

## **Robuustheid op z'n tijd: bandbreedtedenken op het spoor**

Vincent Weeda  
ProRail  
vincent.weeda@prorail.nl

Janneke Tax  
ProRail  
janneke.tax@prorail.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk  
22 en 23 november 2012, Amsterdam**

## **Samenvatting**

### *Robuustheid op z'n tijd: bandbreedtedenken op het spoor*

Het spoor is geschikt om grote vervoerstromen veilig en energiezuinig met hoge snelheid te vervoeren. Daar staat het nadeel van een zekere starheid tegenover. De combinatie van voor- en nadelen van het spoor vraagt om een slimme aanpak bij de ontwikkeling van robuuste spoorinfrastructuur.

Iets is robuust als het tegen een stootje kan. De dienstregeling wordt dagelijks onderworpen aan stootjes van operationele variaties. De bestendigheid van de dienstregeling hiertegen is in de afgelopen jaren sterk verbeterd door rekening te houden met de bandbreedte in de uitvoering.

Om de robuustheid van de dienstregeling in de toekomst te consolideren, is robuuste planvorming van railinfrastructuur nodig. Nieuwe railinfrastructuur wordt doorgaans gebaseerd op een gewenste dienstregeling, die tot op de minuut vastligt. Infrastructuur kent echter een lange tijd van voorbereiding, besluitvorming en uitvoering. Veranderende behoeften en inzichten kunnen ertoe leiden dat eenmaal gebouwde infra bij nader inzien niet doelmatig is. Deze problematiek wordt geïllustreerd met een aantal voorbeelden aan de hand van twee dilemma's: 1) welke stations worden bediend? en 2) rechtstreekse verbindingen of hoge frequenties?

Robuuste planvorming moet veranderende behoeften en inzichten kunnen weerstaan. Het recept daarvoor is verrassend vergelijkbaar met de robuuste dienstregeling: houd bij de planvorming rekening met een bandbreedte aan dienstregelingen! Op de langere termijn waarvoor de infrastructuur nog gebouwd moet worden, is een landelijke dienstregeling die tot op de minuut vastligt schijnnaauwkeurigheid. Wel is vroegtijdig aandacht nodig voor dienstregelingkeuzen die direct invloed kunnen hebben op de benodigde infrastructuur (zoals de genoemde twee dilemma's). Daarbij is de clou om de behoefte te inventariseren voor een aantal scenario's van reële toekomstbehoeften. Infrastructuur die in veel scenario's voorkomt, heeft een grote kans ook na oplevering gewenst te zijn: robuuste infrastructuur.

Bandbreedtedenken voorkomt schijnnaauwkeurigheid en maakt robuustheid mogelijk. Het wordt in de dienstregeling al met succes toegepast en de planvorming is op het goede spoor.

## 1. Inleiding

Het spoor is geschikt om grote vervoerstromen veilig en energiezuinig met hoge snelheid te vervoeren. Een trein van 300 meter lang kan makkelijk 1000 reizigers vervoeren. Dit is equivalent aan honderden auto's (afhankelijk van de bezettingsgraad), een rij van kilometers lang. Of 600 meter containers aan elkaar vast, in plaats van ieder op een afzonderlijke vrachtauto. Dit betekent dat de trein uitermate geschikt is om reizigers en goederen efficiënt te vervoeren tussen plaatsen met een grote geconcentreerde vervoersvraag, zoals grote steden en industriegebieden.

Daar staan zekere nadelen tegenover. Zo is het spoor star in de routekeuze; uitwijken naar een ander spoor kan alleen als er een wissel ligt. Veel wissels leiden tot hoge kosten en lage beschikbaarheid door onderhoud en storingen [3]. Daarnaast is de remweg van treinen doorgaans groter dan de zichtafstand; hierdoor zijn seinen nodig om ervoor te zorgen dat een machinist zijn trein op tijd stil kan zetten. Deze eigenschappen maken dat railinfrastructuur minder geschikt is voor gebruik waar het niet specifiek voor ontworpen is en dat aanpassingen niet snel te realiseren zijn. De combinatie van voor- en nadelen van het spoor vraagt om een slimme aanpak bij de ontwikkeling van spoorinfrastructuur.

De aankondiging van het CVS 2012 noemt verschillende invullingen van "robuust": stevig, veerkrachtig, toekomstvast. In dit artikel wordt verkend wat het begrip "robuust" inhoudt als het gaat om railinfrastructuur. In de operationele sfeer lijkt robuustheid over andere eigenschappen te gaan dan bij planvorming op de langere termijn. Toch hebben beide invullingen op verrassende wijze met elkaar te maken.

## 2. Robuuste dienstregeling

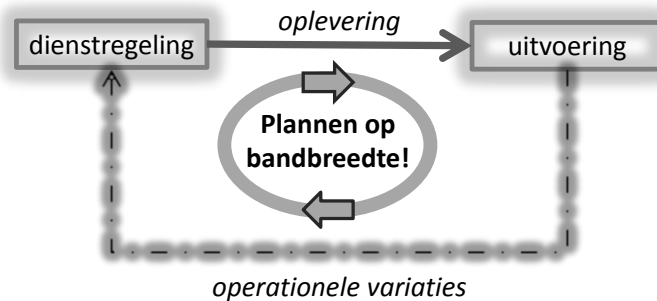
In de afgelopen 10 jaar heeft de punctualiteit van de treindienst veel aandacht gehad, niet alleen bij ProRail en vervoerders maar zeker ook in de media en de politiek. Destijds was daar alle reden voor, inmiddels is er veel bereikt. Een basisinzicht daarbij is dat op tijd rijden voor uitvoerend personeel alleen mogelijk is als de dienstregeling hen daar ook toe in staat stelt. Voorheen was een dienstregeling af als deze op papier voldeed aan alle ontwerpregels voor rijtijden, opvolgtijden, keertijden etc. Tegenwoordig wordt daarnaast continu gemonitord of de dienstregeling in de praktijk robuust is.

In het algemeen kunnen we iets "robuust" noemen als het tegen een stootje kan. Dat geeft meteen aan dat robuust een eigenschap is van twee zaken, namelijk zowel het "iets" als het "stootje". Met betrekking tot de dienstregeling kunnen we stellen:

robuust = bestand tegen operationele variaties

Nu dient zich een optimalisatievraagstuk aan: tegen welk stootje moet de dienstregeling kunnen? Het antwoord is pragmatisch van aard. Om rekening te houden met de dynamiek die in de buitenwereld nou eenmaal bestaat, wordt de bandbreedte waarbinnen een trein zich begeeft in kaart gebracht. Onder normale omstandigheden blijkt 80% van de treinen een vertraging tussen 0 en 3 minuten te hebben; 10% zit onder 0 en eveneens 10% zit boven 3 minuten. Op plekken waar de bandbreedte groter

is dan dit, zit vaak een vuiltje in de dienstregeling. Dit wordt teruggekoppeld naar een volgende dienstregeling (zie rechts in figuur 1), en bovendien naar het ontwerpproces van de dienstregeling om herhaling op andere plaatsen te voorkomen. Ofwel: ontwerp de dienstregeling op een bandbreedte in de uitvoering!



Figuur 1: De dienstregeling kan tegen een stootje door plannen op bandbreedte

Voor het ontwerpen van een robuuste dienstregeling worden inmiddels de volgende principes gehanteerd [2]:

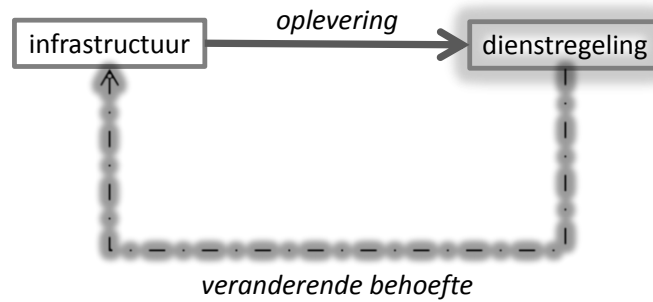
1. Plan een haalbaar pad voor de individuele trein, met realistische rij- en halteertijden.
2. Minimaliseer afhankelijkheden tussen treinen door te scheiden in plaats en tijd. Op grote stations worden treinen bij voorkeur in corridors gepland zodat operationele spreiding van de ene lijn niet wordt overgedragen op een andere lijn. Lukt dat niet, dan moet voldoende opvolgtijd tussen treinen gepland worden.
3. Laat laagbenutte capaciteitsclaims niet het halfuurpatroon bepalen. Door achter een zware goederentrein eens per dag een kleine vertraging te accepteren, kan de rest van de dag extra ruimte en een mooiere dienstregeling ontstaan.

De afgelopen tien jaar is er veel aan punctualiteit gedaan. Gemeten op 3 minuten is de punctualiteit van reizigerstreinen met 10 procentpunt gestegen, van 79,9 % in 2001 naar 89,5 % in 2011 [bron: NVGB ProRail]. Robuust plannen is één van de verbeteringen, waarmee inmiddels goede ervaring is opgedaan.

### 3. Robuuste planvorming

Nieuwe railinfrastructuur wordt doorgaans gebaseerd op een gewenste dienstregeling, die tot op de minuut vastligt. Omdat infrastructuur duur is, wordt een ontwerp gemaakt waar de dienstregeling precies op gereden kan worden (figuur 2). Infrastructuur kent echter een lange tijd van voorbereiding, besluitvorming en uitvoering. Intussen is er een grote kans op veranderingen in behoeften (andere vervoerstromen, ander bedieningsmodel) en inzichten (nieuwe treinen blijken in de praktijk sneller of langzamer dan berekend). De kans dat de voorziene dienstregeling uiteindelijk ook gereden wordt, is zodoende vrij klein. Daardoor kan blijken dat eenmaal gebouwde infra bij nader inzien niet doelmatig is. Het zou prettig zijn als de planvorming tegen een stootje kan:

robuust = bestand tegen veranderende uitgangspunten



Figuur 2: De planvorming kan niet tegen een stootje

De problematiek van robuuste planvorming wordt geïllustreerd aan de hand van twee basale dilemma's die spelen bij ontwikkeling van railinfrastructuur op de lange termijn: welke stations zijn er en hoe worden ze verbonden. Insteek daarbij is dat de robuustheid van de dienstregeling (principes uit hoofdstuk 2) ook in de toekomst gehandhaafd blijft.

### 3.1 Dilemma 1: welke stations?

Het nut van stations lijkt evident: ze stellen reizigers in staat tot in-, uit- en overstappen. Stations hebben daarnaast echter het nadeel dat ze de reistijd voor doorgaande reizigers verlengen (per station ca. twee minuten). De balans wordt schever naarmate het aantal gebruikers van een station kleiner is. Op zichzelf is dit een redelijk goed te kwantificeren afweging (die soms explicieter aandacht verdient), maar er is meer aan de hand.

Als spoorwegen zouden werken als autowegen, betekent twee minuten langere reistijd op een traject gewoon twee minuten langere reistijd voor iedereen die daar reist. Het spoor kent echter een uitgekiende tijdarchitectuur waarbij het maar de vraag is of die extra tijd "past". Dat kan liggen aan:

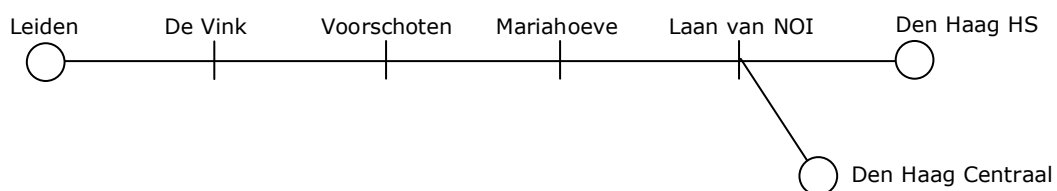
- Aansluitingen. Zo bestaat in Arnhem een snelle aansluiting tussen intercity's uit de Randstad en stoptreinen naar de Achterhoek. Het idee ontstond om met de stoptrein een extra station te bedienen (Westervoort). De tijden in de Randstad en de Achterhoek liggen echter vast vanwege netwerksamenhang, dus dit heeft de toch al korte aansluiting in Arnhem nog krappert gemaakt. Sneller materieel moet vanaf 2013 (een jaar na opening van Westervoort) verbetering in de situatie brengen.
- Enkelspoor. Veel regionale lijnen kennen een halfuurdienst waar elke trein om het kwartier een tegenligger kruist. Dat gaat prima zolang de rijtijd op elk stukje enkelspoor duidelijk onder de 15 minuten per richting ligt: dan kunnen kleine vertragingen uitdempen. In een dergelijk patroon is het niet zomaar mogelijk een nieuw station te openen. Voor de Floriade in Venlo is een evenementenhalte overwogen, maar deze zou op de hele lijn Nijmegen-Roermond v.v. tot grote vertragingen leiden. Dit gevolg is tijdig onderkend en de halte is niet gerealiseerd.
- Snelheidsverschillen. De stoptrein tussen Utrecht en Gouda verlaat Utrecht direct na een intercity en bereikt Gouda (Goverwelle) net voor de volgende intercity. Het is de bedoeling ook vier keer per uur te gaan stoppen in Utrecht Leidsche Rijn, maar dat past niet tussen de intercity's. De intercity's langzamer maken (als dat al gewenst is) brengt aansluitingen verderop in gevaar. Voor het jaar 2013 is een tijdelijke oplossing gevonden met twee stops per uur, 's avonds en in het weekend op afwijkende tijden.

Het is best mogelijk deze secundaire effecten te negeren, maar dan wordt het probleem afgewenteld op robuustheid in de betekenis van hoofdstuk 2. Het gevolg is namelijk een dienstregeling die niet tegen een stootje kan, waarbij een kleine vertraging leidt tot extra vertraging of een gemiste aansluiting. Dit betekent niet dat het openen van een extra station nooit mogelijk is – het is alleen wel belangrijk om vooraf rekening te houden met de secundaire effecten van de extra reistijd. Dat houdt onder andere in dat passeergelegenheden op toekomstvaste plekken gekozen moeten worden, afhankelijk van voorziene aantal stations, treinfrequentie en snelheden. Ironisch genoeg kent het bovengenoemde traject Utrecht-Gouda sinds enkele jaren een lang viersporig gedeelte, maar net niet op de plekken waar het in de gewenste dienstregeling nodig is.

### 3.2 Dilemma 2: rechtstreekse verbindingen of hoge frequentie?

Reizigers willen liefst zonder overstap reizen (rechtstreekse verbinding) en niet lang hoeven wachten (hoge frequentie). Traditioneel is de spoordienstregeling vooral ingericht op rechtstreekse verbindingen. Dit heeft ook een nadeel: ondanks dat er veel treinen rondrijden, ervaren veel reizigers een lage frequentie. Naarmate treinen vaker rijden, wordt overstappen minder bezwaarlijk want het wachten duurt nooit lang, een ontwikkeling die ook bij de metro en ander stedelijk OV te zien is [1].

Afgelopen jaren vond daarom een verandering plaats richting “elk kwartier op dezelfde manier”: sommige verbindingen worden niet meer rechtstreeks aangeboden ten gunste van de frequentie op herkenbare routes en betere aansluitingen. Zo reden vanaf Leiden twee sprinters per uur naar Den Haag Centraal en twee naar Den Haag HS (zie figuur 3). Sinds 2012 rijdt elk kwartier een sprinter van Leiden naar Den Haag Centraal. Richting Den Haag HS stopt de intercity nu elk kwartier in Laan van NOI. De indienststelling van de Hanzelijn in 2013 laat juist een ontwikkeling zien die veel directe verbindingen met een lagere frequentie aanbiedt. Van Groningen en Leeuwarden naar Den Haag en Rotterdam v.v. wordt van de vier verbindingen één keer per uur rechtstreeks aangeboden (en het andere halfuur met overstap in Zwolle). Bij de keuze tussen rechtstreeks of hoogfrequent is overigens niet één van beide “fout”, maar het is handig om te kiezen: beide filosofieën kunnen immers verschillende infrastructuur vragen.



Figuur 3: Schematische weergave spoor Leiden – Den Haag

Het lijkt leuk om beide te combineren: rechtstreekse verbindingen die allemaal vaak rijden. Dat betekent veel treinen, die geld kosten, infrastructuur vragen (of vertraging ondervinden) en waarvan de vraag is hoe vol ze zitten. De kans bestaat dat het spoor vol raakt met lege dozen en dat is niet erg economisch. Het kan zelfs betekenen dat bepaalde verbindingen bij nader inzien weinig gebruikt worden, zoals de aansluitingen van de Betuweroute op de spoorlijnen naar 's-Hertogenbosch en Nijmegen en de Hemboog als directe verbinding tussen Schiphol en de kop van Noord-Holland.

### Voorbeeld Utrecht-Arnhem-Nijmegen

Het dilemma van hoogfrequent of rechtstreeks is mooi te demonstreren met een voorbeeld. Van Utrecht rijdt vier keer per uur een trein via Arnhem naar Nijmegen. Station Arnhem ligt iets buiten de route en de trein staat er relatief lang omdat er gekeerd moet worden (zie figuur 4). Voor de reistijd Utrecht-Nijmegen zou een verbindingsboog ten westen van Arnhem wenselijk zijn. In een snelwegknooppunt zou een dergelijke verbindingsweg geen probleem zijn: er zijn altijd wel verkeersstromen die er plezier van hebben. Zoals gezegd is het spoor echter sterk in zware stromen: Arnhem en Nijmegen hebben een kwartierdienst omdat ze samen een trein delen. Een trein Utrecht-Nijmegen die langs Arnhem schampt, mist een deel van zijn vervoerpotentie maar vraagt wel eigen personeel en spoorcapaciteit op de lijn naar Utrecht: waarschijnlijk zou de trein maar twee keer per uur kunnen rijden. In het algemeen leidt apart bedienen van dunnere stromen tot weinig gebruikte treinen (duur en beslag op schaarse capaciteit) of lage frequenties (onaantrekkelijk).

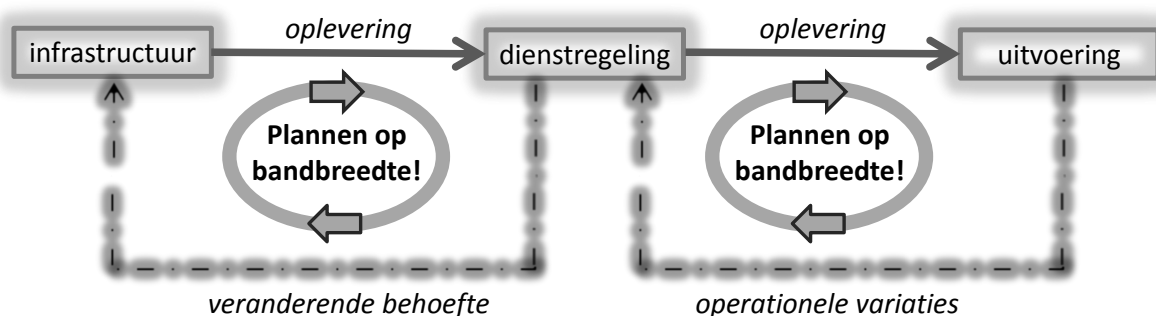


Figuur 4: Schematische weergave spoor Utrecht – Arnhem – Nijmegen

Overigens zou het nog best een lastige afweging kunnen zijn, aangezien 10 minuten reistijdwinst daar misschien wel opweegt tegen de lage frequentie. De aanleg van een verbindingsboog Utrecht-Nijmegen is echter door de ligging over een particulier landschapspark maatschappelijk en economisch niet interessant.

### 3.3 Oplossing: ontwerp infrastructuur op een bandbreedte van dienstregelingen

Zoals beschreven in hoofdstuk 2 wordt een dienstregeling robuust door te plannen op een bandbreedte van operationele variatie in plaats van op een theoretische trein. Voor een dienstregeling die nog lang niet rijdt, geldt eigenlijk hetzelfde principe op een ander schaalniveau: infra wordt robuust door te ontwerpen op een bandbreedte aan dienstregelingen. Dit principe is weergegeven in figuur 5.



Figuur 5: Infra en dienstregeling kunnen tegen een stootje door plannen op bandbreedte

Hoe groot moet die bandbreedte zijn? De mate van detaillering van de dienstregeling moet aansluiten op de termijn waarop deze gaat rijden. Op langere termijn waarvoor de infrastructuur nog gebouwd moet worden, is een landelijke dienstregeling die tot op de minuut vastligt schijnnaauwkeurigheid. Toch moeten er wel knopen worden doorgesneden omdat de eventuele ontwikkeling en aanleg van extra infrastructuur tijd nodig heeft. Daarin ligt het antwoord: dienstregelingkeuzen die direct invloed kunnen hebben op de benodigde infrastructuur, moeten vroegtijdig bekeken worden, bijvoorbeeld:

- aantal stations, bedieningsmodel (intercity's, stoptreinen) en frequentie kunnen de locatie van passeergelegenheden bepalen;
- goederenrouting bepaalt benodigde verbindingen;
- de keuze welke verbindingen rechtstreeks geboden worden, bepaalt welke ongelijkvloerse kruisingen nodig zijn.

De clou is dat de benodigde infrastructuur geïnventariseerd wordt voor een aantal scenario's van reële toekomstbehoeften met bijbehorende dienstregeling. Elk scenario vraagt een bepaald pakket van (bestaande, verbouwde of nieuwe) infrastructuur: inhaalvoorzieningen, gelijktijdigheden, bereikbaarheden etc. Maatregelen die in veel scenario's voorkomen, hebben een grote kans ook na oplevering gewenst te zijn. Maatregelen die erg specifiek zijn voor een bepaalde behoefte, kunnen beter uitgesteld worden totdat er meer duidelijkheid is over die behoefte. Het is duidelijk een wisselwerking tussen dienstregeling en infrastructuur: dat vraagt om een iteratieve en integrale benadering.

#### *Ontwerpatelier*

ProRail heeft de integrale benadering voor ontwikkeling van infrastructuur onlangs vormgegeven in een zogenaamd Ontwerpatelier. Daarin zijn verschillende disciplines vertegenwoordigd (vervoerstromen, dienstregeling, verkeersleiding, infraprojecten, onderhoud) en daardoor de benodigde informatie en inzichten aanwezig. In werksessies worden wetmatigheden tussen scenario's en maatregelen blootgelegd. Daarmee wordt een robuust pakket aan infrastructuur samengesteld dat een bandbreedte van dienstregelingen mogelijk maakt.

#### **4. Conclusie**

Iets is robuust als het tegen een stootje kan. Voor een dienstregeling bestaat het stootje uit operationele variaties, voor planvorming op de langere termijn uit veranderende behoeften en inzichten. De robuustheid van de dienstregeling is in de afgelopen jaren sterk verbeterd. Om deze in de toekomst te consolideren, is robuuste planvorming nodig.

De link tussen beide domeinen bestaat nog op een ander vlak: in beide gevallen ligt de sleutel tot robuustheid in het rekening houden met een bandbreedte, in plaats van een (schijn)nauwkeurig toekomstbeeld. Hoewel de dynamiek in beide gevallen sterk verschilt, is deze overeenkomst interessant. In de dienstregeling wordt dit principe al met succes toegepast; in de planvorming zijn de eerste stappen gezet.



Het ontwikkelen van infrastructuur voor een bandbreedte van toekomstige uitdagingen uit zich concreet door bij het inventariseren van toekomstbehoefte (stations, frequenties, rechtstreekse verbindingen) en verschillende scenario's te hanteren. Daarbij gaat het primair om dienstregelingkeuzen die de behoefte aan infrastructuur beïnvloeden; andere keuzes kunnen gerust open blijven. Maatregelen die in veel scenario's voorkomen, hebben een grote kans ook na oplevering gewenst te zijn. Daaruit ontstaat een pakket robuuste infrastructuur dat een bandbreedte van dienstregelingen mogelijk maakt.

## **Literatuur**

1. Blij, F.L. van der, J.S. Veger & I.C. Slebos, "HOV op loopafstand". In: *Bijdragen Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk* gehouden te Roermond, 2010.
2. Weeda, V.A. & K.S. Hofstra, "De praktijk centraal: hogere capaciteit en punctualiteit op bestaand spoor". In: *Bijdragen Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk* gehouden te Antwerpen, 2009.
3. Weeda, V.A. & B. van Touw, "Japan op Nederlands spoor: eenvoud loont (sneller, vaker, veiliger, stiller, goedkoper)". In: *Bijdragen Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk* gehouden te Roermond, 2010.