} *ERTMS Systeemintegratiestrategie*, versie 4.4 (concept), N. Govers en Jeroen Klinkers, 28 juli 2017
- ^{xlvi} *Integrale Teststrategie ERTMS*, versie 4.94 (concept), Frits van der Laan, 11 oktober 2017

-
- xlvii *Migratiestrategie*, versie 4.4 (laatste concept), H Leerkes en N Govers, 3 oktober 2017
- xlviii *Parlementair onderzoek Fyra*, (definitief), Parlementaire enquêtecommissie Fyra, 28 oktober 2015
- xlivix Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^l *VTO Inrichten en beheren van een testlab voor Integratie en Validatie*, Versie 0.6 (voorstel), Everard van Rees en Patrick Alberts, 31 januari 2017
- ^{li} Gebaseerd op de expertise van de Liaisonmanager
- ^{lii} *Teststrategie ERTMS*, versie 1.0 (concept), Everard van Rees, Michiel van Loon en Jean-Pierre van Eekelen, 14 maart 2017
- ^{liii} Gebaseerd op de expertise van de medewerkers OPTM
- ^{liv} *Parlementair onderzoek Fyra*, (definitief), Parlementaire enquêtecommissie Fyra, 28 oktober 2015
- ^{lv} Beslismemo *Klanthinder*, versie 0.5 (concept), Peter Scheffel en Jeroen Klinkers
- ^{lvi} *Uitrolstrategie ERTMS*, (definitief), Programma ERTMS, 2016
- ^{lvii} *Uitrolstrategie ERTMS*, (definitief), Programma ERTMS, 2016
- ^{lviii} *ERTMS impactstudie machinisten*, versie 1.0 (definitief), R. van der Weide, C.E. Weeda, F.S. van den Bergh, H. de Kort en R. Bodok, 27 mei 2016; *Stap 6 Antwoord Onderzoeksvraag Vraag 10.12*, Versie 1C (Concept), H. Polet, M.P. Zeilstra en G.D.R. Zon, 16 april 2015
- ^{lix} *Maatschappelijke Kosten-batenanalyse ERTMS*, µConsult, 12 maart 2014
- ^{lx} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxi} *Effecten van ERTMS: Actualisatie 2017*, versie 1.1 t.b.v. review (Definitief), Wim Spit – Ecorys, 18 april 2017
- ^{lxii} *Kostenrapport ERTMS t.b.v. kostenramingen Programmabeslissing ERTMS*, versie 1.0 t.b.v. review moederorganisaties (Definitief), Peter Deen, André Mast, Wim Vrooland, Rob de Jongh, Dick van Hof en Arjen Lenten, 4 mei 2017
- ^{lxiii} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxiv} Gebaseerd op de expertise van medewerker OPTM
- ^{lxv} Gebaseerd op de expertise van medewerker OPTM
- ^{lxvi} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxvii} *Effecten van ERTMS: Actualisatie 2017*, versie 1.1 t.b.v. review (Definitief), Wim Spit – Ecorys, 18 april 2017
- ^{lxviii} *Effecten van ERTMS: Actualisatie 2017*, versie 1.1 t.b.v. review (Definitief), Wim Spit – Ecorys, 18 april 2017
- ^{lxix} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxx} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxxi} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxxii} *Voorkeursbeslissing ERTMS en Railmap 3.0/Nota Alternatieven*, (Definitief), Wilma Mansveld – Staatssecretaris – Ministerie I&M, 11 april 2014
- ^{lxxiii} *Kostenrapport ERTMS t.b.v. kostenramingen Programmabeslissing ERTMS*, versie 1.0 t.b.v. review moederorganisaties (Definitief), Peter Deen, André Mast, Wim Vrooland, Rob de Jongh, Dick van Hof en Arjen Lenten, 4 mei 2017
- ^{lxxiv} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxxv} *Kostenrapport ERTMS t.b.v. kostenramingen Programmabeslissing ERTMS*, versie 1.0 t.b.v. review moederorganisaties (Definitief), Peter Deen, André Mast, Wim Vrooland, Rob de Jongh, Dick van Hof en Arjen Lenten, 4 mei 2017
- ^{lxxvi} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxxvii} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxxviii} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxxix} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxxx} Gebaseerd op de expertise van medewerker ERTMS
- ^{lxxxi} Gebaseerd op de expertise van medewerker Strategie van ProRail
- ^{lxxxii} *Memo Synergie-kansen ERTMS met raakvlak-projecten*, Hugo van den Berg, 20 augustus 2017
- ^{lxxxiii} Gebaseerd op de expertise van de Omgevingsmanager en de Rail Systems Engineer van ProRail
- ^{lxxxiv} *Risicodossier ERTMS Realisatiefase*, Bart van den Berg, 15 november 2017
- ^{lxxxv} Gebaseerd op de expertise van medewerker omgevingsmanagement bij ProRail, medewerker ERTMS en programmamanager
- ^{lxxxvi} Gebaseerd op de expertise van medewerker omgevingsmanagent en programmamanager
- ^{lxxxvii} Gebaseerd op de expertise van mederwerker OPTM

-
- ^{lxxxviii} *Cybersecurity kader “Kader voor de inrichting van cybersecurity binnen het programma ERTMS.”*, versie 2.0 (definitief), Hans Willemsen – cybersecurity werkgroep – Programma ERTMS, 30 augustus 2017
- ^{lxxxix} Gebaseerd op de expertise van voormalige ERTMS medewerker
- ^{xc} Gebaseerd op de expertise van medewerker POS van ProRail
- ^{xcⁱ} Gebaseerd op de expertise van medewerker POS van ProRail
- ^{xcⁱⁱ} Gebaseerd op de expertise van de BCG-expert op het gebied van ERTMS
- ^{xcⁱⁱⁱ} Gebaseerd op de expertise van Liaisonmanager
- ^{xc^{iv}} Gebaseerd op de expertise van de BCG-expert op het gebied van ERTMS
- ^{xc^v} Gebaseerd op de expertise van de BCG-expert op het gebied van ERTMS
- ^{xc^{vi}} Gebaseerd op de expertise van Liaisonmanager
- ^{xc^{vii}} Gebaseerd op de expertise van de BCG-expert op het gebied van ERTMS
- ^{xcviii} *Cybersecurity kader “Kader voor de inrichting van cybersecurity binnen het programma ERTMS.”*, versie 2.0 (definitief), Hans Willemsen – cybersecurity werkgroep – Programma ERTMS, 30 augustus 2017
- ^{xcix} Gebaseerd op de expertise van voormalige ERTMS medewerker
- ^c Gebaseerd op de expertise van voormalige ERTMS medewerker
- ^{ci} Gebaseerd op de expertise van medewerker POS van ProRail
- ^{cⁱⁱ} Presentatie *Stap 3b – Impact analyse S&O*, Jack Korndörffer, 8 november 2017
- ^{cⁱⁱⁱ} Gebaseerd op expertise medewerkers NS
- ^{c^{iv}} Gebaseerd op expertise medewerker NS
- ^{c^v} Gebaseerd op expertise medewerkers NS
- ^{c^{vi}} Gebaseerd op expertise medewerker ERTMS
- ^{c^{vii}} Gebaseerd op expertise medewerker ERTMS
- ^{c^{viii}} European Deployment Plan, versie 5 januari 2017
- ^{c^{ix}} Gebaseerd op de expertise van Liaisonmanager
- ^{c^x} Gebaseerd op de expertise van medewerker van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstraat
- ^{c^{xi}} Gebaseerd op expertise medewerker omgevingsmanagement van ProRail
- ^{c^{xii}} *Uitrolstrategie ERTMS*, (definitief), Programma ERTMS, 2016
- ^{c^{xiii}} Gebaseerd op expertise medewerker omgevingsmanagement van ProRail
- ^{c^{xiv}} *Uitrolstrategie ERTMS*, (definitief), Programma ERTMS, 2016
- ^{c^{xv}} Gebaseerd op expertise medewerker van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstraat
- ^{c^{xvi}} *Uitrolstrategie ERTMS*, (definitief), Programma ERTMS, 2016
- ^{c^{xvii}} Memo *Internationale Corridors*, (Definitief concept), Gert van den Heuvel, 7 juni 2016
- ^{c^{xviii}} Gebaseerd op expertise medewerker van ProRail