

Een onderzoek naar verschillende opties voor systemen die 160 km/uur mogelijk maken

Een onderzoek naar tijdelijke maatregelen ten behoeve van snelheidsverhoging op de baanvakken Den Haag-Schiphol, Amsterdam-Utrecht, Weesp-Lelystad en Boxtel-Eindhoven

Inhoudsopgave

1. Opdracht.....	3
2. Overwegingen.....	3
3. Aanpak	4
4. Toetsingskader.....	5
5. Beschrijving van de verschillende alternatieve oplossingen	9
6. Vergelijking alternatieven en conclusie	21
7. Conclusie en Discussie.....	24
Bijlage 1: kort overzicht treinbesturingsmethodes en -technieken.....	25
Bijlage 2: methodische innovatie besturingselement “dienstregeling”	27
Bijlage 3 : Geraadpleegde literatuur	28

1. Opdracht

Het ministerie van Verkeer en Waterstaat heeft de sectie Veiligheidskunde van de TU Delft opdracht gegeven tot een onderzoek naar de haalbaarheid van verhoging van de maximum snelheid van treinen tot 160 km/u op vier trajecten, te weten Den Haag – Schiphol , Amsterdam Bijlmer – Utrecht , Weesp – Lelystad en Boxtel – Eindhoven. Aanleiding hiervoor is de toezegging van de minister van Verkeer en Waterstaat aan de Tweede Kamer voor het uitvoeren van een onafhankelijk onderzoek naar de opties ATB code 147, ATB Code Groen, ATBL-NL en Euro-ATBM+¹.

Het doel is van de opdracht is, een “second opinion” te geven omtrent de afweging van de voorgestelde alternatieven en de overwegingen waarop die zijn gebaseerd.

2. Overwegingen

De basisvraag is of- en zo ja hoe – alle snelheidstrappen, inclusief de nieuw toegevoegde, moeten worden bewaakt door een of meer hulpsystemen. Zo'n hulpsysteem kan geheel autonoom zijn zoals bij ATB vormen het geval is dan wel deels berusten op het verstrekken van informatie aan de machinist die vervolgens correct op die informatie moet reageren. Automatische bewaking is momenteel de norm voor machinisten en de introductie van een of meer snelheidstrappen die alleen via het, weliswaar ondersteunde, gedrag van de machinist worden bewaakt vergt aanpassing van diens gedrag en introduceert enige extra onzekerheid..

Alhoewel er nog de nodige onzekerheden bestaan over de termijn en schaalgrootte waarop ERTMS/ETCS² in Nederland verder³ wordt geïmplementeerd⁴, wordt dit systeem door veel organisaties wel beschouwd als “het systeem van de toekomst”. De scope van dit onderzoek betreft dan ook *tijdelijke* maatregelen om de potentiële voordelen van een hogere snelheid van 160 km/u eerder te kunnen realiseren. Hoe lang die tijdelijke termijn zal zijn is echter niet duidelijk. Die zou bijvoorbeeld 10 jaar kunnen zijn. Dat heeft tot gevolg dat ook rekening gehouden moet worden met de compatibiliteit van het tijdelijke systeem met ERTMS/ETCS want als dit tijdelijke systeem ander gedrag vergt dan ERTMS/ETCS kunnen er problemen ontstaan met (af)leren van besturingsacties van de machinist.

Ook beïnvloedt de tijdelijke periode de hier genoemde “toekomstvastheid” van de oplossing: als een oplossing niet compatibel is met uiteindelijke ERTMS maar de afschrijving over een lange tijdelijke periode kan plaatsvinden is die oplossing beter haalbaar

IVW heeft, op basis van een risicoanalyse, geconcludeerd⁵ dat de bewaking van zowel de nieuwe, verhoogde, maximum snelheid als alle bestaande snelheidstrappen gewenst is als gevolg waarvan er een aantal alternatieve mogelijkheden is geformuleerd om die snelheidsbewaking vorm te geven.

De verhoging van de maximum snelheid tot 160 km/u is vooral gemotiveerd door mogelijke winst in reistijd waarbij er kennelijk van wordt uitgegaan dat het mogelijk maken van die snelheidsverhoging ook (vrij) zeker tot reductie van de reistijd moet leiden: er zijn in de beschikbare documentatie geen overwegingen aangetroffen ten aanzien van het zeker stellen

¹ lit. [10]

² ERTMS=European Rail Traffic Management System, ETCS=European Train Control System

³ na de Betuweroute, HSL-Zuid, Amsterdam-Utrecht en Hanzelijn

⁴ zie onder andere de brief van de minister van Verkeer en Waterstaat aan de Tweede Kamer d.d. 14 juli 2009 over maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) over de implementatie van ERTMS, kamerstuk 29893, nr. 86

⁵ literatuur [9]

van die winst en hoe de alternatieven daaraan wel of niet bijdragen. Toch moet dit o.i. worden beschouwd als een belangrijk punt van overweging niet alleen vanwege de reistijdverkorting maar ook omdat de bedoelde toename van de rijsnelheid gepaard gaat met een flinke toename van het energiegebruik (de energie toename van 140 km/u naar 160km/u bedraagt ca 30%). Als de reistijdwinst om welke reden dan ook verloren gaat, kan dat dus ook een vergroting van het energieverlies betekenen als het betrokken materieel niet is ingericht op terugleveren van energie bij remmen.

3. Aanpak

Om de beschikbare alternatieven systematisch te beoordelen wordt eerst een kader van criteria geformuleerd dat, voor zover daar informatie over bestaat, op al die alternatieven wordt toegepast. Analoog aan de reeds uitgevoerde studies, in het bijzonder [8] en [9], zullen de geschatte kosten van invoering en de beheersbaarheid van mogelijke risicotoename deel uitmaken van de criteria.

Daarnaast is ook een criterium toegevoegd waarbij beoordeeld wordt of- en in welke mate het betreffende alternatief naar verwachting ook daadwerkelijk tot reistijdverkorting kan leiden.

De gehanteerde informatie voor de beschrijving en beoordeling van de verschillende alternatieven is grotendeels overgenomen uit beschikbare bronnen. In de bijlage 3 is de hiervoor geraadpleegde literatuur opgesomd. Het karakter van dit onderzoek is dan ook in sterke mate inventariserend, vergelijkend en consoliderend op basis van “desk research”. Daar waar sprake is van een andersluidende expert’s opinion of waar de verschillende bronnen niet tot gelijke beoordeling komen is dit expliciet aangegeven.

4. Toetsingskader

Teneinde de afweging tussen diverse alternatieve oplossingen eenvoudig te maken zijn de aspecten die moeten worden vergeleken in tabellen weergegeven. In lijn met de in het Algemeen Overleg van 24 september 2009 genoemde afwegingsaspecten en met de eerdere studies van ProRail (literatuur [8]) en van IVW (literatuur [9]) worden hier de volgende beoordelingscriteria gehanteerd:

1. realiseerbaarheid reistijdverkorting
2. realiseerbaarheid concept
3. veiligheidsrisico's
4. kosten
5. toekomstvastheid
6. planning van de realisatie

Hieronder worden deze beoordelingscriteria nader toegelicht, inclusief betekenis van de verschillende notaties en “scores” in de tabellen.

1. Realiseerbaarheid reistijdverkorting

In principe kan reistijdverkorting door middel van snelheidsverhoging op de vrije baan ook reistijdverkorting van station tot station voor de treinreiziger opleveren. Er spelen echter een aantal factoren een rol die bepalen of de potentiële reistijdverkorting ook werkelijk kan worden gerealiseerd. Als een traject druk bereden wordt door gemengde types verkeer (stoptreinen, intercity's en vrachttreinen, zoals bijvoorbeeld Boxtel-Eindhoven) kunnen snel kleine vertragingen ontstaan die tot verlies van reistijd leiden. Dit effect is groter naarmate het betreffende traject korter is omdat de mogelijke reistijdwinst hier beperkt is en van dezelfde orde van grootte is als de vertragingen. Als dus niet tegelijkertijd de planning en de verkeersafwikkeling in de knelpunten (doorgaans de wisselstraten bij stations) worden aangepast, kan de tijdswinst op de hier beschouwde trajecten snel deels teniet worden gedaan. De tijdswinst op de vrije baan op de beschouwde 4 baanvakken is opgegeven als ca 1,5 minuut⁶ en daarom zal de feitelijke verbetering waarschijnlijk alleen te bereiken zijn met een *afgewogen concept van afstemming van de planning en betere regeling van de trainsnelheid op de vrije baan*. Daartoe moet de machinist over veel betere, actuele, informatie kunnen beschikken over de geplande en feitelijke positie van de trein. Het huidige systeem van treinbesturing voorziet hier niet in (zie bijlage 1: het huidige concept van treinbesturing is beschreven in optie 5).

Dit laatste is nodig ook om een planning met minder speling, en daarmee de ambities voor hogere vervoerfrequenties, werkelijk nauwkeurig te kunnen realiseren en daardoor ongeplande stilstand voor knelpunten zoveel mogelijk wordt vermeden. Een van de mogelijke mechanismen om die snelheidsbeheersing te verbeteren is om de machinist voortdurend in staat te stellen zijn feitelijke plaats en tijd te relateren aan de planning. ATB variaties vormen alleen een vangnet voor snelheidsafwijkingen maar geven dit soort informatie niet.

De concepten voor reistijdverkorting zullen tegen deze achtergrond worden beoordeeld. Het is echter een grove maat die in de tabel met de volgende notaties wordt aangegeven:

- 0 = geen garantie voor reistijdverkorting
- + = (enige) garantie voor reistijdverkorting.

⁶ kamerstuk 29984, nr. 82, 18 december 2006

2. Realiseerbaarheid concept

De realiseerbaarheid van de betreffende optie hangt van verschillende aspecten af zoals technische beperkingen, de acceptatie door de spoorsector of formele bezwaren.. Ook benodigde tijd van realisatie wordt hierin meegewogen als die zeer goed of slecht is..

De score die gehanteerd wordt luidt als volgt:

- = systeem dat op een of meer punten niet voldoet

0 = systeem dat alle punten voldoet maar geen speciale voordelen biedt

+ = systeem dat op een of meer punten voordeel oplevert

3. Veiligheidsrisico's

Ook de mogelijke veranderingen in veiligheidsrisico's zijn een belangrijk beoordelingscriterium voor de alternatieven. De meest gebruikte formulering van risico's omvat het vaststellen van alle denkbare *risicoscenario's* met een aan elk scenario gekoppelde *kans van optreden* en een bepaalde *resulterende ernst*.

Het probleem van de beschikbare documentatie is, dat risicoanalyses [9] onvolledig zijn doordat de mate waarin bestaande, kennelijk geaccepteerde, risico's veranderen niet wordt bepaald. Dit leidt er toe dat grote en kleine toenames in diverse risico's even zwaar worden gewogen waardoor elke veronderstelde verandering aanleiding tot maatregelen wordt.

Het is niet duidelijk of de conclusie dat alle snelheidstrappen op enige wijze bewaakt moeten worden anders zou zijn bij een meer gedifferentieerde analyse. Voor het doel van dit onderzoek lijkt het ontbreken van meer gedetailleerde gegevens omtrent de kwantitatieve risicoveranderingen niet relevant, en daarom zal dit uitgangspunt voor dit doel gehanteerd blijven.

Verder is een belangrijk, maar niet beschreven, veiligheidsrisicoscenario de (on-)mogelijkheid van het systeem om adequaat met tijdelijke snelheidsbeperkingen om te gaan. Dit betreft bijvoorbeeld het treinongeval bij Hoofddorp van 30 november 1992. Hierbij is een trein met veel te hoge snelheid over een stuk spoor gereden waar de snelheid i.v.m. werkzaamheden sterk beperkt was. De daaropvolgende ontsporing had 5 doden tot gevolg.

Een andere, en nog vaker voorkomende, situatie [15] betreft storingen van overwegen waardoor die tijdelijk met sterk gereduceerde snelheid moeten worden gepasseerd. Hoewel niet per se relevant voor de beschouwde trajecten geeft ook dit risicoscenario mede aanleiding om ongevallen bij tijdelijke snelheidsbeperkingen mede te bezien. Omdat een trein bij 160 km/u nog ca 30% meer energie bevat dan bij huidige snelheden kan een dergelijk ongeval nog veel ernstiger zijn. Bovendien moet een remming aanzienlijk eerder worden ingezet om zo'n ongeval te voorkomen. In het algemeen zal de adequate beheersing van een dergelijk veiligheidsrisico alleen gegarandeerd kunnen worden bestreden als de tijdelijke snelheidsbeperking in het ATB-systeem wordt opgenomen. Dat is echter ingrijpend en gebeurt daarom niet altijd. Aanpassingen in beveiligingssystemen zijn immers in het algemeen ingrijpend, en om die reden worden deze voor tijdelijke situaties veelal niet doorgevoerd. Waar het voor een adequate handhaving van de veiligheid dan om gaat is de vraag of het beschouwde systeem alsnog mogelijkheden biedt om de machinist tijdig te waarschuwen.

Apart hiervan speelt ook een rol of het betreffende alternatief fail-safe is, d.w.z. dat bij enigerlei falen van het systeem er altijd wordt teruggegaan naar een veilige treintoestand (laag en beheersbaar energieniveau).

In de beoordeling van de veiligheid is er steeds van uitgegaan dat de beoordeling neutraal (0) wordt gegeven als de volledige, fail-safe, functionaliteit van het ATB-EG⁷-systeem blijft bestaan voor *alle gebruikers van het spoor*, dus ook voor de treinen die niet sneller gaan rijden. De verschillende opties kunnen dat veiligheidsniveau vervolgens uitbreiden of beperken. De uitbreiding van de veiligheid kan door toevoeging van bijvoorbeeld ATB-Vv⁸-functionaliteit. De beperking vooral door toevoeging van niet-fail-safe systemen. In de tabellen is dit aspect dan ook als volgt samengevat:

- = systeem met niet-fail-safe componenten
- 0 = systeem met ATB-EG functionaliteit en fail-safe
- + = systeem met uitgebreidere functionaliteit en fail-safe

4. Kosten

Ten aanzien van de beoordeling van de kosten zijn met name de schattingen van ProRail (in het bijzonder lit. [8]) en IVW (in het bijzonder lit. [9]) overgenomen. Die kosten betreffen de aanleg-, inbouw- en ombouwkosten in zowel materieel als infrastructuur. Voor alle alternatieven geldt dat er ten behoeve van snelheidsverhoging naar 160 km/u een basispost nodig is voor de aanpassing van borden en eventueel wissels etc. in de infrastructuur. Deze post wordt door ProRail geschat op 2 – 4 M€⁹. Deze kosten zijn niet onderscheidend voor de verschillende alternatieven. Daarbovenop komen de kosten van het betreffende alternatief., die in de verschillende tabellen zijn weergegeven in M€. Voor de kosten van beheer en onderhoud is conform de ProRail-rapportage¹⁰ het uitgangspunt gehanteerd dat deze niet onderscheidend en maatgevend zijn voor de systeemkeuze.

5. Toekomstvastheid

Naast de hoogte van de directe kosten is de toekomstvastheid (kapitaalvernietiging) van belang voor de beoordeling en dit wordt daarom als apart criterium opgevoerd. Kapitaalvernietiging vindt plaats als er systemen of systeemelementen worden gebruikt die niet in het uiteindelijke ERTMS kunnen worden opgenomen. Hierbij is, zoals eerder aangegeven, wel van belang hoe lang de tijdelijke oplossing moet worden gebruikt: als die periode bijvoorbeeld 10 jaar bedraagt moet de toekomstvastheid veel hoger worden ingeschat dan wanneer ERTMS op het betreffende traject op veel kortere termijn wordt ingevoerd (behoudens normale afschrijving). Toekomstvastheid is hiermee een tamelijk variabel en grof criterium. Bovendien moeten de voordelen ten aanzien van toekomstvastheid met betrekking tot ERTMS bezien worden in het licht van de vele onzekerheden die er nog zijn rondom ERTMS. Alhoewel op conceptueel niveau geanticipeerd kan worden op ERTMS is er nog altijd een substantieel risico dat dergelijke investeringen beperkte levensduur hebben, mede vanwege de kortere “lifecycle” van dergelijke ICT-systemen. Daarbij moet wel worden bedacht dat de beperking zich vaker voordoet in “software”, die vaker wordt aangepast, dan in “hardware” zoals bakens, gps ontvangers en gsm apparatuur.

In de tabellen is die als volgt aangegeven:

- = vrij zeker afschrijvingsverlies door veel niet-ERTMS-componenten
- 0 = verlies vooral afhankelijk van invoeringstermijn ERTMS
- + = weinig verlies door compatibiliteit met ERTMS

⁷ Automatische TreinBeïnvloeding Eerste Generatie

⁸ ATB Verbeterde versie

⁹ lit. [9], paragraaf 2.4

¹⁰ lit. [8], paragraaf 3.8

6. Planning van de realisatie

Relevant voor de bruikbaarheid van een alternatief is de tijd die nodig is om de betreffende optie volledig operationeel te maken. Als die periode relatief lang is, bijvoorbeeld ca. 5 jaar, wordt niet alleen het moment vanwaar tijdwinst kan worden gehaald uitgesteld, maar bovendien de periode tot invoering van ERTMS zoveel korter gemaakt. De toekomstvastheid kan dan ook hieraan gekoppeld zijn. Ook hier zijn de schattingen van IVW¹¹ overgenomen en in de tabellen als volgt op een “3-puntsschaal” aangegeven:
> 5 jaar, 2 – 5 jaar en 1-2 jaar

¹¹ lit. [9]

5. Beschrijving van de verschillende alternatieve oplossingen

In lijn met het Algemeen Overleg met de Tweede Kamer van 24 september 2009 en conform de opdracht van het ministerie van Verkeer en Waterstaat is snelheidsverhoging naar 160 km/u door middel van de aanleg van ERTMS/ETCS buiten beschouwing gelaten. Hieronder worden de volgende alternatieve oplossingen beschreven aan de hand van de voor de beoordeling maatgevende kenmerken:

1. ATB code 147
2. ATB code groen (met verschillende opties van maatregelen ter beheersing van de veiligheidsrisico's)
3. ATBL-NL
4. EURO ATBM+

1. ATB code 147.

Beknopte beschrijving

Dit alternatief is in staat alle snelheidstrappen automatisch te bewaken. Het omvat het aanpassen van de apparatuur in de trein waarbij de ATB code 147, nu gekoppeld aan snelheidstrap 80 km/u, wordt verbonden met snelheidstrap 160 km/u. Het is per trein een kleine ingreep. Ook moeten de zogenaamde ATB-codegeneratoren in de infrastructuur hiervoor worden aangepast.

Toekomstvastheid

Deze optie lijkt een functioneel aantrekkelijk alternatief omdat de bestaande ATB-functies worden gebruikt. Deze is echter maar in beperkte mate toekomstvast, omdat vrijwel alle kosten die voor dit alternatief gemaakt moeten worden besteed worden aan aanpassingen die niet compatibel zijn met ERTMS.

Planning realisatie en kosten

Een aanzienlijk bezwaar van dit alternatief is dat, alhoewel het een kleine ingreep per trein is, ALLE treinen, ook treinen die geen 160 km/u gaan rijden en internationale treinen, moeten worden omgebouwd. Ook moeten de ATB-codegeneratoren in de infrastructuur worden aangepast. Het vergt daardoor veel tijd, met name ook voor internationale coördinatie. Omdat deze optie niet door de EU is toegelaten¹² en bovendien een grootschalige internationale coördinatie en materieel-vrijgave vereist zal de doorlooptijd van de realisatie naar verwachting meer dan 5 jaar bedragen.

Over de kosten voor de materieelombouw schrijft de spoorsector¹³:

“.....Invoeren van ATB code 147 brengt met zich mee dat de ATB-installaties van al het spoorwegmaterieel dat in Nederland wordt gebruikt aangepast dienen te worden. Een eenmalige financiële bijdrage van € 15,5 miljoen (prijspeil 2007; +/- 25%) lijkt volgens eerder onderzoek voldoende voor zowel de materieelombouw van NS alsook van alle andere vervoerders voor alle andere in Nederland toegelaten treinen. Volledige zekerheid daarover is echter pas te geven als de uitvoerbaarheid en maakbaarheid nader is uitgewerkt.....”

Over de kosten met betrekking tot de infrastructuur schrijft de spoorsector in deze zelfde brief:

“.....Voor de drie baanvakken (Den Haag-Schiphol, Weesp-Lelystad en Boxtel-Eindhoven) uitsluitend uitgerust met ATB is eerder een bedrag van € 4,1 mio. (prijspeil 2007; onzekerheid +/- 25%) geraamd. Voor het vierde baanvak (Amsterdam-Utrecht) is in alle scenario's uitgegaan van toepassing van ERTMS voor 160 km/u en zijn geen kosten geraamd voor alternatieve oplossingen. Deze zullen alsnog moeten worden geraamd. Eerste schattingen lopen uiteen van enkele miljoenen Euro tot méér dan tien miljoen Euro.....Om kosten, doorlooptijd en hinder beter in te kunnen schatten is eveneens nader onderzoek nodig.....”

¹² Zie onder andere lit. [6] en [7].

¹³ lit. [13]

Op basis van het door IVW uitgevoerde onderzoek (paragraaf 2.4 in lit. [9]) dienen hier ca. € 2-4 miljoen kosten voor de infrastructuur bij opgeteld te worden. Voor de kosten wordt dan ook indicatief uitgegaan van meer dan € 23-34 miljoen (prijspeil 2007).

Veiligheidsrisico's

Deze optie doorbreekt de fail-safe eigenschappen van ATB, omdat hierbij een hogere frequentiecode aan een hogere snelheid wordt gekoppeld. In het ATB-systeem, dat oorspronkelijk electro-mechanisch van aard is, is juist een hogere frequentie steeds aan een LAGERE toegelaten snelheid gekoppeld, omdat falen van dit systeem tot hogere detectiefrequenties leidt. Deze oorspronkelijke electro-mechanische ATB-codegenerator worden op steeds minder plaatsen in het spoorwegnet toegepast. In 2013 zal de laatste electro-mechanische ATB-codegenerator vervangen zijn door een elektronische ATB-codegenerator. Deze elektronische codegenerator kan geen hogere code genereren waardoor een hogere snelheid zou worden toegestaan (het verlopen van de instelling is bij deze codegenerator zeer beperkt). Hierdoor zal het bezwaar dat de fail-safe-eigenschappen van het ATB-systeem worden doorbroken bij deze optie aan de 'zendzijde' (=infrastructuur) komen te vervallen. Eventuele bezwaren bij de overdracht (tractiestoorstromen, EMC, 'loss of shunt') of aan de ontvangstzijde (met name bij de oude ATB Fase 3-apparatuur) zijn echter niet uit te sluiten. Dit vereist een gedegen technisch onderzoek met 'safety case'.

Voorts zijn er geen extra mogelijkheden om tijdelijke snelheidsbeperkingen te reguleren.

Al met al leidt dit tot de beoordeling “neutraal” voor veiligheid, waarbij verondersteld is dat de hiervoor genoemde failsafe-eigenschappen middels een positieve ‘safety case’ gewaarborgd zijn.

Realiseerbaarheid reistijdverkortings !

Deze maatregel maakt weliswaar de reistijdverkortings op de vrije baan mogelijk, maar verbetert de afstemming van de snelheid op de planning niet, omdat het de machinist geen extra informatie geeft. Hierdoor wordt de haalbaarheid van reistijdwinst voor de treinreiziger twijfelachtig, hetgeen hier de score “0” oplevert.

N.B. Deze optie blijkt ook in strijd te zijn met EU regels: de systeemwijziging is in strijd met vastgestelde Klasse-B-interoperabiliteit [L - artikel 4 en punt 7.2.2.5] en de economische uitzonderingsclausule [M – overweging 20] wordt eveneens verworpen [7]

Realiseerbaarheid concept

Deze optie is gewenst door de spoorwegsector en kent geen technische bezwaren. Ook de kosten zijn redelijk binnen budget. De potentieel grote organisatorische problemen en de formele afwijzing door de EU [7] leiden hier echter toch tot een oordeel “-”.

realiseerbaarheid reistijdverkortings	realiseerbaarheid concept	beheersing (toename van) veiligheidsrisico's	kosten M€	toekomst vastheid	planning realisatie
0	-	0	>23-34 ¹⁴	-	>5

¹⁴ Naar opgave van Alstom zijn de treinzijdige kosten begroot als M€20,8 , daar komen de kosten voor wijzigingen infrastructuur bij

2. ATB code groen

Dit is een alternatief waarbij de ATB code 96 in plaats van aan een maximum snelheid van 140 km/u aan 160 km/u gekoppeld wordt. De snelheidstrap 140 km/u wordt dus niet meer onderscheiden. Aanpassing van de ATB codegeneratoren in de infrastructuur is hiervoor niet nodig. Wel is aanpassing van de treininstallaties nodig voor die treinen die 160 km/u moeten gaan rijden. Alleen daarvoor geschikte treinen kunnen daarbij 160 km/u rijden. Voor deze optie bestaan er diverse alternatieve methodes om de mogelijke veiligheidsrisico's te compenseren. Hierbij zijn *geen fail-safe alternatieven* aanwezig, maar het is de vraag of dat noodzakelijk is om een aanvaardbaar niveau van risico te bereiken of behouden.

Er doen zich bij deze varianten 3 vragen voor:

- a. hoe werkt de optie in de overgang van 140 km/u gebied naar 160 km/u gebied
- b. hoe werkt de optie in het 160 km/u gebied
- c. hoe werkt de optie in de overgang van 160 km/u naar 140 km/u

a) aangevuld met ritregistratie (“toezicht achteraf”).

De ATB-functies blijven voor lagere snelheden dan 140 km/u gehandhaafd op de oorspronkelijke snelheidstrappen. Voor delen van de infrastructuur waar de maximum snelheid gelimiteerd moet blijven op 140 km/u, bijvoorbeeld vanwege het gebruikte type wissels, is het naleven van deze snelheidslimiet van de machinist afhankelijk. Dit lijkt een aanmerkelijk risico (ca. 1/1000 gemiddelde kans volgens de “klassieke” human error benadering [17]) maar op plaatsen waar een dergelijke methodiek wel is toegepast¹⁵ en het rijgedrag geregistreerd is blijkt dat er niet of nauwelijks overschrijdingen hebben plaatsgevonden¹⁶. De machinist wordt hier bij bewaking en handhaving van de 140km/u en 160 km/u snelheidsregimes verder niet ondersteund.

Conform lit. [9] is op het criterium “beheersing (toename van) veiligheidsrisico's” het oordeel “-“ gegeven.

Conform lit. [9] gaat het hier om investeringen van € 6 – 12 miljoen. Het betreft hier veel niet-ERTMS-componenten, waardoor de score op het beoordelingscriterium “toekomstvastheid” “-“ is.

Ook deze optie verbetert de mogelijkheid van afstemming van de snelheid op de planning niet, waardoor er geen garantie is voor reistijdverkorting en de score op dit beoordelingscriterium “0” is.

Deze optie is zeer eenvoudig uitvoerbaar, kost het minst en is goed te organiseren. Het draagvlak binnen de sector wordt mogelijk geacht [9] en daarom krijgt deze optie voor realiseerbaarheid het oordeel “0” .

realiseerbaarheid reistijdverkorting	realiseerbaarheid concept	beheersing (toename van) veiligheidsrisico's	kosten M€	toekomst vastheid	planning realisatie
0	0	-	6 - 12	-	1-2 ¹⁷

¹⁵ bijvoorbeeld huidige baanvak Den Haag-Schiphol met 10 Thalystreinen In [9] is aangegeven dat hier bij steekproeven geen noemenswaardige snelheidsoverschrijding is geconstateerd.

¹⁶ Zie onder andere lit. [9]?

¹⁷ lit. [9]

b) Herintroductie kwiteerfunctie ATB, maar nu voor snelheidsoverschrijding van 140 km/u (+ ritregistratie).

Deze optie kent twee interpretaties die wezenlijk verschillend zijn.

De eerste interpretatie is vrijwel gelijk aan de vorige “2a”, behalve dan dat de bestuurder er bij dit alternatief actief op wordt gewezen dat er sneller dan 140 km/u gereden wordt. Het stelt de machinist echter niet in staat om 140 km/u-gebieden van 160 km/u-gebieden te onderscheiden, anders dan via de gebruikelijke informatie langs de baan.

Het vergt in aanvulling op de hierboven bij “2a” beschreven investeringen additionele aanpassingen in treinen waarvan de maximum snelheid verhoogd wordt van 140 km/u naar 160 km/u. Daardoor is dit alternatief duurder dan 2a. De extra investeringen betreffen niet-ERTMS-componenten, waardoor de score op het beoordelingscriterium “toekomstvastheid” wederom “-“ is.

De aanpassingen zijn door de beperking van het aantal treinen relatief snel, binnen 1 a 2 jaar, in te voeren¹⁸.

In deze interpretatie is kwiteren vrijwel zinloos, omdat het wel een extra taak aanbrengt, maar zonder extra mogelijkheden om het nut van die taak te toetsen omdat relevante informatie omtrent overgangen van snelheidsregimes nog steeds alleen uit de infrastructuur moet worden gehaald. Het kwiteren is daarmee meer een afleiding dan een garantie dat de machinist het werk goed doet. Daarom is op het beoordelingscriterium “beheersing (toename van) veiligheidsrisico’s” de score “-“ gegeven.

De tweede interpretatie is, dat de kwiteerknop nu wordt gebruikt om de ATB installatie in de trein te autoriseren voor 160km/u. De machinist moet dus een bewuste beslissing nemen sneller te gaan rijden hetgeen onbewuste fouten voorkomt. In deze interpretatie is echter de belangrijke overgang van 160km/u naar 140 km/u nog niet door zo’n bewust mechanisme “afgedekt”. Zolang hiervoor geen bruikbare oplossing beschikbaar is moet de toename van de beheersbaarheid daardoor niet zo groot worden geacht dat tot een ander oordeel dan “-“ kan worden besloten.

De aanpassingen die nodig zijn voor deze zijn eveneens snel in te voeren, binnen 1 -2 jaar.

Net als bij optie “2a” is er geen verdere bijdrage tot het beter garanderen van de planning en dus van reistijdverkorting. Vandaar dat ook hier op het beoordelingscriterium “realiseerbaarheid reistijdverkorting” de score “0” is gegeven.

De realiseerbaarheid van dit concept wordt in dit geval sterk bepaald door de acceptatie door de spoorwegsector en deze acceptatie wordt door IvW [9] op “totaal onacceptabel” geschat. Hoewel het onzeker is over welke interpretatie van deze optie dit oordeel is gegeven wordt hier toch voor realiseerbaarheid concept de score “-“ gegeven omdat de interpretaties niet heel fundamenteel verschillen.

realiseerbaarheid reistijdverkorting	realiseerbaarheid concept	beheersing (toename van) veiligheidsrisico’s	kosten M€	toekomst vastheid	planning realisatie
0	-	-	11-22 ¹⁹	-	1- 2

¹⁸ lit. [9]

¹⁹ lit. [9]

c) Combinatie van GPS + actie machinist (+ ritregistratie)

Ook deze optie behoeft alleen op treinen te worden aangebracht die daadwerkelijk 160 km/u gaan rijden.. Dit systeem informeert de machinist omtrent de maximum snelheid ter plaatse en kan daardoor met veel grotere zekerheid zorgen voor correcte aanpassing van de snelheid, zeker als snelheidsoverschrijding gepaard gaat met een aanhoudend signaal. De machinist wordt hierbij voortdurend geïnformeerd over het toegelaten snelheidsregime en de overgangen. Hoewel niet fail-safe zal dit zeker tot een vergroting van de veiligheid kunnen bijdragen. Daarom is hier conform lit. [9] op het beoordelingscriterium “beheersing (toename van) veiligheidsrisico’s” de score “+” gegeven. Hierbij dient opgemerkt te worden dat een GPS systeem alleen niet voldoende nauwkeurigheid heeft om te bepalen op welk spoor van twee of meer parallelle sporen de trein zich bevindt.

Vanwege de aanwezigheid van het GPS-systeem kan deze optie de machinist op eenvoudige wijze helpen met beter gedifferentieerde snelheidsregeling, doordat bijvoorbeeld de momentane aankomsttijd met de geplande aankomsttijd in het eerstvolgende station vergeleken kan worden. Dit geldt overigens alleen als het plan niet tijdens de rit wordt gewijzigd.. Daarom zal dit systeem naar verwachting enige garantie kunnen geven voor reistijdverkorting, en is op dit beoordelingscriterium de score “+” gegeven.

De extra kosten, bovenop optie “2a”, worden door IVW²⁰ geschat op € 5-10 miljoen. Het is echter niet duidelijk of binnen dat bedrag ook de hiervoor geschetste problematiek van de onnauwkeurigheid wordt ondervangen.

Op dit moment zijn vrijwel alle treinen met een GPS eenheid uitgerust die echter bedoeld is voor een geheel andere toepassing: lokalisatie en management van de omloop en onderhoud van het materieel. Het is niet duidelijk of zulke eenheden zich eenvoudig laten inzetten in toepassing voor Code groen; naar verluidt is een flink deel van de eenheden defect en dus kennelijk niet tegen het rigoureuze treinbedrijf bestand.

Als een GPS-eenheid door de sector zelf, volgens de eigen robuuste normen en met zelf te definiëren functionaliteit en een complete integratie in de informatiesystemen van de machinist, moet worden ontwikkeld lijkt de ontwikkel-, vrijgave- en inbouwtijd volgens lit. [9] 2-5 jaar te bedragen. Die ontwikkeltijd kan mogelijk worden verkort als de GPS-systemen in samenwerking met een bestaande fabrikant van dergelijke systemen wordt gedaan en de functionaliteit wordt ontwikkeld op basis van aanpassing van reeds ontwikkelde functies.

Het GPS-systeem als zodanig bevat geen ERTMS-componenten en de levensduur van dergelijke systemen is in zijn algemeenheid slechts enkele jaren. Daarom is hier op het beoordelingscriterium “toekomstvastheid” de score “-“ gegeven

Deze optie heeft volgens IvW [9] mogelijk wel draagvlak binnen de spoorwegsector. Echter, naast de mogelijkheden die GPS systemen bieden hebben ze toch een beduidende tekortkoming: het beperkte oplossend vermogen. Dat betekent dat de plaats van de trein niet nauwkeuriger dan op ca 5 meter kan worden bepaald en daarmee kan de GPS dus niet onderscheiden op welk spoor (in zijdelingse richting) de trein zich bevindt. Uit de verplaatsing kan wel worden afgeleid in welke richting de trein rijdt en dus kan op basis van positie en rijrichting wel een indicatie van de toegestane snelheid worden gegeven. Als er echter meer sporen in dezelfde richting gaan kan het systeem daar geen onderscheid tussen maken en dit kan een probleem zijn als niet op alle sporen in dezelfde richting

²⁰ lit. [9]

dezelfde maximum snelheden zijn toegelaten: het op GPS gebaseerde systeem kan dan geen geldige informatie meer geven. Daar kan aan tegemoet worden gekomen door op het spoor met de lagere maximum snelheid een snelheid in te stellen die door de ATB wordt afgedwongen, b.v. 130 km/u, maar dat kan weer tot ander (reistijd) bezwaren leiden. Om deze reden wordt voor de score voor “realiseerbaarheid concept” toch een “-” gegeven.

realiseerbaarheid reistijdverkorting	realiseerbaarheid concept	beheersing (toename van) veiligheidsrisico's	kosten M€	toekomst vastheid	planning realisatie
+	-	+	11-22	-	2- 5

d) GPS + GSM-R + RBC

Hierbij communiceert een (vereenvoudigd) “Radio Block Centre”²¹ (RBC) voortdurend en automatisch via GSM-R met een GPS-eenheid in de trein.. Beheersing van de overgangen in snelheidsregimes is ook hierbij goed mogelijk: door vergelijking van de treinsnelheid met de momentane snelheid kan ofwel een waarschuwing aan de machinist worden gegeven (niet fail-safe, maar wel betrouwbaar) dan wel een directe ingreep via ATB-apparatuur (in principe fail-safe) volgen. Een zekere beveiliging van tijdelijke snelheidsbeperking via directe communicatie met de trein is hier bovendien mogelijk, waardoor de invloed op de veiligheid nog positiever uitvalt dan in “2c”. In lijn met de beoordeling door IVW in lit. [9] is hier dan ook op het beoordelingscriterium “beheersing (toename van) veiligheidsrisico’s” de score “+” gegeven. Ook hier dient opgemerkt te worden dat een GPS systeem alleen niet voldoende nauwkeurigheid biedt om te bepalen op welk spoor van twee of meer parallelle sporen de trein zich bevindt, maar dat probleem is in deze variant waarschijnlijk eenvoudiger op te lossen door middel van een koppeling tussen RBC en verkeersleidingssysteem.

Dit alternatief vergt de inrichting van een RBC en ontwikkeling van geïntegreerde GPS-apparatuur in de trein. De ontwikkeling hiervan moet binnen de sector gebeuren en kost volgens lit. [9] veel tijd en is duur. De toepassing van een dergelijk systeem is nog relatief beperkt, omdat het om een beperkt aantal treinen en slechts vier trajecten gaat. Juist om die reden is de grote investering relatief onaantrekkelijk, ondanks het feit dat de investering in GSM-R en RBC ook in ERTMS kan worden gebruikt. De toekomstvastheid hangt af van de realisatietijd: naarmate die langer is dan ca. 5 jaar (conform de inschatting van IVW in lit. [9]) zal de overgang op volledig ERTMS aantrekkelijker worden: vandaar de score op het beoordelingscriterium “toekomstvastheid” van “0 tot +”.

Dit alternatief maakt naast de bovengenoemde functies in alternatief “2c” meer gedetailleerde verkeersregeling mogelijk die vergelijkbaar is met ERTMS level 2. Daarom is op het beoordelingscriterium “realiseerbaarheid reistijdverkorting” de score “+” gegeven.

Deze combinatie van GPS met de informatie uit het RBC kan de lokalisatie problemen van optie 2c te niet doen. De lange ontwikkeltijd is hier echter toch reden om de realiseerbaarheid van het concept met “-“ te waarderen.

realiseerbaarheid reistijdverkorting	realiseerbaarheid concept	beheersing (toename van) veiligheidsrisico's	kosten M€	toekomst vastheid	planning realisatie
+	-	+	16-62 ²²	0 tot +	>5

²¹ Het Radio Block Centre is een onderdeel van ERTMS dat via een GSM-R verbinding onderhoudt met de trein en voortdurend informatie met de trein kan uitwisselen. Het is dus onderdeel van een centraal verkeersmanagement.

²² lit. [9]

e) ATB 130

Hierbij wordt de bewaking van het niet overschrijden van de maximum treinsnelheid van 140 km/u gerealiseerd door in de infrastructuur op kritische punten de maximum toegestane snelheid te verlagen naar 130 km/u (i.p.v. 140 km/u) en deze ook door ATB te bewaken. IVW geeft in lit. [9] aan dat het niet op voorhand duidelijk is waar die kritische delen van de baanvakken liggen: voor het bepalen daarvan is blijkbaar relatief veel tijd nodig. Daarom wordt conform lit. [9] een realisatietermijn van 2 tot 5 jaar aangehouden.

Deze optie is wel fail-safe. De veiligheid blijft onveranderd t.o.v het bestaande ATB-systeem, ook t.a.v. tijdelijke snelheidsbeperkingen. Daarom wordt op het beoordelingscriterium “beheersing (toename van) veiligheidsrisico’s” de score “0” gegeven.

In lit. [9] wordt deze optie duur (€ 16-62 miljoen) bevonden, omdat hier een aanpassing van alle ATB-codegeneratoren in het betreffende gebied van de infrastructuur voor nodig is, maar vooral omdat de inspanning voor het identificeren van kritische delen volgens IVW groot is.

De mogelijke reistijdverkorting wordt door deze optie, waarbij op een aantal trajecten de maximum snelheid verlaagd wordt van 140 km/u naar 130 km/u, (nog) kleiner en er zijn bovendien geen extra mogelijkheden om rijtijden beter te regelen. Ook kunnen om verschillende redenen nog aanvullende tijdverliezen optreden waardoor de winst nog kleiner wordt. Daarom is op het beoordelingscriterium “realiseerbaarheid reistijdverkorting” de score “-/0” gegeven.

Omdat het alleen om een te modificeren ATB-systeem gaat en er geen sprake is van investeringen in toekomstvaste ERTMS-systemen of -componenten is de toekomstvastheid van de investering gering (score “-“).

De score voor de realiseerbaarheid van het concept is hier “0” omdat het technisch en organisatorisch geen problemen oplevert en ook in de acceptatie door de spoorwegsector als “mogelijk” kan worden gekwalificeerd..

realiseerbaarheid reistijdverkorting	realiseerbaarheid concept	beheersing (toename van) veiligheidsrisico's	kosten M€	toekomst vastheid	planning realisatie
-/0	0	0	16-62	-	2 - 5

3 ATBL-NL

Dit is een fail-safe bewakingssysteem van alle snelheidstrappen. Dit systeem is nader beschreven in lit. [6], [8] en [11] en bevat zowel ATB-EG- als ATB-NG-apparatuur²³. Het wordt momenteel alleen gebruikt op een aantal Thalys-treinen. Er is sprake van aparte codes voor 140 km/u en voor 160 km/u, waardoor er geen risico is dat op trajecten met maximum snelheden van 140 km/u ten onrechte te hard wordt gereden.

Omdat er sprake is van een bestaand, operationeel systeem (“proven technology”) wordt de doorlooptijd voor realisatie relatief kort ingeschat: 1-2 jaar²⁴.

Over de kosten van dit systeem is in lit. [9] het volgende geschreven:

“De kosten voor ATBL-NL zijn als volgt ingeschat: € 47,5 miljoen voor het NS-materieel, € 2,9 miljoen voor de trajecten Den Haag Mariahoeve – Hoofddorp, Weesp – Lelystad en Boxtel – Eindhoven plus € 1 – 4 miljoen voor de ATBL-NL-apparatuur op de trajecten Amsterdam Bijlmer – Utrecht en Woerden – Utrecht. Daarbovenop komen de maatregelen in de infrastructuur om 160 km/u mogelijk te maken, onafhankelijk van het treinbeïnvloedingssysteem, van € 2-4 miljoen.”²⁵

De optie is daarmee relatief duur, zowel omdat er ingrijpende veranderingen in de trein (vervangen van de bestaande ATB apparatuur) als in de infrastructuur moeten worden aangebracht, ook al is de ombouw van treinen beperkt tot die treinen die daadwerkelijk 160 km/u gaan rijden.

Verder is uitrol vandeze vorm van ATB al gestopt, onder andere omdat die niet compatibel is met ERTMS en daarmee niet toekomstvast. Daarom is hier op het beoordelingscriterium “toekomstvastheid” de score “-“ gegeven.

Er zijn ook verder geen aanvullende mogelijkheden om de reistijdwinst beter te garanderen. Daarom is op het beoordelingscriterium “realiseerbaarheid reistijdverkortung” de score “0” gegeven.

De beveiliging van tijdelijke snelheidsbeperking bestaat ook hier alleen als die in het ATB-systeem zou worden opgenomen. Daarom wordt op het beoordelingscriterium “beheersing (toename van) veiligheidsrisico’s” de score “0” gegeven.

N.B. Er is informatie die er op duidt dat dit systeem slechts door één fabrikant geleverd kan worden hetgeen voor verdere toepassing een struikelblok kan blijken.

Het concept is technisch goed realiseerbaar en moet op die basis voor realiseerbaarheid “0” scoren. De snelle realiseerbaarheid geeft daarbij reden om de score te verhogen tot “+”.

realiseerbaarheid reistijdverkortung	realiseerbaarheid concept	beheersing (toename van) veiligheidsrisico’s	kosten M€	toekomst vastheid	planning realisatie
0	+	0	53-58	-	1- 2

²³ ATB Nieuwe Generatie

²⁴ lit [9]

²⁵ Omdat snelheidsverhoging naar 160 km/u op het traject Woerden – Utrecht in het kader van dit onderzoek niet aan de orde is wordt voor de kosten voor het traject Amsterdam Bijlmer – Utrecht de helft van de genoemde € 1-4 miljoen aangehouden, dus € 0,5-2 miljoen.

4 EURO ATBM+

EURO ATBM+ is een systeem dat vergelijkbaar is met het hierboven beschreven systeem ATBL-NL, waarbij echter in plaats van de ATB-NG transmissietechniek voor de communicatie tussen trein en infrastructuur gebruik wordt gemaakt van ERTMS-componenten. In de infrastructuur moeten hierbij passieve ERTMS-“Eurobalises” worden aangebracht op alle punten waar snelheidsregimes veranderen. Op die treinen die geschikt zijn voor 160 km/u moet er dan ofwel volledige ERTMS-apparatuur worden aangebracht ofwel, tegen lagere kosten, apparatuur waarmee de Eurobalises kunnen worden uitgelezen alsmede een interface die bestaande ATB-apparatuur aan die uitlezer koppelt. Hoewel de kosten voor aanpassingen hierdoor hoger zijn dan alleen voor de standaard aanpassingen, kunnen die wel als investering in ERTMS worden beschouwd. Zowel de Eurobalises als de uitleesapparatuur onder de trein kunnen als investering in ERTMS worden beschouwd. Vanuit optiek van toekomstvastheid kan dit dan ook een aantrekkelijk alternatief zijn omdat deels gebruik wordt gemaakt van componenten die later ook in ERTMS kunnen worden gebruikt. Vandaar de score “+” op het beoordelingscriterium “toekomstvastheid”.

Functioneel is het systeem vergelijkbaar met ERTMS level 1, wat betekent dat de snelheid goed wordt bewaakt en de machinist ook over beperkte mogelijkheden beschikt om de snelheid aan het ongewijzigde plan aan te passen doordat de Eurobalises onder alle omstandigheden vaste referentiepunten bieden. Daarom is op het beoordelingscriterium “realiseerbaarheid reistijdverkorting” de score “0” gegeven.

Verder is ook beheersing van tijdelijke snelheidsbeperkingen in dit systeem eenvoudiger omdat de Eurobalises relatief eenvoudig geherprogrammeerd kunnen worden. Daarom is hier op het beoordelingscriterium “beheersing (toename van) veiligheidsrisico’s” de score “+” gegeven.

De kosten van dit alternatief zijn niet door ProRail en IVW beschouwd. De extra kosten voor de infrastructurele aanpassingen behelzen het aanbrengen van (meestal passieve) Eurobalises en de aanpassingen in elke trein die 160km/u gaat rijden omvatten het aanbrengen van een uitleesantenne en een interface met de bestaande ATB installatie. Alle onderdelen zijn hiervoor compleet (balises, antenne) of grotendeels (interface) ontwikkeld waardoor ontwikkelkosten zeer klein zullen zijn. De kosten van dit alternatief zijn zonder verdere bronnen moeilijk in te schatten maar zullen ergens tussen de kosten van ATB 130 en ATBL-NL in liggen. Een kostenopvraag bij de huidige ATB-leveranciers voor commerciële exploitatietoepassing (Alstom en Bombardier) kan meer duidelijkheid opleveren.

Ook is aangegeven dat de inbouw van de betreffende apparatuur “vrij snel” kan gebeuren. Omdat hierbij echter niet volledig, zoals bij ATBL-NL sprake is van “proven technology” en er daarom wel nog een kort ontwikkel- en vrijgavetraject doorlopen moet worden is hier een schatting van 2- 5 jaar doorlooptijd gehanteerd.

Deze optie is technologisch goed realiseerbaar en heeft waarschijnlijk ook binnen de spoorwegsector steun. Ook de realisatietijd is aanvaardbaar maar niet zeer kort, reden om de realiseerbaarheid met “0” te beoordelen.

realiseerbaarheid reistijdverkorting	realiseerbaarheid concept	beheersing (toename van) veiligheidsrisico's	kosten M€	toekomst vastheid	planning realisatie
0	0	+	34 + ²⁶	+	2- 5

²⁶ Naar opgave van Alstom zijn de treinzijdige kosten begroot als M€22,65 , daar komen de kosten voor wijzigingen infrastructuur bij

6. Vergelijking alternatieven en conclusie

Als we de scores van de alternatieven bezien, weergegeven in de volgende samenvattingstabel, dan blijkt er geen optie te zijn die overduidelijk naar voren komt als beste. Dit wordt deels veroorzaakt door het ontbreken van een duidelijk inzicht in de grootte van de toename van risicocomponenten. Wel kan op basis van deze “overall”-beoordeling geconcludeerd worden dat een aantal alternatieven geen toegevoegde waarde en voordelen biedt ten opzichte van andere. Deze kunnen dan ook “afvallen”, waardoor een beperkt aantal alternatieven resteert. Hieronder wordt dit nader toegelicht.

Alternatief nr.	realiseerbaarheid reistijdverkorting	realiseerbaarheid concept	beheersing (toename van) veiligheidsrisico's	kosten M€	toekomst vastheid	planning realisatie
1	0	-	0	>23-34	-	>5
2a	0	0	-	6 -12	-	1 - 2
2b	0	-	-	11-22	-	1 - 2
2c	+	-	+	11-22	-	2 - 5
2d	+	-	+	16-62	0 tot +	>5
2e	0	0	0	16-62	-	2 - 5
3	-/0	+	0	53-56	-	1 - 2
4	+	0	+	34 +	+	2 - 5

Optie 1, ATB code 147, valt in deze vergelijking uit. Deze optie scoort ten opzichte van optie 2c, 2d en 4 op de meeste beoordelingscriteria slechter of gelijk. De kosten zijn hoger en de formele bezwaren wegen hier zwaar in de beoordeling “realiseerbaarheid concept”.

Optie 2a, ATB code groen aangevuld met ritregistratie (“toezicht achteraf”) heeft als voordeel dat het de laagste kosten met zich mee brengt en, net zoals de opties 2b en 3, relatief snel gerealiseerd kan worden. De toename van het veiligheidsrisico, door de eis van de vervoerder dat alle machinisten de baanvakken moeten kunnen berijden, leidt echter tot een onaanvaardbare risicoverhoging ondanks het mogelijke draagvlak voor deze optie. Dit is in lijn met de beoordeling door IVW (lit. [9]).

Ook optie 2b, optie 2a + kwiteren, valt af omdat die t.o.v. optie 2a niet voldoende toevoegt, duurder lijkt te zijn en bovendien nog steeds slecht scoort op het beoordelingscriterium “beheersing (toename van) veiligheidsrisico's”.

Optie 2c, ATB code groen met combinatie van GPS + actie machinist (+ ritregistratie) lijkt van de resterende vier opties de goedkoopste.. Door een boodschap van snelheidsoverschrijding regelmatig te geven zolang de snelheid te hoog is, vormt deze toepassing een soort “automatische kwiteerfunctie” (in feite kwiteren door snelheidsaanpassing). Dit alternatief is echter niet toekomstvast en niet fail-safe, omdat bij eventueel falen van de GPS belangrijke informatie voor de machinist uitblijft. Wel blijft de ATB-bewaking van de lagere snelheidsstrappen in stand en zullen de treinen die niet sneller dan 140 km/u rijden geen extra risico lopen. De realiseerbaarheid wordt beperkt door de beperkte nauwkeurigheid van GPS die in sommige gevallen tot (oplosbare) problemen aanleiding kan geven.

Optie 2d, ATB code groen + GPS + GSM-R + RBC, heeft als voordeel dat het een relatief toekomstvast investering op basis van ERTMS-componenten en -deelsystemen is. Hoe dit alternatief zal presteren in termen van veiligheidsrisicobeheersing is sterk afhankelijk van de uitvoering van de mens-machine interface (MMI) in de trein. Het zou daarbij een goed idee zijn om uit te gaan van de reeds ontwikkelde MMI van ETCS. Het systeem heeft een deel van de mogelijkheden van ERTMS level 2 en is dus potentieel in staat een dynamischer verkeersmanagement te ondersteunen, waardoor reistijdwinst, betrouwbaar volgen van de planning en soepeler bijsturing in de toekomst mogelijk worden.

Goede informatie en timing en eenduidige presentatie zijn hierbij van groot belang. Ook heeft het systeem delen in zich van het toekomstige ERTMS en is deels dus toekomstvast. Verder kan dit systeem ook met tijdelijke snelheidsbeperkingen omgaan.

In hoeverre dit systeem veilig en fail-safe is hangt ervan af of het al dan niet aan de ATB installatie in de trein gekoppeld is. Bij een goedkopere implementatie (dichter bij de geschatte ondergrens) wordt alleen de machinist geïnformeerd en is het systeem noch absoluut veilig noch fail-safe. Bij koppeling aan de ATB kan het veilig (= afgedwongen snelheidsaanpassing) en ook fail-safe (ATB-ingreep bij falen systeem) zijn. De kosten van deze laatste vorm zullen de geschatte bovengrens echter nabij zijn. Wel kunnen delen van het systeem als Eurobalise, GSM-R- en RBC-ontwikkelingen binnen ERTMS worden toegepast, waardoor kapitaalvernietiging beperkt blijft.

Door het in stand blijven van de normale ATB is deze optie ook veilig voor treinen die maximaal 140 km/u rijden.

Hoewel functioneel gezien een aantrekkelijk alternatief is de ontwikkeltijd van dit systeem waarschijnlijk lang, vanwege veiligheidsverificatie/validatie en productvrijgave-aspecten. Verder moeten de voordelen ten aanzien van toekomstvastheid met betrekking tot ERTMS bezien worden in het licht van de standaardisatie-, techniek- en productontwikkelingen die er nog zijn rondom ERTMS. Alhoewel op systeem- en interfaceniveau geanticipeerd kan worden op ERTMS, is er in de eerstvolgende jaren te verwachten dat met name ICT-achtige componenten als het RBC en GSM-R-modems een snelle ontwikkeling zullen doormaken, waardoor de effectieve levensduur beperkt zal zijn. Voor de uitgekristalliseerde componenten Eurobalise en STM geldt dit overigens niet, en voor het component EVC zal dit naar verwachting beperkt blijven tot software-vernieuwing (Baseline 3).

Optie 2e, ATB code groen en 140 km/u gebieden naar 130 km/u “terugzetten”

beperkt de reistijdwinst, die op zich niet zeker is, nog verder omdat het de snelheid op sommige delen van een traject onnodig kan beperken. De winst in reistijd is nog onzekerder dan bij andere opties en ook het risico van relatief hoge kosten maakt deze optie onaantrekkelijk. Deze optie scoort ten opzichte van optie 2c op 3 beoordelingscriteria slechter en alleen op de beoordelingscriteria “toekomstvastheid” en “planning realisatie” gelijk. Daarom valt ook deze optie af.

De resterende opties die door middel van deze beoordeling niet direct “verworpen” kunnen worden zijn dus 2c, 2d, 3 en 4.

Optie 3, ATB-NL, heeft als grootste voordeel dat het van de resterende vier opties naar verwachting het snelst gerealiseerd kan worden, omdat hier sprake is van “proven technology”. De optie is echter verreweg de duurste en totaal niet toekomstvast (uitrol is al gestaakt). Gebrek aan concurrentie bij de levering van deze apparatuur zal bovendien een struikelblok kunnen zijn. Al met al zijn er o.i. voldoende redenen om van deze optie af te zien.

Optie 4, EURO ATBM+, vergt, net zoals optie 2d, een uitgebreidere ingreep in de treinen en bovendien in de infrastructuur: het aanbrengen van passieve Eurobalises op punten waar de maximum toegelaten snelheid verandert. In tegenstelling tot de voorgaande opties is dit systeem wel fail-safe en heeft het daardoor een gegarandeerde veiligheidsrisicobeheersing. Het biedt beperkte mogelijkheden tot verbeterde snelheidsbeheersing en verkeersmanagement, doordat informatie omtrent locaties uit de balises kan worden vergeleken met de gelande posities van de trein. Ook deze optie kan, met wat moeite, met tijdelijke snelheidsbeperkingen omgaan. Voor de overige treinen die niet hiermee worden uitgerust blijft de reguliere ATB in stand en blijft de beveiliging dus gegarandeerd. In termen van kosten kent ook dit alternatief, net zoals optie 2d, risico's van kostenoverschrijding. Ten aanzien van het aspect toekomstvastheid met betrekking tot ERTMS gelden hier dezelfde opmerkingen als bij optie 2d. Alhoewel op conceptueel niveau geanticipeerd kan worden op ERTMS is er nog altijd een substantieel risico dat dergelijke investeringen beperkte levensduur hebben, mede vanwege de kortere "lifecycle" van dergelijke ICT-systemen. Ook hier moet echter weer in ogenschouw worden genomen dat die beperkte levensduur vooral software betreft en niet per se grote investeringen in verandering van fysieke apparatuur betreft.

7. Conclusie en Discussie

Op basis van de beschikbare informatie is het niet gemakkelijk een eenduidige aanbeveling te doen voor een enkele optie. Alle vier overgebleven opties maken 160 km/u op de vrije baan mogelijk, maar of de daarmee te winnen, beperkte, reistijd ook uiteindelijk wordt gerealiseerd kan bij geen enkele van deze vier ook werkelijk worden gegarandeerd. Wel geven 2 van de 3 overgebleven alternatieven (2c en 2d) in beginsel wat betere mogelijkheden om die tijdswinst wel te bereiken. Optie 4 heeft geen andere dan normale ATB functies en geeft dus geen extra mogelijkheden om tijdswinst te garanderen.

Ook garanderen alle drie opties de “normale” ATB beveiliging van alle treinen die maximaal 140 km/u rijden. De mogelijkheden voor beveiliging van tijdelijke snelheidsbeperkingen zijn er echter alléén bij de opties 2c, 2d en 4 en daarbij bovendien beperkt tot de treinen die voor 160 km/u zijn aangepast. Dit vormt daarom geen doorslaggevend argument.

Discussie

Hoewel het onderwerp van dit onderzoek vooral gericht is op reistijdverkorting lijkt het, op de beschouwde trajecten, om een zeer beperkte reistijdswinst te gaan: ca. 1 minuut op een totale reistijd van 30-40 minuten. Zelfs al zou het gehele traject met maximale acceleratie en “comfortabel” remmen (dus geen “snelremmingen”) en met een snelheid van 160 km/u worden gereden, dan nog is de reistijdswinst niet groter dan 3 minuten. Bovendien kunnen vertragingen bij emplacementen een deel van deze reistijdswinst teniet doen vooral als de afstand tussen die emplacementen kort is. Het is dan ook de vraag of zo'n beperkte reistijdswinst de besteding van financiële middelen en inspanningen rechtvaardigt.

Delft, 5-3-2010
prof. Dr. B.Ale
ir. T. Heijer

Bijlage 1: kort overzicht treinbesturingsmethodes en -technieken

Methode 0: Rijden op zicht

Zeer beperkt mogelijk met treinen door lange remweg. Alleen bij zeer lage snelheid.

Methode 1: Rijden op zicht + dienstregeling

In het begin van het spoor toegepast. Onacceptabel laag veiligheidsniveau indien er vertraging onstond.

Methode 2: Rijden op zicht + dienstregeling + niet-failsafe hulpmiddelen

In Nederland als laatste toegepast op traject Sauwerd-Roodeschool (CRVL), afgeschaft na fatale treinbotsing tussen Winsum en Sauwerd medio jaren '70.

Methode 3: Rijden op zicht + dienstregeling + technisch failsafe aangestuurde baansein

Voorbeelden baansein:

- Mechanische sein ("armsein")
- Elektrische lichtsein
- Variant routesignalering
- Variant snelheidssignalering

Risico's :

- zichtbaarheid / herkenbaarheid baansein
- waarnemings- en uitvoeringsfouten machinist

In Nederland is deze methode toegepast tot het fatale treinongeluk bij Harmelen. Daarmee was Nederland toendertijd een van de laatste spoorweglanden met een intensief treinverkeer en relatief hoge snelheden, zonder enige vorm van bescherming tegen menselijke waarnemings- of handelingsfouten. Op het grensbaanvak Maastricht Randwijck – Eijsden – staatsgrens wordt deze besturingsmethode nog steeds toegepast.

Methode 4: als 3, aanvullend eenvoudige treinprotectie

Functionaliteit:

- meestal kwitering van geeltonende voorsignalering
- soms ingreep bij te snelle nadering stoptonend sein
- meestal remingreep na passage stoptonend sein
- soms ook eenvoudige vormen van remcurvebewaking
- soms ook eenvoudige vorm van snelheidsbewaking

In de spoorsector heet deze optie "Automatic Train Protection" (ATP). In het Duitse taalgebied is de aanduiding "Punktförmige Zug Beeinflussung" (PZB) gangbaar.

In Nederland wordt deze methode toegepast op de grensbaanvakken Enschede-Gronau en Venlo-Kaldenkirchen. Ook de Amsterdamse metro en de HTM passen dit toe.

Methode 5: als 4, aanvullend enkele bewaakte snelheden met cabinesignalering en remcriterium

Dit is o.m. het Nederlandse ATB-EG, het Franse HSL-systeem TVM en het ATB-systeem van de Rotterdamse metro. Afhankelijk van de hoeveelheid verstrekte informatie en de bedrijfszekerheid daarvan kan er zelfs toe overgegaan worden om de klassieke baansein geheel of gedeeltelijk weg te laten.

Bij het Nederlandse ATB-EG was dit oorspronkelijk ook de bedoeling, maar dat is door tijdsdruk en technische complicaties uiteindelijk nooit meer gebeurd. Bij het Franse TVM en het ATB-systeem van de Rotterdamse metro is de cabinesignalering wel zodanig gerealiseerd dat er vrijwel geen baansein meer nodig zijn.

Deze besturingsmethode wordt in de spoorsector ook wel Automatic Train Control (ATC) genoemd[18]. Dit is voor een buitenstaander een ietwat verwarrende aanduiding, omdat de indruk gewekt wordt dat er sprake is van automatische treinbesturing. Bij een beperkt aantal snelheden is er echter wel degelijk sprake van een beperkte vorm van automatisering: de machinist wordt bij een te hoge snelheid op de snelheidsoverschrijding geattendeerd, en bij niet of niet tijdig reageren grijpt de apparatuur zelf in. Dit mechanisme wordt echter in vaktechnische kringen ook met ATC aangeduid.

In de Nederlandse ATB-EG is er geen bewaakte snelheid “nul kilometer per uur” en ontbreekt ook optie 4, waardoor roodseinp passages mogelijk bleven. Om dit probleem op te lossen is recentelijk ATB-Enhanced toegevoegd²⁷. Het totaal heet ATB Verbeterde Versie (ATB-Vv).

Methode 6: als 5, aanvullend eenvoudige remcurve/remkrachtbewaking

Hiermee is in de ATB-EG tot twee keer toe geëxperimenteerd, maar is in beide gevallen toch weer geschrapt.

Methode 7: als 6, aanvullend gedetailleerde snelheid- en remcurvebewaking

Bij deze oplossing is de cabinesignalering vaak zo uitgebreid, dat de klassieke baansignalering al bijna overbodig wordt. Het is een typische ‘transitietechnologie’ die methodisch toch wat heen en weer schippert tussen enerzijds klassieke baansignalering, en anderzijds moderne cabinesignalering. Voorbeelden hiervan zijn de Nederlandse ATB-NG en de Deense ZUB123.

De ETCS-levels 1, 2 en 2+ bieden deze mogelijkheid op zich ook, maar was (net als ATB-NG) qua basisontwerp eigenlijk bedoeld als volwaardig cabinesignaleringsysteem zonder de noodzaak van actieve buitenseinen.

Bij inzet van deze methode geven de klassieke baansein en de cabinesignalering vaak verschillende en soms zelfs tegenstrijdige opdrachten aan de machinist, wat tot verwarring aanleiding kan geven. De toekomstige ETCS-modus “Limited Supervision” (onderdeel van Baseline 3) kent geen cabinesignalering, waardoor er geen verwarring tussen baansein en cabinesein kan ontstaan; daardoor is ETCS Limited Supervision veel geschikter voor deze toepassing

Methode 8: als 7, cabinesignalering vervangt baansignalering

Hierbij is de baansignalering nagenoeg volledig verdwenen (of is nog wel aanwezig, maar heeft geen functie meer voor treinen met cabinesignalering). Langs de baan staan zogenaamde stopmarkeerborden, zodat de treinbestuurder zich bij het uitvoeren van een stopopdracht makkelijk kan oriënteren. De treinbestuurder krijgt zijn rijtoestemmingen opdrachten via de Mens Machine Interface in de trein, en de apparatuur in de trein controleert of de treinbestuurder binnen de veiligheidsgrenzen blijft. Het voordeel hiervan is dat de machinist op elk moment over die informatie kan beschikken, waardoor de kans op fouten sterk wordt beperkt. De treinapparatuur waakt bovendien voortdurend over vrijwel alle mogelijke veiligheidsfouten, waardoor de veiligheid sterk toeneemt. Zoals al onder methode 7 is aangegeven zijn de ETCS-levels 1 t/m 3 in feite bedoeld voor deze soort toepassing

²⁷ Oorspronkelijk was de naam ATB++, maar deze aanduiding is als merknaam geclaimd door ontwikkelaar Nedtrain Consulting, en om die reden door ProRail gewijzigd in ATB-Enhanced.

Bijlage 2: methodische innovatie besturingselement “dienstregeling”

In bijlage 1 valt op dat er bij de besturing van een trein één informatie-element is die al meer dan een eeuw vrijwel onveranderd in stand is gebleven, en dat is het element “dienstregeling”. De machinist krijgt van tevoren een tijd-plaats-schema (“dienstkaartje”) op basis waarvan hij de betreffende rit uitvoert. Als alle treinen precies op tijd zouden rijden, dan zou de machinist(e) in principe gewoon volgens planning zijn rit kunnen rijden, zonder gehinderd te worden door gele en rode seinen. Het seinsysteem beveiligd dus primair tegen afwijkingen in de uitvoering. Dat komt ook duidelijk naar voren bij de innovatie van methode 1 naar modernere en veiligere methodes.

De neiging tot toenemende benutting van het spoor betekent in het huidige besturingssysteem dat kleine vertragingen gemakkelijk tot grotere verstoringen kunnen accumuleren. Treinen worden steeds vaker geconfronteerd met gele en rode seinen, waardoor ze zelf vertraging oplopen, maar vervolgens ook weer andere treinen gaan vertragen (“olievlekwerking”, “lawine-effect”). Verder neemt het energieverbruik door het regelmatige afremmen en weer optrekken en het weer moeten inhalen van vertraging aanmerkelijk toe. Voor de reizigers levert dit een onrustige situatie. Dergelijke verstoringen vinden vooral plaats in knelpunten nabij stations waar vertraagde treinen de doorgang van andere kunnen hinderen. Bij grote verkeersdruk, zoals nu al feitelijk het geval is, moet daarom vaak worden “bijgestuurd” in afwijking van de planning.

Veel ernstiger is dat hierdoor het beveiligingssysteem aanhoudend wordt belast. Bij een perfect beveiligingssysteem (methode 7 en hoger) is dat geen probleem, maar bij een beveiligingssysteem dat geheel of gedeeltelijk afhankelijk is van correct menselijk waarnemen en handelen (methode 6 en lager) kan dit leiden tot een onevenredige toename van het aantal incidenten.

Men zou zich logischerwijs ook kunnen afvragen of het niet verstandiger zou zijn om machinisten al eerder te informeren over wijzigingen in de verkeersregeling. Daarbij snijdt het mes aan twee kanten: het treinverkeer verloopt doelmatiger en de belasting van het beveiligingssysteem neemt af. In de afgelopen jaren is er veel onderzoek gedaan naar innovaties in deze richting [19][20]]. Ook worden er in verschillende landen proefprojecten gedaan met verschillende methodes en technieken. Omwille van een inter-operabel treinverkeer is het gewenst dat er ook hier toegewerkt gaat worden naar uniformering.

Op basis van de zeer hoge en naar verwachting nog verder toenemende verkeersbelasting op het Nederlandse spoor, lijkt de TU Delft buitengewoon raadzaam dat de introductie van 160 km/u gekoppeld wordt aan een sterk verbeterde verkeersregeling.

Bijlage 3 : Geraadpleegde literatuur

1. Brief van vice-president van de Europese Commissie aangaande alternatieve ATB varianten getoetst aan Europese wet- en regelgeving, mr. J.Barrot, 26 mei 2006
2. Tweede Kamer der Staten Generaal, dossier 29 984 Spoor: vervoer- en beheersplan, brief van de minister van verkeer en waterstaat nr 130, 2007 - 2008
3. Tweede Kamer der Staten Generaal, dossier 29 984 Spoor: vervoer- en beheersplan, brief van de minister van verkeer en waterstaat nr 138, 2007 - 2008
4. Tweede Kamer der Staten Generaal, dossier 29 984 Spoor: vervoer- en beheersplan, brief van de minister van verkeer en waterstaat nr 154, 2007 - 2008
5. Tweede Kamer der Staten Generaal, dossier 29 984 Spoor: vervoer- en beheersplan, brief van de minister van verkeer en waterstaat nr 200, 2007 – 2008
6. Brief Minister van Verkeer en Waterstaat aan Europese commissie aangaande code 147, VenW/DGMO- 2008/3157, 10 juni 2008
7. Brief Europese Commissie, Antwoord op vraag m.b.t. code 147, JFC/aws D (2008) 622, mr. P.Kok
8. Maatregelen reistijdverbetering, ProRail, F.Koster & S.Heijstek., EDMS 20628715, 5-1-12-2007
9. ATB Code Groen, haalbaarheidsonderzoek.W.W.J.Götz, Inspectie Verkeer en Waterstaat, 12-12-2008
10. Tweede Kamer der Staten Generaal, dossier 28 642, nr. 46, verslag van een Algemeen Overleg op 24 september 2009, 15 oktober 2009
11. Artikel “Harder rijden met bestaande beveiliging”, A de Vos, OV Magazine, 22 oktober 2009
12. ATB problematiek, Uiteenzetting, samenhangen – keuzes, Wedzinga & Van den Hout, RnV/V36.001.097, Railned 13 maart 2001
13. Brief van de spoorsector (NS, ProRail en DB Schenker) aan het ministerie van Verkeer en Waterstaat, “ATB 147/snelheidsverbetering naar 160km op 4 baanvakken”, 2 juli 2009, kenmerk NS/MU/mi/2009-25
14. Brief “Snelheidsverhoging naar 160 km/u op het bestaande spoorwegnet” van het ministerie van Verkeer en Waterstaat aan NS, 31 oktober 2008, kenmerk VenW/DGMO-2008/4131
15. Brief “Snelheidsverhoging naar 160 km/u op het bestaande spoorwegnet, ATB code groen” van het ministerie van Verkeer en Waterstaat aan NS, 16 december 2008, kenmerk VenW/DGMO-2008/5848
16. Onderzoeksrapport IvW, 20 juni 2007 Onderzoeksnummer RV-07U0037
17. A Guide To Practical Human Reliability Assessment, B.Kirwan, Taylor & Francis, 1994
18. NS Strategy on ATP/ATC systems - draft - version for external use, G. Koppenberg, NS, Utrecht, 1993
19. Punctuality of Railway Operations and Timetable Stability Analysis, R.M.P. Goverde, 2005 , PhD thesis, TRAIL TU Delft
20. Modelling Risk Control Measures in railways. J.van den Top, 2010, (Concept) PhD thesis, TRAIL TU Delft

Andere relevante literatuur

- a) Verkehrssicherungstechnik, W. Fenner & P. Naumann, Siemens, Erlangen (D), 1998.
- b) Railway Timetable & Traffic, I.A.Hansen & J. Pachl (red), Hamburg, 2008.
- c) European Railway Signalling, C. Bailey (red), IRSE, London, 1995.

- d) Compendium on ERTMS, Peter Winter (red.), UIC, Hamburg, 2009.
- e) Spoorwegongevallen in Nederland 1839-1993, R.T. Jongerius, Haarlem, 1993.
- f) Onderzoeksrapport RV-07U0037, Railed Spoorveiligheid, Utrecht, 20.6.2007.
- g) Regeling Keuring Spoorvoertuigen - Bijlage 7, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- h) Nieuw Intercity-materieel, N.H.C.E Zeevenhooven, Verkeerskunde, 1977 nr. 8
- i) Energiebesparing bij tractie, A. Gielissen, Matblad, 1988 nr. 4.
- j) Weg en werken '79 – hogere snelheden op het Nederlandse spoorwegnet, J.H. Bellaart et al (red), Zeist, 1979.
- k) Beschikking van de commissie van 28 maart 2006 betreffende de technische specificaties van het subsysteem besturing en seingeving van het conventionele trans-Europese spoorwegsysteem (2006/679/EG)
- l) Richtlijn 2001/16/EG van het Europees Parlement en de Raad van 19 maart 2001 betreffende de interoperabiliteit van het conventionele trans-Europese spoorwegsysteem
- m) Improving the Efficiency of Heavily Used Railway Networks through Integrated Real-Time Rescheduling, Marco Lüthi, ETH Zürich, okcover 2009.