

Xpert + Xpert = 3

Wat kunnen trein- en tramexploitatie van elkaar leren?

ir. N. van Oort

Technische Universiteit Delft

Faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen

Transport & Planning

Postbus 5048

2600 GA Delft

E-mail: N.van.Oort@HTM.net

ir. V.A. Weeda

Technische Universiteit Delft

Faculteit der Civiele Techniek en Geowetenschappen

Transport & Planning

Postbus 5048

2600 GA Delft

E-mail: V.A.Weeda@TUDelft.nl

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2007,

22 en 23 november 2007, Antwerpen

Inhoudopgave

1	Inleiding	4
2	Kenmerken Tram en Trein	5
2.1	Systeem	5
2.2	Exploitatie	6
3	Leerpunten	7
3.1	Rijtijdbepaling	7
3.2	Snelheid en Betrouwbaarheid	9
3.3	Frequentie	11
3.4	Capaciteitmanagement	12
4	Conclusies en Aanbevelingen	15
	Acknowledgements	16
	Referenties	16

Samenvatting

Xpert + Xpert = 3

Wat kunnen trein- en tramexploitatie van elkaar leren?

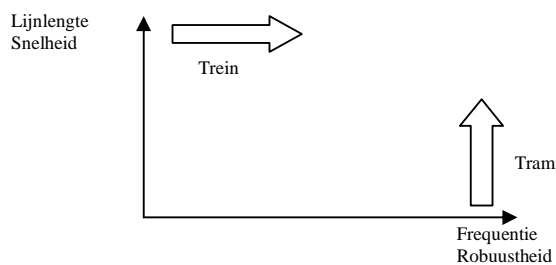
De laatste jaren groeien spoor- en tramsystemen steeds verder naar elkaar toe. De verhoging van de frequenties en meer rijden in vaste corridors bij het spoor en de ontwikkeling van tramsystemen richting light rail laten dit zien. De werelden achter deze systemen groeien echter minder sterk mee in elkaars richting. Dit artikel beschrijft enkele vraagstukken waarvan de oplossingen uit beide werelden gecombineerd kunnen worden.

- Voor rijtijdbepaling in de dienstregeling bestaat de verbetering uit het gebruik maken van zowel de theoretisch haalbare rijtijd als terugkoppeling uit de praktijk.
- Voor wat betreft het dilemma van snelheid en betrouwbaarheid is het belangrijk te sturen op een indicator die een gezamenlijk doel vertegenwoordigt beide verenigt: de werkelijke reistijd van de reiziger. Deze verenigt beide invloeden in zich.
- Voor de bepaling van de frequentie is het belangrijk om frequentie op twee manieren te bekijken: enerzijds als middel om zitplaatscapaciteit te bieden, maar daarnaast ook als kwaliteitsfactor.
- Tot slot is er gekeken naar capaciteitsmanagement: In het geval van beperkingen door infrastructuur of beveiliging is het zinnig om hiermee rekening te houden om de haalbaarheid van de dienstregeling te vergroten. Daarbij is het wel van belang om niet meer beperkingen op te leggen dan nodig.

Dit artikel is slechts een eerste verkenning en is bedoeld als discussiepaper. Door vakmensen uit beide werelden bij elkaar te brengen, kunnen de genoemde en andere vraagstukken worden vergeleken en verbetermaatregelen over sectorgrenzen heen worden gedeeld. Het kennisnetwerk Jonge Veranderaars van Railforum kan hierin een grote rol spelen.

1. Inleiding

In de railsector vinden de laatste jaren grote ontwikkelingen plaats. Veranderende behoeften vanuit de markt zorgen voor het naar elkaar toe groeien van de trein en de tram om elkaar in een soort metrosysteem te ontmoeten. Van oudsher deelden deze vervoerwijzen vooral de stalen wielen en de stalen rails. Nu gaat de trein in een aantal gevallen steeds meer functioneren als een metro: een eenvoudig vervoerproduct met hoge frequenties in vaste corridors. Het toekomstbeeld van Benutten en Bouwen is 6 intercity's en 6 stoptreinen per uur in de Randstad [3]. Ook wordt gestudeerd op het meer homogeniseren van het aanbod [2]. Aan de andere kant wordt aan nieuwe en bestaande tramlijnen een kwaliteitsimpuls gegeven: door meer vrije baan en grotere halteafstanden wordt een hogere operationele snelheid mogelijk. Bij deze ontwikkeling valt te denken aan RandstadRail [4], TramPlus in Rotterdam en de Stadtbahn in Karlsruhe. Stedelijke tramsystemen worden gekoppeld aan voormalige treinsystemen; vanwege de hogere snelheid wordt beveiliging ingevoerd en gaat het systeem op een metro lijken. Figuur 1 geeft de ontwikkeling aan: treinen gaat hoogfrequentierijden en meer in corridors, waardoor het gebruiksgemak en de robuustheid van het systeem toenemen. Trams gaan langere afstanden bedienen en doen dat met hogere snelheden. Hoewel de ontwikkelingen van de systemen naar elkaar gericht lijken te zijn, is de indruk dat de processen in deze twee werelden nog strikt van elkaar zijn gescheiden: er is weinig kennis- en ervaringsuitwisselingen tussen deze twee sectoren.



Figuur 1: Ontwikkelingen trein en tram

De auteurs van dit artikel zijn, naast bij de TU Delft, elk werkzaam in één van deze twee sectoren en zijn in contact gekomen via de Jonge Veranderaars van Railforum. Dit netwerk brengt jonge professionals in de spoorsector bij elkaar om onder andere kennisuitwisseling tot stand te brengen. Beide auteurs viel bovenstaande probleemstelling op en ze zijn van mening

dat beide systemen verbeterd kunnen worden door gebruik te maken van kennis en ervaring van professionals uit de andere sector. Hoewel er voldoende verschillen zijn aan te wijzen, zijn er ook steeds meer overeenkomsten, die momenteel te weinig worden herkend. Deze paper geeft een beschrijving van tram en trein; het metrosysteem blijft buiten beschouwing omdat ons daar uit eigen ervaring weinig bijzonderheden van bekend zijn. Naast de verschillen wordt ingezoomd op de overeenkomsten en verbetermogelijkheden door gebruik te maken van elkaars expertise. De focus ligt hierbij op de exploitatie(planning). Als basis voor de analyse is kennis en ervaring van HTM en ProRail gebruikt. Dit artikel heeft geen wetenschappelijk pretenties, maar is bedoeld om de discussie te starten over de vraag in hoeverre winst te behalen is door van elkaar te leren? Ofwel, hoe creëer je: $X_{\text{pert}} + X_{\text{pert}} = 3$.

2 Kenmerken tram en trein

De trein verbindt stadscentra met elkaar via een snel, grofmazig netwerk, met haltes onderweg in buitenwijken en kleinere kernen. De tram verbindt via een fijnmazig netwerk met veel haltes één stadscentrum met de omliggende woongebieden. Een hoge frequentie is belangrijk voor de bruikbaarheid op korte afstanden. Tabel 1 laat de belangrijkste marktkenmerken zien.

Tabel 1: Marktkenmerken tram en trein

TREIN	MARKTKENMERKEN	TRAM
5km (sprinter) – 25km (IC)	Halteafstand	500m
afstand tussen steden	Maaswijdte netwerk	stadswegennet
1.000.000	Dagelijks aantal reizigers	300.000 (Den Haag)
40km, 30min, gem. 80km/h	Typische reis	3,5km, 10min, gem. 21km/h

2.1 Systeem

De trein kent een autonoom netwerk, ontworpen voor hoge snelheden (doorgaans 140km/h). Bij dergelijke snelheden is door de lage weerstand tussen stalen wielen en stalen rails de remweg groter dan de zichtafstand en is een beveiligingssysteem nodig om naderend gevaar aan te kondigen aan de machinist. Dit zorgt voor relatief lange opvolgtijden tussen treinen. Voor korte en lange afstanden bestaan voertuigen met verschillende optrek- en remkarakteristiek en comfort. De lengte van een trein wordt vooral begrensd door praktische overwegingen (zoals loopafstanden en de inpasbaarheid van het perron).

De tram maakt gebruik van een netwerk met veel gelijkvloerse kruisingen en deelt de infrastructuur soms met bussen en ander wegverkeer. Daarom is rijden op zicht noodzakelijk; vanwege de lagere snelheid is dit ook mogelijk. Beveiliging beperkt zich tot tunnels (slecht zicht) en verkeerslichten. Doordat de tram zich tussen het wegverkeer beweegt, is de lengte van de voertuigen beperkt (zie Tabel 2).

Tabel 2: Voertuigkenmerken tram en trein

TREIN	VOERTUIGKENMERKEN	TRAM
50-300m	Lengte	30m
100-1000	Reizigerscapaciteit	180
ja	Koppelbaar	niet
twee (soms: loc omlopen)	Eén/tweerichtingsvoertuig	één
140km/h	Maximumsnelheid	60km/h

2.2 Exploitatie

Sinds de jaren 1970 is een klokvaste dienstregeling bij de spoorwegen algemeen uitgangspunt. Vaste vertrektijden volgens een basisuurpatroon (BUP) zijn makkelijk te onthouden voor reizigers en maken planning en uitvoering overzichtelijk. Het gemengde spoorgebruik door treinen met verschillende bestemmingen, snelheden en stoppatronen (intercity's, sprinters en goederentreinen) brengt een "verknoopt" product en infrastructuurgebruik met zich mee. Daardoor en door de relatief complexe techniek die een hogere snelheid met zich meebrengt, hebben defecten veelal een systeem-interne oorzaak (defecten aan infrastructuur en materieel, fouten in planning en proces), hoewel externe oorzaken ook een rol spelen (weer, vandalisme). Bij het meten van de uitvoeringskwaliteit wordt meestal gekeken naar de aankomstvertraging op knooppunten – daar is op tijd zijn immers belangrijk voor aansluiting op treinen of ander openbaar vervoer. Door de autonome infrastructuur en het wachten op gepubliceerde vertrektijd is de spreiding daarin relatief klein.

In het tramsysteem worden verschillende lijnen tamelijk onafhankelijk geëxploiteerd met een hoge frequentie en één soort voertuigen die bij behoefte op elke halte stoppen. Tussen lijnen vindt niet altijd afstemming plaats maar gezien de hoge frequentie is de wachttijd bij eventueel overstappen meestal kort. Frequentie en vertrektijden variëren over de dag en de week in verband met vervoervraag en invloed van wegverkeer. De spreiding in rijtijden is

groot door de sterk variërende verkeersdrukke. Bovendien heeft in- en uitstappen door de grote haldedichtheid veel invloed op de totale rijtijd. Doordat haltes zonder klanten worden voorbijgereden en trams onderweg hun vertrektijd niet altijd afwachten, is bij trams niet alleen te laat maar ook te vroeg vertrekken iets wat tot reizigersvertraging leidt. Tabel 3 laat enkele exploitatiekenmerken van beide systemen zien.

Tabel 3: Exploitatiekenmerken tram en trein

TREIN	EXPLOITATIEKENMERKEN	TRAM
15-30min	Interval	5-15min
diverse treinsorten	Stoppatroon	alle haltes (indien behoefte)
ja	Afstemming tussen lijnen	nee
vaak intern	Oorzaken van spreiding	vaak extern
aankomst knooppunten	Prestatie-indicator	snelheid

3 Leerpunten

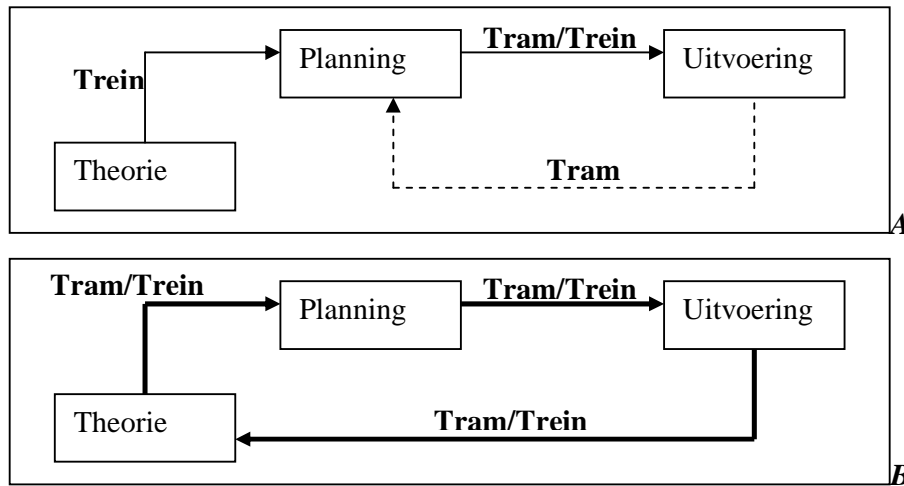
Uit het voorgaande hoofdstuk blijkt dat er veel verschillen bestaan tussen tram en trein. Gezien de (groeïende) overeenkomsten zijn diverse ontwerp- en exploitatievraagstukken echter van dezelfde aard. In dit hoofdstuk worden een aantal van deze uitdagingen geschetst samen met de oplossingsmethodes van beide sectoren. Het blijkt dat deze niet altijd gelijk zijn. Vervolgens worden mogelijkheden aangereikt om het beste van beide werelden te combineren en tot betere oplossingen te komen.

3.1 Rijtijdbepaling

Voor het maken van een dienstregeling is de rijtijd een belangrijk element. De dienstregeling is zowel voor de communicatie naar de klant als voor de planning van resources belangrijk. De rijtijd bepaalt hierin onder andere de snelheid van de reis en de haalbaarheid voor het personeel. Aan de minimaal benodigde rijtijd kan speling worden toegevoegd om vertragingen in te kunnen lopen en de dienstregeling dus robuuster te maken.

De rijtijd wordt bij de spoorwegen bepaald op basis van theoretische berekeningen. De karakteristieken van de voertuigen en de infrastructuur, de tijden voor processen als halteren leiden samen met de speling tot een totale rijtijd. Deze rijtijd is in principe de hele dag hetzelfde, zodat er gewerkt kan worden met een BUP.

Bij stedelijk openbaar vervoer is de rijtijd vaak de uitkomst van terugkoppeling van de periode ervoor. Alle rijtijden worden gemeten en van de verdeling wordt een vaste percentielwaarde gekozen als rijtijd voor de nieuwe dienstregeling. [6] beschrijft deze methode en geeft optimalisatiemogelijkheden. Voor geplande werkzaamheden met verwachte vertraging wordt extra rijtijd toegevoegd. Om de rijtijd zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de praktijk worden er verschillende rijtijden vastgesteld voor verschillende dagdelen en dagtypes.

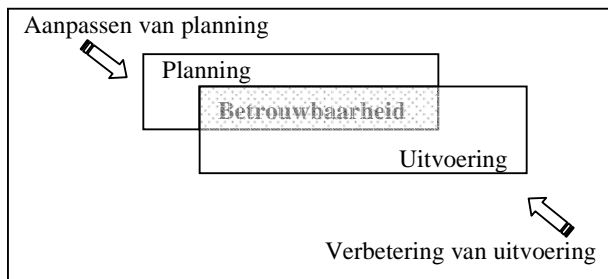


Figuur 2: Dienstregelingplanning binnen het spoor en stedelijk OV (A) en ideale situatie (B)

De methoden om te komen tot een rijtijd verschillen sterk tussen spoorwegen en tram. In Figuur 2A zijn deze verschillen weergegeven: Wat betreft de dienstregeling wordt er bij het spoor sterk theoretisch gedacht terwijl er bij stedelijk OV vooral vanuit de praktijk wordt geredeneerd en ontworpen. De consequentie hiervan is, dat er in beide situaties geen ideale dienstregeling wordt ontworpen. Verwacht wordt dat het combineren van beide methoden (Figuur 2B) tot betere resultaten leidt. Het vaststellen van een theoretische dienstregeling geeft goed weer wat de mogelijkheden zijn. Door deze te vergelijken met de praktijk ontstaat er goed inzicht in de haalbaarheid in de praktijk. Goede terugkoppeling en ex-ante analyse op tactisch niveau leiden tot inzicht in de knelpunten zodat zowel dienstregeling als dienstuitvoering verbeterd kunnen worden. Bij de spoorwegen vinden empirische analyses hun ingang, zie bijvoorbeeld [9] en [10]. In samenwerking tussen het Prestatieanalysebureau van ProRail en het Kenniscentrum van NS wordt vorm gegeven aan het sluiten van de regelkring van praktijk naar planning.

3.2 Snelheid en betrouwbaarheid

Snelheid en betrouwbaarheid zijn twee belangrijke indicatoren voor de kwaliteit van het openbaar vervoer. Binnen de spoor- en tramwereld wordt verschillend gekeken naar beide indicatoren. Figuur 3 laat zien wat betrouwbaarheid inhoudt (namelijk het overeenkomen van planning en uitvoering) en dat er twee manieren zijn om deze te verbeteren: de exploitatie beter laten passen bij de planning of omgekeerd. Beide indicatoren ondersteunen elkaar voor een deel, maar werken elkaar ogenschijnlijk ook tegen. Het toevoegen van speling (aanpassen van de planning) leidt tot een lagere snelheid op papier, maar een hogere betrouwbaarheid. Het opheffen van vertragingbronnen (verbeteren van de uitvoering) leidt vaak tot zowel snelheids- als betrouwbaarheidswinst.

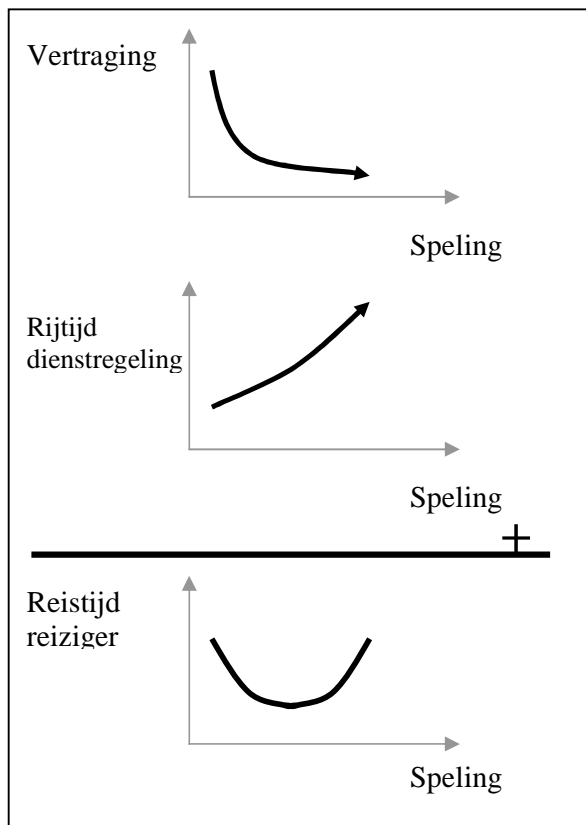


Figuur 3: Betrouwbaarheid

Binnen de spoorwegen wordt momenteel gefocust op betrouwbaarheid en als afgeleide daarvan met name op punctualiteit: dit is de belangrijkste indicator waarop NS door het Rijk wordt afgerekend. Een voorbeeld uit de literatuur [7] laat zien dat reizigers betrouwbaarheid waarderen: bij de keuze tussen een verzekerde reistijd van 80 minuten of een reistijd van 70 minuten met 50% kans op een kwartier vertraging kiest 85% van de reizigers in een enquête voor de eerste optie. In de dienstregeling 2007 van de spoorwegen is per saldo extra rijtijdspeling toegevoegd om de betrouwbaarheid te vergroten. Dit heeft echter consequenties voor de operationele snelheid: de extra tijd zorgt immers voor een langere geplande reistijd. Daarnaast wordt door de focus op punctualiteit de aandacht voor het halen van aansluitingen minder: er wordt minder gewacht op te late treinen en sommige aansluitingen duren planmatig lang. Hierdoor wordt de betrouwbaarheid van treinen gegarandeerd, maar gaat de snelheid van de reiziger die moet overstappen omlaag.

Binnen stedelijk openbaar vervoer is weinig aandacht voor betrouwbaarheid. De frequenties liggen gemiddeld hoger dan bij het spoor, waardoor aangenomen wordt dat

betrouwbaarheid minder belangrijk is. Klontering, te volle voertuigen, overstappen en lage frequenties in de daluren zijn echter voldoende argumenten om ook aandacht te besteden aan betrouwbaarheid. In [5] wordt de betrouwbaarheid van het tramsysteem in Den Haag beschreven. Deze analyse laat zien dat reistijden toenemen tot 25% als gevolg van onbetrouwbaarheid. Indien er aandacht is voor betrouwbaarheid dan is dit vaak door de stiptheid te meten. Stiptheid houdt echter niet expliciet rekening met de grotere effecten van te vroeg rijden (de wachttijd wordt dan gelijk aan het interval). Bovendien is regelmaat bij hoge frequenties een betere indicator. Bij stedelijk OV ligt de focus meer op operationele snelheid dan op betrouwbaarheid: de rijtijd inclusief halteren. Zowel voor de opdrachtgever als voor de vervoerder is dit een belangrijke indicator, omdat het een tweesnijdend zwaard is: door een hogere snelheid dalen de kosten (minder inzet personeel en materieel nodig) en nemen de inkomsten toe (het product wordt aantrekkelijker voor de klant).



Figuur 4: Effect speling op vertraging, rijtijd en reistijd

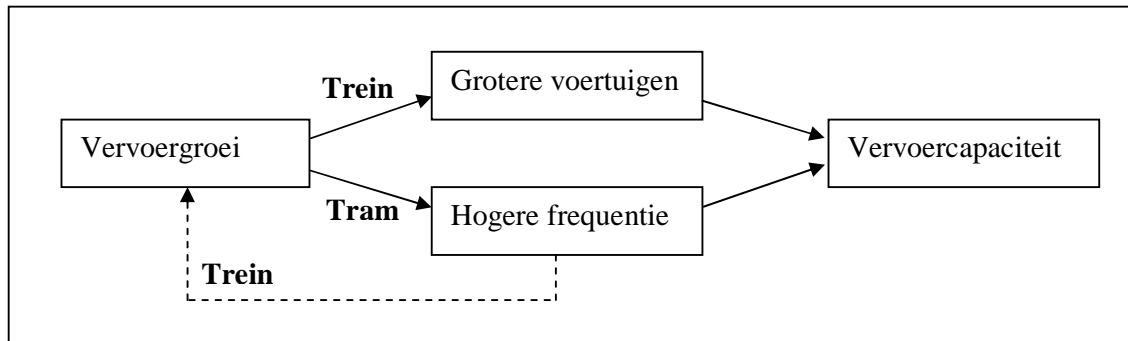
In bovenstaande beschrijving is aangegeven dat de focus bij spoor en tram óf op betrouwbaarheid óf op snelheid ligt. De uitdaging is om het optimum te zoeken tussen de snelheid van

het voertuig en de betrouwbaarheid. In [6] is een voorbeeld gegeven van een analyse waarin zowel naar snelheid als betrouwbaarheid gekeken is. Figuur 4 laat verschillende indicatoren zien als functie van de speling in de dienstregeling: de vertraging en daardoor ook de kans om aansluitingen te missen neemt af met de hoeveelheid speling, terwijl voor een kortere papieren rijtijd en het voorkomen van te vroeg vertrekken juist *minder* speling nodig is. Door de werkelijke reistijd van de klant als indicator te nemen worden al deze aspecten van operationele kwaliteit meegenomen.

3.3 Frequentie

Net als rijtijden zijn frequenties bij het spoor in principe de hele dag gelijk volgens het BUP, meestal 2 of 4× per uur. Aankomst- en vertrektijden van verschillende lijnen worden op elkaar afgestemd om onderling aansluiting te bieden. Op zeer drukke (spits) of rustige (avond, zondagochtend) momenten wordt in beperkte mate van het patroon afgeweken; om de transparante structuur en de overstaprelaties te behouden gaat het al snel om een verdubbeling of halvering van de frequentie. De spoorvervoerders hebben de ambitie om hun product aantrekkelijker te maken door hoge frequenties te bieden. Dit is onder andere op de regioliijnen voortvarend opgepakt. Hoewel vervoervraag daarbij een economische randvoorwaarde is, maakt vervoergroei op zich hogere frequenties niet noodzakelijk: deze kan vaak in langere of hogere treinen worden opgevangen. Deze missen echter het wervende effect van hoge frequenties. Bovendien kennen lange treinen een slechte spreiding over de trein waardoor de zitplaatscapaciteit niet optimaal benut wordt, en lange looptijden en dus overstaptijden. In de spits komen “voortreinen” voor, maar elk halfuur twee treinen kort achter elkaar wordt door de reiziger nog steeds ervaren als twee treinen per uur [1].

Bij de tram gelden gedurende de dag “tijdsbanden” (variërend van 3 tot 15) met variërende frequenties (en rijtijden). Deze volgen de vervoervraag omdat de voertuigcapaciteit vastligt, met een minimuminterval van 15 minuten in de daluren. De frequentie is vrijwel “traploos regelbaar” (bijvoorbeeld van 10 naar 12× per uur) door de afwezigheid van een patroon, de relatief kleine voertuigen en de onafhankelijke lijnen. Frequentieverhoging is vanwege de vaste voertuiglengte het antwoord op toenemend gebruik, maar wordt bij bestaande lijnen nauwelijks ingezet als marketingmiddel. Nadeel van de afgepaste materieelinzet is, dat de actuele frequentie weinig ruimte laat voor vervoergroei en het risico bestaat dat de vervoerder achter de feiten aanloopt.



Figuur 5: Opvang van vervoergroei in trein en tram

De frequentie van de tram is dus flexibel, terwijl die van de trein een patroon volgt en alleen in grote stappen aanpasbaar is. Frequentieverhoging geldt bij de trein vooral als kwaliteitsverbetering, terwijl het bij de tram een capaciteitsmaatregel is (zie Figuur 5). Bij de tram zou een meer door ambitie geleide frequentiebepaling tot vervoergroei uitnodigen en daartoe ook de ruimte bieden. Tegelijk met het bieden van meer ritten kan het aantal tijdsbanden verminderd worden voor een meer werkbare en transparante dienstregeling.

Zoals in de inleiding genoemd, is bij de trein een beweging richting trambedrijf zichtbaar: een meer lijnsgewijze opzet met minder treinsoorten en minder afstemming tussen lijnen. Analoog aan de tram kan men vervoergroei of –pieken opvangen met een hogere frequentie in plaats van langere treinen. Dit verkort wachttijden, in het bijzonder bij niet-afgestemde overstaprelaties en bij vertragingen. Door flexibel om te gaan met frequenties gedurende de dag, kan al snel aan de grootste groep reizigers een beter product geleverd worden [1]. Een goed voorbeeld hiervan is de stoptrein Utrecht–Veenendaal die sinds dit jaar in de spits verdubbeld is tot 4× per uur.

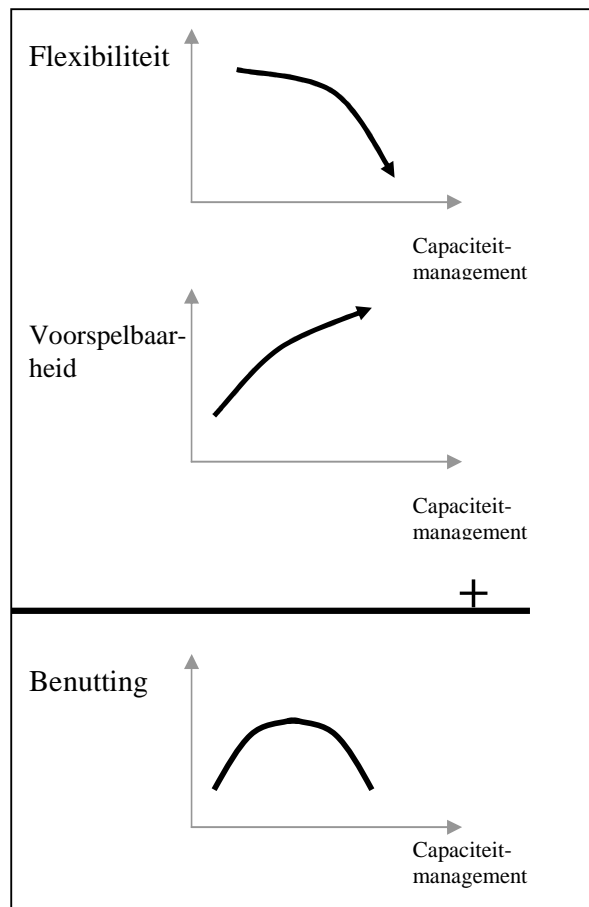
Anders dan bij de andere leerpunten is hier geen sprake van een beweging “naar elkaar toe” maar gaat het bij zowel tram als trein om frequentieverhoging. De eyeopener is dat deze eerder in beeld komt door meer invalshoeken te kiezen (kwaliteit en reizigerscapaciteit).

3.4 Capaciteitmanagement

Drukke op het spoor maakt infrastructuur schaars en doet de noodzaak ontstaan tot capaciteitsmanagement: rekening houden met het tijd- en ruimtebeslag van voertuigbewegingen en de beschikbare tijd/ruimte in de planning weloverwogen verdelen. Door een stuk infrastructuur in de dienstregeling slechts aan één trein toe te wijzen, worden voorzienbare vertragingen

(“files”) voorkomen. Als gevolg van de lange technische opvolgtijden is conflictvrij plannen bij de spoorwegen ingebed in de planningsfilosofie: via planningsnormen worden treinen op hetzelfde spoor in de tijd minimaal 3 minuten van elkaar gescheiden. Voor goederentreinen worden slots gereserveerd (die overigens niet altijd gebruikt worden) en ook voor rangeren wordt spoorcapaciteit vrijgehouden. Soms wordt zelfs aandacht besteed aan het zorgvuldig voorkomen van theoretische conflicten in het BUP tussen treinen die in de praktijk nooit in hetzelfde uur rijden (nachttreinen, bepaalde goederentreinen). Vatbaar voor discussie is de vraag hoeveel “lege ruimte” opgelaten moet worden ten behoeve van uitvoeringskwaliteit.

In het trambedrijf is capaciteit geen punt van overweging. Vaak is daar ook geen reden voor: rijden op zicht kent zeer korte opvolgtijden en een conflict tussen trams is weinig anders dan wat het wegverkeer aan de lopende band veroorzaakt. In de dienstregeling worden de gewenste ritten op de gewenste tijden gepland. In- en uitruk van/naar de remise gaan “ertussendoor” en eventuele conflicten met (langzamere) reizigersritten worden niet gesignaleerd.



Figuur 6: Effect capaciteitsmanagement op flexibiliteit, voorspelbaarheid en benutting

Bij het spoor ontstaat een zeker besef dat zeer strikte generieke normen niet in alle gevallen nodig en effectief zijn, vanwege de dynamiek in de dienstuitvoering en de specifieke eigenschappen van lokale situaties. Onder de noemer dynamisch verkeersmanagement (DVM) worden opvolgnormen op knelpunten flexibeler gehanteerd, zolang de geplande verkeersstroom in een groter tijdbestek maar binnen de beschikbare tijd af te handelen is [8]. Dit lijkt een aardige balans tussen gebruik maken van de ruimte die er is en borgen van robuustheid.

Intussen ontstaat bij de trambedrijven als de HTM naar aanleiding van RandstadRail alle reden om aan capaciteitsmanagement te gaan doen:

- De verkeersintensiteit groeit; op het gezamenlijke deel van de Haagse lijnen naar Zoetermeer en Rotterdam rijdt in de spits uiteindelijk ca. elke 2 minuten een voertuig.
- Op een aantal plekken wordt beveiliging geïntroduceerd in verband met hogere snelheden (Zoetermeer) of slecht zicht (tunnel).
- Met het tweerichtingsmaterieel vervalt de noodzaak van een lus op het eindpunt, waardoor een (vaak beter inpasbaar) kopstation volstaat. Dat heeft echter een lagere capaciteit dan een lus met evenveel sporen.

“Het beste van twee werelden” is wat betreft capaciteitsmanagement als volgt te verwoorden: als er beperkingen zijn moet je ze niet negeren, maar je moet jezelf niet meer beperkingen opleggen dan nodig. Figuur 6 beeldt dit uit: door het toepassen van meer (of beter) capaciteitsmanagement ontstaat een voorspelbaardere dienstregeling: conflicten worden immers voorzien en vooraf voorkomen. Echter, de flexibiliteit neemt af met de mate van capaciteitsmanagement vooraf: door alles star te plannen is er weinig ruimte voor lokale en real-time bijsturing. Ergens in deze trade-off tussen uitvoerbaarheid en flexibiliteit ligt een optimum voor de benutting van het spoor.

4 Conclusies en aanbevelingen

In dit artikel is gekeken naar twee sectoren: tram en trein. De laatste jaren groeien beide producten steeds verder naar elkaar toe. De werelden achter deze systemen groeien echter minder sterk mee in elkaars richting. Dit artikel beschrijft enkele vraagstukken waarvan de oplossingen uit beide werelden gecombineerd kunnen worden.

- Voor rijtijdbepaling in de dienstregeling geldt dat de verbetering bestaat uit het gebruik maken van zowel de theoretisch haalbare rijtijd als terugkoppeling uit de praktijk.
- Voor wat betreft het dilemma van snelheid en betrouwbaarheid is het belangrijk te sturen op een indicator die een gezamenlijk doel vertegenwoordigt beide verenigt: de werkelijke reistijd van de reiziger. Deze verenigt beide invloeden in zich.
- Voor de bepaling van de frequentie is het belangrijk om frequentie op twee manieren te bekijken: enerzijds als middel om zitplaatscapaciteit te bieden, maar daarnaast ook als kwaliteitsfactor.
- Tot slot is er gekeken naar capaciteitsmanagement: In het geval van beperkingen door infrastructuur of beveiliging is het zinnig om hiermee rekening te houden om de haalbaarheid van de dienstregeling te vergroten. Daarbij is het wel van belang niet meer beperkingen op te leggen dan nodig.

Algemeen kan gesteld worden dat in de planningsfases van openbaar vervoer vooruitgekeken moet worden naar de effecten op operationeel niveau. Omgekeerd moeten de werkelijke effecten van de exploitatie worden teruggekoppeld om de planning fijn te slijpen. Op de genoemde aspecten is het zaak een optimum te vinden (wellicht dicht bij een metrobedrijf) en vooral niet door te schieten in het aanpassen.

Dit artikel is slechts een eerste verkenning en is bedoeld als discussiepaper. Door vakmensen uit de werelden van trein en tram bij elkaar te brengen, kunnen de genoemde en andere vraagstukken worden vergeleken en verbetermaatregelen over sectorgrenzen heen worden gedeeld. Zo komen tram en trein samen verder dan alleen: $X_{\text{pert}} + X_{\text{pert}} = 3$. De Jonge Veranderaars kunnen een grote rol spelen in deze kennisuitwisseling. Aanbevolen wordt dit onderwerp verder uit te werken met experts van tram-, metro- en spoorbedrijven.

Acknowledgements

Dit onderzoek is uitgevoerd met steun van en HTM Personenvervoer, ProRail, het Transport Research Centre Delft en de TU Delft, faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, afdeling Transport & Planning.

Referenties

1. Bruijn, A.A. en S.C. Kieft, “Net als in Japan: aparte spitsdienstregeling voor NS?” In: *Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, pp. 857-875, Zeist, 2004.
2. Bruijn, A.A., S.C. Kieft en P.A. Bouman, “Intercity stopt ook te Vleuten West: alternatieve bedieningsmodellen door de bril van de reiziger” In: *Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, pp. 869-888, Delft, 2001.
3. Onderwater, P. en H. Holwerda, “Stedenbaan als resultaat van samenwerking” In: *Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, pp. 727-742, Antwerpen, 2005.
4. Oort, N. van en M.R. Post, “RandstadRail: Kwaliteitssprong in operationele kwaliteit door exploitatiebeheersing” In: *Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, pp. 743-761, Antwerpen, 2005.
5. Oort, N. van en R. van Nes, “Betrouwbaarheid in stedelijk openbaar vervoer in relatie tot tactische en strategische planning” In: *Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, pp. 425-444, Amsterdam, 2006.
6. Oort, N. van en R. van Nes, “Betrouwbaar OV begint met goed plannen” In: *Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, Antwerpen, 2007.
7. Rietveld, P., F.R. Bruinsma en D.J. van Vuuren, “Coping with unreliability in public transport chains” In: *Research Memorandum 1999-3*, Vrije Universiteit Amsterdam, Faculteit der Economische Wetenschappen en Econometrie.
8. Schaafsma, A.A.M., “Doorstromen of op tijd rijden? Of allebei? De besturing van knelpunten in het spoorwagennet” In: *Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, pp. 1749-1765, Amsterdam, 2006.
9. Stam-Van den Berg, B.W.V. en V.A. Weeda, “VTL-Tool: Detailed Analysis of Dutch Railway Traffic” In: *Proceedings Second International Seminar on Railway Operations Research*, Hannover, 2007.
10. Weeda, V.A., P.B.L. Wiggenraad en K.S. Hofstra, “Een treinvertraging zit in een klein hoekje. Resultaten punctualiteitanalyse casestudy Rotterdam-Dordrecht” In: *Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk*, pp. 445-456, Amsterdam, 2006.