

## **Hiërarchische ov-netwerken; de case Amsterdam**

Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2005,  
24 en 25 november 2005, Antwerpen

Kees van Goeverden  
Technische Universiteit Delft  
Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen  
Sectie Transport en Planning  
C.D.van.Goeverden@CiTG.TUdelft.nl

## **Inhoud**

1	INLEIDING .....	1
2	THEORETISCHE OPTIMA .....	2
3	DE PRAKTIJK: DE CASE AMSTERDAM .....	4
3.1	Afbakening studiegebied .....	4
3.2	Enige kenmerken van het Amsterdamse openbare vervoersysteem.....	5
3.3	De schaalbepalende variabelen.....	7
4	PRAKTIJK VERSUS THEORIE.....	10
4.1	Vergelijking met theoretische optima .....	11
4.2	Modaliteit versus functie .....	13
5	DE PRAKTIJK IN ANDERE GROTE STEDEN .....	14
6	CONCLUSIES .....	16
	Literatuur .....	17

## **Samenvatting**

### *Hierarchische ov-netwerken; de case Amsterdam*

Het openbaar vervoersysteem is hiërarchisch opgebouwd uit een aantal stelsels op verschillende schaalniveaus. Vanuit de theorie is vastgesteld welke waarden voor de schaalbepalende variabelen, te weten halteafstand, netdichtheid en voertuigsnelheid, optimaal zijn bij een gegeven schaalniveau. In deze paper is onderzocht hoe deze optima zich verhouden tot wat in de praktijk gevonden wordt. Het onderzoek is gedaan op basis van data van het ov-netwerk in Amsterdam en is daarmee beperkt tot stedelijk gebied. Aangezien ov-data doorgaans op een geaggregeerd niveau aangeboden worden, waarbij niet geaggregeerd is naar schaalniveau maar naar vervoertechniek en exploitant, is ook onderzocht hoe goed aggregatie naar schaalniveau en aggregatie naar vervoertechniek en stedelijke of regionale exploitant met elkaar overeen komen. De eerste conclusie is, dat in Amsterdam de halteafstanden beduidend lager zijn dan optimaal en dat daarmee ook de snelheden iets te laag zijn. Vooral de tram is veel langzamer dan gewenst. De netdichtheden lijken niet veel af te wijken van de optimale waarden. De tweede conclusie is, dat het onderscheid in vervoertechniek en stedelijk/regionaal goed spoort met het onderscheid in schaalniveau, behalve bij de streekbus. De streekbus is op twee schaalniveaus actief. Het verdient aanbeveling bij de voor de streekbus aan te bieden data onderscheid te maken in stop- en sneldiensten.

## **Summary**

### *Hierarchical pt networks; the case of Amsterdam*

The public transport system consists of different networks on separate scale levels. Theoretically, optimal values are set for the variables that fix the scale level, stop spacing, network density and operational speed. The paper examines how the optimal values match with observations in the real world. The analysis is based on data from the Amsterdam region and is restricted to the urban context. A problem is that usually pt-data are offered on an aggregate level where they are aggregated to modes and operators, not to scale levels. Therefore, also the match of aggregation to modes/operators with aggregation to scale levels is analysed. Regarding the operators, only urban and regional operators are distinguished. The first conclusion is that stop spacing is in Amsterdam significantly smaller than what is identified to be optimal. As a result, vehicle speeds are too low, particularly those of the tram system. The observed network densities seem to be similar to the optimal ones. The second conclusion is that aggregation to modes and regional/urban operators matches good with aggregation to scale level, except for the regional bus. The latter serves two scale levels. It is advisable to offer data regarding the regional bus system separately for slow and fast bus services.

## 1 Inleiding

Het openbaar vervoersysteem is hiërarchisch opgebouwd. Het kan opgedeeld worden in een aantal netten op verschillende schaalniveaus. Het laagste schaalniveau heeft een ontsluitende functie, hetgeen betekent dat de haltes op loopafstand van de herkomst- en bestemmingslocaties van de reiziger moeten liggen. Bij de hogere schaalniveaus ligt de nadruk in toenemende mate op het snel overbruggen van afstanden waarbij de halteafstanden snel groter worden en een hoge operationele snelheid belangrijker wordt. Het hoogste bestaande schaalniveau is het net van intercontinentale vliegverbindingen met in Nederland slechts één halte (Schiphol). Ieder schaalniveau bedient de verplaatsingen in een bepaalde range van afstandklassen en fungeert als feeder voor de stelsels van hoger schaalniveau.

Schaalniveaus worden met name gekenmerkt door halteafstand, netdichtheid en operationele snelheid. De eerste twee zijn ontwerpvariabelen, de laatste hangt ten dele samen met de halteafstand – hoe verder de haltes uit elkaar liggen, hoe beter een voertuig door kan rijden – en ten dele met de kwaliteit van de infrastructuur en de snelheidskarakteristieken van de voertuigen. Vanuit de theorie zijn voor de verschillende schaalniveaus in verschillende omgevingen optimale waarden voor deze variabelen ontwikkeld. In deze paper wordt gekeken in hoeverre de theoretisch optimale waarden overeenkomen met de waarden die in de praktijk gevonden worden. Daarbij wordt een beperking gemaakt tot openbare vervoersystemen in grootstedelijk gebied.

Bij vergelijking met de praktijk doet zich het probleem voor, dat data meestal op een geaggregeerd niveau aangeboden worden, waarbij geaggregeerd is op andere criteria dan schaalniveau. Doorgaans wordt geaggregeerd naar vervoertechniek (bijvoorbeeld tram of bus). Wel kan vaak binnen één vervoertechniek onderscheid gemaakt worden tussen stedelijke voertuigen en regionale voertuigen (bijv. stadsbus versus streekbus), aangezien beide vaak door verschillende vervoerders geëxploiteerd worden en de verschillende exploitanten hun eigen data plegen aan te bieden. Duiden we het dubbele onderscheid naar vervoertechniek en wel/niet stedelijk aan met modaliteit, dan is het interessant te weten in

welke mate de aggregatie naar modaliteit overeenkomt met die naar schaalniveau. Deze paper gaat ook in op deze vraag.

De in de paper onderzochte probleemstelling is zo tweeledig:

1. In welke mate worden de vanuit de theorie vastgestelde optimale waarden voor de schaalvariabelen teruggevonden in de praktijk?
2. In welke mate komen de aggregatie naar modaliteit en de aggregatie naar schaalniveau met elkaar overeen?

Beide vragen worden onderzocht voor stedelijk gebied. Hiervoor zijn gedetailleerde data verzameld voor de regio Amsterdam. In hoofdstuk 3 wordt de case Amsterdam beschreven, waarna hoofdstuk 4 op basis van de Amsterdamse data ingaat op de beide onderzoeksvragen. In hoofdstuk 5 wordt vervolgens een uitstapje gemaakt naar enkele andere grote steden die de mogelijkheid biedt te bezien hoe generiek de Amsterdamse resultaten zijn. Eerst wordt echter in hoofdstuk 2 kort de via theoretische weg vastgestelde optima per schaalniveau voor stedelijke gebieden beschreven.

## **2 Theoretische optima**

De variabelen netdichtheid en halteafstand bepalen in grote lijnen het ontwerp van een openbaar vervoernet. Bij beide variabelen geldt, dat veranderingen zowel voor- als nadelen hebben. Vergroten van de netdichtheid heeft als voordelen dat de reistijden op gegeven relaties korter worden en dat het ov-systeem robuuster wordt. Een nadeel is dat, bij gelijk blijvende frequenties, de exploitatie duurder wordt of, bij een gelijke voertuiginzet, de frequenties lager worden. Bij eigen infrastructuur nemen bovendien de infrastructuurkosten toe. Vergroten van de halteafstand heeft als voordelen dat de operationele snelheid toeneemt en, als afgeleide hiervan, de exploitatiekosten per voertuigkilometer dalen. Nadeel is, dat de herkomst- en bestemmingsadressen gemiddeld verder van de haltes komen te liggen.

De trade-off tussen de voor- en nadelen van veranderingen in de ontwerpvariabelen leidt ertoe dat deze variabelen een optimum hebben. Hoe groot de optimale waarden zijn hangt af van de

verplaatsingsafstand. Bij korte verplaatsingsafstanden zijn kleine halteafstanden en hoge netdichtheden optimaal, bij lange verplaatsingsafstanden zijn grote halteafstanden en lage netdichtheden optimaal. Gezien de grote verschillen in optima, samenhangend met de grote verschillen in verplaatsingsafstanden, is het aanbieden van verschillende stelsels met elk een eigen halteafstand en netdichtheid gewenst. Bij de vraag hoeveel de ontwerpvariabelen van twee opeenvolgende stelsels van elkaar moeten verschillen is opnieuw sprake van een trade-off van voor- en nadelen met een optimum. Observatie van de stelsels van verschillende typen netwerken laat ruwweg een factor 3 zien als afstand tussen twee opeenvolgende stelsels. De factor 3 geldt zowel voor de halteafstanden, de netdichtheden als de verplaatsingsafstanden waarvoor een stelsel geschikt is.

Verder hangt de hoogte van de optima per stelsel af van de mate van verstedelijking van het bediende gebied, de stedelijke structuur en de doelstelling die men nastreeft. Hoe meer verstedelijkt, des te kleiner de optimale halteafstand en des te groter de optimale netwerkdichtheid. De stedelijke structuur is relevant voor de locatie van de haltes – bij voorkeur zo dicht mogelijk bij de herkomst- en bestemmingsadressen – en is daarmee van invloed op de halteafstand. Verschillende doelstellingen zijn onder meer het nastreven van winstmaximalisatie, welvaartsmaximalisatie, minimalisatie kosten en minimalisatie reistijd. Van Nes (2000), die de optima voor een groot aantal doelstellingsfuncties berekend heeft, vond dat alleen winstmaximalisatie tot zeer afwijkende optima leidt. Bij de overige doelstellingsfuncties verschillen de optima niet zoveel. Hieronder vermelden we de door hem bij deze overige doelstellingsfuncties gevonden optimale waarden voor halteafstanden en netdichtheden in stedelijk gebied met een gemiddelde stedelijke structuur (van Nes, 2002, tabel 6-26). De tabel geeft ook minimaal gewenste waarden voor de operationele snelheid.

**Tabel 1: Optimale gemiddelde waarden voor halteafstand, lijnafstand en snelheid**

	halteafstand (km)	lijnafstand <sup>1</sup> (km)	operationele snelheid (km/u)
schaalniveau 1	0,6	0,6-0,8	20
schaalniveau 2	2	Radiaal	35
schaalniveau 3	6	Radiaal	55

1: afstand tussen twee opvolgende parallelle schakels in een netwerk

### **3 De praktijk: de case Amsterdam**

De vraag hoe de in de praktijk gevonden waarden voor de ontwerpvariabelen zich verhouden tot de theoretische optima kan beantwoord worden door voor een praktijksituatie het ov-systeem in te delen in stelsels en per stelsel de waarden van de ontwerpvariabelen vast te stellen. Dit is gedaan voor de regio Amsterdam. Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de data die voor Amsterdam verzameld zijn. Begonnen wordt met een afbakening van het studiegebied en de onderzochte ov-verbindingen, waarna op basis van de data een globale beschrijving gegeven wordt van het Amsterdamse ov-systeem.

#### **3.1 Afbakening studiegebied**

Het beschouwde gebied is het stadsgewest Amsterdam, zoals dit door het CBS gedefinieerd wordt. Dit bestrijkt het gebied van Haarlemmermeer tot Zeevang en van Abcoude tot Wormerland. Verder wordt binnen het stadsgewest het verstedelijkte gebied van Amsterdam als apart deelgebied onderscheiden. Dit bestaat uit de gemeenten Amsterdam, Amstelveen, Diemen en het dorp Duivendrecht en wordt hierna aangeduid met “agglomeratie”. De zo gedefinieerde agglomeratie is enger dan die welke door het CBS wordt gedefinieerd. De agglomeratie is verder ingedeeld in drie gebiedstypen: centrum, binnenring (overig vooroorlogse stad) en buitenring (overig agglomeratie). Het gebied buiten de agglomeratie dat nog tot het stadsgewest behoort wordt hierna aangeduid met “buitengebied”.

Het onderzochte ov-systeem betreft alle ov-verbindingen in de winterdienst 2003-2004 die minimaal eenmaal in de agglomeratie en tweemaal in het stadsgewest halteren. Lijnen in het stadsgewest die geheel buiten de agglomeratie liggen, zoals de stadslijnen van Zaandam, zijn zo niet opgenomen in de vermelde cijfers. Verder zijn alle nachtdiensten uitgezonderd. Buiten het nachtvervoer is het openbaar vervoer binnen de agglomeratie volledig in kaart gebracht. Van de lijnen die buiten het stadsgewest beginnen is het gedeelte buiten het stadsgewest tot aan de eerste halte binnen het stadsgewest niet meegenomen.

### 3.2 Enige kenmerken van het Amsterdamse openbare vervoersysteem

Tabel 2 geeft een overzicht van de lijnen binnen het stadsgewest naar type en modaliteit. De aanduidingen ‘stad’ en ‘regio’ in de tabel betreffen de exploitant en niet zozeer het gebied waar een lijn ligt. De stedelijke exploitant is het GVB, de regionale exploitanten zijn de streekvervoerbedrijven Connexxion en BBA en het treinbedrijf NS.

**Tabel 2: Aantal lijnen naar type**

	stad (GVB)				regio		totaal
	bus	tram	metro	veer	bus	trein	
<b>ligging:</b>							
radiaal	14	10	3	4	21	10	62
transversaal	2	3	0	0	1	3	9
(semi) cirkellijn	3	2	0	0	0	0	5
overig	32	1	1	1	40	5	80
<b>exploitatieperiode:</b>							
overdag	32	16	4	4	32	16	104
alleen ochtend- en/of avondspits	16	0	0	0	25	2	43
anderszins beperkte dienst	3	0	0	1	5	0	9
<b>functie:</b>							
standaard lijnverbinding	39	16	4	5	38	18	120
feeder op ander ov	10	0	0	0	0	0	10
zone systeem <sup>1</sup>	2	0	0	0	24	0	26
<b>totaal</b>	<b>51</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>62</b>	<b>18</b>	<b>156</b>

1: snelle non-stopverbinding tussen twee gebieden; binnen deze gebieden wordt aan elke halte gestopt voor het in- of uitlaten van reizigers die tussen beide gebieden reizen

In iets minder dan de helft van de gevallen komt het voor dat onder één lijnummer verschillende typen ritten gereden worden wat betreft bijvoorbeeld begin-/eindh halte of route. Bij het vaststellen van de typering van een lijn is uitgegaan van de ritten die als meest representatief voor de lijn beschouwd kunnen worden. Bij de trein, die geen lijnummers heeft, zijn de lijnen onderscheiden op basis van het serienummer.



Een opvallend resultaat is, dat de radiale en transversale lijnen samen in de minderheid zijn. Wel zijn de railsystemen sterk radiaal gericht, maar van het grote aantal buslijnen doet een ruime meerderheid het centrum niet aan. De niet-centrumgerichte stadslijnen lopen vaak naar een belangrijk treinstation zoals Sloterdijk en het Amstelstation. De niet-centrumgerichte streeklijnen verbinden meestal grote bevolkingsconcentraties zoals Purmerend en Almere met belangrijke perifeer gelegen Amsterdamse stadsdelen zoals Zuidoost of met Schiphol. Deze lijnen rijden in relatief sterke mate alleen in de spits.

Tabel 3 geeft enkele kentallen van de lijnen. Ze betreffen gemiddeldes over alle lijnen. Ook nu is uitgegaan van alleen de meest representatieve ritten bij de typering van een lijn. Sommige van de vermelde kentallen kunnen verschillen over de periodes van de dag. Deze

**Tabel 3: Enkele kenmerken van de lijnen**

	stad (GVB)				regio	
	bus	tram	metro	veer	bus	trein
lijnlengte (km) <sup>1</sup>						
ochtenspits	11,5	8,5	15,0	1,0	21,9	24,2
begin van de middag	13,3	8,5	15,0	1,0	18,4	23,9
schakellengte overdag (km)	0,75 <sup>2</sup>	0,65	1,2	1,0	2,2 <sup>3</sup>	3,2
aantal lijnen per schakel						
ochtenspits	3,0 <sup>2</sup>	1,6	1,5	1,0	2,6 <sup>3</sup>	3,8
begin van de middag	2,3 <sup>2</sup>	1,6	1,5	1,0	1,7 <sup>3</sup>	3,3
intervaltijden (min)						
ochtenspits richting centrum	16	7	7,5	18	18	31
ochtenspits tegenrichting	13	7	7,5	15	29	32
ochtenspits niet-radiale lijnen	24	10	7,5	20	29	34
begin van de middag	25	10	10	18	31	33
exploitatieuur (uren per etmaal)	12	18	18	15	9	15
etmaalfrequentie (twee richtingen)	81	215	218	143	43	64

1: alleen de lijndelen binnen het stadsgewest

2: alle busdiensten (stad en streek) binnen de stedelijke agglomeratie

3: alle busdiensten (stad en streek) in het buitengebied

zijn voor twee ijkmomenten vermeld: het midden van de ochtendspits en het begin van de middag, ca 13:00 uur.

De intervaltijden betreffen uitsluitend de intervaltijden van een lijn. Voor de reiziger die kan kiezen uit verschillende samenlopende lijnen kunnen de intervaltijden korter zijn. De tabel laat zien dat samengebruik van één schakel – hier gedefinieerd als netwerkelement met eenduidig lijngebruik – in het netwerk door verschillende lijnen veel voorkomt, vooral bij bus en trein. Overigens betreft het samengebruik bij de bus vaak korte trajecten en bij de trein soms stop- en sneltreinen, hetgeen de keuzemogelijkheid voor de reiziger beperkt.

Het feit, dat er op radiale lijnen bij de stedelijke modi weinig verschil is tussen de ochtendspitsfrequenties in beide richtingen en soms de frequentie van het centrum af zelfs hoger is dan die richting centrum zou verwondering kunnen wekken. Als een beperking gemaakt wordt tot de radiale lijnen die in de ochtendspits in beide richtingen bereden worden verdwijnen de verschillen. Men bedenke hierbij, dat de radiale lijnen van het stadsvervoer in de ochtendspits niet alleen grote aantallen stedelingen naar het centrum vervoeren maar ook de afvoer verzorgen van de talrijke forenzen die op het centraal station arriveren en in de andere richting naar hun eindbestemming reizen.

In de verdere analyse blijft de veerboot buiten beschouwing. Hij heeft zijn eigen werkterrein (water) en neemt bovendien slechts een marginale plaats in binnen het gehele ov-systeem.

### **3.3 De schaalbepalende variabelen**

Een belangrijke variabele voor bepaling van het schaalniveau is de halteafstand. Tabel 4 geeft de gemiddelde halteafstanden per gebiedstype en modaliteit. De getoonde afstanden betreffen de gemiddeldes per lijn of lijnsectie voor de basisdienst overdag. Alleen voor de streekbus, die als enige modaliteit grote verschillen tussen spits en overdag laat zien, zijn ook de ochtendspitscijfers vermeld.

**Tabel 4: Gemiddelde halteafstanden overdag (km)**

	centrum	binnen- ring	buiten- ring	gehele agglomeratie	buiten- gebied	gehele stadsgewest
stadsbus	0,50	0,38	0,49	0,46	0,74	0,49
tram	0,35	0,35	0,53	0,37	-	0,37
metro	0,57	•	0,89	0,86	-	0,86
streekbus	0,63	0,54	0,82	0,71	1,52	1,17
streekbus (spits)	0,65	0,78	1,27	0,93	2,46	1,46
stoptrein	•	•	3,43	3,30	6,91	4,54
sneltrein	•	-	4,31	4,77	12,69	8,57

-: geen halte in gebied aanwezig      •: slechts één halte in gebied aanwezig

De tabel laat zien, dat er grote verschillen zijn tussen de nieuwe en oude stadsdelen. In de buitenring zijn de halteafstanden ca 50% groter dan in binnenring en centrum. In het buitengebied zijn de halteafstanden gemiddeld nog weer aanzienlijk groter.

Een tweede variabele die samenhangt met de schaal is de operationele snelheid. Tabel 5 toont de snelheden per gebiedstype en vervoersysteem. Ze zijn berekend door de totale voertuigkilometrage binnen een gebiedstype in een uur van de beschouwde periode (ochtendspits of begin van de middag) te delen door de totale tijd dat de voertuigen volgens de dienstregeling in datzelfde uur onderweg zijn. Uitgegaan is nu van alle ritten en niet alleen van de voor een lijn representatieve ritten.

De tabel laat zien dat, met uitzondering van de treinsystemen, de snelheden in de buitenring (nieuwe stadsdelen) beduidend hoger liggen dan in de binnenring en het centrum (oude stadsdelen). Wel blijken de beide bussystemen in het centrum toch hoge waarden halen. Dit komt, omdat de buslijnen doorgaans niet penetreren in het centrum, zoals tram en metro, maar zich slechts begeven op de grote aan de rand van het centrum gelegen hoofdwegen waar flink doorgereden kan worden.

**Tabel 5: Gemiddelde snelheden per gebiedstype en modaliteit (km/u)**

	centrum	binnen- ring	buiten- ring	gehele agglomeratie	buiten- gebied	gehele stadsgewest
ochtendspits						
stadsbus	20,4	17,9	24,1	22,2	31,8	22,8
tram	13,0	13,8	20,6	14,9	-	14,9
metro	28,8	27,5	35,1	33,8	-	33,8
streekbus	32,0	16,3	27,1	26,0	35,4	31,3
stoptrein	35,2	45,4	47,1	44,8	59,7	53,2
sneltrein	21,1	53,5	52,4	47,9	70,7	56,2
begin van de middag						
stadsbus	18,2	17,0	23,0	21,0	32,4	21,6
tram	12,7	13,4	19,9	14,2	-	14,2
metro	27,7	29,3	35,0	33,7	-	33,7
streekbus	26,7	16,0	26,3	24,6	34,7	30,0
stoptrein	34,8	44,7	46,9	44,6	59,7	53,2
sneltrein	21,1	52,6	54,2	47,5	74,7	56,8

Tabel 5 toont één resultaat dat niet strookt met de verwachtingen, namelijk het feit dat in de ochtendspits de snelheden vaak hoger zijn dan overdag. De belangrijkste verklaring hiervoor bij bus en trein is het feit dat de toegevoegde spitsverbindingen in veel gevallen sneldiensten zijn. Verder vinden bij de bussystemen frequentieverhogingen in de spits in relatief sterke mate plaats op de relatief snelle lijnen waardoor de gemiddelde snelheid verder opgetrokken wordt. Als een beperking gemaakt wordt tot de lijnen die zowel in de spits als overdag rijden en voor beide periodes uitgegaan wordt van de ritfrequentie overdag blijken de snelheidsverschillen grotendeels te verdwijnen of tegengesteld te worden; dit laatste geldt voor de metro en de streekbus. Alleen bij de tram blijven de snelheden in de ochtendspits hoger dan aan het begin van de middag. Bij een aantal tramlijnen is te zien, dat de snelheid direct na de ochtendspits soms iets toeneemt maar vervolgens in de loop van de ochtend geleidelijk daalt naar een niveau onder dat van de ochtendspits.

Een derde variabele die een indicatie is voor het schaalniveau is de netwerkdichtheid. In het algemeen geldt dat de netdichtheid afneemt bij toenemend schaalniveau. De netdichtheden

worden getoond in tabel 6. Aangezien het kaartbeeld laat zien dat de bus- en tramnetwerken complementair zijn, is ook de gezamenlijke netdichtheid aangegeven. Verder is alleen bij de bus onderscheid gemaakt in spits en overdag aangezien slechts deze modaliteit voor beide periodes verschillen te zien geeft.

**Tabel 6: Netwerkdichtheid (km/km<sup>2</sup>)**

	centrum	binnen-ring	buiten-ring	gehele agglomeratie	buiten-gebied <sup>1</sup>	gehele stadsgewest <sup>1</sup>
bus						
ochtendspits	1,37	1,62	1,40	1,43	0,53 +?	0,75 +?
overdag	1,30	1,56	1,19	1,24	0,43 +?	0,62 +?
tram	1,96	1,36	0,15	0,38	0,00	0,09
bus + tram						
ochtendspits	2,75	2,35	1,46	1,63	0,53 +?	0,79 +?
overdag	2,75	2,28	1,24	1,44	0,43 +?	0,67 +?
metro	0,26	0,04	0,20	0,18	0,00	0,04
trein	0,22	0,18	0,20	0,20	0,10	0,12
gehele netwerk						
ochtendspits	3,24	2,58	1,77	1,93	0,64 +?	0,94 +?
overdag	3,24	2,51	1,54	1,73	0,53 +?	0,81 +?

1: het busnetwerk in het buitengebied betreft uitsluitend de lijnen naar en van Amsterdam en is daarom niet volledig; bij de netdichtheden is dit aangegeven door er ‘+?’ achter te plaatsen

De verschillen tussen de nieuwe en oude stadsdelen zijn hier nog duidelijker zichtbaar dan bij de halteafstanden. In de oude stadsdelen zijn de dichtheden bijna het dubbele van die in de buitenring. Alleen bij de metro is er geen duidelijk verschil te zien. De aangegeven dichtheden in het buitengebied betreffen niet de complete netten maar wel het grootste gedeelte van de daar aanwezige netwerken.

#### 4 Praktijk versus theorie

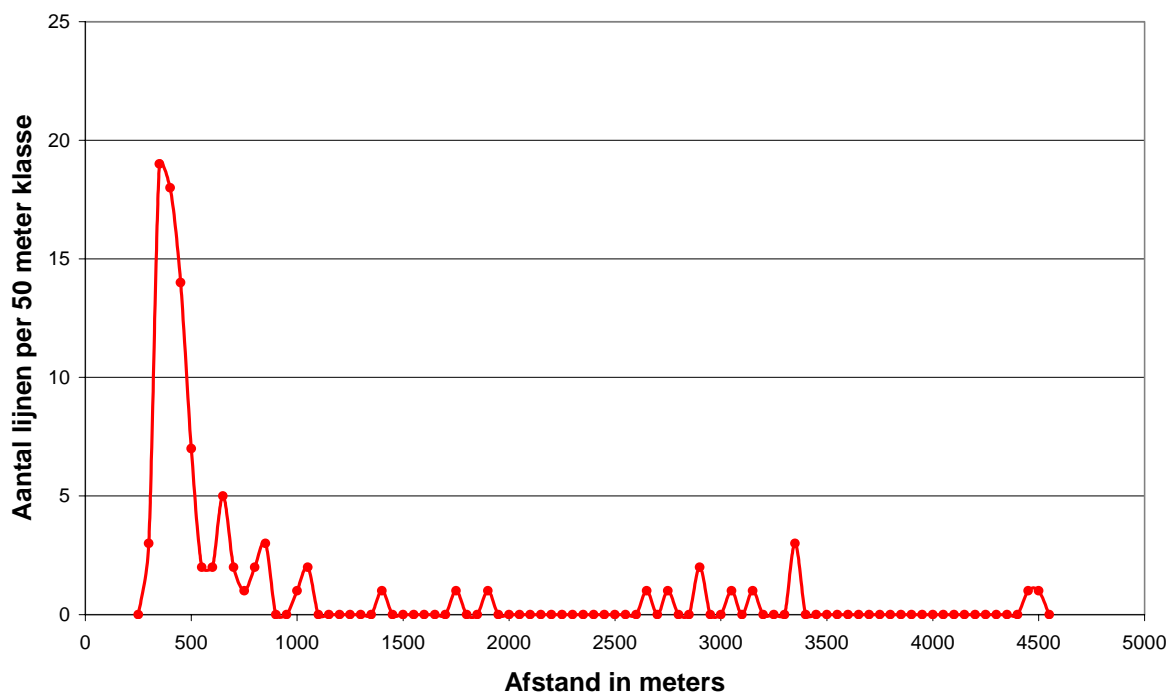
In dit hoofdstuk worden voor Amsterdam de beide onderzoeksvragen beantwoord. In welke mate komen per schaalniveau de waarden van de ontwerpvariabelen overeen met de

theoretische optima, en hoe goed representeert het samenvoegen van lijnen tot stelsels op basis van modaliteit die op basis van functie?

#### 4.1 Vergelijking met theoretische optima

Teneinde de Amsterdamse waarden van de schaalbepalende variabelen te kunnen vergelijken met de theoretische optima moeten eerst de Amsterdamse lijnen toegewezen worden aan de verschillende schaalniveaus. Dit wordt gedaan door klassen van gemiddelde halteafstanden vast te stellen en alle lijnen uit dezelfde klasse aan een schaalniveau toe te wijzen. Hierbij is uitgegaan van de gemiddelde halteafstanden overdag op lijnsecties binnen de agglomeratie. Afkappen bij de agglomeratiegrens is nodig, omdat buiten het verstedelijkte gebied andere definities van de verschillende schaalniveaus gelden.

Het vaststellen van klassegrenzen is gedaan op basis van de frequentieverdeling van de gemiddelde halteafstanden. Deze wordt getoond in figuur 1. Veer- en sneltreinverbindingen zijn in de figuur niet opgenomen.



**Figuur 1: Verdeling van de gemiddelde halteafstanden overdag in de agglomeratie**

Bij keuze van de grenzen is gepoogd deze enerzijds samen te laten vallen met dalen of grote niveauverschillen in de verdeling en anderzijds opeenvolgende klassegrenzen ongeveer een factor drie van elkaar te laten verschillen. De verdeling laat een hoge piek zien op halteafstanden tussen 250 en 600 meter met een uitloop op een veel lager niveau naar 1200 meter. Verder is er een duidelijke verdichting tussen 2600 en 3400 meter. Het ligt voor de hand één grens ergens tussen 1200 en 2600 m te kiezen, terwijl ook de afstand van 600 m, die een groot niveauverschil markeert, als klassegrens in aanmerking komt. Gekozen is daarom voor 600 m als bovengrens van het laagste schaalniveau en, gegeven het brede frequentieloze dal tussen 1900 en 2600 m en indachtig de factor drie, voor 2000 m als bovengrens van het tweede schaalniveau. De bovengrens van het derde schaalniveau, die op 6000 m gesteld zou kunnen worden, ligt ruim boven de hoogst voorkomende halteafstand van 4500 m.

Merk op, dat de gekozen klassegrenzen toevallig gelijk zijn aan de optimale waarden volgens tabel 1. Op voorhand kan zo al gesteld worden, dat de gemiddelde waarden kleiner zullen zijn dan de optima.

Tabel 7 zet de gemiddelde waarden voor halteafstand en snelheid bij de zo gedefinieerde schaalniveaus naast de optimale waarden uit tabel 1. De waargenomen waarden betreffen de situatie aan het begin van de middag. Voor de twee laagste schaalniveaus zijn de waarden voor de agglomeratie vermeld, voor het hoogste schaalniveau die voor het gehele stadsgewest.

**Tabel 7: Optimale en waargenomen gemiddelde waarden voor halteafstand en snelheid**

	halteafstand (km)		operationele snelheid (km/u)	
	waargenomen	optimum	waargenomen	optimum
schaalniveau 1	0,41	0,6	18	20
schaalniveau 2	0,90	2	30	35
schaalniveau 3	4,54	6	53	55

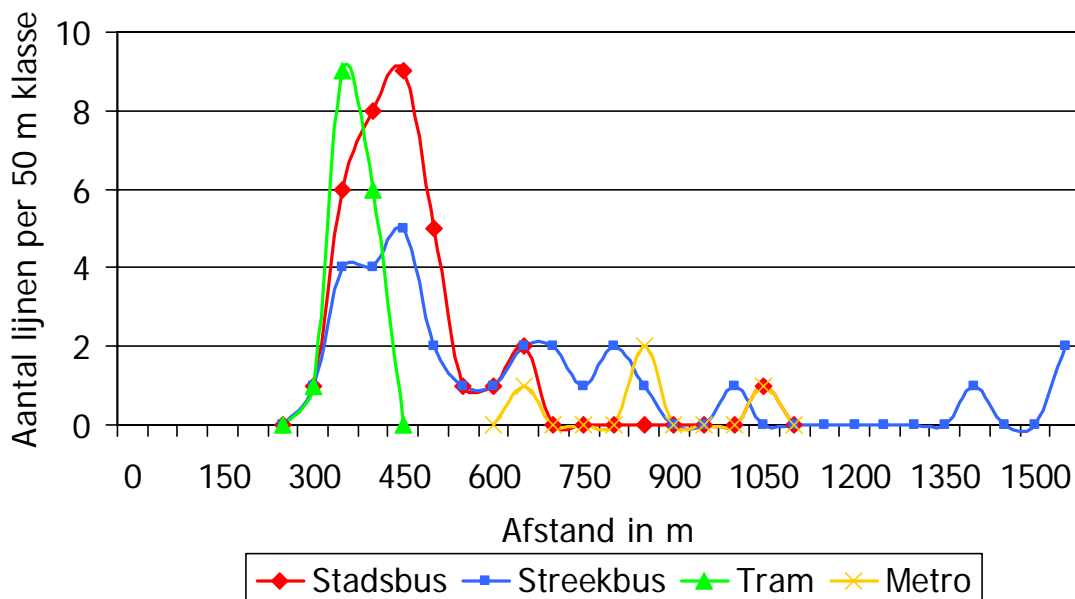
De tabel laat zien, dat er een flink verschil is tussen de waargenomen en optimale halteafstanden. Het verschil is het grootst voor schaalniveau 2, waar de optimale afstand meer dan het dubbele is van de werkelijke afstand. Niettemin liggen op alle schaalniveaus de waargenomen snelheden niet zo ver onder de optimale snelheden. Overigens is de

waargenomen snelheid op het laagste schaalniveau hoger dan die welke de reizigers gemiddeld ondervinden. De vermelde snelheid is namelijk een gemiddelde van de snelheid van de voertuigen, terwijl de snelheid van de tram, die een aanzienlijk hogere bezetting per voertuig heeft dan de bus, met ruim 14 km/u ver onder het gemiddelde ligt en nog verder onder het optimum.

Optimale waarden voor netwerkdichtheden zijn slechts vastgesteld voor het laagste schaalniveau met een beperking tot de radiale lijnen. De optimale dichtheid bij deze lijnen,  $1,3 \text{ km/km}^2$ , is bijna even hoog als die van het complete bus- en tramnetwerk in de Amsterdamse agglomeratie, maar ongeveer de helft van die van het netwerk in de oude stadsdelen (zie tabel 6). Als hier een beperking gemaakt wordt tot radiale lijnen komt de dichtheid in de buurt van het optimum te liggen.

#### 4.2 Modaliteit versus functie

De tweede vraag is hoe goed het samenvoegen van lijnen tot stelsels op basis van modaliteit die op basis van functie representeert. Deze kan beantwoord worden door te bezien hoe de modaliteiten verdeeld zijn over de op basis van functie gedefinieerde schaalniveaus. In figuur 2 is de frequentieverdeling van halteafstanden uitgesplitst naar modaliteit.



**Figuur 2: Verdeling van de gemiddelde halteafstanden per modaliteit in de agglomeratie**



Voor de duidelijkheid is slechts het gebied tot 1500 m weergegeven. Grotere halteafstanden zijn, voorzover ze nog binnen het tweede schaalniveau vallen, geaggregeerd opgenomen rechts van het 1500 m punt. Het derde schaalniveau is in de figuur weggelaten. Alle waarnemingen op dit schaalniveau betreffen de trein.

Bij elk van de railmodi blijken alle lijnen tot één schaalniveau te behoren: die van de tram tot het laagste, de metro tot het middelste en de trein tot het hoogste schaalniveau. Bij de stadsbus vallen bijna alle lijnen onder het laagste schaalniveau. Drie lijnen liggen vlak boven de bovengrens en zouden bij het oprekken van deze grens naar 650 m ook tot het laagste schaalniveau gaan behoren. Slechts één lijn heeft een sterk afwijkende halteafstand en hoort duidelijk tot het middelste schaalniveau. Het betreft lijn 326 naar IJburg. De streekbus heeft een zeer brede verdeling waarbij 60% van de lijnen tot het eerste schaalniveau behoort en 40% tot het tweede schaalniveau. In de spits zijn er zelfs enkele lijnen die tot het hoogste schaalniveau behoren.

Algemeen kan geconcludeerd worden, dat de indeling in modaliteiten goed spoort met de functionele indeling in schaalniveaus, met uitzondering van de streekbus. Stadsbus en tram vormen het laagste schaalniveau, metro het volgende schaalniveau en stoptrein het daaropvolgende schaalniveau. De streekbus is op de twee laagste schaalniveaus actief.

## **5 De praktijk in andere grote steden**

Door van Nes en Kwakernaak (2000) en van Oort en van Nes (2002) zijn netwerkgegevens van een aantal grote steden verzameld. Deze gegevens zijn niet gespecificeerd per lijn maar per modaliteit. Aggregatie naar functioneel schaalniveau is in principe niet mogelijk. Wel kunnen de gegevens per modaliteit vergeleken worden met de Amsterdamse situatie, waarbij bekeken kan worden hoe algemeen geldend de Amsterdamse situatie is.

Tabel 8 laat een vergelijking zien tussen halteafstanden en snelheden van de modaliteiten in Berlijn en Amsterdam. Berlijn is de enige van de onderzochte buitenlandse steden met tamelijk complete gegevens van de stedelijke bus en tram.

**Tabel 8: Waargenomen schaalvariabelen voor Berlijn en Amsterdam**

	halteafstand (km)		operationele snelheid (km/u)	
	Berlijn	Amsterdam	Berlijn	Amsterdam
stadsbus	0,38	0,46	18	21
stadstram	0,5	0,37	*	14
expressbus	0,92	0,91 <sup>1</sup>	22	27 <sup>1</sup>
metro, U-Bahn	0,8	0,86	25	34

1: alle buslijnen die toegekend zijn aan het tweede schaalniveau    \*: onbekend

De stadsbussen in Berlijn hebben een iets kortere halteafstand dan die in Amsterdam, terwijl bij de tram het omgekeerde het geval is. Een verklaring voor beide verschillen kan zijn, dat in Amsterdam, in tegenstelling tot Berlijn, de bussen overwegend in de nieuwere wijken rijden terwijl de tram vooral de dichtbebouwde oude stad bedient. Indien de Berlijnse buscijfers vergeleken worden met die voor de Amsterdamse oude stad, of de Berlijnse tramcijfers met die voor de Amsterdamse nieuwe wijken, dan zijn de overeenkomsten groot.

Van de andere buitenlandse steden hebben de verzamelde gegevens voornamelijk betrekking op metro en trein. Tabel 9 geeft hiervan een overzicht.

De verschillende variabelen laten soms flinke variaties zien tussen de steden. De Amsterdamse cijfers springen er niet uit. Wel geven ze ten aanzien van één aspect een iets afwijkend beeld: de snelheid van de metro gerelateerd aan de halteafstand. De halteafstand is in Amsterdam wat aan de lage kant, terwijl de snelheid tot de hoogste behoort.

**Tabel 9: Waargenomen schaalvariabelen voor een aantal metro- en treinsystemen**

	metro			trein		
	halteafst. (km)	op. snelh. (km/u)	lijnafstand (km)	halteafst. (km)	op. snelh. (km/u)	lijnafstand (km)
Amsterdam	0,86	34		4,5	53	
Londen	1,3	31	1,5-2,0	5,0	51	
Parijs	0,62	17	1,0-1,3	2,4 <sup>1</sup> , 4,5 <sup>2</sup>	44 <sup>1</sup> , 53 <sup>2</sup>	
Madrid	0,75	22	1-3	2,3		2-4
New York	0,92	26	0,6-2,0	4,5	49	6-11
Chicago	0,7-1,7	20-50	0,5-2	3,2		
Mexico	1,2	37	1-4	10		
Sao Paulo	1-1,5	35		3-5		
Hong Kong	0,8-1,0	25-30	0,4-1,1	2,8	60	
Beijing	1		1-3,5	2-5	60-80	
Seoul	1	33	1-3			

<sup>1</sup>: RER<sup>2</sup>: traditionele voorstadstreinen (SNCF)

## 6 Conclusies

Op basis van analyse van het Amsterdamse openbaar vervoersysteem kan geconcludeerd worden, dat de gemiddelde halteafstanden op de verschillende schaalniveaus beduidend lager zijn dan die welke als optimaal vastgesteld zijn. Een gevolg is, dat de gewenste voertuigsnelheden niet helemaal gehaald worden. Met name de tram is veel te traag. De netdichtheden lijken niet veel van de optima te verschillen.

Een andere conclusie is, dat de indeling in modaliteiten redelijk spoort met de functionele indeling in schaalniveaus. De enige modaliteit waarvoor dit niet geldt is de streekbus. Deze is op de twee laagste schaalniveaus actief. Het verdient daarom aanbeveling om bij het verzamelen van data over het agglomeratie-overschrijdend busvervoer onderscheid te maken in stop- en sneldiensten. In sommige buitenlandse steden met express busdiensten binnen de stad geldt deze aanbeveling ook voor de stadsbus.

Verder laat de analyse laat zien, dat er een flink verschil is tussen de ov-netwerken in de oude en nieuwe stadsdelen. In de nieuwe stadsdelen zijn de halteafstanden ruim 50% groter, terwijl bij het tram-+busnet de netdichtheid er slechts ca de helft is.

In principe gelden de conclusies alleen voor Amsterdam. Als echter de Amsterdamse kenmerken van het openbaar vervoersysteem gelegd worden naast die van een aantal buitenlandse stadsgewesten blijken die van Amsterdam niet erg af te wijken. De conclusies lijken daarom een bredere geldigheid te hebben.

## **Literatuur**

Nes, Rob van, Optimal stop and line spacing for urban public transport networks, Analysis of objectives and implications for planning practice, TRAIL Studies in Transportation Science S2000/01, Delft University Press, Delft, 2000

Nes, R. van & C.V. Kwakernaak, Openbaar vervoerssystemen in wereldsteden, Een beschrijving van de hiërarchie in netwerkopbouw, Studierapport, Technische Universiteit Delft, mei 2000

Oort, N. van & R. van Nes, Openbaar vervoerssystemen in wereldsteden, Een beschrijving van de hiërarchie in netwerkopbouw deel 2, Studierapport, Technische Universiteit Delft, april 2002

Nes, Rob van, Design of multimodal transport networks, a hierarchical approach, TRAIL Thesis Series T2002/5, DUP Science, Delft, 2002