

# Betrouwbaar meten van betrouwbaarheid

Niels van Oort

*Adviseur, Afdeling Vervoersontwikkeling, HTM Personenvervoer  
Promovendus, Afdeling Transport & Planning, TU Delft*

Anne Wil Boterman

*Adviseur, Afdeling Vervoersontwikkeling, HTM Personenvervoer*

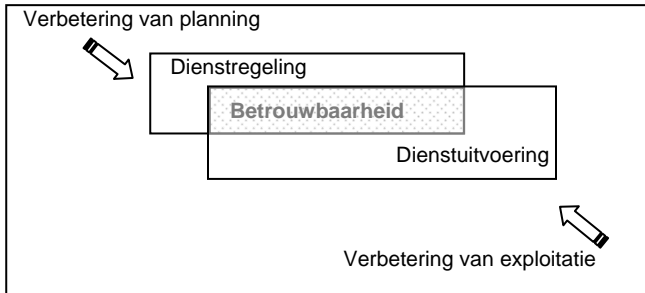
**Colloquium „Oog voor de reiziger“  
Railforum, 11 september 2009**

## **Samenvatting**

Betrouwbaarheid van reistijd wordt steeds belangrijker in openbaar vervoer en via concessies worden hieraan steeds meer eisen gesteld. Uniforme indicatoren ontbreken echter, waardoor de vraag is wat de juiste indicatoren zijn, gelet op het belang van de reiziger. Dit paper analyseert verschillende gebruikte indicatoren en (wellicht niet verwachte) effecten daarvan. Uit deze analyse volgt een aanbeveling voor een indicator, die wel het reizigersbelang voorop stelt.

## 1. Inleiding

Betrouwbaarheid is een belangrijk kwaliteitsaspect van openbaar vervoer (zie bijv. Brons en Rietveld (2008), Schaafsma (2001), Van Oort en Van Nes (2006), Tahmaseby et al. (2007), Weeda et al. (2006)). (On)betrouwbaarheid van openbaar vervoer is een populair onderwerp voor zowel media, beleidsmakers als onderzoekers. Punctualiteit is een hot item bij de Nederlandse Spoorwegen en wordt ook door de overheid als incentive gebruikt. Door de decentralisatie en de invoering van marktwerking in stedelijk en regionaal openbaar vervoer lijkt er in deze laag van de OV-wereld ook meer expliciete aandacht voor betrouwbaarheid te komen. In contracten worden afspraken gemaakt over de te bieden diensten en vaak worden hierin ook eisen over de betrouwbaarheid opgenomen. Maar wat is betrouwbaarheid eigenlijk? Betrouwbaarheid impliceert een zekere voorspelbaarheid van de aangeboden diensten: kan de reis gemaakt worden met alle aspecten, zoals beloofd? Deze aspecten kunnen zeer wisselend zijn: het kan bijvoorbeeld prijs, comfort of reistijd bevatten. Dit paper focust op het laatste: de betrouwbaarheid van reistijd. Deze wordt gevormd door de overeenkomst tussen de belofte van de dienst (de dienstregeling) en de daadwerkelijke reis (de dienstuitvoering). Figuur 1 visualiseert deze match.

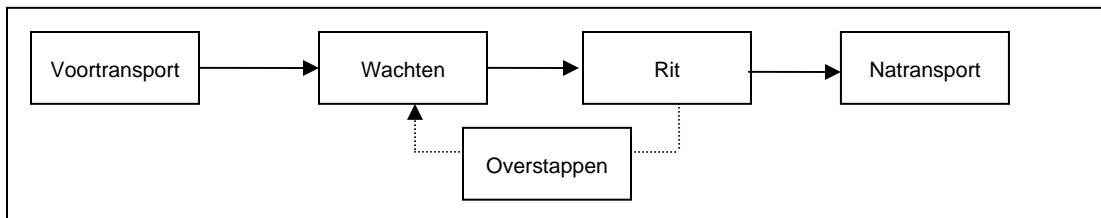


*Figuur 1: Betrouwbaarheid en verbetering daarvan*

In figuur 1 is te zien dat het verhogen van de betrouwbaarheid op twee manieren kan plaatsvinden: zowel een aanpassing van de planning als van de dienstuitvoering kan de betrouwbaarheid verhogen. Dit paper beschrijft onderzoek naar betrouwbaarheid en de effecten voor reizigers. Verschillende manieren om betrouwbaarheid te meten, worden geanalyseerd en een nieuwe indicator wordt gepresenteerd. Deze indicator maakt het mogelijk om betrouwbaarheid op een betrouwbaardere manier te meten.

## 2. Effecten en belang betrouwbaarheid

De variatie in de uitvoering van het openbaar vervoer, en dus de betrouwbaarheid, heeft op verschillende manieren invloed op de reiziger. De reistijd kan worden opgedeeld in verschillende elementen. Dit is te zien in figuur 2.



*Figuur 2: Reistijdelementen*

De betrouwbaarheid van het openbaar vervoer heeft, naast de rijtijd, vooral invloed op de wachttijd. De wachttijd, zowel vóór de eerste rit als bij een eventuele overstap, wordt negatief beïnvloed als er sprake is van onbetrouwbaarheid. Als reizigers de dienstregeling hanteren om op de vertrekhalte te arriveren en het voertuig arriveert en vertrekt te laat dan wordt de wachttijd verlengd. Wanneer het voertuig te vroeg is en al weg is voor de reizigers arriveren, wordt de wachttijd zelfs verlengd met het gehele interval. Zeker bij lage frequenties leidt dit tot substantieel langere wachttijden (Van Oort en Van Nes (2008)).

In het geval dat reizigers aselekt op de halte aankomen is het van belang dat de intervallen tussen de voertuigen constant zijn: in dat geval is de (gemiddelde) wachttijd minimaal. Daarnaast is bij constante intervallen de verdeling van reizigers over de voertuigen optimaal, waardoor de zitplaatskans gemaximaliseerd wordt, naast een minimalisatie van overvolle voertuigen.

De wachttijd wordt dus negatief beïnvloed door onbetrouwbaarheid. Het verlengen van de wachttijd is daarnaast ernstiger dan het verlengen van de rijtijd. In Tabel 1 zijn de gewichten te zien voor de verschillende reistijdelementen (van der Waard (1988)). Eén minuut wachttijd wordt dus ervaren als 1,5 minuten rijtijd. Hierdoor is het door de reizigers ervaren effect van het verlengen van de wachttijd door onbetrouwbaarheid nog groter.

*Tabel 1: Weging reistijdelementen*

<i>Tijdselement</i>	<i>Gewicht</i>
Tijd in voertuig	1,0
Voortransporttijd	2,2
Wachttijd	1,5
Natransporttijd	1,1

Onbetrouwbaarheid leidt ook tot een afname van het aantal reizigers, omdat reizigers onzekerheid niet waarden. In eerder onderzoek (Centrum voor omgevings- en verkeerspsychologie (1998)) is het aantal mensen dat de vervoerwijzekeuze zal wijzigen naar aanleiding van veranderingen in betrouwbaarheid beschreven. De resultaten van het onderzoek zijn te zien in Tabel 2. Uit deze tabel blijkt dat betrouwbaarheid een grote invloed heeft op de vervoerwijzekeuze van mensen; voornamelijk incidentele reizigers blijken erg gevoelig te zijn voor veranderingen in betrouwbaarheid. Het verbeteren van de betrouwbaarheid leidt dus tot een significante toename van de vervoervraag.

*Tabel 2: Invloed veranderingen in betrouwbaarheid van reistijd*

Doelgroepen	Reguliere gebruikers	Incidentele gebruikers	Niet-gebruikers
Verandering Betrouwbaarheid			
Toename <sup>1</sup>	9%	22%	9%
Afname <sup>2</sup>	17%	44%	-

<sup>1</sup> percentage mensen dat (meer) gebruik gaat maken van OV

<sup>2</sup> percentage mensen dat minder gebruik gaat maken van OV

### 3. Meten van betrouwbaarheid

#### 3.1 Gebruikte indicatoren

Het meten van betrouwbaarheid van openbaar vervoer kan op verschillende manieren. Hoewel betrouwbaarheid een belangrijk aspect is voor reizigers, ligt de focus bij het meten van betrouwbaarheid toch vaak op het aanbod in plaats van op de effecten voor de reiziger. De meest bekende methode voor het in kaart brengen van de betrouwbaarheid is de stiptheid (ook wel punctualiteit). Stiptheid is de mate waarin vertrek- of aankomsttijden overeenkomen met de dienstregeling. Stiptheid kan grofweg op twee manieren worden uitgedrukt. Zoals onder andere bij de Nederlandse Spoorwegen gebruikelijk is, kan de stiptheid worden uitgedrukt als percentage treinen dat niet meer dan 3 minuten te laat is vertrokken op 32 stations in Nederland. Bij veel andere Europese spoorbedrijven ligt deze norm vaak wat ruimer: een voertuig telt pas als “te laat”, wanneer het verschil tussen uitvoering en planning groter is dan 5 minuten (Landex en Kaas (2009), Schittenhelm en Landex (2009)). In de Verenigde Staten wordt zelfs met 30 minuten al bovengrens gewerkt (Bush (2007)). Binnen stedelijk openbaar vervoer is het bij verschillende bedrijven en opdrachtgevers ook gebruikelijk om naast een bovengrens ook een ondergrens aan te geven. Een voertuig mag bijvoorbeeld niet meer dan 1 minuut te vroeg vertrekken. Zoals aangegeven in de vorige paragraaf is te vroeg rijden bij lagere frequenties veel kwalijker dan te laat. Het is dus goed om dit in een betrouwbaarheidsindicator mee te nemen. Een tweede manier om de stiptheid te beschrijven is de gemiddelde afwijking van de dienstregeling. De berekening hiervoor is gegeven in vergelijking 1. Te zien is dat het absolute verschil tussen uitvoering en planning genomen dient te worden om te voorkomen dat te vroege en te late voertuigen elkaar compenseren. Te vroeg of te laat wordt wel hetzelfde gewaardeerd, ondanks de genoemde verschillen eerder. Deze gemiddelde afwijking van de dienstregeling kan voor een specifieke halte of voor alle haltes en lijnen berekend worden.

$$\bar{p}_j = \frac{\sum_i |t_{i,j}^{\text{werkelijk}} - t_{i,j}^{\text{gepland}}|}{n_j} \quad \{\text{Vergelijking 1}\}$$

waarin:

$$\begin{aligned} \bar{p}_j &= \text{gemiddelde punctualiteit op halte } j \\ t_{i,j}^{\text{werkelijk}} &= \text{werkelijke vertrektijd van voertuig } i \text{ op halte } j \\ t_{i,j}^{\text{gepland}} &= \text{geplande vertrektijd van voertuig } i \text{ op halte } j \\ n_j &= \text{aantal voertuigen op halte } j \end{aligned}$$

Zoals beschreven geeft stiptheid de mate van overeenkomst tussen de uitvoering en de dienstregeling aan. Dit is voor reizigers relevant om het moment dat ze ook daadwerkelijk de dienstregeling gebruiken om hun aankomstmoment op de vertrekhalte te bepalen. Bij spoorwegen is dit heel gebruikelijk, terwijl bij hoogfrequente stadssystemen reizigers vaak aselekt naar de halte lopen. Door korte intervallen is de wachttijd immers toch niet lang. Onderzoek in Den Haag toont dat het omslagpunt tussen wel en niet de dienstregeling hanteren ligt op 10 min. voor stedelijk openbaar vervoer (Van Oort en Van Nes (2009)). Door toenemende frequenties van treinen is bij de spoorwegen ook te verwachten dat het aankomstgedrag van reizigers op stations gaat veranderen: de rol van het spoorboekje zal afnemen.

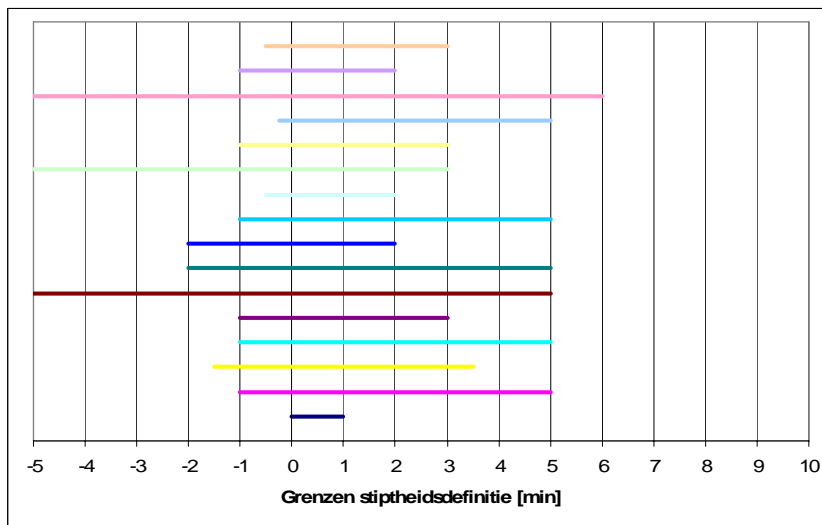
Op het moment dat reizigers aselekt naar een halte gaan, wordt de wachttijd niet meer bepaald door de stiptheid maar door de regelmaat: de mate waarin de intervallen tussen twee opeenvolgende voertuigen constant zijn. Dit wordt uitgedrukt in de relatieve onregelmaat van een lijn (genaamd PRDM volgens Hakkesteegt en Muller (1981)). Vergelijking laat de berekening zien van de PRDM. Hierin wordt de afwijking van de intervallen gerelateerd aan het geplande interval.

$$PRDM_j = \frac{\sum \left| \frac{TIT_{i,j} - TIA_{i,j}}{TIT_{i,j}} \right|}{n_j} \quad \{\text{Vergelijking 2}\}$$

waarin:  
*PRDM<sub>j</sub>* = relatieve onregelmaat op halte *j*  
*TIA<sub>i,j</sub>* = werkelijk interval voertuig *i* op halte *j*  
*TIT<sub>i,j</sub>* = gepland interval voertuig *i* op halte *j*  
*n<sub>j</sub>* = aantal voertuigen op halte *j*

Belangrijk is ook te melden dat de meeste West-Europese dienstregelingen constante intervallen kennen, waardoor, bij een 100% stipte uitvoering, ook een regelmatig patroon ontstaat.

Naast verscheidenheid in de indicatoren om betrouwbaarheid te meten is er ook nog een verschil in gebruikte drempelwaarden om een systeem als betrouwbaar te definiëren. Eerder al werden de verschillen in drempelwaarden voor treinsystemen genoemd. Uit een benchmark onder 22 stedelijke openbaar vervoerbedrijven en –autoriteiten in heel de wereld (Van Oort (2009)), blijkt dat er ook grote verschillen zijn tussen gehanteerde drempelwaarden in stedelijk OV. Dit is te zien in figuur 3. Drie steden hanteren geen ondergrens voor stiptheid en 6 min. is de hoogste bovengrens. In tabel 3 zijn de deelnemende steden en OV-systemen te zien. Van deze steden gebruikt 74% een bandbreedte om betrouwbaarheid te meten. 21% van de steden gebruikt de gemiddelde afwijking en 5% meet betrouwbaarheid op een andere manier.

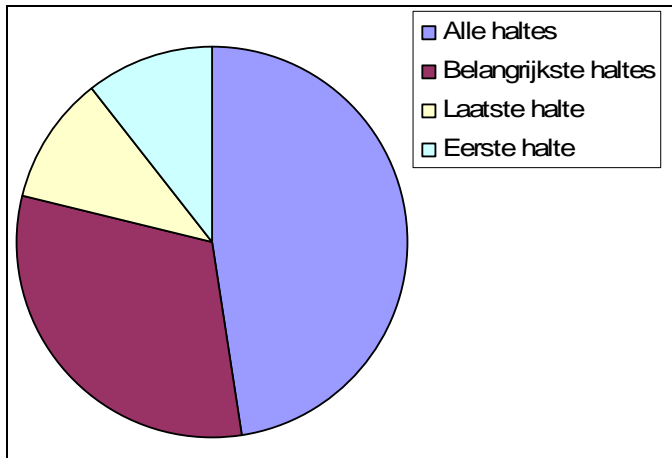


Figuur 3: Gehanteerde bandbreedten voor meten van betrouwbaarheid in de wereld

Tabel 3: Deelnemende steden/regio's internationale benchmark betrouwbaarheid (Van Oort (2009))

Stad	OV Type	Stad	OV Type	Stad	OV Type
Amsterdam	Metro, tram, bus	Goteburg	Tram	Rouen	Tram en bus
Barcelona	Metro en bus	Halle	Tram en bus	Salt lake city	Light rail
Berlijn	Rail	Hong Kong	Light rail	Stockholm	Metro en bus
Brussel	Tram	Lolland	Bus	Stuttgart	Rail
Chicago	Metro en bus	Londen	Tram en bus	Tenerife	Tram
Den Haag	Light rail, tram en bus	Milaan	Bus en tram	Zürich	S-Bahn
Dresden	Rail	Minneapolis	Bus		
Dublin	Tram	Rotterdam	Metro, tram, bus		

Naast verschillende indicatoren en drempelwaarden is een ander verschil in het meten van de betrouwbaarheid de locatie van de metingen: de benchmark geeft aan dat er verschillend wordt omgegaan met deze factor. Soms wordt slechts de eerste halte gemeten of alleen de belangrijkste halte. Figuur 4 geeft het aandeel van de gebruikte locaties voor de steden uit de benchmark.



Figuur 4: Locaties voor het meten van de stiptheid

Bovenstaande analyse laat zien dat er geen eenduidigheid bestaat in het meten van betrouwbaarheid. Door verschillen in meetlocaties, indicatoren en drempelwaarden is het moeilijk objectief vast te stellen of een openbaar vervoer systeem ook echt betrouwbaar is. Daarnaast wordt slechts gekeken naar aanbodskennmerken en worden de effecten op de reizigers niet expliciet meegenomen, zoals het verschil in (1 minuut) te vroeg of (1 minuut) te laat rijden. Daarnaast wordt ook niet altijd expliciet rekening gehouden met de reizigersverdeling op de lijn. Het verschil in effect van stiptheid op een lijn met veel instappers aan het begin of juist aan het eind kan zeer groot zijn. Eerder al is gepleit voor een goede betrouwbaarheidsindicator die expliciet de reizigerseffecten meeneemt (e.g. Landex en Nielsen (2006), Van Oort en Weeda (2007) en Van Oort en Van Nes (2009)). In paragraaf 3.3 wordt verder ingegaan op deze manier van betrouwbaarheid in kaart brengen.

### 3.2 Betrouwbaar openbaar vervoer is een keuze

Zoals in de inleiding geschetst is, is de betrouwbaarheid de overeenkomst tussen het plan en de uitvoering. In figuur 1 is aangegeven dat er dus per definitie twee mogelijkheden bestaan om deze match te verbeteren: zowel de uitvoering aanpassen als de planning. In Van Oort en Van Nes (2006) zijn verschillende mogelijkheden aangegeven om met een betere planning van zowel het netwerk als de dienstregeling een betere betrouwbaarheid te bereiken. Eén van de mogelijkheden is de rijtijdbepaling: door te kiezen voor een zeer ruime rijtijd (een rijtijd met veel speling) en nooit te vroeg vertrekken wordt de kans op vertraging geminimaliseerd. Er ontstaat dus een zeer betrouwbaar systeem. Echter, de gemiddelde snelheid neemt ook drastisch af. Een eenzijdige focus kan dus tot ongewenste neveneffecten leiden. In exploitatiecontracten is het dus onverstandig om alleen te focussen op betrouwbaarheid: dit kan leiden tot meer (en teveel speling) in de dienstregeling. Overigens leidt veel speling ook tot veel dienstregelingsuren (DRU's), wat ook vaak als belangrijke kwaliteitsindicator gebruikt wordt in aanbestedingstrajecten. De reiziger is echter duidelijk niet gebaat bij meer DRU's door langzamere voertuigen. In Boterman (2008) en Van Oort en Van Nes (2008) wordt de trade off berekend tussen betrouwbaarheid en snelheid. Ook in Van Oort en Weeda (2007) wordt op dit thema ingegaan. In dit paper worden de verschillende rijtijdbepalingen van spoorwegen en stedelijk openbaar vervoer met elkaar vergeleken, naast een analyse van de belangrijkste sturingsindicatoren. Ook hier is de conclusie dat er een trade off moet zijn tussen snelheid en betrouwbaarheid.

### 3.3 Nieuwe betrouwbaarheidsindicator: extra reistijd

#### 3.3.1 Berekening extra reistijd

Zoals in paragraaf 3.1 is beschreven, is stiptheid een veel gebruikte kwaliteitsindicator, maar houdt deze niet voldoende rekening met reizigerseffecten. Extra reistijd is hiervoor een betere indicator. De stiptheid van een voertuig bepaalt de grootte van de wachttijd voor een reiziger aan het begin van een rit of tussen twee ritten in bij een overstap. Een onstipte dienstuitvoering leidt bij lage frequenties, als reizigers volgens dienstregeling naar de halte komen, direct tot extra reistijd. Vergelijking 3 laat dit zien. Hierbij is ook het (verschillende) effect van te vroeg of te laat vertrekken te zien. Bij hoge frequenties, als reizigers aselekt op een halte arriveren, bepaalt de stiptheid indirect via de regelmaat tussen twee opeenvolgende voertuigen, de extra reistijd. Dit is zichtbaar in vergelijking 4 en 5 (Boterman (2008)). Met behulp van reizigerstellingen kan vervolgens door een weging de totale extra reistijd voor de gehele lijn worden berekend.

$ET_{i,j} = H$  als het voertuig te vroeg is vertrokken

$ET_{i,j} = 0$  als het voertuig op tijd vertrekt {vergelijking 3}

$ET_{i,j} = p_{i,j}$  als het voertuig te laat vertrekt

$PRDM_{i,j} = \frac{P_{i+1,j} - P_{i,j}}{TIT_{i,j}}$  {vergelijking 4}

$ET_{i,j} = \frac{1}{2} H * (PRDM_j^2)$  {vergelijking 5}

Met:

$ET_{i,j}$  = extra reistijd door voertuig  $i$  op halte  $j$

$H$  = geplande intervaltijd

$PRDM_j$  = relatieve onregelmaat van voertuig  $i$  op halte  $j$

$TIT_{i,j}$  = gepland interval van voertuig  $i$  op halte  $j$

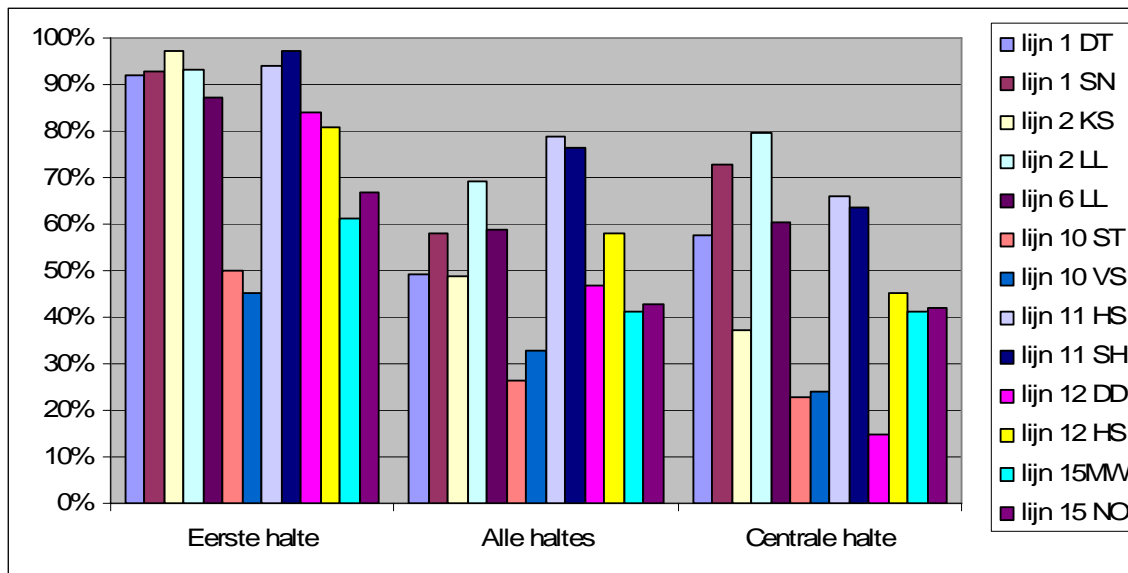
$p_{i,j}$  = stiptheid van voertuig  $i$  op halte  $j$

Met de introductie van de indicator extra reistijd (veroorzaakt door extra wachttijd) verschuift de focus in betrouwbaarheidsmeting van de effecten op het voertuig naar de effecten voor de reiziger. Door dit in kaart te brengen wordt inzichtelijk hoeveel reistijdwinst of –verlies reizigers hebben en worden reizigerseffecten expliciet in kaart gebracht. Door te kijken naar de extra reistijd wordt ook de trade off tussen snelheid en betrouwbaarheid direct meegenomen. Dit helpt om beter inzichtelijk te maken wat het effect is van bepaalde maatregelen en voorkomt ongewenste neveneffecten.

In Nederland is extra reistijd een nieuwe indicator. Voor zover bekend wordt deze niet gebruikt om de betrouwbaarheid van openbaar vervoer te meten in Nederland. Elders in de wereld is alleen Londen bekend, waar op een soortgelijke manier de betrouwbaarheid wordt gemeten en gepubliceerd. Frumin et al. (2009) en Uniman (2009) gaan verder in op het gebruik van betrouwbaarheidsindicatoren in Londen.

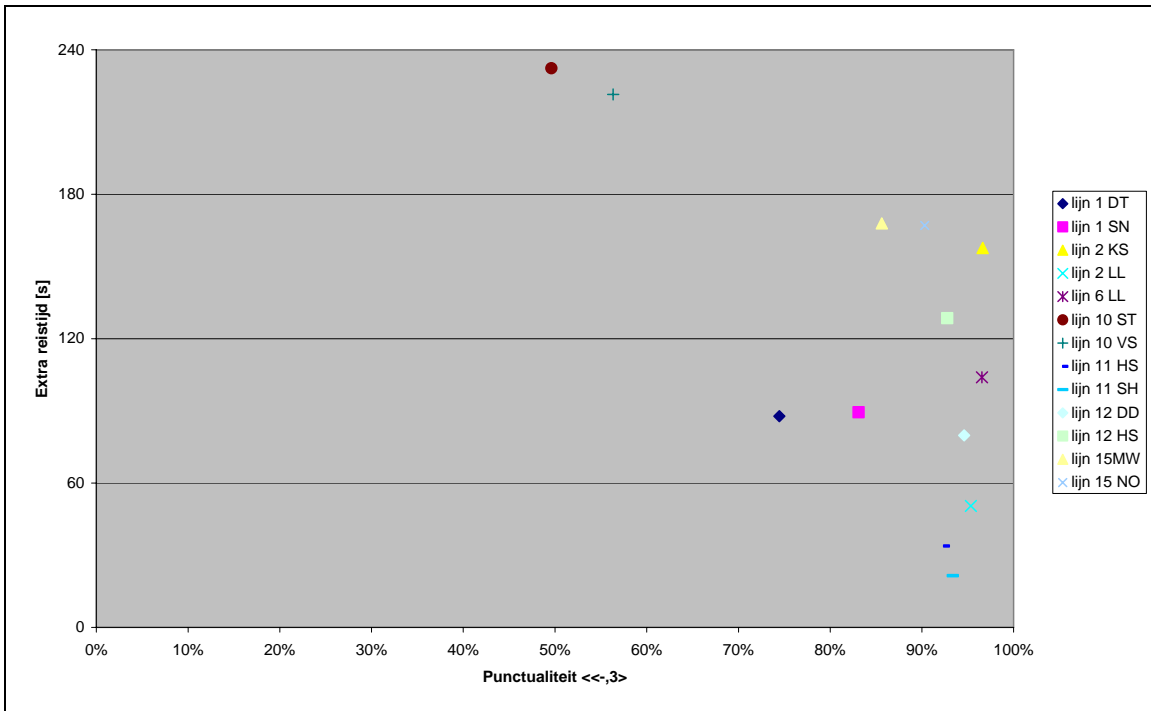
### 3.3.2 Vergelijking indicatoren en meetmethode: case studie Den Haag

Om inzicht te geven in mogelijke effecten van het gebruik van verschillende indicatoren om betrouwbaarheid uit te drukken is er een case studie gedaan in Den Haag. Alle tramlijnen zijn beoordeeld op betrouwbaarheid. Data is gebruikt van ochtendspitsuren in april in 2007. Figuur 5 laat het verschil zien indien er gemeten wordt op slechts de eerste halte, op een centrale halte of op alle haltes. Het percentage voertuigen dat vertrekt op deze locaties binnen een bandbreedte van 1 minuut te vroeg en 2 minuten te laat is gebruikt om punctualiteit uit te drukken. Deze figuur laat zien dat de rangorde van lijnen niet hetzelfde is, als de verschillende meetmethoden worden aangehouden. Een aantal lijnen scoort goed op een of twee typen, maar niet op het derde type. Dit laat zien dat de plaats van meten dus een groot stempel drukt op de betrouwbaarheid van een lijn en dat vergelijking van lijnen met meetdata met verschillende meetlocaties als meetpunt niet heel zinvol is.

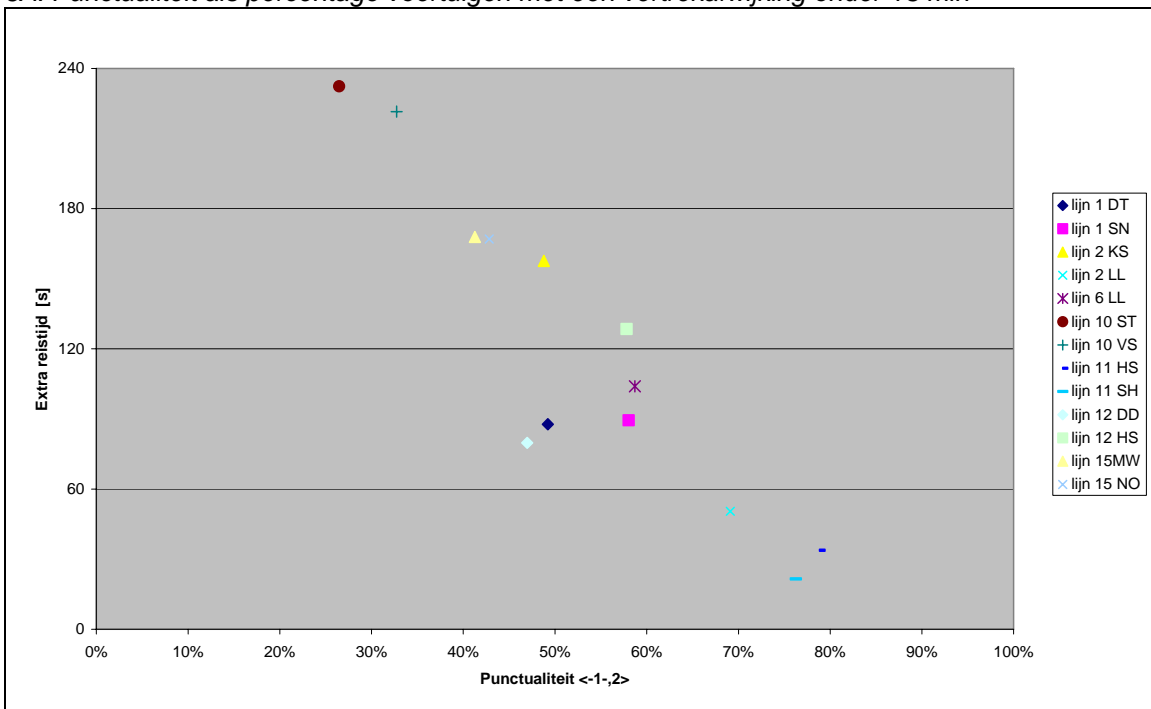


Figuur 5: Stiptheid <-1,+2> voor Haagse lijnen met verschillende meetmethoden.

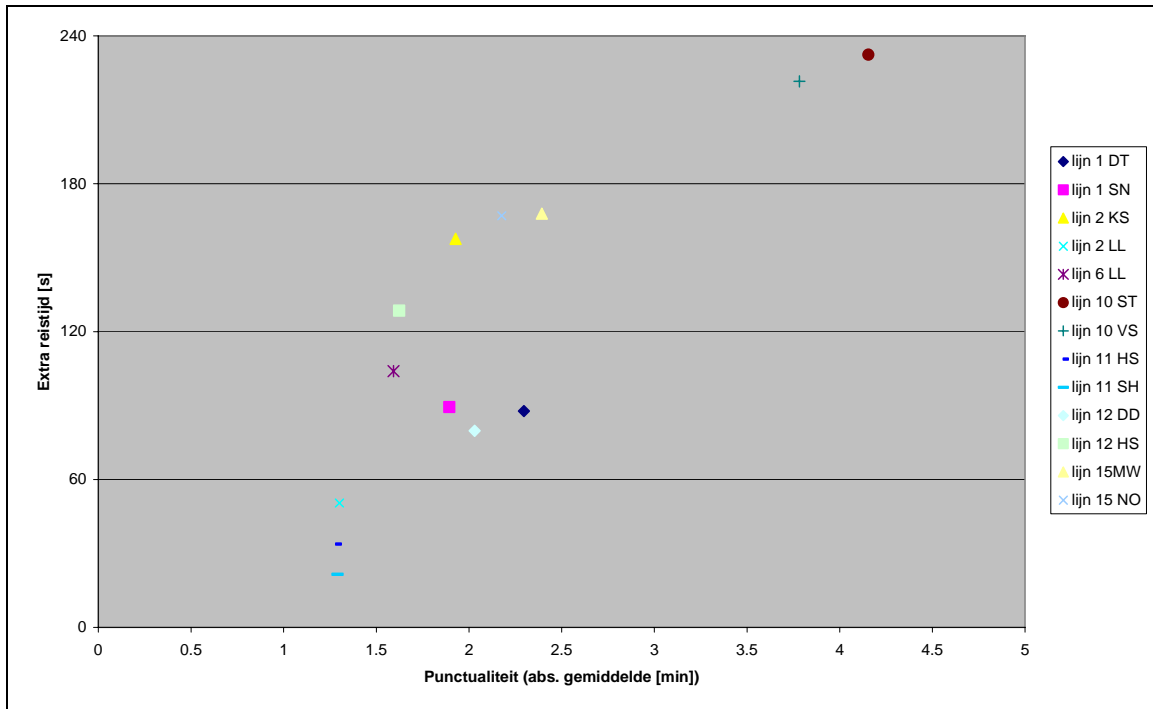
Naast de gebruikte meetlocatie is ook de gebruikte indicator van groot belang op de rangorde. Eerder al is geschetst dat ondanks dat stiptheid een sterk aanbodgerichte indicator is, deze veel gebruikt wordt. De definitie van stiptheid is daarnaast ook sterk uiteenlopend. De figuren 6A, B en C laten een vergelijking zien tussen drie definities en de extra reistijd voor de tramlijnen in Den Haag. De gebruikte definities voor stiptheid zijn het absoluut gemiddelde, het aantal vertrekken dat minder vertraagd was dan 3 minuten en het aantal vertrekken dat minder te laat was dan 2 minuten en niet meer te vroeg dan 1 minuut. Hoewel deze figuren globaal een lineair verband laten zien tussen deze indicatoren en de extra reistijd, is te zien dat er verschillen zijn in de rangorde van lijnen afhankelijk van de gekozen indicator. Zichtbaar is bijvoorbeeld dat lijn 15 MW slecht scoort op de indicator <-1,+2> (40% "op tijd") en heel goed scoort op <<-,+3> (85% "op tijd"). Lijnen waar dus veel te vroeg wordt vertrokken komen beter uit een indicator waarvoor geen ondergrens in opgegeven dan bij een indicator die zowel een onder- als bovengrens heeft. Een ander voorbeeld van inconsistentie is dat lijn 2 KS beter scoort op punctualiteit (tussen -1 en +2, figuur 6B) dan lijn 1 SN, maar wel een hogere extra reistijd per reiziger kent. De mate van betrouwbaarheid hangt dus af van de gekozen definitie. De extra reistijd heeft slechts één eenduidige definitie en is dus beter geschikt om een goede vergelijking en rangorde van verschillende lijnen te maken. Daarnaast wordt op deze manier ook het echte reizigerseffect duidelijk.



6A: Punctualiteit als percentage voertuigen met een vertrekafwijking onder +3 min



6B: Punctualiteit als percentage voertuigen met een vertrekafwijking tussen -1 en +2 min



6C: Punctualiteit als gemiddelde, absolute vertrekafwijking

Figuur 6: Relatie extra reistijd met drie verschillende typen van punctualiteit

## 4. Conclusies

Betrouwbaarheid is een belangrijke kwaliteitsindicator van openbaar vervoer. Betrouwbaarheid kan zowel in de dienstregeling als in de uitvoering beïnvloed worden. In veel steden wordt betrouwbaarheid gemeten met behulp van de indicator stiptheid of vertrekdiscipline. Uit een internationale benchmark blijkt echter dat deze indicator niet eenduidig gehanteerd wordt. Er worden verschillende drempelwaarden gebruikt om een systeem als betrouwbaar aan te merken en niet overal wordt op dezelfde locaties gemeten. Dit maakt vergelijken lastig.

Tevens is alleen de indicator stiptheid niet voldoende om de kwaliteit van een systeem te meten, indien ook de reizigerseffecten inzichtelijk gemaakt dienen te worden. Door ruime rijtijden te hanteren wordt op tijd rijden vergemakkelijkt, maar daalt de operationele snelheid: een nadelig effect voor reizigers. Een eenzijdige focus kan dus tot ongewenste neveneffecten leiden.

De indicator stiptheid houdt geen rekening met de effecten voor reizigers: alleen de gevolgen voor het voertuig worden meegenomen. Een case studie in Den Haag laat zien dat verschillende definities van stiptheid ook tot verschillende uitkomsten leiden. De indicator extra wachttijd is geïntroduceerd om de focus naar de reiziger te verschuiven en is een betrouwbare manier om betrouwbaarheid te meten. De case studie in Den Haag onderbouwt de toegevoegde waarde van deze indicator ten opzichte van verschillende vormen van stiptheid, waarbij het effect op reizigers niet goed in beeld wordt gebracht. En alleen een betrouwbare meetmethode zal leiden tot een actieve verbetering van de betrouwbaarheid voor de reiziger.

Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met HTM Personenvervoer en TU Delft, afdeling Transport en Planning. Dit onderzoek is verder mogelijk gemaakt door Transport Research Centre Delft en Railforum. Meer informatie en artikelen (Nederlands en Engels) zijn te vinden op:

<http://www.htm.net/Pages/DEF/532.html> (NL)

<http://www.htm.net/Pages/DEF/533.html> (EN)

## Referenties

Boterman, J.W. (2008), *Sneller reizen door langer stilstaan*, Afstudeerrapport HTM/ Fontys, Den Haag.

Brons, M., P. Rietveld (2008), *Betrouwbaarheid en klanttevredenheid in de OV-keten: een statistische analyse*, Transumo onderzoeksrapport, Amsterdam.

Bush, R. (2007), *Does every trip need to be on time? Multimodal Scheduling Performance Parameters with an application to Amtrak Service in North Carolina*, Proceedings of 86<sup>th</sup> Annual Meeting of Transportation Research Board, Washington, D.C.

Centrum voor omgevings- en verkeerspsychologie (1998), *Betrouwbaarheid van vervoerwijzen*, Groningen.

Frumin, M., D. Uniman, N.H.M. Wilson, R. Mishalani, J. Attanucci (2009), *Service Quality Measurement in Urban Rail Networks with Data from Automated Fare Collection Systems*, Proceedings of CASPT conference, Hong Kong.

Landex, A., O. A. Nielsen (2006), *Simulation of disturbances and modelling of expected train passenger delays*, In: Computers in Railways X: Computer System Design and Operation in the Railway and Other Transit Systems.

Landex, A., A.H. Kaas (2009), *Examination of Operation Quality for High-Frequent Railway Operation*, Proceedings of 3<sup>rd</sup> International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis: RailZürich.

Hakkesteegt, P., Th.H.J.Muller (1981), *Onderzoeksproject regelmaatsbevordering*, Verkeerskundige werkdagen, p.415-436.

Oort N. van, R. van Nes (2006), *Betrouwbaarheid in stedelijk openbaar vervoer in relatie tot tactische en strategische planning*, Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, Amsterdam.

Oort N. van, V.A. Weeda (2007), *Xpert+Xpert=3: Wat kunnen trein- en tramexploitatie van elkaar leren?*, Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, Antwerpen.

Oort, N. van, R. van Nes (2008), *Op tijd, dat telt: betrouwbaarder OV door een betere dienstregeling*, Verkeerskunde 5, pp. 48-53.

Oort, N. van (2009), *International benchmark of reliability in urban public transport*, HTM /Delft University of Technology, working report.

Oort N. van, R. van Nes (2009), *Line length vs. reliability: network design dilemma in urban public transport*, Proceedings of 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

Schaafsma, A.A.M. (2001), *Dynamisch Railverkeersmanagement; besturingsconcept voor railverkeer op basis van het Lagenmodel Verkeer en Vervoer*, Delft 2001, ISBN 90-407-2219-6

Schittenhelm, B., A. Landex (2009), *Quantitative Methods to Evaluate Timetable Attractiveness*, Proceedings of 3<sup>rd</sup> International Seminar on Railway Operations Modelling and Analysis: RailZürich.

Tahmasseby, S., R. van Nes., N. van Oort (2007), *Public transport network design and reliability*, Proceedings of the 3rd International Symposium on Transportation Network Reliability, The Hague.

Uniman, D. (2009), *Service quality measurement using afc smart card data - a framework for the London underground*, Master's thesis, MIT, Boston.

Waard J. van der (1988), *The relative importance of public transport trip time attributes in route choice*, PTRC, London.

Weeda, V.A., P.B.L. Wiggendaad, K.S. Hofstra (2006), *Een treinvertraging zit in een klein hoekje*, Bundeling van bijdragen aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, Amsterdam.