

Dynamisch Railverkeersmanagement

**besturingsconcept voor railverkeer op basis
van het Lagenmodel Verkeer en Vervoer**

Alfons Schaafsma

Omslagillustratie: Jos Postmes
Omslagontwerp: Joke Herstel, *Wenk*

Dynamisch Railverkeersmanagement

**besturingsconcept voor railverkeer op basis
van het Lagenmodel Verkeer en Vervoer**

Proefschrift

ter verkrijging van de graad van doctor
aan de Technische Universiteit Delft
op gezag van de Rector Magnificus prof. ir. K.F. Wakker
voorzitter van het College van Promoties,
in het openbaar te verdedigen op dinsdag 16 oktober om 16.00 uur

door Alfonsus Alexander Maria SCHAAFSMA
civiel ingenieur
geboren te Zwolle

Dit proefschrift is goedgekeurd door de promotor:

Prof. dr. ir. P.H.L. Bovy

Samenstelling Promotiecommissie:

Rector Magnificus, voorzitter

Prof. dr. ir. P.H.L. Bovy, Technische Universiteit Delft, promotor

Prof. Dr.-Ing. I.A. Hansen, Technische Universiteit Delft

Prof. dr. ir. J. Hellendoorn, Technische Universiteit Delft

Prof. ir. L.H. Immers, Katholieke Universiteit Leuven

Prof. dr. L.G. Kroon, Erasmus Universiteit Rotterdam

Prof. dr. ir. H. Priemus, Technische Universiteit Delft

Prof. dr. ir. P.A. Steenbrink, Katholieke Universiteit Nijmegen

TRAIL Thesis Series nr. T2001/7 The Netherlands TRAIL Research School

Published and distributed by: DUP Science

DUP Science is an imprint of

Delft University Press

P.O. Box 98

2600 MG Delft

The Netherlands

Telephone: +31 (0)15 2785678

Telefax: + 31 (0)15 2785706

E-mail: DUP@Library.TUdelft.NL

ISBN 90-407-2219-6

Keywords: spoorwegen – verkeerskunde – besturing

Copyright © 2001 by Alfons A.M. Schaafsma

All rights reserved. No part of the material protected by this copyright notice may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without written permission from the publisher: Delft University Press.

Printed in The Netherlands

Voorwoord

De spoorwegen vormen een schijnbaar onontwarbare kluwen. Alles hangt met alles samen. Vernieuwingen komen dus erg moeilijk tot stand, want als je aan het uiteinde van een touwtje begint te trekken, komt de rest van de kluwen mee. Veranderen was ook niet echt nodig. De spoorwegen hebben een belangrijke maatschappelijke functie, waarvoor de maatschappij best wat over heeft. Daarbij komt dat de spoorwegen zich altijd hebben beroepen op het feit dat ze uniek zijn. De spoorwegen verklaarden succesvolle concepten uit andere sectoren bij voorbaat als niet van toepassing, onder het motto: “Wat kan, doen we al, en wat we niet doen, kan niet”. Terecht wordt deze houding door de maatschappij niet langer geaccepteerd. De black box spoorwegen moet opengebroken worden. Echter, de botte bijl die daarvoor sedert het midden van de jaren negentig wordt gehanteerd (“scheiding van infrastructuur en exploitatie”) lijkt vooralsnog meer schade dan winst te hebben opgeleverd.

Na 10 jaar “aan het spoor” begon bij mij steeds meer het besef post te vatten dat ik mij in een unieke positie bevond. Werkzaam op een innovatieafdeling, dus met de blik gericht op de toekomst en op vernieuwingen. Van binnenuit bekend met het hart van de spoorwegen: het ontwerp en de uitvoering van de dienstregeling. En voorzien van een helikopterblik: voldoende afstand nemen om de grote lijnen te zien, niet bang zijn voor abstracties, van grof naar fijn denken, maar met open oog voor maatgevende details. Aan mij de taak om de spoorwegenkluwen te ontrafelen, om de black box te openen voor de buitenwereld (en de binnenwereld!) om daarmee de kansen voor vernieuwingen te vergroten. In mijn beleving een absolute noodzaak om de functie van spoorwegen in de maatschappij te kunnen behouden en uit te bouwen. De kansen liggen er!

De rode draad van het onderzoek kwam, achteraf beschouwd, tot stand in de discussies met Jaap Krabbendam en Piet Bovy over de structurering van het lezingenprogramma voor de afdeling Verkeer en Vervoer van het KIVI (het Koninklijk Instituut Van Ingenieurs, waarvan ik

overigens geen lid ben). Waarom zijn de spoorwegen eigenlijk anders dan andere vormen van verkeer en vervoer? Of, anders gezegd, kan een generieke structurering van verkeers- en vervoerprocessen leidraad zijn voor de ontrafeling van de spoorwegen? Het antwoord was ja. Met de beperkingen van de invalshoek: een functionele, (systeem)technische en niet een organisatorische of (bedrijfs)economische.

En toen nog even netjes alles opschrijven. Dat heeft toch nog zes jaar gekost. In die zes jaar is er veel gebeurd. Bij de spoorwegen en in mijn persoonlijke leven. Mijn vader heeft het begin van het promotieonderzoek mogen meemaken, het einde niet. Voor mijn beide dochters geldt het omgekeerde. Maar de rode draad bleef: op vrijdag –en in de loop van de tijd ook steeds vaker ‘s avonds– naar zolder, achter de computer.

Mijn werkgever Railned heeft mij in de gelegenheid gesteld om gedurende vijf jaar één van mijn vier werkdagen aan dit onderzoek te besteden. Ik hoop dat deze niet geringe investering het gewenste resultaat heeft opgeleverd en wellicht in de toekomst nog zal opleveren. In mijn beleving was het “deeltijd-promoveren” een zinvolle constructie. Enerzijds heb ik gebruik kunnen maken van onderzoeksresultaten die binnen Railned tot stand kwamen, en anderzijds heeft Railned kunnen profiteren van de nieuwe inzichten die het promotieonderzoek opleverde.

Welke kant moeten we uit met de spoorwegen? Natuurlijk is er geen ei van Columbus, maar hoofdrichtingen zijn volgens mij: van star naar flexibel, van plannen naar regelen, van schijnzekerheden naar beheerste kaders, van blauwdrukplanning naar procesplanning, van monopolie naar concurrentie. In 1995 werd “De Nieuwe Vervoerfabriek”, één van de voorlopers van het in deze dissertatie voorgestelde Dynamisch Railverkeersmanagement, gepresenteerd. Bij die gelegenheid zei Tom Regtuijt, toenmalig lid van de Raad van Bestuur van NS: “Laten we proberen koploper te blijven in Europa. In de jaren 70 waren we de eerste spoorwegmaatschappij met een gecadanceerde knooppuntdienstregeling. Nu kunnen we de eerste zijn met een geheel nieuw concept voor plannen en regelen van de treindienst”.

Die uitnodiging staat nog open. Er zijn hoopvolle ontwikkelingen gaande, maar er zijn ook kansen gemist. NS Reizigers heeft onlangs haar operationele organisatie gesplitst in een serviceorganisatie en een transportbesturingsorganisatie. Dit begint aardig in de buurt te komen van het in deze dissertatie bepleite onderscheid tussen vervoerdiensten en verkeersdiensten, maar bij de serviceorganisatie zijn ze de conducteurs “vergeten” en moet de dagelijkse “vervoerleiding” nog worden ingevuld. Het dogma “de overheid investeert niet in materieel, zelfs niet als dat de infrastructuur veel goedkoper maakt” lijkt langzaam ter discussie te komen. Anderzijds wordt in Den Haag overwogen om de touwtjes strakker aan te halen in plaats van een goede marktordening te ontwikkelen, waarbinnen de sector volwassen kan worden en waarbij de overheid juist afstand neemt en alleen de nodige randvoorwaarden stelt en bewaakt.

Natuurlijk was ik op eigen kracht nooit zover gekomen. Als eerste bedank ik Piet Bovy, mijn promotor en inhoudelijk begeleider. “Ik heb geen verstand van spoorwegen, ik hoop wat van jou op te steken”, was zijn motto. Maar gelukkig had hij wel verstand van verkeer en vervoer, van structureren, van formuleren en ga maar door. Ondanks zijn drukke bestaan, onder meer als wetenschappelijk directeur van TRAIL, vond hij altijd de tijd om mijn concepten intensief te bestuderen, te commentariëren en van suggesties te voorzien. Verder dank ik in willekeu-

rige volgorde Kees Harinck, Ruud Thunnissen, Frank Bokhorst, Laurens Berger, Ello Weits, Noortje Jonker en Jan Kamphuis die als meelezers de verschillende hoofdstukken van commentaar hebben voorzien. Ook Nicole Fontein, die me bij de laatste loodjes heeft bijgestaan, wil ik bedanken. Mijn grootste dank gaat echter uit naar Petra, die mij de ruimte heeft gegeven en op de juiste momenten heeft gestimuleerd om dit project tot een goed einde te brengen.

Verantwoording

Een aantal passages uit deze dissertatie zijn, veelal in een iets andere vorm, reeds eerder gepubliceerd:

Hoofdstuk 4, delen van de paragrafen 4.1. t/m 4.4: Liever het ontleedmes dan de botte bijl – Radicale scheiding van infrastructuur en exploitatie niet doeltreffend voor concurrentie en innovatie in de spoorwegbranche, Tijdschrift Vervoerwetenschap 97/3, 237-258, 1997

Hoofdstuk 6, paragraaf 6.2: Netvisie – naar een functionele differentiatie van het spoorwegnet (samen met Mike van Gemund), Proceedings van het Colloquium Vervoerplanologisch Speurwerk, Delft, 1998;

Hoofdstuk 4, paragraaf 4.6: HSL Zuid en netwerksamenhang, Tijdschrift Vervoerwetenschap 99/4, 261-280, 1999;

Hoofdstuk 9, delen van de paragrafen 9.1 t/m 9.3: Minder plannen, meer regelen, Tijdschrift Vervoerwetenschap 98/2, 115-136, 1998;

Hoofdstuk 9, gedeelte van paragraaf 9.3: Anders benutten van het spoorwegnet – het gebruik van flexibele tijd/wegvensters, Proceedings van het Colloquium Vervoerplanologisch Speurwerk, Delft, 2000.

Voorts heb ik dankbaar gebruik gemaakt van een aantal ideeën van anderen, met name collega's. De benuttingsbalans (Hoofdstuk 7) is ontwikkeld door Ruud Thunnissen. Jos Postmes en Ello Weits zijn de geestelijke vaders van het concept tijdvensters bij de dienstregelingplanning (Hoofdstuk 9). Maarten Maarschalkerweerd, tenslotte, analyseerde het concept knooppunt dienstregeling (Bijlage B).

Ten aanzien van de verbindingen bleken de geraadpleegde deskundigen het niet eens. Ik heb de volgende keuze gemaakt: samenstellingen met vervoer geen verbindingen (vanwege woorden als vervoermiddel en vervoerbewijs); samenstellingen met verkeer wel een verbindingen (vanwege woorden als verkeersagent en verkeersplein).

Alfons Schaafsma, augustus 2001.

Dynamisch Railverkeersmanagement – besturingsconcept voor railverkeer op basis van het Lagenmodel Verkeer en Vervoer.

De maatschappij eist van de spoorwegen betere prestaties: het product moet betrouwbaarder en goedkoper worden en de spoorwegen moeten flexibeler anticiperen op veranderingen in de markt en de omgeving. Uitgangspunt van deze dissertatie is dat marktwerking en innovatie in andere sectoren tot verbetering van de prestaties leiden en dat dit bij de spoorwegen ook mogelijk moet zijn. De hypothese is dat ondanks de herstructurering in de jaren 90 ("scheiding van infrastructuur en exploitatie") de potenties van marktwerking en innovatie bij de spoorwegen onvoldoende worden uitgebuit en dat de onderlinge verwevenheid van de processen binnen de spoorwegen hiervan een belangrijke achterliggende oorzaak is. "Alles" lijkt met "alles" samen te hangen, met name in het operationele hart van de spoorwegen: het railverkeerssysteem.

De dissertatie bestaat uit twee delen: het Lagenmodel Verkeer & Vervoer en Railverkeersmanagement. In het eerste deel wordt een theoretisch, generiek, model ontwikkeld voor de functionele analyse van het verkeers- en vervoerssysteem: het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Het verkeers- en vervoerssysteem wordt hierbij beschouwd als een samenstel van (interne en externe) diensten en markten. Dit Lagenmodel Verkeer & Vervoer wordt vervolgens toegepast om de spoorwegen in deelsystemen te ontleden met als doel de kansen voor marktwerking en innovatie te vergroten en de rol van de overheid te structureren. In het tweede deel van de dissertatie wordt de besturing van één van deze deelsystemen, het railverkeerssysteem, geanalyseerd. Het systematisch integreren van terugkoppelingen in de besturingscyclus leidt tot de ontwikkeling van een nieuw besturingsconcept: Dynamisch Railverkeersmanagement. Met dit nieuwe besturingsconcept wordt de levering van railverkeersdiensten betrouwbaarder, flexibeler en efficiënter.

Dynamic Rail Traffic Management – control of rail traffic on the basis of the Transport Layer Model

Society demands that railways should perform better than they do currently: their product must become more reliable and cheaper, and the railways must be able to react to changes in the market and the environment more flexibly. The starting point of this thesis is that in other industries market forces and innovations are key factors to the improvement of performance and that this must also be possible in the railway industry. The hypothesis is that, in spite of the restructuring of the railways during the nineties of the 20th century in Europe ("separation of infrastructure management and train operations"), the potencies of market forces and innovations are insufficiently exploited and that this to a large extent can be attributed to the fact that the processes within the railway industry are tightly interwoven. "Everything" seems to be connected with "everything", especially in the operational heart of the railways: the rail traffic system.

This thesis consists of two parts: the Transport Layer Model and Rail Traffic Management. In the first part, a generic conceptual model for the functional analysis of the traffic and transport system is developed called the Transport Layer Model. In this model, the traffic and transport system is considered as a composition of services and markets. The Transport Layer Model is

applied to divide the railways into subsystems, with the objectives of improving the opportunities for market forces and innovations, and structuring the role of the government. In the second part of this thesis, the control of one of these subsystems, the rail traffic system, is analysed. The systematic integration of feedback loops into the control cycle leads to the development of a new control concept called Dynamic Rail Traffic Management the application of which can make the production of rail traffic services more reliable, more flexible and cheaper.

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	1
1.1	DE MAATSCHAPPELIJKE ROL VAN DE SPOORWEGEN	2
1.1.1	afnemend marktaandeel.....	2
1.1.2	productiviteit van de spoorwegen blijft achter.....	4
1.1.3	reden 1: externe effecten relatief gunstig	6
1.1.4	reden 2: rol spoorwegen groot in specifieke marktsegmenten	7
1.2	INVESTEREN IN VERNIEUWING: MARKTWERKING EN INNOVATIE.....	9
1.2.1	marktwerking	10
1.2.2	innovatie	11
1.2.3	innovaties komen moeizaam tot stand	12
1.3	INTRODUCTIE DEEL I: LAGENMODEL VERKEER & VERVOER.....	13
1.4	INTRODUCTIE DEEL II: RAILVERKEERSMANAGEMENT	15
1.5	NIEUW IN DEZE DISSERTATIE.....	16
1.6	AFBAKENING: WELKE ZAKEN NIET IN DEZE DISSERTATIE	19
1.7	LEESWIJZER.....	20
2	LAGENMODELLEN VOOR VERKEER EN VERVOER	23
2.1	INLEIDING	23
2.2	OSI 7-LAGENMODEL UIT DE INFORMATIETECHNOLOGIE.....	24
2.3	TRAIL-MODEL	25
2.4	TOPINSTITUUT LOGISTIEK & TRANSPORT	25
2.5	IT IN VERKEER & VERVOER (MINDERHOUD EN BOVY)	26
2.6	NV WEGVERKEER (KPMG BEA).....	27

2.7	BASISMODEL (SCHOEMAKER E.A.)	28
2.8	DRIEMARKTEN-MODEL (VAN DE RIET EN EGETER).....	29
2.9	KPMG BEA-MODEL (RAAD VOOR VERKEER EN WATERSTAAT)	30
2.10	WAARDEKETEN RAILGOEDERENVERVOER (RAILFORUM).....	31
2.11	VERVOERSECONOMISCH MODEL VOOR GEREGLDE PERSONENVERVOERDIENSTEN (VAN DE VELDE).....	32
2.12	SYNTHESE	33
2.12.1	specificaties voor een generiek Lagenmodel Verkeer & Vervoer	33
2.12.2	bouwstenen voor een Lagenmodel Verkeer & Vervoer.....	34
2.12.3	conclusie.....	35
3	OPBOUW GENERIEK LAGENMODEL VERKEER & VERVOER.....	37
3.1	DRIE BASISLAGEN	38
3.1.1	economische activiteiten	38
3.1.2	vervoerdiensten	39
3.1.3	verkeersdiensten	39
3.1.4	markten tussen de basislagen	39
3.2	HORIZONTALE DIFFERENTIATIE VAN DIENSTEN BINNEN EEN LAAG.....	40
3.2.1	gedifferentieerde vervoerdiensten	40
3.2.2	gedifferentieerde verkeersdiensten.....	42
3.3	VERTICAAL SPECIALISEREN EN SECUNDAIRE DIENSTEN.....	43
3.3.1	nieuwe laag dienstenpakket.....	43
3.3.2	secundaire diensten	44
3.3.3	logistieke keten.....	44
3.4	INZET EN BEHEER VAN VERVOER- EN VERKEERSMIDDELEN.....	45
3.4.1	vervoer- en verkeersfuncties.....	45
3.4.2	vervoer- en verkeersmiddelen	46
3.4.3	inzet en beheer op strategisch niveau	48
3.4.4	inzet en beheer op tactisch en operationeel niveau	49
3.5	LAGENMODEL VERKEER & VERVOER	50
3.6	TOEPASSINGEN VAN HET LAGENMODEL VERKEER & VERVOER	51
3.6.1	aggregatieniveau (micro / macro)	52
3.6.2	ketens en netwerken	52
3.6.3	performance-aspecten.....	53
3.6.4	randvoorwaarden bij de levering van diensten.....	54
3.6.5	rol van de overheid.....	55
3.7	EVALUATIE OPBOUW LAGENMODEL VERKEER & VERVOER	57
3.7.1	een generiek Lagenmodel Verkeer & Vervoer.....	57
3.7.2	kanttekeningen bij het Lagenmodel Verkeer & Vervoer	57
3.7.3	toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer	58
4	TOEPASSING LAGENMODEL VOOR ANALYSE SPOORWEGEN.....	59
4.1	PROBLEEMSTELLING 1: ONVOLDOENDE CONCURRENTIE EN INNOVATIE.....	60
4.1.1	monoliet als “natuurlijke” structuur	60
4.1.2	structuur anno 2000: scheiding van infrastructuur en exploitatie	64
4.2	PROBLEEMSTELLING 2: ROL OVERHEID ONDUIDELIJK.....	68

4.2.1	de spoorwegen als instrument van overheidsbeleid	68
4.2.2	instrument van overheidsbeleid in de organisatiestructuur anno 2000	69
4.3	FUNCTIONELE ANALYSE VAN DE SPOORWEGEN	69
4.3.1	organisatiestructuur van de spoorwegen anno 2000	70
4.3.2	vervoersystemen	71
4.3.3	het railverkeerssysteem	73
4.3.4	structurering van de besturing van de spoorwegen	74
4.3.5	gevolgen voor de organisatie van de spoorwegen	75
4.4	STRUCTURERING VAN DE ROL VAN DE OVERHEID	77
4.4.1	overheidsrol per systeemlaag	77
4.4.2	rol overheid ten aanzien van enkele specifieke thema's	80
4.5	FUNCTIONELE ASPECTEN EN MARKTORDENING	83
4.5.1	verticale versus horizontale integratie	83
4.5.2	netwerkvoordelen bij horizontale integratie	84
4.5.3	mogelijkheden voor concurrentie binnen systeemlagen	86
4.5.4	conclusie functionele aspecten en marktordening	87
4.6	CASE: AANBESTEDING HSL-ZUID	88
4.6.1	inleiding	88
4.6.2	aanbesteding van de gehele productiekolom van de HSL Zuid	89
4.6.3	aanbesteding van de exploitatie van de infrastructuur en infrastructuurvoorziening	92
4.6.4	aanbesteding van infravoorziening (ontwerp, aanleg en instandhouding) van de HSL Zuid	94
4.6.5	aanbesteding van vervoerketens over de HSL Zuid	95
4.6.6	conclusies ten aanzien van de aanbesteding van de HSL Zuid	96
4.7	EVALUATIE TOEPASSING LAGENMODEL VERKEER & VERVOER VOOR DE ANALYSE VAN DE SPOORWEGEN	96
4.7.1	concurrentie bij de spoorwegen	97
4.7.2	innovatie van de verkeersmiddelen	98
4.7.3	innovatie van besturing	98
4.7.4	structureren van de rol van de overheid	99
5	INTRODUCTIE RAILVERKEERSMANAGEMENT	101
5.1	HET RAILVERKEERSSYSTEEM IN ZIJN OMGEVING	102
5.1.1	relatie tot afnemers van verkeersdiensten (vervoersystemen)	103
5.1.2	relatie tot overheid en maatschappij	105
5.1.3	relatie tot andere (rail)verkeerssystemen	106
5.1.4	analyse van railverkeerssystemen	108
5.2	SYSTEEMLAAG PRODUCTIE RAILVERKEERSDIENSTEN	110
5.2.1	definiëring van de te leveren diensten	110
5.2.2	performanceaspecten	110
5.2.3	ketens en netwerken	112
5.2.4	randvoorwaarden	112
5.3	SYSTEEMLAAG INZET RAILVERKEERSMIDDELEN	113
5.3.1	definiëring van de te leveren diensten	113

5.3.2	performanceaspecten	114
5.3.3	ketens en netwerken	115
5.3.4	randvoorwaarden	116
5.4	SYSTEMLAAG BEHEER RAILVERKEERSMIDDELEN	117
5.4.1	definiëring van de te leveren diensten	117
5.4.2	performanceaspecten	119
5.4.3	ketens en netwerken	120
5.4.4	randvoorwaarden	122
5.5	CONCEPTUELE MODELLEN VOOR DE ANALYSE VAN RAILVERKEERSMANAGEMENT	122
5.5.1	analogie uit de productielogistiek	123
5.5.2	strategisch: capaciteitsmanagement en strategische orderacceptatie	124
5.5.3	tactisch: inzetplanning van resources	126
5.5.4	operationeel: dagelijkse uitvoering en bijsturing	126
5.5.5	model voor de regelcyclus	127
5.5.6	systematiek voor ontwerpprocessen	129
5.6	EVALUATIE INTRODUCTIE RAILVERKEERSMANAGEMENT	130
5.6.1	voornaamste bevindingen en conclusies	130
5.6.2	opzet van de Hoofdstukken 6, 7 en 8	132
5.6.3	contouren Dynamisch Railverkeersmanagement (Hoofdstuk 9)	132
6	STRATEGISCH RAILVERKEERSMANAGEMENT	133
6.1	STRATEGISCH RAILVERKEERSMANAGEMENT IN DE JAREN 90	133
6.1.1	Rail 21: een geïntegreerd aanbod gebaseerd op een productiemodel	134
6.1.2	eind jaren 90: behoefte aan procesgeoriënteerd strategisch railverkeersmanagement	135
6.2	NETVISIE: METHODOLOGIE TEN BEHOEVE VAN HET NVVP	136
6.2.1	inleiding	136
6.2.2	prognoses verkeersmarkt en structuur verkeersproductie	139
6.2.3	behoefte aan capaciteit verkeersmiddelen	142
6.2.4	functies en concepten van verkeersmiddelen	145
6.3	TOEPASSING NETVISIE-METHODOLOGIE: NVVP	146
6.3.1	inleiding	147
6.3.2	prognoses verkeersmarkt en structuur verkeersproductie	148
6.3.3	behoefte aan capaciteit verkeersmiddelen	151
6.3.4	functies en concepten van verkeersmiddelen	154
6.4	DUITS RAILVERKEERSSYSTEEM – NETZ 21	157
6.4.1	inleiding	157
6.4.2	concept: functionele differentiatie	157
6.4.3	vergelijking met Netvisie	159
6.5	WACHTRIJBENADERING BIJ HET TOETSEN VAN INFRASTRUCTUURCAPACITEIT	160
6.6	EVALUATIE STRATEGISCH RAILVERKEERSMANAGEMENT	162
7	TACTISCH RAILVERKEERSMANAGEMENT	165
7.1	ASPECTEN VAN TACTISCH RAILVERKEERSMANAGEMENT	166
7.1.1	strategisch kader	166
7.1.2	het ontwerpen van een inzetplanning: een iteratief en cyclisch proces	167

7.1.3	balans tussen intensiteit en kwaliteit (<i>benuttingsbalans</i>).....	169
7.1.4	netwerkcapaciteit.....	171
7.2	TACTISCH RAILVERKEERSMANAGEMENT BIJ ONGEDEELDE SPOORWEGBEDRIJVEN	172
7.2.1	inleiding.....	172
7.2.2	basisuurpatroon (BUP).....	173
7.2.3	jaarplan.....	175
7.2.4	dagplan.....	175
7.2.5	evaluatie	176
7.3	TACTISCH RAILVERKEERSMANAGEMENT MET MEERDERE VERVOERDERS EN SCHEIDING VAN INFRASTRUCTUUR EN EXPLOITATIE.....	177
7.3.1	veranderingen ten opzichte van ongedeelde spoorwegbedrijven.....	177
7.3.2	het ontwerp van de planning van de inzet van infrastructuur.....	178
7.3.3	nieuwe ontwikkeling: toedelingsregels op basis van deelmarktbenadering.....	180
7.3.4	evaluatie wijze van sturing anno 2000 en lopende ontwikkelingen.....	182
7.4	LUCHTVERKEERSMANAGEMENT.....	184
7.4.1	externe randvoorwaarden	185
7.4.2	vaststellen verkeersplan, vaststellen behoefte aan vliegpaden.....	186
7.4.3	vaststellen beschikbaarheid verkeersmiddelen.....	187
7.4.4	inzetplanning	189
7.4.5	balans tussen intensiteit en kwaliteit	190
7.4.6	vergelijking met het railverkeerssysteem.....	192
7.5	METHODEN VOOR DE TOETSING VAN VERSTORINGSGEVOELIGHEID	198
7.5.1	toets aan ontwerpnormen	198
7.5.2	behoefte aan nieuwe methodieken	200
7.5.3	toetsen stabiliteit verkeersplan op knooppunten: synchroniteit op knooppunten 201	
7.5.4	analytische toets stabiliteit netwerk: toepassing max-plus algebra	201
7.5.5	simuleren stabiliteit netwerk met SIMONE	202
7.5.6	evaluatie toetsingsmethodieken.....	203
7.6	VERNIEUWINGSPOTENTIEEL	203
7.6.1	vergroting scope van het tactisch railverkeersmanagement.....	204
7.6.2	dynamisch benutten van infrastructuurcapaciteit.....	205
7.6.3	verdere implementatie marktwerking en beprijzen.....	206
7.6.4	verkeersprofielen als eenheid bij toedelen en beprijzen van infrastructuurcapaciteit.....	208
7.6.5	“dienstregeling” ontrafelen volgens het Lagenmodel	210
7.6.6	toetsing van de leveringsplannen op verstoringgevoeligheid.....	210
7.7	EVALUATIE TACTISCH RAILVERKEERSMANAGEMENT	211
7.7.1	analyse van de referentiesituatie anno 2000.....	211
7.7.2	vraagtekens bij de referentiesituatie anno 2000	212
7.7.3	belangrijkste vernieuwingsvoorstellen.....	213
8	OPERATIONEEL RAILVERKEERSMANAGEMENT	215
8.1	INLEIDING	216
8.1.1	hoofdactiviteiten van operationeel railverkeersmanagement.....	216

8.1.2	nieuw in dit hoofdstuk.....	217
8.2	WERKWIJZE ANNO 2000.....	218
8.2.1	fase 1: detailleren en vaststellen verkeersplan	218
8.2.2	fase 2: actualiseren verkeersplan (bijsturen)	219
8.2.3	bijstuurmaatregelen	219
8.2.4	terugkoppeling naar tactisch en strategisch niveau	221
8.2.5	organisatie van de bijsturing	221
8.2.6	ondersteunend systeem: VPT	222
8.2.7	evaluatie werkwijze anno 2000	223
8.3	PUNCTUALITEIT TEGEN DE ACHTERGROND VAN HET LAGENMODEL	226
8.3.1	ketenbetrouwbaarheid en punctualiteit.....	227
8.3.2	verstoringen en punctualiteit	228
8.3.3	registratie performance-aspecten	230
8.3.4	evaluatie performance-aspecten	233
8.4	OPERATIONEEL RAILVERKEERSMANAGEMENT IN JAPAN	234
8.4.1	algemeen.....	234
8.4.2	vervoerdiensten	236
8.4.3	verkeersdiensten	236
8.4.4	inzet van verkeersmiddelen	238
8.4.5	verkeersmiddelen	238
8.4.6	evaluatie operationeel railverkeersmanagement in Japan	239
8.5	METHODIEKEN TER ONDERSTEUNING VAN HET OPERATIONEEL RAILVERKEERSMANAGEMENT.....	240
8.5.1	VPT Conflictsignalering en Beslissingsondersteuning (VPT CS/BO)	241
8.5.2	synchroniteit op knooppunten	242
8.5.3	TNV-Prepare	242
8.5.4	Open Time Table.....	242
8.5.5	evaluatie methodieken.....	243
8.6	VERNIEUWINGSPOTENTIEEL	243
8.6.1	vernieuwingen in een statische productieomgeving.....	244
8.6.2	vernieuwingen in een dynamische productieomgeving	247
8.7	EVALUATIE OPERATIONEEL RAILVERKEERSMANAGEMENT	248
9	DYNAMISCH RAILVERKEERSMANAGEMENT.....	251
9.1	INLEIDING	251
9.1.1	recapitulatie vernieuwingspotentieel railverkeersmanagement.....	252
9.1.2	ordening vernieuwingspotentieel in drie Ambitieniveaus.....	253
9.1.3	vervoerplan, inzetplan voor de infrastructuur en plan voor de inzet van infrastructuur	254
9.1.4	regelcyclus.....	255
9.1.2	nieuw in dit hoofdstuk.....	256
9.1.3	opbouw van dit hoofdstuk	256
9.2	AMBITIENIVEAU I: VERBETEREN PERFORMANCE VERKEERSMIDDELEN	257
9.2.1	verbeteringspotentieel	257
9.2.2	plaats in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.....	258

9.2.3	implementatie terugkoppelingen	259
9.2.4	scope.....	260
9.2.5	instrumenten	260
9.2.6	bouwstenen.....	263
9.2.7	case: Tweede Tactische Pakket Railinfrastructuur.....	266
9.2.8	kanttekeningen	267
9.3	AMBITIENIVEAU II: VERBETEREN PERFORMANCE VAN DE INZET VAN RAILVERKEERSMIDDELEN	269
9.3.1	verbeteringspotentieel	269
9.3.2	plaats in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.....	271
9.3.3	implementatie terugkoppeling.....	272
9.3.4	scope.....	273
9.3.5	instrumenten	274
9.3.6	bouwstenen.....	282
9.3.7	case: simulatiestudie Arnhem - Utrecht	285
9.3.8	kanttekeningen	288
9.4	AMBITIENIVEAU III: VERBETEREN PERFORMANCE VAN HET LEVEREN VAN VERKEERSDIENSTEN	289
9.4.1	verbeteringspotentieel	289
9.4.2	plaats in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.....	291
9.4.3	implementatie terugkoppeling.....	291
9.4.4	scope.....	292
9.4.5	instrumenten	292
9.4.6	bouwstenen.....	294
9.4.7	kanttekeningen	295
9.5	EVALUATIE DYNAMISCH RAILVERKEERSMANAGEMENT	296
10	SYNTHESE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	301
10.1	RODE DRAAD VAN DE DISSERTATIE	301
10.2	EEN GENERIEK LAGENMODEL VOOR DE ANALYSE VAN VERKEER & VERVOER- VRAAGSTUKKEN	302
10.2.1	samenvatting Lagenmodel Verkeer & Vervoer.....	302
10.2.2	toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer	303
10.3	TOEPASSING VAN HET LAGENMODEL VERKEER & VERVOER VOOR DE ANALYSE VAN DE “SPOORWEGEN”	304
10.3.1	analyse vervoerssystemen en verkeersmarkt	305
10.3.2	analyse verkeerssystemen	306
10.3.3	betere kansen voor marktwerking en concurrentie.....	310
10.3.4	betere kansen voor innovatie.....	311
10.3.5	structurering van de overheidsrol	312
10.4	RAILVERKEERSMANAGEMENT: ACHTERLIGGENDE CONCEPTUELE MODELLEN.....	313
10.4.1	besturingsmodel: strategisch, tactisch, operationeel	313
10.4.2	regelcyclus.....	313
10.4.3	systematiek voor ontwerpprocessen.....	314
10.5	RAILVERKEERSMANAGEMENT: VERBETERINGSPOTENTIEEL STATISCHE WERKWIJZE	314

10.5.1 integraal railverkeersmanagement.....	314
10.5.2 toepassen van regelcyclus en ontwerpsystemathiek.....	315
10.5.3 verkeersdiensten scheiden van vervoerdiensten.....	315
10.5.4 toetsen van inzetplannen van verkeersmiddelen op stabiliteit	316
10.5.5 technisch-economische optimum bij beheer railverkeersmiddelen.....	316
10.5.6 differentiatie van diensten door en binnen het railverkeerssysteem	316
10.6 RAILVERKEERSMANAGEMENT: VAN STATISCH NAAR DYNAMISCH	317
10.6.1 statisch versus dynamisch railverkeersmanagement	317
10.6.2 achterliggende theoretische modellen	318
10.6.3 samenvatting van het concept Dynamisch Railverkeersmanagement.....	319
10.6.4 samenvatting verbeteringspotentieel Dynamisch Railverkeersmanagement	320
10.7 VERDER ONDERZOEK.....	321
BEGRIPPEN EN DEFINITIES.....	325
REFERENTIES.....	329
BIJLAGE A KERNGEGEVENS SPOORWEGEN.....	339
BIJLAGE B KNOOPPUNTDIENSTREGELING.....	341
SAMENVATTING.....	347
DEEL I LAGENMODEL VERKEER & VERVOER: FUNCTIONELE ANALYSE VAN VERKEER EN VERVOER	348
DEEL II RAILVERKEERSMANAGEMENT: VAN STATISCH NAAR DYNAMISCH	350
KORTOM.....	352
SUMMARY.....	355
PART 1: TRANSPORT LAYER MODEL: FUNCTIONAL ANALYSIS OF TRAFFIC AND TRANSPORT	356
PART 2 RAIL TRAFFIC MANAGEMENT: FROM STATIC TO DYNAMIC	358
IN BRIEF	360
CURRICULUM VITAE	363

1 Inleiding

De spoorwegen¹ zullen zich moeten vernieuwen om ook in de toekomstige maatschappij een rol van betekenis te spelen. Marktmechanismen en innovatie zouden daarbij een belangrijke rol moeten kunnen spelen. De introductie van marktwerking en van innovatie om de prestaties van de spoorwegen structureel te verbeteren wordt echter belemmerd door de grote complexiteit en onderlinge verwevenheid van de processen waaruit het functioneren van de spoorwegen is opgebouwd. Dit leidt tot de eerste centrale vraagstelling van deze dissertatie:

1. Hoe kunnen de spoorwegen systematisch worden geanalyseerd aan de hand van het functionele onderscheid tussen verkeers- en vervoerprocessen?

Het in de dissertatie ontwikkelde Lagenmodel Verkeer & Vervoer geeft een nieuwe invalshoek voor de analyse van de mogelijkheden voor marktwerking en innovatie bij de spoorwegen en tevens voor het structureren van de rol van de overheid ten aanzien van de spoorwegen.

Het railverkeerssysteem is een deelsysteem dat op basis van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer binnen de spoorwegen wordt gedefinieerd. In het tweede deel van de dissertatie staat de analyse van de besturing van het railverkeerssysteem centraal. De tweede vraagstelling van de dissertatie luidt:

2. Hoe kunnen innovaties in de besturing van het railverkeerssysteem bijdragen aan een beter prestatievermogen van de spoorwegen?

¹ Onder het systeem “spoorwegen” wordt in deze dissertatie verstaan: het geheel van vervoer- en verkeersdiensten dat per zware rail wordt afgewikkeld, inclusief de daartoe benodigde productiemiddelen infrastructuur materieel en personeel. Tram- en metrosystemen worden niet tot de spoorwegen gerekend. Bewust wordt de term *spoorwegen* gebruikt, waarmee de gehele spoorwegbranche wordt bedoeld. Dit is nadrukkelijk niet synoniem met het bedrijf N.V. Nederlandse Spoorwegen.

De dissertatie mondt uit in de formulering van een kansrijke innovatief concept voor de besturing van het railverkeerssysteem: Dynamisch Railverkeersmanagement.

1.1 De maatschappelijke rol van de spoorwegen

De vraag kan worden gesteld waarom de maatschappij nog langer dient te investeren in de spoorwegen. Op grond van zijn historische analyse van vervoerssystemen betwijfelt Filarski² of het verstandig is om te blijven investeren in systemen die hun dominantiefase al hebben doorlopen. Filarski doelt hiermee onomwonden op de spoorwegen.

Hoewel dit beeld genuanceerd moet worden –zo is de Hoge Snelheidstrein een relatief jong “product” waarvan de ontwikkeling nog gaande is³– is hiermee de toon van het maatschappelijke debat gezet: de trein lijkt niet in staat om zich aan te passen aan de eisen die de maatschappij van nu en de toekomst stelt: voldoen aan de individuele mobiliteitswensen met inachtneming van collectieve verlangens.

1.1.1 afnemend marktaandeel

Kritische geluiden komen ook vanuit de spoorwegbranche zelf. De Union Internationale de Chemin de Fer (het internationale verband van spoorwegorganisaties) signaleert in haar strategische toekomstvisie een generieke neerwaartse trend bij de spoorwegen⁴. In Europese context is te constateren dat over het algemeen de weggebonden vervoerssystemen (personenauto, bus, vrachtwagen) en ook de binnenvaart en de luchtvaart het winnen van het spoor. Voor het goederenvervoer per spoor is zelfs een absolute daling van de vervoeromvang (uitgedrukt in tonkilometers⁵) met ca. 20% sinds het begin van de jaren 70 van de 20^e eeuw vast te stellen (zie Figuur 1-1) in een markt die in die periode met 70% in omvang toenam⁶. Het dieptepunt lijkt daarbij bereikt: in de jaren 90 stabiliseerde het marktaandeel van het goederenvervoer. Nederland scoort daarbij overigens iets beter dan het gemiddelde van de 15 lidstaten van de Europese Unie.

Het reizigersvervoer per spoor (uitgedrukt in reizigerskilometers) is wel in absolute zin gegroeid, maar het marktaandeel is gedaald, zie Figuur 1-1. Evenals bij het goederenvervoer kan daarbij worden vastgesteld dat de ontwikkelingen in Nederland gunstiger zijn dan het Europese gemiddelde. Opvallend is de sprong in zowel vervoeromvang als marktaandeel ten gevolge van de studenten openbaar vervoerkaart in de eerste helft van de jaren negentig.

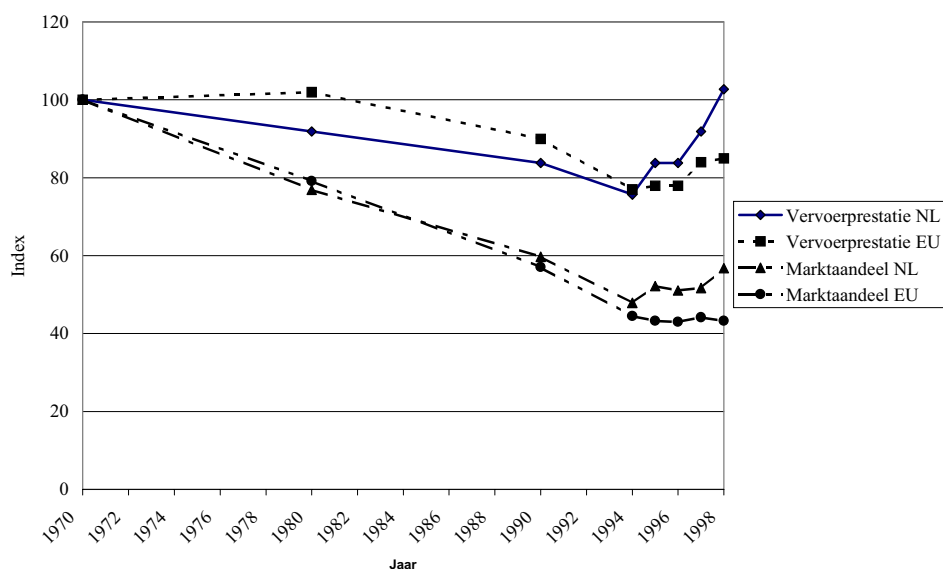
² Filarski (1997).

³ Kaspar (1995) geeft voor verschillende “railproducten” aan in welk stadium van ontwikkeling ze verkeren.

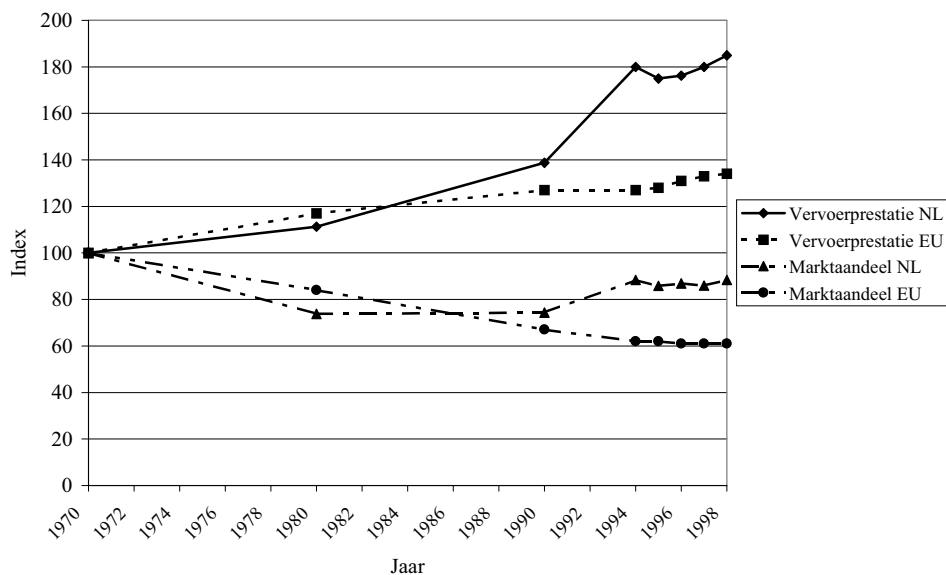
⁴ UIC (1997).

⁵ Het is gebruikelijk om vervoerprestaties uit te drukken in tonkilometers: het aantal vervoerde tonnen vermenigvuldigd met de verplaatsingsafstand. Opgemerkt moet worden dat dit geen recht doet aan de toegevoegde waarde van het transport. Bloementransport, bijvoorbeeld, levert bijvoorbeeld een relatieve lage bijdrage aan het aantal gerealiseerde tonkilometers, terwijl de toegevoegde waarde relatief hoog is. Het omgekeerde is het geval voor het transport van kolen en erts.

⁶ Bron: Europese Commissie (1996).



Figuur 1-1 Ontwikkeling van omvang en marktaandeel van het goederenvervoer per spoor (in tonkilometers) in de 15 lidstaten van Europese Unie en Nederland. Bron: Europese Commissie (1996).

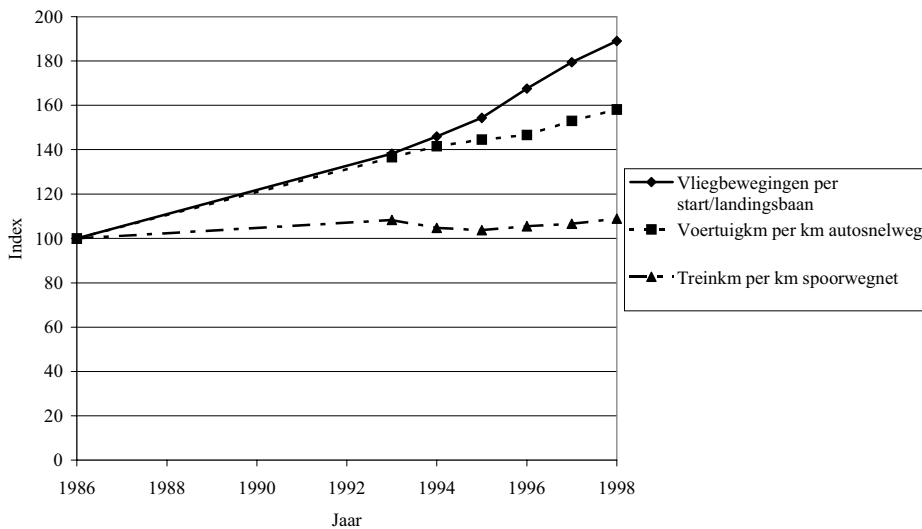


Figuur 1-2 Ontwikkeling van omvang en marktaandeel van het reizigersvervoer per spoor (in reizigerskilometers) in 15 lidstaten van Europese Unie en Nederland. Bron: Europese Commissie(1996).

1.1.2 productiviteit van de spoorwegen blijft achter

“Productiviteit” kan worden gedefinieerd als de hoeveelheid output die wordt gegenereerd met de beschikbare input. Oum (1991) signaleert dat als eenheden voor het meten van de output van spoorwegen meestal treinkilometers of de som van ton- en reizigerskilometers worden gebruikt. Het aantal personeelsleden, het aantal materieeleenheden, de energieconsumptie en de lengte van het netwerk worden in de meeste studies beschouwd als de input voor het productieproces van spoorwegen.

De ontwikkeling van de productiviteit bij de spoorwegen houdt geen gelijke tred met andere modaliteiten. Ter illustratie wordt in Figuur 1-3 de ontwikkeling van de productiviteit van de infrastructuur vergeleken voor het rijkswegennet, het spoorwegennet en het banenstelsel van Schiphol. Om te kunnen aansluiten bij de definitie van verkeersdiensten⁷ wordt hierbij gekozen voor netlengte als input en voertuigkilometers als output.



Figuur 1-3 Ontwikkeling van de productiviteit van het rijkswegennet, het spoorwegennet en het banenstelsel van Schiphol⁸ (1986=100).

Kennelijk lukt het de spoorwegen minder om van de technologische ontwikkelingen te profiteren dan andere modaliteiten. NS Railinfrabeheer benadert dit probleem vanuit een achterblijvend rendement op de investeringen in het spoorwegennet. “Het hoofdwegennet realiseert voor elke geïnvesteerde gulden circa viermaal zoveel vervoer als het spoorwegennet”⁹. De

⁷ Zie verder 1.3 en Hoofdstuk 3.

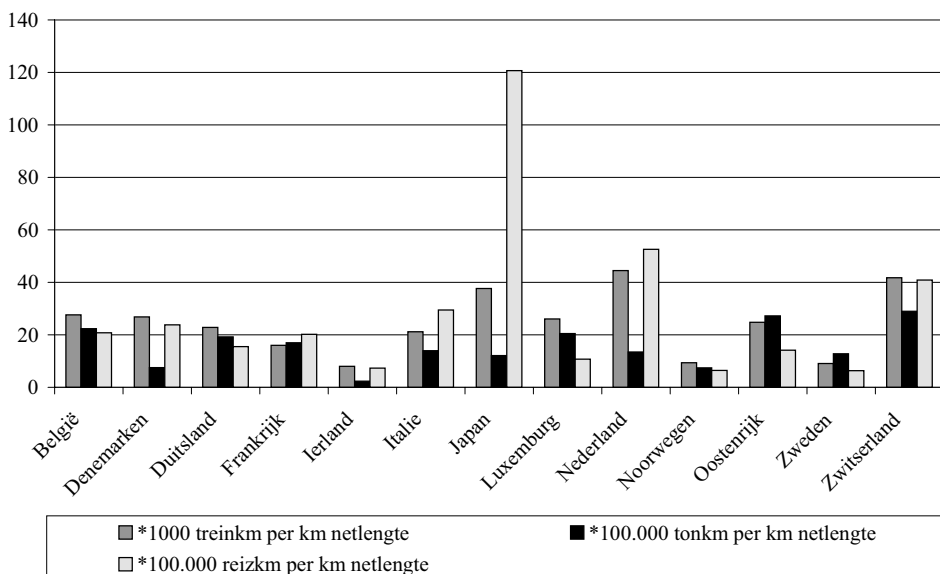
⁸ Bronnen: CBS, AVV, NS. Er is bewust van afgezien om het begrip netlengte te nuanceren naar, bijvoorbeeld het aantal rijstroken, respectievelijk, sporen. Dit zou een verdere nuancering vragen naar minstens zo bepaalde infrastructurele elementen als aantal kruisingsstations op enkelsporige baanvakken, inrichting van knooppuntstations en de lay-out van knooppunten van rijkswegen, enz..

⁹ “Het hoofdwegennet met een netlengte van 2400 km en investeringsniveau van circa f 1 miljard in de periode 1992-99 realiseert 19 miljoen reizigerskilometers per kilometer autosnelweg. Het spoorwegennet scoort op een

prijs/prestatieverhouding moet drastisch verbeterd worden. “Om het spoor weer concurrerend te maken moeten:

- de kosten per reizigers-/tonkilometer omlaag;
- de capaciteit en benutting drastisch worden uitgebreid;
- de beschikbaarheid en betrouwbaarheid toenemen”.¹⁰

Overigens blijken de verschillen tussen de verschillende landen aanzienlijk te zijn¹¹. De productiviteit van het spoorwegnet in Nederland hoog, vergeleken bij de omringende landen, zie Figuur 1-4. De productiviteit voor wat betreft het reizigersvervoer (uitgedrukt in reizigersvervoerprestatie per kilometer spoorwegnet), is in Japan extreem hoog, maar de verkeersproductiviteit (aantal treinkilometers per kilometer netlengte) is in Nederland hoger.



Figuur 1-4 Productiviteit van het spoorwegnet¹² in verschillende landen (1998). Bron: UIC.

Ondanks het afnemende marktaandeel en bij andere modaliteiten achterblijvende productiviteitsontwikkeling zijn er twee belangrijke redenen om te blijven investeren in de spoorwegen:

1. de relatief gunstige externe effecten;
2. de substantiële bijdrage aan de bereikbaarheid in specifieke marktsegmenten.

Dit wordt hieronder toegelicht.

lengte van bijna 2800 km en een vergelijkbaar investeringsniveau over dezelfde periode met moeite 5,1 miljoen reizigerskilometers”. Citaat: NS Railinfrabeheer (2000) pagina 9.

¹⁰ NS Railinfrabeheer (2000), pagina 10.

¹¹ Zie Bijlage A.

¹² De vervoer- en verkeersprestatie worden gerelateerd aan de netwerk lengte, waarbij een meersporig baanvak even zwaar telt als een enkelsporig baanvak.

1.1.3 reden 1: externe effecten relatief gunstig

“De maatschappelijke balans van het spoorvervoer valt duidelijk positief uit”, stelt Railforum¹³. In een fictief “spoorloos” Nederland, waarin de vervoerbehoefte door andere modaliteiten wordt gefaciliteerd, zou de maatschappij per saldo slechter af zijn dan in de huidige situatie. Het positieve maatschappelijke saldo is volgens Railforum vooral gebaseerd op de relatief goede score van de trein ten aanzien van de kosten en baten van externe effecten zoals milieueffecten, verkeersonveiligheid, congestie, sociale aspecten en ruimtelijke ordening. Andere studies¹⁴ zijn wat minder positief over het saldo van de totale maatschappelijke kosten en baten, maar het positieve beeld ten aanzien van de externe effecten wordt niet betwijfeld. Wel is het zo dat het in geld uitdrukken van de externe effecten een bron van discussie vormt die tot grote verschillen in de uitkomsten leidt.

Ter illustratie zijn in Tabel 1-1 voor reizigersvervoer en Tabel 1-2 voor goederenvervoer de verhouding van de externe kosten tussen auto en trein weergegeven ten aanzien van verschillende externe effecten. De externe effecten zijn daartoe uitgedrukt in geld, te weten euro's per reizigerskilometer, respectievelijk tonkilometer. Vervolgens zijn de scores gerelateerd aan de waarde voor het vervoer per trein (trein = 1). Ondanks de grote verschillen tussen de verschillende studies is de positie van de trein ten opzichte van de auto positief. Opgemerkt moet worden dat de vergelijking een gemiddelde vormt over alle marktsegmenten die door de trein, respectievelijk de auto worden bediend. Dit wil niet zeggen dat het beeld representatief is voor een specifiek marktsegment (bijvoorbeeld afstandklasse).

Tabel 1-1 De verhouding tussen de externe kosten van een reizigerskilometer per trein en per personenauto (trein = 1).

<i>Externe kosten reizigersvervoer (trein = 1)</i>	<i>Reizigers-trein</i>	<i>Personenauto (Europa), IWW/INFRAS¹⁵</i>	<i>Personenauto (Nederland), IWW/INFRAS¹⁵</i>	<i>Vrachtwagen (Nederland), CE¹⁶</i>
verkeersonveiligheid	1	40	170	5,5
geluidhinder	1	1,5	1,6	0,6
luchtvervuiling	1	3,5	7	5
klimaatverandering	1	3	2,3	-
aanwezigheid infrastructuur en materieel ¹⁷	1	2,3	1,4	-

¹³ Dit constateert Railforum Nederland (1999b, pagina 5) op basis van een onderzoek door NEA Transportonderzoek en -opleiding.

¹⁴ Zoals die van het Centrum voor Energiebesparing en Schone Technologie (Dings 1999).

¹⁵ Het onderzoek (IWW/INFRAS (2000)) werd uitgevoerd in opdracht van het samenwerkingsverband van spoorwegen in de Europese Unie (CER).

¹⁶ Onderzoek van het Centrum voor Energiebesparing en Schone Technologie (Dings (1999)).

¹⁷ Hiermee wordt bedoeld op de hinder als gevolg van de middelen infrastructuur en materieel zelf, dus afgezien van het gebruik ervan. Een voorbeeld is de ruimtelijke scheiding die wordt veroorzaakt door de ligging van een weg of spoorlijn in het landschap.

Tabel 1-2 De verhouding tussen de externe kosten van een tonkilometer per trein en per vrachtwagen (trein = 1).

<i>Externe kosten goederen-vervoer (trein = 1)</i>	<i>Vrachtwagen</i>	<i>Vrachtwagen (Europa) IWW/INFRAS¹⁵</i>	<i>Vrachtwagen (Nederland) IWW/INFRAS¹⁵</i>	<i>Vrachtwagen (Nederland), CE¹⁶</i>
verkeersonveiligheid	1	-	-	2
geluidhinder	1	1,5	1,0	0,5
luchtvervuiling	1	8	28	4,5
klimaatverandering	1	3,2	4,6	–
aanwezigheid infrastructuur en materieel	1	1,9	4,0	–

Om deze voorsprong te behouden en verder uit te bouwen, is investeren in vernieuwing noodzakelijk. De ontwikkelingen bij andere modaliteiten gaan immers door. Het positieve maatschappelijke saldo, dat momenteel nog positief lijkt, kan in negatieve zin omslaan, als de ontwikkeling van de spoorwegen achterblijft bij die van weg-, water-, en luchtverkeer.

1.1.4 reden 2: rol spoorwegen groot in specifieke marktsegmenten

De belangrijke rol die de spoorwegen in de moderne maatschappij speelt, wordt ook duidelijk als niet naar het generieke marktaandeel wordt gekeken, maar naar het aandeel in specifieke marktsegmenten. Het gemiddelde marktaandeel van de reizigerstrein in Nederland in 1996 was in personenkilometers 9% en in verplaatsingen uitgedrukt 2%¹⁸. Het marktaandeel in een aantal specifieke vervoerrelaties is echter veel groter. In Tabel 1-3 wordt een aantal voorbeelden gegeven, waarbij in sommige gevallen voor het collectieve openbare vervoer geen onderscheid is gemaakt naar vervoer per rail of over de weg.

¹⁸ Het betreft de Nederlandse bevolking van 12 jaar en ouder. Bedacht moet worden dat ook de veelvuldige korte verplaatsingen te voet of per fiets hierin zijn meegerekend. Bron: CBS (1997).

Tabel 1-3 Marktaandeel van collectief openbaar vervoer, respectievelijk de trein, in een aantal specifieke personenvervoerrelaties

<i>Personenvervoerrelaties</i>	<i>Specificatie</i>	<i>Marktaandeel trein of c.o.v.¹⁹ in % van de verplaatsingen</i>	<i>Jaar</i>	<i>Bron</i>
alle relaties binnen Nederland	alle dagen en motieven	trein: 2% c.o.v.: 6%	1996	CBS (1997)
tussen kernen in de Randstad	werkdagen	c.o.v.: 40 a 50%	1995-97	AVV (1999)
tussen Noord Nederland en de Randstad	werkdagen	c.o.v.: 20 a 25%	1995-97	AVV (1999)
tussen Limburg en de Randstad	werkdagen	c.o.v.: 30 a 35%	1995-97	AVV (1999)
tussen corridor Schagen–Zaandam en bestemmingen in de omgeving van NS-stations in Amsterdam	keuzereizigers, motief woon – werk	c.o.v.: 80 – 88%		NVI (1981)
van en naar de binnenstad Amsterdam	motief winkelen	c.o.v.: 53%	1995	Koster (1997)
van en naar het UCP-gebied (centrum Utrecht)	alle bezoekers	c.o.v.: 25%	1997	Van Egeraat (1997)
van en naar Schiphol	luchtreizigers (in- en uitstappers)	trein: 31%	1998	AAS (1999)
tussen Nederland en Frankrijk	exclusief besloten busvervoer	trein: 29%	1990	V&W (1994)

Ook voor het goederenvervoer per spoor vertellen de gemiddelde waarden slechts een deel van het verhaal. In tonnen uitgedrukt bedroeg het marktaandeel in Nederland voor de spoorwegen in 1998 1,4%, in tonkilometers 4,1%. In enkele specifieke relaties, met name van en naar het Rotterdamse havengebied zijn deze waarden veel hoger (zie Tabel 1-4).

Tabel 1-4 Marktaandeel van de trein in een aantal specifieke goederenvervoerrelaties (1998).

<i>Goederenvervoerrelaties</i>	<i>Specificatie</i>	<i>Marktaandeel trein (in % van de tonnage)</i>	<i>Bron</i>
alle relaties	voor zover binnen de Nederlandse grenzen afgewikkeld	1,4	CBS (1999)
via haven Rotterdam, grensoverschrijdend	per schip aangevoerde containers	17,0	V&W (1999b)
van/naar Haven Rotterdam	kolen	5,5	Railion (2000)
van/naar Haven Rotterdam	erts	8	Railion (2000)
van/naar Haven Rotterdam	chemie	7,4	Railion (2000)

¹⁹ Collectief openbaar vervoer.

Van den Heuvel (1997) geeft aan dat het marktaandeel van het collectief openbaar vervoer relatief groot is ten opzichte van het gemiddelde (in 1994 was dat 17%, uitgedrukt in personenkilometers):

- als een herkomst en/of bestemming in een stedelijk gebied ligt (24%);
- voor het motief onderwijs (71%);
- bij grotere verplaatsingsafstanden (> 50 km: 20%);
- in de ochtendspits (27%) en in mindere mate in de avondspits (19%).

Gerondeau (1997) stelt dat de reistijd in de (hoge snelheids-)trein grofweg tussen de één en 2½ uur moet liggen om te kunnen concurreren met enerzijds de auto en anderzijds het vliegtuig. Bij kortere verplaatsingen wint de auto het vanwege het voor de reis per (hoge snelheids-)trein noodzakelijke voor- en natransport, terwijl bij langere verplaatsingen de hogere snelheid van het vliegtuig het langere voor- en natransport van en naar het vliegveld compenseert.

Uit het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat het collectieve openbaar vervoer, en meer specifiek de trein, een belangrijke rol speelt in een beperkt aantal marktsegmenten. Hetzelfde geldt mutatis mutandis voor het goederenvervoer per spoor. Als de spoorwegen hun maatschappelijke rol willen behouden en uitbouwen, is gericht investeren in de kansrijke marktsegmenten noodzakelijk.

1.2 Investeren in vernieuwing: marktwerking en innovatie

In de bovenstaande paragraaf is aannemelijk gemaakt dat de maatschappij –nog steeds– belang heeft bij het investeren in de spoorwegen zolang de externe effecten van railverkeer relatief gunstig blijven en de spoorwegen een goede concurrentiepositie behouden in kansrijke marktsegmenten. Deze positieve maatschappelijke balans kan worden uitgebouwd als wordt geïnvesteerd in vernieuwing.

Verschillende analyses van de huidige positie van de spoorwegen geven aan dat een fundamentele vernieuwing nodig èn mogelijk is. De Europese Commissie gaf haar pleidooi voor de “heruitvinding van de spoorwegen”²⁰ zelfs een citaat van Darwin mee als motto: “It is not the strongest of the species that survives nor the most intelligent. It is the one that is most adaptable to change”. Ook de UIC constateert dat de spoorwegen met fundamentele problemen kampen. Ze constateert dat “de verschillende partijen tot verschillende oplossingen komen”, maar dat men het erover eens is dat er “veel moet gebeuren om de spoorwegen weer tot winnaars te maken”²¹.

Het doel van deze dissertatie is aan te tonen dat marktmechanismen en innovatie ook bij de spoorwegen noodzakelijke en kansrijke instrumenten zijn om een fundamentele vernieuwing te kunnen realiseren. Marktwerking is daarbij niet synoniem met concurrentie. Ook minder vérgaande vormen, zoals aanbesteden of zelfs uitsluitend het identificeren van het proces van vraag, aanbod en prijsvorming wordt in deze dissertatie onder marktwerking gerekend. Bij in-

²⁰ Europese Commissie (1997).

²¹ UIC (1997), pagina 9.

novatie gaat het niet alleen technologische innovatie, maar ook om vernieuwing van de processen en de besturing ervan. Hieronder wordt dieper ingegaan op achtereenvolgens marktwerking en innovatie.

1.2.1 marktwerking

“De (huidige, nationaal georiënteerde) spoorwegen zijn niet in staat om in te spelen op marktwensen, omdat ze inefficiënte, ouderwetse, productgeoriënteerde monopolies zijn”²²

Het bovenstaande citaat impliceert dat de spoorwegen zich meer op de klanten, reizigers en verladers en hun wensen moeten richten. Deze constatering is niet nieuw, evenmin dat een vorm van marktwerking hierbij stimulerend kan zijn. De studie *Vision on International Rail freight Transport*²³ stelt vast dat door concurrentie het *service level* van wegtransport en binnenvaart aanmerkelijk is gestegen, waarbij het spoor achterblijft: “Voor een succesvol goederenvervoer per spoor is nodig: totale deregulering en privatisering, specialisatie, vrije markt, succesvolle nieuwe toetreders”.

“De belangrijkste kwaliteit van het marktmechanisme is doelmatigheid”, constateert de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid²⁴. In Europees verband wordt hierbij vaak op het succes (dalende prijzen voor de consument) van de deregulering van de luchtvaartsector gewezen. De spoorwegen blijken echter een weerbarstige sector voor de toepassing van economische theorieën te zijn. Zo wordt de vraag gesteld of de spoorwegen, vooral gezien de dominantie van de kapitaalintensieve middelen (infrastructuur en materieel) een natuurlijk monopolie vormen²⁵.

Een belangrijke stap op weg naar de introductie van marktwerking bij de spoorwegen wordt gevormd door de Europese richtlijn 91/440²⁶. Eén van de gevolgen hiervan is het scheiden van de verantwoordelijkheid voor de infrastructuur en de “exploitatie van treindiensten”. In de verschillende Europese landen is deze richtlijn op uiteenlopende manieren ingevuld met wellicht het Verenigd Koninkrijk (volledige privatisering van exploitatie en infrastructuur) en Frankrijk (slechts boekhoudkundige scheiding van exploitatie en infrastructuur) als uitersten. Tussenvormen zijn, bijvoorbeeld, concurrentie op of om het spoor²⁷. Van de Velde (1999b) stelt in zijn internationale vergelijking echter vast dat het ideale model voor marktwerking bij de spoorwegen nog in geen enkel Europees land is gevonden.

Een complicerende factor is de rol van de overheid. In de meeste Europese landen is de overheid verantwoordelijk gebleven voor de infrastructuurvoorziening, wat gezien het monopoloi-

²² De UIC constateert dat dit één van de redenen is die vaak wordt genoemd als reden voor de neerwaartse trend bij de spoorwegen (UIC (1997), pagina 9).

²³ V&W en Arthur D. Little (1996b).

²⁴ Bovenberg (1999).

²⁵ Een natuurlijk monopolie houdt in dat door schaalvoordelen de kosten per eenheid het laagst zijn als de totale productie door één bedrijf aan de markt kan worden geleverd. Zie, bijvoorbeeld, de dissertatie van Van Ooststroom (1999).

²⁶ Europese Commissie (1991).

²⁷ Bij concurrentie *op* het spoor rijden treinen van verschillende ondernemingen op hetzelfde spoor en concurreren om dezelfde markt, terwijl bij concurrentie *om* het spoor verschillende ondernemingen via een aanbesteding concurreren om het exclusieve recht om treinen op een bepaalde spoorlijn te rijden te verwerven.

de karakter²⁸ ervan begrijpelijk is. De discussie spitst zich daarom toe op de vorm waarin marktwerking bij de “exploitatie van treindiensten” moet worden vormgegeven. De spoorwegen worden vaak beschouwd als een nutsvoorziening, waarvoor de maatschappij wil betalen, mits ze de kwaliteit van de geleverde diensten kan bepalen. Deze zeggenschap lijkt op gespannen voet te staan met de voor marktwerking in zekere mate noodzakelijke ondernemersvrijheid, wat in de politiek en de publieke opinie soms leidt tot het principieel ter discussie stellen van marktwerking bij de spoorwegen.

Het bovenstaande laat zien dat de introductie van vormen van marktwerking bij de spoorwegen gecompliceerd is. Deze dissertatie pretendeert niet het ideale model voor de marktordening bij de spoorwegen te ontwikkelen. Wel zal voor het huidige model (“scheiding van infrastructuur en exploitatie”) een alternatief worden ontwikkeld (het Lagenmodel Verkeer & Vervoer) waarmee (interne) diensten en markten kunnen worden geïdentificeerd als basis voor een meer kansrijke introductie van marktmechanismen bij de spoorwegen. De rol van de overheid zal daarbij bijzondere aandacht krijgen.

1.2.2 innovatie

Algemeen leeft de overtuiging dat innoveren essentieel is om te overleven in het krachtenspel van de driehoek bedrijf – klant – concurrent²⁹. Dit geldt ook voor het verkeers- en vervoersysteem³⁰ als geheel en meer specifiek voor de spoorwegen. Hierbij moet overigens niet alleen worden gedacht aan technologische vernieuwingen, maar ook aan product- en procesinnovaties en aan organisatorische vernieuwingen.

Het volgende citaat³¹ geeft een illustratie van vernieuwingen die vanuit de goederenvervoermarkt gewenst zijn:

- “Voor een succesvol goederenvervoer per spoor is marktgedreven innovatie nodig in de vorm van
- internationale interoperabiliteit³²;
 - materieel lichter en schoner, automatische koppelingen en remmen, kortere zelfvoortgedreven eenheden, *double stack*³³ op bepaalde trajecten;
 - hogere efficiency door ICT in infrastructuur, capaciteitsmanagement en verkeersmanagement”.

Het citaat illustreert dat innovatie niet los gezien kan worden van marktwerking. Concurrentie maakt innoveren noodzakelijk. Anderzijds kan de introductie van marktwerking worden gezien als een organisatorische vernieuwing.

²⁸ In de meeste gevallen zal het niet efficiënt zijn om een tweede spoorlijn parallel aan een bestaande lijn aan te leggen om dezelfde markt te kunnen bedienen.

²⁹ Zie, bijvoorbeeld, Van der Meer (1997).

³⁰ Zie, bijvoorbeeld, Van Zuylen (2000), die verwijst naar scenariostudies van Van Wee e.a. (1996) en Korver en Harell (1999).

³¹ V&W en Arthur D. Little (1996b).

³² Hiermee wordt bedoeld dat treinen niet (in technische zin) worden gehinderd door nationale grenzen.

³³ Hiermee wordt het gestapelde transport van containers bedoeld.

Filarski (1997) geeft aan dat de (toekomstige) consument van reizigersvervoerdiensten kiest op basis van snelheid, comfort, de mogelijkheid om zich onafhankelijk te verplaatsen, en in mindere mate, kosten. Voor het deel van de vervoermarkt waarvoor collectief openbaar vervoer (en daarmee de trein) in aanmerking komt, kan naast reistijd, comfort, beschikbaarheid naar tijd en plaats ook betrouwbaarheid –met name van reistijd– als belangrijke factor worden genoemd. Marktgerichte innovaties zouden moeten leiden tot verbeteringen op deze aspecten. Voorts is kostenreductie een belangrijk doel van innovatie. De spoorwegen hebben zichzelf ten doel gesteld om in relevante marktsegmenten de kosten per reizigerskilometer en de kosten per vervoerde ton goederen met 50% te reduceren. Innovatie van logistieke processen en technische systemen moeten hieraan in belangrijke mate bijdragen³⁴.

1.2.3 innovaties komen moeizaam tot stand

“Het wil niet zo vlotten met de innovaties in verkeer en vervoer” stelt Van Zuylen (2000). Zelfs technologische verbeteringen die financieel rendabel zijn en maatschappelijk voordelen bieden worden lang niet altijd doorgevoerd. Van Zuylen voert de “structuur van de verkeers- en vervoerwereld” aan als een belangrijke reden: “Enerzijds zijn er heel veel belanghebbenden en actoren die onderling weinig samenwerking hebben, anderzijds zijn er sterke monopolisten”³⁵. Een andere reden is de lange levensduur van verkeers- en vervoerinfrastructuur en –middelen. Van Zuylen stelt voorts dat innovaties veranderingen vragen op drie fronten: technologie, cultuur en instituties. Veranderingen op het gebied van cultuur en instituties lopen daarbij meestal achter op de technologische innovaties, waardoor het innovatieproces lang duurt.

De bovenstaande analyse is onverkort en misschien wel in verhevigde mate van toepassing op de spoorwegen³⁶: de samenwerking van actoren (zoals overheid en spoorwegondernemingen) is moeizaam, er bestaan sterke monopolies, de levensduur van railinfrastructuur en –materieel is zeer lang, de spoorwegcultuur is behoudend en de instituties zijn van oudsher weinig veranderingsgezind.

KPMG (1999)³⁷ komt tot een vergelijkbare analyse van de oorzaken voor het moeizaam tot stand komen van innovaties bij de spoorwegen:

- “
- innovaties zijn vaak complexe systeeminnovaties, met door verschillende partijen gedeelde verantwoordelijkheden en gedeelde lusten en lasten;
 - de risico's zijn groot door grote benodigde investeringen en lange doorlooptijden;
 - van oudsher is de aanbodzijde dominant (*technology push*);
 - innovaties zijn vanuit bedrijfseconomisch perspectief over het algemeen niet rendabel.”

³⁴ Deze doelstellingen werden geformuleerd door de Gemeenschap van Europese Spoorwegen (CER). Zie Halvorsen (1996).

³⁵ Citaten uit Van Zuylen (2000), pagina 1.

³⁶ In Hoofdstuk 4 zal hier dieper op ingegaan worden.

³⁷ KPMG (1999) verrichtte onderzoek naar oorzaken en mogelijke oplossingen voor het moeizaam tot stand komen van innovaties bij de spoorwegen in opdracht van Railned.

de rol van de overheid bij innovatie

Het volgende citaat laat zien dat de rol van de overheid een onderdeel is van het probleem:

“De verschillende rollen van de overheid leiden in de innovatietrajecten tot onduidelijkheid bij de overige betrokken partijen. Niet altijd is gedurende het traject duidelijk met welke overheid men te maken heeft. Dit leidt tot voorzichtigheid en strategisch gedrag dat meer neigt naar onderhandelen dan naar samenwerken. Dit geldt vooral voor innovaties die implicaties hebben voor zowel infrastructuur en materieel.”³⁸

Er zijn drie verschillende rollen van de overheid te onderscheiden. Ten eerste kan de overheid innovatie vanuit het algemeen maatschappelijk belang stimuleren door, bijvoorbeeld, het verstrekken van subsidies of het ondersteunen van kenniscentra. Dit is zeker noodzakelijk, zolang door gebrekkige marktwerking *market pull*-innovaties niet of te weinig van de grond komen. Ten tweede zijn er een aantal aspecten ten aanzien waarvan de overheid zelf de vragende partij is (*policy pull*), zoals kosteneffectiviteit van de infrastructuur en milieu- en veiligheidsaspecten. Ook hier geldt dat de overheid belanghebbende is, zolang deze aspecten niet of in beperkte mate aan gebruikers worden doorberekend (het internaliseren van externe kosten). In 1.1 is reeds gesteld dat innovaties op deze aspecten noodzakelijk zijn om de maatschappelijke kosten/baten balans voor de spoorwegen aan de positieve kant te houden.

De derde rol van de overheid is die van eigenaar van de infrastructuur. In deze rol staat de overheid naast andere actoren zoals de eigenaren van het materieel. KPMG (1999) stelt dat in de huidige structuur (scheiding van exploitatie en infrastructuur) innovaties moeilijker verlopen dan in het verleden: “Waar vroeger sprake was van één bedrijfsbelang, bestaat nu een ingewikkeld krachtenveld, waarin belangen soms parallel, maar vaak ook tegengesteld lopen”³⁹

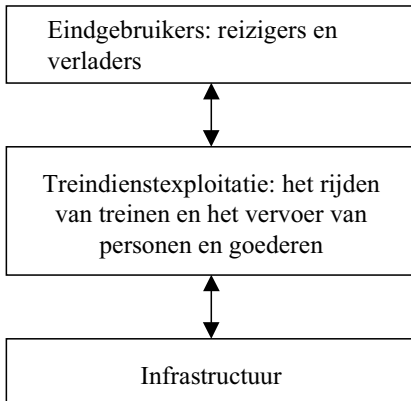
Het bovenstaande laat zien dat in de huidige context de totstandkoming van marktgedreven innovaties bij de spoorwegen gecompliceerd is. In deze dissertatie wordt een model ontwikkeld waarin de functionele afbakening van deelsystemen en een heldere definitie van markten centraal staat: het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Dit model zal worden gehanteerd om aan te geven in welke deelsystemen innovaties kansrijk zijn en om de rol van de overheid daarbij te structureren. Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is onderwerp van Deel I van de dissertatie.

1.3 Introductie Deel I: Lagenmodel Verkeer & Vervoer

De spoorwegen zijn vanuit de historie gegroeid als monoliete organisaties, gekenmerkt door een sterke onderlinge verwevenheid van de bedrijfsprocessen. Sinds de jaren 90 wordt, als uitvloeisel van de Europese richtlijn 91/440, onderscheid gemaakt naar infrastructuurvoorziening aan de ene kant en de exploitatie van treindiensten aan de andere kant, zie Figuur 1-5.

³⁸ KPMG (1999), pagina 12.

³⁹ KPMG (1999), pagina 8.



Figuur 1-5 Basisschema van de huidige structuur van de spoorwegen.

De infrastructuurorganisatie is daarbij een monopolistische organisatie die (in de meeste Europese landen namens de overheid) infrastructuurcapaciteit beschikbaar stelt aan de exploitanten van treindiensten. De exploitanten van treindiensten leveren vervolgens vervoerdiensten aan de eindgebruikers, de reizigers en verladers. De huidige structuur geeft geen antwoord op de vraag of concurrentie tussen verschillende exploitanten bij kan dragen aan een betere performance. Dit is onder meer terug te voeren op de verwevenheid van de verkeers- en vervoerprocessen die onder de noemer “treindienstexploitatie” vallen.

Het onderscheid tussen verkeers- en vervoerprocessen vormt de basis voor de systeembeschrijving in het generieke Lagenmodel Verkeer & Vervoer. We hanteren het volgende denk-kader over vervoer en verkeer.⁴⁰

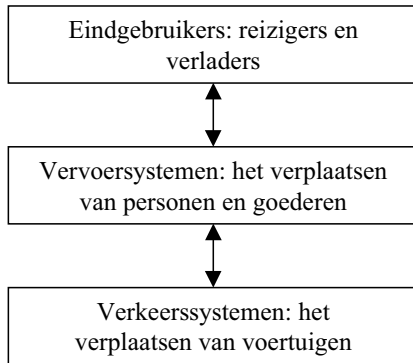
Vervoer definiëren we als het verplaatsen van personen of goederen. Het vervoerobject noemen we een zending. Vervoer is een afgeleide van ruimtelijk gespreide activiteiten. Vervoer vindt al dan niet met behulp van vervoermiddelen plaats.

Verkeer is het bewegen en stilstaan van voertuigen, die al dan niet zijn voorzien van een of meer zendingen. Verkeer is een noodzakelijk gevolg van verschillende vervoeractiviteiten in dezelfde tijd-ruimte. Anders gezegd, verkeer is een facilitator van vervoer.

Het *verkeers- en vervoersysteem* omvat alle vervoer(deel)systemen en alle verkeer(deel)systemen. Het heeft als doel te voorzien in vervoer, en daarmee in mobiliteit en bereikbaarheid.

Op basis van bovenstaande noties kunnen deelsystemen die diensten leveren aan andere deelsystemen, worden gedefinieerd, zie Figuur 1-6. Verkeerssystemen leveren de verplaatsing van voertuigen aan vervoerssystemen. Vervoerssystemen op hun beurt leveren (keten)verplaatsingen aan reizigers en verladers. Het railverkeerssysteem levert derhalve de verplaatsing van treinen als dienst aan vervoerssystemen. Met behulp van het halfproduct railverkeersdiensten (maar ook met wegverkeersdiensten) kunnen (collectieve openbare) vervoerssystemen en goederenvervoersystemen hun diensten aan de vervoermarkt aanbieden.

⁴⁰ Zie bijvoorbeeld Bovy e.a. (1995).



Figuur 1-6 Het onderscheid tussen verkeers- en vervoerssystemen

Voor het verplaatsen van treinen hebben railverkeersdiensten middelen nodig: railverkeersmiddelen. Deze middelen leveren de functies om de trein te dragen en te geleiden, voort te bewegen, te sturen en een veilige weg te bieden. De railverkeersmiddelen bestaan uit het algemeen uit infrastructuur (bijvoorbeeld sporen en seinen), materieel (locomotieven) en personeel (machinisten).

De deelsystemen vormen lagen in een productiekolom: elke laag levert een dienst aan de bovenliggende laag. Elke levering van een dienst kan worden gezien als een transactie op een markt. Voor elke markt kan een adequate vorm van marktwerking worden gezocht. Een laag is voorts een functioneel deelsysteem dat de begrenzing voor innovaties kan vormen. Ten slotte geeft het lagenmodel structuur aan de rol van de overheid: welke maatregelen zijn nodig ten aanzien van welke laag, of welke markt tussen lagen.

Het railverkeerssysteem vervult een centrale plaats in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. In Deel II van de dissertatie staat de besturing van het railverkeerssysteem centraal.

1.4 Introductie Deel II: Railverkeersmanagement

Het railverkeerssysteem levert de verplaatsing van treinen als dienst aan vervoerssystemen (railverkeersdiensten) en vormt daarmee het operationele hart van de spoorwegen. Een systematische beschrijving van het railverkeersmanagement (de besturing van het railverkeerssysteem) en een vergelijking met andere verkeerssystemen brengt mogelijke verbeteringen van de werkwijze en ondersteunende hulpmiddelen aan het licht.

De systematische analyse van het railverkeersmanagement verloopt via verschillende invalshoeken, te weten het in Deel I van de dissertatie ontwikkelde Lagenmodel Verkeer & Vervoer, het onderscheid in niveaus van besturing, en de manier waarop de regelcyclus is vormgegeven en de systematiek voor ontwerpprocessen.

Lagenmodel Verkeer & Vervoer:

Binnen het verkeers- en vervoerssysteem wordt het railverkeerssysteem gedefinieerd. Dit deelsysteem kan vervolgens worden ontleed in drie systeemlagen (1) het beschikbaar stellen van railverkeersmiddelen, (2) de inzet van railverkeersmiddelen en (3) de productie van railverkeersdiensten

Niveaus van besturing:

Analoog aan de productielogistiek⁴¹ kan een strategische, tactische en operationele termijn worden onderscheiden.

Vormgeving regelcyclus:

In welke mate vindt een terugkoppeling van de feitelijke realisering plaats naar de planning? Een gesloten regelkring met terugkoppelingen stelt eisen aan de monitoring (van de actuele systeemtoestand), regeldoel, regelalgoritme, regelruimte en actuatoren (waarmee in het bestuurd systeem kan worden ingegrepen).

Ontwerpsystematiek:

Bij het oplossen van een ontwerpprobleem dienen doel, randvoorwaarden, ontwerpvariabelen, ontwerpmethode en beoordelingscriteria te worden gedefinieerd

Dynamisch Railverkeersmanagement is een innovatief concept voor het plannen en uitvoeren van de treindienst, dat maximaal gebruik maakt van de mogelijkheden die de moderne informatie- en communicatietechnologie biedt. Het beoogt de levering van railverkeersdiensten betrouwbaarder, flexibeler en goedkoper te maken. Voor de vervoermarkt betekent dit dat vervoerssystemen reizigers en verladere beter kunnen bedienen en dat er wellicht nieuwe markten kunnen worden aangeboord.

1.5 Nieuw in deze dissertatie

De centrale vraagstellingen van deze dissertatie luiden:

1. Hoe kunnen de spoorwegen systematisch worden geanalyseerd aan de hand van het functionele onderscheid tussen verkeers- en vervoerprocessen?
2. Hoe kunnen innovaties in de besturing van het railverkeerssysteem bijdragen aan een beter prestatievermogen van de spoorwegen?

In deze paragraaf wordt kort samengevat welke nieuwe gezichtspunten de beantwoording van deze vragen in deze dissertatie oplevert. De nieuwe gezichtspunten worden in drie groepen gerangschikt:

- A. een nieuw model voor de functionele analyse van verkeers- en vervoerssystemen;
- B. beleidsanalyse van railverkeersmanagement;
- C. een nieuw concept voor de besturing van het railverkeerssysteem.

A. een nieuw model voor de functionele analyse van verkeers- en vervoerssystemen

Het ontwikkelde Lagenmodel Verkeer & Vervoer geeft een nieuwe invalshoek voor samenwerking en innovatie bij de spoorwegen en tevens voor het structureren van de rol van de overheid daarbij.

A1. een generiek lagenmodel voor de analyse van verkeers- en vervoervraagstukken

Door een systematische analyse van de spoorwegen is een generiek functioneel model ontwikkeld, dat ook buiten de context van de spoorwegen diensten kan bewijzen. Het nieuwe

⁴¹ Zie Bertrand (1990).

model voor een verkeers- en vervoersysteem abstraheert van huidige verschijningsvormen zoals materieel en infrastructuur en van huidige organisatiestructuren.

A2. het identificeren en definiëren van diensten en markten binnen het verkeers- en vervoersysteem

In elke onderscheiden laag (deelsysteem) van het Lagenmodel worden diensten geproduceerd, waarmee een toegevoegde waarde wordt gegenereerd. De diensten worden op een markt aangeboden, waarbij de afnemers van de dienst worden gevormd door de naast bovenliggende laag. Op deze manier wordt een productiekolom opgebouwd, waarmee een vervoerdienst aan eindgebruikers (reizigers of verladers) wordt aangeboden. De dissertatie identificeert en definieert de diensten en markten die binnen het verkeers- en vervoersysteem een rol van betekenis spelen.

A3. het leveren van vervoerdiensten onderscheiden van verkeersdiensten

In de huidige praktijk wordt, met name bij het reizigersvervoer, bij de spoorwegen geen systematisch onderscheid gemaakt naar vervoer- en verkeersdiensten. In deze dissertatie wordt het bieden van (keten)vervoer aan reizigers als een afzonderlijke dienst beschouwd. Dit levert het inzicht op dat het operationeel vervoermanagement bij collectieve openbaar vervoerssystemen niet of nauwelijks ontwikkeld is, dit in tegenstelling tot het operationeel railverkeersmanagement.

A4. structurering van de rol van de overheid ten aanzien van de spoorwegen

Als het verkeers- en vervoersysteem zou functioneren conform het Lagenmodel Verkeer & Vervoer, vormt het in principe een zelfregulerend systeem. Marktwerving is dan de drijvende kracht van het functioneren van verkeer en vervoer. Dit geeft structuur aan de rol van de overheid ten aanzien van de spoorwegen. Overheidsingrijpen dient per laag (type dienst) of per markt beargumenteerd te worden en dient gepaard te gaan met instrumenten die passen bij de betreffende laag of markt. Hetzelfde geldt voor het betrokken overheidsniveau. Argumenten zullen met name voortvloeien uit het onvolkomen functioneren van een markt en het beheersen van externe effecten van verkeer.

De bovenstaande nieuwe gezichtspunten worden uitgewerkt in de Hoofdstukken 2, 3 en 4 van deze dissertatie.

B. beleidsanalyse van railverkeersmanagement.

De systematische analyse van de besturing van het railverkeerssysteem leidt tot suggesties voor verbeteringen in de werkwijze van het strategisch, tactisch en operationeel railverkeersmanagement en voor het daartoe benodigde het instrumentarium.

B1. overzicht van het instrumentarium dat het railverkeersmanagement ter beschikking staat

Onderverdeeld naar strategisch, tactisch en operationele termijn wordt in deze dissertatie een overzicht gegeven van de gehanteerde methodieken en instrumenten bij de besturing van het railverkeerssysteem. Op deze manier komt aan het licht wat de tekortkomingen zijn van de huidige methodieken en welk instrumentarium vooralsnog ontbreekt. Voorts worden kansrijke nieuwe ontwikkelingen aangegeven. Hierbij komt onder meer processimulatie aan de orde.

B2. analyse van de verkeersmarkt en de concurrentiepositie van het railverkeerssysteem

Een analyse van de marktsegmenten van de verkeersmarkt brengt aan het licht dat het railverkeerssysteem (in zijn huidige vorm) slechts voor een beperkt aantal marktsegmenten een goede concurrentiepositie inneemt. In de dissertatie wordt een voorstel voor gedifferentieerde product-marktcombinaties voor deze marktsegmenten uitgewerkt.

B3. differentiatie als leidraad voor strategisch railverkeersmanagement (Netvisie–methodologie)

In de dissertatie wordt instrumentarium voor het opstellen van strategische visies op het railverkeerssysteem ontwikkeld, de zogenoemde Netvisie–methodologie. Differentiatie is daarbij de leidraad. Gedifferentieerde product–marktcombinaties, waarmee de verkeersmarkt in verschillende scenario’s bediend kan worden, vormen de basis voor differentiatie in het (samen)gebruik van infrastructuur. Dit wordt vervolgens doorvertaald naar differentiatie van railverkeersmiddelen (infrastructuur en materieel). De Netvisie–methodologie is toegepast bij het formuleren van de railparagraaf van het Nationaal Verkeers– en Vervoerplan (NVVP⁴²).

B4. inzicht in aspecten die generiek zijn voor alle verkeerssystemen afgezet tegen het specifieke karakter van het railverkeerssysteem.

In de dissertatie worden een functionele vergelijking van verschillende verkeerssystemen gemaakt. Deze vergelijking geeft aan in hoeverre de kenmerken van het huidige railverkeerssysteem terug te voeren zijn op de aard van het railverkeerssysteem. Op basis van de overeenkomsten tussen de verschillende verkeerssystemen is vastgesteld in hoeverre het railverkeerssystemen succesvolle modellen van andere verkeerssystemen, bijvoorbeeld het luchtverkeerssysteem, zou kunnen overnemen.

B5. contouren van nieuwe instrumenten voor tactisch railverkeersmanagement

Het concept verkeersprofielen (gedifferentieerde vormen van (samen)gebruik van infrastructuur), is ontwikkeld als de basis voor een nieuw instrumentarium voor het tactisch railverkeersmanagement. Het concept benuttingsbalans maakt daarbij inzichtelijk hoe hoog het aantal treinen, de differentiatie (snelheidsverschillen), het verwacht afwikkelingsniveau en de verstoringsgevoeligheid voor elk verkeersprofiel zullen zijn. Het kiezen van een verkeersprofiel betekent derhalve het instellen van de balans tussen deze vier benuttingsaspecten bij het leveren van de dienst “toewijzen van infrastructuurcapaciteit”. Als dit gebeurt op basis van de marktvraag en de gedifferentieerde verkeersprofielen gekoppeld worden aan gedifferentieerde tarieven zijn de elementen voor marktwerking bij het gebruik van infrastructuur in principe aanwezig.

B6. systematische analyse van het aspect punctualiteit van railverkeer

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer vormt de basis voor een systematische analyse van de bijdrage die elke laag (deelsysteem) levert aan de operationele betrouwbaarheid van het railverkeerssysteem en daarmee uiteindelijk aan de betrouwbaarheid van de vervoerketen.

De bovenstaande nieuwe gezichtspunten worden uitgewerkt in de Hoofdstukken 5, 6, 7 en 8 van deze dissertatie.

⁴² V&W (2000b).

C. een nieuw concept voor de besturing van het railverkeerssysteem

Het ontwikkelde concept Dynamisch Railverkeersmanagement is een nieuw concept voor de besturing van het railverkeerssysteem. Voortdurende optimalisatie van de verkeersafwikkeling op basis van permanente monitoring van de momentane situatie vormt hiervoor de basis.

C1. formulering van het innovatieve concept Dynamisch Railverkeersmanagement

In de dissertatie wordt het concept Dynamisch Railverkeersmanagement geformuleerd, een innovatief concept voor de besturing van het railverkeerssysteem. Door gebruik te maken van moderne informatie- en communicatietechnologie kan de performance van het railverkeerssysteem worden vergroot. Daarvoor is echter een conceptuele vernieuwing van het railverkeersmanagement noodzakelijk. Voortdurende optimalisatie van de verkeersafwikkeling op basis van de momentane situatie vormt hiervoor de basis.

C2. opbouw van het concept Dynamisch Railverkeersmanagement in verschillende fasen (Ambitieniveaus)

Het concept Dynamisch Railverkeersmanagement betreft een ingrijpende innovatie van het railverkeerssysteem. Het concept wordt opgebouwd in fasen (Ambitieniveaus), die aansluiten bij de deelsystemen van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Door deze fasering kan het innovatieve concept beheerst worden doorgevoerd.

De bovenstaande nieuwe gezichtspunten worden uitgewerkt in Hoofdstuk 9 van deze dissertatie.

1.6 Afbakening: welke zaken niet in deze dissertatie

In deze paragraaf wordt aangegeven welke gerelateerde aspecten in deze dissertatie niet of slechts zijdelings aan de orde komen.

geen uitspraken over ideale vorm van marktwerking of ideaal organisatieplaatje

De dissertatie is technisch-functioneel van karakter. Met name organisatorische, bedrijfseconomische en macro-economische aspecten blijven daarbij onderbelicht. Er wordt dan ook geen uitspraak gedaan over een ideaal organisatieplaatje voor de spoorwegen. Wel wordt aangegeven welke processen technisch-functioneel logisch samenhangen, wat onder meer tot conclusies leidt over de huidige scheiding van de verantwoordelijkheid voor enerzijds de infrastructuur en anderzijds de exploitatie van treindiensten.

geen analyse van vervoersystemen en de besturing ervan (vervoermanagement)

De nadruk op het railverkeerssysteem houdt in dat vervoersystemen slechts behandeld zijn in hun rol van afnemer van diensten van het railverkeerssysteem. Vervoeraspecten als ketenmanagement, reisinformatie en stationsinrichting komen daarom niet aan de orde. Hetzelfde geldt voor secundaire diensten (diensten zonder verplaatsingsaspect) die deel kunnen uitmaken van een dienstenpakket dat aan de eindgebruikers kan worden aangeboden.

geen uitwerking van technische oplossingen

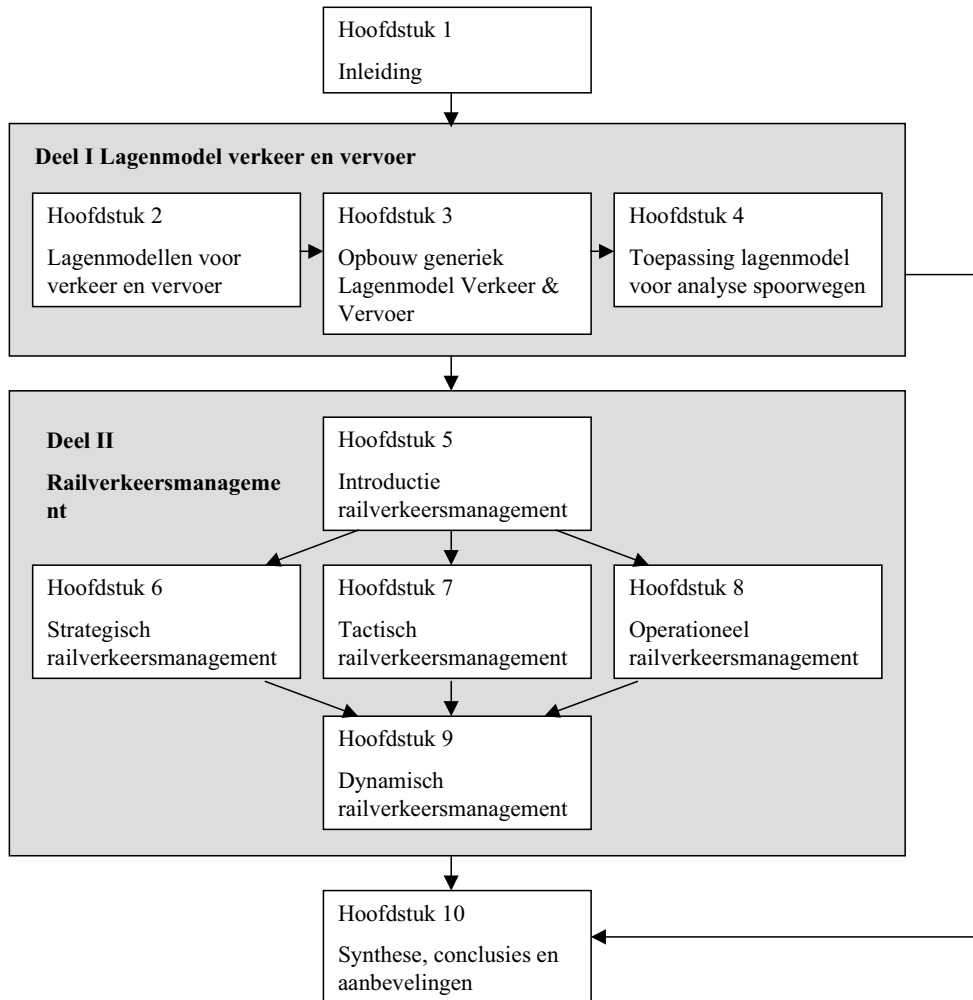
Nieuwe technische oplossingen in de railverkeersmiddelen worden slechts in conceptuele en functionele zin aangeduid. Hetzelfde geldt voor de uitwerking van regelstrategieën voor toekomstige regelautomaten.

1.7 Leeswijzer

Figuur 1-7 geeft aan hoe de dissertatie is opgebouwd. In Deel I staat het Lagenmodel Verkeer & Vervoer centraal. Literatuuronderzoek (Hoofdstuk 2) levert elementen waarmee het Lagenmodel in Hoofdstuk 3 wordt opgebouwd. In Hoofdstuk 4 wordt het Lagenmodel Verkeer & Vervoer gebruikt om de structuur van de spoorwegen te analyseren met daarbij bijzondere aandacht voor de rol van de overheid.

Deel II spitst zich toe op het railverkeersmanagement. Na een theoretische afbakening van het railverkeerssysteem binnen het Lagenmodel Verkeer & Vervoer en een introductie van de besturing van het railverkeerssysteem (Hoofdstuk 5), gaan de Hoofdstukken 6, 7, en 8 achtereenvolgens in op strategisch, tactisch en operationeel railverkeersmanagement. In Hoofdstuk 9 wordt het innovatieve besturingsconcept Dynamisch Railverkeersmanagement ontwikkeld.

Hoofdstuk 10 vat de belangrijkste bevindingen van deze dissertatie samen, uitmondend in aanbevelingen voor verder onderzoek. Dit hoofdstuk is opgezet als een zelfstandig leesbaar onderdeel van de dissertatie.



Figuur 1-7 Schematisch overzicht van de samenhang van de hoofdstukken van de dissertatie.

2 Lagenmodellen voor verkeer en vervoer

In Deel I van deze dissertatie staat het Lagenmodel Verkeer & Vervoer centraal. Met behulp van dit Lagenmodel zullen we in Hoofdstuk 4 verkeers- en vervoerprocessen binnen de spoorwegen analyseren. Lagenmodellen worden in de literatuur veelvuldig gehanteerd voor de beschrijving van het verkeers- en vervoersysteem. Kenmerk van een lagenmodel is dat er een eindgebruiker wordt geïdentificeerd die diensten afneemt; de producent van die diensten neemt op zijn beurt diensten (“halffabrikaten”) af van een toeleverancier zodat een productiekolom of een serviceketen ontstaat. In dit hoofdstuk inventariseren we recente versies van het lagenmodel in de literatuur met als doel bouwstenen te selecteren, waarmee in Hoofdstuk 3 een Lagenmodel Verkeer & Vervoer zal worden opgebouwd, dat generiek van karakter is. Met *generiek* wordt hier bedoeld: van toepassing op in principe alle verkeers- en vervoermodaliteiten en bovendien geschikt om een breed scala aan probleemstellingen te kunnen analyseren.

2.1 Inleiding

In de paragrafen 2.2 tot en met 2.11 wordt een aantal beschrijvingen van een lagenmodel gepresenteerd. De modellen worden zoveel mogelijk in volgorde van publicatie geplaatst, wat overigens niet betekent dat elke variant voortbouwt op eerdere varianten. Er blijken telkens essentiële verschillen op te treden, niet in de laatste plaats in de gehanteerde terminologie. Dit is terug te voeren op het feit dat elk model is ontworpen voor een specifiek doel, een specifieke toepassing.

Bij de presentatie van de modellen wordt zoveel mogelijk het oorspronkelijke schema overgenomen, met dien verstande dat gezorgd wordt dat de opbouw verticaal is waarbij de toplaag (eindgebruikers) bovenaan komt te staan. Bij elk model wordt het volgende aangegeven:

- het doel van de auteur;

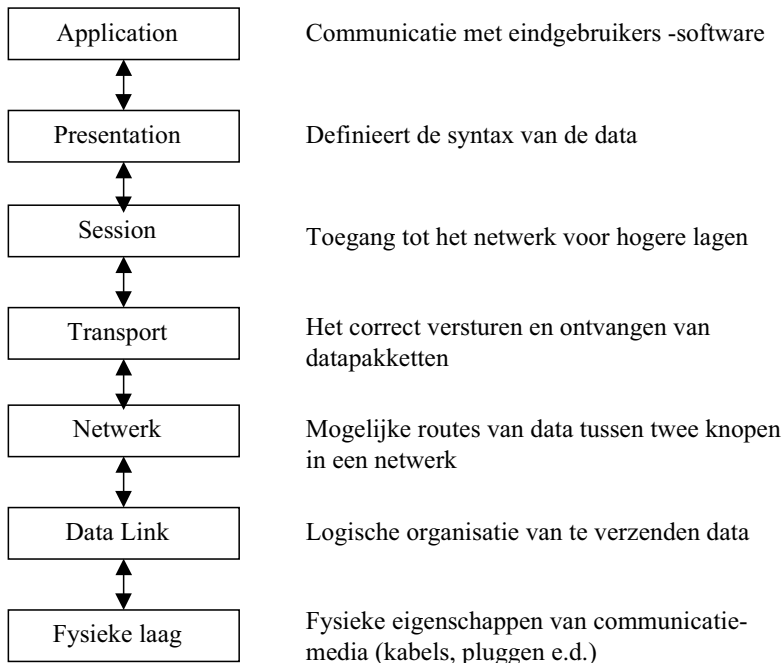
- een beknopte modelbeschrijving in de vorm van een schema;
- de voornaamste kritiekpunten,
- bouwstenen voor een generiek Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

In de slotparagraaf van dit hoofdstuk zullen we de noties die uit het literatuuronderzoek naar voren komen, samenvoegen tot een set van specificaties, respectievelijk bouwstenen voor een generiek Lagenmodel Verkeer & Vervoer, zoals dat in Hoofdstuk 3 zal worden opgebouwd.

2.2 OSI 7-lagenmodel uit de informatietechnologie

In het begin van de jaren 80 werd door de Internationale Standaardiserings Organisatie het OSI-model (*Open Systems Interconnection* –model) ontwikkeld¹. Het bestaat uit twee delen: een abstract basismodel (het 7-lagen model) voor netwerken en een set van concrete protocollen ten behoeve van toepassingen in de informatie- en communicatietechnologie.

Het OSI-model onderscheidt zeven lagen, zie Figuur 2-1.



Figuur 2-1 OSI 7-lagenmodel (Bron: Boone (1996)).

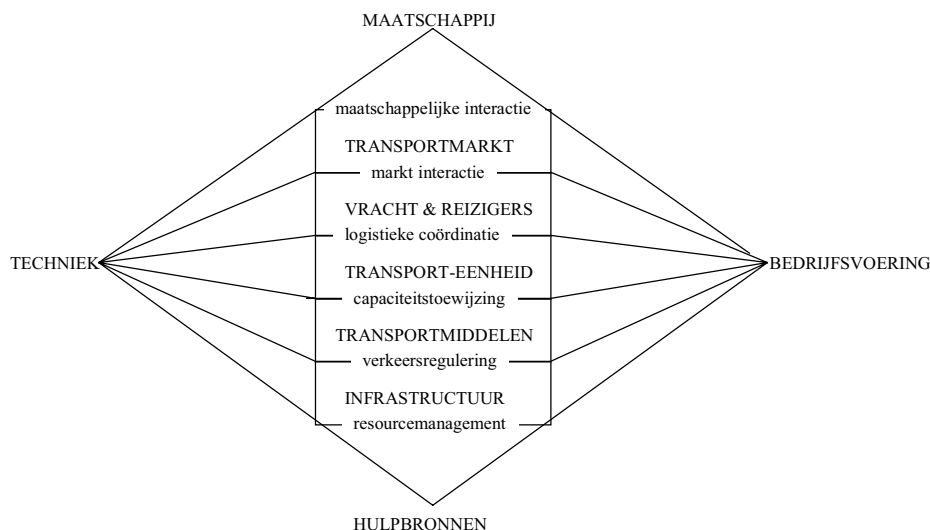
Het OSI-lagenmodel kan worden beschouwd als de basis voor het denken in lagenmodellen bij verkeers- en vervoervraagstukken. De bovenste laag verzorgt de interactie met de eindgebruikers, terwijl de onderste laag bestaat uit de definitie van de *hardware*. We kunnen dit vertalen in termen van verkeer en vervoer: in de bovenste laag vindt de interactie plaats van het verkeers- en vervoersysteem met reizigers en verladers van goederen. De onderste laag be-

¹ Zie, bijvoorbeeld, Boone (1996).

schrijft de infrastructuur en de manier waarop verschillende infrastructuursystemen (bijvoorbeeld een stedelijk wegennet en het Rijkswegennet) aan elkaar gekoppeld zijn.

2.3 TRAIL-model

Het TRAIL-model² is bedoeld als basis voor onderzoeksprogramma's op het gebied van verkeer en vervoer. Het model is geformuleerd als “faciliteringsschema”: elke laag faciliteert de naast-bovenliggende. Bovendien wordt duidelijk dat het verkeers- en vervoersysteem sterke interacties heeft met de omgeving.



Figuur 2-2 TRAIL–“faciliteringsschema” met interfaces Bron: Evers en Loos (1995).

Een belangrijk bezwaar van het TRAIL-model is dat het niet helder is wat de aard van de lagen is. Bestaan de lagen uit diensten, objecten, activiteiten of markten? En hoe is de interactie tussen de lagen te definiëren?

2.4 Topinstituut Logistiek & Transport

Het model dat geformuleerd is in het voorstel Topinstituut Logistiek & Transport³, kan worden gezien als een verbeterde en uitgebreide versie van het TRAIL-model uit 2.3. Er wordt een duidelijk onderscheid gemaakt naar enerzijds de lagen en anderzijds de interacties tussen de lagen (Figuur 2-3). In de kadertjes (de lagen) staan de zogenoemde *primaire entiteiten* (“actoren”) en ertussen de *interactie-entiteiten* (“markten”). In elke laag wordt een dienst geproduceerd ten behoeve van de bovenliggende actor.

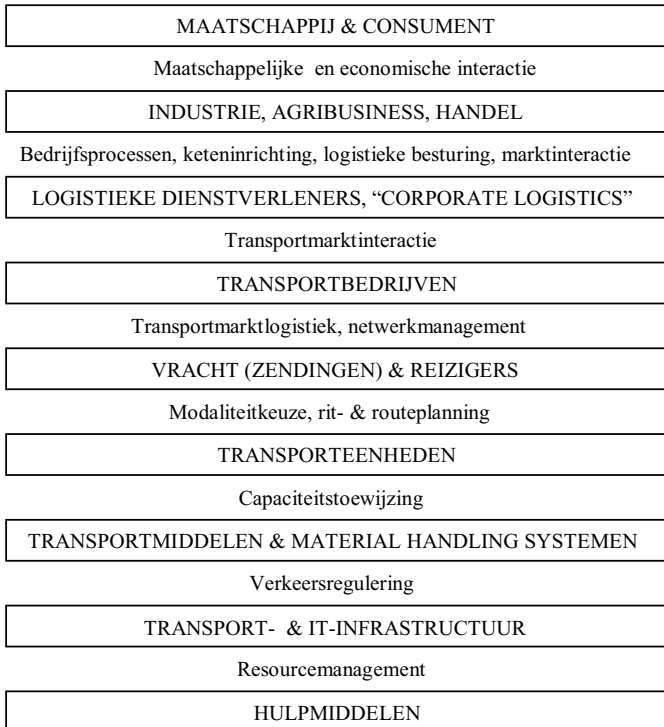
² Zie Evers en Loos (1995).

³ Topinstituut Logistiek & Transport (1996).

De één-dimensionaliteit in het model blijkt te simpel te zijn om de functies in verkeer en vervoer adequaat weer te geven:

- de lagen worden gevormd door actoren, maar soms ook door objecten of middelen;
- het begrip markt als interactie tussen de lagen wordt erg breed geïnterpreteerd; bijvoorbeeld ook bedrijfsprocessen kunnen eronder vallen;
- de positie van de laag Hulpmiddelen suggereert ten onrechte dat alleen infrastructuur resources vergt en bijvoorbeeld transportmiddelen niet.

De laag Industrie, agribusiness, handel voegt niets toe aan de bovenliggende laag Maatschappij en consument. Het model laat overigens zien dat er veel lagen (specialisaties) denkbaar zijn, met name in het goederenvervoer.



Figuur 2-3 Model uit het voorstel Topinstituut Logistiek & Transport (1996).

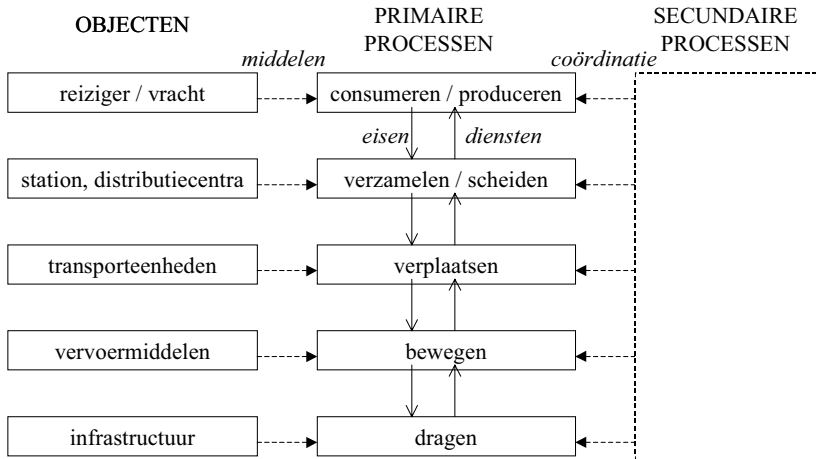
2.5 IT in Verkeer & Vervoer (Minderhoud en Bovy)

Dit model is ontwikkeld om de relatie van informatietechnologie (als onderdeel van de secundaire processen) tot de primaire processen in het verkeer en vervoer te beschrijven⁴.

Het onderscheid tussen Primaire processen en Objecten (en Secundaire processen, zoals IT) is waardevol maar niet geheel logisch. Objecten zijn soms een object van een primair proces

⁴ Minderhoud en Bovy (1996).

(bijvoorbeeld Reiziger / vracht), soms een middel om het primaire proces te kunnen uitvoeren (bijvoorbeeld Vervoermiddelen). Soms gaat dit samen (Infrastructuur draagt Vervoermiddelen, Vervoermiddelen bewegen Transporteenheden), soms niet (Transporteenheden verplaatsen immers geen Stations en distributiecentra).



Figuur 2-4 Lagenmodel uit IT in verkeer en vervoer (Bron: Minderhoud en Bovy (1996)).

Ook de relaties tussen de lagen in de kolom Primaire processen zijn niet goed te formuleren in termen van te stellen eisen en te leveren diensten. Het primaire proces Verzamelen/scheiden stelt, bijvoorbeeld, geen eisen aan de laag Verplaatsen. Het hanteren van één dimensie is aantrekkelijk (want simpel), maar de poging om de operationele logistieke keten⁵ te integreren in een lagenmodel blijkt niet hanteerbaar.

2.6 NV Wegverkeer (KPMG BEA)

Hoewel in de studie NV Wegverkeer⁶ geen lagenmodel voor verkeer en vervoer wordt gepresenteerd, levert de studie een aantal interessante noties op, met name voor wat betreft de definiëring van (weg)verkeersdiensten en de marktwerking tussen verschillende deelsystemen. Het model is ontworpen voor het wegverkeerssysteem maar de principes kunnen ook op andere modaliteiten worden toegepast.

Het verkeers- en vervoersysteem wordt ontrafeld in een aantal zelfstandige bedrijfsonderdelen, *Business Units (BU's)*. De NV Wegverkeer levert als dienst "... verplaatsingen, niet als uniform product maar als deel van een zeer gevarieerde productportfolio...". Daartoe worden diensten ingekocht: van de BU Infrastructuur worden "*slots* (passage van een standaardvoertuig over een wegvak)" betrokken en van de BU Chauffeurs "tijd om voertuigen te laten besturen".

⁵ Zie, bijvoorbeeld, Damen (1994).

⁶ De studie NV Wegverkeer (KPMG (1997)) werd door KPMG BEA uitgevoerd in opdracht van het Projectbureau Integrale Verkeers- en VervoersStudies. De citaten zijn afkomstig van de pagina's 1 t/m 3.

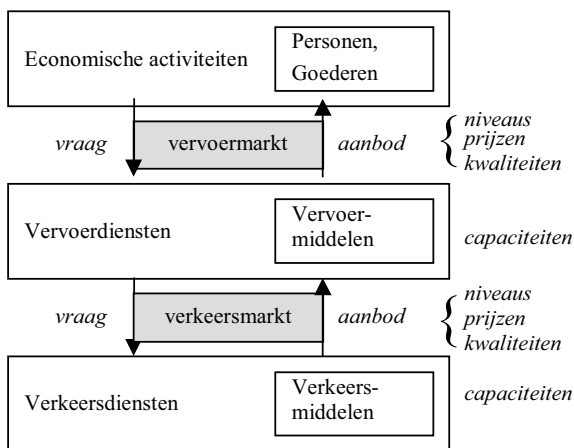
“Hoofdkenmerk van de NV-aanpak is dat kosten op bedrijfsmatige wijze volledig worden toegerekend, waardoor in maatschappelijk economisch opzicht sprake is van optimalisatie via zelfsturende processen”. Ook externe kosten (voor omgevingshinder en onveiligheid) worden verdisconteerd. Differentiatie is een tweede belangrijke kenmerk. Het gevolg van de differentiatie van de kenmerken van de producten van de NV (de verschillende typen verplaatsingen) en van de prijzen is dat “...iedere actor veel meer bewust omgaat met de schaarste die wij gezamenlijk hebben vastgesteld, of het nu gaat om ruimte dan wel milieuschaarste”.

2.7 Basismodel (Schoemaker e.a.)

Het model van Schoemaker e.a. (1998), zie Figuur 2-5, is ontwikkeld als een basismodel voor het beschrijven van het verkeers- en vervoersysteem. Het is daarom generiek van karakter. Dit heeft als consequentie dat het voor daadwerkelijke toepassing verder uitgewerkt zal moeten worden.

Het lagenmodel van Schoemaker bestaat in essentie uit drie basislagen, waarbij de relaties tussen de drie basislagen worden beschouwd als markten. Het leveren van een Vervoerdienst of een Verkeersdienst vindt plaats op de Vervoermarkt, respectievelijk de Verkeersmarkt. In principe vindt daar een economisch proces plaats wat leidt tot een bepaald niveau van geleverde diensten, prijsvorming en kwaliteit van de diensten.

De toplaag wordt gevormd door het geheel van economische activiteiten, waarbij impliciet verondersteld is dat deze activiteiten ruimtelijk gespreid worden uitgeoefend waardoor een vraag naar vervoerdiensten wordt gegenereerd.



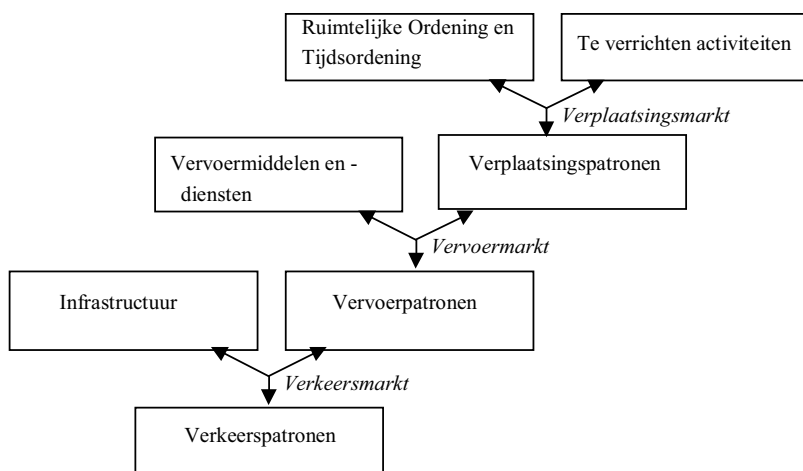
Figuur 2-5 Systeemplagen en markten (Bron: Schoemaker e.a.(1998)).

Nadeel van het model van Schoemaker is dat de relatie van de middelen tot de diensten niet helder is geformuleerd.

2.8 Driemarkten-model (Van de Riet en Egeter)

Het Driemarkten-model⁷ is ontwikkeld ten behoeve van het project Questa⁸ (een scenariostudie als voorbereiding op het Nationale Verkeers- en Vervoer Plan) en bedoeld als kader voor beleidsmodellen. Belangrijkste invalshoek is derhalve de rol van de overheid ten aanzien van verkeer en vervoer op een strategische termijn. Voor de vergelijkbaarheid met andere lagenmodellen is het Driemarkten-model in Figuur 2-6 een kwartslag gedraaid en enigszins versimpeld.

De auteurs stellen dat een marktbenadering centraal staat. Het is echter onduidelijk hoe elk van de drie markten functioneert. De relatie tussen vraag (zoals verplaatsingsbehoefte) en aanbod (zoals een bepaalde vervoerdienst) is niet helder beschreven, evenmin als de diensten die worden geleverd. De zogenoemde elementen (Verplaatsings-, Vervoer- en Verkeerspatronen) vormen niet de processen (de productie van diensten) maar de resultante ervan (niveau van productie) in de vorm van de toedeling van de diensten in tijd en plaats. Het gaat dan respectievelijk om de toedeling van activiteiten, van personen/goederen (aan vervoermiddelen) en van vervoermiddelen en –diensten (aan infrastructuur).



Figuur 2-6 Het Driemarktenmodel (Bron: Van de Riet en Egeter (1998)).

Gegeven de macro-economische vraagstelling beschrijft het model geaggregeerde patronen. Hoewel er nadrukkelijk aandacht is voor ruimtelijke ordening en verplaatsingspatronen, wordt de –juist voor macro-economische vraagstellingen– belangrijke relatie tussen infrastructuur en ruimtelijke ordening echter niet gelegd⁹. Het Driemarktenmodel gaat niet in op gedisaggregeerde processen zoals vervoerwijzekeuze. Dit maakt het model minder geschikt voor micro(economische) vraagstellingen.

⁷ Van de Riet en Egeter (1998).

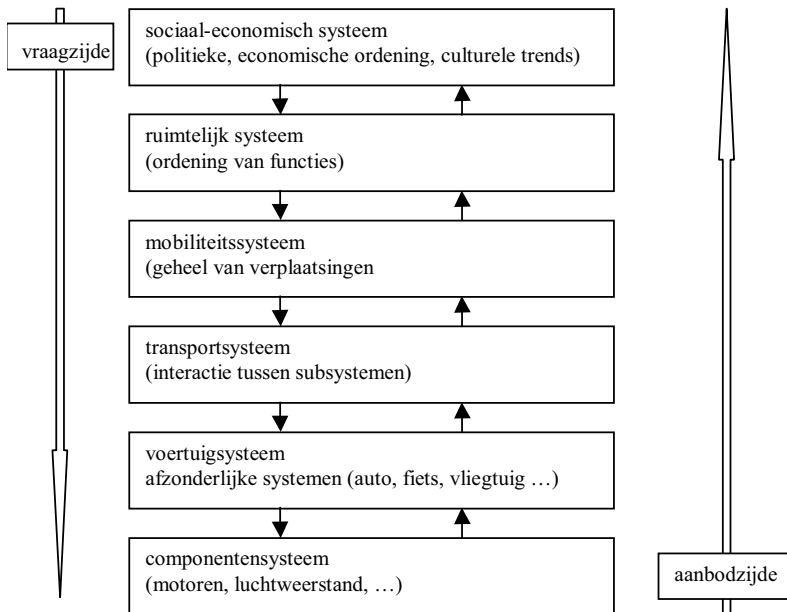
⁸ V&W (1998b).

⁹ Boerkamps (1999) legt deze relatie wel in zijn model voor stedelijk goederenvervoer.

2.9 KPMG BEA-model (Raad voor Verkeer en Waterstaat)

Het KPMG BEA-model¹⁰ (Figuur 2-7) is gebruikt om een strategische visie op verkeer en vervoer te ontwikkelen, met name met het oog op overheidsbeleid ten aanzien van verkeer en vervoer voor de zeer lange termijn.

Het model is van boven naar beneden geformuleerd als een doorvertaling van de maatschappelijke vraag “van grof naar fijn”. Van beneden naar boven wordt het aanbod opgebouwd langs de lijn “van concreet naar abstract”, en niet als een sequentie van diensten, zoals in de meeste andere lagenmodellen het geval is. Er is veel aandacht voor de vraagzijde van verkeer en vervoer. De maatschappelijke verplaatsingsbehoefte wordt beschreven als de resultante van de interactie tussen het Ruimtelijke systeem en het Sociaal-economische systeem.



Figuur 2-7 KPMG BEA-model voor verkeer, vervoer en infrastructuur (Bron: Raad voor Verkeer en Waterstaat (1998)).

De infrastructuur is in dit model onderdeel van het Voertuigstelsel. Verkeerssystemen was dan ook een betere benaming geweest voor deze laag, waarbij elk subsysteem (fiets, auto, trein,...) bestaat uit een combinatie van “voertuig” en bijpassende “infrastructuur”. Op deze manier zou worden onderkend dat “voertuig” en “infrastructuur” tot hetzelfde deelsysteem behoren.

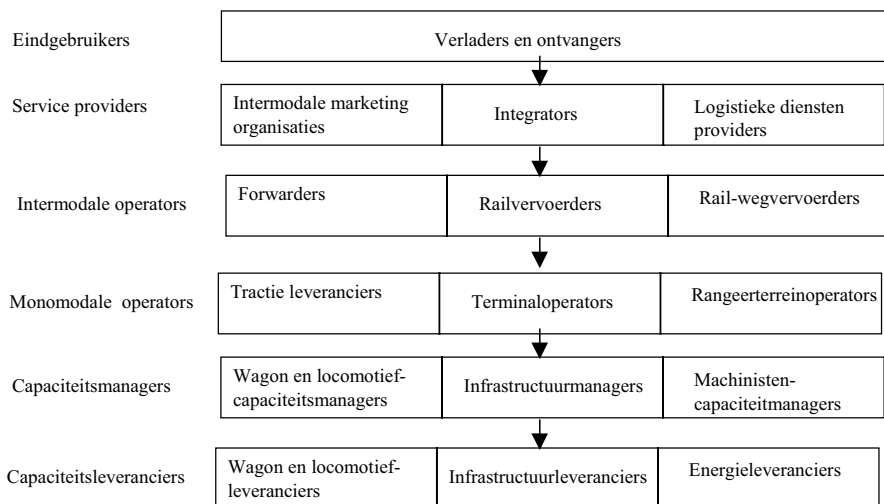
Het KPMG BEA-model gaat een stap dieper dan de meeste andere varianten van het lagenmodel. Het Componentensysteem omvat de elementaire onderdelen van de *hardware* (bouten en moeren, staal, teer, cement, ...), anders gezegd, de hulpbronnen (*resources*).

¹⁰ Bron: Raad voor Verkeer en Waterstaat (1998).

Het model is niet beschreven als een productiekolom waarin diensten en markten de relaties tussen de verschillende lagen beschrijven. Het is niet duidelijk hoe deze relaties wel kunnen worden beschreven. Dit vermindert de bruikbaarheid van het model.

2.10 Waardeketen Railgoederenvervoer (Railforum)

Het model, beschreven in de VERI-studie van Railforum¹¹, is ontwikkeld om een visie op de exploitatie van internationale infrastructuur te formuleren. In deze visie moet in de “waardeketen in het railgoederenvervoer” de klantvraag centraal staan. Dit betekent dat in het schema¹² (Figuur 2-8) Eindgebruikers bovenaan zijn geplaatst en dat het schema van boven naar beneden moet worden gelezen. Railforum stelt dat in de jaren negentig de beperkingen vanuit het productieproces centraal werden gesteld en het schema van beneden naar boven gelezen werd.



Figuur 2-8 Waardeketen in het goederenvervoer per rail (Bron: Railforum(1999a)).

Het model van Railforum is gebaseerd op de “waardeketen” van Porter¹³, waarin opeenvolgende activiteiten in de productie van vervoerdiensten worden onderscheiden. In het kader van de productie kunnen zich allerlei gespecialiseerde spelers bevinden die dienstenpakketten aanbieden die samengesteld zijn uit ingekochte diensten. Om de klanteisen centraal te kunnen stellen is het model operationeel geformuleerd. De lagen zijn ingevuld met actoren.

In het Railforum-model zijn waardeketen en logistieke keten vermengd in een ééndimensionaal schema, wat, zoals we in 2.3 reeds zagen, te simpel is. De opbouw van het model is van monomodaal naar intermodaal, waarbij de terminalfunctie (overslag) als een monomodale activiteit wordt gezien. De verschillende capaciteiten (middelen) staan evenals in het KPMG

¹¹ Zie Railforum (1998).

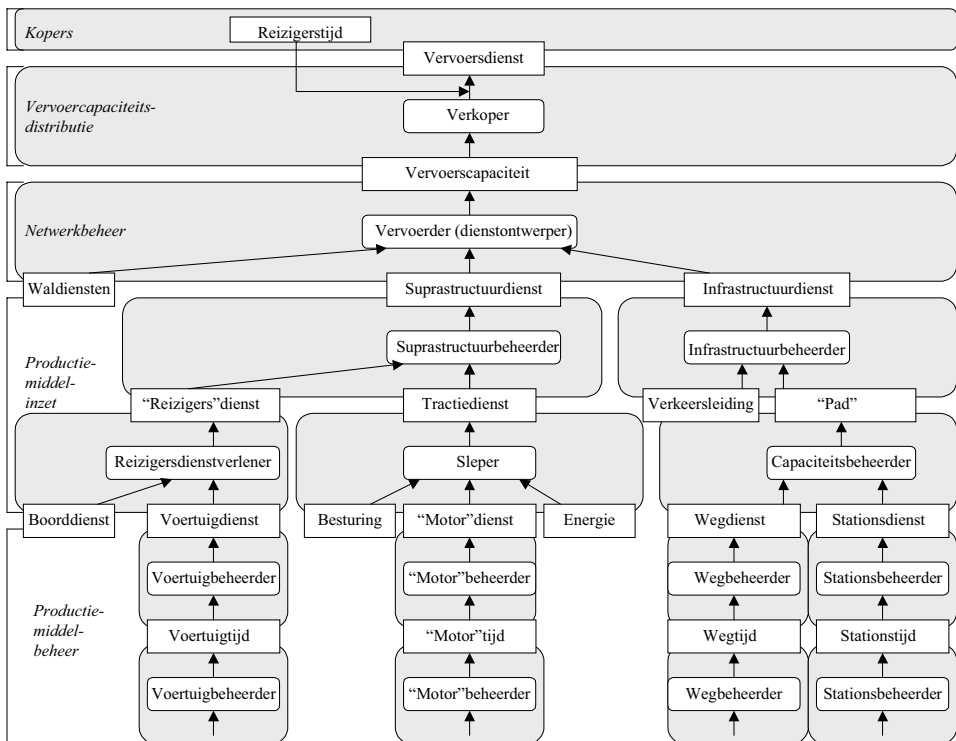
¹² Het schema is in verband met de vergelijkbaarheid met andere lagenmodellen een kwartslag gekanteld.

¹³ Zie, bijvoorbeeld, Porter (1995)

BEA-model (zie 2.9) in één laag. Interessant is het onderscheid dat wordt gemaakt tussen capaciteitsleveranciers en capaciteitsmanagers (capaciteitstoewijzers).

2.11 Vervoerseconomisch model voor geregelde personenvervoerdiensten (Van de Velde)

Van de Velde (1999a) ontwikkelde zijn versie van het lagenmodel om na te gaan hoe marktwerking bij de productie van geregelde vervoerdiensten kan worden vormgegeven. Doel is om inzichtelijk te maken dat een groot aantal alternatieve inrichtingen van de keten van transformatieprocessen in bedrijven en bedrijfseenheden (verticale of horizontale integratie) mogelijk is.



Figuur 2-9 Model voor geregelde personenvervoerdiensten (Bron: Van de Velde (1999a)).

In het model wordt de productie van geregelde vervoerdiensten beschouwd als een keten van opeenvolgende transformatieprocessen waarin “inputs” (d.w.z. producten, diensten, arbeid, kapitaal) worden gecombineerd en omgezet in “outputs” die gebruikt worden als input in volgende transformatieprocessen.

In Figuur 2-9 wordt de keten van transformatieprocessen van de productie van geregelde (personen)vervoerdiensten, enigszins vereenvoudigd ten opzichte van de oorspronkelijke weergave in beeld gebracht. Elk grijs kader vertegenwoordigt een transformatieproces waarbij één of meerdere inputs tot een outputs worden getransformeerd. De rechthoekige blokken vertegen-

woordigen markten voor de geproduceerde goederen of diensten bij elke tussenstap in de productie van vervoerdiensten. De actoren staan in de witte blokken met afgeronde hoeken.

Een bezwaar van het model is dat de productie van een reizigersdienst erg ver afstaat van de reizigers (Kopers). Een ander bezwaar is de rigide scheiding tussen Suprastructuur en Infrastructuur, hoewel ze in dezelfde laag zijn geplaatst. In het model vindt de integratie van materieel en infrastructuur plaats door de Vervoerder (Netwerkbeheer). Hiermee wordt geen recht gedaan aan de belangrijke functioneel/technische relaties tussen de verschillende productiemiddelen.

In het rechterblok is de plaats van Verkeersleiding (een dienst, die op één lijn staat met Pad) opvallend. Waarschijnlijk wordt hiermee bedoeld: het bedienen van seinen zodat een Pad getransformeerd wordt tot een Infrastructuurdienst. Het onderscheid tussen Voertuig en Motor is interessant in relatie tot het onderscheid Reizigersdienstverlener en Sleper. De relatie met de logistieke keten komt tot uitdrukking in de verder niet uitgewerkte Waldiensten.

2.12 Synthese

Uit de bovenstaande inventarisatie zijn een aantal noties te destilleren die van belang zijn voor de ontwikkeling van een generiek Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Met generiek wordt in dit verband bedoeld: van toepassing op in principe alle verkeers- en vervoermodaliteiten en bovendien geschikt om een breed scala aan probleemstellingen te kunnen analyseren. In deze paragraaf gaan we hierop dieper in. We formuleren eerst een aantal specificaties waaraan een bruikbaar lagenmodel moet voldoen. Vervolgens komen een aantal bouwstenen aan de orde die zullen worden gebruikt voor de opbouw van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer (Hoofdstuk 3). We zullen hierbij refereren aan de bespreking van de verschillende lagenmodellen in de voorgaande paragrafen.

2.12.1 specificaties voor een generiek Lagenmodel Verkeer & Vervoer

We definiëren een lagenmodel als een systeembeschrijving, waarbij een systeem wordt beschouwd als een stapeling van samenhangende lagen. Elke laag vertegenwoordigt een transformatieproces waarbij aan de input waarde wordt toegevoegd. De output van een laag vormt de input voor de naast bovenliggende laag, zodat een productiekolom (of serviceketen) ontstaat.

De bruikbaarheid van een lagenmodel hangt af van de nauwkeurigheid waarmee de omschrijving van de verschillende elementen plaatsvindt. Het gaat hierbij met name om de omschrijving van input en output van elke laag en van de omschrijving van de interactie tussen de verschillende lagen. Varianten waarbij dit niet helder is (zoals het TRAIL-model) zijn daarom niet geschikt. De benadering, waarbij de output van een laag wordt beschouwd als een *dienst* die op een *markt* tussen de lagen wordt verhandeld (Schoemaker, Van de Riet en Egeter, Van de Velde), biedt uiteraard een goede basis om de mogelijkheden voor marktwerking te kunnen beschrijven. Een dergelijk model lijkt breed toepasbaar te zijn en is daarom geschikt als startpunt voor de opbouw van een generiek Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

Een lagenmodel moet zowel van boven naar beneden kunnen worden gelezen (eisen en wensen vanuit de klant) als van beneden naar boven (eigenschappen van de geproduceerde diensten), (Minderhoud en Bovy, Railforum).

Een universeel model is niet mogelijk en wellicht ook niet zinvol. Elke vraagstelling vergt zijn eigen accenten. Wel is het zinvol om een generiek model te hanteren als startpunt bij het samenstellen van een specifiek, op de vraagstelling toegesneden, model.

Het aantal lagen in een lagenmodel ligt niet vast. Specialisatie van een bepaald deel van het productieproces komt overeen met het creëren van een nieuwe laag. Het is zinvol om een nieuwe laag (plus een nieuwe markt) tussen twee lagen te schuiven indien de toegevoegde waarde van specialisatie opweegt tegen de extra transactiekosten. Voorbeelden hiervan zijn te vinden bij het goederenvervoer, waar “vervoerders” en “logistieke dienstverleners” kunnen worden onderscheiden (Topinstituut Logistiek & Transport, Railforum). De toegevoegde waarde kan ook bestaan uit het samenvoegen van meerdere diensten tot een dienstenpakket, bijvoorbeeld een vakantiereis bestaande uit de reis zelf plus een hotelreservering. Voor bepaalde vraagstellingen kan het overigens ook zinvol zijn om bepaalde lagen “over te slaan” als de betreffende transformatie niet of nauwelijks gescheiden kan worden gezien van een andere transformatie.

Het integreren van modellen voor logistieke ketens, zoals het model van Damen¹⁴ in het lagenmodel lijkt niet goed mogelijk (Topinstituut Logistiek & Transport, Railforum). Echter, de relatie tussen beide modellen dient helder te worden geformuleerd.

2.12.2 bouwstenen voor een Lagenmodel Verkeer & Vervoer

De toplaag in het lagenmodel kan worden gevormd door (het geheel van) verladers en reizigers (Railforum, Van de Velde). Nadeel hiervan is dat het hier om actoren gaat, terwijl de overige lagen kunnen worden beschreven als transformatieprocessen die leiden tot diensten. Schoemaker beschrijft de toplaag als het geheel van (ruimtelijke gespreide) economische activiteiten, die als input vervoerdiensten vereisen. Dit is een consequentere benadering van de output – input relaties tussen de basislagen.

De achterliggende redenen voor de verplaatsingsbehoefte als afgeleide van maatschappelijke activiteiten (relatie tussen sociaal-economisch systeem en ruimtelijk systeem, zoals bij Van de Riet en Egeter) worden buiten beschouwing gelaten. Deze worden in de omgeving van verkeers- en vervoerssysteem geplaatst en daarmee voor de processen in het lagenmodel als een gegeven beschouwd. Het alternatief –wel opnemen van achterliggende redenen voor de verplaatsingsbehoefte– zou het model cyclisch maken¹⁵ en daarmee erg complex. Het cyclische karakter komt bijvoorbeeld tot uitdrukking in de structurerende werking van infrastructuur voor ruimtelijke ordening en daarmee voor de generatie van verplaatsingsbehoeften.

Materieel en infrastructuur vormen elementen van één laag productiemiddelen. Daarbij kan materieel verder worden gesplitst in Locomotief en Wagon (Railforum) of Voertuig en Motor (Van de Velde), waarbij Voertuig als productiemiddel wordt gekoppeld aan Reizigersdienst-

¹⁴ Zie verder Hoofdstuk 3.

¹⁵ Zoals in het model voor stedelijk goederenvervoer van Boerkamps (1999).

verlener en Motor aan Sleper (Van de Velde). Dit zal in Hoofdstuk 3 terugkomen als vervoerdiensten met als productiemiddel vervoermiddelen en verkeersdiensten met als productiemiddel verkeersmiddelen. Er kan bij de productiemiddelen vervolgens onderscheid worden gemaakt tussen het leveren van capaciteit en het toewijzen van capaciteit (aan verplaatsingsdiensten) (Railforum en Van de Velde).

Van de Velde maakt onderscheid tussen Vervoercapaciteitsdistributie en Netwerkbeheer, zie Figuur 2-9. De distributeur van vervoercapaciteit onderscheidt zich van de netwerkbeheerder door op basis van de behoefte van eindgebruikers producten samen te stellen op het moment dat deze hun behoeften uiten. De netwerkbeheerder, die de toeleverancier is van de distributeur van vervoercapaciteit, ontwerpt en produceert diensten daarentegen op basis van verwachte behoeften. Dit onderscheid gaat in de richting van het onderscheid in verkeers- en vervoerdiensten, zoals dat in Hoofdstuk 3 geformuleerd zal worden.

Het blijkt niet zinvol om eendimensionaal lagenmodel te ontwerpen (Topinstituut Logistiek & Transport, Minderhoud en Bovy). De verplaatsingsgebonden processen vertegenwoordigen een andere sequentie van transformaties dan bijvoorbeeld de logistieke ketens van Damen. We kunnen verplaatsingsgebonden transformaties beschouwen als de primaire processen van het verkeers- en vervoersysteem (zie verder Hoofdstuk 3). Dit betekent dat het bestuderen van een bepaald aspect van verkeer en vervoer, zoals logistieke ketens, actoren, besturing of de rol van de overheid, leidt tot het toevoegen van een of meer dimensies aan het lagenmodel.

2.12.3 conclusie

In dit hoofdstuk zijn verschillende versies van lagenmodellen geïnventariseerd. Hieruit hebben we een aantal noties gedestilleerd, waarvan de belangrijkste zijn:

- Het verkeers- en vervoersysteem kan worden gezien als een keten van diensten.
- De diensten worden in een laag geproduceerd door aan de input (een dienst die door een andere laag wordt geleverd) waarde toe te voegen.
- De diensten worden op een markt tussen twee lagen aangeboden.
- De productiemiddelen vormen een afzonderlijke laag.

In Hoofdstuk 3 zal op basis hiervan een generiek Lagenmodel Verkeer & Vervoer worden ontwikkeld, dat in Hoofdstuk 4 zal worden toegepast om de spoorwegen te analyseren.

3 **Opbouw generiek Lagenmodel Verkeer & Vervoer**

In het vorige hoofdstuk hebben we uit de literatuur bouwstenen voor een Lagenmodel Verkeer & Vervoer verzameld. In dit hoofdstuk zullen we met deze elementen een generiek model voor de beschrijving van het verkeers- en vervoersysteem ontwikkelen. In het Lagenmodel Verkeer & Vervoer zullen, naast de (primaire) verplaatsingsgebonden diensten, de niet verplaatsingsgebonden diensten en de ondersteunende diensten worden geïdentificeerd en aan elkaar worden gerelateerd. In het model vertegenwoordigen de lagen de transformatieprocessen waarbij aan de input waarde wordt toegevoegd. De output van een laag, *diensten*, vormen de input voor de naast bovenliggende laag, zodat een productiekolom (of serviceketen) ontstaat. *Markten* vormen daarbij de verbinding tussen de lagen.

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer bestaat ten eerste uit een (primaire) keten van diensten die een waardevermeerdering creëren door een transformatieproces dat een verplaatsingscomponent heeft. Hierbij wordt uitgegaan van het basismodel van Schoemaker (zie 2.7) met de drie basislagen: economische activiteiten, vervoerdiensten en verkeersdiensten (3.1). Het blijkt vervolgens zinvol om binnen een basislaag (horizontaal) te differentiëren, zodat gedifferentieerde diensten op een gedifferentieerde markt kunnen worden gebracht (3.2). In 3.3 laten we zien dat (verticale) specialisatie (het toevoegen van een nieuwe laag) veelal gepaard gaat met het samenstellen van een dienstenpakket door het toevoegen van niet-verplaatsingsgebonden diensten. Een belangrijk aspect hierbij is de relatie tot logistieke ketens. In 3.4 onderscheiden we ondersteunende functies die de primaire diensten mogelijk maken. In 3.5 vindt de synthese plaats in de vorm van een schematische weergave van het generieke Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

Voor het daadwerkelijk kunnen toepassen van het Lagenmodel moet het worden aangevuld met dimensies die betrekking hebben op de specifieke vraagstelling. 3.6 geeft een eerste uit-

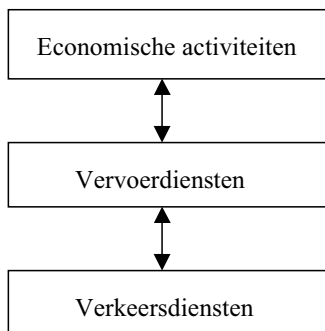
werking ten aanzien van een aantal thema's. Tenslotte evalueren we de bruikbaarheid van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer (3.7).

3.1 Drie basislagen

Vervoerdiensten en verkeersdiensten vormen de verplaatsingsgebonden transformaties die we beschouwen als de primaire processen in het lagenmodel verkeer en vervoer. De behoefte aan een vervoerdienst ontstaat als economische¹ activiteiten ruimtelijk uiteengelegd zijn. Daarmee ontstaan drie basislagen (zie Figuur 3-1):

1. economische activiteiten die ruimtelijk uiteengelegd zijn
2. vervoerdiensten
3. verkeersdiensten

Deze drie lagen worden hieronder kort toegelicht



Figuur 3-1 Drie basislagen.

3.1.1 economische activiteiten

De behoefte aan een vervoerdienst ontstaat als (economische) activiteiten ruimtelijk uiteengelegd zijn. Er is sprake van interactie: het uiteenleggen van activiteiten creëert verplaatsingsbehoefte, terwijl de mogelijkheid tot verplaatsing ruimtelijke spreiding en diversificatie van activiteiten mogelijk maakt. De achterliggende doelen van verplaatsingen en daarmee de oorzaken van vervoerbehoefte zijn divers van aard:

- sociaal-cultureel (persoonlijke ontplooiing, uitwisseling tussen culturen);
- politiek (besturen van een uitgestrekte natie, communicatie tussen regeringsleiders);
- economisch (goedkoper produceren, wereldwijde concurrentie, handel).

Overigens kan ook het verplaatsen zelf het doel zijn (toeren). Samengevat: de vervoerdienst creëert een waardevermeerdering voor de afnemer.

¹ “Economisch” moet hierbij breed worden opgevat in die zin dat het nut van de activiteiten opweegt tegen het overbruggen van de afstand tussen de locaties van die activiteiten.

3.1.2 vervoerdiensten

Een vervoerdienst definiëren we hier als het verplaatsen van een zending. Een zending, het vervoerobject, bestaat uit een of meer ladingen. Een zending is bijvoorbeeld een reisgezelschap, bestaande uit reizigers (“ladingen”), of een container, gevuld met verschillende ladingen.

Bij een personenvervoerdienst vormt een reiziger zowel de “lading” (en als hij alleen reist tevens de zending) als de afnemer van de vervoerdienst. Een automobilist is daarnaast tegelijkertijd ook de producent van de vervoersdienst. Bij het goederenvervoer zijn de zending en afnemer van de vervoerdienst (de verlader) verschillende entiteiten.

De vervoerdienst die wordt aangeboden bestaat in de kern uit het toevoegen van een of meer vervoermiddelen aan het vervoerobject. De leverancier van vervoerdiensten beschikt daartoe over een zekere capaciteit aan vervoermiddelen. Voorbeeld is het ter beschikking stellen van een bus voor het vervoer van reizigers of een treinwagon voor het vervoer van een aantal containers.

3.1.3 verkeersdiensten

Een verkeersdienst definiëren we als het verplaatsen (verslepen) van een vervoermiddel dat al dan niet voorzien is van een zending. Een railverkeersdienst is bijvoorbeeld het verslepen van een aantal treinwagons met containers. Een wegverkeersdienst is het rijden van een bus met passagiers. In het laatste geval vervult de bus een dubbelrol: vervoermiddel en verkeersmiddel. De individuele automobilist levert een wegverkeersdienst (hij bestuurt de auto) ten behoeve van de vervoerdienst die hij aan zichzelf levert.

De verkeersdienst die wordt aangeboden bestaat in essentie uit het toevoegen van verkeersmiddelen aan de verkeersobjecten. De leverancier beschikt daartoe over een zekere capaciteit aan verkeersmiddelen. Voorbeeld is het ter beschikking stellen van tractie plus railcapaciteit aan een treinwagon met containers of wegcapaciteit aan een bus met reizigers. Ook als de zending ontbreekt kan er behoefte aan een verkeersdienst bestaan, bijvoorbeeld als een vrachtauto na het afleveren van een zending leeg terug moet rijden. Resultante is dat de bewegingen van zendingen, vervoermiddelen en verkeersmiddelen in ruimte en tijd van elkaar zullen verschillen. We zullen zien dat dit leidt tot verschillen tussen de netwerken waarin verkeers- en vervoerdiensten worden aangeboden.

Tenslotte zijn er verplaatsingsdiensten waarbij het vervoermiddel ontbreekt. Het fysieke onderscheid tussen een verkeersdienst en een vervoerdienst vervalt dan. Voorbeelden hiervan zijn:

- lopen, als de zending bestaat uit één of meer personen die zich zonder hulpmiddelen verplaatsen;
- distributie, als de zending bestaat uit een homogeen product (“ladingen”), bijvoorbeeld chemicaliëntransport per pijpleiding, water- en elektriciteitsdistributie;
- datatransport (telecom), als de zending bestaat uit een virtueel product (“(verpakte) data”).

3.1.4 markten tussen de basislagen

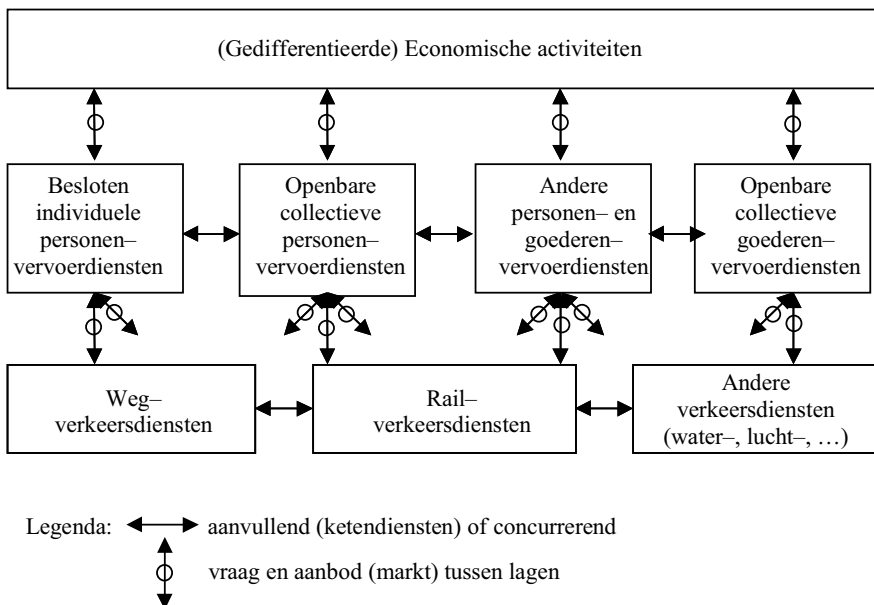
In het model van Schoemaker dat we als basis voor het Lagenmodel Verkeer & Vervoer gebruiken (Figuur 2–5) worden de relaties tussen de drie basislagen beschouwd als markten. Het leveren van een vervoerdienst of een verkeersdienst vindt plaats op de vervoermarkt, respec-

tievelijk de verkeersmarkt. In principe vindt daar een economisch proces plaats wat leidt tot een bepaald niveau van geleverde diensten, prijsvorming en kwaliteit van de diensten.

De aard van de te leveren diensten kan heel verschillend zijn. De diensten op de personenvervoermarkt zijn anders dan die op de goederenvervoermarkt. En binnen de personenvervoermarkt en goederenvervoermarkt kunnen marksegmenten worden onderscheiden. Ook de diensten op de wegverkeersmarkt, de railverkeersmarkt of de dataverkeersmarkt kunnen onderling verschillend van karakter zijn. Bij de uitwerking van het basismodel is horizontale differentiatie van diensten (binnen een laag) daarom zinvol, zie 3.2. Een volgende uitbreiding van het basismodel is het toevoegen van extra lagen (verticale specialisatie), zie 3.3.

3.2 Horizontale differentiatie van diensten binnen een laag

Binnen een basislaag kan onderscheid worden gemaakt naar verschillende soorten diensten, zie Figuur 3-2. Gezien de gedifferentieerde vervoervraag hebben gedifferentieerde vervoerdiensten bestaansrecht. De differentiatie van verkeersdiensten worden veelal door de specifieke kenmerken van de modaliteiten (het aanbod van verkeersdiensten) bepaald. In deze paragraaf wordt dit verder toegelicht.



Figuur 3-2 Horizontale differentiatie binnen de basislagen.

3.2.1 gedifferentieerde vervoerdiensten

Binnen de laag vervoerdiensten is de differentiatie van het aanbod een logisch gevolg van de gedifferentieerde vraag op de vervoermarkt. De aard van de zending, maar ook de kwaliteits-

eisen en de prijsvorming leidt tot een gedifferentieerd aanbod. Het meest voor de hand liggende onderscheid is dat tussen goederenvervoerdiensten en personenvervoerdiensten².

Een verdere differentiatie van personenvervoerdiensten is het gevolg van

- aard en omvang van de zending (bijvoorbeeld groepsreis of individuele reis, reismotief);
- vereiste kwaliteit (bijvoorbeeld reistijd, beschikbaarheid naar plaats en tijd, betrouwbaarheid, comfort);
- prijs die de afnemer over heeft voor de dienst.

Een gebruikelijke categorisering is individuele versus collectieve diensten en besloten versus openbare diensten³. In Tabel 3-1 worden enige voorbeelden gegeven. Het eigen vervoer is een bijzondere dienst omdat hierbij de afnemer, de producent en het vervoerobject (de zending) dezelfde fysieke entiteit zijn, namelijk de automobilist of de (brom)fietser.

Tabel 3-1 Voorbeelden van categorisering personenvervoerdiensten.

<i>Personenvervoerdiensten</i>	<i>Besloten diensten</i>	<i>Openbare diensten</i>
Individuele diensten	eigen vervoer	taxi
Collectieve diensten	groepsvervoer (touringcar)	bus, tram, metro, trein, deel-taxi, veerboot

Ook binnen het goederenvervoer zijn zeer verschillende diensten te onderscheiden. Dit is het gevolg van kenmerken die analoog zijn aan die van de personenvervoerdiensten:

- aard en omvang van de zending (bijvoorbeeld waarde, verpakking, gevaarlijke stoffen);
- vereiste kwaliteit (bijvoorbeeld verplaatsingstijd, beschikbaarheid naar plaats en tijd, betrouwbaarheid, schadevrijheid);
- prijs.

In Tabel 3-2 worden enige voorbeelden gegeven.

Tabel 3-2 Voorbeelden van categorisering goederenvervoerdiensten.

<i>Goederenvervoerdiensten</i>	<i>Besloten diensten</i>	<i>Openbare diensten</i>
Individuele diensten	eigen vervoer	bepaalde expresdiensten
Collectieve diensten	groepsvervoer	bodediensten, post

Vervoerdiensten zijn onderling concurrerend en/of aanvullend. Een forens, bijvoorbeeld, kan kiezen tussen zijn eigen auto of een collectieve vervoerdienst. Vervoerdiensten kunnen echter ook aanvullend zijn, zodat de afnemer (of een tussenpersoon, zie 3.3.1) ze tot een keten kan smeden. Overigens is tussen twee schakels van een vervoerketen altijd een andere dienst nodig uit de logistieke keten (laden/ lossen, overstappen, overslag), zie verder 3.3.

² Overigens zijn gecombineerde goederen- en reizigersvervoerdiensten zeer gebruikelijk in die (hoogwaardige) marktsegmenten die gebruik maken van luchtverkeersdiensten en ook de in 1999 gestarte gecombineerde goederen/reizigersshuttle per rail tussen Amsterdam en Milaan is een voorbeeld van een dergelijke combinatie.

³ Zie verder Bovy e.a. (1995).

3.2.2 gedifferentieerde verkeersdiensten

Het onderscheid tussen de aangeboden verkeersdiensten wordt sterk bepaald door technische karakteristieken van de verschillende verkeerssystemen. Dit bepaalt de concurrentiepositie op de verkeersmarkt. Sommige verkeersdiensten zijn ongeschikt voor bepaalde vervoerdiensten. Zo is een railverkeersdienst niet geschikt voor individueel, besloten reizigersvervoer.

Bepalend zijn vooral aspecten die analoog zijn aan de aspecten die leiden tot een differentiatie van de vervoerdiensten:

- aard en omvang van de vervoerdienst (bijvoorbeeld reizigers- of goederenvervoer, collectief of individueel vervoer);
- kwaliteit van de verkeersdienst (bijvoorbeeld snelheid, beschikbaarheid naar plaats (bijvoorbeeld een spooransluiting of station in de nabijheid), beschikbaarheid naar tijd (bijvoorbeeld de beperking van nachtvluchten), betrouwbaarheid (bijvoorbeeld beïnvloed door mist bij het lucht- en ook het wegverkeer);
- prijs.

Tabel 3-3 geeft een globaal overzicht van de concurrentieverhoudingen op de verkeersmarkt. De categorieën vervoerdiensten (verticaal) vormen hierbij de vraag, de categorieën verkeersdiensten (horizontaal) het aanbod. De cellen van de matrix zijn ingevuld met voorbeelden van verschijningsvormen en marktsegmenten waarvoor de categorie verkeersdienst in principe kan concurreren. Concurrentie tussen verkeersdiensten (modaliteiten) blijkt slechts voor een beperkt aantal marktsegmenten reëel.

Tabel 3-3 Globaal overzicht van concurrentieverhoudingen op de verkeersmarkt

<i>Verkeersdienst → ↓ Vervoerdienst</i>	<i>Wegverkeers- diensten</i>	<i>Railverkeers- diensten</i>	<i>Luchtverkeers- diensten</i>	<i>WATERverkeers- diensten</i>
Collectief openbaar reizigersvervoer	stad- en streekvervoer, deeltaxi	lijndiensten (uit het spoorboekje)	lijndiensten	veerboot
Individueel openbaar personenvervoer	taxi	–	per verplaatsing gehuurd privé-vliegtuig	per verplaatsing gehuurd schip
Collectief besloten personenvervoer	touringcar (laagwaardig marktsegment)	niches (Alpen-expres, stoomritten)	charters (gebundelde (vakan-tie)stromen)	cruises
Individueel besloten personenvervoer	eigen auto	–	zakenvliegtuig	pleziervaart
Gecontaineriseerd goederenvervoer	korte en (mid-del)lange afstand	shuttles over middellange en lange afstanden	hoogwaardig, lange afstand	laagwaardig, (middel)lange afstand
Bulkgoederenvervoer	speciale bulk	indien niet per schip te bereiken	–	de meeste typen bulk
Hoogwaardig goederenvervoer	korte en middel-lange afstanden	middellange en lange afstanden	lange afstanden	–

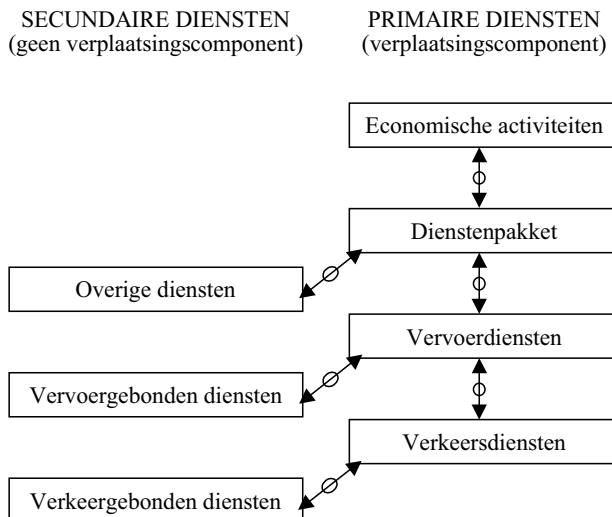
Net als bij vervoerdiensten geldt dat verkeersdiensten niet alleen onderling concurreren maar ook dat ze elkaar kunnen aanvullen. Bij dit zogenoemde *intermodale vervoer* stelt de operator van een vervoerdienst een keten van verkeersdiensten samen. Dit is vooral in het goederen-

vervoer sterk ontwikkeld. In het collectieve openbare personenvervoer vallen de schakels van een keten van verkeersdiensten vaak samen met die van een vervoerketen. De overgang van wegverkeersdienst naar railverkeersdienst (van bus naar trein) betekent meestal ook de overgang naar een andere vervoeronderneming met een andere dienstregeling, een ander tariefstelsel en dergelijke. De eindgebruiker (reiziger) wordt zelf geacht een keten samen te stellen, zie verder 3.3.

3.3 Verticaal specialiseren en secundaire diensten

Het basisschema van 3.1 kan in verticale zin worden uitgebreid door het tussenvoegen van lagen. Dit is zinvol als de nieuwe laag een transformatieproces vertegenwoordigt met een toegevoegde waarde die groter is dan de extra transactiekosten. Een voorbeeld is het integreren van een of meer vervoerdiensten met andere diensten (zoals een hotelovernachting) in een dienstenpakket.

Een andere uitbreiding is het toevoegen van secundaire diensten (diensten zonder verplaatsingscomponent) aan een primaire dienst (een dienst met een verplaatsingscomponent). Deze secundaire diensten worden in het model naast de primaire lijn geplaatst. De uitbreiding wordt weergegeven in Figuur 3-3.



Figuur 3-3 Verticale specialisatie en secundaire diensten

In deze paragraaf wordt verder ingegaan op achtereenvolgens het toevoegen van een nieuwe laag (dienstenpakket) en secundaire diensten. De relatie tot de logistieke keten verdient daarbij bijzondere aandacht.

3.3.1 nieuwe laag dienstenpakket

Tussen de laag economische activiteiten en de laag vervoerdiensten kan een nieuwe laag dienstenpakket worden ingevoegd. Een dergelijk dienstenpakket bestaat bijvoorbeeld uit:

- vervoerintegratiedienst (samenstellen van vervoerketens, zoals de *Odessey-kaart*⁴ in het personenvervoer, en *integrators* in het goederenvervoer);
- reisbureaudienst in het personenvervoer (integratie met niet verplaatsingsgebonden diensten, zoals verblijf, entertainment);
- logistieke diensten in het goederenvervoer (integratie met niet verplaatsingsgebonden logistieke diensten, zoals in- en uitpakdienst (*strippen* en *stullen* van containers), opslag, laden/ lossen, *Value Added Logistics*).

Kenmerk is dat de eindgebruiker geen directe relatie heeft tot de vervoerproducent. Hij doet zaken met een “tussenpersoon”, die op zijn beurt de vervoerdiensten (en andere diensten) inkoop. Er ontstaat derhalve een nieuwe laag en een nieuwe markt. De dienst die de tussenpersoon levert heeft een zekere toegevoegde waarde, zodat hij een bepaalde marge kan bedingen. In veel gevallen kan de eindgebruiker overigens ook buiten de tussenpersoon om zelf een dienstenpakket samenstellen om zijn logistieke keten te completeren.

In theorie is het denkbaar om ook tussen de lagen vervoerdiensten en verkeersdiensten een nieuwe laag dienstenpakket te schuiven. Omdat voor een dergelijke laag geen concrete toepassingen voorhanden zijn, wordt deze laag vooralsnog buiten het model gelaten.

3.3.2 secundaire diensten

Een toevoeging van een andere aard is het toevoegen van secundaire diensten aan de (primaire) vervoerdienst. Gedacht kan worden aan kwaliteitsverhogende diensten als catering, entertainment, of de koeling van goederen tijdens de reis. De producent van de vervoerdienst kan deze secundaire diensten eventueel bij derden inkopen. Kenmerkend verschil met de hierboven behandelde dienstenpakketten is echter dat eindgebruikers de vervoerdienst direct blijven inkopen bij de producent ervan. Er is derhalve geen sprake van een nieuwe laag (en ook niet van een nieuwe markt) tussen de leverancier van de vervoerdienst en de eindgebruiker.

Ook kunnen niet-verplaatsingsgebonden componenten van de vervoerdiensten (die volgens Bertrand (1990) in de productielogistiek deel uitmaken van het primaire proces) apart vermarkt worden, zoals

- informatievoorziening (bijvoorbeeld Openbaar Vervoer Reisinformatie);
- kaartverkoop (bijvoorbeeld strippenkaartverkoop door winkeliers).

De verkoper van strippenkaarten koopt echter niet zelf vervoerdiensten in die hij aan de eindgebruikers verkoopt. Hij is dan ook niet aansprakelijk voor de aan de eindgebruiker te leveren vervoerdienst. De eindgebruikers doen nog steeds rechtstreeks zaken met de vervoerproducent. Er is in dit geval dan ook geen sprake van een nieuwe laag.

3.3.3 logistieke keten

De logistieke keten vertegenwoordigt een andere dimensie dan de lijn van primaire diensten in het Lagenmodel. In Hoofdstuk 2 werd geconcludeerd dat het van belang is om de relatie tussen modellen voor logistieke ketens en het Lagenmodel helder te formuleren.

⁴De *Odessey-kaart* van het bedrijf Transvision, waarmee de multimodale deur-tot-deur vervoerketens konden worden besteld, werd in 2000 wegens gebrek aan succes afgeschaft.

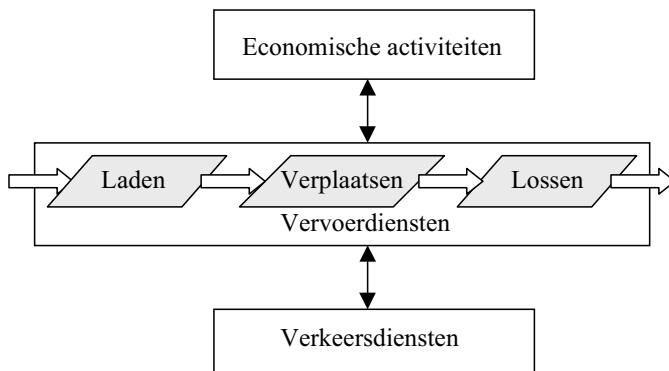
Damen (1994) heeft aangetoond dat de processen in het de goederenlogistiek terug te voeren zijn op zes basisprocessen die essentieel, compleet en disjunct zijn, te weten transporteren, bufferen, samenvoegen, splitsen, inpakken en uitpakken. Als we het basisproces transporteren onderscheiden in de functies laden, verplaatsen en lossen, kunnen we de logistieke keten in het goederenvervoer in het algemeen als volgt beschrijven:

inpakken → samenvoegen → bufferen → laden → verplaatsen → lossen → splitsen →
→ uitpakken

Een analoge indeling is op het personenvervoer toepasbaar:

verzamelen (van een reisgezelschap) → wachten → instappen → verplaatsen →
→ uitstappen → scheiden.

De logistieke keten betreft een sequentie van activiteiten en vertegenwoordigt daarmee een andere dimensie dan de primaire diensten in het basislagenmodel. Deze diensten worden immers simultaan geleverd. De transformaties laden + verplaatsen + lossen uit de logistieke keten komen overeen met een primaire dienst uit het basislagenmodel, te weten de vervoerdienst. De koppeling met de andere schakels van de logistieke keten vindt plaats via de transformaties: laden en lossen (zie Figuur 3-4).



Figuur 3-4 Koppeling tussen Lagenmodel en logistieke keten.

3.4 Inzet en beheer van vervoer- en verkeersmiddelen

Om de primaire diensten te kunnen produceren zijn middelen vereist die in de benodigde functies voorzien. Het leveren van deze functies door de middelen kan als een dienst worden beschouwd die op een markt wordt aangeboden. De inzet en het beheer van de middelen zullen als afzonderlijke lagen en markten in het Lagenmodel worden opgenomen. Voor vervoerdiensten zijn vervoerfuncties nodig, te leveren door vervoermiddelen; voor verkeersdiensten zijn verkeersfuncties nodig, te leveren door verkeersmiddelen. De vervoer- en verkeersfuncties en -middelen worden hieronder nader toegelicht.

3.4.1 vervoer- en verkeersfuncties

Vervoerfuncties zijn functies die aangrijpen op de zending (het vervoerobject) en die een verplaatsingscomponent (ruimte-tijdaspect) hebben. De voornaamste zijn:

1. laden en lossen (van de zending om verplaatsing mogelijk te maken);
2. beschermen (van de zending tijdens de verplaatsing);
3. informatie verschaffen (over de zending tijdens de verplaatsing).

De functies laden en lossen hebben strikt genomen geen verplaatsingscomponent. Desondanks rekenen we ze tot de vervoerfuncties, omdat ze noodzakelijke voorwaarden voor het leveren van een vervoerdienst vormen. Laden en lossen zijn de transformaties uit de logistieke keten die grenzen aan de transformatie verplaatsen (zie Figuur 3-4). Andere functies uit de logistieke keten (in- en uitpakken, samenvoegen en splitsen, bufferen) rekenen we niet tot de vervoerfuncties, omdat ze niet direct zijn gerelateerd aan een verplaatsing.

Een overstap of de overslag van een zending betreft de overgang van het ene vervoermiddel naar het andere. Dit is terug te brengen tot lossen en vervolgens laden, eventueel verbonden door andere logistieke processen (zoals bufferen). Een overstap of overslag verbindt twee schakels in een vervoerketen, met andere woorden, verbindt twee vervoerdiensten. In veel gevallen zal de dienst die aan de eindgebruiker (de reiziger of verlader) wordt geleverd bestaan uit een aantal vervoerdiensten plus de verbindende overstap/overslag.

Verkeersfuncties zijn functies die aangrijpen op het verkeersobject (de zending met het daaraan toegevoegde vervoermiddel) en die een verplaatsingscomponent (ruimte-tijdaspect) hebben:

1. dragen (verticale krachten leveren);
2. voortstuwen (kracht in de verplaatsingsrichting leveren);
3. sturen (laterale en achterwaarts gerichte krachten leveren);

De bovenstaande drie functies zijn gedefinieerd door Bruzelius (1994). Het is zinvol om een vierde verkeersfunctie toe te voegen:

4. veilige verplaatsingsruimte bieden.

Deze vierde verkeersfunctie is noodzakelijk, omdat er in principe meerdere simultane verkeersdiensten kunnen worden geleverd die elkaar kunnen hinderen. Een andere reden voor het expliciteren van de vierde verkeersfunctie is dat deze functie voorkomt dat obstakels de verplaatsing hinderen.

3.4.2 vervoer- en verkeersmiddelen

De vervoer- en verkeersfuncties worden geleverd door vervoermiddelen, respectievelijk verkeersmiddelen. De middelen kunnen tijdens het leveren van de dienst meebewegen met de zending (mobiele middelen) of plaatsgebonden zijn (infrastructuur)⁵. Onder middelen vallen in dit verband ook mensen, bijvoorbeeld bedienend personeel. Een metrotrein kan worden bediend door een machinist of door een rij-automaat. De geleverde dienst (functie) is in essentie dezelfde.

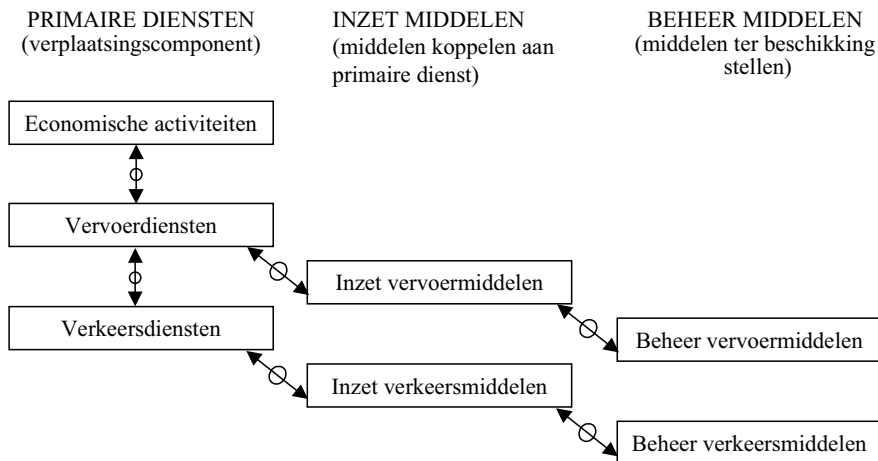
We maken onderscheid tussen het *beheer* van de middelen en de *inzet* van de middelen. De middelenbeheerder stelt de middelen ter beschikking (capaciteiten en kwaliteiten) op de *markt voor vervoer*- respectievelijk voor *verkeersfuncties*. Voorbeelden zijn het beschikbaar stellen van rijwegen (unieke rijmogelijkheden over een infrastrukturelement) door de beheerder van

⁵ Zie verder Hoofdstuk 5 voor wat betreft railverkeersmiddelen.

railverkeersinfrastructuur⁶ en het voor kortere of langere tijd verhuren van een tankwagen door een gespecialiseerd bedrijf. Onder het beheer valt de zorg voor onderhoud en vernieuwing en de planning van de ook op de langere termijn benodigde capaciteiten en kwaliteiten.

De afnemer van de diensten die door de middelenbeheerder worden geleverd, is een actor die de capaciteiten en kwaliteiten vertaalt in eenheden die nodig zijn voor het uitvoeren van een primaire dienst (vervoer- of verkeersdienst), zie Figuur 3-4. Deze eenheden worden aangeboden op een *markt voor de inzet van middelen*, bijvoorbeeld de (interne) markt voor de inzet van de beschikbare opleggers over de verschillende vervoerdiensten die moeten worden geleverd.

Voor de verkeersfuncties betreft het de *markt voor verkeerspaden* (paden in de vierdimensionale tijdruimte, voorzien van tractie en bediening). Bij de levering van een verkeerspad worden vervoermiddelen voor een bepaalde tijdsperiode toegevoegd aan een bepaald verkeersobject zodat een verkeersdienst kan worden geleverd. Een voorbeeld van een verkeerspad, nodig voor een luchtverkeersdienst (het opstijgen van een vliegtuig) is een *slot* op een luchthaven (een “rijweg” die gedurende een bepaalde periode beschikbaar is voor een verkeersdienst) in combinatie met tractie (vliegtuig) en bediening (piloot). Het vliegtuig, al dan niet voorzien van lading, is daarbij het verkeersobject dat verplaatst moet worden.



Figuur 3-5 Inzet en beheer van vervoermiddelen en verkeersmiddelen.

Voor de inzet en het beheer van vervoer- en verkeersmiddelen is het van belang om onderscheid te maken naar het niveau waarop de besturing van het (deel)systeem betrekking heeft⁷. Bij het strategisch management worden (onder meer) de middelen gedefinieerd en staan de functies centraal. Bij het tactische besturingsniveau (planning van de inzet van middelen) en het operationele management (feitelijke inzet van middelen) zijn de functies en de middelen gedefinieerd en is de fysieke verschijningsvorm van de –mobiele en plaatsgebonden– midde-

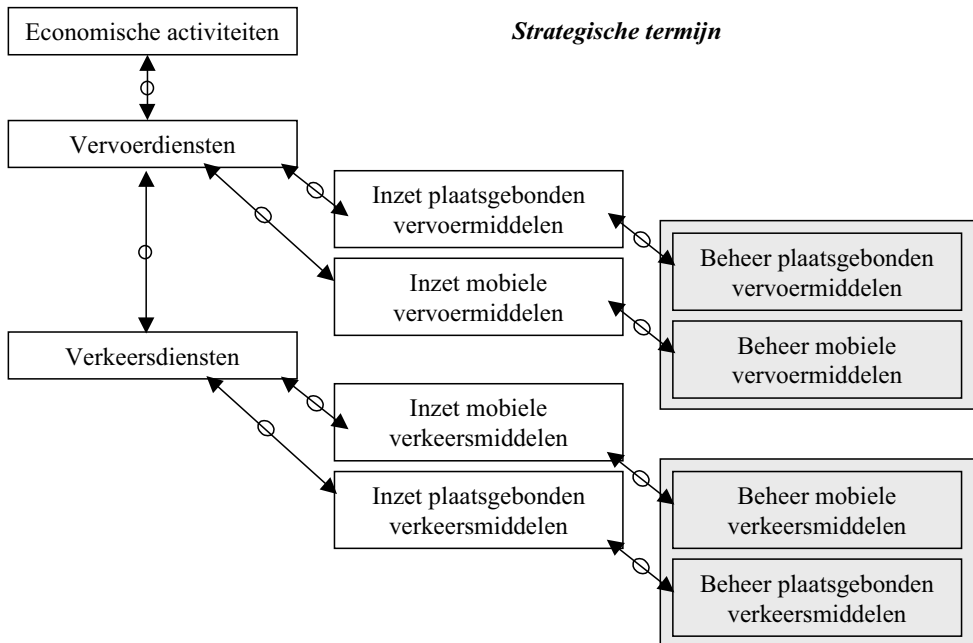
⁶ In Hoofdstuk 5 worden de transformatieprocessen binnen het railverkeerssysteem uitgedetailleerd.

⁷ In Hoofdstuk 5 wordt de analogie met de productielogistiek uitgewerkt voor de besturing van het railverkeerssysteem.

len uitgangspunt. Het bovenstaande betekent dat bij het strategisch management het *beheer* van de middelen van groter belang is dan de *inzet*. Op het tactische en operationele niveau heeft juist de *inzet* van de middelen de grootste invloed op de levering van de primaire diensten. Hieronder wordt dit toegelicht.

3.4.3 inzet en beheer op strategisch niveau

Bij het strategisch vervoer- en verkeersmanagement⁸ worden de middelen gedefinieerd en is het van belang om functies in voldoende abstracte termen te beschrijven. In Figuur 3-6 wordt dit gesymboliseerd door de twee grijze vlakken die de functionele samenhang tussen mobiele en plaatsgebonden verkeersmiddelen, respectievelijk vervoermiddelen, aangeven.



Figuur 3-6 Inzet en beheer van vervoermiddelen en verkeersmiddelen: strategische termijn.

Zo kan het door technologische ontwikkelingen van belang zijn om na te gaan of de rol van de machinist bij het leveren van de verkeersfunctie sturen niet (gedeeltelijk) kan worden overgenomen door een rij-automaat⁹. Bij de herdefinitie van verkeersmiddelen in innovatieve processen is het essentieel om scherp te definiëren welke (verkeers)functie(s) de middelen moeten leveren. Huidige trends zijn:

- van vast naar mobiel (bijvoorbeeld het leveren van route-informatie verschuift van borden langs de weg naar computersystemen in de auto, seinen langs het spoor worden in nieuwere beveiligingssystemen vervangen door signalering in de cabine);

⁸ Het strategisch beheer van railverkeersmiddelen is een belangrijk thema in Hoofdstuk 6.

⁹ Hierbij gaat het, bijvoorbeeld, om het vertalen van de opdracht om op een bepaald tijdstip met een bepaalde snelheid een locatie te passeren in de acties aanzetten of remmen.

- van mens naar systeem (bijvoorbeeld de bediening van een beweegbare brug verschuift van handbediening naar een op afstand bestuurd automaat)¹⁰.

3.4.4 inzet en beheer op tactisch en operationeel niveau

Een vervoerdienst wordt voor een belangrijk deel simultaan met een verkeersdienst geleverd: het vervoerobject wordt simultaan met het verkeersobject verplaatst. De verplaatsing kan pas worden gerealiseerd, als de benodigde verkeers- en vervoermiddelen aan de zending zijn gekoppeld. Anders geformuleerd: de primaire diensten kunnen pas worden geleverd, als materieel (mobiel verkeers- en vervoermiddel), personeel (mobiel verkeers- en vervoer“middel”) en een veilige weg (plaatsgebonden verkeersmiddel) zijn toegewezen aan de verplaatsing. Het plaatsgebonden vervoermiddel (bijvoorbeeld een perron) is noodzakelijk voor dat deel van de vervoerdienst (bijvoorbeeld in- en uitstappen van reizigers) dat niet simultaan verloopt aan de verkeersdienst, maar er overigens wel aan is gerelateerd.

De besturing van de inzet van mobiele middelen verloopt anders dan die van de vaste middelen. In tegenstelling tot vaste middelen bewegen mobiele middelen immers mee met de verplaatsing (de primaire dienst). Dit wordt geïllustreerd door de zogenoemde leegvaart¹¹, die nodig is om de omloop van mobiele middelen sluitend te maken. Het (logistieke) onderscheid tussen mobiele en vaste middelen is dominant ten opzichte van het functionele onderscheid vervoermiddel versus verkeersmiddel. Dit wordt in Figuur 3-7 zichtbaar gemaakt door het grijze vlak dat de fysieke afhankelijkheid tussen mobiele verkeers- en vervoermiddelen symboliseert bij de inzet van de middelen.

Bij het tactisch management (plannen van de inzet van middelen) en het operationeel management (de feitelijke inzet van middelen) ligt het, gezien het bovenstaande, voor de hand om uit te gaan van de fysieke eenheden, zoals auto's, conducteurs, perronsporen enz. Vaak dient een fysieke eenheid tegelijkertijd als vervoer- en als verkeersmiddel. Dit betreft met name de plaatsgebonden middelen, bijvoorbeeld:

- een treinstel of een autobus heeft zowel stoelen en airconditioning (vervoermiddelen) als een motor en remmen (verkeersmiddel);
- een binnenvaartschipper zorgt voor de lading (vervoerfunctie) en bedient motor en roer (verkeersfuncties).

De plaatsgebonden verkeersmiddelen zijn soms sterk gerelateerd aan plaatsgebonden vervoermiddelen (perron versus perronspoor), maar vormen geen fysiek eenheid.

In de (operationele en tactische) praktijk worden mobiele middelen beschouwd als vervoermiddelen en vaste middelen als verkeersmiddelen¹². Als mobiele middelen gelden materieel en bedienend personeel, maar ook servicepersoneel aan boord. Infrastructuur, inclusief het personeel dat de infrastructuur bedient (dat wil zeggen, de infrastructuur toewijst aan een ver-

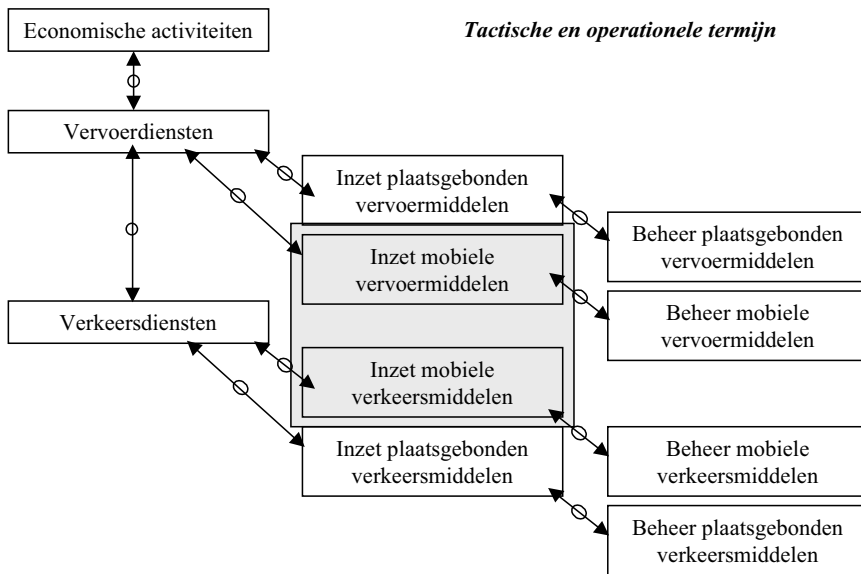
¹⁰ Zie Schaafsma (1998) voor voorbeelden uit de spoorwegpraktijk.

¹¹ Leegvaart is het verplaatsen van mobiele verkeers- en vervoermiddelen zonder (commerciële) lading. Voorbeelden zijn retourritten van vrachtauto's van Duitsland naar Nederland en het zogenoemde "passagieren" van machinisten aan het einde van hun dienst naar de standplaats. De afnemer van een dergelijke verkeersdienst is de degene die verantwoordelijk is voor de inzet van de betreffende middelen.

¹² Dit komt terug in de meeste lagenmodellen die in Hoofdstuk 2 zijn geanalyseerd.

keersdienst) wordt beschouwd als vervoersmiddelen. Uit het bovenstaande kan worden geconcludeerd, dat deze versimpeling om twee redenen bezwaarlijk is¹³:

- het onderscheid tussen vervoer- en verkeersdiensten vervaagt, wat bijvoorbeeld voor onnodige belemmeringen bij het aanbesteden van openbare vervoerdiensten leidt;
- het vormt een belemmering voor adequaat middelenmanagement op strategisch niveau als de optimale toewijzing van functies aan de middelen aan de orde is.



Figuur 3-7 Inzet en beheer van vervoermiddelen en verkeersmiddelen: tactische en operationele termijn.

3.5 Lagenmodel Verkeer & Vervoer

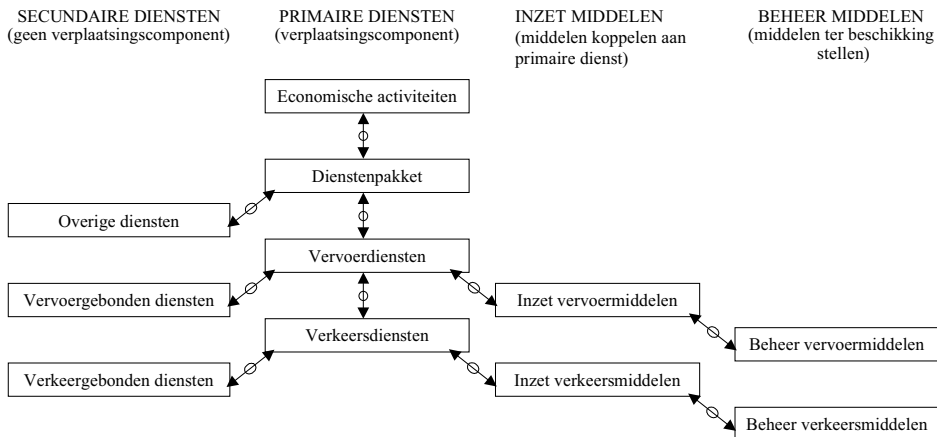
Door integratie van de elementen uit de vorige paragrafen ontstaat het generieke¹⁴ Lagenmodel Verkeer & Vervoer (Figuur 3-8). De horizontale differentiatie binnen de lagen nemen we niet op in het generieke model, omdat de manier van horizontaal differentiëren te zeer specifiek is per probleemstelling.

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is generiek van karakter. Bij een specifieke probleemstelling is een specifieke uitwerking van het model vereist. Voorbeelden van verschillen tussen probleemvelden die tot verschillen tussen de uitwerkingen van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer zullen leiden zijn, bijvoorbeeld:

¹³ Zie verder Hoofdstuk 4.

¹⁴ Met *generiek* wordt hier bedoeld: van toepassing op in principe alle verkeers- en vervoermodaliteiten en bovendien geschikt om een breed scala aan probleemstellingen te kunnen analyseren.

- operationeel/tactisch (fysieke samenhang en logistiek dominant) ↔ strategisch (functies en definities dominant);
- goederenvervoer (verlader ≠ zending) ↔ reizigersvervoer (verlader = zending);
- heterogene zendingen ↔ homogene zendingen (verpakte data, bulkstoffen door pijplijn).



Figuur 3-8 Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

De waarde van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer bestaat uit de identificatie van de elementen van het verkeers- en vervoersysteem, zoals diensten, markten, functies, de samenhangen die tussen de elementen bestaan en de duiding van de relaties met de omgeving van het systeem. Gevoegd bij een consistente terminologie wordt hiermee een structurerende bijdrage geleverd aan de debatten ten aanzien van verkeers- en vervoervraagstukken. Uiteraard dient het Lagenmodel Verkeer & Vervoer zijn waarde in de praktijk te bewijzen door een succesvolle toepassing. De volgende paragraaf van dit hoofdstuk zal hiervoor een aanzet geven, terwijl in Hoofdstuk 4 het Lagenmodel Verkeer & Vervoer zal worden toegepast om de spoorwegen te analyseren.

3.6 Toepassingen van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Discussies rondom verkeers- en vervoervraagstukken worden veelal belemmerd, doordat er verwarring bestaat over de interpretatie van begrippen als “light rail”, “kernnet”, “bereikbaarheid”, “inframanager” en “capaciteitsmanager”. Vaak is niet duidelijk op welke diensten binnen het verkeers- en vervoersysteem deze begrippen betrekking hebben.

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is bij uitstek geschikt om dergelijke discussies te structureren. In deze paragraaf worden daartoe een aantal aspecten geanalyseerd die in principe op elke laag (of markt) in het Lagenmodel kunnen aangrijpen. Deze aspecten kunnen gezien worden als dimensies die loodrecht staan op de primaire (verticale) lijn in het Lagenmodel. Om de waarde van het Lagenmodel te demonstreren wordt in dit hoofdstuk een aantal van deze dimensies kort besproken aan de hand van voorbeelden per laag. Hierbij zijn de lagen inzet en beheer van de middelen telkens samengenomen tot één laag.

3.6.1 aggregatieniveau (micro / macro)

Het is van belang om onderscheid te maken naar aggregatieniveau: microniveau of macroniveau. Individuele keuzes van mobilisten spelen zich af op microniveau, maar de effecten van deze keuzes tezamen manifesteren zich veelal op macroniveau. Als, bijvoorbeeld, een individuele vervoerdienst wordt beschreven (microniveau), gaat het bijvoorbeeld om het verplaatsingsgedrag of de vervoerwijzekeuze van een individu. Een aanbieder van diensten heeft te maken met de omhullende van een groot aantal simultane diensten (macroniveau). Dit verschil in benadering is, bijvoorbeeld, de basis voor het onderscheid tussen gedisaggregeerde en geaggregeerde verkeers- en vervoermodellen. In Tabel 3-4 worden per laag uit het Lagenmodel een aantal voorbeelden van een micro- en een macrobenadering gegeven.

Tabel 3-4 Aggregatieniveaus van de diensten: voorbeelden per laag.

<i>Aggregatieniveau →</i> ↓ <i>Laag</i>	<i>Individuele dienst (micro)</i>	<i>Som van alle diensten (macro)</i>
economische activiteiten	wonen, werken, recreëren	activiteitenpatronen
vervoerdiensten	reismogelijkheid	spoorboekje
vervoermiddelen	zitplaats in de 1 ^e klas	aantal wagons
verkeersdiensten	vertraging van een trein	afwikkelingsniveau treindienst
verkeersmiddelen	tijdens spitsuur opengestelde vluchtstrook	wegennet

3.6.2 ketens en netwerken

De vraag naar verplaatsingsgebonden diensten vindt veelal plaats in de vorm van ketens. Op het macroniveau worden diensten aangeboden in een gebundelde vorm die hierbij zo goed mogelijk aansluiten: lijnen. Lijnen vormen vervolgens de takken van netwerken. De interactie tussen de lijnen vindt plaats op de knopen van de netwerken. De samenstelling van de netwerken (takken en knopen) is per laag in principe verschillend, zie ook Tabel 3-5.

Tabel 3-5 Ketens en netwerken: voorbeelden per laag.

<i>Laag</i>	<i>Ketens en netwerken</i>
economische activiteiten	fabricageproces verspreid over verschillende locaties, vanaf het werkadres via een winkel naar huis gaan; verplaatsingspatronen, economische corridors, netwerksteden
vervoerdiensten	vraag: geschakelde vervoerketens van herkomst naar bestemming (van deur naar deur) aanbod: lijnennet, overstapknoop, <i>hub & spokes</i> in het luchtvervoer; doorgaande vervoerbewijzen, reisinformatie
vervoermiddelen	omloop van een treinstel, conducteursdienst
verkeersdiensten	treindienst van begin- naar eindstation, retourrit;
verkeersmiddelen	omloop van een locomotief, omloop van een treinstel; staande mastroute, luchtcorridors

Zo hoeft een vervoerknoop in principe niet samen te vallen met een verkeersknoop, waar treinen van de ene lijn op een andere overgaan. Station Amsterdam Sloterdijk is een vervoerknoop, waar reizigers van de ene lijn overstappen op een andere lijn, maar geen (rail)verkeersknoop, waar treinen van de ene lijn op een andere kunnen overgaan. Bij Harmelen, daarentegen, is een railverkeersknoop waar treinen vanuit de richting Woerden over kun-

nen gaan op de lijn naar Breukelen of de lijn naar Utrecht. Harmelen heeft echter geen station waar reizigers kunnen kiezen uit meerdere lijnen (reizigersvervoerknoop).

3.6.3 performance-aspecten

De performance van de primaire diensten is bepalend voor de concurrentiepositie op de boven de betreffende laag gelegen markt. Performance kan worden uitgedrukt in de volgende elementen:

- effectiviteit (doelstelling halen, vraag accommoderen, omzet, marktaandeel);
- efficiency (niet verspillen, verhouding tussen output en input, rendement);
- kwaliteit (tijdigheid);
- flexibiliteit (dynamiek in de vraag accommoderen).

Tabel 3-6 geeft per laag een aantal voorbeelden van diensten met een hoge score op een van de performance-aspecten.

Tabel 3-6 Performance-aspecten van de diensten: voorbeelden per laag.

<i>Performance-aspect →</i> ↓ <i>Laag</i>	<i>Effectiviteit</i>	<i>Efficiency</i>	<i>Kwaliteit</i>	<i>Flexibiliteit</i>
economische activiteiten	behoefte aan verre vakantiereizen	uitbesteden aan “lage lonenlanden”	zie Tabel 3-7	“nog even snel langs de winkel”
vervoerdienst	rechtstreekse busdienst naar bedrijvenpark	bus op afroep	zie Tabel 3-7	bus op afroep
vervoermiddelen	containerdraagwagon, restaurant op veerboten	staanplaatsen in de spitsuren, dubbeldekkers	zie Tabel 3-7	extra wagon vanwege plotselinge drukte, streekbus wordt in het weekeinde ingezet als touringcar
verkeersdienst	penetratie van treindiensten in binnensteden, vakantiechartervluchten	bus in plaats van trein in avonduren, homogeniseren van snelheden	zie Tabel 3-7	extra trein vanwege plotselinge drukte, extra halte bedienen vanwege een evenement
verkeersmiddelen	hoge snelheid spoorlijn	Europese standaardisatie van beveiligingssystemen	zie Tabel 3-7	universeel spoorgebruik, combitaak tram/bus-bestuurders

Vanwege het ruimte–tijd karakter van de diensten binnen het verkeers– en vervoerssysteem zijn belangrijke kwaliteitsaspecten in elke laag te herkennen, zie Tabel 3-7.

Tabel 3-7 Kwaliteitsaspecten van diensten: voorbeelden per laag.

<i>Kwaliteitsaspect →</i> ↓ <i>Laag</i>	<i>Verplaat- singstijd</i>	<i>Verplaat- singscom- fort</i>	<i>Beschik- baarheid naar plaats</i>	<i>Beschik- baarheid naar tijd</i>	<i>Betrouw- baarheid van levering</i>
economische activiteiten	opvolgtijd tus- sen activiteiten / bewerkingen	zinnvolle tijd- besteding tijdens de reis	bereikbaar- heid van economische centra	24 uursec- onomie	just-in-time
vervoerdienst	reistijd van deur naar deur	zitcomfort, schadevrij- heid	basisvoor- ziening openbaar vervoer	taxi	voorspelbaar- heid van aan- komsttijdstip
vervoermiddelen	toegestane vervoersnel- heid	vering reizi- gerscompar- timent	loopafstand naar halte	schoon- maakroos- ter	bedrijfszeker- heid, op tijd in dienst komen
verkeersdienst	rijtijd van sta- tion naar stati- on	rijcomfort	openen van goederenlijn voor reizi- gerstreinen	“bus in plaats van trein”	punctualiteit
verkeersmiddelen	toegestane rij- snelheid, ac- celeratiever- mogen	wegligging, vlakheid weg	wegbekend- heid machi- nist, maas- wijdte we- gennet	rij- en rusttijden	bedrijfszeker- heid, op tijd in dienst komen

De performance in een lager gelegen laag van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer heeft invloed op de hoger gelegen lagen. Bijvoorbeeld, als de beveiligingsinstallaties bij de spoorwegen (verkeersmiddelen) vaak gestoord zijn, zodat het verkeersmiddel infrastructuur niet beschikbaar is, is het moeilijk om een betrouwbare vervoerdienst te leveren¹⁵. De eindgebruiker (de reiziger of verlader) heeft er echter geen boodschap aan dat de vertraging een gevolg is van het falen van een beveiligingssysteem. Bij een goede werking van de markten tussen de lagen worden in de afspraken tussen de verschillende leveranciers en ontvangers afspraken gemaakt over de te leveren kwaliteiten. Daarbij is een leverancier in principe verantwoordelijk voor de kwaliteit van de dienst die hij levert (output), ongeacht de afspraken die hij met zijn toeleveranciers maakt (input).

3.6.4 randvoorwaarden bij de levering van diensten

Voor de levering van de diensten gelden randvoorwaarden waarvan stilzwijgend wordt aangenomen dat eraan wordt voldaan. De randvoorwaarden zijn vanzelfsprekend, dan wel wettelijk voorgeschreven, zodat ze de concurrentiepositie van de aanbieder van de dienst niet beïnvloeden. Het gaat om intrinsieke en externe randvoorwaarden.

¹⁵ In Hoofdstuk 8 zal dit voorbeeld verder worden uitgewerkt.

De intrinsieke hebben betrekking op de dienst in relatie tot de afnemer, de externe betreffen de effecten op de omgeving, zoals milieuhinder en externe veiligheid. In Tabel 3-8 worden enkele voorbeelden gegeven.

Tabel 3-8 Randvoorwaarden bij het leveren van een dienst: voorbeelden per laag.

<i>Randvoorwaarden →</i> ↓ <i>Laag</i>	<i>Intrinsiek</i>	<i>Extern</i>
economische activiteiten	het nut is groter dan de kosten	chloor produceren in de nabijheid van de afnemer
vervoerdienst	bij stremming van de treindienst wordt voor vervangend vervoer gezorgd	lading is deugdelijk vastgesjord
vervoermiddelen	betrouwbaarheid van de autogordel	hoogte van een vrachtwagen
verkeersdienst	trein vertrekt niet eerder dan volgens spoorboekje	geluidsproductie van een bromfiets
verkeersmiddelen	continuïteit van het wegprofiel	tunnel wordt niet opengesteld voor vervoer van gevaarlijke stoffen

Soms is het aangrijpingspunt voor wettelijke normen (externe randvoorwaarden) niet adequaat. Zo werden in het verleden geluidsnormen voor Schiphol (aangrijpingspunt: verkeersdienst) vertaald in maximale aantallen vliegtuigpassagiers (aangrijpingspunt: vervoerdienst). Het effect hiervan was dat de prikkel voor innovatie (het ontwikkelen van geluidsarme vliegtuigen) verdween en dat er een ongewenst neveneffect (het onnodig inperken van de bijdrage van Schiphol aan de economische groei) ontstond.

3.6.5 rol van de overheid

De rol van de overheid ten aanzien van verkeer en vervoer stoelt ten eerste op het beheersen van de in 3.6.4 genoemde externe randvoorwaarden. Ten tweede gaat het om het bereiken van bepaalde (mobiliteits)beleidsdoelen en ten derde om het reguleren van de markt werking in het verkeers- en vervoersysteem. De rol van de overheid is aan de hand van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer goed te structureren. Uitgangspunt is daarbij dat de overheid geen actor (leverancier of afnemer) is in de primaire lijn van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. In Tabel 3-9 worden per laag voorbeelden van het ingrijpen van de overheid in het verkeers- en vervoersysteem gegeven.

Een belangrijk aspect is het schaalniveau van de overheid dat bij de verkeers- en vervoerdiensten betrokken zou moeten zijn: mondiaal, Europees, nationaal, provinciaal, stadsgewestelijk, gemeentelijk of stadsdeelniveau. In veel landen zijn regionale vervoerautoriteiten in het leven geroepen die een gebied bestrijken dat past bij de dominante vervoerstromen.

Tabel 3-9 Rol van de overheid bij de levering van vervoer- en verkeersdiensten: voorbeelden per laag.

<i>Rol van de overheid → ↓ Laag</i>	<i>Beheersen omgevings- randvoorwaarden</i>	<i>(Mobiliteits)- beleidsdoelen</i>	<i>Marktregulering</i>
economische activiteiten	hinderwetvergunningen	economische groei, bereikbaarheid, kwaliteit leefomgeving, veiligheid	grondbeleid; woningdifferentiatie; A, B, C –locaties
vervoerdienst	chloorvervoer uitsluitend per trein; vervoerregeling voetbal-supporters	bereikbaarheid, mobiliteit faciliteren; bevorderen “vervoermanagement” bij bedrijven; intermodaliteit	opheffen monopoliepositie VSN/Connexxion; invoeren van regulering d.m.v. aanbesteding/contractering i.p.v. vrije markt of gereguleerde markt
vervoermiddelen	veiligheidseisen stellen (bijvoorbeeld, airbag)	eisen aan toegankelijkheid voor gehandicapten; voorzien in stationsinfrastructuur	geen
verkeersdienst	beheersen milieuhinder Schiphol; toelaatbare snelheid op autosnelweg	bevorderen intermodaal vervoer en <i>modal shift</i>	drempel verlagen voor nieuwe (goederen) “vervoerders” (slepers); beperkte infragebruiksheffing; invoeren kilometerheffing wegverkeer
verkeersmiddelen	max. uitstoot vrachtwagens; max. snelheid racemotor; inpassing nieuwe infrastructuur	voorzien in adequate verkeersinfrastructuur voor alle modaliteiten	monopoliepositie NS ten aanzien van materieel en opleiding machinisten opheffen; opkoopregeling binnenvaart, tankstations langs autosnelwegen

In de huidige beleidscontext is de rol van de overheid niet altijd helder. Enkele voorbeelden uit het openbaar vervoer en railverkeer:

- Wat stellen de begrippen “light rail” en “hoofdrailnet” precies voor?
- Welke aspecten moeten op welk detailniveau worden gecontracteerd bij het verlenen van vervoerconcessies?

De rol van de overheid ten aanzien van het railverkeerssysteem komt nader aan de orde in Hoofdstuk 4, onder meer aan de hand van de case Aanbesteding HSL Zuid.

3.7 Evaluatie opbouw Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Verkeer en vervoer zijn sterk verweven met allerlei maatschappelijke processen. Bovendien zijn verkeers- en vervoerdiensten van zichzelf complex. Daarom is een model nodig voor de functionele ontrafeling van de processen, bijvoorbeeld ten behoeve van het bereiken van performanceverbetering door concurrentie en innovatie en het structureren van overheidsbeleid.

3.7.1 een generiek Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer gebaseerd op diensten en markten is een generiek model, dat wil zeggen, van toepassing op in principe alle verkeers- en vervoermodaliteiten en bovendien geschikt om een breed scala aan probleemstellingen te kunnen analyseren. Het kan als universele basis voor het beschrijven van processen in verkeer en vervoer dienen, waarbij het een plaats geeft aan actoren, zoals de overheid in zijn verschillende rollen.

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer beoogt niet een statisch model te zijn. Afhankelijk van de toepassing kunnen lagen worden samengenomen of juist nieuwe lagen worden toegevoegd. Het toevoegen van lagen vindt plaats indien transactiekosten lager zijn dan de meerwaarde van specialisatie. Met name in de goederenlogistiek is dit veelvuldig het geval, met name door het integreren van niet-verplaatsing gebonden diensten in een dienstenpakket. In het reiziger- vervoer lijkt de toegevoegde waarde van nieuwe systeemlagen vooralsnog niet op te wegen tegen de transactiekosten¹⁶. Belangrijk verschil met het goederenvervoer is dat reizigers logistieke processen tegen lage kosten zelf kunnen uitvoeren, zoals het in- en uitstappen (laden en lossen) en het verzamelen van informatie over mogelijke vervoerdiensten.

Het generieke Lagenmodel voor alle vormen van vervoer helpt om de verschillen en overeenkomsten tussen verschillende te begrijpen en daarvan te leren. Enkele voorbeelden:

- Waarom zijn er in het goederenvervoer veelal meer lagen dan in het reizigersvervoer?
- Waarom bestaat “vervoerleiding” (begeleiden reizigersstromen of individuele reizigers) in het openbaar vervoer niet of nauwelijks?

Het generieke Lagenmodel voor alle verkeersmodaliteiten helpt om de verschillen en overeenkomsten tussen verschillende modaliteiten te begrijpen en daarvan te leren. Enkele voorbeelden:

- Waarom werkt het marktordeningsmodel van het luchtverkeer (nog) niet bij de rail?
- Wat kan wegverkeersmanagement leren van 160 jaar railverkeersmanagement?

3.7.2 kanttekeningen bij het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Een generiek denkkader helpt enerzijds om spraakverwarring te voorkomen. Anderzijds kunnen universele modellen tot verstarring leiden: dogma’s in beleidsformulering (“wat in het wegverkeer kan, moet bij het railverkeer ook kunnen”) en drempels voor innovatie (“vervoerders betalen het rollend materieel, overheid betaalt de infrastructuur”). Het is van groot belang om bij analyses oog te houden voor de nuance en te beseffen waar het generieke karakter van een model ophoudt en het vraagstuk een specifieke toepassing vraagt.

¹⁶ Getuige, bijvoorbeeld, de zeer kleine markt waarin de *Odessey*-kaart van *Transvision* opereerde.

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer beschrijft de aanbodzijde van het verkeers- en vervoersysteem en de relatie met de aanbodzijde, maar niet de vraag naar vervoerdiensten zelf. Het Lagenmodel is daarom niet toegesneden op alle analyses met betrekking tot verkeers- en vervoerprocessen. Een belangrijke interactie waaraan het model geen recht doet is die tussen de toplaag (de economische activiteiten van verladers en reizigers die een vervoerbehoefte genereren) en de achterliggende reden van die verplaatsingsbehoefte. Gedoeld wordt op de relatie tussen sociaal- economische en ruimtelijke processen, zoals de structurerende werking van infrastructuur in de ruimtelijke ordening en de relatie tussen de generatie van verplaatsingen en de ruimtelijke spreiding van activiteiten. Het introduceren van dit verband zou het Lagenmodel Verkeer & Vervoer als het ware cyclisch maken: de laag beheer verkeersmiddelen heeft interactie met de toplaag economische activiteiten. Als relaties van dit type centraal staan in de analyses verdient het aanbeveling om een ander model te hanteren, zoals dat van Boerkamps (1999) voor stedelijk goederenvervoer.

3.7.3 toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

In deze dissertatie zal het Lagenmodel ten eerste worden toegepast om de verschillende markten tussen de verschillende systeemlagen te identificeren om te bezien in hoeverre concurrentie tot een performanceverbetering kan leiden. Een tweede toepassing is het afbakenen van functionele deelsystemen (de systeemlagen) waarbinnen innovaties een kans kunnen krijgen. Ten derde kunnen de systeemlagen en markten dienen voor de ordening van de verschillende rollen van de overheid ten aanzien van het verkeers- en vervoersysteem. Een concrete toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is stedelijke goederendistributie, zie bijvoorbeeld, de dissertatie van Van Binsbergen en Visser (2001).

Een meer algemene toepassing van het Lagenmodel is het structureren van discussies ten aanzien van verkeer en vervoer. Het Lagenmodel en het bijbehorende begrippenkader kan spraakverwarring voorkomen, zoals over “netwerksamenhang” (gaat het, bijvoorbeeld, over een vervoernetwerk of over een infrastructuurnetwerk) of over “vertraging” (gaat het over het te laat arriveren van een trein (verkeersdienst) of over het te laat arriveren van de reiziger bij zijn eindbestemming (vervoerdienst). Afhankelijk van de toepassing kunnen aan het Lagenmodel dimensies worden toegevoegd. Reeds genoemd is de rol van de overheid. Andere aspecten kunnen, bijvoorbeeld, zijn: logistieke ketens¹⁷, actoren, besturingsmodellen, netwerk-samenhang.

In Hoofdstuk 4 van deze dissertatie zal het Lagenmodel Verkeer & Vervoer worden getoetst om de spoorwegen te analyseren langs functionele lijnen. De analyse zal worden toegespitst op het onderste gedeelte van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer: het railverkeerssysteem. De besturing van het railverkeerssysteem is onderwerp van Deel II van de dissertatie (Hoofdstukken 5 t/m 9).

¹⁷ Logistieke ketens staan als het ware haaks op het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Op het kruispunt staan de vervoerfuncties: laden – verplaatsen – lossen.

4 Toepassing Lagenmodel voor analyse spoorwegen

In dit hoofdstuk¹ zal het Lagenmodel Verkeer & Vervoer dat in het vorige hoofdstuk is ontwikkeld, worden toegepast om de spoorwegen functioneel te analyseren. De probleemstelling spitst zich ten eerste toe op het analyseren van de achterliggende oorzaken van het moeilijk van de grond komen van marktwerking en innovatie² (4.1). “Marktwerking” wordt bij deze analyse in zijn meest verstrekkende vorm (concurrentie) geïnterpreteerd. De tweede probleemstelling wordt gevormd door de onduidelijkheid in de rol die de overheid speelt ten aanzien van de spoorwegen (4.2). Het zwaartepunt van de analyse zal worden gelegd op het onderste gedeelte van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer, te weten het railverkeerssysteem, omdat dit bepalend zal blijken te zijn voor het specifieke karakter van de spoorwegen binnen het verkeers- en vervoerssysteem.

De spoorwegen worden afgebeeld op het Lagenmodel Verkeer & Vervoer met als doel te analyseren in hoeverre de mogelijkheden voor marktwerking in positieve of negatieve zin worden beïnvloed door de huidige organisatiestructuur (4.3). Vervolgens wordt de rol van de overheid ten aanzien van de spoorwegen gestructureerd (4.4). Een belangrijke rol van de overheid is het vaststellen van de marktordening. Het is daarbij van belang om functionele aspecten mee te wegen (4.5). Dit wordt geïllustreerd aan de hand van de case Aanbesteding HSL Zuid (4.6). Tenslotte worden de resultaten van dit hoofdstuk geëvalueerd (4.7).

¹ Dit hoofdstuk is in een enigszins andere vorm eerder gepubliceerd (Schaafsma (1997)).

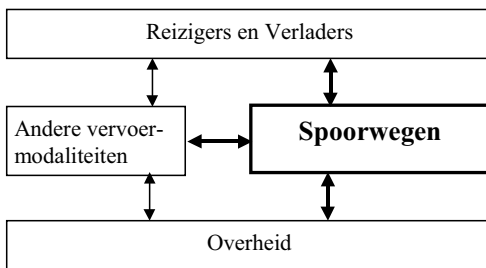
² Zoals bedoeld in Hoofdstuk 1.

4.1 Probleemstelling 1: onvoldoende concurrentie en innovatie

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de aspecten die geleid hebben tot de historische ontwikkeling van de spoorwegen als monoliete organisatie, in de huidige structuur de mogelijkheden voor concurrentie en innovatie belemmeren.

4.1.1 monoliet als “natuurlijke” structuur

Vanaf het ontstaan in de 19^e eeuw tot ver in de jaren 80 van de 20^e eeuw hebben de spoorwegen alle processen in één hand gehouden, van het kaartjes verkopen tot en met het onderhoud aan de baan. Als één, “verticaal geïntegreerd”, bedrijf hebben de spoorwegen met andere vervoermodaliteiten (zoals binnenvaartschip, vrachtauto, personenauto en bus) om de gunsten van reizigers en verladers geconcentreerd. De overheid, die in meerdere of mindere mate stuurde, had altijd te maken met een monolithisch blok (zie Figuur 4-1)



Figuur 4-1 De spoorwegen in hun omgeving.

Deze lijn, die we overal ter wereld terugzien, is verklaarbaar. Het rijden van treinen is van oudsher sterk bepaald door de techniek. Infrastructuur en materieel bepalen de kostenstructuur van de spoorwegen³. Technisch optimale oplossingen leidden tot een sterke verwevenheid van processen rondom een centrale dienstregeling. Door een zeer nauwe afstemming van de inzet van productiemiddelen personeel, materieel en infrastructuur konden de spoorwegen besparen op kosten, maar het bracht met zich mee dat de processen steeds moeilijker te besturen werden. Gevoegd bij de wijze van overheidsfinanciering, leidde dit tot een weinig adequaat reageren op een veranderende omgeving.

In deze paragraaf analyseren we de hierboven aangestipte aspecten, te weten:

1. technische verwevenheid spoor en trein;
2. kapitaalintensiteit van de productiemiddelen;
3. de centrale rol van de dienstregeling.

1. technische verwevenheid spoor en trein

Spoor en trein zijn technisch sterk verweven. Niet voor niets worden spoorlijnen en rollend materieel vaak als een twee-eenheid ontwikkeld, gebouwd en geëxploiteerd door één onderneming. Zo gebeurde het in de begindagen van de spoorwegen, zo gebeurt het nog steeds op

³ Zie, bijvoorbeeld, Van Ooststroom (1999).

de grote particuliere goederenlijnen in de Verenigde Staten en zo gebeurt het bij de hoge snelheidslijnen en –treinen in Japan en Europa⁴.

Het rail–wiel contact kenmerkt zich door een geringe wrijving en lage rolweerstand. De aanzetversnelling is daardoor relatief laag en om af te remmen is een lange remweg nodig. Vanwege die lange remweg is “rijden op zicht” al bij snelheden hoger dan 30 a 40 km/h niet langer verantwoord⁵. Aan een trein moeten eenduidige, veilige rijwegen worden toegewezen door de beheerder van een spoorgedeelte. Dit gebeurt enige tijd voordat de trein langs komt op basis van de planning van het vervoer (dienstregeling). Gebruik en beheer van het spoorwegnet zijn derhalve nauw verweven. Voor het wegennet ligt dit minder voor de hand, zie onderstaand kader.

In het wegverkeer is de zelfstandigheid van de verkeersdeelnemer (de chauffeur) veel groter dan in het railverkeer. Een vlak stuk grond is in principe voldoende voor een auto om te rijden. Er zijn meerdere vrijheidsgraden, waardoor de verkeersdeelnemers elkaar gemakkelijk kunnen ontwijken. Auto's rijden “op zicht” met snelheden tot ver over de 100 km/h. Pas met de toename van de verkeersintensiteit, en de toename van veiligheids- en milieueisen heeft de rol van operationeel wegverkeersmanagement wezenlijke vormen aangenomen. Er vindt daarbij een ontwikkeling plaats van lokale regelingen (kruispunten, toeritdoserings) naar netwerkmanagement (bijvoorbeeld de ringweg rond Amsterdam).

Elke treimbeweging vereist een eigen, geautoriseerde, rijweg, die vanwege de lange remweg bij hogere snelheden een aanzienlijke lengte moet hebben⁶. Voor een efficiënte benutting van de capaciteit van de infrastructuur is het rijden van weinige lange treinen dus te prefereren boven het onderbrengen van dezelfde vervoeromvang in vele korte treinen. Lange treinen zijn overigens ook aantrekkelijk voor een efficiënte inzet van machinisten en locomotieven en daarmee voor een kosteneffectieve exploitatie van verkeers- en vervoerdiensten.

Ook ten aanzien van de energievoorziening heeft zich bij de spoorwegen een bijzonder situatie ontwikkeld: een continue overdracht van energie van baan naar trein. Deze vorm van energioverdracht, die bij hoge snelheden, grote massa's en intensief spoorverkeer zeer efficiënt en milieuvriendelijk is, wordt mogelijk gemaakt door de beperkte bewegingsvrijheid van de trein ten opzichte van de baan. Uiteraard vereist dit een nauwe afstemming tussen systemen aan de treinzijde enerzijds en aan de baanzijde anderzijds.

2. kapitaalintensiteit van de productiemiddelen

Modern reizigersmaterieel kost in de ordegrootte van f 4 miljoen per “bak”⁷, het aanleggen van een (enkel)spoor vergt een kilometerprijs die globaal tussen de f 15 a 30 miljoen⁸ ligt. De

⁴ Zie, bijvoorbeeld, Van de Velde (1999b).

⁵ Al in 1863 werd het in Nederland wettelijk verplicht om stations, bruggen en andere gevaarlijke punten te beveiligen met aan weerszijden geplaatste seinen (Faber (1989)).

⁶ Om deze reden zijn de segmenten van een spoor waarin zich slechts één trein tegelijk mag bevinden (blokken, beveiligd door een sein) bij een baanvaknelheid van 140 km/h ca. 1500 meter lang (Bron: Schaafsma en Weits (1996)).

⁷ In 1999 plaatste NS een order voor 252 (tussen)rijtuigen (“bakken”) van het type Dubbeldeks Interregiomaterieel ter waarde van f 2 miljard (Bron: NS (2000)).

productiemiddelen infrastructuur en materieel zijn altijd duur geweest en bepalend voor de kostenstructuur van de spoorwegen⁹. Om die reden is de productiestructuur er altijd op gericht geweest om de middelen zo intensief mogelijk te benutten. Dit werd onder meer mogelijk gemaakt door het ontwikkelen van specialistische technische systemen, zowel in de baan als in de trein, die daarnaast het verhogen van de snelheid van de treinen mogelijk maakten en dat alles gepaard aan een grotere veiligheid. Door het traditioneel nationale karakter van de spoorwegen en de connecties met de nationale industrieën werden de technische systemen in elk land afzonderlijk ontwikkeld. Het gevolg hiervan was, naast het ontstaan van problemen bij grensoverschrijdend treinverkeer, dat de systemen voor een kleine markt werden ontwikkeld en daarom onnodig duur werden.

Het bedienend en onderhoudend personeel is al even specialistisch en kan, onder meer vanwege de lange opleiding, eveneens als een duur “productiemiddel” worden beschouwd. Ook de traditioneel grote invloed van de vakbonden op de arbeidsvoorwaarden speelt hierbij een rol. De inzet van de productiemiddelen wordt daarom sinds jaar en dag nauwgezet gepland, waarbij de dienstregeling een centrale, integrerende rol heeft.

Een andere eigenschap van spoorweginfrastructuur en –materieel is de lange levensduur. Veiligheid door degelijkheid en betaalbaarheid door een lange afschrijftermijn gaan hierbij hand in hand. Gedurende de gehele levensduur moet zowel over- als ondercapaciteit vermeden worden, wat een nauwe afstemming tussen de lange termijnplanning van het vervoer en de inzet van productiemiddelen vereist¹⁰. Keerzijde hiervan is een geringe flexibiliteit: het is moeilijk om in te spelen op een veranderende vervoermarkt. Datzelfde geldt voor het inspelen op technologische ontwikkelingen.

Vanwege de kapitaalintensiteit van de productiemiddelen is spoorvervoer traditioneel duur. Het is alleen aantrekkelijk bij grote eenheden (massatransport). “Bundelen van vervoerstromen” is daarom het credo¹¹. Alleen de grootste stromen kunnen met rechtstreekse lijnen bediend worden, voor kleinere stromen is overstappen (bij goederenvervoer: rangeren of overladen) noodzakelijk. De vervoerexploitant zal daarom proberen een samenhangend netwerk van lijnen aan te bieden. Het exploiteren van een netwerk is ook voor de inzet van productiemiddelen aantrekkelijk, omdat materieel en personeel dan tussen de verschillende lijnen kan worden uitgewisseld¹².

⁸ In de Strategische Studie BB21 is voor een referentiescenario berekend dat een bepaald groeiscenario de aanleg van 1148 km enkelspoor (inclusief elektrotechnische installaties) zou vergen, hetgeen met de bestaande technische oplossingen f 19538 miljoen zou kosten, oftewel ca. f 17 miljoen per km enkelspoor. Bron: NS Rail-infra-beheer (1998). Als de kosten voor de inpassing van de sporen in de omgeving worden meegerekend zijn deze waarden uiteraard veel hoger. Zo kost de Betuweroute (160 km dubbelspoor) f 9667 miljoen, oftewel ca. f 30 miljoen. per km enkelspoor. Bron: V&W (2000a)

⁹ Zie Van Ooststroom (1999).

¹⁰ In Zwitserland gaat men zo ver dat de dienstregelingstructuur van het jaar 2010 al halverwege de jaren 90 van de 20e eeuw werd vastgelegd en de nieuwe infrastructuur hierop werd gedimensioneerd (zie verder Bijlage B).

¹¹ Berechman (1993) noemt dit *economies of traffic density*.

¹² Berechman (1993) noemt dit *economies of network*.

3. centrale rol van de dienstregeling

In het voorgaande is verschillende keren de centrale rol van de dienstregeling aan de orde gekomen. Het concept *dienstregeling* verenigt verschillende functies in zich. Het is tegelijkertijd:

- een weergave van de vervoerdiensten die aan reizigers en verladers worden aangeboden;
- de planning van het gebruik van de infrastructuur (inclusief buitendienststellingen voor onderhoud en het bedienen van beweegbare bruggen);
- de basis voor het logistieke plan voor de inzet van rijdend materieel en personeel.

Door de onderlinge samenhang van de aangeboden vervoerdiensten, maar ook door het optimaliseren van de inzet van de productiemiddelen, heeft de dienstregeling bij de meeste spoorwegondernemingen niet betrekking op een geïsoleerde lijn, maar op een samenhangend netwerk. Vanwege het multifunctionele en universele karakter functioneert de dienstregeling voorts als doel van de bijsturingsorganisatie: als de treinen weer volgens dienstregeling rijden, is de samenhang tussen de verschillende processen in het netwerk, zoals de inzet van personeel en materieel en het gebruik van de infrastructuur gewaarborgd.

De dienstregeling symboliseert het monolithische karakter van de spoorwegen: alle productieprocessen omvattend, het gehele netwerk betreffend. Het is tevens het symbool van starheid: het veranderen van één van de processen leidt vaak tot moeilijk beheersbare consequenties elders in het netwerk of bij de andere productieprocessen. Deze starheid wordt ook veroorzaakt door het feit dat de productiemiddelen om efficiencyredenen nauw zijn toegesneden op het in de loop der jaren gegroeide dienstregelingsmodel.

In grote lijnen is de dienstregelingsstructuur uit de zeventiger jaren tot op de dag van vandaag bepalend voor het vervoeraanbod. Het ontwerpen van een nieuwe dienstregelingstructuur zou tot aanzienlijke investeringen in infrastructuur en/of materieel leiden, ofwel het zou een verslechtering van het product voor grote groepen reizigers tot gevolg hebben. De relatief beperkte dienstregelingwijziging van 1996 leidde, bijvoorbeeld, tot onvrede over het opheffen van de intercitystop in Hilversum.

Een ander gevolg van het steeds intensiever benutten van de productiemiddelen is dat de uitvoering van de dienstregeling steeds complexer is geworden. Een kleine verstoring leidt al snel tot een kettingreactie¹³. De punctualiteit van het railverkeer staat daarmee permanent onder druk. Een oplossing zou zijn om de dienstregelingsplanning en –uitvoering te vereenvoudigen en te decentraliseren. Dit leidt echter, nog afgezien van de problemen bij het rijdend personeel¹⁴, tot versnijdingsverlies en de daarmee hogere kosten bij de inzet van productiemiddelen¹⁵.

¹³ Zie verder Hoofdstuk 8.

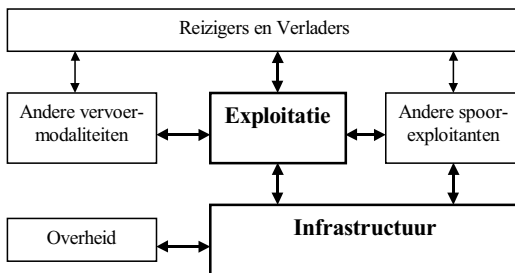
¹⁴ Machinisten en conducteurs van NS beschouwen het vereenvoudigen van hun werkroosters (“Rondjes rond de kerk”) als een verschraling van hun werkpakket, wat (mede) de oorzaak was van stakingen in de tweede helft van de jaren 90, eind 2000 en in 2001.

¹⁵ Zie verder Hoofdstuk 5.

4.1.2 structuur anno 2000: scheiding van infrastructuur en exploitatie

Door ontwikkelingen als een toenemende beschikbaarheid van de (vracht)auto, internationalisering en rationalisering van industriële productie (zoals *just in time* management) en toenemende deconcentratie van woon- en werklocaties veranderde de vervoermarkt sinds de jaren 60 van de 20^e eeuw steeds sneller. De spoorwegen bleken niet in staat te anticiperen op de veranderende omgeving. Het werd steeds moeilijker om de gewenste maatschappelijke taak te blijven vervullen, terwijl de bijdragen van de overheid aan de exploitatie toenamen¹⁶. De Nederlandse overheid besloot in te grijpen door de spoorwegen te herstructureren¹⁷.

Elders in Europa waren vergelijkbare problemen aan de orde waren en de Europese Commissie bereidde Europese regelgeving voor: deel de monoliete spoorwegen op in twee stukken. De Europese Commissie besloot in 1991 dat infrastructuur en exploitatie op zijn minst boekhoudkundig gescheiden moesten worden¹⁸. Dit was in lijn met het advies van de commissie Wijffels, die zelfs nog wat verder ging¹⁹.



Figuur 4-2 Structuur anno 2000: scheiding tussen infrastructuur en exploitatie.

In het uiteindelijk door het parlement vastgestelde structureringsmodel (zie Figuur 4-2) dienen de spoorwegen analoog aan andere verkeerssectoren te functioneren: ondernemers bieden in concurrentie vervoer aan aan de reizigers en verladers, terwijl de overheid de infrastructuur faciliteert. De vervoerondernemingen zorgen zelf voor materieel en personeel en betalen voor het gebruik van de infrastructuur. Verder stelt de overheid normen, vooral ten aanzien van veiligheid en milieu, en reguleert ze het railverkeer waar nodig. Dit structureringsmodel heeft in het wegvervoer en in de luchtvaart tot een sterke concurrentie geleid, met een aanzienlijke verlaging van de tarieven voor de consument. Hieronder laten we aan de hand van de aspecten uit de vorige paragraaf zien dat dit model bij de spoorwegen voor het stimuleren van concurrentie en innovatie problemen oplevert en zelfs contraproductief kan werken.

technische verwevenheid spoor en trein – concurrentie

Materieel dat op een nationaal spoorwegnet kan worden toegelaten moet aan een groot aantal technische eisen voldoen. Nieuwe toetreders zijn daarbij in het nadeel ten opzichte van de be-

¹⁶ In 1990 ontving NS ter dekking van de tekorten ca. f 1,4 miljard (Wijffels (1992)).

¹⁷ Van Enckevort (1999) evalueert het herstructureringsproces van de Nederlandse Spoorwegen dat begon met de instelling van de commissie Wijffels in 1991.

¹⁸ Onderdeel van Richtlijn 91/440 (Europese Commissie (1991)).

¹⁹ Zie Wijffels (1992).

staande exploitant. Diens treinen zijn immers in nauwe samenhang met de infrastructuur ontwikkeld, terwijl buitenlandse treinen door de afwijkende systeemkenmerken in het algemeen niet voldoen. Dit komt duidelijk naar voren op het gebied van de tractie-energie en de spoorwegveiligheid, zoals de Nederlandse situatie laat zien.

Het Nederlandse spoorwegnet wordt gevoed met 1500 V–gelijkspanning en het elektrische materieel van NS is daarvoor uiteraard geschikt. Bij intensief spoorwegverkeer is elektrische tractie efficiënter en bovendien milieuvriendelijker dan dieseltractie. Er mag dan ook verwacht worden dat op dit gebied in de toekomst toelatingseisen aan het materieel zullen worden gesteld. De bestaande vervoerders zijn met hun 1500 V–materieel dan in het voordeel.

De meeste baanvakken in Nederland zijn uitgerust met een systeem voor Automatische Trein Beïnvloeding (ATB), dat echter slechts werkt als de trein is voorzien van speciale apparatuur. Ter wille van de spoorwegveiligheid moeten alle treinen dergelijke ATB–apparatuur aan boord hebben. In het verlengde van de eisen voor het materieel wordt ook aan het bedienend personeel, de machinisten, strenge veiligheidseisen gesteld, bijvoorbeeld, ten aanzien van bekendheid met het seinreglement, maar ook ten aanzien van de communicatie met de verkeersleiding. Ook deze aspecten vormen een belangrijk voordeel voor de bestaande exploitant.

technische verwevenheid spoor en trein in relatie tot innovatie

Voor het introduceren van technologische innovaties is de technische verwevenheid van spoor en trein enerzijds en de scheiding van infrastructuur en exploitatie anderzijds een belangrijke hinderpaal. Zo is in Nederland de discussie over de introductie van een modern systeem voor de tractie-energievoorziening (25 kV–wisselspanning) eind jaren 90 in een impasse beland, omdat voor de vervoerbedrijven het investeren in de ombouw van locomotieven en treinstellen niet rendabel was. Een vergelijkbare situatie doet zich voor bij de mogelijke, en gewenste, introductie van nieuwe systemen voor de beveiliging en beheersing van het treinverkeer²⁰. Het is begrijpelijk dat voor vervoermaatschappijen “een nog hogere veiligheid”, “betere benutting van de spoorwegcapaciteit” of “betere mogelijkheden voor de verkeersleiding” nauwelijks relevante argumenten zijn voor het doen van miljardeninvesteringen.

Bij innovaties kunnen functies verschuiven van baan naar trein of omgekeerd. Een voorbeeld hiervan is het rijden van treinen in krappe bogen²¹. Net als bij de weg wordt de spoorbaan “in verkanting gelegd”²² om de middelpuntvliedende kracht te compenseren. Om de snelheid in een boog te verhogen bestaan er verschillende mogelijkheden. Het vergroten van de verkanting in de baan is aan technisch bepaalde maxima gebonden. De tweede mogelijkheid, het afsnijden van een boog, levert vaak problemen op ten aanzien van de ruimtelijke inpassing.

De laatste jaren is een derde mogelijkheid in opmars: verkanting in de trein. Bij zogenoemde kantelbaktreinen hield de trein naar de binnenzijde van de boog, zodat zonder al te grote aanpassingen van een bestaande spoorbaan hogere snelheden mogelijk zijn. Deze innovatieve

²⁰ Zie verder Hoofdstuk 9.

²¹ Boog is spoorwegjargon voor bocht.

²² Dit houdt in dat de buitenste spoorstaaf in de boog maximaal 180 mm hoger ligt dan de binnenste spoorstaaf.

oplossing blijkt in landen als Zweden en Zwitserland²³ voor de spoorwegen als geheel optimaal, maar de kosten komen voor het overgrote deel terecht bij de exploitant. In een situatie waarbij de treinexploitanten de volledige kosten van de infrastructuur dragen, zouden deze kosten gecompenseerd kunnen worden door een lagere infraheffing, zodat de exploitant per saldo goedkopere productiemiddelen tot zijn beschikking heeft. In Groot-Brittannië, waar zowel het infrastructuurbeheer als de exploitatie van de treindiensten geprivatiseerd zijn, wordt een dergelijke marktsituatie benaderd. Kantelbaktreinen maken dan ook deel uit van de oplossing voor de vernieuwing van de *West Coast Main Line*²⁴, waarin de commerciële partijen *Virgin Trains* (de concessiehouder voor de exploitatie van de lijn) en *Railtrack* (de eigenaar/beheerder van de railinfrastructuur) elkaar gevonden hebben.

kapitaalintensiteit van de productiemiddelen in relatie tot concurrentie

Het aanschaffen van locomotieven en treinstellen is een miljoenenzaak. Dat is gedeeltelijk een technisch gegeven, maar voor een ander deel het gevolg van de per land specifieke technische eisen die tot maatwerk bij de ontwikkeling en productie hebben geleid. Onder meer om deze reden bestaan er geen lease-bedrijven voor elektrische locomotieven en treinstellen²⁵, en ook een tweede handsmarkt ontbreekt vrijwel geheel. Voor rijtuigen en vooral goederenwagens ligt dit anders. Omdat deze veelal voor internationaal verkeer zijn ontwikkeld is de uitwisselbaarheid binnen Europa groot.

Voor nieuwe toetreders tot de vervoermarkt is het verwerven van de verkeersmiddelen locomotieven en treinstellen een hoge drempel. In vele opzichten is de vervoermarkt onzeker en niet bij voorbaat profijtelijk. De concessies die de overheid zal gebruiken bij het reguleren van deelmarkten (concurrentie om het spoor²⁶) hebben ten opzichte van de levensduur van materieel veelal een korte looptijd. Voor de markten waar concurrentie op het spoor is toegestaan dreigt het gevaar van versnippering van de inzet van productiemiddelen. De aanwezigheid van meerdere aanbieders op dezelfde markt leidt in principe immers tot een minder efficiënte bundeling van vervoerstromen. Ook de voordelen van het exploiteren van een netwerk kunnen verloren gaan.

kapitaalintensiteit van de productiemiddelen in relatie tot innovatie

Vervoer, en zeker het vervoer per spoor, is geen branche waarin over het algemeen grote winsten kunnen worden gemaakt²⁷. Als de exploitanten zelf verantwoordelijk worden voor hun productiemiddelen, staan de budgetten voor innovatie permanent onder druk. Daarbij

²³ In Zweden rijden sinds 1990 kantelbaktreinen tussen Stockholm en Gotenburg. (Bron: Banverket (2000), terwijl ze in 2001 worden geïntroduceerd op het traject Zürich – Biel – Lausanne in Zwitserland (SBB (2000)).

²⁴ In 2005 zullen de treinen 225 km/h kunnen rijden waardoor de reistijd van Londen naar Manchester zal zijn teruggebracht van 2 uur en 30 minuten (in 1999) naar 1 uur en 50 minuten. (Bron: Virgin Trains (2000).

²⁵ Uitzondering zijn de *Rolling Stock Companies* (*Rosco's*) in Groot-Brittannië. Deze bedienen echter uitsluitend de Britse markt. Er wordt inmiddels wel gesproken over Europese "Lokpools", waarbij overigens voor de korte termijn aan het bedienen van nationale markten wordt gedacht (Bron: Deutsches Verkehrsforum (2000)).

²⁶ Bij concurrentie om het spoor dingen ondernemingen om concessies voor het rijden van treinen op een bepaalde lijn. Bij concurrentie op het spoor rijden verschillende ondernemingen op hetzelfde spoor en bedienen dezelfde reizigers of verladers in concurrentie. In 4.3.5 wordt hierop verder ingegaan.

²⁷ Ter illustratie: het verlagen van de infraheffing met 10% zou in sommige marktsegmenten de marge met 100% kunnen vergroten. Bron: Gustafsson en Knibbe (2000).

komt dat de dure productiemiddelen lange afschrijvingstermijnen kennen, wat het introduceren van grote vernieuwingen tot een langdurig en gecompliceerd proces maakt.

centrale rol van de dienstregeling in relatie tot concurrentie

De scheiding van infrastructuurbeheer en treindienstexploitatie betekent dat de verantwoordelijkheid voor de dienstregeling in tweeën is gedeeld: aan de ene kant is de overheid verantwoordelijk voor de planning van het gebruik van de infrastructuur, inclusief het buitendienststellen voor onderhoud, aan de andere kant formuleert een vervoerexploitant het vervoeraanbod en de logistiek van de overige productiemiddelen. Deze planningen moeten uiteraard op elkaar zijn afgestemd. Als er meerdere gebruikers van infrastructuurcapaciteit zijn, bijvoorbeeld reizigers- en goederenvervoerders en de instandhouders van het spoorwegnet, is het combineren van alle wensen tot de dienstregeling erg ingewikkeld, zeker als de capaciteit van de infrastructuur om de in de voorgaande paragrafen genoemde redenen schaars is²⁸.

Reizigersvervoerders willen jaarlijks een spoorboekje publiceren en moeten daartoe het gebruik van de sporen in een vroegtijdig stadium zeer precies vastleggen. Goederenvervoerders zijn juist meer gebaat bij flexibiliteit, ze willen in sommige gevallen op dezelfde dag een trein kunnen plannen en rijden. Ten slotte leiden de veiligheidseisen voor baanonderhoud tot strak geformuleerde randvoorwaarden in de vorm van zogenoemde “treinvrije perioden”. Bij het maken van keuzen en het stellen van prioriteiten moeten de belangen van alle concurrerende (markt)partijen eerlijk, objectief en navolgbaar worden ingewogen. Het besturingsconcept van de spoorwegen, waarbij dit soort afwegingen veelal impliciet plaatsvonden, is hier van oudsher niet op ingericht.

centrale rol van de dienstregeling in relatie tot innovatie

Bij innovatie moet niet alleen aan technologische vernieuwing worden gedacht, maar ook aan vernieuwing van dienstregelingsconcepten. Hierbij kan, bijvoorbeeld, worden gedacht aan vraagafhankelijk vervoer (met name bij goederen), tijdvvensters in plaats van tijdstippen, en frequentie-gebaseerde systemen in het stadsgewestelijk vervoer in plaats van knooppunt-dienstregelingen. De centrale rol van de dienstregeling houdt in dat veel partijen, zowel in het infrastructuurbeheer als in de vervoerexploitatie bij innovatie op dit terrein betrokken moeten worden. Dat die partijen verschillende (deel)belangen hebben maakt innovatie des te moeilijker. Het vergroot de behoefte aan een nieuw besturingsmodel dat het aloude concept van de landelijke, allesomvattende, dienstregeling kan vervangen²⁹.

In 4.3 zullen we de in deze paragraaf aangegeven belemmeringen voor concurrentie en innovatie analyseren met behulp van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Hierna gaan we eerst in op de tweede probleemstelling: de rol van de overheid ten aanzien van de spoorwegen is niet duidelijk.

²⁸ Zie verder Hoofdstuk 7.

²⁹ Zie verder Hoofdstuk 9.

4.2 Probleemstelling 2: rol overheid onduidelijk

In de loop van de 20^e eeuw is de relatie tussen de overheid en de spoorwegen steeds complexer geworden. In deze paragraaf wordt beschreven hoe door de scheiding van de verantwoordelijkheden tussen private partijen (exploitatie) en publieke partijen (infrastructuur) deze relatie niet minder complex is geworden.

4.2.1 de spoorwegen als instrument van overheidsbeleid

In de jaren 60 en 70 verdienden de spoorwegen steeds minder geld op de vervoermarkt, terwijl de productiekosten sterk toenamen³⁰. De oorzaken hiervoor zijn bekend: de opkomst van de auto met de bijbehorende veranderende vestigingspatronen en niet in de laatste plaats de loongolf, die door de traditioneel sterke vakbonden ook aan de spoorwegen niet voorbijging. In Nederland kwam daar het wegvallen van het kolentransport vanwege het sluiten van de Limburgse mijnen bij. In 1970 waren nog slechts drie lijnen van de Nederlandse Spoorwegen winstgevend.³¹ De overheid erkende de maatschappelijke functie van de spoorwegen en ging vanaf 1972 de verliezen op het personenvervoer compenseren³².

In Nederland werd in de jaren 70 en 80 getracht het tij te keren door een kwaliteitssprong in het aanbod te maken. In de jaren 70 werd, simultaan aan een door de overheid gefinancierd investeringsprogramma, de dienstregeling sterk verbeterd, wat resulteerde in een groei van de vervoerprestatie van 7,5 naar 9 miljard reizigerskilometers in Nederland in 1980³³. De exploitatie van het nieuwe dienstregelingsconcept bleek echter niet mogelijk zonder extra financiële steun van de overheid. In 1985 was de overheidsbijdrage opgelopen tot f 1,3 miljard³⁴. Eind jaren 80 was de tijd opnieuw rijp voor een kwaliteitssprong. De gevolgen van het autoverkeer voor de leefbaarheid werden steeds duidelijker en de overheid wilde een aansprekende verbetering in het openbaar vervoer presenteren als alternatief voor de auto. Met Rail 21³⁵ beloofde NS een verdubbeling van de vervoerprestatie met onder meer snellere treinen in ruil voor een investeringsprogramma door de overheid, dat miljarden guldens zou moeten omvatten. De overheid nam het plan op in het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer³⁶, onder de voorwaarde dat de jaarlijkse exploitatiebijdrage van de overheid niet zou groeien.

In ruil voor de financiële bijdrage in infrastructuur en exploitatie nam de invloed van de overheid op alle fronten toe. NS stak meer energie in de relatie met de overheid dan die met de reizigers en verladers. De dienstregeling en de tarieven moesten elk jaar worden goedgekeurd, er moesten –veelal onrendabele– nieuwe stations worden geopend en de noodzaak van investeringen in nieuw materieel en nieuwe infrastructuur moesten gedetailleerd worden onderbouwd. Om de exploitatie rond te krijgen richtte NS zich vooral op het maximaal benutten

³⁰ Zie, bijvoorbeeld, Van Ooststroom (1999).

³¹ Bron: Faber (1989).

³² Bron: Faber (1989).

³³ Bron: Van Ooststroom (1999).

³⁴ Faber (1989) citeert het jaarverslag van de Nederlandse Spoorwegen van 1985.

³⁵ NS (1988), zie verder Hoofdstuk 6.

³⁶ Goedgekeurd door de Tweede Kamer der Staten Generaal (1991).

van de bestaande, beperkte middelen, waarbij de verstrengeling van de processen nog strakker werd aangezet dan in het verleden al het geval was. Kapitaalintensieve technische moderniseringsen werden zoveel mogelijk uitgesteld.

4.2.2 instrument van overheidsbeleid in de organisatiestructuur anno 2000

In de structuur anno 2000 is het uitgangspunt dat de overheid zich niet meer met de exploitatie van de treindienst bemoeit. In de praktijk blijkt dat dit niet het geval is. De spoorwegen blijven een overheidsinstrument in het streven naar betere bereikbaarheid en leefbaarheid, waarbij het aanbieden van infrastructuur een noodzakelijke, maar niet voldoende voorwaarde is. De exploitatie van veel treindiensten is niet rendabel zonder steun van de overheid. Zo is het spitsvervoer op de kortere afstanden, juist zo belangrijk in de strijd tegen de files, commercieel onaantrekkelijk. In het goederenvervoer kan het containertransport tussen binnenlandse *Rail Service Centres* genoemd worden als maatschappelijk gewenst, maar commercieel onaantrekkelijk, vervoer. Om (internationale) concurrentievervalsing te voorkomen, is subsidiëring van maatschappelijk gewenst vervoer echter niet langer acceptabel. Er zijn nieuwe instrumenten vereist om dit vervoer toch tot stand te laten komen.

Echt gecompliceerd wordt het als de overheid de twee hiervoor genoemde rollen –aanbieder van infrastructuur en sponsor van bepaalde vervoerdiensten– gaat invullen. Logische vragen die daarbij worden gesteld zijn:

- Licht het niet voor de hand dat bij het gebruik van de infrastructuur het maatschappelijk gewenste vervoer voorrang krijgt?
- Hoe voorkom je dat winsten van rendabele vervoerdiensten uit de sector verdwijnen, terwijl de overheid voor de onrendabele vervoerdiensten moet bijpassen; is de overheid per saldo dan niet duurder uit dan vroeger?

Een groot deel van de omzet van de treindienstexploitanten wordt behaald door het vervoeren van *captives*, reizigers die geen andere keus dan het openbaar vervoer hebben. Voor een commerciële onderneming lijkt in een dergelijke situatie het minimaliseren van productiekosten aantrekkelijker te zijn dan het investeren in kwaliteit en innovatie. De spoorwegen kunnen echter hun maatschappelijke rol slechts blijven spelen, als ze blijven anticiperen op een veranderende omgeving. De overheid dient daartoe de innovatie van de gehele branche te bevorderen, niet alleen dat deel waar zij zelf verantwoordelijk is (de infrastructuur). Ook om deze reden is en blijft –naast het aanbieden van infrastructuur– ook de treindienstexploitatie een instrument van overheidsbeleid.

In 4.4 zal aan de hand van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer structuur worden gebracht in de rollen van de overheid ten aanzien van de spoorwegen.

4.3 Functionele analyse van de spoorwegen

In de vorige paragrafen is beschreven dat een drietal aspecten de belangrijkste redenen vormen waarom de spoorwegen van oudsher worden beschouwd als een “natuurlijke” monoliet en dat dezelfde aspecten in de huidige, gescheiden, structuur een belemmering vormen voor concurrentie en innovatie. In deze paragraaf zullen de spoorwegen met behulp van het La-

genmodel Verkeer & Vervoer functioneel worden geanalyseerd. Daarbij zal blijken dat de “natuurlijkheid” van het ontstaan van een monoliet kan worden gerelativeerd.

4.3.1 organisatiestructuur van de spoorwegen anno 2000

Als we de organisatiestructuur van de spoorwegen in Nederland³⁷ anno 2000 afbeelden, zien we dat er drie typen organisaties zijn te onderscheiden:

- vervoerders³⁸ (NS Reizigers, Noordnet, Syntus, Railion, ACTS, diverse aannemers, enz.);
- taakorganisaties (namens de overheid): Railned, Railinfrabeheer en NS Verkeersleiding³⁹;
- overige organisaties, zoals cateraars en exploitanten van terminals.

De taakorganisaties zijn namens de overheid verantwoordelijk voor het beheer van de infrastructuur (de plaatsgebonden verkeersmiddelen) en de inzet ervan, zie Figuur 4-3. Voor wat betreft de verkeersmiddelen (nodig voor het rijden van treinen) is dit principe helder, hoewel de inzet van verkeersinfrastructuur op knooppunten in Nederland door de grootste vervoerder (NS Reizigers) wordt gepland in plaats van dat dit door een taakorganisatie gebeurt. Voor de plaatsgebonden vervoermiddelen ligt dit minder duidelijk. Zo worden terminals, waar de goederentreinen worden geladen, niet door een taakorganisatie van de overheid geëxploiteerd. Overheidspartijen hebben overigens vaak wel belangen in een terminalexploitant. De inzet van vervoer“middelen” als loketpersoneel of kaartautomaten wordt bepaald door de vervoerders, terwijl de taakorganisaties een belangrijke taak hebben ten aanzien van de reizigersinformatie op de stations.

Het valt op dat de verdeling van de diensten over de organisaties sterk bepaald wordt door de relaties die in de tactische en operationele besturingstermijn dominant zijn, met name de integrale inzet van mobiele (verkeers- en vervoer)middelen⁴⁰. Deze inzet vindt plaats door dezelfde organisatie die ook de verkeers- en vervoerdiensten (“exploitatie”) levert. Dit is vervolgens één van de achterliggende oorzaken van het ontbreken van het onderscheid tussen het leveren van verkeers-, respectievelijk vervoerdiensten.

De functionele relaties binnen respectievelijk de verkeers- en de vervoermiddelen (dus tussen de mobiele en plaatsgebonden delen ervan) komen door de scheiding van infrastructuur en exploitatie minder goed tot hun recht. Een pleidooi voor het integreren van deze functionele relaties tussen mobiele en plaatsgebonden middelen zou, gevoegd bij de integratie van mobiele middelen en het koppelen van de inzet van middelen aan het leveren van diensten een terugkeer naar de monoliet betekenen!

Echter, door exploitatie te splitsen in leveren verkeersdiensten en leveren vervoerdiensten is een andere decompositie van de spoorwegen mogelijk die wel recht doet aan de functionele relaties tussen mobiele en plaatsgebonden middelen. Hieronder komen daartoe achtereenvol-

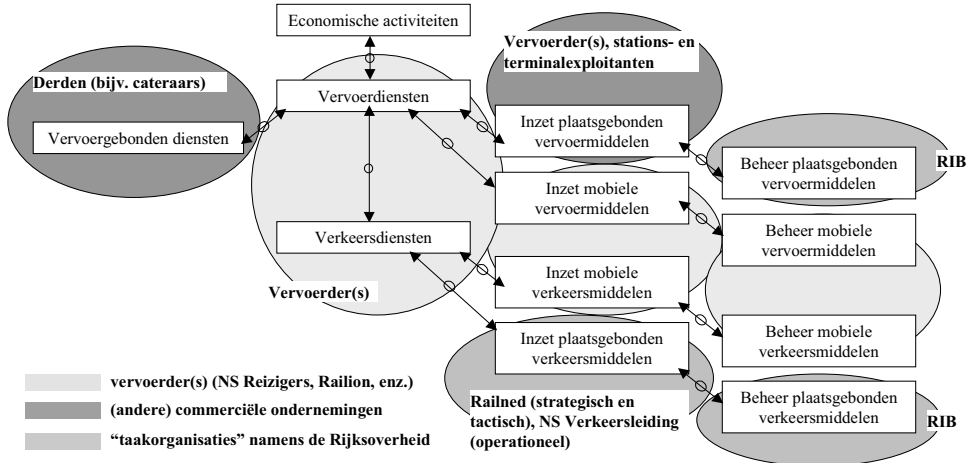
³⁷ We beschrijven de situatie zoals die in het jaar 2000 in Nederland bestond. De structuur in de meeste Europese landen verschilt niet wezenlijk van die in Nederland. Een uitzondering vormt het Verenigd Koninkrijk, waar het strategisch beheer van het materieel in handen is van gespecialiseerde bedrijven: de *Rolling Stock Companies*.

³⁸ Hier wordt de gebruikelijke term “vervoerders” gehanteerd, hoewel deze organisaties zowel vervoer- als verkeersdiensten leveren.

³⁹ Vanaf 1 januari 2001 gaat NS Verkeersleiding verder onder de naam Railverkeersleiding.

⁴⁰ Zie verder Hoofdstuk 3.

gens het railverkeerssysteem (dat de verkeersdiensten levert) en vervoersystemen (die de vervoerdiensten leveren) aan de orde.



Figuur 4-3 Afbeelding van de organisatiestructuur van de spoorwegen in Nederland anno 2000 op het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

4.3.2 vervoersystemen

Hoewel een diepgaande analyse van vervoersystemen buiten het kader van deze dissertatie valt, spelen ze uiteraard een belangrijke rol als afnemer van de diensten van het railverkeerssysteem. Hieronder worden enkele aspecten belicht.

vervoersystemen in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

In het Lagenmodel Verkeer & Vervoer leveren vervoersystemen vervoerdiensten, die –al dan niet met andere diensten gecombineerd tot een pakket– bijdragen aan het mogelijk maken van ruimtelijk gespreide economische activiteiten, zie Figuur 4-4. Afnemers van de vervoerdiensten zijn reizigers en verladers. Er is een grote differentiatie in (goederen- en reizigers)vervoerdiensten te onderkennen, wat aanleiding is voor een grote differentiatie in vervoersystemen.

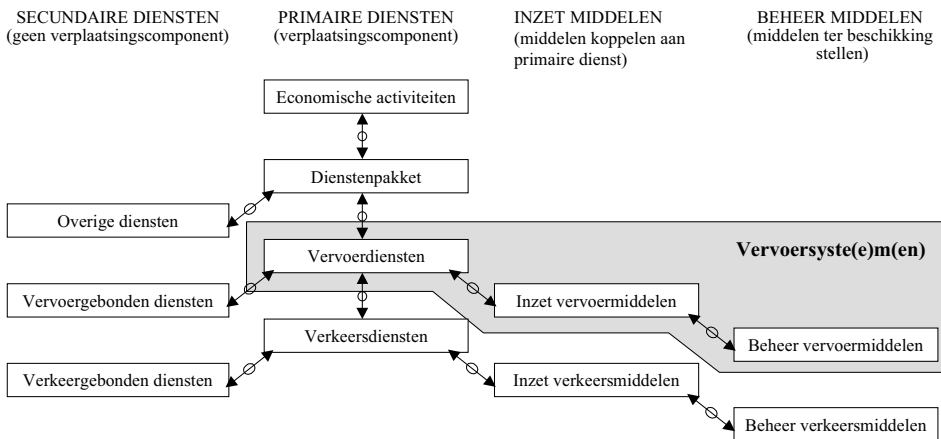
concurrentiepositie van het railverkeerssysteem

Een globale analyse van de Nederlandse verkeersmarkt⁴¹ leert dat het huidige railverkeerssysteem slechts voor enkele vervoersoorten (categorieën vervoersystemen) een goede concurrentiepositie inneemt⁴². Op de markt voor verkeersdiensten ten behoeve van collectief openbaar reizigersvervoer heeft het railverkeerssysteem vooral op de middellange afstand een sterke marktpositie. Verder komt het railverkeerssysteem in aanmerking voor goederenvervoer in een aantal marktsegmenten op de (middel)lange afstand. Overigens is deze concurrentiepositie van het railverkeerssysteem niet een vaststaand gegeven. Door het ontwikkelen van meer

⁴¹De verkeersmarkt is de markt waarop verkeerssystemen verkeersdiensten aanbieden aan vervoersystemen.

⁴² In Hoofdstuk 5 wordt dieper ingegaan op de huidige concurrentiepositie van het railverkeerssysteem.

flexibele, betrouwbare en goedkope verkeersdiensten kunnen ook andere vervoersoorten in beeld komen als afnemer van railverkeersdiensten⁴³.



Figuur 4-4 Een of meer vervoersystemen binnen het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

het management van vervoerketens

Met name in het reizigersvervoer worden vervoerdiensten vaak vereenzelvigd met verkeersdiensten. Dit is terug te voeren op de organisatie van de spoorwegen: een vervoerder levert zowel verkeers- als vervoerdiensten. Vervoersystemen dienen echter niet begrensd te worden door de afbakening van verkeerssystemen. Het aanbieden van ketenvervoer zou dan ook vanzelfsprekend moeten zijn. Vervoermanagement⁴⁴ (de besturing van vervoerketens) staat nog in de kinderschoenen, zeker voor zover de vervoerketens de grenzen van een verkeerssysteem overschrijden. De integratie van het vervoer per bus en trein in de Achterhoek en andere regio's is een stap voorwaarts, ook voor wat betreft de begeleiding van de individuele vervoerketens (individuele reizigers). Als de vervoerketens echter ook gebruik maken van railverkeersdiensten over langere afstanden, blijkt het (keten)vervoermanagement niet veel verder te gaan dan het ontwerpen van het vervoeraanbod, zoals het afstemmen van overstaptijden, het verstrekken van informatie daarover, zoals het 0900-9292 reisinformatienummer en aandacht voor fietsenstallingen bij de stations. Een operationele vervoerleiding (als tegenhanger van de (operationele rail)verkeersleiding) ontbreekt echter nog altijd, zodat bij verstoringen van de treindienst het omleiden van de vervoerstromen ondergeschikt lijkt aan het herplannen van de railverkeersdiensten en de begeleiding van en informatievoorziening aan reizigers een blijvend punt van kritiek van consumentenorganisaties is.

In het goederenvervoer is het vervoermanagement veel beter ontwikkeld dan in het reizigersvervoer. Met name door de integratie met secundaire diensten is de goederenvervoermarkt een

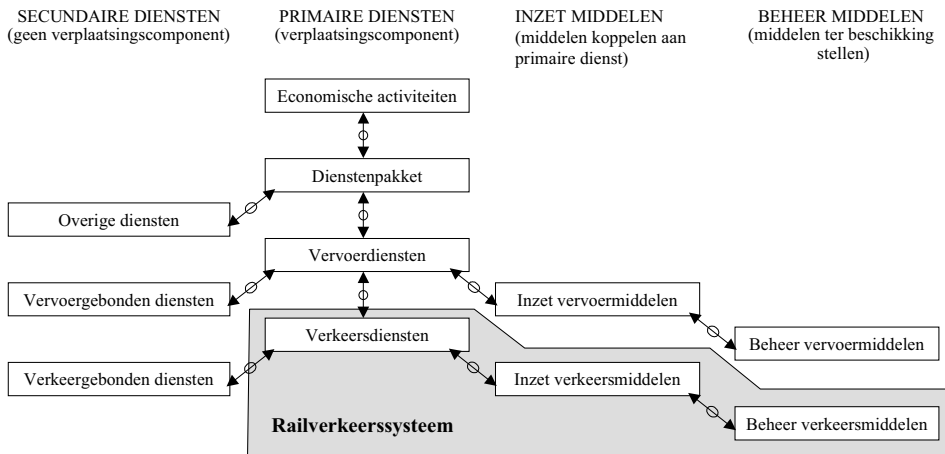
⁴³ Zie verder Hoofdstuk 9

⁴⁴ In deze dissertatie heeft het begrip vervoermanagement een andere betekenis (het besturen van een vervoersysteem) dan gebruikelijk (het beïnvloeden van de vervoerwijzekeuze van forensen, met name door de bedrijven).

competitieve markt, wat de aanbieders van vervoerdiensten ertoe dwingt om de (operationele) kwaliteit van de diensten continu te bewaken.

4.3.3 het railverkeerssysteem⁴⁵

Binnen het verkeer- en vervoerssysteem levert het railverkeerssysteem verkeersdiensten⁴⁶, zie Figuur 4-5. Het railverkeerssysteem onderscheidt zich van andere verkeerssystemen door de karakteristieken van de verkeersmiddelen die voor het leveren van de verkeersdiensten worden gebruikt.



Figuur 4-5 Het railverkeerssysteem binnen het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

De technische verwevenheid van spoor en trein is uiteindelijk terug te voeren op de fysische kenmerken van het rail–wiel contact (“staal–op–staal”, met lange aanzet– en remwegen) en de beperkte vrijheidsgraden in beweging van een trein (slechts vóór– of achteruit), die, bijvoorbeeld, een continue energieoverdracht mogelijk maakt.

Deze kenmerken, die de spoorwegen een mate van uniciteit geven, hebben met name betrekking op de functies dragen en geleiden, voortbewegen, sturen en veilige weg bieden, kortom de verkeersfuncties⁴⁷. Met andere woorden: niet de spoorwegen als geheel zijn uniek ten opzichte van andere modaliteiten, maar het railverkeerssysteem is op bepaalde aspecten uniek ten opzichte van andere verkeerssystemen. De verkeersfuncties zijn verdeeld over vaste en mobiele middelen en over techniek en personeel⁴⁸.

⁴⁵ In Hoofdstuk 5 wordt dieper ingegaan op het railverkeerssysteem, met name op de besturing ervan (railverkeersmanagement).

⁴⁶ Het verplaatsen (“slepen”) van treinen, al dan niet voorzien van zendingen.

⁴⁷ Een belangrijke uitzondering wordt gevormd door de middelen ten behoeve van de vervoerfuncties laden en lossen, bijvoorbeeld, de hoogte van het perron ten opzichte van de vloerhoogte van het materieel. Analooq aan de verkeersmiddelen worden ook de vervoermiddelen in één laag ondergebracht zodat aan deze verwevenheid recht wordt gedaan. Overigens valt een verdere uitwerking hiervan buiten het kader van deze dissertatie.

⁴⁸ In Hoofdstuk 3 is reeds aangegeven dat dit in principe geldt voor verkeerssystemen in het algemeen. In Hoofdstuk 5 wordt dit verder uitgewerkt voor het railverkeerssysteem.

1. technisch verwevenheid van spoor en trein

In de vigerende structuur van de spoorwegen worden de mobiele middelen (“materieel” en “rijdend personeel”) tot “exploitatie” gerekend en zijn daarmee gescheiden van de vaste middelen (“infrastructuur” en “stationspersoneel”). Door de verkeersfuncties onder te brengen in één systeemlaag (railverkeersmiddelen) wordt aan de technische verwevenheid van spoor en trein recht gedaan.

2. kapitaalintensiteit van de productiemiddelen

Ook het kostbare karakter van de productiemiddelen van de spoorwegen is veelal terug te voeren op het leveren van verkeersfuncties. Door de vervoerfuncties (zoals de inrichting van het materieel, het in- en uitstappen, de informatievoorziening aan de reizigers) van de verkeersfuncties te ontkoppelen en de verkeersmiddelen onder te brengen in één systeemlaag (*beheer railverkeersmiddelen*), kan een technisch-economisch optimum tussen verkeerspersoneel, verkeersmaterieel en verkeersinfrastructuur tot stand komen.

De afschrijvingstermijnen van *verkeersmiddelen* behoeven niet gerelateerd te zijn aan de veelal korter durende concessies voor het uitvoeren van *vervoerdiensten*⁴⁹. Bij een adequate marktwerking kan immers elke concessiehouder op de verkeersmarkt railverkeersdiensten verwerven. Meer concreet: hij kan materieel leasen voor de duur van de concessie en de vervoerfuncties (zoals de inrichting van de coupés) eventueel aanpassen aan zijn wensen. De ontkoppeling van vervoerdiensten en verkeersdiensten heeft ook gevolgen voor de respectievelijke planningstermijnen voor deze diensten. Deze kunnen beter worden afgestemd op de door de respectievelijke afnemers gewenste flexibiliteit: de vervoermarkt (zeker de markt voor goederenvervoer) is dynamischer dan de verkeersmarkt en vraagt een grotere flexibiliteit van het aanbod.

centrale rol van de dienstregeling

De dienstregeling beschrijft simultaan het vervoeraanbod voor reizigers en verladers en het gebruik van de verkeersmiddelen (met name de railinfrastructuur). De dienstregeling is daarmee tegelijkertijd het plan voor de besturing van zowel de vervoerssystemen als van het railverkeerssysteem. Als de besturing van de levering van diensten per systeemlaag wordt georganiseerd⁵⁰, verliest de dienstregeling haar centrale, integrerende rol en vervalt opnieuw een reden voor een monoliete structuur. Dit neemt uiteraard niet weg dat er een vorm van afstemming nodig blijft om de synchroniteit bij het leveren van verkeers- en vervoerdiensten en de inzet van de bijbehorende middelen te waarborgen. Het concept Dynamisch Railverkeersmanagement laat echter zien dat het afstemmen van plannen niet synoniem is met het ontwerpen van één plan voor verschillende toepassingen.

Hierna wordt ingegaan op de besturing van de spoorwegen.

4.3.4 structurering van de besturing van de spoorwegen

De besturing van de spoorwegen als één systeem is zeer complex. Structurering van de spoorwegen volgens de lijnen van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer in deelsystemen, die eenduidig te formuleren producten leveren aan andere deelsystemen, kan de complexiteit van

⁴⁹ Zie verder 4.4.

⁵⁰ In de volgende paragraaf wordt hierop dieper ingegaan.

de besturing verminderen en daarmee de beheersbaarheid vergroten. Het wordt dan bijvoorbeeld beter mogelijk om bestaande besturingsparadigma's te hanteren, zoals die van industriële productieprocessen⁵¹. Bertrand (1990) stelt dat de besturing van een fabriek bestaat uit drie fasen: lange termijn planning (capaciteitsmanagement en strategische orderacceptatie), korte termijn planning (planning van inzet van resources) en dagelijkse uitvoering en bijsturing. Deze indeling vormt de leidraad van Deel II van deze dissertatie, waarin de besturing van het railverkeerssysteem zal worden geanalyseerd.

Bij de *lange termijnplanning* is voor de leverancier van verkeersmiddelen inzicht in de markt op lange termijn noodzakelijk, gezien de verstrekking van investeringsbeslissingen. Omdat de markt voor railverkeersdiensten een onzekere is en blijft, zal de overheid zelf moeten investeren in railverkeersmiddelen of op de een of andere manier garanties moeten verlenen om de rentabiliteit van investeringen te waarborgen. Voor railverkeersinfrastructuur is dit geen nieuw gezichtspunt, voor railverkeersmaterieel wel.

Ten behoeve van continuïteit in het vervoeraanbod zal een vervoersysteem voorts strategische afspraken willen maken met railverkeerssystemen over de te leveren verplaatsingen, zowel wat betreft kwantiteiten als kwaliteiten. Railverkeerssystemen op hun beurt moeten afspraken maken met de leveranciers van verkeersmiddelen. Het mag duidelijk zijn dat de vorm en de mate van detail van dergelijke afspraken de feitelijke mogelijkheden voor concurrentie, bijvoorbeeld de kansen voor nieuwe toetreders, bepaalt.

Voor de *planning op de kortere termijn* kan de dienstregeling als concept voor de simultane besturing van alle lagen niet langer voldoen. Ze zal moeten worden vervangen door plannen per systeemlaag: vervoerplannen, verkeersplannen en logistieke plannen (inzetplannen). Ook hier is het weer zoeken naar een evenwicht tussen de noodzakelijke afstemming van de plannen door de lagen heen enerzijds en het ruimte bieden voor marktwerking anderzijds.

In de *dagelijkse uitvoering en de bijsturing* tijdens de productie van de diensten worden vervoerleiding, verkeersleiding, en logistiek management (de inzet van de verkeersmiddelen) expliciet. Uiteraard is ook het management van vervoermiddelen ("wagons") en vervoerpersoneel ("conducteurs") door de vervoersystemen een expliciete activiteit.

4.3.5 gevolgen voor de organisatie van de spoorwegen

Door het formuleren van verschillende markten tussen de systeemlagen met per markt een dynamisch proces van vraag, aanbod en prijsvorming, zal een optimale afstemming *door de lagen heen*, zoals binnen het oude NS gebruikelijk was, niet langer de boventoon kunnen voeren. Het zal dan ook minder vanzelfsprekend zijn om de spoorwegen *als geheel* als een "natuurlijk" monopolie te zien.

verlaging drempel voor toetreders tot de vervoermarkt

De vervoermarkt (de markt waar vervoersystemen vervoerdiensten aan reizigers en verladers aanbieden) is een markt waar aanbieders met name op aspecten die relevant zijn voor die eindgebruikers zouden moeten concurreren. Het gaat dan om (vervoer)aspecten als klantgerichtheid en service en niet om de beschikbaarheid van locomotieven of machinisten. Door de beschikbaarheid van railverkeersmiddelen te ontkoppelen van de levering van vervoerdiensten

⁵¹ In Hoofdstuk 5 wordt de analogie uit de productielogistiek verder uitgewerkt.

wordt de drempel voor nieuwe toetreders tot bijvoorbeeld de markt van openbaar reizigersvervoer aanzienlijk verlaagd.

doorberekenen integrale kosten

Door de kosten van de levering van de diensten integraal door te berekenen aan een bovenliggende laag ontstaat een prikkel om schaarse capaciteiten efficiënt te benutten. Zo zullen voor verkeersdiensten in spitsuren hogere prijzen kunnen worden gevraagd dan voor vergelijkbare verkeersdiensten in stille uren. Opgemerkt moet worden dat het operationaliseren van een dergelijke vorm van marktwerking problematisch is, bijvoorbeeld vanwege de noodzaak van internalisering van externe maatschappelijke kosten voor alle verkeerssystemen.

concurrentie op of om het spoor

Meestal wordt met het begrip concurrentie op het spoor bedoeld op het in concurrentie aanbieden van vervoerdiensten voor hetzelfde marktsegment van de vervoermarkt. Voor segmenten van de reizigersvervoermarkt blijken hieraan belangrijke nadelen te kleven. Als alternatief wordt concurrentie om het spoor toegepast: slechts één bedrijf verwerft het recht om treinen te rijden (verkeersdiensten te leveren) op een bepaald deel van het spoorweganet, ongeacht de vervoermarktsegmenten⁵² die hiermee worden bediend. Het mag uit het voorgaande duidelijk zijn geworden dat het hanteren van de concurrentie op of om het spoor zonder aan te geven op welke markten of marktsegmenten de concurrentie betrekking heeft, de mogelijkheden om te profiteren van marktwerking sterk vermindert.

ideaal organisatieplaatje?

Er is echter ook een keerzijde. Door de speelruimte die elke systeemlaag voor zijn eigen processen zal claimen en door de speelruimte die het functioneren van een markt tussen de lagen vergt, is het mogelijk dat er ondanks de prikkel tot efficiency bij het leveren van elke dienst er per saldo meer productiemiddelen nodig zullen zijn om de vervoerdiensten te kunnen leveren. Door dit soort onzekerheden kan ook niet gesteld worden dat de functionele analyse van de spoorwegen automatisch leidt tot een ideaal organisatieplaatje voor de spoorwegen.

Meer bedrijfseconomisch, organisatorisch en ook politiek getint vervolgonderzoek zal per systeemlaag moeten uitwijzen onder welke voorwaarden de voordelen van meer marktgerichte diensten en een grotere kosteneffectiviteit opwegen tegen toegenomen transactiekosten. Enkele verbeterpunten voor de organisatie van de spoorwegen kunnen echter op basis van de bovenstaande analyse worden geformuleerd:

- ontkoppelen van (keten)vervoerdiensten en railverkeersdiensten;
- ontkoppelen van railverkeersmiddelen en vervoerders, in casu materieel (verkeersaspecten) en machinisten;
- strategische optimalisering van verkeersmiddelen (verkeersinfrastructuur, –materieel, en –personeel) vanuit de gevraagde verkeersfuncties.

De overheid bepaalt de marktordening. Het is echter de vraag in hoeverre de overheid een rol zou moeten spelen bij het daadwerkelijk leveren van diensten binnen het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Dit komt aan de orde in de volgende paragraaf.

⁵² Afgezien van het onderscheid tussen reizigers- en goederenvervoer.

4.4 Structurering van de rol van de overheid

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is een adequaat middel om de overheidsrol ten aanzien van de spoorwegen te structureren. Uitgangspunt is dat het verkeers- en vervoersysteem, waar de spoorwegen deel van uitmaken een zelfregulerend systeem is. Dat wil zeggen dat de rol van de overheid idealiter zo gering mogelijk is⁵³. De overheid staat langs de zijlijn en corrigeert de werking van het systeem slechts, als dat uit maatschappelijk belang noodzakelijk is. In de praktijk zal de overheid willen interveniëren vanuit het oogpunt van

- (mobiliteits- en bereikbaarheids)beleid;
- het corrigeren van marktfalen;⁵⁴
- het beheersen van externe randvoorwaarden (milieu en veiligheid).

Waar in het bovenstaande gesproken is over *de* overheid, moet in principe *overheden* worden gelezen. Het is het meest doelmatig, als de overheid ingrijpt op het schaalniveau waarop de noodzaak voor dit ingrijpen bestaat. Bij vervoer gaat het om het overbruggen van afstanden. Dit leidt tot schaalverschillen bij het aanbieden van vervoerdiensten, en in het verlengde daarvan bij verkeersdiensten en verkeersmiddelen. Van den Heuvel (1997) heeft dit voor collectieve openbare personenvervoerdiensten in kaart gebracht. Ook de overheid neemt op elke schaal een andere gedaante aan: (mondiaal) - Europees - nationaal - regionaal - lokaal. De vraag is hoe de rol van de overheden moet zijn en hoe de relatie tussen de verschillende schaalniveaus tot uiting moet komen.

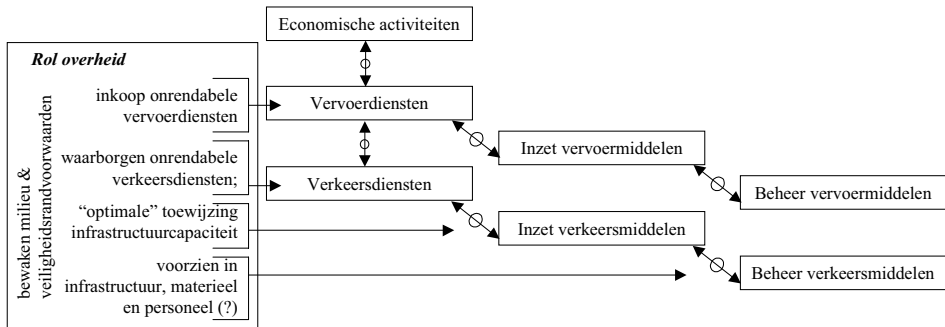
In deze paragraaf wordt eerst de rol van de overheid per systeemlaag geformuleerd. Vervolgens wordt dieper ingegaan op een aantal actuele thema's, ten aanzien waarvan de overheid verschillende rollen speelt.

4.4.1 overheidsrol per systeemlaag

Het overheidsingrijpen dient op het juiste niveau in het Lagenmodel, dat wil zeggen bij de juiste systeemlaag of markt plaats te vinden in de vorm van wet- of regelgeving of door het doelgericht verstrekken van subsidies of opleggen van heffingen (Figuur 4-6). Conform het uitgangspunt dient de overheid slechts in het uiterste geval dient zo ver gaan dat het zelf overgaat tot het produceren van bepaalde maatschappelijk gewenste diensten, bijvoorbeeld, omdat deze anders niet tot stand zouden komen.

⁵³ Zie, bijvoorbeeld, Raad voor Verkeer en Waterstaat (2000).

⁵⁴ Gezien de aard van de dissertatie is de analyse van de economische aspecten zeer globaal.



Figuur 4-6 Structurering van de overheidsrol ten aanzien van de spoorwegen.

Hieronder zal de mogelijke rol van de overheid ten aanzien van de spoorwegen worden toegelicht per systeemlaag van het Lagenmodel.

rol ten aanzien van vervoerdiensten

Het collectieve openbare reizigersvervoer speelt een belangrijke rol in de bereikbaarheid van met name de stadsgewesten. Als de overheid deze rol wil versterken zou de overheid op het juiste schaalniveau op de juiste plaats in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer moeten ingrijpen, te weten daar waar het probleem zich voordoet. Dit betekent dat de (stadsgewestelijke) overheid de concurrentiepositie van het collectieve openbare reizigersvervoer op de vervoermarkt zou moeten versterken, dus aan de “bovenkant” van het Lagenmodel. Een voorbeeld voor het juiste schaalniveau vormen de regionale vervoerautoriteiten in Zweden⁵⁵ of de *Verkehrsverbunde* in Duitsland.

Het dragen van de verantwoordelijkheid voor het tot stand komen van stadsgewestelijke rail-systemen of railinfrastructuur is het interveniëren op een onjuist niveau (namelijk de “onderkant”) in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Het verstoort de zelfregulerende werking van het verkeers- en vervoersysteem in de hogere systeemlagen.

Een vergelijkbare redenering kan gevolgd worden ten aanzien van basisvervoervoorzieningen. Hier bestaat de rol van de overheid uit het zorg dragen voor de totstandkoming van bepaalde onrendabele, maar maatschappelijk gewenste diensten. Het gaat om reizigersvervoerdiensten⁵⁶, maar het is de vraag of dit *collectieve* vervoerdiensten zouden moeten zijn. Pas daarna volgt de vraag of het railverkeerssysteem hierin een rol zou moeten spelen. Het voordeel van het subsidiëren “aan de bovenkant” van het Lagenmodel (het subsidiëren van het leveren van collectieve vervoerdiensten of, liever nog, het subsidiëren van de gebruikers ervan) is dat in de lagere systeemlagen de marktmechanismen zoveel mogelijk in stand kunnen blijven.

rol ten aanzien van railverkeersdiensten

In het Lagenmodel Verkeer & Vervoer vinden idealiter geen subsidies op de levering van diensten plaats, zodat de kosten van het leveren van een dienst integraal moeten worden doorberekend aan de afnemers. Voor een zo goed mogelijk benutten van de effecten van marktwerking is het van belang dat daarbij ook infrastructuurkosten en externe kosten worden verdisconteerd. Als de (maatschappelijke) kosten van de verschillende verkeerssystemen inte-

⁵⁵ Zie Hylen (1996).

⁵⁶ Het is de vraag of er analoog ook maatschappelijk gewenste goederenvervoerdiensten zijn te definiëren.

graal worden doorberekend naar de vervoerssystemen, zal moeten blijken of het railverkeerssysteem kan concurreren in bepaalde segmenten van de verkeersmarkt.

Zolang deze doorbelasting van maatschappelijke kosten niet is geëffectueerd, kunnen andere vormen van overheidsingrijpen in aanmerking komen. De overheid kan, bijvoorbeeld om milieuredenen, het gebruik van railverkeersdiensten stimuleren door het stellen van eisen aan de kwaliteit van de diensten, zoals punctualiteit. Dit kan de concurrentiekracht van het relatief milieuvriendelijke railverkeerssysteem bevorderen, hoewel dit voor het railverkeerssysteem zelf niet kosteneffectief behoeft te zijn, zodat een financiële compensatie redelijk lijkt.

Een rigoreuzere ingreep is het (op Europees niveau) verbieden van vervoer van laagwaardige producten over de weg bij afstanden groter dan, bijvoorbeeld, 150 km. Daar waar de overheid verplichtingen oplegt aan (vervoer)ondernemingen zou er sprake moeten zijn van financiële compensatie. Uiteraard moet een dergelijke compensatie dan voor alle ondernemingen gelden die aan die verplichtingen zouden worden onderworpen.

Daarnaast kan het in het uiterste geval maatschappelijk gewenst zijn om, bijvoorbeeld uit het oogpunt van veiligheid, bepaalde verkeerssystemen uit te sluiten voor bepaalde vervoerdiensten⁵⁷. De overheid dient dan ervoor te zorgen dat alternatieve verkeersdiensten worden geleverd of dat het transport door een andere ruimtelijke ordening van economische activiteiten overbodig kan worden gemaakt.

rol ten aanzien van inzet railverkeersmiddelen

Zolang de kosten van infrastructuur niet integraal worden doorbelast is marktwerking ontoereikend voor het optimaal verdelen van de infrastructuurcapaciteit. De overheid kan ingrijpen door maatschappelijk optimale regels voor de verdeling van de (schaarse) capaciteit over verschillende vervoersoorten te formuleren. Een (te) simpel voorbeeld hiervan is het verbieden van goederentreinen in de spitsuren in de Randstad om alle capaciteit te kunnen inzetten voor reizigerstreinen. Het gevaar dreigt hierbij dat de overheid via de inzet van verkeersinfrastructuur de levering van verkeersdiensten teveel gaat beïnvloeden en daarmee de marktwerking tussen andere systeemlagen verstoort⁵⁸.

rol ten aanzien van beheer railverkeersmiddelen

In het Lagenmodel Verkeer & Vervoer wordt het voorzien in infrastructuur⁵⁹ op één lijn gesteld met het beschikbaar stellen van andere verkeersmiddelen, zoals locomotieven en machinisten. Het is overigens de vraag of het beschikbaar stellen van verkeersmiddelen een overheidstaak zou moeten zijn. Wel moet opgemerkt worden dat het bij railverkeersmiddelen gaat om productiemiddelen waarvoor een natuurlijk monopolie voor de hand ligt⁶⁰. Een vorm van marktregulering om ongewenste effecten van monopolies te voorkomen, zal ten aanzien van het beheer van verkeersmiddelen derhalve altijd nodig zijn.

Een voorbeeld van overheidsingrijpen ten aanzien van railverkeersmiddelen is het formuleren van functionele systeemkenmerken voor internationale infrastructuurnetwerken (bijvoorbeeld

⁵⁷ Een voorbeeld hiervan is het transport van chloor.

⁵⁸ Zie verder Hoofdstuk 7.

⁵⁹ Het gaat hier om verkeersinfrastructuur, zoals sporen, wissels en seinen. Ten aanzien van vervoerinfrastructuur (zoals stationsvoorzieningen) kan een analoge redenering worden gevolgd.

⁶⁰ Zie Van Ooststroom (1999).

Trans Europese Netwerken) plus eisen aan het daarop toegesneden materieel (bijvoorbeeld, profiel van vrije ruimte, aslasten, snelheden, beveiliging, energievoorziening) door de Europese overheid. Door deze kenmerken in Europees verband te formuleren wordt kostenverlaging door standaardisering bevorderd.

4.4.2 rol overheid ten aanzien van enkele specifieke thema's

Tegen de achtergrond van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer worden hieronder enkele structurerende opmerkingen gemaakt over specifieke thema's –“light rail” en de hoge snelheidslijn Zuid– waarbij de rol van de overheid ten aanzien van de spoorwegen in het geding is.

“light rail”

De overheid stelt zich ten doel te stimuleren dat stadsgewestelijke en rurale railverkeerssystemen tot stand komen die beter aansluiten bij de vervoerbehoefden en die (voor de overheid) goedkoper zijn dan de traditionele railverkeerssystemen⁶¹. De achterliggende behoefte van light rail is een vorm van “hoogwaardige openbare vervoervoorziening”, terwijl als oplossing een railverkeerssysteem wordt gedefinieerd. De benadering van light rail als concept tendeeft naar een verticaal geïntegreerde⁶² oplossing voor de vervoerproblemen. Dit kan leiden tot suboptimale, *dedicated*, oplossingen. Deze benadering miskent de meerwaarde die marktwerking bij de levering van de verschillende halfproducten in de productiekolom kan hebben. Een voorbeeld is het gebruik van sporen en perrons tezamen met andere verkeersdiensten.

In Tabel 4-1 is de voorgestelde structurering van de rol van de overheid ten aanzien van light rail samengevat. Telkens is de eerste vraag: op welk type diensten, welke laag/markt, wil de overheid haar invloed doen gelden. De volgende vraag: is op welk schaalniveau van de overheid hebben de diensten betrekking en tenslotte de reden van interventie (mobiliteitsbeleid, corrigeren marktfalen of beheersen externe randvoorwaarden).

In de structuur van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is er geen sprake van een concept light rail, maar zou light rail in een aantal aspecten onderscheiden worden:

- ten aanzien van de systeemlaag vervoerdiensten:
vaststellen welke eisen de keuze voor verkeerssystemen bepalen: wegverkeerssystemen (“bandentrans”, bussen, enz.) of railverkeerssysteem (lichte rail, zware rail, enz.);
- ten aanzien van de systeemlaag railverkeersdiensten:
eisen ten aanzien van veiligheidsniveaus, kosten, eventuele integratie met andere verkeerssystemen in het “stedelijk weefsel”;
- ten aanzien van de systeemlagen inzet en beheer railverkeersmiddelen:
eisen ten behoeve van samengebruik, beheerskaders voor infrastructuur, materieel en bediening⁶³.

⁶¹ Zie, bijvoorbeeld, V&W (2000b).

⁶² Dat wil zeggen: het leveren van vervoerdiensten, inclusief de benodigde verkeersdiensten, verkeers- en voermiddelen.

⁶³ Het formuleren van “verkeersmiddelenconcepten”, zie Hoofdstuk 6.

Tabel 4-1 Ordening van de rol van de overheid ten aanzien van light rail.

<i>Diensten</i>	<i>Overheidsniveau</i>	<i>Reden van ingrijpen overheid</i>	<i>Opmerking</i>
collectieve reizigersvervoerdiensten	stadsgewestelijke vervoerdiensten → stads-gewesten; regionale vervoerdiensten → regio	gewenste vervoerdiensten (mobiliteitsbeleid) komen zonder overheidssteun niet of te weinig tot stand (marktfalen)	light rail als “concept” is verwarrend, want heeft op verschillende lagen betrekking
railverkeersdiensten	zie hierboven	nieuwe verkeersdiensten komen zonder overheidssteun niet of te weinig tot stand (marktfalen); regionale omgevingseisen? (beheersen randvoorwaarden)	zolang (infrastructuur)kosten niet integraal worden doorberekend moet (effectief) samengebruik worden afgedwongen
verkeersmiddelen	nationale beheerkaders voor decentrale oplossingen?	nieuwe verkeersmiddelenconcepten komen zonder overheidssteun niet of te weinig tot stand (marktfalen)	zolang (infrastructuur)kosten niet integraal worden doorberekend

*hoge snelheidslijn Zuid*⁶⁴

Bij de aanbesteding van vervoerdiensten over de hoge snelheidslijn Zuid zou de marktsegmentatie van de vervoermarkt centraal moeten staan: internationaal en nationaal collectief reizigersvervoer en (internationaal, zeer snel) goederenvervoer. Voor het nationaal collectief reizigersvervoer zou moeten worden aangesloten bij de aanbesteding van de nationale vervoerdiensten over de “oude sporen” van het spoorwegnet, gegeven dat daarbij gekozen is voor het aanbesteden van het gehele nationale netwerk voor collectief reizigersvervoer.

Deze samenhang is voor de aanbesteding van vervoerdiensten relevanter dan de aard van de verkeersinfrastructuur (“nieuw” of “bestaand” spoor). Voor het internationale vervoer zou een volledige liberalisering in de geest van de Europese regelgeving zijn. Hierbij moet worden opgemerkt dat dit dan ook voor het internationale vervoer op het grondgebied van de andere Europese staten zou moeten gelden.

In Tabel 4-2 wordt het bovengenoemde samengevat.

⁶⁴ De case Aanbesteding HSL Zuid komt aan de orde in 4.6.

Tabel 4-2 Ordening van de rol van de overheid ten aanzien van de aanbesteding van de HSL Zuid.

<i>Diensten</i>	<i>Overheidsniveau</i>	<i>Reden van ingrijpen overheid</i>	<i>Opmerking</i>
internationale collectieve reizigersvervoerdiensten	internationale overheid	corrigeren marktfa- len (?)	nationale overheid voor zover het nationaal grondgebied be- treft ?
nationale reizigersver- voerdiensten	nationaal	corrigeren marktfa- len	onderscheid bestaande sporen of nieuwe sporen niet relevant
goederenvervoerdiensten	internationaal	corrigeren marktfa- len (?)	is in Europees verband gelibe- raliseerd
aanleg en instandhouding sporen	nationaal	corrigeren marktfa- len	zolang (infrastructuur)kosten niet integraal worden doorbere- kend

Analoog kan de rol van de overheid ten aanzien van andere thema's worden gestructureerd. Enkele voorbeelden worden gegeven in Tabel 4-3.

Tabel 4-3 Ordening rol van de overheid ten aanzien van een aantal actuele thema's.

<i>Aspect → ↓ Thema</i>	<i>Diensten</i>	<i>Overheidsniveau</i>	<i>Reden van ingrij- pen overheid</i>	<i>Opmerking</i>
netwerken decen- traliseren en aan- besteden	(netwerken van) collectieve reizi- gersvervoerdien- sten	stadsgewestelijke vervoerdiensten → stadsgewesten; regionale vervoer- diensten → regio	gewenste ver- voerdiensten (mobiliteitsbeleid) komen zonder overheidssteun niet of te weinig tot stand (markt- falen)	keuze voor type ver- keerssysteem aan concessiehouder
afsluiten "presta- tiecontract" (con- cessie) voor het "hoofdrailnet"	collectieve reizi- gersvervoerdien- sten	lange afstand → nationale overheid (overigens zie bo- ven)	vrije toetreding tot de vervoer- markt lijkt maat- schappelijk niet gewenst ⁶⁵	de begrippen "hoofdrailnet" (en "kernnet") hebben geen betrekking op vervoerdiensten
invoeren BB21/25 kV	verkeersmiddelen	nationale overheid	corrigeren markt- falen	zolang (infrastruc- tuur)kosten niet inte- graal worden doorbe- rekend

De eerste conclusie uit Tabel 4-1 tot en met Tabel 4-3 is dat de overheid haar bemoeienis met de spoorwegen kan beperken tot het verlenen van concessies voor vervoerdiensten, mits de onderliggende systeemlagen en markten goed functioneren. Dit laatste zou met gerichte maatregelen (die geen effect hebben op het functioneren van de andere lagen/markten) bereikt moeten worden.

⁶⁵ Dit zou lijken op wat meestal wordt verstaan onder "concurrentie op het spoor" het leveren van concurrerende verkeersdiensten, een model dat nog niet succesvol is toegepast (Van de Velde (1999b)).

De tweede conclusie is dat het bestuursniveau momenteel niet altijd aansluit bij het schaalniveau waarop de diensten worden geleverd, zoals ten aanzien van light rail. Dit is vaak het gevolg van vermeende netwerksamenhang binnen andere lagen. Het begrip “kernnet” is hiervan een markant voorbeeld: verkeerslogistieke netwerksamenhang⁶⁶ (“sneltrainen met “bijbehorende” stoptreinen”) wordt gebruikt om de verantwoordelijkheid voor stadsgewestelijke en regionale vervoerdiensten naar het nationale niveau te tillen. In de volgende paragraaf wordt het afbakenen van concessies voor vervoerdiensten nader beschouwd. Het gaat er dan vooral om na te gaan in hoeverre netwerkvoordelen kunnen prevaleren boven het nadeel dat bij te grote netwerken het schaalniveau van de overheid niet meer past bij het schaalniveau waarop het (vervoer)probleem zich voordoet.

4.5 Functionele aspecten en marktordening

Het huidige beleid is erop gericht dat de tucht van de markt de spoorwegen moet dwingen tot een grotere klantgerichtheid en het leveren van kwaliteit⁶⁷. Conform dit beleid krijgt marktwerking in het reizigersvervoer vorm doordat de overheid concessies verleent voor het leveren van vervoerdiensten op een bepaald deel van het spoorwegnet. De centrale vraag bij het verlenen van de concessies is: welk deel van de productiekolom wordt aanbesteed op welk deel van het netwerk?

Deze paragraaf⁶⁸ belicht een aantal functionele aspecten die bij het ordenen van de markt, zoals het afbakenen van concessies, een rol zouden moeten spelen. Dit zal niet leiden tot een ideaal plaatje. Wel zal worden aangegeven in hoeverre het negeren van deze functionele aspecten in de praktijk tot problemen kan leiden. In 4.6 zal dit worden geïllustreerd aan de hand van de case Aanbesteding HSL Zuid.

4.5.1 verticale versus horizontale integratie

Twee extreme modellen om concessies onderling af te bakenen zijn "horizontale integratie" en "verticale integratie". In Figuur 4–7 wordt dit geïllustreerd tegen de achtergrond van een enigszins versimpelde weergave van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Hierbij moet worden opgemerkt, dat in de huidige praktijk *vervoerdiensten* en *verkeersdiensten* niet worden onderscheiden (de vervoerder is de onderneming die zowel de treinen rijdt als zorgt voor het vervoer van de reizigers of de goederen). Ten tweede worden *verkeersmiddelen* in de huidige praktijk vereenzelvigd met *verkeersinfrastructuur*, omdat ervan wordt uitgegaan dat vervoerders zelf zorgen voor materieel en (rijdend) personeel.

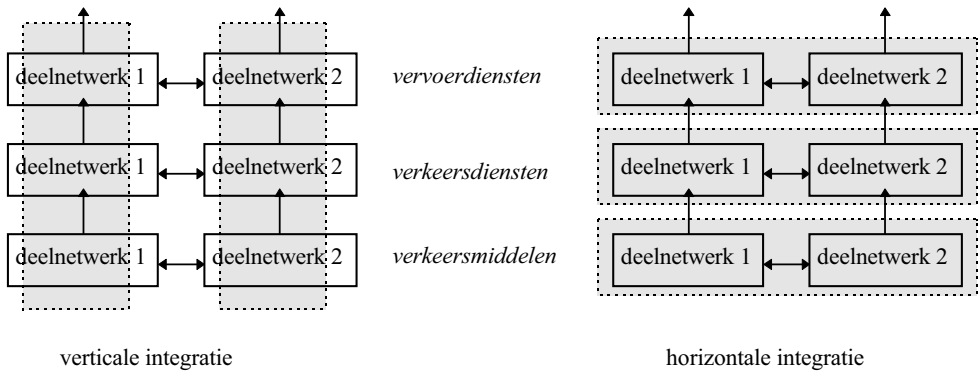
Verticale integratie legt de nadruk op het optimaliseren van de gehele productiekolom op een deel van het net, bijvoorbeeld, een geïsoleerde spoorlijn. Bij verticale integratie is de kwaliteit van de toelieferingen (met name de kwaliteit van de infrastructuur) een intern probleem voor

⁶⁶ Deze heeft betrekking op de systeemlaag inzet railverkeersmiddelen.

⁶⁷ De anno 2000 vigerende beleidsvisie is voor wat betreft het personenvervoer verwoord in de nota De Derde Eeuw Spoor (V&W (1999c)). Het goederenvervoer per spoor is in Nederland geliberaliseerd, conform de beleidsnota Transport in Balans (V&W (1996b)).

⁶⁸ Deze paragraaf is in een enigszins andere vorm eerder gepubliceerd (Schaafsma (1999a)).

de concessiehouder, niet voor de concessieverlener. De relatie met andere deelnetwerken (andere concessies) krijgt vorm door (horizontale) afstemming en samenwerking. Waar nodig zal deze netwerksamenhang door de concessieverlener moeten worden afgedwongen, zoals het voorschrijven van concessie–overschrijdende vervoerbewijzen.



Figuur 4-7 Verticale versus horizontale integratie van diensten bij concessieverlening.

De deelnetwerken zouden logischerwijs moeten worden afgebakend op plaatsen met weinig grensoverschrijdende relaties en eenvoudige interfaces tussen de deelnetten. De Japanse spoorwegen vormen een voorbeeld van verticaal geïntegreerde organisaties⁶⁹.

Bij horizontale integratie staat optimalisering van netwerken binnen een systeemlaag centraal. Er kan daarbij optimaal worden geprofiteerd van eventuele netwerkvoordelen⁷⁰. In principe zullen er voor verschillende vervoermarktsegmenten verschillende vervoerconcessies kunnen worden verleend (internationaal vervoer, binnenlands lange afstandsvervoer enz.). Bij horizontale integratie is de belangrijkste opgave dat (half)producten in de productiekolom goed omschreven moeten zijn om de relaties *tussen de lagen* vorm te geven. De kwaliteit van het eindproduct aan de reizigers hangt in niet geringe mate af van de kwaliteit van het door de beheerder van de infrastructuur toe te leveren halfproduct (beschikbaarheid van infrastructuur). Hierbij kan sprake zijn van concurrerende aanbieders, vaker zullen echter meerdere vervoerders gebruik willen maken van de diensten van één (monopolistische) aanbieder van infrastructuur. De situatie in Nederland anno 2000 (scheiding van infrastructuur en exploitatie) is een vorm van horizontale integratie, zij het dat er slechts twee systeemlagen worden onderscheiden.

4.5.2 netwerkvoordelen bij horizontale integratie

In Hoofdstuk 3 is reeds aangegeven dat de vraag naar verkeers- en vervoerdiensten kan worden geaggregeerd tot ketens en netwerken. Bij het aanbod van deze diensten kunnen in principe voordelen worden behaald als ze in de vorm van netwerken kunnen worden geleverd. De mogelijkheid om netwerkvoordelen te incasseren⁷¹ vormt een belangrijk argument voor hori-

⁶⁹ Zie verder Hoofdstuk 8 en Van de Velde (1999b).

⁷⁰ Zie 4.5.2.

⁷¹ Zie Berechman (1993), die dit bestempelt als *economies of network*.

zontale integratie. Hieronder wordt deze argumentatie per systeemlaag uit het (vereenvoudigde) Lagenmodel Verkeer & Vervoer geanalyseerd.

vervoerdiensten

De kwaliteit van het eindproduct dat aan de reizigers kan worden aangeboden vraagt een vorm van integratie van netwerken of op zijn minst het afstemmen tussen vervoernetwerken. De grenzen tussen vervoernetwerken zouden idealiter zo weinig mogelijk vervoerketens moeten doorsnijden. Dit betekent dat de meest logische afbakening niet altijd de grens tussen modaliteiten (verkeerssystemen) hoeft te zijn. Afstemming of zelfs integratie met stad en streekvervoer is cruciaal voor het smeden van concurrerende deur-tot-deur vervoerketens. Voorbeelden van netwerkvoordelen in het vervoeraanbod zijn doorgaande vervoerbewijzen, goede aansluitingen en deur-tot-deur reisinformatie. Bij dit laatste moet niet alleen worden gedacht aan dienstregelingen, maar ook aan informatie bij ontregelingen!

verkeersdiensten

Ook bij het leveren van verkeersdiensten (het rijden van treinen) zijn er in principe netwerkvoordelen te behalen. Berechman (1993) signaleert dat het netwerksgewijs inzetten van de productiemiddelen personeel en materieel tot logistieke netwerkvoordelen (*economies of network*) kunnen leiden⁷².

verkeersmiddelen: infrastructuur

Het aanleggen van nieuwe railinfrastructuur bestaat meestal uit het toevoegen van schakels aan een bestaand netwerk. Zo is de Betuweroute, de goederenspoorlijn van de Maasvlakte naar de Duitse grens bij Zevenaar, niet meer of minder dan een schakel in het Nederlandse (of, beter, Europese) spoorwegnet. Naar schatting zal minder dan de helft van de goederentreinen op de Betuweroute de gehele route van de Maasvlakte tot de Duitse grens afleggen en een verwaarloosbaar percentage treinen heeft begin en eindpunt aan de Betuweroute.⁷³ De Betuweroute is derhalve meer dan een goederenlijn van Rotterdam naar Midden-Duitsland en verder. Treinen naar Antwerpen en naar Noord-Duitsland zullen over een deel van de Betuweroute rijden en ook achterlandverbindingen van Amsterdam naar Duitsland en België zullen gebruik maken van de Betuweroute. Uit dit voorbeeld valt af te leiden dat een logische afbakening van een infrastructuurnetwerk (of -lijn) in principe niet hoeft samen te vallen met de afbakening van een vervoer- of verkeersnetwerk.

Bij de exploitatie van infrastructuur zijn netwerkvoordelen te behalen in de vorm van samengebruik van delen van het spoorwegnet door verkeersdiensten met verschillend karakter. Het optimaliseren van samengebruik en medegebruik is een voorwaarde voort het optimaal uitbaten (benutten) van de infrastructuur⁷⁴. In een strikt verticaal geïntegreerde concessie is medegebruik alleen mogelijk als de vervoernetwerken dezelfde begrenzings hebben als de infrastructuurnetwerken. Het bovengenoemde voorbeeld van de Betuweroute illustreert dat dit in het algemeen niet het geval is.

⁷² Zie verder Hoofdstuk 5.

⁷³ Zie Managementgroep Betuweroute (1998).

⁷⁴ In Hoofdstuk 6 komt dit verder aan de orde.

4.5.3 mogelijkheden voor concurrentie binnen systeemlagen

Zoals in Hoofdstuk 1 is aangegeven dat marktwerking, en in het bijzonder concurrentie, in principe tot een grotere kosteneffectiviteit en een betere klantgerichtheid moeten leiden. Uit onderstaande schets van de mogelijkheden per systeemlaag zal echter blijken dat concurrentie niet op alle markten binnen het Lagenmodel Verkeer & Vervoer even voor de hand ligt.

vervoerdiensten

In de laag vervoerdiensten zou concurrentie een belangrijke rol kunnen spelen, zowel in het goederen- als in het reizigersvervoer. Een vervoeronderneming verzorgt het vervoer voor de gehele keten van herkomst naar bestemming of voor een deel ervan, waarbij kan worden samengewerkt met andere vervoerondernemingen. Vervoerondernemingen concurreren onderling met hun vervoeraanbod (reisduur, overstappen, service, tarief enz.). Het personeel van het vervoersysteem (conducteurs, kaartverkopers, perronpersoneel, enz.) is geheel gericht op de service aan de klant. Verder kunnen ze, voor het deel van de keten waarvoor ze kiezen voor het railverkeerssysteem, concurreren met de wagons die ze op het voor hun klanten gewenste serviceniveau kunnen uitrusten (1e/2e klas, staan/zitten, koffieautomaten, laadvermogen, geschikt voor gevaarlijke stoffen enz.).

Omdat er in Europa vele vervoerondernemingen zijn, kan er een markt voor het leasen van wagons ontstaan. Voor het verplaatsen van de wagons doen vervoerondernemingen een beroep op de diensten van railverkeerssystemen. Zaken als locomotieven, ATB, machinisten vormen derhalve geen onderdeel van de concurrentie op de vervoermarkt. Wel bepalen deze zaken mede de concurrentiepositie op de verkeersmarkt, waar railverkeersdiensten met de andere modaliteiten moeten concurreren.

verkeersdiensten

Railverkeersondernemingen ("sleepbedrijven") kunnen met elkaar concurreren op het gebied van de organisatie van de inzet van verkeersmiddelen, de kwaliteit van de verplaatsing (bijvoorbeeld op tijd rijden), flexibiliteit, prijs enz.. Een railverkeersonderneming kan voor zijn eigen park locomotieven en zijn eigen korps machinisten kiezen en zelfs voor zijn eigen infrastructuur, zoals in de Verenigde Staten en Japan gebruikelijk is⁷⁵.

Het is ook denkbaar om een deelnet (een geografisch deel van het spoorweginet) toe te vertrouwen aan één railverkeerssysteem. Dit biedt de mogelijkheid om het dure verkeersmiddel locomotief optimaal in te zetten en om de afstemming tussen de railinfrastructuur en het railverkeersmaterieel (plus railverkeerspersoneel) te optimaliseren. Op die manier is er dan echter binnen de laag verkeersdiensten geen concurrentie meer voor wat betreft de modaliteit rail. Er blijft natuurlijk wel concurrentie bestaan met systemen die aan vervoerders verplaatsingen over weg, water of door de lucht aanbieden. De railverkeerssystemen bieden hun diensten uiteraard aan alle geïnteresseerde vervoerders aan.

Punctualiteit van treinen is een kwaliteitsaspect van de dienst die een railverkeerssysteem aan een vervoerssysteem levert⁷⁶. De betrouwbaarheid van de vervoerdiensten hangt voor een groot deel af van de punctualiteit van het railverkeer, zodat de vervoeronderneming aan het railverkeerssysteem hoge eisen zal stellen.

⁷⁵ Zie, bijvoorbeeld, Van de Velde (1999b).

⁷⁶ Zie verder Hoofdstuk 8.

verkeersmiddelen

Van de verkeersmiddelen vormt de infrastructuur het meest schaarse en dure deel. Concurrentie is bij het aanbieden van infrastructuurdiensten eerder uitzondering dan regel. Er kunnen, bijvoorbeeld, treinen van Rotterdam naar Den Haag rijden via Delft en ook via Pijnacker. In principe is concurrentie tussen spoorlijnen derhalve soms mogelijk, maar als een efficiënte benutting van de schaarse infrastructuur centraal moet staan, lijkt het minder gewenst. Zo is er in Duitsland gekozen voor een taakverdeling tussen parallel lopende spoorlijnen⁷⁷.

Het railinfrastructuurnet is in de meeste Europese landen in handen van de overheid en het ligt dan ook voor de hand dat de rijmogelijkheden op de sporen een collectief goed vormen dat aan de gebruikers (de railverkeersondernemingen) tegen een in principe kostendeckende vergoeding ter beschikking wordt gesteld. Privatiseren van de infrastructuur brengt grote gevaren van monopolievorming met zich mee, zoals de situatie in het Verenigd Koninkrijk laat zien⁷⁸.

De locomotiefparken en de machinistenkorpsen kunnen in principe in afzonderlijke organisaties beheerd worden, waarbij concurrentie goed denkbaar is. In het Verenigd Koninkrijk, bijvoorbeeld, bieden drie *Rolling Stock Companies* hun materieel in concurrentie aan aan de *Train Operating Companies*⁷⁹. Het zou de marktwerking sterk bevorderen als door standaardisering van de technische systemen deze concurrentie een internationaal karakter zou hebben.

4.5.4 conclusie functionele aspecten en marktordening

Functionele aspecten behoeven geen belemmering te vormen voor marktwerking bij de spoorwegen. In een netwerkgeïntegreerde vervoermarkt, zoals die nu in Nederland bestaat, is een verticale integratie niet optimaal, omdat daarbij ofwel de mogelijke netwerkvoordelen binnen de spoorwegen onvoldoende kunnen worden geïncasseerd, ofwel de monolithische situatie van vóór 1994 zou worden hersteld. Marktwerking zou in het laatste geval niet langer aan de orde zijn.

Horizontale integratie, met een splitsing tussen vervoerdiensten en verkeersdiensten biedt betere kansen voor marktwerking. Ten eerste kan dan voor een afbakening van deelnetwerken worden gekozen die per systeemlaag optimaal is voor het behalen van netwerkvoordelen. Ten tweede kan voor elke markt tussen twee systeemlagen de optimale vorm van marktwerking worden gekozen. Hierbij zullen de mogelijkheden voor concurrentie in het bovenste (vervoers)deel van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer veel groter zijn dan in het onderste (verkeers)deel, waar de diensten geproduceerd moeten worden met schaarse, kapitaalintensieve productiemiddelen.

Bovenstaande argumentatie zal in de volgende paragraaf worden onderbouwd aan de hand van de case Aanbesteding HSL Zuid.

⁷⁷ Dit gebeurde in het kader van het strategische plan *Netz 21* (Streit en Partzsch (1996)), zie verder Hoofdstuk 6.

⁷⁸ Van de Velde (1999b).

⁷⁹ Van de Velde (1999b).

4.6 Case: aanbesteding HSL-Zuid

De aanbesteding van de HSL Zuid illustreert hoe het Ministerie van Verkeer & Waterstaat heeft geworsteld bij het zoeken naar een adequate aanpak om marktwerking bij de spoorwegen te introduceren. In deze paragraaf wordt gefocust op het afbakenen van de concessie in het proces van aanbesteding.

4.6.1 inleiding

Sinds het midden van de jaren 90 wordt gezocht naar een vorm van aanbesteding van de nieuwe Hoge snelheidsspoorlijn die de Randstad in zuidelijke richting gaat verbinden met het Europese Hogesnelheidsnet. De belangrijkste vraag bij het aanbesteden van deze Hoge Snelheidslijn Zuid (HSL Zuid) is: wat besteed je precies aan? Wat is de omvang van de concessie. Het antwoord luidde in eerste instantie: bij voorkeur alles, van de constructie van de nieuwe baangedeelten tot en met de exploitatie van het vervoer over de lijn, met andere woorden: verticale integratie. Verticale integratie lijkt op het eerste gezicht *de* manier om particuliere investeringen aan te trekken. Intrinsiek wordt immers het mechanisme ingebouwd dat de spoorlijn optimaal wordt ontworpen op het gebruik ervan, op het beheersen van de jaarkosten en op het maximaliseren van de opbrengsten. Dus zoveel mogelijk vervoeropbrengsten tegen zo laag mogelijke kosten. En, niet onbelangrijk, het vermindert in principe de bestuurslast voor de overheid. Het *Consultation Paper HSL Zuid*⁸⁰ waarmee de “markt” werd uitgenodigd mee te denken over aanbestedingsconstructies, ademde dan ook een voorkeur voor verticale integratie⁸¹.

Een zuiver verticale concessie bleek bij nadere analyse niet mogelijk. De HSL Zuid is immers geen geïsoleerde spoorlijn, zelfs niet een complete spoorlijn met een begin en een eind, zie Figuur 4-8. Van Amsterdam tot Hoofddorp, van Rotterdam tot Barendrecht en voorbij de Belgische grens zullen de HSL-treinen op sporen moeten rijden die buiten de concessie vallen. Op de een of andere manier zal bij de aanbesteding de relatie tot andere netwerken geregeld moeten worden.

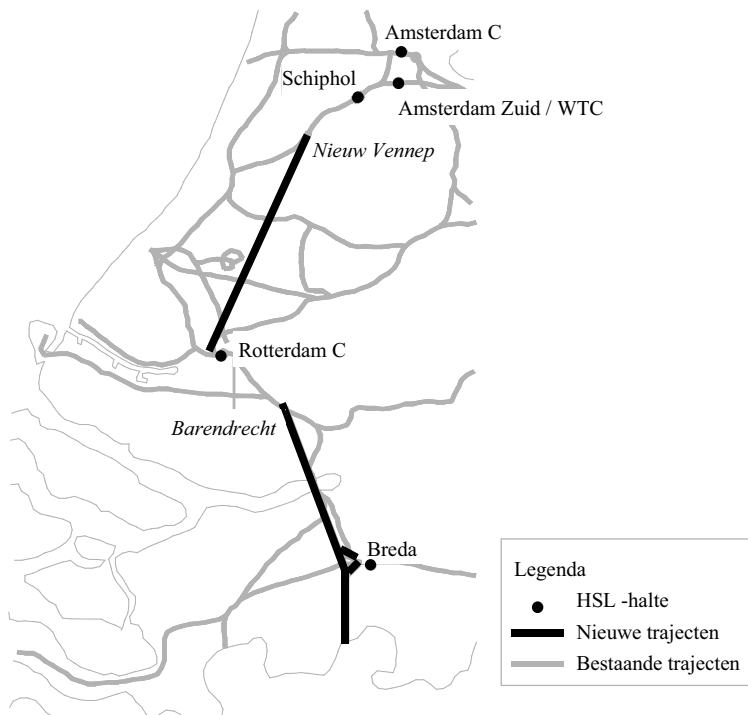
In deze paragraaf wordt de mogelijke afbakening van netwerken bij verschillende aanbestedingsmodellen voor de HSL Zuid in kaart gebracht, uitgaande van de opzet van het *Consultation Paper*. De analyse start met een model waarbij de gehele productiekolom (van infrastructuurvoorziening tot en met het rijden van treinen) met betrekking tot de nieuwe HSL-sporen wordt aanbesteed. In de daarop volgende paragrafen wordt telkens een stuk van de productiekolom uit het aanbestedingspakket weggelaten. Door aan te sluiten bij het *Consultation Paper* wijkt de indeling van de systeemlagen iets af van die in de vorige paragraaf. De lagen vervoerdiensten en verkeersdiensten zijn samengenomen tot de systeemlaag rijden van treinen. Voorts wordt in het *Consultation Paper* evenals in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer⁸²

⁸⁰ V&W (1998b).

⁸¹ We beperken ons tot het verkeer en vervoer en de daarvoor benodigde middelen. Functioneel gezien kan de exploitatie van stations en de gronden rondom de stations hier goed van worden ontkoppeld. Uit het oogpunt van kruissubsidiëring is het overigens aantrekkelijk om (lucratieve) vastgoed- en stationsexploitatie te koppelen aan het (vaak minder rendabele) exploiteren van een treindienst.

⁸² Zie Hoofdstuk 3.

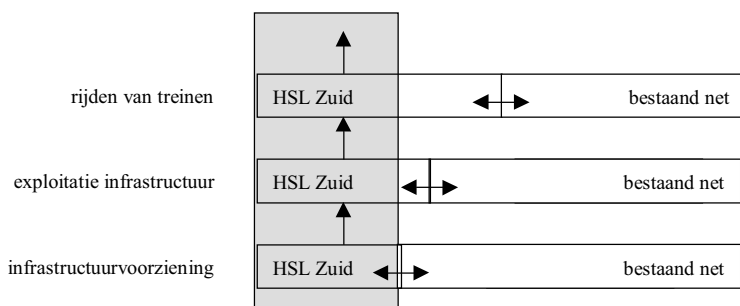
onderscheid gemaakt naar exploitatie van infrastructuur (systeemlaag inzet van middelen) enerzijds en infrastructuurvoorziening (systeemlaag beheer van middelen), anderzijds.



Figuur 4-8 De HSL Zuid als onderdeel van het Nederlandse spoorweginet.

4.6.2 aanbesteding van de gehele productiekolom van de HSL Zuid

Figuur 4-9 illustreert dat er per systeemlaag een relatie met het bestaande net is, waarbij de optimale afbakening tussen HSL Zuid en bestaand net voor elke systeemlaag anders kan zijn. De afbakening van de concessie wordt echter bepaald door de grens tussen “nieuwe sporen” en het “bestaande” spoorweginet. Dit heeft consequenties voor de relatie tussen HSL Zuid en bestaand net in andere systeemlagen.



Figuur 4-9 HSL Zuid aanbestedingsmodel 1: gehele productiekolom.

We beginnen met de systeemlaag *rijden van treinen* (vervoerdiensten en verkeersdiensten).

Marktverkenningen⁸³ wijzen uit dat de hogesnelheidslijn voor drie soorten vervoer, drie product–marktcombinaties, aantrekkelijk is. Ten eerste uiteraard internationale lange afstandreizigersvervoer, ten tweede internationaal vervoer van hoogwaardige goederen en ten derde, maar zeker niet de minst interessante markt: het vervoer van binnenlandse lange afstandsreizigers. Deze product–marktcombinaties manifesteren zich in de vorm van vervoernetwerken, een verzameling vervoerrelaties. Hoe kunnen deze vervoernetwerken worden afgebakend? In het nu besproken aanbestedingsmodel gaan we ervan uit dat de HSL–exploitant de concessie voor het exploiteren van deze drie vervoernetwerken verwerft.

internationaal reizigersvervoer

Het beleid van de Nederlandse overheid beweegt zich binnen de kaders die in Europees verband zijn gesteld. Het internationale vervoer over hogesnelheidslijnen is in Europa in zekere mate geliberaliseerd⁸⁴. Het is derhalve zeker niet vanzelfsprekend dat de exploitant van de HSL Zuid het monopolie van het internationaal vervoer op “zijn eigen lijn” kan krijgen, respectievelijk op de lange termijn zal kunnen behouden. Uit het oogpunt van marktwerking is dit ook niet te prefereren. Wellicht is er voldoende vervoervraag om op specifieke marktsegmenten toegesneden producten aan te bieden, zoals *airport shuttles* voor transferluchtreizigers⁸⁵. In de gekozen marktordening is dit voorbehouden aan de HSL–exploitant, een gemiste kans voor het introduceren van concurrentie.

Vervoermaatschappijen die internationaal vervoer aanbieden zullen zich overigens niet mogen begeven op de markt van het openbaar binnenlandse reizigersvervoer. Zoals hieronder zal blijken zou dit de marktordening op het (binnenlandse) “kernnet” doorkruisen. Het is overigens de vraag in hoeverre de landsgrenzen ook op de lange termijn een logische afbakening tussen vervoernetwerken zullen zijn. Logischer lijkt het dat kwaliteits– en tariefdifferentiatie naast de differentiatie naar verplaatsingsafstand in het vervoer dominant zullen worden.

internationaal vervoer van hoogwaardige goederen

Het goederenvervoer in Nederland is verregaand geliberaliseerd. Naast Railion (voorheen NS Cargo) zijn andere goederenvervoerders, zoals Short Lines en ACTS, op het Nederlandse spoorwegnet actief. Het goederenvervoer per spoor is voor verreweg het grootste deel internationaal van karakter. Dat zal zeker gelden voor het goederenvervoer via de HSL Zuid. Immers, het gaat hier om hoogwaardige goederen die snel vervoerd moeten worden, zoals bloemen en computeronderdelen. Net als bij het internationale reizigersvervoer ligt het voor de hand dat het goederenvervoer over de HSL Zuid zal worden geëxploiteerd door internationale vervoerexploitanten.

binnenlands intercity reizigersvervoer

Het binnenlandse reizigersvervoer op het “kernnet” is voor de periode van 2000 tot 2010 gegund aan NS Reizigers⁸⁶. Een belangrijke Intercityverbinding is die tussen Amsterdam en Rotterdam. De route over het “kernnet” (via Den Haag) zal onderdeel van de concessie aan

⁸³ Zoals vermeld in het *Consultation Paper* (V&W (1998a)).

⁸⁴ Europese Commissie (1991).

⁸⁵ Dit is overigens uit het oogpunt van beheersing van het vliegverkeer een zeer interessante mogelijkheid (zie, bijvoorbeeld, Van Alphen en Reijnga (1998)).

⁸⁶ Bron: V&W (1999c).

NS Reizigers vormen. Ook via de HSL kan de vervoerrelatie Amsterdam - Rotterdam worden bediend. Voor de exploitant van de HSL Zuid is dit een aantrekkelijke optie, aangezien het volgens de marktprognoses het meer dan de helft van de potentiële reizigers over de HSL Zuid gaat.⁸⁷

In dat geval zou er geen sprake zijn van concurrentie op het spoor in letterlijke zin, maar wel van concurrentie op de vervoermarkt Amsterdam – Schiphol - Rotterdam. Het is de vraag of die markt zo groot en gedifferentieerd is dat er ruimte voor twee verschillende producten ontstaat:

- de nieuwe shuttle via de HSL (reistijd ca. 35 minuten, geen tussenstops, hoog comfort en service, hoog tarief);
- de klassieke Intercity (reistijd ca. 1.00 uur, tussenstop in Den Haag, matig comfort en service, gematigd tarief).

Het wordt gecompliceerder, als we de vervoerrelatie Amsterdam – Rotterdam – Breda – Eindhoven in de beschouwing betrekken. De exploitant van de HSL Zuid zal deze relatie als Intercityverbinding willen exploiteren. Niet voor niets vormen de verbindingbogen tussen nieuw spoor en bestaand spoor bij Breda onderdeel van de HSL Zuid. Echter, deze verbinding zou concurrentie op het spoor (het “kernnet”) betekenen tussen Breda en Eindhoven, wat in strijd is met de gunning van het “kernnet” aan NS Reizigers.

In feite gaat het hier om dezelfde discussie als hierboven voor de verbinding Amsterdam – Rotterdam: is de markt zodanig groot en gedifferentieerd dat twee verschillende producten wellicht levensvatbaar zijn en zijn die markten te scheiden in twee concessies. Voor de verbinding naar Eindhoven zal dit niet het geval zijn. Een optie die wordt overwogen is het afkappen van de shuttleverbinding in Breda. Reizigers van Rotterdam naar Eindhoven moeten dan overstappen in Breda, of reizen met de rechtstreekse “kernnet intercity” via Dordrecht. Het gevolg is dat de exploitatie van treinen over de HSL Zuid naar Breda veel minder aantrekkelijk zal zijn⁸⁸.

conclusie

Nu ervoor gekozen is om de exploitatie van het “kernnet” aan NS Reizigers te gunnen en daarmee concurrentie op het spoor voor het “kernnet” uit te sluiten, zou logischerwijs de exploitatie van binnenlandse treinen over de HSL Zuid aan NS Reizigers moeten worden gegund.

Marktverkenningen zouden moeten uitwijzen of het haalbaar is om voor de vervoerrelaties van Amsterdam en Schiphol met Rotterdam verschillende product–marktcombinaties te onderscheiden en in verschillende concessies onder te brengen. Als dat niet het geval zal blijken te zijn, moet worden geconcludeerd de HSL Zuid tot het “kernnet” behoort voor wat betreft het binnenlandse intercityvervoer.

Dit betekent niet dat internationale reizigers– en goederenvervoer dan ook door de houder van de kernnetconcessie zou moeten worden geëxploiteerd. Het vervoer over de HSL Zuid zou gezien het bovenstaande logischerwijs door minimaal drie maatschappijen moeten worden

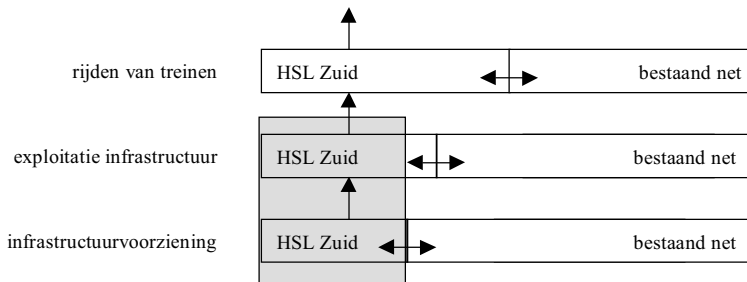
⁸⁷ Bron: V&W e.a. (1998).

⁸⁸ Uit de Verkenningstudie die Railned (1999) heeft uitgevoerd blijkt dat het aantal reizigers in de shuttle tussen Rotterdam en Breda dan met 40 tot 60 % afneemt.

geëxploiteerd: NS Reizigers (binnenlandse intercitynetwerk), één of meer exploitanten van het internationaal reizigersvervoernetwerk en één of meer exploitanten van goederenvervoernetwerken. Nieuwe vervoernetwerken (nieuwe product–marktcombinaties) zouden daarbij niet bij voorbaat moeten worden uitgesloten.

4.6.3 aanbesteding van de exploitatie van de infrastructuur en infrastructuurvoorziening

Als we op grond van bovenstaande argumentatie het rijden van treinen uit de HSL Zuid–concessie zouden halen (Figuur 4-10), is de vraag: hoe is de relatie tussen de HSL Zuid en het bestaande net ten aanzien van de exploitatie van de infrastructuur?



Figuur 4-10 HSL Zuid aanbestedingsmodel 2: infrastructuurvoorziening en exploitatie van infrastructuur.

Exploitatie van de infrastructuur wordt in dit verband gezien als het recht om rijmogelijkheden (treinpaden) op de HSL Zuid te leveren (of te “verkoop”) aan de diverse vervoermaatschappijen. In feite is het de capaciteitsmanagementtaak die Railned momenteel uitoefent voor het bestaande spoorwegnetwerk⁸⁹. Hier manifesteert zich de netwerksamenhang zeer pregnant. Geen enkele vervoermaatschappij wil een trein exploiteren van de Belgische grens tot Barendrecht of van Rotterdam naar Hoofddorp. Een rijmogelijkheid op de HSL Zuid is waardeloos als er niet tegelijkertijd aansluitende treinpaden op het bestaande net kunnen worden verkocht. Voor het verkopen van een treinpad van Amsterdam naar Parijs moet de HSL–exploitant afstemmen met Railned (Amsterdam – Hoofddorp en Rotterdam – Barendrecht) met NMBS (België) en SNCF (Frankrijk). Als ook België en Frankrijk het capaciteitsmanagement op nieuwe lijnen en bestaande lijnen zouden scheiden, zou de afstemming uiteraard nog veel ingewikkelder worden.

Het feitelijke toewijzen van het treinpad (“het operationele leveren van de rijmogelijkheid”) vergt een vergelijkbare afstemming. Voor wat betreft het Nederlandse deel van het bestaande spoorwegnet is NS Verkeersleiding hiervoor verantwoordelijk⁹⁰. Bij een stremming op het bestaande net bij Rotterdam Zuid wordt een treinpad van Barendrecht naar de Belgische grens plotseling waardeloos voor de trein Amsterdam – Parijs, omdat deze trein Barendrecht niet kan bereiken. Het probleem zou minder groot zijn, als de verkeersleiding een alternatieve route kan aanbieden via Utrecht. Dit treinpad moet dan vanaf Breda natuurlijk weer aansluiten op een beschikbaar pad via de HSL Zuid naar de Belgische grens. Het is niet goed voor te

⁸⁹ Zie 4.3.1.

⁹⁰ Zie 4.3.1.

stellen hoe dit mogelijk is zonder een overkoepelende instantie voor het gebruik van het gehele Nederlandse spoorwegnet.

In het verlengde hiervan ligt de planning en realisering van buitendienststellingen voor instandhoudingswerkzaamheden. Instandhouding betekent dat gedurende een bepaalde tijd treinen niet kunnen rijden en de werkzaamheden resulteren vaak in een tijdelijke snelheidsbeperking voor de periode daarna. De capaciteitsmanager heeft de taak om de buitendienststellingen zo te plannen dat hij enerzijds zoveel mogelijk treinpaden kan blijven leveren aan de vervoerexploitanten en anderzijds dat de werkzaamheden zo efficiënt mogelijk kunnen worden uitgevoerd (anders stijgen de jaarlasten van de infrastructuur, wat doorberekend moet worden in de prijs van een treinpad). Dit vergt een nauwe samenwerking met de beheerders van de nieuwe en de bestaande infrastructuur.

Een bijzonder probleem met de spoortoewijzing doet zich voor op de grote stations. De HSL-exploitant heeft in bijvoorbeeld Rotterdam geen eigen station, maar zou graag een eigen perron hebben en het liefst ook de sporen die dat perron ontsluiten. De toewijzing van de paden op die sporen zou dan immers logischerwijs in handen komen van de HSL-exploitant. De kans dat verstoringen van het binnenlandse net in dit scenario zullen doorwerken op de HSL Zuid is dan beperkt. Een nadeel is dat tegelijkertijd de flexibiliteit bij verstoringen wordt opgegeven. Als een HSL-perronspoor om welke reden dan ook onbruikbaar is, kan niet worden uitgeweken naar andere perronsporen (en omgekeerd). Een belangrijk nadeel vanuit netwerk-optimalisatie is dat de infrastructuurcapaciteit op Rotterdam Centraal versnipperd raakt. Als een capaciteittoewijzer het gebruik van alle beschikbare capaciteit kan optimaliseren zonder versnijdingsverlies vergt dit uiteindelijk minder (dure) spoorcapaciteit dan wanneer elke exploitant zijn eigen perronsporen heeft.

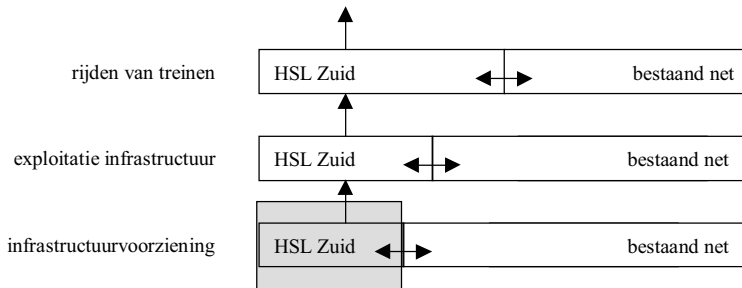
Bij de exploitatie van infrastructuur doorsnijdt een grens tussen twee netwerken idealiter zo weinig mogelijk doorgaande treindiensten. De grens tussen netwerken dient derhalve te worden getrokken om ofwel de routes van doorgaande internationale treinen, ofwel om die van de binnenlandse treinen. In het eerste geval zou er een centraal Europees capaciteitsmanagement kunnen ontstaan zijn voor alle sporen (nieuw en bestaand) waarop internationale (reizigers- en goederen)treinen rijden, aangevuld met afspraken over het gemeenschappelijk gebruik van het bestaand spoor door andere treinen. In het tweede geval heeft elk land afzonderlijk een capaciteitsmanagement voor zowel het bestaande net als de nieuwe sporen met afspraken over grensoverschrijdend verkeer. Dat is in feite de huidige situatie.

conclusie

Conclusie is dat de afbakening van de exploitatie van de infrastructuur (capaciteitsmanagement en verkeersleiding) logischerwijs *niet* ligt op de grens tussen de nieuwe sporen en het bestaande spoorwegnet. De exploitatie van de HSL Zuid-sporen past dan ook niet in een concessie voor de HSL Zuid.

4.6.4 aanbesteding van infravoorziening (ontwerp, aanleg en instandhouding⁹¹) van de HSL Zuid

Op grond van de bovenstaande redenering stellen we vast dat de HSL Zuid-concessie alleen de infrastructuurvoorziening zou moeten omvatten (Figuur 4-11). Hoe is de netwerksamenhang met het bestaande net ten aanzien van deze systeemlaag?



Figuur 4-11 HSL Zuid aanbestedingsmodel 3: infrastructuurvoorziening.

Van Ooststroom (1999) stelt dat het afbakenen van het ontwerpen en aanleggen van infrastructuur ten opzichte van het bestaande net niet leidt tot het verlies van schaalvoordelen, terwijl het voor onderhoud en het opheffen van storingen wel optimaal is om het net als één geheel te bezien. Dit zou betekenen dat de HSL Zuid-concessie beperkt zou moeten worden tot het ontwerpen en aanleggen van de nieuwe sporen en dat de instandhoudings- en storingsorganisatie aan die van het bestaande net (NS Railinfrabeheer) zou moeten gekoppeld.

Bij ingewikkelde technische systemen heeft het echter voordelen om ontwerp, bouw en instandhouding in één hand te houden. Het ontwerp wordt dan immers gericht op het minimaliseren van jaarkosten en het is gemakkelijker om de deskundigheid van de ontwerpers en bouwers over te brengen op de instandhouders. Dat zou kunnen betekenen dat het toch verstandig zou kunnen zijn om het ontwerp, aanleg en instandhouding van de HSL Zuid in één hand te houden.

De infrastructuur van de HSL Zuid lijkt op het eerste gezicht wezenlijk anders dan die van het bestaande spoor. Echter dit geldt niet voor alle technische deelsystemen. Alleen al het feit dat treinen zowel op nieuw als bestaand spoor zullen rijden betekent dat er veel overeenkomsten tussen de infrasystemen zullen zijn. Bovendien is de ontwikkeling van de HSL Zuid een stimulans voor de modernisering van het bestaande spoorwegnet. Zo zullen de toekomstige systemen voor beheersing en beveiliging van het spoorwegverkeer op het bestaande net voldoen aan Europese standaards en daarom niet wezenlijk verschillen van die op de nieuwe lijn.

Dit leidt tot schaalvoordelen bij de productie van nieuwe systemen, en voorkomt dat er technische drempels ontstaan voor het doorrijden van treinen van de nieuwe spoorbaan naar het bestaande netwerk. Europese standaards zullen voorts de technische beperkingen aan de landsgrenzen verminderen wat een voorwaarde is voor interoperabiliteit. Bovenstaande is een argument voor een (netwerk)kader voor het beheer van bestaand spoor en nieuw spoor.

⁹¹ Instandhouding omvat vernieuwing en onderhoud bij gelijkblijvende functionaliteit.

conclusie

Er zijn argumenten die ervoor pleiten om het beheer van de HSL Zuid–infrastructuur te koppelen aan het beheer van het bestaande netwerk ten aanzien van het waarborgen van interoperabiliteit en het incasseren van schaalvoordelen bij instandhouding. Tegenargumenten zijn dat concurrentie in het beheer van infrastructuurnetwerken een stimulans is voor een betere prijs/kwaliteitverhouding. Een tussenvorm is het stellen van (Europese) beheerkaders voor zowel de nieuwe als de bestaande infrastructuur. Binnen deze kaders kan aanbesteding van de infrastructuurvoorziening plaatsvinden.

4.6.5 aanbesteding van vervoerketens over de HSL Zuid

Het geïntegreerd aanbieden van vervoerketens is in het reizigersvervoer, anders dan in het goederenvervoer, nog nauwelijks een issue. De reiziger is in de meeste gevallen zelf de ketenintegrator. Hij stelt zijn verplaatsingsketen zelf samen en moet ook zelf uitzoeken wat hij het beste kan doen bij een verstoring van de keten. Een logische ontwikkelingsrichting is dat de exploitant in de laag rijden van treinen zich niet beperkt tot het rijden van treinen (over de HSL) maar zich ook de kwaliteit van de gehele vervoerketen aantrekt.

Immers, bij een gebrekkige kwaliteit van het aansluitende vervoer (voor– en natransport) wordt ook het gebruik maken van de HSL voor een reiziger minder aantrekkelijk. De HSL–exploitant zal op zijn minst afspraken willen maken met de exploitant van het aansluitende openbaar vervoer over de performance en over maatregelen bij verstoring van de vervoerketen. In een volgende stap wordt de HSL–exploitant de exploitant van de gehele vervoerketen. De HSL–exploitant verkoopt dan bijvoorbeeld een geïntegreerd biljet Utrecht –Parijs, al dan niet met een taxi van huisdeur naar station. Belangrijker is dat de ketenexploitant ook verantwoordelijk is voor de reis zelf. Als er iets mis gaat met de treinreis tussen Utrecht en Rotterdam regelt de ketenexploitant vervangend vervoer naar Parijs! En als dat vaak voorkomt, schakelt hij misschien wel over op busshuttles van Utrecht naar Rotterdam, of taxibusjes vanuit het herkomstadres!

Er is geen reden voor een monopolie voor het verzorgen van vervoerketens via de HSL Zuid. Stap 3 is daarom het splitsen van de laag rijden van treinen in vervoerdiensten leveren en verkeersdiensten leveren⁹². Vervoerintegrators bieden in concurrentie (keten)vervoerdiensten aan aan reizigers. Ze laten rijtuigen “slepen” over de HSL Zuid of kopen verkeersdiensten in bij een andere verkeersonderneming, bijvoorbeeld een busbedrijf, als dat aantrekkelijker is. Een alternatieve uitwerking is het inkopen van zitplaatsen door de vervoerintegrator bij de “sleper van treinen”.

Het integreren van verplaatsingsketens levert voor een station als Rotterdam Centraal interessante discussiestof op. Als het voortransport grotendeels bestaat uit de individuele personenauto dan ligt het streven naar *dedicated* perrons voor de HSL–exploitant met eigen servicepersoneel en eigen faciliteiten voor de hand. Als de vervoerintegrator er voor kiest om met name de trein het voortransport te laten verzorgen, dan is het aantrekkelijker om de trein uit bijvoorbeeld Utrecht aan hetzelfde perron te laten halteren als de trein naar Parijs, zodat overstappende reizigers van Utrecht naar Parijs (en vice versa) met hun koffers niet door de stationstunnel behoeven te lopen. In principe heeft de klant (in dit geval de vervoerintegrator) het

⁹² Conform het Lagenmodel Verkeer & Vervoer, zie Hoofdstuk 3.

voor het zeggen, al hangt daar wel een prijskaartje aan: hierboven is reeds betoogd dat versnippering van de capaciteit over verschillende *dedicated* perrons voor verschillende ondernemingen tot een minder efficiënte inzet van verkeersmiddelen leidt.

4.6.6 conclusies ten aanzien van de aanbesteding van de HSL Zuid

Bij de HSL Zuid is het netwerkaspect dominant ten opzichte van het verbinden van twee eindpunten. Netwerksamenhang is belangrijk omdat de verschillende eindproducten die worden geleverd door gebruik te maken van de hoge snelheidslijn (internationaal goederenvervoer, internationaal en nationaal reizigersvervoer), als ook de daarvoor benodigde halfproducten (zoals het rijden van treinen en het toewijzen van rijpaden) in de vorm van ketens en netwerken worden geleverd. De netwerken waarin de eindproducten aan de eindgebruikers (reizigers, verladers) worden aangeboden kennen geen logische grenzen tussen “nieuw spoor” en “bestaand spoor”.

Verticale aanbesteding is niet goed mogelijk, omdat de logische grenzen tussen netwerken niet gelijk zijn in de verschillende lagen van de productiekolom. Horizontale aanbesteding met een logische afbakening tussen netwerken per laag is daarom te verkiezen boven verticale aanbesteding.

Het besluit om de exploitatie van het “kernnet” te gunnen aan NS Reizigers en om concurrentie (in het aanbieden van binnenlands reizigersvervoer) op het spoor uit te sluiten houdt logischerwijs in dat ook de exploitatie van binnenlandse reizigersvervoer over de HSL Zuid aan NS Reizigers zou moeten worden gegund. Immers, vervoer tussen A en B staat in principe los van de gekozen route of de gebruikte verkeersmiddelen zoals infrastructuur. Internationaal reizigers- en goederenvervoer hoort niet noodzakelijkerwijs in een dergelijke concessie thuis.

Ook bij de exploitatie van infrastructuur (“het verkopen van treinpaden”) is het niet logisch de afbakening tussen netwerken te leggen op de grens van “nieuw spoor” en “bestaand spoor”. Er is veel te zeggen voor de een of andere vorm van capaciteitsmanagement en verkeersleiding in Europees verband om de kwaliteit van het internationale vervoer te verbeteren.

Het lijkt doelmatig om beheerkaders te stellen voor zowel de nieuwe als de bestaande infrastructuur, met name ten aanzien van het waarborgen van interoperabiliteit en het incasseren van schaalvoordelen bij instandhouding. Binnen deze kaders kan vervolgens de infrastructuurvoorziening worden aanbesteed.

Bij het aanbieden van vervoerdiensten aan eindgebruikers (reizigers, verladers), al dan niet in de vorm van geïntegreerde vervoerketens, zou marktwerking tot een betere performance kunnen leiden. Het lijkt niet verstandig om concurrentie bij voorbaat uit te sluiten door de gehele productiekolom van de HSL Zuid (dat wil zeggen, van infrastructuurvoorziening tot en met het rijden van treinen) aan een monopolist te gunnen.

4.7 Evaluatie toepassing Lagenmodel Verkeer & Vervoer voor de analyse van de spoorwegen

In dit hoofdstuk is gebleken dat het Lagenmodel Verkeer & Vervoer een goede basis is voor een functionele analyse van de spoorwegen. Ordening van de functies volgens het Lagenmo-

del verbetert de kansen voor concurrentie en innovatie bij de spoorwegen ten opzichte van de anno 2000 vigerende structuur (“scheiding van exploitatie en infrastructuur”). Voorts blijkt het Lagenmodel Verkeer & Vervoer een adequaat instrument voor het structureren van de rol van de overheid in complexe vraagstukken zoals het aanbesteden van de HSL Zuid. In deze paragraaf worden de bevindingen uit dit hoofdstuk samengevat.

4.7.1 concurrentie bij de spoorwegen

Het bijzondere karakter van de spoorwegen, dat het introduceren van concurrentie zo moeilijk blijkt te maken, is terug te voeren op het bijzondere karakter van railverkeer.

Railverkeer onderscheidt zich van andere modaliteiten zoals luchtverkeer en wegverkeer vanwege:

- technische verwevenheid van baan en voertuig (spoor en trein);
- kapitaalintensiteit van de productiemiddelen (infrastructuur, materieel, personeel);
- centrale rol van de dienstregeling.

Het marktordeningsmodel dat bij andere modaliteiten succesvol blijkt te zijn (scheiding van exploitatie en infrastructuur) is dan ook niet zonder meer geschikt voor de spoorwegen. In een marktordening aan de hand van de functionele indeling volgens het Lagenmodel Verkeer & Vervoer worden nieuwe toetreders tot de *vervoermarkt* niet langer gehinderd door aspecten die betrekking hebben op het *railverkeerssysteem*. Door het splitsen van exploitatie in leveren vervoerdiensten” en leveren verkeersdiensten en het toevoegen van railverkeersmaterieel (“tractie”) en –personeel (“machinisten”) aan infrastructuur in de laag verkeersmiddelen, wordt de drempel voor concurrentie op de vervoermarkt sterk verlaagd. Nieuwe vervoerders kunnen evenals bestaande vervoerders op de verkeersmarkt een beroep doen op het railverkeerssysteem (“de sleepfabriek”) voor het verplaatsen van de wagons.

Vervoerondernemingen kunnen, afgezien van het tarief met elkaar concurreren ten aanzien van de kwaliteit van de dienstverlening aan de eindgebruikers (reizigers en verladers). Een belangrijk aspect hiervan zou “dynamisch vervoermanagement”, een operationele begeleiding van individuele vervoerketens kunnen zijn, met name van belang in het geval van verstoring van het oorspronkelijke vervoerplan.

De verschaffing van verkeersmiddelen is een expliciet te onderscheiden taak. Voor railverkeersmaterieel en machinisten kan worden gedacht aan lease-bedrijven. De overheid kan hier desgewenst een rol in vervullen zonder de marktwerking bij het leveren van vervoerdiensten direct te beïnvloeden. Immers, vervoerondernemingen concurreren niet met elkaar op basis van de beschikbaarheid van verkeersmiddelen. Bij het leveren van railverkeersinfrastructuur ligt concurrentie minder voor de hand. De sporen worden door de overheid voor een bepaald doel aangelegd en de overheid heeft er alle belang bij dat ze ook voor dat doel worden gebruikt.

Opgemerkt moet worden dat functionele relaties uiteraard niet alleen een gewenste marktordening kunnen bepalen. Aspecten van economische, organisatorische en ook politieke aard, zoals transactiekosten, gevaar van monopolievorming en “maatschappelijke belang” zullen en moeten een rol spelen. Nadere studie zal moeten uitwijzen of er een ideaal plaatje is te schetsen en hoe een dergelijk plaatje eruit zou moeten zien. Hier volstaat de constatering dat het

huidige model (scheiding van infrastructuur en exploitatie) op grond van een functionele analyse zeker niet ideaal is.

4.7.2 innovatie van de verkeersmiddelen

De scheiding van infrastructuur en exploitatie is niet bevorderlijk voor innovatie van de verkeersmiddelen (“infrastructuur” en “tractie”). Het technisch-economisch optimum kan moeilijk worden bereikt, omdat enerzijds de overheid zeer terughoudend is met het subsidiëren van apparatuur in locomotieven, en anderzijds spoorvervoerders geen direct voordeel hebben bij het besparen op infrastructuur ten koste van investeringen in hun materieel.

Structurering van de spoorwegen volgens het Lagenmodel Verkeer & Vervoer kan innovatie bevorderen. Door de systematische scheiding van de lagen kan innovatie *binnen* een laag minder gecompliceerd worden. Bovendien stimuleert de marktwerking *tussen* lagen de innovatie in de onderliggende (toeleverende) laag. De innovatie van verkeersmiddelen wordt bevorderd doordat de afnemer een optimale mix tussen verkeersinfrastructuur en verkeersmaterieel (en –personeel) vraagt. Het doorberekenen van de integrale kosten van de diensten kan dit proces stimuleren. Echter, er bestaat een reëel risico dat de afnemers deze kosten niet kunnen dragen, zeker gezien het feit dat een groot deel van de investeringen in innovatieve systemen pas op langere termijn rendabel worden. Wellicht is het noodzakelijk dat dit risico (deels) door de overheid wordt gedragen. Dit dient dan te gelden voor infrastructuur en materieel.

Als functies onderling sterk verweven zijn, betekent het vernieuwen van één functie dat ook die andere functies in beschouwing moeten worden genomen. Daarmee groeit de complexiteit van het vernieuwingsproces en daalt de kans op een succesvolle introductie. Innovaties hebben een grotere kans op succes als ze kunnen worden toegepast binnen helder afgebakende functionele deelsystemen. De ordening in zogenoemde Ambitieniveaus van de vernieuwingen waaruit het innovatieve besturingsconcept Dynamisch Railverkeersmanagement is opgebouwd,⁹³ is gebaseerd op dit principe.

4.7.3 innovatie van besturing

Het consequente onderscheid in deelsystemen volgens het Lagenmodel Verkeer & Vervoer kan de bestuurbaarheid van de spoorwegen verbeteren en daarmee de performance. Het vergt een nieuw concept voor de besturing. Niet langer staat de verticale optimalisering van de planning door de lagen heen centraal in de vorm van een starre dienstregeling, maar komt de nadruk te liggen op een effectieve (horizontale) besturing per systeemlaag. Het voordeel hiervan is dat de in andere sectoren gehanteerde besturingsparadigma's uitgangspunt kunnen zijn voor de besturing van de verschillende deelsystemen, zoals in Deel II van deze dissertatie wordt beschreven voor het railverkeersmanagement (de besturing van het railverkeerssysteem).

Een tweede voordeel is dat de besturing meer vrijheidsgraden krijgt. De mogelijkheden voor het management van het gebruik van infrastructuur worden, bijvoorbeeld, groter als de één-op-één koppeling met het tot-op-de-minuut-vastliggende spoorboekje losgelaten kan worden.

⁹³ Zie Hoofdstuk 9.

Formuleer het geplande gebruik van de infrastructuur (“inzetplan infrastructuur”) bijvoorbeeld in de vorm van kaders (“tijd/wegvensters”) en regel de toewijzing van infrastructuurcapaciteit aan treinen (“verkeersdiensten”) op basis van de actuele verkeerssituatie. Het spoorboekje (“vervoerplan”) van de vervoeronderneming vormt daarbij uiteraard een randvoorwaarde. Op deze manier wordt het fenomeen dienstregeling in zijn centrale, verstarrende gedaante vervangen door een expliciete maar veel meer flexibele afstemming tussen vervoerplan en verkeersplan⁹⁴.

Uiteraard dient een vorm van verticale afstemming gewaarborgd te zijn. Een reiziger kan immers pas vervoerd worden als de rijweg, materieel en personeel op het juiste moment en plaats beschikbaar zijn om een trein te laten rijden. Innovaties in de methodes van besturing van de spoorwegen vereisen dan ook een heldere definiëring van de deelsystemen die bestuurd moeten worden en van de (kwaliteiten en kwantiteiten van) de diensten die door het ene deelsysteem aan de het andere moeten worden geleverd. Dit zal in Hoofdstuk 5 voor het railverkeerssysteem worden geanalyseerd.

4.7.4 structureren van de rol van de overheid

De rol van de overheid ten aanzien van de spoorwegen is complex: de overheid heeft de verantwoordelijkheid voor de railinfrastructuur, maar stelt zich ook ten doel om de totstandkoming van bepaalde, maatschappelijk gewenste, (vervoer)diensten, te bevorderen voor zover die zonder overheidsingrijpen niet tot stand zouden komen. Een derde belangrijke pet van de overheid is die van de bewaker van randvoorwaarden als milieu en veiligheid. In het streven naar een betere performance bij de spoorwegen –onder meer door het stimuleren van concurrentie en innovatie– blijken de verschillende rollen van de overheid moeilijk te scheiden, waardoor het effect averechts kan worden. Een voorbeeld hiervan is het streven naar een optimale benutting van de railinfrastructuur, waarbij tegelijkertijd “maatschappelijk gewenste” vervoer- en verkeersdiensten de hoogste prioriteit zouden moeten krijgen en de levering van rendabele diensten in het gedrang komt. Een ander voorbeeld is het voorschrijven van innovatieve concepten bij de aanbesteding van de HSL Zuid zonder de hogere risico’s te compenseren, waardoor private partijen dreigen af te haken.

De rol van de overheid kan met behulp van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer gestructureerd worden door de volgende vragen te beantwoorden:

- Op welke plaats in het Lagenmodel (welke markt, welke diensten) ontstaat de noodzaak voor het overheidsingrijpen?
- Wat is het schaalniveau waar de problemen zich voordoen?

Uitgangspunt is daarbij dat de spoorwegen in principe een zelfregulerend systeem binnen het verkeer- en vervoersysteem zou moeten zijn, zodat de overheid alleen ingrijpt als dat noodzakelijk is. Redenen hiervoor kunnen de volgende zijn.

- (mobiliteits- en bereikbaarheids)beleid
Omdat vervoer van personen en goederen per rail in een aantal deelmarkten maatschappelijk gewenst, maar niet rendabel is, kan de betrokkenheid van de overheid bij de spoorwegen zich niet beperken tot het faciliteren van infrastructuur.

⁹⁴ Zie verder Hoofdstuk 9.

- marktordening (het corrigeren van marktfalen)

In het Lagenmodel Verkeer & Vervoer worden markten gedefinieerd tussen twee systeemlagen. Voor elke markt kan daarbij door de overheid de marktordening, zoals de mate waarin concurrentie wordt gestimuleerd, worden gekozen. Gezien de aard van de te leveren diensten ligt het voor de hand dat de mate van concurrentie zou kunnen variëren van maximaal bij het leveren van (service-georiënteerde) vervoerdiensten tot minimaal bij het leveren van (kapitaalgoederen-georiënteerde) verkeersfuncties.

De rol van de overheid bij de feitelijke levering van de diensten zou hieraan complementair moeten zijn: minimaal op de vervoermarkt, maximaal bij het leveren van verkeersfuncties door middel van de dure verkeersinfrastructuur en verkeersmaterieel (met name locomotieven).

- het beheersen van externe randvoorwaarden (milieu en veiligheid)

Omdat veiligheidsproblemen en milieuvervuiling zich vooral bij verkeer (en niet bij vervoer) manifesteren, zou de overheid externe randvoorwaarden moeten stellen aan het leveren van verkeersdiensten en aan de verkeersmiddelen en niet aan het leveren van vervoerdiensten, zodat niet hoeft te worden geïntervenieerd op de vervoermarkt.

Het bovenstaande (het ontleden van de probleemstelling en het definiëren van de reden van overheidsingrijpen) blijkt, bijvoorbeeld, goed toepasbaar op het thema light rail. Light rail zou niet als een concept moeten worden benaderd, maar conform het Lagenmodel Verkeer & Vervoer in een aantal functionele aspecten onderscheiden moeten worden, waarbij de overheidsrol per systeemlaag kan worden gedefinieerd.

Ook bij de aanbesteding van de HSL Zuid kan de rol van de overheid worden gestructureerd door het Lagenmodel Verkeer & Vervoer toe te passen. Bij het aanbesteden van de vervoerdiensten via de HSL Zuid zou de gewenste marktordening van de vervoermarkt centraal moeten staan in plaats van de aard van de verkeersinfrastructuur (“nieuw” of “bestaand” spoor). Binnen de vervoermarkt kunnen de volgende, voor de benutting van de HSL Zuid relevante marktsegmenten worden onderscheiden: internationaal en nationaal collectief reizigersvervoer en (internationaal, zeer snel) goederenvervoer.

Voor het nationaal collectief reizigersvervoer zou moeten worden aangesloten bij de aanbesteding van de nationale vervoerdiensten over de “oude sporen” van het spoorweginet, gegeven het uitgangspunt dat is gekozen voor het aanbesteden van het gehele nationale netwerk voor collectief reizigersvervoer.

In dit hoofdstuk is gebleken dat het Lagenmodel Verkeer & Vervoer een goede basis vormt voor een functionele analyse van de spoorwegen. Met het Lagenmodel is het railverkeerssysteem als deelsysteem binnen de spoorwegen gedefinieerd. In Deel II van deze dissertatie zal railverkeersmanagement, de besturing van het railverkeerssysteem, centraal staan, uitmondend in de ontwikkeling van het hierboven aangeduide innovatieve besturingsconcept Dynamisch Railverkeersmanagement.

5 Introductie railverkeersmanagement

In Deel I van de dissertatie is met behulp van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer het railverkeerssysteem binnen de spoorwegen afgebakend. In Deel II zullen we de besturing van het railverkeerssysteem, het railverkeersmanagement, analyseren. Doel hiervan is het ontwikkelen van verbetervoorstellen waarmee de performance van het railverkeerssysteem en daarmee van de spoorwegen als geheel kan verbeteren. De vernieuwingen die in Deel II zullen worden voorgesteld, komen voort uit de nieuwe invalshoeken in deze dissertatie. Naast de functionele indeling van de processen volgens het Lagenmodel Verkeer & Vervoer betreft het (1) een systematische analyse van de implementatie van de regelcyclus bij het railverkeersmanagement, (2) de structurering van de besturing volgens de analogie van de productielogistiek en (3) een systematiek voor ontwerpprocessen, zoals het ontwerpen van een planning.

In dit Hoofdstuk 5 wordt het railverkeersmanagement geïntroduceerd door het railverkeerssysteem nader te definiëren en door de conceptuele modellen voor de drie bovengenoemde invalshoeken te formuleren. Het railverkeerssysteem wordt ten eerste in zijn omgeving geplaatst (5.1), waarna de samenstellende deelsystemen (drie lagen uit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer, te weten levering verkeersdiensten (5.2), inzet verkeersmiddelen (5.3) en beheer verkeersmiddelen (5.4)) worden geanalyseerd. Per systeemlaag zullen de volgende aspecten aan de orde komen: een definitie van de te leveren dienst, performance-aspecten met betrekking tot de dienst, ketens en netwerken en de randvoorwaarden die bij de productie gelden. In 5.5 worden de drie achterliggende conceptuele modellen voor de analyse van de besturing van het railverkeerssysteem geformuleerd: structurering van de besturing, de regelcyclus en een systematiek voor ontwerpprocessen. Tenslotte vindt een evaluatie plaats van de bevindingen van dit hoofdstuk en worden de overige hoofdstukken van Deel II van de dissertatie geïntroduceerd (5.6).

De Hoofdstukken 6, 7, en 8 zullen ingaan op, respectievelijk, strategisch, tactisch en operationeel railverkeersmanagement. Deel II van de dissertatie zal worden gecompleteerd door

Hoofdstuk 9. Daarin zal het innovatieve besturingsconcept Dynamisch Railverkeersmanagement worden ontwikkeld.

5.1 Het railverkeerssysteem in zijn omgeving

Een railverkeerssysteem definiëren we als een systeem dat railverkeersdiensten produceert, waarbij ook de daartoe benodigde railverkeersmiddelen tot het systeem worden gerekend. Het doel van het systeem is derhalve de levering van een bepaald type verkeersdiensten, een half-fabrikaat dat nodig is om vervoerdiensten te produceren. Een railverkeerssysteem onderscheidt zich van andere verkeerssysteem, zoals weg-, lucht- en waterverkeerssystemen door de verkeersmiddelen waarvan het gebruik maakt¹.

begrenzing

De grenzen van een railverkeerssysteem wordt bepaald door de fysieke grenzen tussen de verkeersmiddelen (als de begrenzing tussen de verkeersmiddelen de productie van één (door-gaande) verkeersdienst onmogelijk maakt) of de afbakening van de verkeersvraag (als er niet of nauwelijks enige vraag is naar grensoverschrijdende verkeersdiensten). Waar in het vervolg wordt gesproken van *het* railverkeerssysteem, wordt bedoeld op de verkeersdiensten die op het Nederlandse spoorwegnet² worden geproduceerd. De begrenzing komt globaal³ overeen met de landsgrenzen aan de ene kant en aan de andere kant de grens tussen het landelijke spoorwegnet en de raillijnennetten voor het collectieve reizigersvervoer in de vier grote stadsgewesten.

In de nabije toekomst kunnen deze grenzen verschuiven door de komst van nieuwe lijnen, zoals de hoge snelheidslijnen en de Betuweroute, die primair zijn bestemd voor verkeersdiensten die de landsgrenzen overschrijden. In de stadsgewesten is een grensverschuiving denkbaar door fysieke (infrastructurele) koppeling van stadsgewestelijke lijnen met lijnen van het Nederlandse spoorwegnet, terwijl in landelijke gebieden juist een ontkoppeling van rurale lijnen van het nationale net meer voor de hand ligt⁴. Dit doet overigens geen afbreuk aan de analyses in dit hoofdstuk.

relaties met de omgeving

De relaties met de omgeving grijpen ten eerste aan op de productie van de diensten in engere zin. Het gaat om resources en storingen als input en diensten en neveneffecten als output, en verder om de uitwisseling van verkeersobjecten met andere verkeerssystemen.

Ten tweede grijpen de relaties aan op de besturing van het railverkeerssysteem. Dan gaat het om het verstrekken van een opdracht en betaling voor de levering van een dienst (input), om inkomen (output) en voorts om afstemming met andere verkeerssystemen.

¹ Zie verder Hoofdstuk 3.

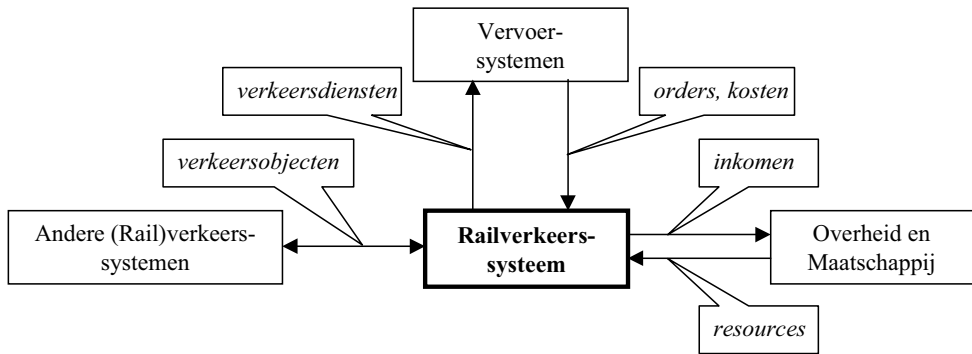
² Dit komt overeen met de afbakening van het begrip *spoorwegen* in Hoofdstuk 1.

³ “Globaal”, want de precieze grenzen liggen op de spoorwegemplacements juist voor de grens, zoals in Venlo, of over de grens, zoals Essen in België en in Duitsland Emmerich en Bentheim.

⁴ Zie verder Hoofdstuk 6.

De relaties van een railverkeerssysteem met zijn omgeving zullen hieronder worden geanalyseerd. De omgeving kan daarbij in de volgende systemen worden onderscheiden, zie Figuur 5-1:

- vervoerssystemen als afnemers van de verkeersdiensten (5.1.1);
- overheid en maatschappij (5.1.2);
- andere (rail)verkeerssystemen (5.1.3).



Figuur 5-1 Een railverkeerssysteem in zijn omgeving.

Uit de analyse van de relaties met de omgeving moet blijken ten aanzien van welke aspecten het railverkeerssysteem zich zal moeten vernieuwen om ook in de toekomst een relevante rol op de verkeersmarkt te kunnen spelen. De vereiste verbeteringen van de performance zullen moeten worden bereikt door het beter functioneren van de drie systeemlagen waaruit het railverkeerssysteem is opgebouwd (5.1.4)

5.1.1 relatie tot afnemers van verkeersdiensten (vervoersystemen)

We maken onderscheid naar relaties die aangrijpen op de productie, respectievelijk op de besturing van railverkeersdiensten.

relatie met de productie

Het verkeersobject –een aantal gekoppelde wagons al dan niet voorzien van zending⁵– wordt door een vervoerssysteem aangeleverd aan het railverkeerssysteem. Het vervoerssysteem ontvangt de dienst in de vorm van een verplaatst verkeersobject. In stations of terminals wordt het verkeersobject uitgewisseld tussen een vervoerssysteem en het railverkeerssysteem, zodat binnen het vervoerssysteem, bijvoorbeeld, reizigers kunnen in- en uitstappen.

De vervoerssystemen die verkeersdiensten afnemen kunnen zeer verschillend zijn van karakter. Het meest voor de hand liggende onderscheid is die tussen goederenvervoer en reizigersvervoer, maar ook binnen deze categorieën vervoer is een verdere segmentering mogelijk. We behandelen een differentiatie in vervoerdiensten voor zover ze leiden tot een gedifferentieerde vraag naar verkeersdiensten. De segmentering komt ten eerste voort uit de verplaatsingsafstanden (die leidt tot de criteria (gemiddelde) verplaatsingssnelheid, voor het reizigersvervoer aangevuld met het halteringsregime (de afstand tussen de stopplaatsen)) en ten tweede uit de

⁵ Een zending is het vervoerobject, bestaande uit (gebundelde) ladingseenheden, zie Hoofdstuk 3.

omvang van de te verplaatsen lading per verkeersdienst (bij het goederenvervoer: hoeveelheid tonnen, bij het reizigersvervoer: hoeveelheid reizigers). Dit leidt tot de differentiatie zoals weergegeven in Tabellen 5-1 en 5-2.

Tabel 5-1 Marktsegmentatie bij railverkeersdiensten ten behoeve van reizigersvervoer (Bron: Van den Heuvel(1997), aangevuld met Railned en Holland Railconsult(1996a) voor wat betreft de aantallen reizigers per trein en de vervoercategorie “ruraal”).

<i>Typering vervoercategorie⁶</i>	<i>Typering verkeersdienst</i>	<i>Verplaatsingsafstand</i>	<i>Maximaal aantal reizigers per verkeersdienst</i>	<i>Gemiddelde snelheid</i>	<i>Gemiddelde halteafstand</i>
Internationaal	HST-net	> 300 km	200 – 600	150 km/h	100 km
Nationaal	IC-net	100 – 300 km	600	100 km/h	30 km
Interregionaal	IR-net	40 – 100 km	800 – 1200	70 km/h	10 km
Stadsgewestelijk	stadsgewestelijk net	25 – 40 km	500 – 1000	50 km/h	3 km
Conurbaan	agglomeratienet	5 – 25 km	500 – 1000	30 km/h	1 km
Ruraal	regionaal net	5 – 10 km	200 – 400	60 km/h	5 – 10 km

Tabel 5-2 Marktsegmentatie bij railverkeersdiensten ten behoeve van goederenvervoer (Bron: Railion in Railned (2000b)).

<i>Typering vervoercategorie</i>	<i>Typering verkeersdienst</i>	<i>Verplaatsingsafstand</i>	<i>Maximaal aantal tonnen per trein</i>	<i>Gemiddelde snelheid</i>
Luchtvracht	zeer snel, tijdkritisch	100 – 200 km	200 ton	150 km/h
Licht distributie	snel, tijdkritisch	100 – 200 km	400 ton	100 km/h
Container, bulk, Unit Cargo	normaal	ca. 300 km (150 – 500 km)	2400 ton	80 km/h
Charters, bulk, Unit Cargo	normaal	> 500 km	2400 ton	60 km/h
Zware bulk	langzaam	internationaal	5000 ton	60 km/h

relatie met de besturing

De diverse vervoersystemen formuleren hun behoefte aan verkeersdiensten in de vorm van orders. Een order heeft betrekking op een of meer verkeersdiensten, die elk ten minste bestaan uit een plaats van herkomst en een plaats van bestemming en een tijdstip van vertrek, respectievelijk aankomst.

Aanvullend kan er sprake zijn kwaliteitseisen, zoals de nauwkeurigheid van het aankomsttijdstip, het halteren op tussengelegen stations, of het aansluiten op een andere verkeersdienst. Overigens kan ook het railverkeerssysteem zelf een rol als opdrachtgever van verkeersdiensten vervullen, bijvoorbeeld ten behoeve van de zogenoemde leeg-materieelritten, die nodig kunnen zijn voor de logistiek van de mobiele verkeersmiddelen (materieel en rijdend personeel).

⁶ De aanduiding van het schaalniveau is bedoeld als typering, niet als een strenge begrenzing. Zo is het denkbaar dat met het schaalniveau “nationaal” ook de relatie met het nabije buitenland (Antwerpen, Luik, Keulen, Osnabrück, enz.) wordt bediend, zie verder Hoofdstuk 6.

Een belangrijke relatie is voorts de facturering en betaling. De prijsstelling wordt in een goed functionerende markt bepaald door de economische wetten van vraag en aanbod. Dit zal voor de verkeersmarkt niet zonder meer opgaan. Wel zal moeten worden gepoogd om werkelijke (integrale) kosten een rol te laten spelen in de prijsstelling, omdat daarmee niet alleen een efficiënte benutting van de verkeersmiddelen wordt bevorderd, maar ook innovatie wordt gestimuleerd. In de werkelijke kosten worden niet alleen marginale kosten, zoals slijtage van de spoorstaaf en verbruikte energie, verdisconteerd, maar ook capaciteitskosten. Een order die is voorzien van een groot pakket aan kwaliteitseisen is moeilijker tussen andere orders in te passen en doet daarmee een groter beslag op de capaciteit van verkeersmiddelen⁷. De kans is overigens reëel dat de markt de werkelijke kosten niet zal kunnen opbrengen, zodat het gevaar dreigt dat de afnemers zullen afhaken. Om dit te voorkomen is –desgewenst– gerichte subsidiëring van vervoerssystemen (of eindgebruikers) een betere vorm van overheidsbeïnvloeding dan het verstoren van de verkeersmarkt.

In een procedure van onderhandeling en afstemming zal de besturing van het railverkeerssysteem proberen de vraag naar verkeersdiensten te beïnvloeden met als doel een goede benutting van de verkeersmiddelen. Het prijsmechanisme kan daarbij (in de toekomst) een rol spelen. Verkeersdiensten gedurende de spitsuren zijn dan, bijvoorbeeld, duurder dan op stille uren. Soms zal het nodig zijn om keuzes te maken en orders te weigeren.

5.1.2 relatie tot overheid en maatschappij

We maken weer onderscheid naar relaties die aangrijpen op de productie, respectievelijk op de besturing van railverkeersdiensten.

relatie met de productie

De maatschappij levert resources in de vorm van arbeid, ruimte (voor infrastructuur), schoon veilig en stil milieu, energie en grondstoffen (voor de verkeersmiddelen). De output van het railverkeerssysteem naar de maatschappij bestaat uit veelal negatieve neveneffecten, zoals vervuiling, geluids- en trillinghinder, onveiligheid en barrièrewerking.

De balans is op het eerste gezicht negatief, zodat railverkeerssystemen over het algemeen in de maatschappij niet populair zijn. Immers, de weg waarlangs de baten van de verkeersdiensten via vervoerssystemen uiteindelijk bij de maatschappij terechtkomen is vooral bij het vervoer van goederen lang en ondoorzichtig, terwijl de neveneffecten dag in dag uit te horen en te ruiken zijn.

Vaak wordt een vergelijking met andere verkeerssystemen gehanteerd (“een trein haalt x vrachtauto’s van de weg”) om het beeld in positieve zijn te beïnvloeden. Het is de vraag of dit terecht is, omdat er meestal geen sprake is van een reële concurrentie tussen verkeerssystemen (zie verder 5.1.3).

Een positief effect kan bestaan uit de ruimtelijk structurerende werking die uitgaat van de aanwezigheid van een railverkeerssysteem. Conform het lagenmodel stimuleert het aanbod aan (hoogwaardige) verkeersdiensten het ontstaan van een aanbod aan vervoerdiensten wat

⁷ In Hoofdstuk 7 wordt de relatie tussen de capaciteit van het verkeersmiddel infrastructuur en de verschillende kwaliteitsaspecten van de verkeersdiensten uitgewerkt.

vervolgens economische activiteiten met zich mee kan brengen, bijvoorbeeld rond de stations. Dit mechanisme geldt als een belangrijk argument voor de aanleg van de Zuiderzeelijn.

Een railverkeerssysteem heeft voorts een maatschappelijke functie als strategische reserve. Bij hoog water of extreem slecht winterweer zijn veel vervoerders aangewezen op het railverkeerssysteem. Dat geldt ook voor het vervoer van bepaalde gevaarlijke stoffen. Voorts hebben veel bedrijven een spooraansluiting, die zelden wordt gebruikt, maar wel een rol speelt in onderhandelingen met wegvervoerders. Tenslotte moet hier de militair-strategische functie worden genoemd. In de tijd van de Koude Oorlog werd de legering van Nederlandse troepen in de Noord-Duitse laagvlakte niet noodzakelijk geacht, omdat in geval van nood snelle militaire transporten per rail uitkomst zouden kunnen bieden.

De productie van verkeersdiensten wordt in negatieve zin door de maatschappij beïnvloed door storingen die van buitenaf het systeem penetreren. Veelal kunnen deze storingen vertaald worden naar het niet beschikbaar zijn van verkeersmiddelen volgens een vooraf overeengekomen inzetplan. Gedacht kan worden aan het uitvallen van elektriciteitsvoorziening, of een ongeval op een overweg.

relatie met de besturing

In de relatie met de besturing wordt de maatschappij vertegenwoordigd door de overheid. De overheid kan het railverkeerssysteem sturen door regelgeving, met name ten aanzien van de benutting van resources als schoon, veilig en stil milieu. Een tweede mogelijkheid is het toekennen van ruimte voor infrastructuur en een derde het verstrekken van subsidies om de kostprijs van de verkeersdiensten te drukken of het financieren van verkeersmiddelen (met name infrastructuur). Op deze manier beïnvloedt de overheid de werking van de verkeersmarkt. Een indirecte manier van sturing door de overheid is het stimuleren van vervoerssystemen om gebruik te maken van verkeersdiensten per rail. Dit gaat kan zo ver gaan als het verbieden van doorgaande wegverkeersdiensten door de Alpenlanden. Voorts moedigt de overheid het gebruik van collectief openbaar personenvervoer en intermodale goederenvervoerdiensten aan. Hierdoor worden vervoerssystemen bevorderd die voor een belangrijk deel aangewezen zijn op het railverkeerssysteem.

5.1.3 relatie tot andere (rail)verkeerssystemen

Ook bij het beschrijven met andere aanbieders van verkeersdiensten wordt onderscheid gemaakt naar relaties die aangrijpen op de productie, respectievelijk op de besturing van railverkeersdiensten.

relatie met de productie

Op de grens tussen twee railverkeerssystemen wordt het verkeersobject overgedragen van het ene naar het andere railverkeerssysteem. Een voorbeeld is de overdracht van een goederentrein in Emmerich van het Nederlandse naar het Duitse railverkeerssysteem. Er komt een Duitse locomotief voor met een Duitse machinist en de bovenleiding wordt omgeschakeld naar het Duitse spanningssysteem. Tenslotte stelt de Duitse verkeersleiding een rijweg in. Een ander voorbeeld is de Havenspoorlijn van naar de Maasvlakte, die op het emplacement Kijfhoek grenst aan het nationale railverkeerssysteem. In principe is de overdracht derhalve zonder tussenkomst van het vervoerssysteem mogelijk.

Anders is het bij de overdracht van een verkeersobject van een railverkeerssysteem naar een ander verkeerssysteem, en vice versa. De zending wordt ontkoppeld van het verkeersobject en via het vervoersysteem aan een verkeersobject van een ander verkeerssysteem gekoppeld: reizigers stappen over, containers worden overgeslagen. Dit geldt ook voor railverkeerssystemen die onderling niet fysiek zijn gekoppeld, zoals stedelijke railnetten ten opzichte van nationale railnetten.

relatie met de besturing

Aangrenzende railverkeerssystemen verzorgen aansluitende verkeersdiensten. Samen leveren ze het product waaraan de afnemer behoefte heeft. Dit vraagt een grote mate van afstemming van de besturing van beide railverkeerssystemen. In de huidige praktijk laat dit nogal eens te wensen over, omdat nationale railverkeerssystemen veelal de nationale verkeersdiensten meer aandacht geven dan internationale. Concurrentie tussen railverkeerssystemen komt weinig voor. Dit is enerzijds terug te voeren op het van oudsher nationale karakter van de railverkeersmiddelen, anderzijds is de verkeersmarkt niet groot genoeg –en niet renderend genoeg– voor het kunnen exploiteren van concurrerende railverkeersproductie-apparaten, met name voor wat betreft de railinfrastructuur⁸.

We zagen hiervoor dat de relatie tussen een railverkeersdienst en een verkeersdienst van een andere modaliteit verloopt via een vervoersysteem. Er is immers altijd sprake van overstappen of overslag. De kwaliteitseisen die aan een verkeersdienst worden gesteld kunnen door het vervoersysteem zodanig worden geformuleerd, dat een goede afstemming met andere verkeersdiensten mogelijk is.

Het is de vraag in hoeverre het railverkeerssysteem kan concurreren met andere modaliteiten. Een globale analyse van de Nederlandse verkeersmarkt⁹ leert dat het huidige railverkeerssysteem slechts voor enkele vervoersoorten (categorieën vervoersystemen) een goede concurrentiepositie inneemt (Tabel 5-3). Deze vervoersoorten doen voor (een deel van) hun diensten een beroep op het railverkeerssysteem. Op de markt voor verkeersdiensten ten behoeve van collectief openbaar reizigersvervoer heeft het railverkeerssysteem vooral op de middellange afstand een sterke marktpositie. Verder komt het railverkeerssysteem in aanmerking voor goederenvervoer in een aantal marktsegmenten op de (middel)lange afstand.

Reële concurrentie met andere verkeerssystemen bestaat eigenlijk alleen bij het collectief openbaar reizigersvervoer op afstanden tussen ca. 50 en 150 km (concurrentie rail – weg) tussen ca. 200 en 300 km (concurrentie rail – lucht), gecontaineriseerd goederenvervoer (concurrentie rail – weg – water) en bij hoogwaardig goederenvervoer (concurrentie rail – lucht). De aanwezigheid (en de kwaliteit) van infrastructuur is hierbij overigens een belangrijke factor, met name voor water- en railverkeerssystemen. Overigens is de concurrentiepositie van het railverkeerssysteem niet een vaststaand gegeven. Ten eerste kunnen de verhoudingen omstandigheden zich wijzigen, bijvoorbeeld door beleid van de overheid¹⁰. Ten tweede zou innovatie kunnen leiden tot nieuwe verkeersdiensten voor nieuwe marktsegmenten. Door het ontwik-

⁸ Zie Hoofdstuk 4.

⁹ De verkeersmarkt is de markt waarop verkeerssystemen verkeersdiensten aanbieden aan vervoerssystemen.

¹⁰ Zie 5.1.2.

kelen van meer flexibele, betrouwbare en goedkope verkeersdiensten kunnen ook andere vervoersoorten in beeld komen als afnemer van railverkeersdiensten¹¹.

Tabel 5-3 Concurrentie van railverkeerssysteem met andere modaliteiten

<i>Vervoersoorten</i>	<i>Concurrentiepositie railverkeerssysteem</i>	<i>Concurrentie van andere modaliteiten</i>
collectief openbaar reizigersvervoer	substantieel marktaandeel op afstanden tussen ca. 30 en 500 km	weg: tot 150 km (interliner) lucht: boven 150 km water: tot ca 50 km (ferry)
individueel openbaar personenvervoer	--	weg: korte afstand lucht: lange afstand water: niches
collectief besloten personenvervoer	niches (Alpenexpres, stoomritten, enz.)	weg: alle afstandklassen (touringcar) lucht: (middel)lange afstand (charters) water: niches (cruises)
individueel besloten personenvervoer	--	weg: tot ca 500 km lucht: vanaf ca. 150 km water: niches (pleziervaart)
gecontaineriseerd goederenvervoer	redelijk marktaandeel op (middel)lange afstanden (vanaf 150 a 200 km)	weg: alle afstandklassen lucht: hoogwaardig over lange afstanden water: middellange afstand en laagwaardig over lange afstanden
bulkgoederenvervoer	niches (indien niet per schip te bereiken)	weg: niches (speciale bulk) water: alle afstandklassen
hoogwaardig goederenvervoer	klein marktaandeel op middellange en lange afstanden	weg: korte en middellange afstanden (< ca. 500 km) lucht: lange afstanden (> ca. 500 km)

5.1.4 analyse van railverkeerssystemen

In deze paragraaf is het railverkeerssysteem in zijn omgeving geplaatst. In de volgende paragrafen van dit hoofdstuk zal het railverkeerssysteem zelf nader worden beschouwd. Het railverkeerssysteem wordt conform het Lagenmodel Verkeer & Vervoer ingedeeld in de volgende drie systeemlagen: productie verkeersdiensten, inzet verkeersmiddelen en beheer verkeersmiddelen. Deze drie systeemlagen worden in de paragrafen 5.2, 5.3 en 5.4 geanalyseerd. Daarbij zullen steeds de hierna vermelde aspecten aan de orde komen. Deze aspecten werden in Hoofdstuk 3 reeds geïntroduceerd

1. definiëring van de te leveren diensten

In elke systeemlaag vinden transformatieprocessen plaats. De output bestaat voor elke laag uit diensten die op de markt tussen twee lagen worden geleverd, zie Figuur 5-2. Als we, bijvoorbeeld, de kolom links in Figuur 5-2 beschouwen, zien we dat in de onderste laag (beheer verkeersmiddelen) infrastructuur (sporen, seinen, enz.) wordt getransformeerd tot een beschikbare rijweg door het toevoegen van resources, zoals energie. In de laag inzet verkeersmiddelen worden beschikbare rijwegen voor een bepaalde tijdsduur (*slot*) gebundeld tot trajectoriën, die

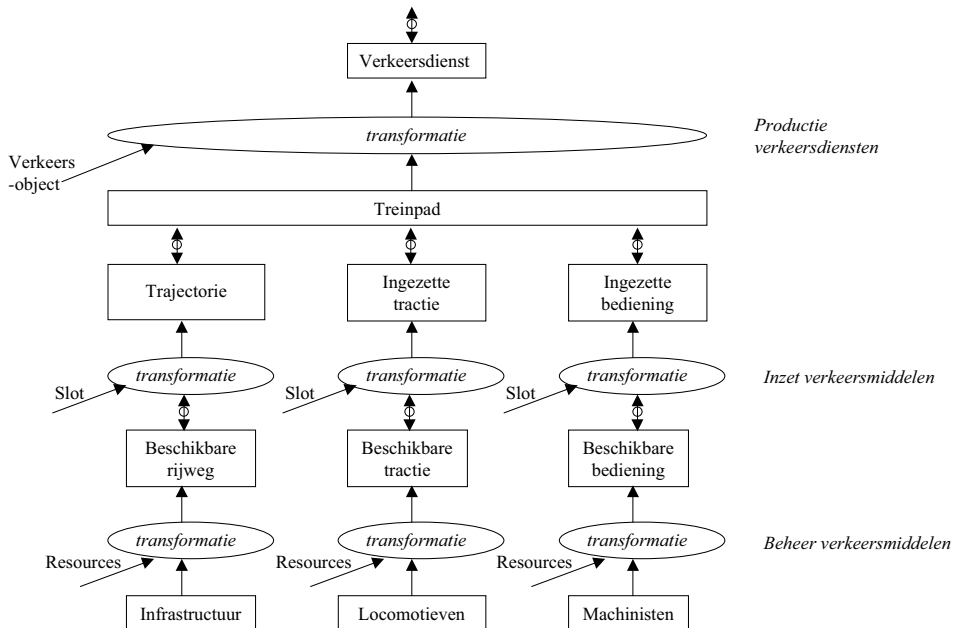
¹¹ Zie verder Hoofdstuk 9.

met ingezette tractie en bediening een treinpad vormen. Door het treinpad te koppelen aan het verkeersobject levert de laag productie verkeersmiddelen de verkeersdienst aan een vervoersysteem.

2. performance-aspecten

Performance kan worden uitgedrukt in de volgende elementen.

- effectiviteit
Bij effectiviteit gaat het om de vraag of, ongeacht de inzet van middelen, aan de vraag naar de diensten kan worden voldaan, qua plaats, tijd, kwaliteit en prijs.
- efficiency
Bij efficiency ligt de nadruk op de verhouding tussen output en input. Worden de diensten geproduceerd zonder verspilling van input.
- kwaliteit
Kwaliteit betreft de aard van de geleverde diensten. Voldoet de kwaliteit aan de met de afnemer overeengekomen niveau?
- flexibiliteit
De vraag naar diensten heeft een dynamisch karakter. In hoeverre kan het aanbod deze dynamiek accommoderen?



Figuur 5-2 Transformatieprocessen in de lagen van het railverkeerssysteem

3. ketens en netwerken

De vraag naar verplaatsingsgebonden diensten vindt vaak plaats in de vorm van ketens, zoals vervoerketens van-deur-tot-deur. Het aanbod vindt plaats in een gebundelde vorm (lijnen) die zo goed mogelijk aansluiten bij de gevraagde ketens. Lijnen vormen de takken van net-

werken, waarbij de interactie tussen deze lijnen plaats vindt op de knopen van het netwerk. Overigens zijn de lijnen en knopen niet identiek voor alle lagen.

Daarmee is ook de afbakening tussen netwerken per laag in principe verschillend. Dit geldt ook voor de lagen van het railverkeerssysteem. Een verkeersnetwerk, bijvoorbeeld, wordt gevormd door ketens van verkeersdiensten die worden aangeboden, terwijl het netwerk van een railverkeersinfrastructuur wordt gevormd door de rijmogelijkheden.

randvoorwaarden (vanzelfsprekend en voorgeschreven)

Voor de levering van de diensten gelden intrinsieke en externe randvoorwaarden. De intrinsieke hebben betrekking op de dienst in relatie tot de afnemer, de externe betreffen de effecten op de omgeving, zoals milieuhinder en externe veiligheid. De randvoorwaarden zijn vanzelfsprekend, dan wel wettelijk voorgeschreven, en gelden voor alle aanbieders binnen een laag zodat ze de onderlinge concurrentiepositie niet beïnvloeden.

5.2 Systeemlaag productie railverkeersdiensten

In deze paragraaf worden volgens de indeling van 5.1.4 een aantal aspecten van de productie van railverkeersdiensten geanalyseerd.

5.2.1 definiëring van de te leveren diensten

Een railverkeersdienst is een transformatieproces waarbij een railverkeersobject wordt verplaatst door verkeersmiddelen voor een bepaald tijdvenster (*slot*) aan het verkeersobject toe te voegen. De input bestaat uit een te verplaatsen verkeersobject (een aantal gekoppelde wagons al dan niet voorzien van zending), toegewezen verkeersmiddelen, te weten een trajectorie (een sequentie van rijwegen), tractie (locomotief) en bediening (machinist), alsmede resources als arbeid, energie, ruimte, schoon milieu en stilte. De output is een verplaatst verkeersobject en inkomen. Neveneffecten als onveiligheid, barrièrewerking, geluid en trillingen worden gezien als verbruikte resources.

In een situatie waarin –anders dan nu– onderscheid wordt gemaakt naar vervoerdiensten en verkeersdiensten, is het denkbaar dat strakke kaders in tijd en route zullen leiden tot een hogere prijs voor het leveren van de verkeersdienst, omdat strakke kaders de vrijheidsgraden bij de productie van verkeersdiensten beperken. Sommige goederenvervoersystemen, bijvoorbeeld, zijn meer gebaat bij een lage prijs dan bij een zeer snelle verplaatsing. Bij de meeste reizigersvervoersystemen zijn de vrijheidsgraden juist gering, maar kan er een hogere prijs worden opgebracht. In Hoofdstuk 9 zal hierop dieper worden ingegaan.

5.2.2 performanceaspecten

effectiviteit

De verkeersdiensten zijn effectief als de orders van de vervoerssystemen volgens de afspraken met de afnemers kunnen worden gerealiseerd. Dat is nu lang niet altijd het geval. Er is, bijvoorbeeld, een (maatschappelijke) behoefte aan frequente stadsgewestelijke vervoerdiensten, maar de daartoe benodigde verkeersdiensten kunnen maar in beperkte mate worden geleverd.

Internationale vervoerdiensten, die gebruik maken van een keten van verkeersdiensten vormen een ander probleem. De (internationale) afstemming tussen die verkeersdiensten blijkt vaak niet optimaal te zijn, zodat in het internationale reizigers- en goederenvervoer de potenties van het railverkeerssysteem onvoldoende worden uitgebuit.

efficiency

De efficiency wordt vergroot als met dezelfde inzet van middelen een grotere verkeersprestatie kan worden geleverd, met name door het vergroten van het te verplaatsen verkeersobject. Een voorbeeld is het vergroten van de lengte van goederentreinen van 700 meter tot 1500 meter.¹² Dit betekent dat het vervoerssysteem ongeveer dezelfde prestatie kan leveren met één verkeersdienst in plaats van twee. Een ander voorbeeld is het koppelen van reizigerswagons en goederenwagons tot één verkeersobject dat als één geheel van Schiphol naar Milaan wordt verplaatst.

Uiteraard kan de karakteristiek van de verkeersdienst veranderen (bijvoorbeeld de te behalen verplaatsingssnelheid), alsmede de inzet van de middelen (zwaardere locomotief, langere bezetting van een rijweg) en de aard van de middelen (bijvoorbeeld de lengte van een opstelspoor). Hierdoor zal de nieuwe verkeersdienst duurder zijn dan de oude, maar de nieuwe verkeersdienst zal per saldo efficiënter zijn dan de twee verkeersdiensten tezamen.

kwaliteit (tijdigheid)

De belangrijkste kwaliteitseis is de punctualiteit (de betrouwbaarheid van de levertijd van de dienst). De punctualiteit is immers bepalend voor de belangrijkste kwaliteitseisen¹³ die klanten (met name de reizigers) stellen aan vervoerssystemen: betrouwbaarheid van het tijdstip van arriveren op de bestemming. Aan punctualiteit gerelateerd is het realiseren van aansluitingen (met de afnemer afgesproken afstemming van verkeersdiensten).

Comfort is een kwaliteitsaspect dat vooral betrekking heeft op reizigersvervoer in de vorm van zitplaatskans, kwaliteit van de stoelen, air-conditioning, enz.. Rijcomfort, bijvoorbeeld de versnelling/vertraging en ruk¹⁴ bij het optrekken en afremmen van een trein, is een kwaliteitsaspect van een verkeersdienst die een bijdrage levert aan het vervoercomfort. Transportveiligheid en het voorkomen van schade aan de lading bij goederenvervoer kan worden gezien als de tegenhanger van comfort bij reizigersvervoer. Bij verkeersdiensten die ten behoeve van goederenvervoer worden gerealiseerd is het waarborgen van deze eisen vaak een expliciete kwaliteitseis. Bij het vervoer van reizigers geldt dit type eisen veelal impliciet als randvoorwaarde¹⁵.

flexibiliteit

Met name goederenvervoersystemen vragen een grotere flexibiliteit dan die op dit moment door het railverkeerssysteem kan worden geleverd¹⁶. In de huidige productiestructuur moeten vervoerders al in een vroegtijdig stadium productiecapaciteit reserveren. Voor goederenver-

¹² Zie Railned (2000d).

¹³ Dit blijkt uit diverse onderzoeken, zie, bijvoorbeeld Peeters e.a. (1999). In Hoofdstuk 8 wordt dieper ingegaan op het kwaliteitsaspect punctualiteit.

¹⁴ Ruk is de wiskundig afgeleide van versnelling of vertraging, uitgedrukt in m/s^3 .

¹⁵ Zie ook 5.2.4.

¹⁶ Zie bijvoorbeeld, V&W (1996b).

voerders geldt dat er op dergelijke termijnen vaak nog onzekerheid bestaat over de orders die op de vervoermarkt kunnen worden verworven. Ook de behoefte om in een laat stadium orders aan de verkeersproducent te wijzigen komt vaak voor.

Ook in het reizigersvervoer stijgt de behoefte aan een grotere flexibiliteit om sneller op de vervoermarkt te kunnen inspelen. Spoedorders ten behoeve van vervoer bij evenementen, bijvoorbeeld, moeten op het laatste moment kunnen worden ingepast. Anderzijds is er de behoefte om orders te kunnen annuleren, bijvoorbeeld, als er te weinig klandizie is voor een late stoptrein en de klanten efficiënter met taxi's of bussen kunnen worden vervoerd.

5.2.3 ketens en netwerken

De productie van verkeersdiensten sluit aan bij het vervoeraanbod –en daarmee de vraag naar verkeersdiensten– en anderzijds bij de mogelijkheden van de (inzet van) verkeersmiddelen. In beide gevallen gaat het om lijnen en knopen die tezamen netwerken vormen. Hoewel deze netwerken –de vervoernetwerken en de railnetwerken– in de loop van de historie van de spoorwegen naar elkaar toegegroeid zijn, overlappen ze elkaar niet. Dat blijkt het duidelijkst bij de analyse van de knopen. Station Amsterdam Sloterdijk, bijvoorbeeld, is een belangrijk vervoerknooppunt, er stappen immers veel reizigers over. Het is echter geen knooppunt in het railnetwerk, aangezien de kruisende raillijnen onderling niet zijn verbonden. Het omgekeerde geldt voor een railknoop als Barendrecht. Er komen veel raillijnen samen, maar er is niet of nauwelijks sprake van overstappende reizigers, of goederen die worden overgeslagen.

Ook verkeersdiensten worden aangeboden in de vorm van ketens en netwerken. Dat heeft te maken met de door de afnemer gewenste koppelingen tussen verkeersdiensten, bijvoorbeeld om aansluitingen te realiseren voor overstappende reizigers of om doorgaande verbindingen (internationale) verbindingen mogelijk te maken. Het heeft echter ook te maken met logistieke voordelen die zijn te incasseren bij de verkeersproductie en de inzet van de verkeersmiddelen.¹⁷

Bij het ontwikkelen van lijnvoeringen zien we de tegenstelling tussen de behoefte van vervoerssystemen en de mogelijkheden van railverkeerssystemen. Waar vervoerdiensten zijn gebaat bij lange lijnen (minimaliseren van de noodzaak voor overstappen van reizigers) en veel verknopingen (veel snelle overstapmogelijkheden) vermindert dit de beheersbaarheid van de kwaliteit van de verkeersdiensten.

Het knippen van een lijn in twee verkeersdiensten creëert een buffermogelijkheid voor de verkeersproductie, waarbij eventueel ontstane vertraging kan uitdempen in tijd en plaats en waar materieel en personeel gewisseld kan worden. Echter, de buffer betekent tegelijkertijd een reistijdverlenging en het extra overstappen voor de reizigers. In Hoofdstuk 8 wordt dieper ingegaan op de relatie tussen verknopingen van verkeersdiensten en de beheersing van de kwaliteit (punctualiteit).

5.2.4 randvoorwaarden

We maken onderscheid naar intrinsieke en externe randvoorwaarden bij de productie van verkeersdiensten.

¹⁷ Zie 5.3.3.

intrinsieke

De afnemers (de vervoersystemen) gaan er vanzelfsprekend vanuit dat de afgesproken verkeersdiensten inderdaad geleverd zullen worden en dat, bijvoorbeeld, op de afgesproken plaatsen wordt gestopt.

Een andere vanzelfsprekende randvoorwaarde is een zeker minimaal rijcomfort, zodat er geen onveilige situaties voor de reizigers ontstaan door, bijvoorbeeld, schuivende bagage. Als afspraken over de kwaliteit van de verkeersdienst niet geheel vanzelfsprekend zijn, zoals de punctualiteit, moeten kwaliteitstandaards overeengekomen worden.

externe

De verkeersdiensten worden uitgevoerd binnen een kader van wet- en regelgeving, met betrekking tot omgevingshinder en veiligheid. Veel van deze kaders grijpen aan op de verkeersmiddelen of de inzet ervan.¹⁸ Andere hebben betrekking op de productie zelf zoals het niet-overschrijden van de baanvaksnelheid of het veilig werken van rangeerpersoneel.

5.3 Systeemlaag inzet railverkeersmiddelen

In deze paragraaf wordt de inzet van railverkeersmiddelen geanalyseerd volgens de indeling uit 5.1.4.

5.3.1 definiëring van de te leveren diensten

De dienst die in de laag inzet railverkeersmiddelen¹⁹ wordt geproduceerd is het voor een bepaald tijdvenster (*slot*) toewijzen van verkeersmiddelen aan de verkeersdienst. De input bestaat derhalve uit beschikbare rijwegen, tractie en bediening, en de output uit trajectoriën (een pad in de vierdimensionale tijdruimte) plus tractie en bediening die zijn gekoppeld aan verkeersdiensten (zie Figuur 5-2).

De *trajectorie* is de eenheid van gebruik van infrastructuur. De samenstelling van de trajectorie hangt af van de specificatie van de order (de verkeersdiensten die moeten worden geleverd). Vragen die hierbij een rol spelen zijn, bijvoorbeeld:

- Op welke stations of terminals moet onderweg gestopt worden en binnen welke tijdkaders?
- Binnen welke tijdkaders moet op het bestemmingsstation worden gearriveerd?
- Liggen de tijdkaders dicht bij het (technisch) haalbare?
- Hoe ver van tevoren moet het aankomstmoment hoe nauwkeurig worden voorspeld?

De trajectorie kan gezien worden als een sequentie van rijwegen, waarbij een rijweg gedefinieerd wordt als een exclusieve (dat wil zeggen aan één verkeersdienst toe te wijzen) rijmogelijkheid over de infrastructuur. Het toewijzen van rijwegen in een sequentie is noodzakelijk, omdat de rijwegen niet meebewegen met de verkeersdienst en een verkeersdienst zeer veel rijwegen vergt. De rijwegen zijn immers zo kort mogelijk, om ze na gebruik zo snel mogelijk ter beschikking te kunnen stellen aan een andere verkeersdienst.

¹⁸ Zie 5.4.4, respectievelijk 5.3.4.

¹⁹ Zie Figuur 5-2.

Voor de inzet van de mobiele verkeersmiddelen, verkeersmiddelen die tezamen met de verkeersdienst worden verplaatst, is deze situatie anders. Toch geldt ook hier dat tractie en bediening in een sequentie worden toegewezen. Zo kan een machinist halverwege een verkeersdienst worden afgelost door een collega. De logistiek van het mobiele deel van de verkeersmiddelen kan op zich verkeersdiensten genereren (leeg materieelritten en het zogenoemde “passagieren” van rijdend personeel).

Het bijzondere karakter van de diensten die in de laag inzet railverkeersmiddelen worden geproduceerd bestaat uit het complexe samenspel van:

- afstemming van de karakteristieken van de verschillende verkeersmiddelen op de specificaties van de verkeersdienst;
- geïntegreerd toewijzen van alle voor een bepaalde verkeersdienst benodigde verkeersmiddelen;
- simultaan toewijzen van rijwegen aan verschillende verkeersdiensten;
- keten van rijwegen reserveren voor een verkeersdienst;
- de logistiek van gebruikte verkeersmiddelen.

5.3.2 performanceaspecten

effectiviteit

De diensten die geleverd worden door de laag inzet verkeersmiddelen zijn effectief als de capaciteit en kwaliteit van de verkeersmiddelen op een zodanige manier wordt verdeeld dat de gewenste verkeersdiensten kunnen worden gerealiseerd. Dit betekent niet dat de totale vraag altijd geaccommodeerd zal kunnen worden, wel dat het eventueel niet voldoen aan de vraag in een voldoende vroegtijdig stadium wordt afgestemd met de afnemers.

efficiency

Omdat railverkeersmiddelen een grote geldwaarde vertegenwoordigen, is een efficiënte inzet ervan cruciaal. Te grote capaciteit betekent verspilling, te kleine leidt tot onvoldoende effectiviteit. Ook bestaat het gevaar van “verkeerde” capaciteit, dat wil zeggen, capaciteit die niet van de juiste kwaliteit is (toegestane snelheid, niet bevoegde machinist, locomotief met te weinig vermogen, enz.) of niet op de juiste plaats of tijd beschikbaar is. Omdat railverkeersmiddelen voor het grootste deel een lange levensduur hebben en bovendien het wijzigen van de capaciteit of kwaliteit van de verkeersmiddelen veel tijd kost, is de afstemming een strategisch vraagstuk. Efficiënte inzet vraagt enerzijds om universeel bruikbare middelen, anderzijds zijn op een bepaalde type verkeersdiensten toegesneden verkeersmiddelen vaak goedkoper. Ook deze afweging zal bij het strategisch railverkeersmanagement aan de orde komen.

kwaliteit

Bij de kwaliteit van de inzet gaat het om de tijdige beschikbaarheid op de juiste plaats van een combinatie van verkeersmiddelen die voldoet aan de eisen die door de verkeersdienst wordt gesteld. Kwaliteit kan op gespannen voet staan met efficiency.

In zijn algemeenheid zal gelden: hoe hoger de benuttingsgraad van de beschikbare capaciteit en hoe complexer de organisatie van de inzet, des te kleiner is de mogelijkheid om van de kwaliteit te beheersen, hoewel dit ook afhangt van de kwaliteit van de besturingsorganisatie en het daarvoor beschikbare instrumentarium.

flexibiliteit (dynamiek in de vraag (doelstelling) accommoderen)

In hoeverre is de inzet flexibel? Kan er worden geanticipeerd en gereageerd op veranderingen in de vraag (vanuit de laag productie van verkeersdiensten) en in het aanbod (vanuit de laag beheer van de verkeersmiddelen)? Hierbij kan, bijvoorbeeld, gedacht worden aan het verwerken van *last minute* orders. Als dit betekent dat hiervoor capaciteit vrij gehouden moet worden, staat het op gespannen voet met de efficiency. Een flexibel inzetplan kan tot op zekere hoogte wijzigingen opgevangen zonder extra capaciteitsbehoefte. Ook storingen in de verkeersmiddelen (waardoor ze niet of in verminderde mate beschikbaar zijn) zijn met een flexibel inzetplan beter op te vangen.

5.3.3 ketens en netwerken²⁰

Bij de inzet van verkeersmiddelen zijn er logistieke netwerkvoordelen te behalen. Berechman (1993) noemt netwerkvoordelen *economies of network*. Dit wordt hieronder geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld.

Voorbeeld van *Economies of network* bij de inzet van productiemiddelen:

Stel: A en B liggen 1½ uur rijden uit elkaar en het keren van een trein aan het einde van de lijn in A of B kost 10 minuten. Een omloop (het heen en terug tijden van een trein) kost dan 200 minuten ($2 \times 90 + 2 \times 10$). Het aantal benodigde treinen²¹ voor een uurdienst is de omlooptijd gedeeld door de intervaltijd, naar boven afgerond op een geheel getal. De exploitatie van een uurdienst AB vice versa vergt derhalve 4 treinen ($200/60 = 3,3$).

Stel vervolgens dat B en C 40 minuten rijden uit elkaar liggen. Een uurdienst voor BC kan dan worden geëxploiteerd met 2 treinen ($2 \times 40 + 2 \times 10$)/60. Als twee afzonderlijke bedrijven AB en BC exploiteren hebben zij samen dus 6 treinen in dienst. Als één bedrijf de twee lijnen exploiteert, kan de trein uit A in B na een stationnement van bijvoorbeeld 5 minuten doorrijden naar C. De omlooptijd voor ABC vice versa is 290 minuten ($2 \times (90 + 5 + 40) + 2 \times 10$) zodat dan nog maar 5 treinen ($290/60 = 4,8$) nodig zijn om een uurdienst te exploiteren.

Hoe meer een netwerk verknoopt is, des te groter zijn de potentiële netwerkvoordelen. Voorwaarde is dat personeel en materieel universeel inzetbaar zijn. De optimale grenzen tussen logistieke netwerken worden daarom ook bepaald door de kosten van die universele inzetbaarheid van de productiemiddelen²² en de kosten van de planning en beheersing van de logistieke processen, zoals de operationele verkeersleiding en de omvang van de reservestellingen. Bij NS Reizigers heeft eind jaren 90 het besef postgevat dat de logistieke netwerken teveel verknoopt zijn geraakt. De netwerkvoordelen van een zeer efficiënte inzet van middelen wegen niet op tegen de nadelen van de kwetsbaarheid van de processen voor verstoringen. Om deze redenen zijn plannen ontwikkeld voor een meer lijnsgewijze inzet van rijdend personeel en materieel.

²⁰ Deze paragraaf is reeds eerder in een iets andere vorm gepubliceerd (Schaafsma (1997)).

²¹ In NS-jargon is dit een *compositie*: een samenstelling van materieeleenheden en treinpersoneel benodigd voor één trein.

²² Zo moeten machinisten worden opgeleid om verschillende materieeltypen te kunnen bedienen en om voor verschillende baanvakken “wegbekendheid” te verwerven.

De mogelijkheden van samengebruik door meerdere soorten verkeersdiensten bepalen de netwerkvoordelen bij het gebruik van infrastructuur. Bij gezamenlijk gebruik van infrastructuur is er minder afzonderlijke infrastructuur nodig voor elke verkeersdienst afzonderlijk. Samengebruik is daarmee een uitgangspunt voor het efficiënter benutten van de railverkeersinfrastructuur. Ingegeven door de hogere eisen die vervoerproducten aan het spoorwegnet stellen lijken de huidige ontwikkelingen echter in de richting van *dedicated* infrastructuurnetwerken te tenderen:

- een hoge snelheidsnet om de Randstad aan te sluiten op het Europese hoge snelheidsnet (met de HSL Zuid als eerste fase), geschikt voor verkeersdiensten met een hoge verplaatsingsnelheid als belangrijkste kwaliteitseis;
- een goederennet voor de ontsluiting van mainport Rotterdam (met als eerste –en vooralsnog enige– fase de Betuweroute), geschikt voor verkeersdiensten met hoge aslasten;
- stadsgewestelijke netten om de bereikbaarheid van de grote agglomeraties te verbeteren, geschikt voor verkeersdiensten met korte halteafstanden en hoge frequenties;
- rurale lijnen met als voornaamste karakteristieken: goedkoop, licht en simpel.

Verkeersdiensten die van deze nieuwe infrastructuur gebruik zullen gaan maken, doen in de meeste gevallen ook een beroep op het bestaande infrastructuurnetwerk²³. Dit betekent een zekere vorm van netwerksamenhang bij het gebruik ervan. De toenemende differentiatie in verkeersdiensten (in kwaliteit en capaciteit) leidt tot een gedifferentieerde vraag naar de inzet van verkeersmiddelen. Het railverkeerssysteem van de toekomst zal dan ook niet in het gehele land aan dezelfde eisen behoeven te voldoen. Optimaliseren van het gebruik van het railverkeerssysteem betekent niet een streven naar universeel bruikbare verkeersmiddelen, maar naar gedifferentieerde middelen die een gedifferentieerd gebruik van het spoorwegnet mogelijk te maken. Dit vraagt om een strategische visie op het spoorwegnet als geheel: Welke delen van het net moeten op welk gebruik worden ingericht²⁴.

5.3.4 randvoorwaarden

intrinsieke

De intrinsieke randvoorwaarde spitst zich toe op de effectiviteit van de combinatie van middelen die aan een verkeersdienst wordt toegewezen. Vanzelfsprekend wordt een elektrische locomotief niet ingezet op een dieselbaanvak en is de ingezette machinist in staat om de betreffende locomotief te bedienen.

externe

Randvoorwaarden die door de overheid gesteld zijn ten aanzien van de veiligheid van het railverkeer en de hinder voor de omgeving, betreffen niet een individuele verkeersdienst maar het geheel van verkeersdiensten binnen (een deel van) het railverkeerssysteem. De normering van geluidshinder wordt bijvoorbeeld gekoppeld aan het gebruik van een bepaald baanvak. De aan het geheel van verkeersdiensten toe te delen capaciteit moet niet alleen binnen de technische kaders blijven maar ook binnen de geluidsnormen. Om deze reden wordt er gesproken van de milieucapaciteit van een baanvak.

²³ Zie de case Aanbesteding HSL Zuid in Hoofdstuk 4.

²⁴ Zie verder Hoofdstuk 6.

Bij het toepassen van veiligheidsnormen bestaat eenzelfde mechanisme. Een voorbeeld is het zogenoemde *stand still* principe op overwegen²⁵: bij verandering van het geheel aan verkeersdiensten mag het risico op ongevallen niet toenemen. Dit betekent dat het intensiever benutten van infrastructuur of het verhogen van de kwaliteit in de vorm van het verhogen van de snelheid leidt tot vaak kostbare maatregelen, zoals het vervangen van een overweg door een tunnel.

Voor een efficiënte benutting van de verkeersmiddelen is het uiteraard van belang dat de technische capaciteit, milieucapaciteit en veiligheids capaciteit in overeenstemming zijn, aangezien de kleinste van de drie de effectief toe te wijzen capaciteit bepaalt. In navolging van onder meer het luchtverkeerssysteem zou het verkeersmanagement dan ook meer integraal moeten worden²⁶

5.4 Systeemlaag beheer railverkeersmiddelen

Railverkeersmiddelen zijn systemen die tezamen de benodigde verkeersfuncties leveren. In deze paragraaf wordt het beheer van railverkeersmiddelen behandeld volgens de indeling uit 5.1.4.

5.4.1 definiëring van de te leveren diensten

De dienst die wordt geleverd door de laag beheer verkeersmiddelen, bestaat uit het beschikbaar stellen van verkeersmiddelen –opgebouwd uit al dan niet technische deelsystemen– die de voor de verkeersdienst benodigde verkeersfuncties leveren. Hieronder wordt eerst ingegaan op de railverkeersfuncties, waarna de railverkeersmiddelen zelf aan de orde zullen komen

railverkeersfuncties

Om verkeersobjecten te kunnen verplaatsen, moet het verkeerssysteem de beschikking hebben over een aantal verkeersfuncties. Bruzelius (1994) deelt de verkeersfuncties als volgt in: *draagen*, *voortstuwen*, en *sturen*. Deze functies gelden voor alle verkeerssystemen²⁷.

Het is zinvol om voor het railverkeerssysteem de functie *sturen* nader te bezien. Ten eerste is het zinvol om *veilige verplaatsingsruimte bieden* als vierde verkeersfunctie te onderscheiden. Dit vloeit voort uit het feit dat wiel–rail contact rijden op zicht boven 30 km/h niet mogelijk maakt, wat de autorisatie van de rijweg (de exclusieve toewijzing van een rijweg aan een verkeersdienst) vereist. Een tweede fundamenteel kenmerk van het railverkeerssysteem is het geleide karakter ervan. Er is slechts één vrijheidsgraad (voor– of achteruit). De combinatie spoorstaaf en wiel–met–flens sluit verplaatsing in de dwarsrichting uit. Omdat zowel de draagfunctie als de geleidfunctie wordt geleverd door de voor het railverkeer kenmerkende combinatie spoorstaaf en wiel–met–flens is het logisch beide functies te combineren.

Het bovenstaande leidt tot het benoemen van de volgende vier railverkeersfuncties:

²⁵ Verankerd in de Kadernota Railveiligheid (V&W (1999d)).

²⁶ Zie verder Hoofdstuk 7.

²⁷ Zie Hoofdstuk 3.

1. *Dragen en geleiden* is nodig om de zwaartekracht en de laterale krachten (dwars op de bewegingsrichting) te compenseren.
2. *Voortstuwten* is een noodzakelijke voorwaarde voor de verplaatsing van het verkeersobject in de bewegingsrichting. Hierbij moeten de krachten parallel aan het draagmedium, tegengesteld aan de bewegingsrichting worden gecompenseerd om het verkeersobject te kunnen versnellen en afremmen.
3. *Sturen* is nodig om te zorgen dat de verplaatsing conform de gewenste trajectorie in de tijd-ruimte plaatsvindt. Sturen betreft het autoriseren van een rijweg en opdrachten voor versnellen of afremmen in de bewegingsrichting.
4. *Veilige verplaatsingsruimte bieden* is een noodzakelijke functie om te voorkomen dat fysieke objecten de verplaatsing belemmeren. Het statische deel van deze verkeersfunctie betreft de voorgeschreven maximale afmetingen van het verkeersobject, zoals het zogenoemde *profiel van vrije ruimte*²⁸. Het dynamische deel omdat de beveiligingsfunctie in engere zin (voorkomen trein-trein botsingen, beveiliging tegen kruisend wegverkeer (overwegen), de beveiliging van beweegbare bruggen en het detecteren van objecten in het spoor).

De productie van een verkeersdienst begint met het koppelen van de verkeersfunctie sturen aan het verkeersobject, waarbij gecheckt wordt of er een veilige verplaatsingsruimte wordt geboden. De stuuropdracht leidt tot voortstuwing in de bewegingsrichting, waarbij de spoorstaven in samenwerking met het chassis (de draaistellen) van de rijtuigen of wagons het verkeersobject dragen en geleiden om de krachten dwars op de bewegingsrichting te compenseren.

railverkeersmiddelen

De verkeersmiddelen, die tezamen de verkeersfuncties leveren, kunnen bestaan uit technische installaties, maar kunnen ook personen zijn. De personen noemen we *verkeerspersoneel*, de installaties *verkeersinfrastructuur* voorzover ze plaatsgebonden zijn, en *verkeersmaterieel*²⁹ voor zover het meebeweegt met de verplaatsing. Overigens kan ook verkeerspersoneel worden ingedeeld in plaatsgebonden en niet-plaatsgebonden. Tabel 5-4 geeft een aantal voorbeelden van railverkeersmiddelen in relatie tot de vier railverkeersfuncties.

Het is in zijn algemeenheid niet zo dat een verkeersmiddel slechts één verkeersfunctie levert. Een voorbeeld is een spoorstaaf die niet alleen het verkeersobject draagt en geleidt maar ook fungeert als retourleiding voor de tractie-energiestromen en als onderdeel van het elektrische circuit dat de aanwezigheid van een trein op een bepaalde rijweg detecteert. De vermenging van verkeersfuncties vormt een belemmering voor innovatie. Immers een innovatieve oplossing voor het leveren van een bepaalde verkeersfunctie kan in de meeste gevallen uitsluitend worden gerealiseerd als tegelijkertijd andere oplossingen voor de andere verkeersfuncties worden gevonden.

²⁸ Het internationaal gestandaardiseerde *profiel van vrije ruimte* beschrijft het profiel dwars op de bewegingsrichting van een spoor waarbinnen zich geen vaste objecten mogen bevinden. Anderzijds beschrijft het de maximale afmetingen van het verkeersobject in de richtingen dwars op het spoor.

²⁹ Een alternatieve term voor verkeersmaterieel is in analogie met voertuig verkeerstuig. In deze dissertatie zullen we de term verkeersmaterieel hanteren.

Tabel 5-4 Railverkeersfuncties in relatie tot verkeersmiddelen (voorbeelden).

<i>Railverkeers- middelen → ↓ Railver- keersfuncties</i>	<i>Infrastructuur</i>	<i>Materieel</i>	<i>Plaatsgebonden personeel</i>	<i>Niet-plaatsge- bonden personeel</i>
dragen en gelei- den	spoorstaven	draaistel	–	–
voortstuwen	spoorstaven, bo- venleiding, tank- installatie	stroomafnemer, tractie-installatie, remblokken	–	machinist
sturen	verkeersleidings- systeem (VPT ³⁰)	bediening tractie, remkraan	verkeersleider	machinist
veilige weg bie- den	overwegbeveili- ging, sein, ATB ³¹	ATB	procesleider rij- wegen	machinist

5.4.2 performanceaspecten

effectiviteit

De levering van beschikbare verkeersmiddelen is effectief als wordt voldaan aan de specificaties. De specificaties zijn gedifferentieerd naar categorieën verkeersdiensten (zie Tabel 5-1 en Tabel 5-2). In zijn algemeenheid zullen de verkeersmiddelen kunnen voldoen aan bepaalde combinaties van verkeersdiensten (samengebruik), hoewel er ook sprake is van *dedicated* verkeersmiddelen (zoals een Hoge Snelheidsspoorlijn) of universele verkeersmiddelen (bijvoorbeeld voor elke verkeersdienst inzetbare machinisten). De gedifferentieerde specificaties vanuit de verschillende (combinaties van) verkeersdiensten vormen de aanleiding voor het formuleren van *verkeersmiddelenconcepten*, samenhangende combinaties van infrastructuur, materieel en personeel die gezamenlijk in de gedifferentieerde verkeerskenmerken kunnen voorzien³².

efficiency

Railverkeersmiddelen zijn kapitaalintensief³³ van karakter en het plannen van de benodigde capaciteiten en kwaliteiten is dan ook van groot belang. Een sterk complicerende factor hierbij is dat het aanpassen van de capaciteit en kwaliteit een lange doorlooptijd vergt en bovendien dat de levensduur van de verkeersmiddelen lang is. Dit betekent dat de beheerder van met name de verkeersinfrastructuur de behoefte een lange tijd van tevoren en over een lange periode moet inschatten.

De beheerder dient te optimaliseren tussen het handhaven van strategische reservecapaciteit enerzijds en het beschikken over zeer betrouwbare middelen anderzijds. Bij dit optimaliseringsproces zullen de kosten een belangrijke rol spelen, maar ook de afweging die de afnemer

³⁰ VPT staat voor Vervoer Per Trein, zie Hoofdstuk 8.

³¹ ATB staat voor Automatische Treinbeïnvloeding, een technisch systeem waarmee een trein automatisch tot stilstand wordt gebracht als de toegestane rijsnelheid wordt overschreden.

³² In Hoofdstuk 6 zal deze benadering verder worden uitgewerkt.

³³ Zie Hoofdstuk 4.

maakt tussen kwaliteit en kosten. In Japan, bijvoorbeeld, is ervoor gekozen om te investeren in middelen met een zeer hoge bedrijfszekerheid, wat een absolute voorwaarde is voor de daar gekozen organisatie van de productie van de verkeersdiensten³⁴.

Ook de mate waarin de afnemer betaalt voor de kosten van de verkeersmiddelen speelt een rol. In de meeste Europese landen, met uitzondering van het Verenigd Koninkrijk, wordt slechts (een deel van) de variabele kosten van de infrastructuur bij de vervoerders in rekening gebracht, terwijl in Japan, waar de infrastructuur onderdeel is van het bedrijf dat verkeers- en vervoerdiensten produceert, de integrale kosten worden doorberekend³⁵.

kwaliteit (tijdigheid)

De belangrijkste kwaliteitseis die aan de verkeersmiddelen wordt gesteld is de tijdige beschikbaarheid ervan. Een belangrijk aspect hiervan is de mate van beschikbaarheid van de verkeersfuncties, waarbij onderscheid kan worden gemaakt tussen

- geheel beschikbaar (volgens de specificaties);
- verminderd beschikbaar (met bijvoorbeeld als gevolg dat de verkeersdienst met een verlaagde snelheid moet worden uitgevoerd);
- in het geheel niet beschikbaar.

Verder wordt onderscheid gemaakt naar

- geplande niet-beschikbaarheid (wat door de afnemers in de planning van de productie van verkeersdiensten kan worden verwerkt);
- niet-geplande niet-beschikbaarheid (zoals storingen).

De afspraken die met de afnemers gemaakt worden over de beschikbaarheid leidt tot de noodzaak van een goede beheersing van de vernieuwing- en instandhoudingprocessen. Voorts dient de beheerder van de verkeersmiddelen te beschikken over een adequate storingsorganisatie om de vereiste beschikbaarheid te kunnen leveren.

flexibiliteit (dynamiek in de vraag (doelstelling) accommoderen)

De verkeersmiddelen hebben over het algemeen een lange levensduur. Het is dan ook gewenst dat de mate waarin verkeersfuncties in de loop van de tijd gewijzigd kunnen worden om wijzigingen in de vraag (specificaties, zoals snelheid) te kunnen accommoderen, een grote flexibiliteit heeft. Ook korte termijnflexibiliteit van de middelen is een belangrijk aspect. Voorbeelden hiervan zijn het in twee richtingen kunnen berijden van beide sporen van een dubbelsporig baanvak³⁶ of het kunnen omschakelen van tractie-energiesysteem door Thalysmaterieel.

5.4.3 ketens en netwerken

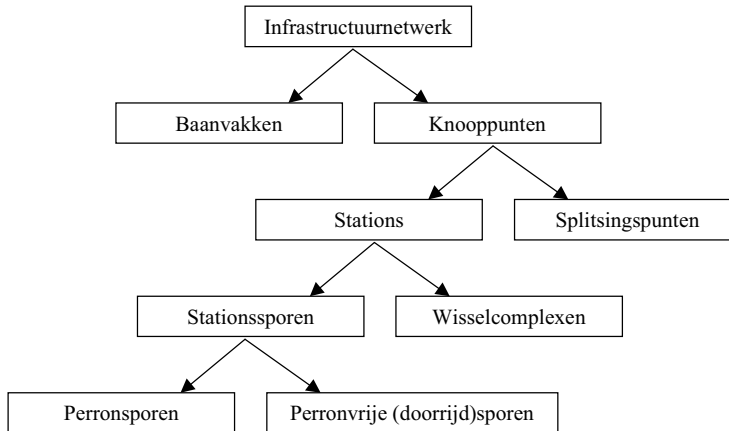
Railinfrastructuur bestaat uit netwerken. Bezien vanuit het gebruik van de infrastructuur (benutting van de capaciteit) is de indeling in *baanvakken* (de takken van het netwerk) en *knoop-*

³⁴ Zie verder Hoofdstuk 8.

³⁵ Zie Van de Velde (1999b).

³⁶ Bij deze zogenoemde *dubbel enkelspoor*-beveiliging kunnen beide sporen met dezelfde treinopvolgingen (dus met dezelfde capaciteit) ingezet worden. Bij *beveiligd linker spoor* rijden de treinen op het “linker” spoor op stationsafstand, zodat de capaciteit van het “linker” spoor aanzienlijk lager is dan die van het “rechter” spoor, wat met name bij verstoringen tot grote vertragingen kan leiden.

punten gebruikelijk.³⁷ De knooppunten, waar baanvakken zich splitsen in twee of meer baanvakken, worden vervolgens onderverdeeld in *splitsingspunten* (knooppunten waar in principe geen treinen stoppen) en *stations* (knooppunten, waar wel treinen stoppen, meestal voor het in- en uitstappen van reizigers)³⁸. Stations bestaan uit *stationssporen* en *wisselcomplexen* (waar stationssporen zich splitsen). De stationssporen, tenslotte, kunnen worden onderverdeeld in *perronsporen* (sporen langs een perron, bedoeld om reizigers in en uit te kunnen laten stappen) en *perronvrije sporen*, bedoeld om treinen die niet op het stations behoeven te stoppen te kunnen laten passeren. Figuur 5-3 geeft een overzicht.



Figuur 5-3 Indeling van een railinfrastructuurnetwerk vanuit het oogpunt van het gebruik (benutting van capaciteit). Bron: Schaafsma en Weits (1996).

Bij het toetsen van de beschikbare capaciteit door het railverkeersmanagement in de strategische, tactische en operationele fase is de analyse van de capaciteit van een samenhangend (deel van het) netwerk essentieel. Het is niet per definitie zo dat de capaciteit van de keten (of het netwerk) bepaald wordt door de schakel met de laagste capaciteit. De meeste railverkeerssystemen zijn (in tegenstelling tot bijvoorbeeld het wegverkeerssysteem) geplande systemen. Dit wil zeggen dat de productie van de verkeersdiensten van tevoren wordt gepland in samenhang met de inzet van de benodigde verkeersmiddelen. Daardoor kan het effect van een flessenhals (waarvan het verruimen van de capaciteit onevenredig duur zou zijn) op de capaciteit van een netwerk tot een bepaalde hoogte beperkt worden.

Een voorbeeld hiervan is het tweesporige baanvak in Delft in een overigens vrijwel geheel viersporige verbinding tussen Amsterdam en Rotterdam. Een ander voorbeeld is de beperkte perronspoorcapaciteit te Den Haag Centraal, die kan worden gecompenseerd door de ruimere perronspoorcapaciteit in de periferie. Zogenaemde lange keringen, nodig voor het reinigen van de trein en het eventueel wijzigen van de materieelsamenstellingen vragen veel perronspoorcapaciteit en worden daarom in de periferie gepland.

³⁷ Zie Schaafsma en Weits (1996).

³⁸ Uiteraard zijn er ook plaatsen waar reizigers en goederen in- en uitstappen, respectievelijk worden in- en uitgeladen die niet op knooppunten van railinfrastructuur liggen. Deze stations en haltes maken voor wat betreft de analyse van railinfrastructuur deel uit van de baanvakken.

Ook voor materieel en personeel is het netwerkaspect van belang. De inzetbaarheid van een machinist wordt beperkt door bevoegdheid om op bepaalde delen van het netwerk te mogen rijden, de zogenoemde wegbekendheid. Daarnaast speelt zijn standplaats een rol. Een persoonsdienst wordt zo georganiseerd dat een machinist na ca. 8 uur dienst terug is op zijn standplaats. Voor het materieel gelden toelatingseisen voor de verschillende onderdelen van het net. Dit kunnen technische eisen zijn, zoals het kunnen rijden zonder bovenleiding, veiligheidseisen, zoals het beschikken over de juiste beveiligingsapparatuur en milieueisen, zoals het voldoen aan geluidsnormen. Gegeven de toelatingseisen bestrijkt een omloop van een materieeleenheid een bepaald netwerk. Hierbij komen eisen ten aanzien van het op gezette tijden aandoen van wasinrichtingen en onderhoudswerkplaatsen.

5.4.4 randvoorwaarden

intrinsieke

Intrinsieke veiligheid is een vanzelfsprekende randvoorwaarde bij het ontwerp van railverkeersmiddelen. Het zogenoemde *fail safe*-principe houdt in dat bij verstoringen het systeem naar de veilige kant faalt. Een voorbeeld is het remsysteem van (goederen)treinen. Als de luchtdruk wegvalt, bijvoorbeeld door het breken van een luchtleiding, drukken veren de remblokken tegen de wielen. Een ander voorbeeld vormen de overwegen. Als het door een storing niet langer zeker is dat een overweg juist functioneert, zullen de bomen naar beneden gaan en wordt de overweg afgesloten voor het kruisende wegverkeer.

Veiligheid kan op gespannen voet staan met de tweede intrinsieke eis: bedrijfszekerheid. Het *fail safe*-principe betekent dat treinen in veel gevallen tot stilstand worden gebracht, zodat de beschikbaarheid van de verkeersmiddelen op dat moment tot nul daalt. De strategie bij het beheer van verkeersmiddelen dient daarom te gericht te zijn op het voorkómen van het falen van systemen

externe

Alleen al de aanwezigheid van infrastructuur heeft gevolgen voor de omgeving: het doorsnijden van ecologische zones, barrièrewerking voor kruisend weg- en scheepvaartverkeer, maar ook het feitelijke gebruik van ruimte en horizonvervuiling. Daarom wordt aan infrastructuur hoge eisen gesteld vanuit de wet- en regelgeving, zoals tracéprocedures, hinderwetvergunningen en bestemmingsplannen. Ook de aanleg van infrastructuur is aan normen gebonden, bijvoorbeeld, ten aanzien van het gebruik van materialen, bouwverkeer en geluidsoverlast door heien. Ook ten aanzien van het verkeersmaterieel gelden externe randvoorwaarden, met name ten aanzien van emissies, geluidsproductie en veiligheid.

5.5 Conceptuele modellen voor de analyse van railverkeersmanagement

In deze paragraaf worden drie conceptuele modellen beschreven die voor de analyse van de besturing van het railverkeerssysteem in de volgende hoofdstukken zullen worden gebruikt. Analooq aan de productielogistiek volgens Bertrand (1990) (5.5.1), zal het railverkeersmanagement worden gestructureerd in een strategische (5.5.2), tactische (5.5.3) en operationele

termijn 5.5.4. Voorts komt een model voor de regelcyclus (5.5.5) en een systematiek voor ontwerpprocessen (5.5.6) aan de orde.

5.5.1 analogie uit de productielogistiek

Smeets e.a. (1992) heeft de analogie met de productielogistiek gebruikt om een “besturingsmodel voor de treindienst”- te formuleren. Dit besturingsconcept grijpt terug op de hoofdprocessen bij de besturing van een fabriek volgens Bertrand (1990). Omdat dit model grote invloed heeft gehad op de inrichting van de logistieke organisatie van de Nederlandse Spoorwegen zullen we hier nader op ingaan, voordat we de hoofdprocessen bij de besturing van een fabriek zullen vertalen naar het railverkeerssysteem.

“besturingsmodel voor de treindienst”³⁹

Bij de formulering van het besturingsconcept vormde de toenmalige organisatie van NS waarbij de planning en uitvoering van de verkeers- en vervoerprocessen waren geïntegreerd in de Dienst van Exploitatie de achtergrond. Het “rijden van treinen” werd gezien als de productie en het product werd omschreven als “het vervoeren van reizigers (en goederen)”. In termen van het lagenmodel: de verkeersdiensten zijn de bewerkingen die een “order” moet ondergaan in de afdelingen van de fabriek en het te leveren product is het geheel van vervoerdiensten. Een trein wordt gezien als de productie-eenheid (“verzameling van infrastructuur, tijd, materieel en personeel”), oftewel een verkeersdienst- en tegelijkertijd als “een in de gepubliceerde dienstregeling omschreven order”, met andere woorden een vervoerdienst.

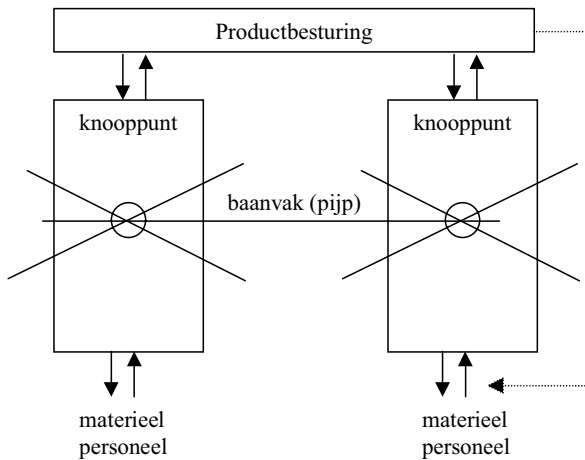
De “NS-fabriek” bestaat in deze visie uit een complex netwerk van pijpen (baanvakken) en knopen (knooppuntstations), zie Figuur 5-4. Een knoop wordt gezien als een fabrieksafdeling waar de bewerkingen (de verkeersprocessen) worden uitgevoerd en gestuurd. Deze bewerkingen zijn, bijvoorbeeld, het vertrekken van een trein of het combineren van twee treindelen. Baanvakken hebben een ontkoppelende functie. In de pijpen kan niet of nauwelijks worden gestuurd. De besturing van het (vervoer) product “is per definitie regionaal/landelijk”.

De landelijke samenhang van het (reizigers)vervoerproduct is het bepalende uitgangspunt voor de besturing van de fabriek. De sturing over de knooppunten heen van de verkeersproductie (dus ook die ten behoeve van het goederenvervoer) verloopt via de centrale productbesturing, die is opgezet “vanuit de dominantie van het reizigersproduct”. Hieronder vallen ook logistieke taken als het bewaken van de personeels- en materieelomlopen. Overigens wordt geopperd om de productbesturing te decomponeren volgens een geografische benadering (een knooppunt valt onder één productbesturingseenheid) of volgens de hoofdvervoerstromen (knooppunten kunnen onder meerdere productbesturingseenheden vallen). De knooppuntsturing betreft primair de besturing van de lokale verkeersprocessen, de lokale besturing van vervoerprocessen lijkt van ondergeschikt belang.

Het besturingsconcept heeft als bezwaar dat het is geformuleerd vanuit een monolithische opvatting van de spoorwegen met een sterke, centraal georiënteerde, integratie van vervoer- en verkeersprocessen. Het is daarom niet geschikt voor een situatie met vormen van marktwerking tussen de verschillende lagen van het Lagenmodel. Voorts is het gebaseerd op een geïntegreerde deterministische planning van de dienstregeling (vervoerdiensten, verkeersdiensten

³⁹ De aangehaalde citaten zijn afkomstig uit Smeets e.a. (1992).

en inzet van verkeersmiddelen), wat het ongeschikt maakt als achterliggend model bij de ontwikkeling van het innovatieve besturingsconcept Dynamisch Railverkeersmanagement.



Figuur 5-4 De besturing van de “NS-fabriek” (Bron: Smeets (1992)).

hoofdprocessen bij de besturing van een fabriek

Bertrand (1990) geeft aan wat de hoofdprocessen zijn bij de besturing van een fabriek. Tabel 5-5 laat per fase van besturing (eerste kolom) deze hoofdprocessen zien (tweede kolom) met de vertaling naar de besturing van het railverkeerssysteem (derde kolom).

Als we het lagenmodel in de beschouwing betrekken, blijkt de besturing in grote lijnen als volgt te kenmerken:

- strategisch: toespitsen op de laag beheer verkeersmiddelen (functies en capaciteit);
- tactisch: toespitsen op de laag inzet verkeersmiddelen;
- operationeel: toespitsen op de laag productie verkeersdiensten.

In het onderstaande wordt dit toegelicht voor de drie termijnen, waarbij de derde kolom uit Tabel 5-5 leidraad is. De driedeling is overigens in grote lijnen dezelfde als die van Smeets (1992).

Opgemerkt moet worden dat het beheer van verkeersmiddelen uiteraard ook een tactische en operationele component heeft, zoals het plannen en uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden. Dit valt buiten het kader van deze dissertatie.

5.5.2 strategisch: capaciteitsmanagement en strategische orderacceptatie

Bij het strategisch management staat het beheer van de verkeersmiddelen centraal. De hoge investeringen en de lange doorlooptijd voor het ontwikkelen en aanleggen van infrastructuur vereist een visie die een termijn tot 25 jaar of meer moet bestrijken. De nummering van de hoofdprocessen verwijst naar Tabel 5-5.

Tabel 5-5 Besturing van het railverkeerssysteem in analogie met de productielogistiek.

<i>Fase in besturing</i>	<i>Productielogistiek</i>	<i>Railverkeerssysteem</i>
1. strategisch: capaciteitsmanagement en strategische orderaccepta- tie	1a1. vaststellen marktprogno- ses, 1a2. productiestructuur en 1a3. capaciteitsbehoefte	1a1. vaststellen prognoses verkeersmarkt, 1a2. structuur verkeersproductie en 1a3. behoefte aan capaciteit verkeersmidde- len
	1b. strategische leverafspra- ken met klant	1b. lange termijncontracten met vervoeror- ganisaties voor het leveren van verkeers- diensten
2. tactisch: inzetplanning van resour- ces	2. inzetplanning van resources	2. inzetplanning verkeersmiddelen
3. operationeel: dagelijkse uitvoering en bijsturing	3a. er is een pakket orders, voorzien van resources voor de productie op een bepaalde dag	3a. er is een verkeersplan, met inzetplan van verkeersmiddelen voor een bepaalde dag
	3b. de bijsturing moet de in- en externe verstoringen weg- regelen	3b. het verkeersplan wordt bijgestuurd (ge- actualiseerd) op basis van de actuele situatie

1a1. vaststellen prognoses verkeersmarkt

De prognoses voor de verkeersmarkt betreffen de inschatting van de behoefte aan railverkeersdiensten op de lange termijn. Aan hoeveel treinen met welke karakteristieken is voor de diverse deelmarkten behoefte? Deze prognoses zijn de resultante van de wisselwerking tussen enerzijds de prognoses voor de vervoermarkt, aangevuld met een inschatting van welk deel van het toekomstige vervoer via de rail zal worden afgewikkeld en anderzijds de mogelijkheden die het –toekomstige– railverkeerssysteem biedt. Omdat zeer veel factoren hierop van invloed zijn, ligt een scenariobenadering voor de hand.

1a2. structuur verkeersproductie

Op basis van –en in wisselwerking met– de inschatting van de vraag kan de structuur van het aanbod op de verkeersmarkt worden geformuleerd. De productiestructuur betreft aspecten als

- vraaggestuurd of aanbodgestuurd;
- onafhankelijke lijnen of samenhangende netwerken.

1a3. behoefte aan capaciteit verkeersmiddelen

Op strategisch niveau wordt vastgesteld welke verkeersmiddelen nodig zijn om de gewenste verkeersdiensten in de gewenste productiestructuur te kunnen leveren. Het gaat daarbij om capaciteit (aantallen diensten in een bepaalde tijdsperiode) maar ook om kwaliteit (karakteristieken van de diensten). Aan de orde is de vraag voor welke (combinatie van) karakteristieken de verschillende verkeersmiddelen geschikt moeten zijn. Wat betekent dit voor de verkeersfuncties en in welke vorm kunnen deze verkeersfuncties het efficiëntste worden geleverd? Een belangrijke aspect daarbij is het zoeken naar het optimum tussen materieel, infrastructuur en personeel.

1b. lange termijncontracten met vervoerorganisaties voor het leveren van verkeersdiensten

Om verantwoord te kunnen investeren is een mate van zekerheid nodig dat de verkeersdiensten afgezet kunnen worden. Afnemers zijn de vervoerorganisaties die zich zouden moeten

verplichten om ook op lange termijn vervoer per rail te zullen realiseren. Met name in het goederenvervoer is dit problematisch, omdat er veelal alternatieven in de vorm van vervoer over de weg en het water beschikbaar zijn en vervoerorganisaties geen baat hebben bij lange-termijncontracten. In dit licht is het dan ook niet verrassend dat het moeilijk is om private investeerders te interesseren voor de aanleg van de Betuweroute.

In het reizigersvervoer zijn alternatieve verkeerssystemen in een aantal marktsegmenten niet of nauwelijks beschikbaar. Er zijn dan ook –weliswaar impliciete– afspraken over het ook op lange termijn rijden van treinen. Door middel van prestatiecontracten en concessies krijgen deze afspraken langzamerhand de vorm van langetermijncontracten. Overigens wordt het railverkeerssysteem hierbij veelal vertegenwoordigd door de overheid. In die marktsegmenten waar de alternatieven wel aanwezig zijn, zoals het (internationale) collectieve vervoer over lange afstanden blijkt hetzelfde fenomeen als bij het goederenvervoer op te treden: vervoerders leggen zich niet vast op het op lange termijn afnemen van verkeersdiensten. Investerings in infrastructuur zoals de hoge snelheidslijnen blijft daarmee onvermijdelijk een overheidsaangelegenheid.

5.5.3 tactisch: inzetplanning van resources

We beschouwen de verkeersmiddelen als de resources waarvan de inzet wordt gepland.

2. inzetplanning verkeersmiddelen

In de tactische fase van het railverkeersmanagement zijn de capaciteiten en kwaliteiten van de verkeersmiddelen een gegeven. De vraag is nu hoe deze verkeersmiddelen ingezet zullen gaan worden, gegeven de te leveren verkeersdiensten. De vaste en mobiele verkeersmiddelen kunnen nu als aparte resources worden beschouwd, waarbij de combinatie uiteraard aan beperkingen onderhevig zijn. Elektrische locomotieven kunnen bijvoorbeeld, alleen op geëlektrificeerde baanvakken worden ingezet. In het algemeen zijn de verkeersmiddelen kostbaar en daarmee een schaars goed. Een efficiënte benutting is daarom van groot belang. Dit kan betekenen dat bepaalde verkeersdiensten op bepaalde trajecten in bepaalde periodes niet gefaciliteerd kunnen worden. Uiteraard moet dit binnen de kaders van de langetermijncontracten worden gerealiseerd.

Bij de inzet van verkeersmiddelen komen vragen aan de orde als:

- Welke diensten moeten in welke combinatie simultaan worden geleverd?
- Welke keuzes moeten bij capaciteitsschaarste worden gemaakt?
- Kan de capaciteit van de verkeersmiddelen nog aangepast worden?

5.5.4 operationeel: dagelijkse uitvoering en bijsturing

In de operationele fase gaat het om de planning van de productie van een bepaalde dag en de bijsturing daarop die gedurende die dag noodzakelijk is.

3a. er is een verkeersplan, met inzetplan van verkeersmiddelen voor een bepaalde dag

Alle verkeersdiensten tezamen die op een bepaalde dag moeten worden uitgevoerd staan in het verkeersplan voor die dag. De verschijningsvorm van het plan is bij de huidige (statische) werkwijze anders dan bij dynamisch verkeersmanagement. In beide werkwijzen neemt het verkeersplan uiteindelijk de vorm aan van een verzameling treinbewegingen in de tijdruimte, voorzien van trajectorie (rijpad), tractie en bediening.

3b. het verkeersplan wordt bijgestuurd (geactualiseerd) op basis van de actuele situatie

In de dagelijkse praktijk zullen er ongeplande gebeurtenissen optreden:

- storingen in de verkeersmiddelen, waardoor ze niet voor de geplande verkeersdienst beschikbaar zijn;
- afwijkingen in de afwikkeling van een verkeersdienst, waardoor de bijbehorende verkeersmiddelen niet op tijd voor een andere verkeersdienst beschikbaar komen;
- gewijzigde vraag naar verkeersdiensten, zoals spoedorders.

Een stabiel verkeersplan kan een zekere hoeveelheid ongeplande gebeurtenissen verwerken zonder dat het behoeft te worden aangepast. Wordt deze hoeveelheid verstoringen van het plan overschreden, dan moet het verkeersplan worden geactualiseerd. Bij de huidige werkwijze gebeurt dit in de vorm van bijsturen. Van een aantal verkeersdiensten wordt dan de uitvoering zodanig gewijzigd, dat de uitstraling in tijd en plaats zoveel mogelijk beperkt blijft. Verkeersdiensten die buiten het verstoorde gebied en/of later dan de verstoorde periode zijn gepland kunnen dan weer volgens het oorspronkelijk verkeersplan worden uitgevoerd. De bijsturing kan betrekking hebben op de verkeersdienst zelf (zodat de afnemer een gewijzigde dienst geleverd krijgt) maar ook op de inzet van de verkeersmiddelen (wat geen gevolgen voor de dienst behoeft te hebben).

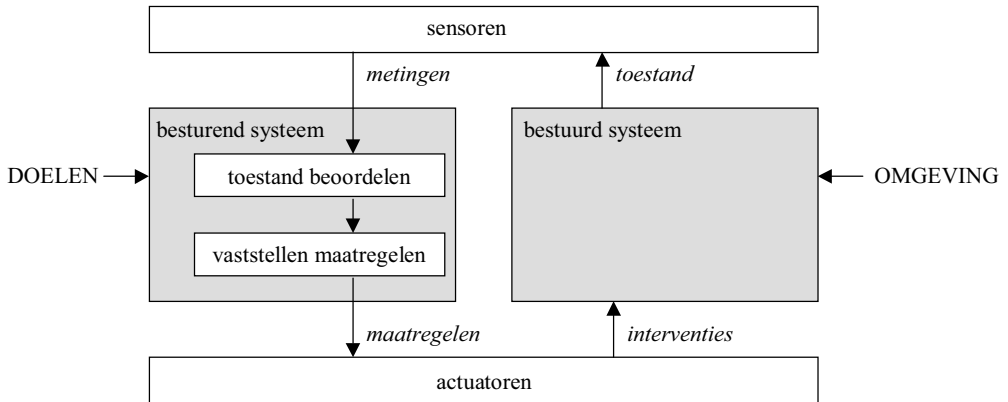
Opgemerkt moet worden dat bij het Dynamisch Railverkeersmanagement het verkeersplan van zoveel mogelijk vrijheidsgraden in tijd en plaats is voorzien. Detaillering vindt zo laat mogelijk plaats. Kleine verstoringen leiden dan niet tot bijsturing van het verkeersplan. Het is dan beter om te spreken van een op de actuele situatie toegesneden detaillering van het plan.

De analyse van het operationeel railverkeersmanagement in Hoofdstuk 8 zal worden toegespitst op de besturing van de productie van verkeersdiensten en de inzet van verkeersmiddelen, hoewel ook de besturing van het beheer van verkeersmiddelen een operationele fase kent. Dit laatste aspect dat met name betrekking heeft op de specifieke onderhouds- en vernieuwingsproblematiek valt buiten het kader van deze dissertatie.

Het besturen van de inzet van infrastructuur speelt een cruciale rol. In elke fase van het railverkeersmanagement dient de beschikbare capaciteit van de infrastructuur aan de vraag getoetst te worden met methodes die passen bij het globaliteitsniveau van de betreffende fase.

5.5.5 model voor de regelcyclus

De besturing van het railverkeerssysteem kan worden gezien als een regelcyclus. In Figuur 5-5 wordt deze in algemene termen weergegeven. De doelen van het (railverkeers)systeem grijpen aan op het besturend systeem, terwijl het bestuurd systeem wordt beïnvloed door allerlei invloeden vanuit de omgeving.



Figuur 5-5 Een regelkring (naar Hoogendoorn (2000) en Fischer (1997)).

Het vaststellen van maatregelen door het besturend systeem kan in principe op twee manieren (Hoogendoorn (2000)):

1. open regelkring

In een open regelkring wordt geen rekening gehouden met de actuele staat van het bestuurd systeem en er worden geen modelmatige voorspellingen over het effect van de te treffen maatregelen gedaan. Het is een statische werkwijze, waarbij de maatregelen *off-line* worden vastgesteld op grond van historische gegevens. Deze benadering is effectief als de toestand van het bestuurd systeem niet teveel afwijkt van de waarden die volgt uit de historische gegevens. Uiteraard is het van belang om de historische gegevens *up-to-date* te houden door het registreren van de effectiviteit van de getroffen maatregelen.

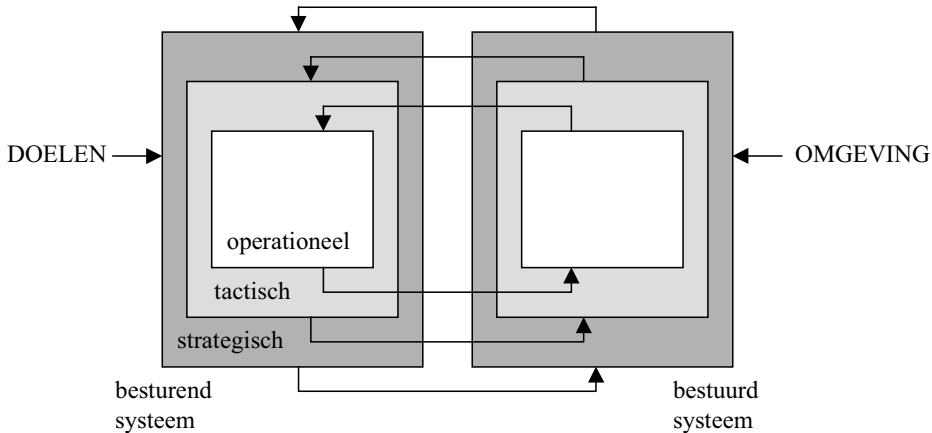
2. gesloten regelkring

In een gesloten regelkring wordt uitsluitend gebruik gemaakt van informatie over de actuele toestand. Voorspellingen van het effect van maatregelen op grond van historische gegevens of modellen worden niet gebruikt. Deze dynamische werkwijze is vooral van toepassing bij de fijnregeling van een systeem naar een bepaalde gewenste toestand. Het functioneren van een gesloten regelkring stelt eisen aan:

- monitoren van de momentane toestand van het bestuurd systeem;
- regeldoel: de gewenste toestand voor het bestuurd systeem;
- regelalgoritme: om alternatieve maatregelen te kunnen afwegen;
- regelruimte: voldoende ruimte binnen de gestelde kaders om maatregelen te kunnen treffen;
- actuatoren: middelen waarmee in het functioneren van het bestuurd systeem kan worden ingegrepen.

De besturing van het railverkeerssysteem kent kenmerken van beide werkwijzen. Als we de huidige operationele besturing van het railverkeerssysteem⁴⁰ bezien, blijken de kenmerken van de open regelkring te overheersen. Het toevoegen van terugkoppelingen is een belangrijk aspect van het concept Dynamisch Railverkeersmanagement.

⁴⁰ Zie Hoofdstuk 8.



Figuur 5-6 Besturing op verschillende niveaus (samengestelde regelcyclus).

Als we de terugkoppelingen tussen de verschillende fasen van het railverkeersmanagement in beschouwing nemen, kan de besturing van het railverkeerssysteem worden gezien als een samengestelde regelcyclus (Figuur 5-6). Deze relatie is in eerste aanleg statisch (volgtijdelijk en hiërarchisch) van aard: het strategisch management stelt kaders voor het tactisch management en het tactisch management stelt kaders voor het operationeel management. Echter, tussen de fasen is terugkoppeling van de effectiviteit van de getroffen maatregelen noodzakelijk. Ten eerste moet naar een hoger niveau worden geschakeld om effectieve maatregelen te kunnen treffen als de kaders niet langer te respecteren zijn en ten tweede is terugkoppeling noodzakelijk om de effectiviteit van de besturing op de verschillende niveaus te kunnen verbeteren.

5.5.6 systematiek voor ontwerpprocessen

Een aantal problemen waarvoor het railverkeersmanagement zich gesteld ziet, kan worden beschouwd als ontwerpproblemen. Een voorbeeld is het ontwerpen van een plan voor het gebruik van de infrastructuurcapaciteit, waarbij in de tactische fase van de besturing een afweging moet worden gemaakt tussen intensiteit (aantal verkeersdiensten) en kwaliteit.

Bij een ontwerpprobleem kunnen de volgende aspecten worden onderscheiden:

- het doel van het ontwerp (ontwerpspecificaties);
- ontwerpvariabelen die verschillende waarden kunnen worden gegeven (“de knoppen waaraan kan worden gedraaid”);
- randvoorwaarden waaraan het ontwerp moet voldoen;
- een methode om een ontwerp te kunnen maken;
- beoordelingscriteria om de alternatieve ontwerpen te kunnen beoordelen.

Het model voor ontwerpproblemen is met name toepasbaar als de beïnvloedende factoren met voldoende zekerheid zijn vast te stellen. Bij onzekerheden over deze factoren –bijvoorbeeld de prognose van de vraag naar de te leveren diensten– kan een gevoeligheidsanalyse of een scenario benadering worden toegepast. Bij een gevoeligheidsanalyse wordt bezien in hoeverre het optimum verandert als één van de beïnvloedende factoren van waarde verandert. In een scenario wordt aan een aantal onzekere factoren een waarde toegekend waarmee een samenhangend beeld van een toekomstige werkelijkheid wordt geschetst.

Een toepassing van een systematische aanpak van ontwerpproblemen is *systems engineering*.⁴¹ Deze ontwerpmethodologie heeft als kenmerken:

- het identificeren van eisen vanuit de eindgebruikers;
- het traceerbaar vertalen van deze eisen in specificaties voor het systeemontwerp;
- een iteratief proces van harden van specificaties en bijstellen van eisen;

Deze ontwerpssystematiek zal met name een rol spelen bij de ontwikkeling van de Netvisie-methodologie voor strategisch railverkeersmanagement (Hoofdstuk 6).

5.6 Evaluatie introductie railverkeersmanagement

In deze afsluitende paragraaf worden de belangrijkste bevindingen en conclusies van dit hoofdstuk samengevat en wordt een vooruitblik gegeven naar de Hoofdstukken 6, 7 en 8 waarin achtereenvolgens het strategische, tactische en operationele railverkeersmanagement zal worden geanalyseerd.

5.6.1 voornaamste bevindingen en conclusies

In dit hoofdstuk is het railverkeerssysteem systematisch geanalyseerd, waarmee de basis is gelegd voor de nieuwe kijk op railverkeersmanagement in de volgende hoofdstukken. Hieronder worden de resultaten kort samengevat: (1) analyse van het railverkeerssysteem in zijn omgeving, (2) toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer voor de structureren van de besturing en (3) drie conceptuele modellen voor de analyse van railverkeersmanagement.

1. analyse van het railverkeerssysteem in zijn omgeving

De omgeving is in drie delen te splitsen: afnemers van verkeersdiensten (vervoersystemen), andere (rail)verkeerssystemen en overheid en maatschappij.

Vervoersystemen nemen verkeersdiensten af op de verkeersmarkt. De analyse van de verkeersmarkt wijst uit dat de markt om gedifferentieerde producten vraagt, waardoor vervolgens gedifferentieerde eisen aan verkeersmiddelen worden gesteld. Het meest voor de hand liggende onderscheid is dat tussen goederenvervoer en reizigersvervoer, maar ook binnen deze categorieën vervoer is een verdere segmentering mogelijk. De segmentering komt ten eerste voort uit de verplaatsingsafstanden en ten tweede uit te verplaatsen en de hoeveelheid lading per verkeersdienst.

De relatie met *andere (rail)verkeerssystemen* is eerder een complementaire dan een competitieve. Dat geldt zeker voor de relatie met andere railverkeerssystemen. De belangrijkste reden is dat de railverkeersmiddelen te duur zijn om ruimte te bieden voor concurrerende railverkeerssystemen. Het complementaire karakter komt tot uitdrukking aan de grens waar verkeersobjecten, bijvoorbeeld, door het Duitse aan het Nederlandse railverkeerssysteem worden overgedragen. De relatie met andere verkeerssystemen (modaliteiten) verloopt overigens altijd via een vervoerssysteem: de reiziger moet overstappen, goederen worden overgeladen. Het huidige railverkeerssysteem kan slechts op een aantal deelmarkten concurreren met andere modaliteiten. Op de markt voor verkeersdiensten ten behoeve van collectief openbaar rezi-

⁴¹ Zie, bijvoorbeeld, Koomen (1991).

gersvervoer heeft het railverkeerssysteem vooral op de middellange afstand een sterke marktpositie. Verder komt het railverkeerssysteem in aanmerking voor goederenvervoer in een aantal marktsegmenten op de (middel)lange afstand.

De *overheid en maatschappij* leveren resources aan het railverkeerssysteem en krijgen er inkomen voor terug. De balans is op het eerste gezicht negatief, omdat de baten van railverkeerssystemen de eindgebruikers via de vervoerssystemen bereiken. De overheid bepaalt via wet- en regelgeving een belangrijk deel van de randvoorwaarden waarin het railverkeerssysteem opereert. Daarnaast kan de overheid de concurrentiepositie van het railverkeerssysteem in directe zin beïnvloeden door het toekennen van ruimte voor infrastructuur en het verstrekken van subsidies. In indirecte zin kan de overheid de verkeersmarkt beïnvloeden door vervoerssystemen te bevorderen die voor een belangrijk deel zijn aangewezen op het railverkeerssysteem, zoals collectief openbaar personenvervoer en intermodaal goederenvervoer.

2. toepassing van het Lagenmodel structureert de besturing van railverkeerssysteem

Voor het analyseren van de werking en besturing van het railverkeerssysteem is het Lagenmodel Verkeer & Vervoer een geschikt model. Binnen de contouren van het railverkeerssysteem vallen de lagen productie verkeersdiensten, inzet van verkeersmiddelen en beheer van verkeersmiddelen. Per laag is beschreven welke transformaties leiden tot de geleverde diensten, hoe de performance (effectiviteit, efficiency, kwaliteit, flexibiliteit) kan worden beschreven, en in hoeverre de productie van de diensten in de vorm van ketens en netwerken plaatsvindt. Bij dit laatste is opvallend is dat de (voor de productie) optimale netwerken in principe voor elke laag verschillend kunnen zijn. Tenslotte zijn de randvoorwaarden geïnventariseerd, onderscheiden naar intrinsieke (voor de afnemer vanzelfsprekende eigenschappen van de diensten) en externe (afgedwongen door wet- en regelgeving).

Bij het analyseren van de railverkeersfuncties en de railverkeersmiddelen die deze functies leveren blijkt, dat in veel gevallen verkeersmiddelen meerdere verkeersfuncties leveren. Met het oog op innovatie van de middelen is dit een complicerende factor.

3. drie conceptuele modellen voor de analyse van railverkeersmanagement

In dit hoofdstuk zijn drie conceptuele modellen geïntroduceerd, die in de Hoofdstukken 6 tot en met 9 naast het Lagenmodel Verkeer & Vervoer zullen worden gehanteerd bij de analyse van de besturing van het railverkeerssysteem. Het besturingsmodel uit de productielogistiek levert het onderscheid in strategische, tactische en operationele besturingstermijnen. Deze indeling is gevolgd bij de opzet van de Hoofdstukken 6 tot en met 8. Het tweede model is een model voor de regelcyclus waarmee het onderscheid tussen statisch en Dynamisch Railverkeersmanagement (Hoofdstuk 9) kan worden gemaakt. Ten slotte is een systematiek voor ontwerpprocessen beschreven, waarmee diverse processen binnen het railverkeersmanagement, zoals het ontwerpen van een plan voor de inzet van verkeersmiddelen, zullen worden geanalyseerd.

Het besturingsmodel waarin de “treindienst” analoog aan een fabriek wordt bestuurd, voldoet niet om het railverkeerssysteem te analyseren. De reden hiervoor is dat dit besturingsmodel een aantal gegevenheden, met name de integratie van vervoer- en verkeersdiensten, een geïntegreerde deterministische dienstregeling en een centraal geleide landelijke samenhang, tot uitgangspunt heeft, waarmee een belangrijk deel van de mogelijke vernieuwingen van de besturing van het railverkeerssysteem worden uitgesloten. Het model stelt in feite een monoli-

thische structuur centraal, waarin de processen nauw aan elkaar zijn gerelateerd, terwijl juist het ontleden van de processen in deelsystemen in deze dissertatie een belangrijke leidraad vormt voor de innovatie van de besturing van het railverkeerssysteem.

5.6.2 opzet van de Hoofdstukken 6, 7 en 8

In de Hoofdstukken 6, 7 en 8 zullen achtereenvolgens de strategische, tactische en operationele fase van het railverkeersmanagement worden geanalyseerd. Deze hoofdstukken zijn in hoofdlijnen eenvormig gestructureerd volgens de onderstaande indeling.

werkwijze en lopende ontwikkelingen anno 2000

Doel is ten eerste om een referentiekader te schetsen voor mogelijke vernieuwingen. Daartoe zal in elk van de drie hoofdstukken de werkwijze anno 2000 worden geanalyseerd. Om praktische redenen gebeurt dit aan de hand van het Nederlandse railverkeerssysteem. Kenmerk van de huidige werkwijze is dat er geen onderscheid wordt gemaakt naar verkeers- en vervoerdiensten en dat er weinig terugkoppeling plaatsvindt (statische werkwijze)

andere verkeerssystemen

Voorbeelden uit buitenlandse railverkeerssystemen of uit andere modaliteiten zullen worden aangehaald met als doel ideeën voor vernieuwingen te genereren.

ondersteunende methodieken en systemen

De methodieken en systemen die het railverkeersmanagement anno 2000 ondersteunen, voldoen niet altijd aan de behoefte. Kansrijke ontwikkelingen die in de behoefte kunnen gaan voorzien, worden aangestipt.

vernieuwingspotentieel

Bij het beschrijven van het potentieel voor vernieuwing van het railverkeersmanagement zal onderscheid worden gemaakt naar vernieuwingen die tot verbeteringen kunnen leiden binnen de huidige, statische, productiewijze en innovaties die bijdragen aan een nieuwe dynamische vorm van railverkeersmanagement.

5.6.3 contouren Dynamisch Railverkeersmanagement (Hoofdstuk 9)

In de huidige, statische, werkwijze is er nauwelijks sprake van terugkoppeling. In de statische werkwijze bestaat de besturing in grote lijnen uit het maken van plannen die vervolgens zo goed mogelijk worden uitgevoerd. In Hoofdstuk 9 wordt een innovatief besturingsconcept geïntroduceerd: Dynamisch Railverkeersmanagement. In dit besturingsconcept speelt terugkoppeling van de feitelijke realisering op de uitvoering en planning een centrale rol. De processen worden, indien niet noodzakelijk, niet precies gepland, maar er worden zoveel mogelijk vrijheidsgraden ingebouwd om afhankelijk van de momentane situatie de uitvoering van de processen te kunnen fijnregelen.

6 Strategisch railverkeersmanagement

Strategisch railverkeersmanagement was in de jaren 90 sterk productgeoriënteerd, wat wordt geïllustreerd aan de hand van Rail 21¹, het strategische plan van de Nederlandse Spoorwegen uit 1988 (6.1). In een dynamische (markt)omgeving met veel betrokken partijen voldoet deze werkwijze niet langer. In dit hoofdstuk wordt daarom een meer procesgeoriënteerde aanpak ontwikkeld, de zogenoemde Netvisie–methodologie waarbij het Lagenmodel Verkeer & Vervoer² de leidraad vormt (6.2). De Netvisie–methodologie is toegepast bij het vormgeven van de spoorparagraaf in het Nationale Verkeers– en Vervoerplan (NVVP)³ (6.3). In de Netvisie–methodologie is *differentiatie* een sleutelbegrip. Differentiatie in product–marktcombinaties, differentiatie in het gebruik van het spoorwegnet en differentiatie van de infrastructuur vormen ook belangrijke bouwstenen van de strategie voor de ontwikkeling van het Duitse railverkeerssysteem (*Netz 21*) (6.4). Er bestaat behoefte aan nieuwe methodieken voor de toetsing van de benodigde infrastructuurcapaciteit. Methodieken op basis van de wachtrijtheorie lijken hiervoor geschikt (6.5). Dit hoofdstuk wordt, tenslotte, geëvalueerd in 6.6.

6.1 Strategisch railverkeersmanagement in de jaren 90

In 1988 presenteerde het toen nog ongedeelde NS het plan Rail 21, een geïntegreerd aanbod aan de samenleving. De samenleving nam het aanbod aan en Rail 21 werd vrijwel ongewij-

¹ NS (1988).

² Zoals in Hoofdstuk 3 opgebouwd is.

³ Het Nationale Verkeers– en Vervoerplan (NVVP), V&W (2000b) is het strategische beleidsplan voor het verkeer en vervoer in Nederland in de periode van 2002 tot 2020.

zigt opgenomen in het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV II)⁴ dat in 1990 van kracht werd.

6.1.1 Rail 21: een geïntegreerd aanbod gebaseerd op een productiemodel

Door de opname van Rail 21 in het SVV II werd het vooral een strategisch infrastructuurplan dat een kader vormde voor de tactische pakketten Prorail en het Tweede Tactische Pakket Railinfrastructuur. Deze tactische pakketten vormden op hun beurt het kader voor de investeringen in railinfrastructuur op het meerjarenbegrotingen van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Rail 21 was echter meer dan een strategisch infrastructuurplan. Het was een geïntegreerd plan voor het railverkeerssysteem en het aanbod aan collectieve reizigersvervoerdiensten. NS beloofde om in ruil voor de investeringen in de infrastructuur van f 9 a 10 miljard het aanbod aan verkeers- en vervoerdiensten ingrijpend te verbeteren, wat zou moeten leiden tot een verdubbeling van de vervoerprestatie (het aantal reizigerskilometers) bij gelijkblijvende bijdrage van de overheid in het exploitatietekort van het reizigersbedrijf⁵.

Dit geïntegreerde plan kwam tot stand door het ontwerpen van een zogenoemd productiemodel, een basisuurpatroon⁶. In feite werd een dienstregeling ontworpen voor het jaar 2010. Deze dienstregeling bevatte informatie over de te leveren verkeersdiensten, de bijbehorende materieel- en personeelsinzet en de behoefte aan infrastructuurcapaciteit. Met behulp van deze gegevens kon vervolgens worden ingeschat wat de effecten op de vervoeromvang zou zijn, hoe hoog de exploitatiekosten zouden zijn en welke investeringen in materieel en infrastructuur het plan zou vergen⁷. In Rail 21 was de productiestructuur van de jaren 70 en 80 impliciet het uitgangspunt: aanbodgestuurd met behulp van een starre, gecadanceerde knooppunt dienstregeling voor het reizigersvervoer⁸, met daartussen gevlochten dienstregelingsspaden voor het goederenvervoer. Nieuw was het introduceren van het zogenoemde drietreinensysteem. Op een aantal drukke baanvakken zouden InterCitytreinen de lange afstandsmarkt gaan bedienen, InterRegiotreinen waren bestemd voor de middellange afstanden en AggloRegiotreinen zouden het vervoer over korte afstanden in en om stadsgewesten gaan verzorgen.

Deze differentiatie zou moeten leiden tot een verkorting van de reistijden en verhoging van het reiscomfort op met name de langere afstanden. Bijkomend voordeel was een versnelling van de omloop van de productiemiddelen (materieel en rijdend personeel) in het hoogste marktsegment met als gevolg een hogere productiviteit van deze productiemiddelen.

Het is onnodig te zeggen, dat voor het ontwerpen van het productiemodel van Rail 21 een groot aantal aannamen moest worden gedaan over de situatie in het doeljaar 2010. Wellicht de meeste bepalende daarvan waren de sociaal-economische en ruimtelijke ontwikkelingen. Het ontwerpen van een compleet productiemodel vergde destijds vele maanden, zodat het niet goed mogelijk was om gevoeligheidsanalyses te doen. Het oorspronkelijke Rail 21 werd daarom feitelijk op één uitgewerkt productiemodel gebaseerd.

⁴ Tweede Kamer der Staten Generaal (1991).

⁵ Bron: Rail 21 - Sporen naar een nieuwe eeuw (NS (1988)).

⁶ Zie Hoofdstuk 7 en Bijlage B voor een analyse van productiemodellen.

⁷ Zie NS (1990).

⁸ Zie Bijlage B.

Bij de nadere uitwerkingen in de jaren 90 zijn scenariostudies uitgevoerd, met name om de gevoeligheid van het Rail 21–infrastructuurplan voor veranderingen in de vervoermarkt, overheidsbeleid, tariefbeleid en productiestructuren te analyseren⁹. Er werd daarbij onder meer gevarieerd met productiemodellen (aanbodmix van verkeersdiensten) om het plan te optimaliseren, met name in de zin van de benodigde capaciteit aan infrastructuur en exploitatiekosten.

6.1.2 eind jaren 90: behoefte aan procesgeoriënteerd strategisch railverkeersmanagement

Naar analogie van de productielogistiek gaat het bij strategisch management om de volgende aspecten¹⁰:

- vaststellen prognoses verkeersmarkt;
- structuur verkeersproductie;
- behoefte aan capaciteit verkeersmiddelen;
- lange termijncontracten met vervoerorganisaties voor het leveren van verkeersdiensten.

Er bestaat een sterke samenhang tussen deze aspecten, zodat een geïntegreerde benadering van het strategisch management van de spoorwegen als geheel voor de hand ligt¹¹. In het begin van de jaren 90 van de vorige eeuw, toen NS nog een ongedeeld bedrijf was, is deze geïntegreerde benadering inderdaad gevolgd bij de totstandkoming van Rail 21.

Eind jaren negentig, toen de verantwoordelijkheden ten aanzien van het railverkeerssysteem inmiddels gewijzigd waren, paste deze aanpak niet meer¹². Bij het ontwikkelen van een nieuwe strategische visie op de infrastructuurontwikkeling ten behoeve van het NVVP is dan ook niet gekozen voor het ontwikkelen van een geïntegreerd, productgeoriënteerd strategisch plan voor de spoorwegen in Nederland als geheel. Er wordt in de NVVP–visie veel meer aan marktpartijen overgelaten. Daarbij past niet dat een uitgewerkt productiemodel voor het jaar 2020 wordt vastgesteld, waarmee het vervoeraanbod voor een belangrijk deel wordt gefixeerd en marktpartijen (vervoerders) moeten opereren binnen strakke productiedoelstellingen en –structuren. De opgave aan het railverkeerssysteem van de 21^e eeuw is om flexibel te anticiperen op veranderende omstandigheden. Het railverkeerssysteem moet zichzelf handhaven in een kritische omgeving. Er is behoefte aan innovatie. Vastliggende productiestructuren zijn dan uiteraard niet gewenst.

Een nieuwe werkwijze, ontwikkeld volgens het stramien van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer, blijkt beter te voldoen: heldere relaties tussen lagen waarborgen een samenhangende analyse van toekomstscenario's met behoud van transparantie voor de beleidsmakers bij de overheid (6.2). Deze aanpak –Netvisie genoemd– is bij de ontwikkeling van het NVVP toegepast op een aantal toekomstscenario's. Eén van deze toepassingen illustreert als case de Netvisie–methodologie (6.3).

⁹ Bron: (NS (1994)).

¹⁰ Zie Hoofdstuk 5.

¹¹ Dit is in lijn met de analyse van de historische monolithische structuur van de spoorwegen in Hoofdstuk 4.

¹² Dit werd overigens ook al geconstateerd in de Scenariostudie Rail21 (NS (1994)), die werd gepubliceerd in de periode dat de herstructurering van NS vorm kreeg.

6.2 Netvisie: methodologie ten behoeve van het NVVP

Om de contouren van het toekomstige railverkeerssysteem te kunnen schetsen is onder de naam Netvisie een methodologie ontwikkeld, waarin de strategische behoefte aan infrastructuurcapaciteit wordt geanalyseerd in een dynamisch proces¹³.

6.2.1 inleiding

Ten aanzien van de Netvisie-methodologie kunnen een drietal lijnen worden onderkend:

1. toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer;
2. *systems engineering*;
3. differentiatie.

Deze drie lijnen worden hieronder toegelicht.

1. toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

In Hoofdstuk 5 en de vorige paragraaf werd bij strategisch railverkeersmanagement de volgende aspecten onderscheiden:

- vaststellen prognoses verkeersmarkt;
- structuur verkeersproductie;
- behoefte aan capaciteit verkeersmiddelen;
- lange termijncontracten met vervoerorganisaties voor het leveren van verkeersdiensten.

Deze aspecten hebben elk betrekking op één laag uit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer, zie Tabel 6-1. We constateren voorts dat geen enkel aspect rechtstreeks betrekking heeft op de laag beheer verkeersmiddelen, terwijl juist in de strategische fase functies en capaciteiten van de verkeersmiddelen gedefinieerd moeten worden. We voegen daarom een vijfde aspect toe, te weten *functies en capaciteit van de verkeersmiddelen*. In termen van de productielogistiek zou dit zijn: “functies en de capaciteiten van de machines in de fabriek”. In Tabel 6-1 zijn de vijf aspecten van strategisch railverkeersmanagement toegedeeld naar de lagen uit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

Tabel 6-1 Aspecten van strategisch railverkeersmanagement toegedeeld naar lagen uit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

<i>Laag uit Lagenmodel Verkeer & Vervoer</i>	<i>Aspect van strategisch railverkeersmanagement</i>
productie verkeersdiensten	vaststellen prognoses verkeersmarkt; lange termijncontracten met vervoerorganisaties voor het leveren van verkeersdiensten; structuur verkeersproductie
inzet verkeersmiddelen	behoefte aan capaciteit verkeersmiddelen
beheer verkeersmiddelen	functies en capaciteit van de verkeersmiddelen

In de volgende paragrafen zullen vier van de vijf aspecten achtereenvolgens worden geanalyseerd. Aan het aspect lange termijncontracten met vervoerorganisaties voor het leveren van verkeersdiensten wordt in Netvisie geen inhoud gegeven. In de praktijk is de afname van ver-

¹³ De ontwikkeling van de Netvisie-methodologie werd eerder beschreven door Schaafsma en Van Gemund (1998). Deze paragraaf is gebaseerd op deze publicatie.

keersdiensten vooralsnog impliciet verzekerd door de geïntegreerde productie van verkeers- en vervoerdiensten en de lange termijncontracten voor het leveren van vervoerdiensten die de producenten (NS Reizigers e.a.) afsluiten met de betrokken concessieverleners.

2. systems engineering

De Netvisie-methodologie is een toepassing van *systems engineering*¹⁴, een ontwerpmethodologie met als kenmerken:

- het identificeren van eisen vanuit de eindgebruikers;
- het traceerbaar vertalen van deze eisen in specificaties voor het systeemontwerp;
- iteratief proces van harden van specificaties en bijstellen van eisen.

Door het Lagenmodel Verkeer & Vervoer als leidraad te hanteren blijven de eisen van de eindgebruikers traceerbaar, hoewel het bij de verkeersmiddelen (onderste laag) vaak gaat om technische oplossingen die ver van de reiziger of verlader (bovenste laag) afstaan. In Tabel 6-2 worden een drietal voorbeelden gegeven van eisen van eindgebruikers die via een aantal vertaalslagen leiden tot specificaties voor de verkeersmiddelen.

Deze werkwijze heeft een aantal voordelen:

- Deskundigen van verschillende disciplines werken in een gemeenschappelijke structuur. De communicatie spitst zich echter toe op de markten tussen de lagen, waar vraag en aanbod bij elkaar komen. Bovenbouwtechnici hoeven bijvoorbeeld niet te onderhandelen met vervoerkundigen.
- Het proces is navolgbaar, bijvoorbeeld voor beleidsmakers, en te herhalen, bijvoorbeeld voor het uitvoeren van gevoeligheidsanalyses.

Tabel 6-2 Traceerbaarheid van een drietal eisen van eindgebruikers in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

<i>Markt in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer</i>	<i>1. Verplaatsingsduur</i>	<i>2. Beschikbaarheid naar tijd</i>	<i>3. Prijs</i>
Eis van Eindgebruiker aan Vervoerdiensten	reistijd van deur naar deur	keuze uit vertrekmomenten	vervoerprijs
Eis van Vervoerdiensten aan Railverkeersdienst	verplaatsingstijd van station naar station	gewenste vertrektijden vanaf een station	kosten van een treinverplaatsing
Eis van Railverkeersdienst aan Inzet Verkeersmiddelen	gemiddelde snelheid	gewenste beschikbaarheid treinpad (middelen niet voor een andere verkeersdienst ingezet)	prijs van een treinpad (capaciteitskosten en marginale kosten)
Eis van Inzet Verkeersmiddelen aan Verkeersmiddelen	ontwerpsnelheid	gewenste beschikbaarheid functies (middelen niet buiten dienst)	integrale kosten van infrastructuur en (verkeers)materieel

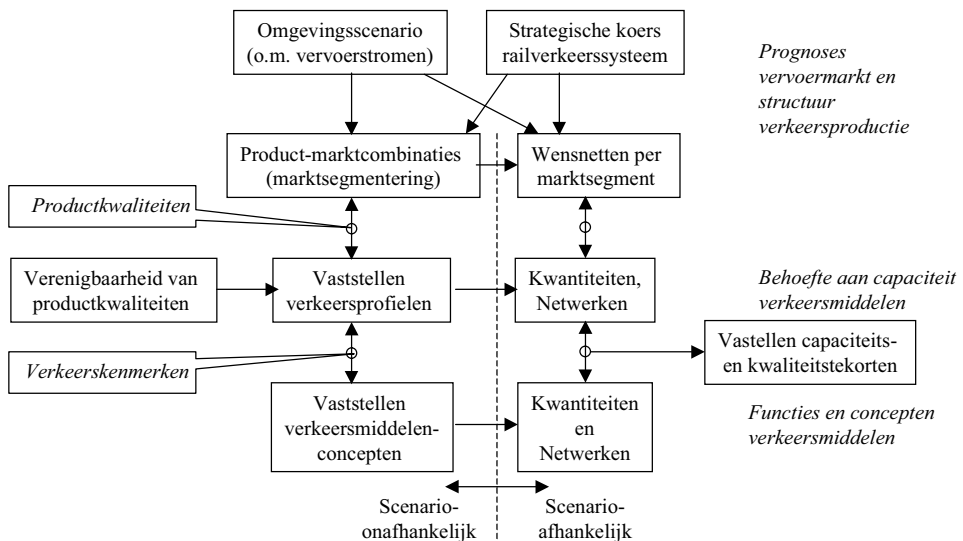
¹⁴ Zie, bijvoorbeeld, Koomen (1991).

3. differentiatie

De derde leidraad van Netvisie is *differentiatie*, een gulden middenweg tussen gestandaardiseerde eenheidsproducten aan de ene kant en maatwerk aan de andere kant met als doel een optimale verhouding tussen prijs en prestatie te bereiken:

- differentiatie van de verkeersmarkt in deelmarkten met gedifferentieerde eisen aan de railverkeersdiensten (zie verder 6.2.2 en 6.3.2);
- differentiatie van de inzet van het verkeersmiddel infrastructuur door het formuleren van stabiele vormen van samengebruik (*verkeersprofielen*, zie verder 6.2.3 en 6.3.3);
- differentiatie van verkeersmiddelen in de vorm van *verkeersmiddelconcepten*, bestaande uit op elkaar afgestemde samenhangende infrastructuur- en materieelconcepten, zie verder 6.3.3 en 6.3.4.

Figuur 6-1 toont het processchema van de Netvisie-methodologie. De hoofdlijn verloopt van eindgebruiker naar technische oplossingen voor de verkeersmiddelen (“van klant tot zand”). Uiteraard is er in de praktijk sprake van een iteratief proces, waarbij de terugkoppeling van het mogelijke aanbod in een bepaalde laag een sterke invloed heeft op de vraag vanuit de bovenliggende laag.



Figuur 6-1 Processchema van Netvisie-methodologie.

Het linkerdeel van het schema zal hieronder aan de orde komen, waarbij de afzonderlijke onderdelen zullen worden behandeld. De indeling van Tabel 6-1 (in Figuur 6-1 geheel rechts cursief weergegeven) vormt de leidraad. In het rechterdeel van het processchema gaat het om de hoeveelheden van de diensten (bijvoorbeeld frequenties) en de geografische spreiding ervan (netwerken). Dit is scenario-afhankelijk en zal daarom hieronder alleen in generieke zin worden besproken. In 6.3 zal de Netvisie-methodologie verder worden toegelicht aan de hand van een concrete toepassing op een toekomstscenario in het kader van het NVVP.

6.2.2 prognoses verkeersmarkt en structuur verkeersproductie

De verkeersmarkt is een afgeleide van de vervoermarkt. De prognoses voor de vraagzijde van de verkeersmarkt hangen derhalve voor een belangrijk deel af van de sociaal-economische en ruimtelijke factoren die de vervoermarkt bepalen. Deze factoren, zoals economie, demografie, urbanisatie, transportprijzen, Europese ontwikkelingen en dergelijke zijn veelal autonoom ten opzichte van het railverkeerssysteem. Voor een ander deel zijn de prognoses voor de verkeersmarkt afhankelijk van het aanbod. Dit aanbod wordt bepaald door de productiestructuur en uiteindelijk door de mogelijkheden die de verkeersmiddelen bieden.

scenariobenadering voor bepalen strategische koers

De prognoses voor de verkeersmarkt van de verre toekomst zijn per definitie onzeker. Om op een strategische termijn met onzekerheden te kunnen omgaan is een scenariobenadering gekozen¹⁵ (Van den Heuvel (1998)). Deze benadering, bedoeld om een strategische koers te kunnen uitzetten voor de ontwikkeling van een systeem, gegeven een bepaalde doelstelling, bestaat in zijn algemeenheid uit de volgende stappen:

- Stel vast welke twee variabelen de meeste invloed hebben op het systeem en het minst te beïnvloeden zijn.
- Stel vier toekomstbeelden samen door beide variabelen op verschillende manieren met elkaar te combineren.
- Ga voor elk van de scenario's na in welke richting het systeem zich zou moeten ontwikkelen om de vastgestelde doelstelling te behalen in dat scenario.
- Stel voor elke ontwikkelingsrichting vast in welke mate bijsturing mogelijk is als de omgevingsvariabelen andere waarden zouden aannemen;
- Stel vast wat de meest robuuste ontwikkelingsrichting is.

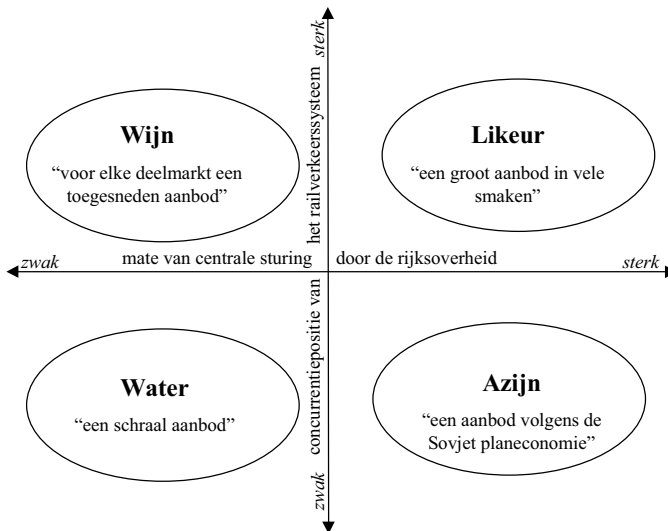
Bij de toepassing van deze aanpak op het railverkeerssysteem werden de variabelen: “concurrentiepositie van het railverkeerssysteem” en “mate van centrale sturing door de rijksoverheid” gekozen als meest bepalend voor het railverkeerssysteem en het minst erdoor te beïnvloeden. Achtergrond hiervan is, dat het railverkeerssysteem slechts marktleider is voor het collectieve personenvervoer op de middellange afstand¹⁶ en dat deze vervoersoort op haar beurt een bescheiden positie inneemt op de vervoermarkt. Het railverkeerssysteem is daarom slechts in beperkte mate in staat haar eigen concurrentiepositie te beïnvloeden.

De “mate van centrale sturing door de rijksoverheid” is zeer bepalend voor de aanbodzijde van het railverkeerssysteem. Als deze vergelijkbaar is met de sterke sturing uit het einde van de vorige eeuw, dan bestelt de overheid een bepaald systematisch samenhangend aanbod aan vervoerdiensten met de bijbehorende verkeersdiensten en -middelen, min of meer ongeacht de ontwikkelingen op de vervoermarkt. Is deze centrale sturing echter zeer klein, dan ontstaat het aanbod als afgeleide van de vraag in allerlei niches, waarbij het overigens denkbaar is dat overheden bepaalde vervoerdiensten voor bepaalde doelen inkopen, bijvoorbeeld stadsgewestelijk vervoer om de bereikbaarheid van binnensteden te garanderen. Combineren van beide variabelen levert vier scenario's op, zie Figuur 6-2.

¹⁵ Deze werkwijze is beschreven door Van den Heuvel (1998).

¹⁶ Zie Hoofdstuk 5.

Bij een analyse van de robuustheid van ontwikkelingsrichtingen bleek het verstandig te zijn het railverkeerssysteem toe te spitsen op het zogenoemde Wijnsценario, dat uitgaat van een goede concurrentiepositie van het railverkeerssysteem enerzijds, en anderzijds een overheid die niet sterk stuurt, met andere woorden veel ruimte geeft aan marktpartijen.



Figuur 6-2 Vier scenario's voor het aanbod van verkeersdiensten.

De belangrijkste overwegingen hierbij waren de volgende:

- Het is gemakkelijker om van een marktgericht systeem om te schakelen naar een systeem dat primair is gericht op het realiseren van overheidsbeleid dan omgekeerd. Het railverkeerssysteem inrichten op het Wijnsценario is daarom robuuster dan het inrichten op het Likeursценario.
- Omdat de ontwikkeltijd van maatregelen die het railverkeerssysteem aan de omgeving aanpassen relatief lang is, is het minder risicovol je te richten op een grote markt dan op een kleine markt. Bovendien bestaat bij een ontoereikend aanbod het gevaar de markt definitief te verliezen door de te geringe kwaliteit. Derhalve is het verstandiger het railverkeerssysteem te richten op het Wijnsценario¹⁷ dan op het Watersценario.

Het iteratieve karakter van de aanpak komt tot uitdrukking in het steeds opnieuw uitvoeren van de bovenstaande werkwijze met als doel de strategische koers bij te stellen aan de veranderende omstandigheden.

omgevingssценario's

Bij het analyseren van de omgevingssценario's, die de vraag naar vervoerdiensten bepalen is gebruik gemaakt van de CPB-sценario's voor de economische ontwikkeling¹⁸, Ruimtelijke Ordeningssценario's die in het kader van de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening zijn ontwik-

¹⁷ De uitwerking van Netvisie voor het Wijnsценario komt in 6.3 aan de orde.

¹⁸ CPB (1996).

keld¹⁹ en de zogenoemde Questa-scenario's die ter voorbereiding van het NVVP zijn samengesteld voor het Ministerie van Verkeer en Waterstaat²⁰. Deze studies leverden scenario's voor de ontwikkeling van de mobiliteit in Nederland. Uit deze scenario's is vervolgens een beeld van de potenties van het railverkeerssysteem in verschillende deelmarkten van de verkeersmarkt gedestilleerd. De mate waarin de potenties kunnen worden gerealiseerd hangt voor een belangrijk deel af van het aanbod in de vorm van verkeersdiensten²¹, waarbij een verkeersdienst het product van het railverkeerssysteem is dat gericht is op een bepaalde deelmarkt.

vaststellen product–marktcombinaties (marktsegmentatie)

Bij het ontwerp van de aanbodstructuur is een beroep gedaan op de theorie van de systematische systeemopbouw in het collectieve openbaar vervoer²². De marktsegmentatie van de verkeersmarkt wordt bepaald door enerzijds de hoofdindeling reizigersvervoer of goederenvervoer en anderzijds de verplaatsingsafstand (schaalniveau)²³. De verplaatsingsafstand komt tot uitdrukking in eisen die aan de verkeersdiensten worden gesteld in termen van gemiddelde snelheid en afstand tussen stations. Ook bij het goederenvervoer is een indeling van de verkeersmarkt te maken. Er wordt bij het goederenvervoer meer aangesloten bij de specifieke eisen van de niches in de vervoermarkten die worden gefaciliteerd, zoals met name de aslasten²⁴.

De mate van differentiatie waarin de verkeersdiensten kunnen worden geleverd, hangt af van de omvang van de totale verkeersmarkt op een bepaalde relatie. Het bieden van veel verschillende diensten brengt immers hoge productiekosten met zich mee. Bij een kleine markt voor reizigersvervoer volstaat een driedeling van de verkeersdiensten in internationaal, nationaal, en regionaal of zelfs uitsluitend regionaal. De marktsegmentatie, de definiëring van de product–marktcombinaties, is in hoofdlijnen onafhankelijk van het uit te werken scenario. Bij de invulling (welke product–marktcombinaties in welke omvang op welke verbindingen) zullen daarentegen grote verschillen tussen de verschillende scenario's kunnen optreden.

wensnetten

Op basis van de gegevens uit het omgevingsscenario, met name de vervoerstromen, wordt per deelmarkt een prognose gemaakt van de behoefte aan verkeersdiensten. Het bijbehorende aanbod wordt geformuleerd in de vorm van lijnen en netwerken. Hierbij is in principe geen rekening gehouden met de beperkingen die de inzet van verkeersmiddelen zal opleveren, aangezien op de strategische termijn de kwaliteit en capaciteit van de verkeersmiddelen nog niet vastligt. Om deze reden wordt het aanbod per deelmarkt een *wensnet* genoemd. Een wensnet

¹⁹ Zie VROM (1997).

²⁰ V&W (1998b).

²¹ Begrippen als (rail)verkeersdienst, (rail)verkeersmiddel en treinpad zijn in Hoofdstuk 5 gedefinieerd.

²² Bron: Van den Heuvel (1997).

²³ Zie verder Hoofdstuk 5.

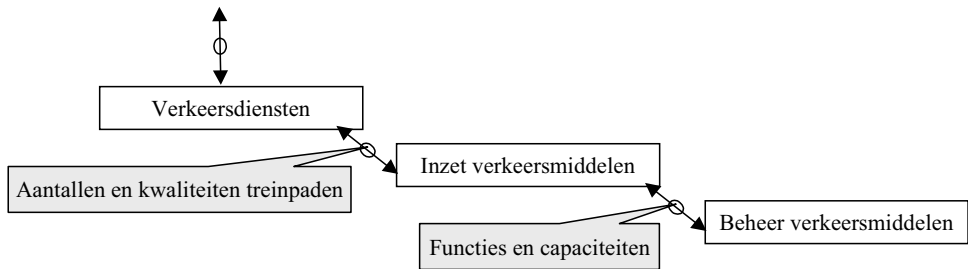
²⁴ Eigenlijk gaat het om “te vervoeren nuttige massa” per verkeersdienst. Bij een gegeven maximale treinlengte en leeggewicht van wagons wordt de eis aan de verkeersdienst in de praktijk vertaald in “aslast” (toegestaan gewicht per as), meestal in combinatie met “tonmetergewicht” (toegestaan gewicht per strekkende meter). Hieruit kan worden afgeleid dat het vergroten van de maximale treinlengte en het verlagen van het leeggewicht van wagons interessante kansen voor innovatie bieden.

wordt gekenmerkt door de aspecten omvang (frequentie), halteafstand (en daarmee de te volgen route), gemiddelde snelheid en aslasten. Deze productkwaliteiten vertegenwoordigen een samenhangend pakket eisen die aan de door de verkeersmiddelen te leveren treinpaden worden gesteld. Dit eisenpakket blijft in het verdere proces expliciet zichtbaar, zodat de consequenties van keuzes transparant zijn.

Bij het formuleren van de wensnetten kan worden geabstraheerd van de toekomstige operationele productiestructuur, zoals de eventuele introductie van Dynamisch Railverkeersmanagement of het al dan niet handhaven van een knooppuntenstructuur. Dit aspect is overigens wel relevant bij de volgende stappen: het vaststellen van de behoefte aan capaciteit van de verkeersmiddelen en het definiëren van de functies en capaciteiten van de verkeersmiddelen.

6.2.3 behoefte aan capaciteit verkeersmiddelen

De behoefte aan capaciteit (en kwaliteit²⁵) van de verkeersmiddelen wordt bepaald door de eisen die door de wensnetten van een bepaald scenario tezamen aan het geheel van treinpaden op het spoorwegnet worden gesteld, zie Figuur 6-3.



Figuur 6-3 De diensten die binnen het railverkeerssysteem worden geleverd.

Deze eisen worden gevonden door de wensnetten te superponeren. De wensnettenkaartjes worden als het ware “op elkaar gelegd”. Hierbij worden zowel de verschillende onderdelen van het netwerk²⁶ in beschouwing genomen, als het netwerk als geheel. Bij de analyse van de benodigde netwerkcapaciteit worden ten eerste de stromen (de verkeersdiensten) door het netwerk geoptimaliseerd, waarbij uiteraard rekening moet worden gehouden met de vrijheidsgraden die de wensnetten bieden ten aanzien van routing door het netwerk. Ten tweede vindt een optimaliseringslag plaats door het uitwisselen van capaciteitsbehoefte tussen verschillende onderdelen van het netwerk. Een belangrijk criterium daarbij is het verschil in kosten en ruimtelijke consequenties dat bij het uitbreiden van capaciteit tussen verschillende locaties kan bestaan²⁷.

verenigbaarheid van productkwaliteiten

De eisen vanuit de verschillende wensnetten zijn niet altijd met elkaar te verenigen. Een voorbeeld is de combinatie van treinpaden met een hoge gemiddelde snelheid voor internationaal reizigersvervoer en treinpaden met lage snelheden en hoge aslasten voor bulkvervoer. Dit le-

²⁵ De balans tussen capaciteit en kwaliteit bij het gebruik van infrastructuur komt aan de orde in Hoofdstuk 7.

²⁶ Zie Hoofdstuk 5 voor de onderverdeling van een railinfrastructuurnetwerk in componenten.

²⁷ Voorbeelden hiervan zijn in Hoofdstuk 5 genoemd.

vert problemen op voor de capaciteit en de techniek. Een groot snelheidsverschil resulteert in een lage benutting en vereist daarom een grote capaciteit²⁸. Het technische probleem wordt veroorzaakt door de hoge aslasten van het bulkvervoer, die het vrijwel onmogelijk maken om de voor hoge snelheid vereiste kleine toleranties in de bovenbouw te kunnen handhaven. Voorts begrenst het grote snelheidsverschil de toelaatbare verkanting²⁹ in bogen, zodat de boogstralen niet te klein mogen worden, wat de vrijheidsgraden voor de tracering van een spoorlijn beperkt. Dit laatste geldt ook voor de hellingspercentages die laag moeten zijn vanwege de hoge treingewichten bij het bulkvervoer.

Meer in het algemeen kunnen treinpaden elkaar uitsluiten op grond van de criteria capaciteit, techniek, milieu en veiligheid. Deze uitsluiting heeft statische en dynamische componenten, waarvan een aantal zijn aangeduid in Tabel 6-3. De statische component refereert aan de functies van de verkeersmiddelen. In het bovenstaande voorbeeld heeft dit betrekking op het bovenbouwontwerp (verkanting, toleranties in de ligging van het spoor) en de tracering van de spoorlijn (boogstralen, hellingspercentages). De statische component komt verder aan de orde bij de analyse van de functie en capaciteit van de verkeersmiddelen (6.2.4).

Tabel 6-3 Criteria voor het niet kunnen combineren van gedifferentieerde productkwaliteiten.

<i>Criterion</i>	<i>Statische component</i>	<i>Dynamische component</i>
capaciteit		totale omvang (som van frequenties); de snelheidsverschillen tussen de treinpaden; de verschillen in toelaatbare verstoringse- voeligheid;
techniek	ontwerpsnelheid; ontwerpbelasting; boogstralen; (en combinaties hiervan); profiel van vrije ruimte (waaronder perron- hoogtes);	
milieu	geen rangeerbewegingen van goederentrei- nen met gevaarlijke stoffen in een stedelijk gebied;	beperking totale geluidsemissie; geen goederentreinen toelaten in stations;
veiligheid		verschillen in botssterkte van het materieel; niet met hoge snelheid langs een perron;

De dynamische component heeft betrekking op het simultane gebruik van de verkeersmidde-
len voor verschillende verkeersdiensten en daarmee op de inzet van de verkeersmiddelen. Het
capaciteitsprobleem dat hierboven werd beschreven ten aanzien van de opvolging van trein-
paden voor hoge snelheidsreizigersvervoer enerzijds en treinpaden voor bulkvervoer ander-

²⁸ Zie ook Hoofdstuk 7.

²⁹ Als een boog “in verkanting ligt”, ligt de buitenste spoorstaaf hoger dan de binnenste, zodat de centripetale
kracht kan worden gecompenseerd. De hoeveelheid verkanting wordt gedimensioneerd op een bepaalde snel-
heid. Een lagere snelheid betekent *verkantingsoverschot* (de trein leunt naar binnen), een hogere snelheid
leidt tot een *verkantingstekort* (de trein ondervindt middelpuntvliedende kracht). Zowel verkantingsoverschot
als –tekort zijn aan maximale waarden gebonden, zodat bij een bepaalde boogstraal de snelheidsverschillen
in de boog beperkt moeten zijn.

zijds, zou niet bestaan als bijvoorbeeld de eerste categorie treinpaden uitsluitend overdag zou worden ingezet en de tweede uitsluitend 's nachts. Het vaststellen van dergelijke keuzes voor een bepaalde periode is onderdeel van tactisch railverkeersmanagement (Hoofdstuk 7).

Uit Tabel 6-3 blijkt dat de criteria voor een deel bepaald worden door fysieke omstandigheden en (de stand van) de techniek, maar ook door beleid van de overheid. Dit laatste geldt met name voor de criteria milieu en veiligheid. Dit geeft aan dat de onverenigbaarheid van eisen niet absoluut is. Integendeel, het kan aanleiding zijn voor technische innovaties en vernieuwing van het overheidsbeleid. In het strategisch railverkeersmanagement kan ervoor gekozen worden om al dan niet op deze vernieuwingen te anticiperen.

verkeersprofielen

Door de wederzijds uitsluitingen van treinpaden te analyseren kan nagegaan worden welke vormen van samengebruik van het spoorweginet door verkeersdiensten met uiteenlopende eisenpakketten mogelijk zijn. Combinaties van treinpaden die elkaar niet uitsluiten noemen we *verkeersprofielen*. Bij het formuleren van de verkeersprofielen wordt rekening gehouden met de belangrijkste kostenbepalende karakteristieken van de verkeersmiddelen. In de strategische fase van het railverkeersmanagement worden de verkeersprofielen gedefinieerd, in de tactische fase zijn ze de basis voor de inzet van de verkeersmiddelen. Verkeersprofielen kunnen dan worden gezien als alternatieve benuttingmodellen voor delen van het infrastructuurnetwerk (in combinatie met tractie en bediening)³⁰.

De verkeersprofielen zijn onafhankelijk van de scenario's voor de bediening van de verkeersmarkt, omdat de criteria voor uitsluiting gelden voor alle scenario's. Het beleid ten aanzien van milieu en veiligheid geldt in gelijke mate als randvoorwaarde voor alle scenario's. Uiteraard varieert per scenario wel welke verkeersprofielen op welke delen van het spoorweginet gefaciliteerd moeten worden om de wensnetten van het betreffende scenario te kunnen realiseren.

De verkeersprofielen zijn de basis voor de eisen die aan de verkeersmiddelen kunnen worden gesteld. Voorwaarde is dat de verkeersprofielen stabiel zijn, zodat de verkeersmiddelen gedurende voldoende lange tijd op de gespecificeerde wijze kunnen functioneren. Door de hoge mate van onafhankelijkheid van de scenario's voor de verkeersmarkt is aan deze voorwaarde voldaan.

vaststellen capaciteitstekorten

De in het doeljaar 2020 gewenste verkeersprofielen worden getoetst aan de capaciteiten en kwaliteiten van de dan beschikbare verkeersmiddelen, dat wil zeggen de huidige verkeersmiddelen aangevuld met de reeds vastgelegde investeringsprogramma's. De resultaten zullen afhangen van de te kiezen operationele productiestructuur. Met Dynamisch Railverkeersmanagement, bijvoorbeeld, is de capaciteitsbehoefte lager (maar vaak ook anders) dan bij de traditionele productiestructuren met gedetailleerde productiemodellen. Het is daarom belangrijk dat op strategisch niveau de effecten van een andere operationele productiestructuur op de capaciteitsbehoefte inzichtelijk kunnen worden gemaakt, omdat dit de keuze voor de toekomstige productiestructuur kan beïnvloeden. De verkeersmiddelen zijn immers bepalend voor de kosten van de productie van verkeersdiensten.

³⁰ Zie verder Hoofdstuk 7.

De in Nederland normaliter toegepaste toetsingsmethodieken zijn –ook voor de strategische termijn– gebaseerd op de uitwerking van een of meer productiemodel(len). Dergelijke methodieken zijn niet geschikt voor een procesgeïntendeerde werkwijze³¹. Voor de toetsing van de vraag en het beschikbare aanbod aan verkeersmiddelen is daarom gezocht naar een methode waarin verschillende varianten van een toekomstige operationele productiestructuur meegenomen kunnen worden. Een dergelijke toetsingsmethode is vooralsnog niet voorhanden³², zodat bij de uitwerking ten behoeve van het NVVP een pragmatische aanpak is gevolgd om de effecten van een nieuwe operationele productiestructuur op de capaciteitsbehoefte te kunnen inschatten (6.3.3).

6.2.4 functies en concepten van verkeersmiddelen

De kwaliteit en de capaciteit van de verkeersfuncties die de verkeersmiddelen moeten leveren worden bepaald door het gebruik van de verkeersmiddelen.

verkeerskenmerken

De eisen aan de verkeersfuncties die nodig zijn voor het realiseren van een verkeersprofiel noemen we *verkeerskenmerken*. Verkeerskenmerken hebben betrekking op de aspecten performance, randvoorwaarden en prijs. Het is de taak van de beheerder van de verkeersmiddelen om concepten samen te stellen die aan de performance-eisen van de verkeersprofielen voldoen binnen de randvoorwaarden en tegen een redelijke prijs.

Dynamisch Railverkeersmanagement stelt bijzondere eisen aan de verkeersmiddelen. Gedacht kan worden aan de communicatie tussen infrastructuur en materieel en de bedrijfszekerheid van de verkeersmiddelen.

verkeersmiddelenconcepten

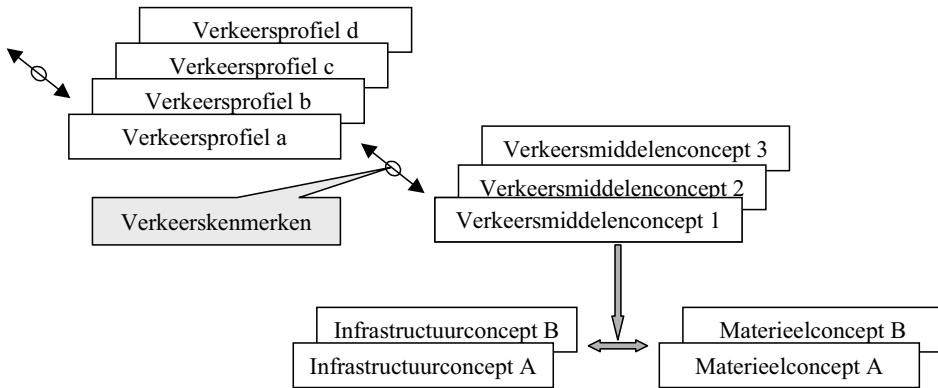
Effectieve verkeersmiddelen zijn toegesneden op het gewenste gebruik ervan. Aangezien het gebruik wordt gespecificeerd in de vorm van verkeersprofielen zou dit leiden tot evenveel samenhangende concepten van verkeersmiddelen als er verkeersprofielen zijn. Voor een efficiënt beheer van de verkeersmiddelen bestaat anderzijds de behoefte aan standaardisatie. Het beheer van een beperkt aantal universeel inzetbare systemen, die slechts uit een beperkt aantal componenten bestaan, is in principe goedkoper dan het moeten beheren van een groot aantal systemen die elk zijn toegesneden op een specifiek eisenpakket. Standaardisering van de railverkeersmiddelen voor het gehele spoorwegnet zou echter als nadeel hebben dat aan de som van alle, gedifferentieerde, eisen, zou moeten worden voldaan, wat technisch niet of slechts tegen zeer hoge kosten oplosbaar is. Ten tweede zou deze (hoge) standaard voor het gehele spoorwegnet gelden, ook voor delen, waarvoor de eisen veel minder hoog zijn.

Het oplossen van dit optimaliseringsvraagstuk is in feite een ontwerpprobleem, waarbij de keuze tussen oplossingen in materieel of infrastructuur een belangrijke variabele is en kostenminimalisatie een belangrijk toetsingscriterium is. Door middel van differentiatie in verkeersmiddelenconcepten kan de beheerder een verstandige middenweg vinden tussen maatwerk en standaardisatie (zie Figuur 6-4). Voor elk verkeersprofiel dient minimaal één verkeersmiddelenconcept aan de betreffende verkeerskenmerken te voldoen. Een dergelijk con-

³¹ Zie 6.1.1.

³² Methodieken op basis van de wachtrijtheorie kunnen hierin wellicht gaan voorzien, zie 6.5.

cept bestaat uit een combinatie van een op elkaar toegesneden infrastructuurconcept en materieelconcept (aangevuld met eisen ten aanzien van de bediening ervan) die tezamen de vereiste verkeersfuncties kunnen leveren. Dit onderstreept het belang van een op strategisch niveau geïntegreerd beheer van de railverkeersmiddelen infrastructuur en materieel.



Figuur 6-4 De relatie tussen verkeersprofielen en verkeersmiddelenconcepten. Een verkeersprofiel (een set treinpaden) stelt eisen (verkeerskenmerken) aan de verkeersmiddelen.

Het verkeersmiddelenconcept definieert de interface tussen het materieel en de infrastructuur. Dit betekent dat binnen een materieelconcept verschillende realiseringen mogelijk zijn, bijvoorbeeld door verschillende fabrikanten, die per definitie passen op de “bijbehorende” infrastructuur. Hetzelfde geldt, mutatis mutandis, voor de infrastructuur. De infrastructuur is door NS Railinfrabeheer (1997) langs de lijnen van de railverkeersfuncties (zie Hoofdstuk 5) onderverdeeld in deelsystemen. Infraconcepten kunnen vervolgens langs dezelfde lijnen worden onderverdeeld in deelconcepten. Binnen deze deelconcepten zijn verschillende realiseringen (“functievervullers”) mogelijk.

6.3 Toepassing Netvisie–methodologie: NVVP

In het Nationale Verkeer en Vervoerplan (NVVP) worden, onder meer, de contouren van het railverkeerssysteem rond het jaar 2020 geschetst. Omdat de overheid namens de maatschappij een belangrijke financier van het railverkeerssysteem is en blijft, stelt ze eisen aan het functioneren ervan³³:

- bereikbaarheid faciliteren, met name op tijden en plaatsen waar andere modaliteiten niet voldoen;
- bijdrage leveren aan de ontwikkeling van de ruimtelijk–economische structuur;
- functioneren binnen randvoorwaarden op het gebied van leefbaarheid;
- betere prijs/prestatieverhouding door het beter benutten van de verkeersmiddelen (met name railinfrastructuur);
- zoveel mogelijk gebruik maken van marktinstrumenten zoals beprijzen en concurrentie.

³³ Bron: V&W (2000b). Overigens is in het NVVP “overheid” niet synoniem met “rijksoverheid”.

In deze paragraaf wordt de Netvisie–methodologie toegepast op het meest robuuste scenario voor de strategische koers van het railverkeerssysteem, te weten het Wijnscenario. Dit scenario beweegt zich in een omgeving waarin de overheid terughoudend is ten aanzien van een centrale sturing van de spoorwegen en er een aanzienlijke markt is voor railverkeersdiensten, zie Figuur 6–2. De in deze paragraaf, volgens de indeling van Figuur 6-1 beschreven, uitwerking van het Wijnscenario is de basis geworden voor de beleidsvorming ten aanzien van het railverkeerssysteem in het NVVP.³⁴ In het proces van beleidsvorming wordt de uitwerking nader gedetailleerd en bijgesteld, met name door de resultaten te toetsen op gevoeligheden voor wijzigingen in de omgevingsscenario's. De hoofdlijn is echter robuust gebleken.

6.3.1 inleiding

Het Wijnscenario heeft als belangrijkste kenmerken:

- Het aanbod aan verkeersdiensten wordt bepaald door de vraag per deelmarkt van de voermarkt³⁵;
- De overheid voert geen centrale regie over een samenhangend aanbod aan verkeersdiensten;
- Er is een goede concurrentiepositie voor het railverkeerssysteem in een aantal deelmarkten.

selectief faciliteren

Doordat de marktbenadering centraal staat, wordt, meer dan in de 20^e eeuw het geval was de nadruk gelegd op de verhouding tussen prijs en prestatie. Meer concreet betekent dit dat niet het totale marktpotentieel bediend zal worden, zeker niet als dit tot hoge investeringen zou leiden. Het gevolg is dat telkens iteratieslagen nodig zijn van de verkeersmarkt naar de verkeersmiddelen en terug. Bij dit zogenoemde “selectief faciliteren” speelt een rol dat de (regionale) overheid vanuit haar mobiliteitsbeleid of vanuit de ruimtelijke ordening bepaalde deelmarkten wil stimuleren. Bij de uitwerking van het Wijnscenario is hierop geanticipeerd door deze deelmarkten te faciliteren en inzichtelijk te maken wat dit betekent voor de investeringen in de verkeersmiddelen³⁶.

Selectief faciliteren betekent ook:

- het zo goed mogelijk benutten van de beschikbare infrastructuur, bijvoorbeeld door samengebruik van hoge snelheidslijnen door internationale en nationale verkeersdiensten en het combineren van stadsgewestelijke en interregionale op dezelfde infrastructuur;
- het eventueel aanpassen van kwaliteitseisen van een deelmarkt om te passen in een productiestructuur waarbij een hoge benuttinggraad van de verkeersmiddelen kan worden bereikt. Door het extra halteren van een intercitytrein kan het snelheidsverschil met andere verkeersdiensten worden teruggebracht. In sommige gevallen kunnen op deze manier zelfs twee verkeersdiensten tot één worden gecombineerd.

³⁴ Deze paragraaf is gebaseerd op Railned en DHV (1999a) en (1999b), alsmede Railned (2000c).

³⁵ Exacter geformuleerd: *vervoerdiensten ten behoeve van een marktsegment van de vervoermarkt*. Waar in het onderstaande gesproken wordt over *deelmarkt* wordt bedoeld op de bovenstaande omschrijving.

³⁶ Deze pragmatische aanpak kan worden beschouwd als een verstoring van de marktwerking. Zoals in Hoofdstuk 5 is betoogd zou de overheid andere manieren van sturing moeten kiezen om de voordelen van marktwerking in het Lagenmodel zoveel mogelijk te benutten.

- het niet honoreren van kwaliteitseisen van een deelmarkt die tot onevenredige investeringen zouden leiden. Zo wordt niet geïnvesteerd in snelheidsverhoging naar 200 km/h op het bestaande spoorweginet, tenzij om capaciteitsreden spooruitbreiding onvermijdelijk is.

Bij de ontwikkeling van de strategie voor het railverkeerssysteem zijn de traditionele grenzen tussen het nationale (NS-)spoorweginet en de stadsgewestelijke railnetten niet gerespecteerd. Ten eerste overlapt de markt die stadsgewestelijke netten (met name sneltram- en metrolijnen) bedienen, voor een deel de markt van het nationale spoorweginet. Ten tweede kunnen door deze lijnen in de beschouwing te betrekken de mogelijkheden van samengebruik en bijbehorende efficiënciewinst worden geanalyseerd.

6.3.2 prognoses verkeersmarkt en structuur verkeersproductie

analyse omgevingsscenario's

Voor de beschrijven van de vervoersstromen is uitgegaan van scenario's voor de mobiliteit die Verkeer en Waterstaat hanteerde bij het ontwikkelen van het NVVP, te weten het CPB-scenario European Co-ordination en het Questa-scenario Waarde(n)vol Nederland.

Voor wat betreft de implicaties van het ruimtelijk beleid is de Vierde Nota Extra³⁷ het uitgangspunt. Een speerpunt hiervan is de ontwikkeling van de sleutelprojecten in de kernen van de grootste steden van Nederland. Verder is zoveel mogelijk geanticipeerd op de Vijfde Nota Ruimtelijke Ordening, met name het zogenoemde Stedenland Plus-scenario³⁸. Dit scenario wordt gekenmerkt door een sterk accent op de ontwikkeling van netwerksteden en een beheerste ontwikkeling langs de corridors tussen de Randstad en de provincie. Stedenland Plus levert een belangrijke groei in de behoefte aan verkeersdiensten, met een accent op de internationale stadsgewestelijke deelmarkten. Voorwaarde is dat het railverkeerssysteem een belangrijke kwaliteitssprong weet te realiseren.

Globale prognoses leiden in het Wijns scenario tot een groei van de vervoersstromen van 14,5 miljard reizigerskilometers in 1997 tot minimaal 22,5 miljard reizigerskilometers en maximaal 27 miljard reizigerskilometers in 2020. Met name het daadwerkelijk realiseren van de ruimtelijke doelstellingen is bepalend voor deze aanzienlijke bandbreedte. Ook voor de beide uiterste scenario's³⁹ zijn prognoses gemaakt Voor het Likeurscenario is een groei naar 33 miljard reizigerskilometers berekend, in het Waterscenario moet echter met een teruggang naar 20 miljard reizigerskilometers rekening worden gehouden.

De prognoses voor het goederenvervoer hebben een nog grotere onzekerheid dan die voor het reizigersvervoer. De concurrentiepositie van het goederenvervoer per rail is immers in alle relevante marktsegmenten kritiek, wat betekent dat de toekomstige vervoeromvang sterk afhangt van de concurrerende verkeerssystemen. Voor de uitwerking van het Wijns scenario is aangesloten bij de beleidsdoelstellingen zoals verwoord in de nota Transport in Balans⁴⁰: een groei van 22,9 miljoen ton in 1997 naar 80 miljoen ton in 2020. Opgemerkt moet worden dat

³⁷ VROM (1992).

³⁸ Zie VROM (1997).

³⁹ Zie Figuur 6-2 en Railned en AVV (1999).

⁴⁰ V&W (1996b).

dit laatste een taakstellende prognose is, terwijl de prognoses voor de ontwikkeling van het reizigersvervoer per spoor gebaseerd zijn op marktverkenningen.

De groeipercentages per deelmarkt vertonen onderling grote verschillen. Kansrijke marktsegmenten zijn:

- internationaal reizigersvervoer (aansluiting van de Randstad (met name Schiphol) op het Europese hoge snelheidsnet);
- internationaal goederenvervoer (met name achterlandverbindingen voor mainport Rotterdam);
- stadsgewestelijk vervoer (met name voor de bereikbaarheid van de stadscentra en mainport Schiphol).

De prognoses voor de vervoermarkt zijn vertaald in prognoses voor de verkeersdiensten per deelmarkt. Een aantal deelmarkten moest daarbij worden samengenomen vanwege een gebrek aan gedetailleerdere gegevens. Voor het ontwerpen van het aanbod betekent dit dat pragmatische keuzes onvermijdelijk zijn. Tabel 6-4 geeft een overzicht van de gehanteerde prognoses. Voor enkele deelmarkten kon worden gewerkt met een bandbreedte (“hoge schatting” versus “lage schatting”).

Tabel 6-4 Prognoses per deelmarkt van de vervoermarkt in het Wijnsценario. Bron: Railned en AVV (1999).

<i>Deelmarkten (vervoermarkt)</i>	<i>Vervoeromvang in 1997</i>	<i>Vervoeromvang in Wijnsценario 2020 lage schatting</i>	<i>Vervoeromvang in Wijnsценario 2020 hoge schatting</i>
internationaal reizigersvervoer	0,5 miljard rkm	2,5 miljard rkm	3,5 miljard rkm
nationaal reizigersvervoer	8,5 miljard rkm	12 miljard rkm	13,5 miljard rkm
interregionaal reizigersvervoer Randstad			
interregionaal reizigersvervoer in de regio			
stadsgewestelijk reizigersvervoer	3 miljard rkm	6 miljard rkm	8 miljard rkm
regionaal reizigersvervoer	2,5 miljard rkm	2 miljard rkm	2 miljard rkm
internationaal snel goederenvervoer	22,9 miljoen ton	80 miljoen ton	80 miljoen ton
(inter)nationaal zwaar goederenvervoer			

product–marktcombinaties en wensnetten

Voor elke deelmarkt is een adequate product–marktcombinatie vastgesteld, waarvoor wensnetten zijn ontworpen (Tabel 6-5). Er is voor gekozen om de kwaliteit van het aanbod van het railverkeerssysteem (de wensnetten) te baseren op de lage schatting uit Tabel 6-4 en in een iteratieslag te toetsen of daarmee voldoende capaciteit wordt geboden om de vervoeromvang uit de hoge schatting te kunnen faciliteren.

De verschillende deelmarkten van de vervoermarkt stellen gedifferentieerde eisen aan de verkeersdiensten (wensnetten). In het railverkeerssysteem worden deze eisen vertaald naar productkenmerken. Deze productkenmerken kunnen worden gezien als “pakketten van eisen” voor (de inzet van) de verkeersmiddelen. Tabel 6-6 geeft hiervan een overzicht, waarbij de verschillende productkenmerken worden aangeduid met een letter (kolom 1).

Tabel 6-5 Productmarktcombinaties in het Wijnscenario

<i>Deelmarkten (vervoermarkt)</i>	<i>Aanbod verkeersdiensten ((product–marktcombinaties in de vorm van wensnetten)</i>
internationaal reizigersvervoer	HST–net
nationaal reizigersvervoer	ICplusnet
interregionaal reizigersvervoer Randstad	Sneltrainennet
stadsgewestelijk reizigersvervoer	Stadsgewestelijke netten
interregionaal reizigersvervoer in de regio	Regionale sneltrainennetten
regionaal reizigersvervoer	Regionale netten
internationaal snel goederenvervoer	Lange afstand snel goederennet
(inter)nationaal zwaar goederenvervoer	Basis goederennet

De indeling van de eisenpakketten is gebaseerd op de indeling van de deelmarkten, maar nadrukkelijk niet synoniem daarmee. De eerste reden is dat de gewenste karakteristieken van verkeersdiensten niet constant behoeven te zijn over het gehele verplaatsingstraject. De gewenste halteafstanden van stadsgewestelijk vervoer, bijvoorbeeld, zullen in de binnenstedelijke gebieden verschillen van de gebieden daar buiten.

De tweede reden is het gevolg van het anticiperen op de karakteristieken van de beschikbare verkeersmiddelen. Zo kan voor een verkeersdienst voor het hoge snelheidsreizigersvervoer soms een treinpad van 140 km/h, conform eisenpakket R, volstaan, als gebruik wordt gemaakt van bestaande infrastructuur. Dit geldt, bijvoorbeeld voor het HST-net nabij Rotterdam.

Het railverkeerssysteem van 2020 zal voor een belangrijk deel worden bepaald door de huidige omvang van het spoorwegnet, aangevuld met de plannen tot uitbreiding die zich in de “pijplijn” bevinden. Dit betekent dat er bij de gewenste kwaliteit van de bij de wensnetten behorende treinpaden rekening gehouden wordt met de huidige situatie. Het gaat vooral om eisen die samenhangen met snelheid. De reden hiervoor is dat aanpassingen van de verkeersmiddelen uitsluitend ten behoeve van het verhogen van de maximale snelheid in het verleden niet kosteneffectief zijn gebleken. Om dezelfde reden is terughoudend omgegaan met het introduceren van nieuwe verbindingen in het spoorwegnetwerk.

De vereiste kwaliteitsverbetering is bij het formuleren van de wensnetten voor het reizigersvervoer gezocht in:

- frequentieverhoging voor het korte afstandvervoer (stadsgewestelijke netten);
- reistijdverkorting voor het lange afstandvervoer (HST– en ICplusnet).

Bij het goederenvervoer komt de gewenste kwaliteitssprong voor de achterlandverbindingen van mainport Rotterdam met name tot uitdrukking in het structureel bieden van voldoende capaciteit voor doorgaande verkeersdiensten.

Tabel 6-6 Productkenmerken (samenhangende “eisenpakketten” aan de inzet van verkeersmiddelen) van verkeersdiensten.

Eisen-pakket	Karakterise-ring	Frequentie-interval	Max. hal-teafstand	Gemiddel-de snelheid	Max. snelheid	Max. aslast
A	hoge snelheid reizigerstreinen	20 - 60 min	50 – 100 km	200 km/h	>= 300 km/h	
B	ICplus	15 – 60 min.	50 km	140 km/h	200 – 220 km/h	
R	interregionale reizigerstreinen	15 - 60 min.	10 - 40 km	80 – 100 km/h	140 km/h	
S	agglomera-tietreinen	6 - 10 min.	1 – 5 km	30 – 50 km/h	100 km/h	
T	conurbane treinen	10 - 30 min.	2 – 10 km	40 – 70 km/h	120 – 140 km/h	
U	regionale treinen	30 – 60 min.	5 – 10 km	60 – 70 km/h	100 km/h	
Q ₁	hoge snelheid goederentreinen	> 60 min.		aangepast aan A	aangepast aan A	aangepast aan A
Q ₂	snelle goede-rentreinen	> 60 min.		aangepast aan B	aangepast aan B	aangepast aan B
O ₁	zeer zware goederentreinen	15 – 30 min.		80 km/h	90 – 100 km/h	25 ton
O ₂	zware goede-rentreinen	15 – 30 min.		90 km/h	100 – 120 km/h	22½ ton
O ₃	specifieke goederentreinen	> 60 min.		aangepast aan lokale omstandigheden	aangepast aan lokale omstandigheden	aangepast aan lokale omstandigheden

6.3.3 behoefte aan capaciteit verkeersmiddelen

Om de behoefte aan capaciteit vast te stellen, worden de wensnetten (letterlijk) gesuperponeerd. Dit gebeurde met behulp van een Geografisch Informatie Systeem (GIS-systeem). Per traject (en de aansluitende knooppunten) kon vervolgens de totale behoefte aan treinpaden, qua karakteristieken onderverdeeld naar de eisenpakketten, vastgesteld.

verenigbaarheid van productkwaliteiten: uitsluitingsmatrix

De volgende stap is het vaststellen of de eisenpakketten van de verschillende typen verkeersdiensten elkaar uitsluiten op basis van de criteria capaciteit, techniek, milieu en veiligheid. Daartoe is een (symmetrische) matrix samengesteld van elkaar wederzijds uitsluitende eisenpakketten (Tabel 6-7).

Opgemerkt moet worden dat bij de uitwerking de wederzijdse uitsluitingen genuanceerder zijn toegepast dan Tabel 6-7 suggereert. Dit speelt met name ten aanzien van het criterium ca-

paciteit, waarop de frequenties van de verkeersdiensten een sterke invloed hebben. Bij lage frequenties (bijvoorbeeld in de uitlopers van stadsgewestelijke netten) leidt een groot snelheidsverschil niet noodzakelijkerwijs tot capaciteitsproblemen.

Tabel 6-7 *Overzicht van eisen aan treinpaden die verenigbaar zijn (+ in de tabel) of elkaar wederzijds uitsluiten (– in de tabel).*

<i>Eisenpakket</i>	A	B	R	S	T	U	Q ₁	Q ₂	O ₁	O ₂	O ₃
A	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
B	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
R	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
S	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
T	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+
U	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+
Q ₁	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Q ₂	+	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-
O ₁	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+	+
O ₂	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+
O ₃	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	+

In het Wijns scenario is er overigens voor gekozen om niet te anticiperen op een versoepeling van het overheidsbeleid op het gebied van milieu en veiligheid, ondanks dat dit een aantal uitsluitingen tot gevolg heeft. De tendens in het gevoerde beleid is eerder gericht op het aanscherpen van leefbaarheidsdoelstellingen⁴¹.

verkeersprofielen

Bij de analyse van de gesuperponeerde wensnetten, onder toepassing van de uitsluitingsmatrix, blijkt dat met in totaal dertien verschillende verkeersprofielen alle gevraagde combinaties van treinpaden, of anders gezegd, alle gevraagde vormen van (samen)gebruik van het spoorwegnet, zijn te beschrijven. Ze zijn onder te verdelen in vier groepen, zie Tabel 6-8, waarbij de lettercombinaties duiden op combinaties van productkwaliteiten uit Tabel 6-6.

Bij het definiëren van de verkeersprofielen spelen de karakteristieken van de verkeersmiddelen een belangrijke rol. Het is, bijvoorbeeld, zinvol om dedicated ruraal gebruik (U) als verkeersprofiel te onderscheiden, hoewel samengebruik met aangepaste goederentreinen niet wordt uitgesloten (UO₃). Door de aanvullende maatregelen die de veiligheid van dit samengebruik vereist, nemen de kosten van de verkeersmiddelen aanzienlijk toe. Op trajecten waar er geen behoefte is aan goederenvervoer is het dan ook niet kosteneffectief om verkeersprofiel UO₃ te specificeren.

⁴¹ Dit komt tot uitdrukking in het NVVP (V&W (2000b)).

Tabel 6-8 Dertien verkeersprofielen voor het gebruik van de infrastructuur.

<i>Groep</i>	<i>Verkeersprofiel⁴²:</i>	<i>Combinatie productkwaliteiten</i>
Samengebruik hoge snelheid	1. mix 300 2. mix 200	ABQ ₁ BRQ ₂
Samengebruik nationaal	3. mix nationaal G25 4. mix nationaal G22½ 5. mix nationaal aangepast G 6. mix nationaal zonder G	RTUO ₁ RTUO ₂ RTUO ₃ RTU
Dedicated gebruik	7. dedicated G25, 8. dedicated G22½, 9. dedicated stadsgewestelijk agglomeratie 10. dedicated stadsgewestelijk conurbatie 11. dedicated ruraal	O ₁ O ₂ S T U
Voorwaardelijk medegebruik	12. mix stadsgewestelijk 13. mix ruraal met aangepast G	RTS, voorwaarde: lage frequenties UO ₃ , voorwaarde aangepaste snelheid en aslasten

vaststellen capaciteitsbehoefte

De capaciteitsbehoefte, geformuleerd in de vorm van verkeersprofielen, is voor het Wijnscenario in kaart gebracht⁴³. Daarbij is aangegeven op welke delen van het spoorweganet behoefte is aan de verschillende verkeersprofielen. Waar twee of meer verkeersprofielen getekend zijn, is in principe behoefte aan twee sporen per richting. Een uitzondering kan ontstaan als deze verkeersprofielen niet tegelijkertijd behoeven te worden gefaciliteerd. Deze situatie kan optreden als een bepaald infrastructuurconcept (zie 6.3.4) beide verkeersprofielen afzonderlijk kan faciliteren en als bovendien de behoefte aan deze verkeersprofielen gescheiden kan worden in tijd, bijvoorbeeld in een dag/nacht-ritme. Dit blijkt in deze uitwerking overigens niet aan de orde te zijn.

vaststellen capaciteitstekorten

De capaciteitsbehoefte met achterliggende eisenpakketten is geconfronteerd met de volgens de investeringsplannen beschikbare verkeersmiddelen. Voor wat betreft de infrastructuur is uitgegaan van de kwaliteit en omvang van het spoorweganet in 1997, aangevuld met de volgens het MIT⁴⁴ goedgekeurde plannen. Dit leverde als referentie een fictief “spoorweganet 2010” op.

Om pragmatische redenen is er voor de eerste iteratieslag vanuit gegaan dat aanpassingen van het materieelpark voor wat betreft capaciteit en kwaliteit volgend kunnen zijn op de ontwikkeling van de infrastructuur. Dit geldt ook voor het verkeerspersoneel, dat de materieel- en infrastructuursystemen bedient. Opgemerkt moet worden dat de introductie van Dynamisch

⁴² De aanduidingen 200 en 300 staan voor de maximale snelheid, G staat voor goederenvervoer. De aanduidingen G25 en G22½ staan voor goederenvervoer met 25, respectievelijk 22½ ton aslasten.

⁴³ Zie Railned en DHV (1999a)).

⁴⁴ Meerjarenprogramma Infrastructuur en Transport (V&W(1999a)).

Railverkeersmanagement strategische consequenties heeft voor de materieelconcepten, zoals in 6.3.4 zal blijken.

Door het ontbreken van adequate toetsingsmethodieken heeft het uiteindelijk vaststellen van de capaciteitstekorten (de behoefte in 2020 afgezet tegen het fictieve spoorwegnet van 2010) bij de toepassing van de Netvisie-methodologie op het Wijnscenario plaatsgevonden op een pragmatische manier, op basis van een expertanalyse. Het resultaat, een knelpuntenkaart, vormde een belangrijk ijkpunt in het proces van beleidsvorming. De volgende stappen bestonden uit het opnieuw toepassen van de Netvisie-methodologie op gewijzigde uitgangspunten om de gevoeligheid van de resultaten te kunnen vaststellen. De knelpuntenkaart die in het NVVP is opgenomen, is de resultante van dit proces.

6.3.4 functies en concepten van verkeersmiddelen

Bij elk verkeersprofiel behoort een set verkeerskenmerken waarmee de benodigde verkeersmiddelenconcepten worden gespecificeerd. Een *verkeersmiddelenconcept* definiëren we als een samenhangende combinatie van verkeersinfrastructuur, –materieel en –personeel die gezamenlijk in de gedifferentieerde verkeerskenmerken kunnen voorzien. Verkeersmiddelenconcepten vormen daarmee strategische keuzes voor oplossingen in materieel of infrastructuur, respectievelijk personeel voor het leveren van verkeersfuncties.

Deze verkeerskenmerken die behoren bij een verkeersprofiel kunnen worden ingedeeld in de volgende:

1. performancekenmerken (eisen gesteld door de afnemer);
2. randvoorwaarden (eisen gesteld door de omgeving);
3. kosten (die door de afnemer moet worden opgebracht).

De verkeerskenmerken kunnen nader worden ingedeeld⁴⁵, waarbij de eisen van de eindgebruikers (reizigers en verladers) herkenbaar zijn, zie Tabel 6-9.

NS Railinfrabeheer, als aanbieder van de infrastructuur van het grootste deel van het spoorwegnet, erkende de noodzaak om het aanbod van verkeersmiddelen te differentiëren in verkeersmiddelenconcepten. De verkeersmiddelenconcepten zijn vooralsnog geformuleerd in de vorm van infraconcepten met bijbehorende eisen aan materieelconcepten⁴⁶. Deze pragmatische aanpak moest worden gekozen, omdat de uitwerking van materieelconcepten vooralsnog achterloopt op die van de infraconcepten. Hoewel zo goed mogelijk is geanticipeerd op ontwikkelingen in de materieeltechniek, bestaat er een gevaar voor een onbalans bij het definiëren van verkeersmiddelenconcepten.

⁴⁵ Bron: Railned en DHV (1999b).

⁴⁶ Zie NS Railinfrabeheer (1997).

Tabel 6-9 Indeling verkeerskenmerken.

1. Performancekenmerken	Volume en mix	aantal treinpaden per uur per richting; typen treinpaden in de set; verdeling van de treinpaden over het uur.
	Verplaatsingsduur	gemiddelde reissnelheid (incl. halteringstijd), halteringsregime (welke stations).
	Fysieke kenmerken	nuttige massa (massa van de verplaatste lading), nuttige afmetingen (van de verplaatste lading of het reizigerscompartiment).
	Comfort / Schadevrijheid	rijcomfort (versnelling (in rij- en dwarsrichting), ruk, trillingen); kwaliteit binnenmilieu; reizigersdiensten, anders dan het “verplaatsen” (incl. infovoorziening).
	Beschikbaarheid naar tijd	het deel van een etmaal/week/jaar waarin een set van treinpaden moet worden geleverd.
	Beschikbaarheid naar plaats	mate waarin de paden in een knooppunt op elkaar aansluiten (cross platform, goederenpaden niet langs perron enz.).
	Betrouwbaarheid	(max..) aantal, duur en uitgestrektheid van de storingen (d.w.z. de mate waarin de treinpaden volgens specificatie worden geleverd); (max..) aantal, duur en uitgestrektheid van de (geplande) niet-beschikbaarheid volgens gespecificeerde degradatieniveaus.
2. Randvoorwaarden	Veiligheid	spoorweg- en arbeidsveiligheid kruisingsveiligheid (overwegen) terminalveiligheid veiligheid voor de reiziger in de trein / voor de lading
	Milieu en omgeving	effect op de omgeving van de aanwezigheid van infra en materieel; effect op de omgeving van het gebruik de infra en materieel; effect op de omgeving van ondersteunende processen van de infrastructuur en het materieel (opstellen, schoonmaken, instandhouding enz.).
3. Kosten	Jaarlasten	n.t.b.

Een eerste verkenning resulteerde in acht verschillende infraconcepten⁴⁷, zie (Tabel 6-10), die het totale scala aan verkeersprofielen kan faciliteren. Uit de analyse⁴⁸ volgde dat de verkeersfunctie dragen en geleiden bepalend is voor zowel de te faciliteren verkeersprofielen als voor de kosten en daarmee bepalend is voor het definiëren van de infraconcepten. De andere verkeersfuncties zijn volgend. Voor de inrichting van de verkeersfunctie dragen en geleiden zijn de volgende verkeerskenmerken van primair belang:

- aantal treinpaden per uur per richting, typen treinpaden en verdeling van de treinpaden over het uur bepalen treindichtheid
- gemiddelde reissnelheid en halteringsregime bepalen baanvak-snelheid;
- nuttige massa en afmetingen bepalen aslasten, gewicht per strekkende meter, trein- en perronlengte en profiel van vrije ruimte (waaronder perronhoogte));
- kosten.

Tabel 6-10 Infraconcepten met de belangrijkste kenmerken (Bron: Railned en DHV (1999)).

<i>Infracon- cepten A</i>	<i>I snel- rail</i>	<i>II zware rail</i>	<i>III mo- dern multi- rail</i>	<i>IV lichte rail stadsg- westelijk</i>	<i>V down- graded klassiek</i>	<i>VI down- graded klassiek met G</i>	<i>VII upgra- ded klassiek</i>	<i>VIII klassiek</i>
↓ Kenmer- ken								
tractie- energievoor- ziening	25 kV	25kV	25kV	750V / 1500V	diesel	diesel	1500V / diesel	1500V / diesel
baanvak- snelheid	300 km/h	120 km/h	200 km/h	120 km/h	80-100 km/h	80-100 km/h	140 km/h	140 km/h
beveiliging	ETCS 2/3		ETCS 2/3		Funk- fahrbe- trieb	“ATB NG” .	ETCS 2/3	NS54
treindicht- heid			veel treinen	veel tre- nen	weinig treinen	weinig treinen	veel treinen	weinig treinen
max. aslast	max 17 ton	25ton	22½to n	geen G	geen G	20ton	22½- 25ton	20- 22½ton
profiel van vrije ruimte		double stack		perron- hoogte				
indicatie jaarkosten per km	zeer hoog	zeer hoog	hoog	laag	extreem laag	zeer laag	boven gemid- deld	gemid- deld

Tabel 6-11 laat zien dat elk verkeersprofiel door minimaal één infrastructuurconcept wordt gefaciliteerd. Als een kolom meerdere + -tekens bevat, betekent dit dat het betreffende infrastructuurconcept meerdere verkeersprofielen kan faciliteren. Het is derhalve flexibeler dan een infrastructuurconcept dat op één verkeersprofiel is toegesneden.

⁴⁷ Bron: Railned en DHV (1999a)

⁴⁸ Bron: NS Railinfrabeheer (1999).

Tabel 6-11 Overzicht van de relatie tussen verkeersprofielen en infraconcepten: een + geeft aan dat het betreffende verkeersprofiel door het infrastructuurconcept wordt gefaciliteerd (Bron: Railned en DHV (1999))

Infraconcepten A	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
↓ Verkeersprofielen								
mix R300	+							
mix R200			+					
mix interregionaal zonder G			+				+	+
mix nationaal met G25			+				+	
mix nationaal met G 22½			+				+	
mix interregionaal met aangepast G			+				+	+
dedicated G25		+						
dedicated G 22½		+						+
dedicated stadsgewestelijk agglomeratie				+				
dedicated stadsgewestelijk conurbatie			+				+	
dedicated ruraal					+			
mix stadsgewestelijk zonder G			+				+	
mix ruraal met aangepast G						+		

6.4 Duits railverkeerssysteem – Netz 21

In deze paragraaf vergelijken we *Netz 21*⁴⁹, de strategie ten aanzien van het Duitse railverkeerssysteem, met Netvisie voor het Nederlandse railverkeerssysteem.

6.4.1 inleiding

De hereniging van Duitsland in 1991 betekende ook een hereniging van de railverkeerssystemen van Oost- en West-Duitsland. Omdat bovendien werd verwacht dat de vraag naar verkeersdiensten tussen de nieuwe en oude *Bundesländer* sterk zouden groeien was een nieuwe strategie voor het railverkeerssysteem noodzakelijk.

Netz 21, de strategie van *Deutsche Bahn* voor de 21^e eeuw, stelt het Duitse railverkeerssysteem ten doel te groeien van 850 miljoen treinkilometers in 1995 naar 2 miljard in het jaar 2020. Daarvoor is nodig dat er meer treinpaden ter beschikking worden gesteld, dat de kwaliteit van de treinpaden beter op de vraag is afgestemd en dat de kosten per rijweg drastisch verminderen (“halvering rijwegkosten per reizigerskilometer en tonkilometer”).

6.4.2 concept: functionele differentiatie

Om de bovenstaande doelstellingen te realiseren, werd een concept ontwikkeld, waarin functionele differentiatie de rode lijn is. Vanuit het gedachte toekomstige gebruik is het spoor-

⁴⁹ Deze paragraaf is gebaseerd op de volgende bronnen: Streit en Partzsch (1996), Fricke en Janiak (1996) en Fricke (1997) en (2000).

wegnet in verschillende netcategorieën onderverdeeld (*Netzkategorisierung*) en ook de verkeersmiddelen zijn in categorieën ingedeeld, wat de basis vormde voor een investeringsprogramma.

netcategorisering

Het categoriseren van het spoorwegnet is in wezen een ontwerpprobleem, waarbij de meest kosteneffectieve oplossing wordt gezocht: gemengd verkeer op universeel bruikbare infrastructuur of dedicated infrastructuur voor verschillende treinsoorten. Daarbij zijn twee factoren bepalend: het gedachte toekomstige gebruik en het in de uitgangssituatie reeds beschikbare spoorwegnet.

Universele bruikbaarheid van het *gehele* spoorwegnet is niet noodzakelijk en bovendien te duur. Dat is terug te voeren op de volgende noties:

- De middelen moeten aan de som van alle eisen van de verkeersdiensten voldoen.
- Gemengd verkeer met sterk uiteenlopende snelheden vergt vlakke tracés en inhaalstations met veel wissels, die bediend moeten worden en relatief veel onderhoud vragen (70% van de kosten van de infrastructuur betreft kosten voor bediening en instandhouding⁵⁰).
- Gemengd verkeer compliceert de plannen voor de inzet van de verkeersmiddelen, wat intensief benutten van de infrastructuur bemoeilijkt.

De functionele differentiatie, die sinds 1998 gefaseerd op het Duitse spoorwegnet wordt ingevoerd, richt zich ten eerste op “ontmenging” van verkeersdiensten op verbindingen waar alternatieve routes beschikbaar zijn en bovendien de vraag naar verkeersdiensten voldoende hoog is. Aan beide voorwaarden wordt in Duitsland tussen de grote stadsgewesten vaak voldaan. Zo worden Keulen en Mainz met elkaar verbonden door twee parallelle spoorlijnen, de *Linksrheinische* en *Rechtsrheinische*.

Het resultaat is dat ongeveer een kwart van het Duitse spoorwegnet op termijn zal behoren tot het zogenoemde *Vorrangnetz*. Daarvan is ca. 3500 km “snel”⁵¹, ca. 4500 km “langzaam”, en ca. 2000 km “*S-bahn*”. Bijna de helft van het net (ca. 18.500 km) wordt gerekend tot het *Regionalnetz*. Hier is de vraag naar verkeersdiensten beperkt, en is het streven vooral gericht op verlaging van de vaste kosten. Een belangrijk aspect is het verder ontwikkelen van het zogenoemde *Funkfahrbetrieb*⁵², waarbij de systemen voor beveiliging en sturing zoveel mogelijk in het materieel worden geconcentreerd, zodat bijvoorbeeld kan worden bespaard op kabels langs het spoor. Zeer zwak belaste lijnen (ca. 2000 km) worden afgestoten, tenzij in samenwerking met andere partijen een rendabele exploitatie mogelijk blijkt te zijn. Op het resterende kwart van het net (ca. 10.000 km), het zogenoemde *Leistungsnetz*, is het verkeer gemengd en wordt gestreefd naar een intensieve benutting door het harmoniseren van de snelheden van de verkeersdiensten en door het toepassen van nieuwe technologie.

⁵⁰ Bron: Streit en Partzsch (1996).

⁵¹ Deze kwalificaties (“snel” en “langzaam”) op grond van de maatgevende verkeerskenmerken van de netwerken zijn van Fricke (2000). In eerdere publicaties, zoals die van Streit en Partzsch (1996), werden “snel” en “langzaam” nog vereenzelvigd met “lange afstandsreizigersvervoer” en “goederenvervoer”.

⁵² Beveiliging en besturing van het railverkeer vindt plaats met behulp van radiocommunicatie.

categorisering van de verkeersmiddelen

De bovenstaande netcategorisering is uitgewerkt in een categorisering van de baanvakken (*Streckenkategorien*) op basis van een differentiatie van de verkeerskenmerken, de eisen die aan de verkeersmiddelen worden gesteld. Deze eisen zijn terug te voeren op de eisen van de belangrijkste verkeersdiensten waarvoor de betreffende categorie moet worden ingericht. Bepalende grootheden zijn daarbij snelheid, aslasten, verkeersintensiteit en het gebruik (*dedicated* gebruik of gemengd verkeer). Zo kan het “langzame” *Vorrangnetz* ingericht worden voor zeer lange goederentreinen en een groot profiel van vrije ruimte en een 24 uurs-beschikbaarheid. De technische middelen worden per categorie zoveel mogelijk gestandaardiseerd om te beheerkosten te drukken (*Streckenstandards*). Deze categorisering staat aan de basis van de plannen voor de investeringen in het Duitse spoorwegnet.

investeringsprogramma

Netz 21 mondde uit in een investeringsplan voor de verkeersmiddelen, waarbij de nadruk ligt op het bestaande net. Het gaat om een samenspel van vele kleine maatregelen, waarin tussen 1998 en 2010 ca. DM 37 miljard wordt geïnvesteerd. De projecten richten zich op het verhogen van de capaciteit, met name het oplossen van flessenhalzen, en de kwaliteit, bijvoorbeeld, het opheffen van plaatselijke snelheidsbeperkingen, maar ook op het verbeteren van de bedrijfszekerheid, bijvoorbeeld, door het vernieuwen van wissels. De projecten worden beoordeeld op hun bijdrage aan het grotere geheel, de “netwerkwaarde”. Hierbij wordt telkens een afweging gemaakt tussen oplossingen in de infrastructuur en het materieel. Zo kunnen de gewenste snelheden vaak goedkoper gerealiseerd worden door de toepassing van kantelbaktechnieken in het materieel⁵³ dan door het ombouwen van de infrastructuur.

Een tweede speerpunt is de modernisering van het net, met name voor wat betreft de beveiligings- en sturingssystemen. Dit vergt ca. DM 11 miljard. De modernisering is noodzakelijk voor het intensiever benutten van de capaciteit en levert, met name door een vergaande centralisering van de bediening (het opheffen van lokale posten voor de bediening van overwegen en de rijwegen op stations) een belangrijke bijdrage aan de kostenverlaging. Investeren in nieuwe lijnen (*Neubau*) en grootscheepse *upgrading* (*Ausbau*) wordt pas overwogen als het bestaande net geen afdoende oplossing kan bieden. Ook dan is de bijdrage aan het gehele netwerk het belangrijkste toetsingscriterium bij de prioritering van investeringen.

6.4.3 vergelijking met Netvisie

Vergelijkbaar met Netvisie is er, hoewel impliciet, bij *Netz 21* een onderliggend lagenmodel met een marktbenadering gehanteerd. De afnemers (vervoersystemen) bepalen aan welke eisen de verkeersdiensten en vervolgens de verkeersmiddelen moeten voldoen. Zowel in *Netz 21* als in Netvisie wordt daarbij ingezet op differentiatie via categorisering van het gebruik van het spoorwegnet en categorisering van de verkeersmiddelen. Standaardisering van de deelsystemen per categorie moet leiden tot een kostenreductie onder behoud van de gevraagde functionaliteit.

Bij de prognoses voor de vraag naar verkeersdiensten werd bij *Netz 21* evenals bij Netvisie onderscheid gemaakt naar deelmarkten. Opvallend is, dat er bij *Netz 21* niet is gewerkt met scenario's maar is uitgegaan is van één set prognoses. Overigens zijn deze prognoses eind ja-

⁵³ Zie ook Hoofdstuk 4.

ren negentig, toen de inzichten over de gevolgen van de hereniging van Duitsland zich wijzigden, aanzienlijk naar beneden bijgesteld⁵⁴, wat een herziening van de investeringsplannen vereiste. Het concept van functionele differentiatie bleef echter overeind.

Een opvallende overeenkomst met Netvisie, en dan met name voor wat betreft de uitwerking van het Wijnscenario, is de nadruk op het bestaande net. Ook in Duitsland wordt onderkend dat nieuwe lijnen slechts in uitzonderlijke gevallen een gunstige bijdrage tot de prijs/prestatieverhouding van het railverkeerssysteem zullen opleveren. Bij de toetsing van maatregelen staat in *Netz 21* de bijdrage aan de netwerkwaarde zo mogelijk nog meer centraal dan in Netvisie.

Netz 21 besteedt –anders dan Netvisie– nadrukkelijk aandacht aan het “vermarkten” van treinpaden, vooral voor de zwak belaste lijnen. Expliciet wordt de “prijs per treinpad” als “offerte aan afnemers” (niet noodzakelijk DB) bestempeld. De prijs zou afhankelijk moeten worden gemaakt van de geboden kwaliteit en rekening houdend met capaciteitsschaarste en de concurrentiepositie van het railverkeerssysteem op de betreffende deelmarkt. Deze suggestie komt in Hoofdstuk 7 voor het Nederlandse railverkeerssysteem aan de orde.

6.5 Wachtrijbenadering bij het toetsen van infrastructuurcapaciteit

Bij de toepassing van de Netvisie-methodologie werd vastgesteld dat er in Nederland behoefte bestaat aan nieuwe methodieken om de capaciteit van de verkeersmiddelen, met name de infrastructuur, te analyseren.

Een nieuwe methodiek dient aan de volgende voorwaarden te voldoen:

- niet gebaseerd op één productiemodel (de behoefte aan verkeersdiensten op de lange termijn laat zich niet tot in detail vastleggen);
- mogelijkheid tot analyse van onderdelen van het spoorwegnet onafhankelijk van de rest van het net (de mate van netwerksamenhang wordt bepaald door de structuur van het aanbod aan verkeersdiensten en de daartoe benodigde treinpaden);
- mogelijkheid voor de analyse van netwerken (indien de samenhang tussen verkeersdiensten ook voor de lange termijn wordt gespecificeerd);
- niet afhankelijk van één bepaalde (statische) operationele productiewijze, maar ook geschikt om de effecten van Dynamisch Railverkeersmanagement op de capaciteitsbehoefte analyseren.

Net als Nederland lijken de omringende landen zich bij het toetsen van infrastructuurcapaciteit vooral te baseren op één of meer uitgewerkte productiemodellen⁵⁵. Een uitzondering vormt de wachtrijbenadering die de basis is voor de in Duitsland gehanteerde methoden. Hieronder wordt deze benadering globaal gekarakteriseerd.

⁵⁴ De prognoses voor het reizigersvervoer voor 2010 werden met gemiddeld 12% naar beneden bijgesteld, die voor het goederenvervoer zelfs met 50%. Bron Fricke (2000).

⁵⁵ Zie Oldenziel (2000).

wachtrijbenadering

Bij de wachtrijbenadering wordt een deel van het spoorwegnet waarin zich slechts één trein tegelijk kan bevinden, beschouwd als een “loket” dat een “klant” (trein) bedient. De bezettingstijd van het spoorgedeelte komt overeen met de “bedieningstijd” van een klant aan het loket. De wachttijd die de klant zal oplopen omdat hij niet altijd onmiddellijk geholpen zal kunnen worden, kan bij het railverkeerssysteem worden geïnterpreteerd als de toename van de verplaatsingstijd ten opzichte van de technisch mogelijke verplaatsingstijd die het gevolg is van de schaarste in de infrastructuurcapaciteit. Deze wachttijd ontstaat enerzijds bij het construeren van de dienstregeling (bijvoorbeeld, langere rijtijden dan technisch mogelijk) en anderzijds bij de feitelijke uitvoering van de dienstregeling (treinvertragingen). Doordat bij de wachtrijbenadering de toetsing in de strategische fase van het railverkeersmanagement kan worden gebaseerd op de wachttijd, is het uitwerken van een productiemodel (dienstregeling) in principe niet vereist.

methodieken op basis van de wachtrijbenadering

De in Duitsland toegepaste methodieken zijn met name door Schwanhäußer (1974) en (1994) en Wakob (1985) ontwikkeld en geoperationaliseerd in geautomatiseerde systemen. Wendler (1999) heeft met name het model van Wakob verbeterd. De Kort (1996) oppert een aantal bezwaren tegen de in Duitsland gehanteerde methodieken voor de analyse van de capaciteit van knooppunten. Een gevoeligheidsanalyse bracht een aantal onrealistische eigenschappen aan het licht van het model om de wachttijden te berekenen en het model voor het vaststellen van de som van wachttijden die bij een gegeven kwaliteit daarvan maximaal toelaatbaar is. Omdat bovendien de aandelen reizigers- en goederentreinen in Nederland aanzienlijk verschillen van die in Duitsland, concludeert De Kort dat deze Duitse benadering niet geschikt lijkt voor de Nederlandse situatie.

Huisman⁵⁶ ontwikkelt methoden, eveneens gebaseerd op de wachtrijbenadering, die aan de bovengenoemde bezwaren tegemoet zouden moeten komen. Het betreft enerzijds een (globaal) netwerkmodel, waarin modellen voor de afzonderlijke componenten naar believen kunnen worden gekoppeld tot corridors en netwerken, en anderzijds een meer gedetailleerd baanvakmodel.

conclusie

Methoden gebaseerd op de wachtrijtheorie lijken aan de bovengeformuleerde eisen ten aanzien van methodes voor strategische capaciteitsanalyse te voldoen. Er kan bij de strategische capaciteitsanalyse in principe worden afgezien van het ontwikkelen van een productiemodel en er zijn methoden beschikbaar of in ontwikkeling voor zowel de (globale) analyse van een infrastructuurnetwerk als de (meer gedetailleerde) analyse van de samenstellende onderdelen.

Voorts houdt het principe om wachttijden te berekenen in, dat de toetsing onafhankelijk van de vorm van de productiewijze (statisch of dynamisch) kan plaatsvinden. Immers, binnen de strategische capaciteitskaders kan in de tactische fase van het railverkeersmanagement gekozen worden voor ofwel het ontwerpen van een (traditioneel) productiemodel ofwel het ont-

⁵⁶ Huisman e.a. (1998) en Huisman (2001).

wikkelen van een inzetplan voor infrastructuur met tijd/wegvensters⁵⁷ ten behoeve van Dynamisch Railverkeersmanagement.

6.6 Evaluatie strategisch railverkeersmanagement

De opgave aan het railverkeerssysteem van de 21^e eeuw is om flexibel te anticiperen op veranderende omstandigheden. Het ontwikkelen van productgeoriënteerde, strategische plan voor de spoorwegen in Nederland als geheel, voldoet daarbij niet langer. In de NVVP –beleidsomgeving met een terugtrekkende centrale overheid en ruimte voor marktpartijen om in te spelen op de omgeving, bestaat de behoefte aan een procesgeoriënteerde aanpak. In dit hoofdstuk is een nieuwe methodologie voor strategisch railverkeersmanagement, ontwikkeld, de zogeheten Netvisie–methodologie, die aan deze eis voldoet.

Netvisie is gebaseerd op het Lagenmodel Verkeer & Vervoer, en heeft als kenmerken:

- De eisen van eindgebruikers blijven traceerbaar tot aan de eisen aan de verkeersmiddelen.
- Elke stap is traceerbaar, waardoor een iteratief proces mogelijk wordt.
- In elke markt (interactie tussen lagen) staat een proces van vraag en aanbod centraal.

Omdat de eisen aan de diensten van het railverkeerssysteem steeds gedifferentieerder worden, is differentiatie een belangrijke leidraad binnen de Netvisie–methodologie. Differentiatie vormt een “gouden middenweg” tussen gestandaardiseerde eenheidsproducten aan de ene kant en maatwerk aan de andere kant met als doel een optimale verhouding tussen prijs en prestatie te bereiken:

- differentiatie van de verkeersmarkt (product–marktcombinaties) met gedifferentieerde eisen aan de verkeersdiensten;
- differentiatie van het gebruik van de infrastructuur door het formuleren van stabiele vormen van samengebruik (*verkeersprofielen*);
- differentiatie van verkeersmiddelen in de vorm van *verkeersmiddelenconcepten*, bestaande uit met elkaar samenhangende infrastructuur– en materieelconcepten;

Differentiatie is ook een belangrijke leidraad voor de strategie voor de ontwikkeling van het Duitse railverkeerssysteem (*Netz 21*), met name voor het differentiëren in product–marktcombinaties, differentiëren in het gebruik van het spoorwegnet (*Netzkategorisierung*) en differentiëren van de infrastructuur (*Streckenstandards*). Opvallend verschil met de Netvisie–benadering is dat *Netz 21* uitgaat van een bepaalde prognose voor de vervoerstromen. Verder wordt veel aandacht besteed aan het “vermarkten” van treinpaden, iets wat een zinvolle aanvulling op de Netvisie–methodologie in de tactische fase van het railverkeersmanagement kan vormen⁵⁸.

Een belangrijk aspect van Netvisie–methodologie is voorts een scenariobenadering voor de ontwikkeling van de omgeving (waaronder de vervoerstromen) en voor het uitzetten van een strategische koers voor het railverkeerssysteem. De uitwerking van het zogeheten Wijnsce-

⁵⁷ Zie Hoofdstuk 9.

⁵⁸ Zie verder Hoofdstuk 7.

nario heeft aan de basis gestaan van de visie op de ontwikkeling van het Nederlandse railverkeerssysteem, zoals in het NVVP is vastgelegd.

Netvisie gaat ervan uit dat de ontwikkeling van het railverkeerssysteem niet gebaseerd dient te zijn op een –specifiek– gedetailleerd aanbodmodel maar op –zoveel mogelijk generieke– capaciteitsanalyses. De momenteel in Nederland toegepaste indicatoren voor het toetsen van de capaciteit van de verkeersmiddelen zijn veelal gebaseerd op een beperkt aantal uitgewerkte productiemodellen, waarvoor een groot aantal gedetailleerde en veelal onzekere– aannamen moeten worden gedaan.

De wachtrijtheorie lijkt ook voor toepassing in Nederland de basis te kunnen vormen van methoden voor strategische capaciteitsanalyse van zowel netwerken als de afzonderlijke componenten waarbij afgezien kan worden van het uitwerken van een productiemodel en waarbij de capaciteitsanalyse onafhankelijk van de (statische of dynamische) productiewijze plaats vindt.

In het volgende hoofdstuk, Hoofdstuk 7, wordt de tactische fase van het railverkeersmanagement geanalyseerd. Het concept Verkeersprofielen dat in dit Hoofdstuk 6 is geïntroduceerd, zal een belangrijke rol spelen bij mogelijke vernieuwingen van het tactische railverkeersmanagement.

7 Tactisch railverkeersmanagement

In Hoofdstuk 5 is aangegeven dat tactisch railverkeersmanagement zich concentreert op de planning van de inzet van de verkeersmiddelen: een plan voor het toewijzen van verkeersmiddelen aan verkeersdiensten op basis van de beschikbare kwaliteiten en capaciteiten van de verkeersmiddelen (het strategisch kader, zie Hoofdstuk 6). Dit inzetplan vormt vervolgens de basis voor het operationele railverkeersmanagement (de laatste detailleringen en uitvoering van het verkeersplan, zie Hoofdstuk 8).

In dit hoofdstuk wordt het tactisch railverkeersmanagement geanalyseerd om verbeteringsmogelijkheden ten opzichte van de anno 2000 gevolgde werkwijze te genereren. De belangrijkste vernieuwingen die in dit hoofdstuk zijn voorgesteld, betreffen het toepassen van het Lagen-model en het introduceren van terugkoppellussen in de besturingscyclus van het railverkeersmanagement. Door het splitsen van de functies van de dienstregeling en het introduceren van een nieuw concept voor de inzetplannen van verkeersmiddelen (*verkeersprofielen*) en de toetsing ervan op benuttingsaspecten (*benuttingsbalans*) behoeft het gebruik van de infrastructuur niet langer lang van tevoren tot in detail worden vastgelegd. Hierdoor ontstaat ruimte voor het faciliteren van *last minute* vraag naar rijmogelijkheden en ruimte voor marktwerving (inclusief beprijzen) bij het gebruik van de infrastructuur. Gevoegd bij het voorstel om het management van “technische” infrastructuurcapaciteit te integreren met het management van milieu- en veiligheidscapaciteit, wordt met de voorgestelde vernieuwingen een meer evenwichtige, vraaggestuurde en dynamische benutting van infrastructuurcapaciteit mogelijk.

In 7.1 wordt ingegaan op een aantal generieke aspecten van tactisch railverkeersmanagement, waarbij onder meer de benuttingsbalans wordt geïntroduceerd. We analyseren vervolgens hoe de (statische) werkwijze bij de spoorwegen in Nederland zich heeft ontwikkeld van de geïntegreerde werkwijze binnen het ongedeelde bedrijf (7.2) tot de situatie anno 2000, waarin het inzetplan voor de infrastructuur (en het inzetplan materieel en personeel) tot stand komt in een

wisselwerking met het aanbod van verkeersdiensten door verschillende vervoerders¹ (7.3). Ook een vergelijking met de werkwijze bij het tactisch verkeersmanagement in de luchtvaart leidt tot vernieuwingsvoorstellen (7.4). Vervolgens komen in 7.5 methoden voor het toetsen van verstoringsevoeligheid van het plan aan de orde. Hoofdstuk 7 besluit met een samenvatting van de voorgestelde vernieuwingen (7.6) en een evaluatie (7.7).

7.1 Aspecten van tactisch railverkeersmanagement

Tactisch railverkeersmanagement is een iteratief proces binnen een strategisch kader. Doel is het ontwerpen van een inzetplanning voor de verkeersmiddelen. Daarbij wordt de behoefte aan treinpaden enerzijds en de beschikbaarheid van de verkeersmiddelen anderzijds gespecificeerd voor een bepaalde periode. Het ontwerpen van een inzetplan voor de inzet van de infrastructuur is een iteratief proces waarbij een balans moet worden gekozen tussen intensiteit – het aantal te faciliteren verkeersdiensten– en de kwaliteit van die verkeersdiensten. Dit wordt geïllustreerd door het introduceren van de zogenoemde benuttingsbalans. Een belangrijk aspect bij de inzet van infrastructuur is voorts de samenhang tussen de verschillende onderdelen van een netwerk. De bovenstaande aspecten worden hieronder geanalyseerd.

7.1.1 strategisch kader

Bij strategisch railverkeersmanagement (zie Hoofdstuk 6) worden de functies en capaciteit van de verkeersmiddelen bepaald. De verkeersfuncties zijn verdeeld over infrastructuur, materieel en personeel. Dit betekent dat de logistieke eenheden bepaald zijn:

- infrastructuur: rijwegen²;
- materieel: locomotieven, treinstellen, rijtuigen, wagons;
- personeel: machinisten, conducteurs, ondersteunend personeel op knooppunten.

Voor het uitvoeren van een verkeersdienst is een combinatie van bovenstaande logistieke eenheden nodig.

Het materieel en het personeel vervullen niet alleen verkeersfuncties, maar ook vervoerfuncties. Dit betekent dat de inzet van met name treinstellen, rijtuigen, wagons en conducteurs ook sterk door de vervoerfunctie wordt bepaald. Dit zien we bijvoorbeeld terug in de behoefte om het spitsuur als maatgevend te beschouwen bij de inzetplanning. Meer nog dan de behoefte aan verkeersdiensten (en –middelen) verschilt de behoefte aan treinstellen en rijtuigen en aan conducteurs³ in spitsuren⁴ sterk van de andere uren van de dag.

¹ In dit hoofdstuk wordt de term *vervoerders* gehanteerd voor de aanbieders van geïntegreerde vervoer- en verkeersdiensten.

² Een *rijweg* heeft betrekking op één infrastructuurelement. Een aantal gekoppelde rijwegen die achtereenvolgens aan een verkeersdienst ter beschikking worden gesteld noemen we een *trajectorie* (zie verder Hoofdstuk 5).

³ Het aantal conducteurs per trein wordt onder andere gerelateerd aan de treinlengte. Dit houdt verband met de veiligheid bij het vertrek van de trein, met name ten aanzien van het in- en uitstappen van reizigers.

⁴ Met een *spitsuur* wordt een uur bedoeld waarin de vraag naar reizigersvervoerdiensten aanzienlijk groter is dan in een gemiddeld uur. In eerste instantie kan deze piek worden geaccommodeerd door het verkeersobject te

De capaciteit van de verkeersmiddelen wordt vertaald naar een geplande beschikbaarheid voor toedeling aan verkeersdiensten. De beschikbaarheid van infrastructuur wordt mede bepaald door de capaciteit die nodig is voor instandhouding (onderhoud en vernieuwing) en voor werkzaamheden ten behoeve van nieuwbouw. Daarnaast moet er reservecapaciteit beschikbaar zijn, bijvoorbeeld in de vorm van omleidingsroutes, bijstuurwissels, inhaal- en keerspoelen. In het strategisch kader kan ook het overeengekomen storingsniveau (ongeplande niet-beschikbaarheid) worden opgenomen. Voor materieel wordt de niet-beschikbaarheid vertaald in een zekere (technische) reservestelling binnen de deelparken.

Het strategisch kader omvat ook de (al dan niet impliciete) lange termijnafspraken over de levering van verkeersdiensten aan vervoerssystemen. Dit beperkt uiteraard de regelruimte op het tactische niveau. We zien dit bij de werkwijze anno 2000 terug in de zogenoemde toedelingsregels (zie 7.3.1).

7.1.2 het ontwerpen van een inzetplanning: een iteratief en cyclisch proces

Het tactische railverkeersmanagement concentreert zich op het vaststellen van de planning van de inzet van de verkeersmiddelen, met andere woorden, het toewijzen van treinpaden aan de verkeersdiensten. Daartoe dient enerzijds de behoefte aan treinpaden te worden vastgesteld en anderzijds de (gepland) beschikbare kwaliteiten en capaciteiten van de verkeersmiddelen.

Tabel 7-1 geeft deze hoofdactiviteiten bij het tactisch railverkeersmanagement weer, onderverdeeld naar de lagen uit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

Tabel 7-1 Hoofdactiviteiten van tactisch railverkeersmanagement.

<i>Systeemlaag</i>	<i>Hoofdactiviteit</i>
laag productie verkeersdiensten	vaststellen behoefte aan treinpaden;
laag inzet verkeersmiddelen	inzetplanning (toewijzen van treinpaden aan verkeersdiensten)
laag beheer verkeersmiddelen	vaststellen beschikbaarheid verkeersmiddelen

De opgave van het tactisch railverkeersmanagement kan worden gezien als een ontwerpprobleem, waarbij doel, ontwerpvariabelen, randvoorwaarden, ontwerpmethodologie en beoordelingscriteria kunnen worden geïdentificeerd.

doel

Het doel is het ontwerpen van een plan voor de inzet van de verkeersmiddelen, waarmee de gevraagde verkeersdiensten kunnen worden geleverd.

ontwerpvariabelen

De ontwerpvariabelen bestaan uit de beschikbare rijwegen, tractie en materieel, die gedurende een bepaalde periode (*slot*) worden gecombineerd tot *treinpaden* die aan verkeersdiensten worden toegewezen, zie Figuur 5-2

randvoorwaarden

De inzetbaarheid van de verkeersmiddelen wordt bepaald door ruimtelijke beperkingen en tijdconstrains. De ruimtelijke beperkingen zijn voor wat betreft de plaatsgebonden verkeersmiddelen triviaal. Ook voor mobiele verkeersmiddelen gelden ruimtelijke *constraints*: loco-

vergroten (trein te verlengen). Als dit geen soelaas biedt is het noodzakelijk om de vraag naar verkeersdiensten te vergroten (frequentie verhogen).

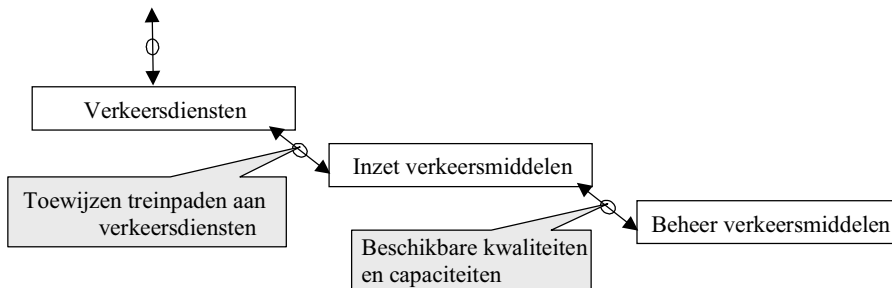
motieven en machinisten kunnen niet op alle baanvakken worden ingezet. De *tijdconstraints* worden gevormd door de tijd die nodig is voor instandhouding van de technische systemen, respectievelijk de vastgestelde rij- en rusttijden voor het personeel. Dit betekent dat de theoretische capaciteit dient te worden verminderd met de capaciteit die nodig is voor het beheer van de verkeersmiddelen. Hetzelfde geldt voor de kwaliteit, bijvoorbeeld in de vorm van tijdelijke beperkingen van de baanvaksnelheid tijdens en na werkzaamheden aan de spoorbaan.

ontwerpmethode

Het vaststellen van de inzetplanning van verkeersmiddelen is een ontwerpprobleem dat wordt opgelost in een iteratief proces. De afstemming vindt simultaan plaats op twee niveaus (markten), zie ook Figuur 7-1:

- behoefte aan treinpaden ↔ beschikbare treinpaden, resulterend in een inzetplan;
- behoefte aan capaciteit en kwaliteiten van verkeersmiddelen ↔ beschikbare kwaliteiten en capaciteiten van verkeersmiddelen, resulterend in een bepaald niveau van inzetbaarheid van verkeersmiddelen.

Het tweede niveau van afstemming wordt voor wat betreft de infrastructuur ook wel geoperationaliseerd in de vorm van “capaciteit voor buitendienststellingen”. Daarmee wordt de beheerder van de infrastructuur gezien als één van de capaciteitsvragers die net als de producent van verkeersdiensten de behoefte aan rijwegen kenbaar maakt. De afstemming kan dan geïntegreerd op één niveau plaatsvinden.



Figuur 7-1 De lagen van het railverkeerssysteem bij tactisch railverkeersmanagement.

Het tactisch railverkeersmanagement bestrijkt een periode van ca. 5 jaar tot 36 uur voor de realisering van de verkeersdiensten. In die periode ontwikkelt de inzetplanning zich cyclisch in verschillende planfasen met een toenemend niveau van detaillering. Ook de onderlinge afstemming tussen de inzet van infrastructuur, materieel en personeel neemt daarbij toe in gedetailleerdheid.

beoordelingscriteria

Het ontwerp moet zodanig zijn dat bij de realisering van de verkeersdiensten optimaal aan de performance-eisen kan worden voldaan. Dit optimum hangt af van de balans die wordt gekozen tussen deze eisen (effectiviteit, efficiency, kwaliteit en flexibiliteit)⁵. Het optimum is een resultante van een gecompliceerd krachtenspel, waarbij marktoverwegingen en (overheids)beleidsoverwegingen dominant kunnen zijn.

Voorbeelden van deze overwegingen zijn:

⁵ Zie Hoofdstuk 5.

- Welke verkeersdiensten worden wel en welke niet –of niet volgens de specificaties– gefaciliteerd (effectiviteit)?
- Tot welk niveau wordt de capaciteit van de verkeersmiddelen benut (efficiency)?
- In hoeverre kunnen de verkeersdiensten volgens de afspraken met de afnemers worden geleverd (kwaliteit)?
- In hoeverre kan de inzetplanning geactualiseerd worden bij gewijzigde inzichten voor wat betreft vraag naar verkeersdiensten of aanbod (beschikbaarheid) van verkeersmiddelen (flexibiliteit)?

De verschillende performance-eisen kunnen op gespannen voet met elkaar staan. Een hoge benuttinggraad van de infrastructuur (hoge efficiency), bijvoorbeeld, biedt weinig ruimte om verstoringen te kunnen opvangen (lage kwaliteit).

7.1.3 balans tussen intensiteit en kwaliteit (*benuttingsbalans*)

Bij het bepalen van de balans tussen performance-eisen bij de inzet van infrastructuur is de tussen de intensiteit en de kwaliteit een belangrijke stuurparameter voor het tactisch railverkeersmanagement. Met *intensiteit* wordt het maximum aantal treinpaden bedoeld dat bij het gekozen kwaliteitsniveau kan worden geleverd. Het kwaliteitsniveau kan worden onderscheiden in de volgende aspecten:

- de mate van *differentiatie* van de treinpaden, oftewel de heterogeniteit van de verkeersdiensten, uit te drukken in snelheidsverschillen tussen de treinpaden;
- het *verwachte afwikkelniveau*, uit te drukken in de gemiddelde snelheid;
- de *verstoring gevoeligheid*: in hoeverre is met name het afwikkelniveau gevoelig voor verstoringen in de beschikbaarheid van de verkeersmiddelen, bijvoorbeeld uit te drukken in de snelheid van het uitdempen van een (primaire) verstoring.

De benutting van infrastructuur betreft een afweging tussen de intensiteit en de drie kwaliteitsaspecten. De resultante van dit proces kan worden gezien als een balans tussen deze vier benuttingsaspecten. In de werkwijze anno 2000 (zie 7.3) omvat het inzetplan voor de infrastructuur de drie aspecten intensiteit, differentiatie en verwacht afwikkelniveau in de vorm van een dienstregeling. Dit plan wordt vervolgens getoetst op het vierde aspect verstoring gevoeligheid.

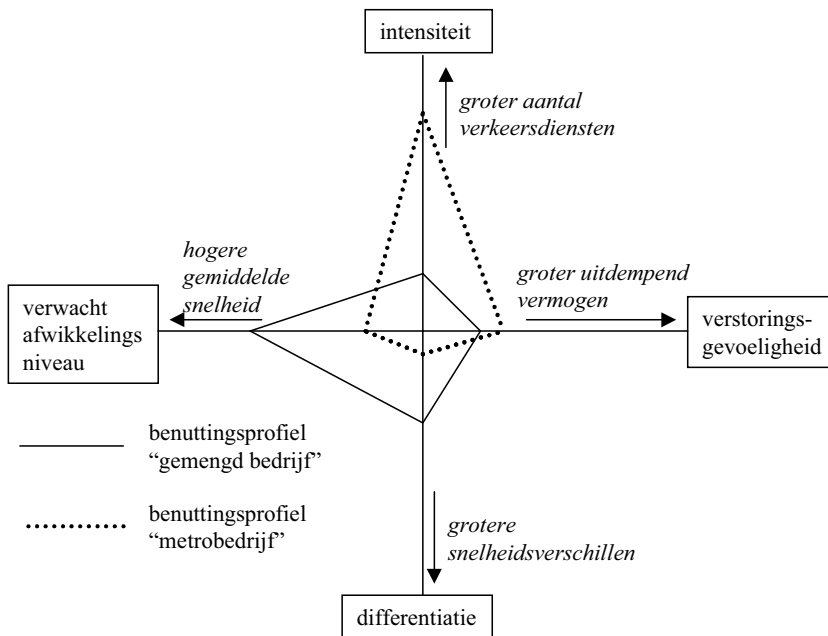
De balans bij de benutting van infrastructuur kan worden geïllustreerd in de vorm van een diamantdiagram⁶ waarin de intensiteit en de drie bovengenoemde kwaliteitsaspecten de vier assen vormen. De wijze van benutting van de capaciteit wordt voorgesteld door een punt op elke as. Deze punten kunnen onderling worden verbonden, waarbij de halve omtrek van de figuur die aldus ontstaat de capaciteit van de infrastructuur voorstelt⁷. De maximale, theoretische, intensiteit is die wijze van benutting waarbij de drie kwaliteitsaspecten “nul zijn”. De

⁶ Het idee om benutting van infrastructuur te zien als een benuttingsbalans en deze te visualiseren in de vorm van een diamantdiagram is bij Railned ontwikkeld door R.F. Thunnissen.

⁷ Hier wordt geduid op de “technische capaciteit”, dus de door de functionaliteit van de verkeersmiddelen bepaalde capaciteit van het beschouwde infrastructuurcomponent (zie Hoofdstuk 5).

wijze van weergeven in de benuttingsbalans illustreert dat de capaciteit van infrastructuur op verschillende manieren kan worden benut⁸.

Figuur 7-2 geeft twee voorbeelden van benuttingsprofielen voor railinfrastructuur. Bij “gemengd bedrijf” moeten over één spoor verkeersdiensten met verschillende karakteristieken, met name verschillende snelheden, worden afgewikkeld. De waarde op de as differentiatie is dus hoog. Vanwege de snelle treinen is een verwacht afwikkelingsniveau met een hoge gemiddelde snelheid gewenst.



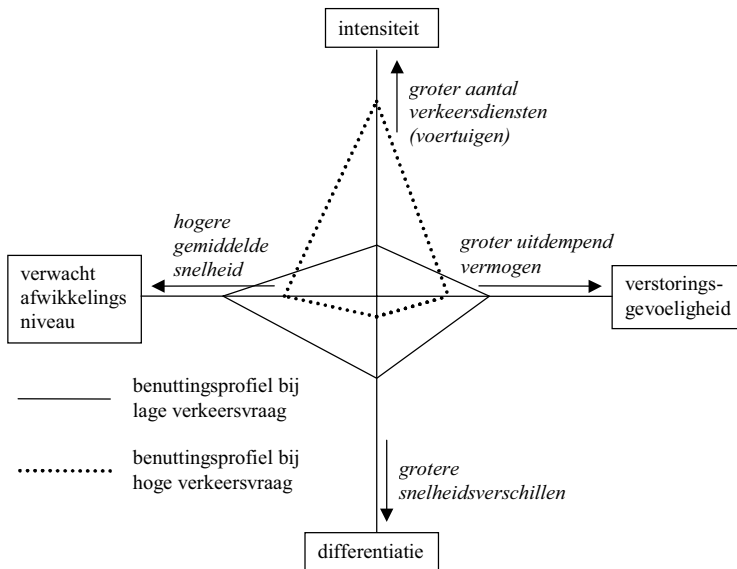
Figuur 7-2 Balans tussen aspecten van benutting van railinfrastructuur bij verschillende benuttingsprofielen.

Gecombineerd met een redelijk uitdempend vermogen (verstoringgevoeligheid) leidt dit tot een vrij lage maximale intensiteit, bijvoorbeeld vier of zes diensten per uur. “Metrobedrijf”, waarbij er maar één categorie verkeersdienst behoeft te worden gefaciliteerd, kent een geheel ander benuttingsprofiel. De differentiatie is zeer gering en de vereiste gemiddelde snelheid kan relatief laag zijn, waardoor de intensiteit tot ca. 40 diensten per uur kan stijgen, zelfs bij een redelijk uitdempend vermogen.

Het principe van het diamantdiagram geldt ook voor andere verkeerssystemen. Bij een auto-weg is de benutting van oudsher de resultante van zelfregulering, waarbij de verkeersvraag (intensiteit) een gegeven is. Als het aantal auto's dat moet worden verwerkt stijgt, zakt de gemiddelde snelheid (verwacht afwikkelingsniveau) en kwaliteit (verstoringgevoeligheid). De differentiatie of heterogeniteit (de snelheidsverschillen, maar ook de mix tussen vrachtwagens

⁸ Meer plastisch kan de omtrek van de figuur worden voorgesteld als een touwtje met een vaste lengte. Als in de richting van één van de assen wordt getrokken, verandert de waarde op een of meer van de andere assen. “Het moet uit de lengte of uit de breedte komen”.

en personenwagens) geldt dan als een gegeven. Steeds meer vindt echter sturing van buitenaf plaats (verkeersmanagement) met als doel een optimale benutting te realiseren. Dat kan door statische maatregelen, zoals het instellen van vrachtautostroken en door dynamische maatregelen, zoals het toepassen van Dynamische Routeinformatiepanelen. Door het homogeniseren van snelheden en samenstelling van de verkeersdiensten en het beheersen van de snelheid en de intensiteit (met behulp van toeritdosering) wordt in feite een bepaald benuttingsprofiel gekozen (Figuur 7-3).



Figuur 7-3 Balans tussen aspecten van benutting van weginfrastructuur bij verschillende benuttingsprofielen.

Ook bij de benutting van de capaciteit van het luchtverkeerssysteem, met name die van de start- en landingsbanen is er sprake van een balans tussen intensiteit en de drie kwaliteitsaspecten (zie verder 7.4).

7.1.4 netwerkcapaciteit

De verkeersdiensten kennen veelal een belangrijke mate van netwerksamenhang (zie ook Hoofdstuk 5). Dit resulteert in een behoefte aan een netwerkplanning van de inzet van treinpaden. Dit betekent vervolgens dat bij het beoordelen van de inzet van de treinpaden niet kan worden volstaan met een toets of de capaciteit van de afzonderlijke infrastructuurelementen voldoet aan de eisen ten aanzien van de verschillende benuttingsaspecten. Er moet tevens worden nagegaan of de capaciteit van het samenhangende netwerk voldoet. Dit speelt een doorslaggevende rol bij het ontwerp van de infrastructuurinzet en de methodieken die deze planning ondersteunen.

In 7.4.6 zal blijken dat de aard van de netwerksamenhang binnen het railverkeerssysteem verschilt van die van het luchtverkeerssysteem en het wegverkeerssysteem. Dit is terug te voeren op het grotendeels ontbreken van buffers (in tijd en plaats) tussen de verschillende onderdelen van een railverkeersnetwerk.

7.2 Tactisch railverkeersmanagement bij ongedeelde spoorwegbedrijven

In deze paragraaf wordt de werkwijze bij het tactisch railverkeersmanagement geanalyseerd, zoals die bij ongedeelde spoorwegbedrijven plaatsvindt. Deze werkwijze vormt de basis voor de werkwijze anno 2000 in een situatie met een scheiding van infrastructuur en exploitatie (7.3), die als referentie dient voor vernieuwingspotentieel bij het tactische railverkeersmanagement.

Om praktische redenen is het ongedeelde NS als voorbeeld genomen. Evenals bij andere ongedeelde spoorwegbedrijven bestond het tactisch railverkeersmanagement bij het ongedeelde NS uit een iteratief proces, gericht op het ontwerpen van de dienstregeling⁹. Het ontwerpen van de dienstregeling had als doel om zowel het “productaanbod” te ontwerpen als ook de planning van het “infrastructuurgebruik”¹⁰ vast te stellen. De inzet van materieel en personeel werd hieraan gerelateerd. De variabelen in het ontwerpproces werden gevormd door de beschikbare infrastructuur, materieel en personeel. Het belangrijkste beoordelingscriterium was de mate waarin aan het beoogde bedieningsmodel (gewenste lijnvoering enz.) kon worden voldaan.

7.2.1 inleiding

Het reizigersvervoer was bepalend voor de dienstregelingplanning. Dit is terug te voeren op de complexiteit van het productaanbod voor reizigersvervoer, waardoor er weinig vrijheidsgraden bij het ontwerp van de dienstregeling zijn, gevoegd bij de behoefte bij de vervoerder om een gedurende een jaar hetzelfde uitgekende productaanbod te kunnen publiceren (spoorboekje). Het goederenvervoer laat zich minder goed lang van tevoren plannen, omdat het meer vraaggeëoriënteerd is dan het reizigersvervoer. De dynamiek in de vraag naar vervoerdiensten is bij het goederenvervoer veel groter dan bij het reizigersvervoer.

Dit is onder andere terug te voeren op het feit dat ten opzichte van de afnemers van reizigersvervoerdiensten de afnemers van goederenvervoerdiensten gering in aantal zijn, zodat het afhaken of toetreden van een klant (verlader) een relatief groot gevolg heeft voor het aanbod, waarbij een rol speelt dat de aard van een goederenvervoerdienst meer op één bepaalde klant is toegesneden dan een reizigersvervoerdienst. Een zeer nauwkeurige planning van de verkeersdiensten is voor het goederenvervoer meestal niet nodig, omdat de vrijheidsgraden –in tijd (verplaatsingstijd) en ruimte (route)– vaak aanzienlijk groter zijn dan bij het reizigersvervoer. Tenslotte speelt mee dat de omvang van de verkeersdiensten, uitgedrukt in treinkilometers op jaarbasis, voor het goederenvervoer een factor 10 lager liggen dan voor het reizigersvervoer¹¹.

Het ontwerp van de dienstregeling werd ingedeeld in drie planfasen:

⁹ Deze paragraaf is geschreven in de verleden tijd, hoewel de werkwijze anno 2000 (zie 7.3) voor een belangrijk deel hetzelfde is gebleven als ten tijde van het ongedeelde NS.

¹⁰ Ten tijde van de herstructurering van de spoorwegen werd dit door NS min of meer onderkend. Men sprak van “infra-dienstregeling” en “klant-dienstregeling” (Döbken (1994)).

¹¹ In 1999 bedroeg het aantal treinkilometers voor het goederenvervoer in Nederland 10,6 miljoen, terwijl er 111,7 miljoen treinkilometers werden geproduceerd voor het reizigersvervoer Bron: Railned.

1. basisuurpatroon (BUP) – toets ten aanzien van de beschikbare capaciteit en kwaliteit van de verkeersmiddelen;
2. jaarplan – basis voor het jaarlijkse spoorboekje en ontwerp van een efficiënte materieel- en personeelsinzet;
3. dagplan – detaillering per dag: basis voor de dagelijkse uitvoering (operationele fase).

Een bepaalde fase vormde daarbij het kader voor de volgende. Er wordt onderscheid gemaakt naar “productaanbod” (de planning van het aanbod aan verkeersdiensten¹², onderverdeeld naar verschillende categorieën, zoals stoptreinen en sneltreinen), de planning van het infrastructuurgebruik, materieelinzet en personeelsinzet.¹³ Het is opvallend dat de plannen voor “productaanbod” en “infrastructuurgebruik” identiek zijn. De mogelijkheden die de infrastructuur biedt blijken bepalend te zijn voor het aanbod aan verkeersdiensten. De planning van materieel- en personeelsinzet loopt hierop een fase achter en is minder bepalend voor het “productaanbod”.

Hieronder worden de onderscheiden planfasen kort behandeld. Daarbij komt telkens de input (de behoefte aan treinpaden en de beschikbaarheid van verkeersmiddelen) aan de orde en de output (de inzetplanning).

7.2.2 basisuurpatroon (BUP)

Een *basisuurpatroon* is een dienstregelingstructuur die zich in principe elk uur van de dag (6.00 – 24.00 uur) herhaalt. Het basisuurpatroon werd op de minuut nauwkeurig gepland, hoewel Döbken (1994) signaleerde dat er een ontwikkeling gaande was in de richting van globaler plannen in deze planfase.

input

Het ontwerp van het basisuurpatroon werd gebaseerd op het *bedieningsmodel*, de “specificatie van het productontwerp dat NS aan de reizigers denkt aan te bieden voor een bepaald dienstregelingjaar”¹⁴, aangevuld met globale prognoses over het goederenvervoer. Het bedieningsmodel –in feite de specificatie van de behoefte aan verkeersdiensten vanuit het beoogde vervoeraanbod– bestond uit de volgende elementen:

- mate van differentiatie van verkeersdiensten (bijvoorbeeld, snel- en stoptreinen) en frequenties (aantal verkeersdiensten);
- lijnvoering (begin- en eindpunt van de verkeersdiensten en de stations die moeten worden aangedaan);
- kwaliteit van een verkeersdienst (gemiddelde snelheid);
- samenhang tussen verkeersdiensten (overstaprelaties, verdeling over het uur, symmetrie¹⁵);
- gewenste vervoercapaciteit per verkeersdienst (vertaald in maximale treinlengte);

¹² NS was (en is) een producent van zowel verkeersdiensten als vervoerdiensten. Het onderscheid hiertussen wordt niet gemaakt. Het “product” van de “vervoerfabriek” (zie Hoofdstuk 5) is zowel het “rijden van een trein” als het “vervoeren van reizigers of goederen”.

¹³ Döbken (1994).

¹⁴ Bron: Döbken (1994).

¹⁵ Met *symmetrie* wordt bedoeld dat het aanbod in de heen- en terugrichting gelijk is (zie verder Bijlage B).

- eventuele toegevoegde diensten in de spitsuren, respectievelijk “uitdunning” in de stille uren¹⁶;

Ten aanzien van de beschikbaarheid van de verkeersmiddelen bestond de input voor het ontwerp van het inzetplan uit de volgende elementen:

- de mogelijkheden ten aanzien van infrastructuur en materieel voor wat betreft de routes van verkeersdiensten;
- flessenhalzen in infrastructuurcapaciteit, zoals perroncapaciteit voor eindigende treinen;
- toegestane maximale treinelengtes en aslasten in combinatie met snelheden;
- technisch mogelijke rijkaracteristieken (maximale snelheid, aanzet- en remkarakteristieken) voor elke combinatie van rijwegen, materieeltype en treingewicht;
- met de beheerder van vaarroutes overeengekomen openingsregimes voor beweegbare bruggen.

Informatie over niet-beschikbaarheid of verminderde beschikbaarheid van verkeersmiddelen werd alleen in uitzonderingsgevallen meegenomen¹⁷. Omdat de spitsuren maatgevend zijn voor de behoefte aan capaciteit van verkeersmiddelen werd overigens naast een basisuurpatroon ook een spitspatroon uitgewerkt.

output

Het resultaat van de eerste planfase uit het tactische railverkeersmanagement was een set *basisuurpatronen* voor het gebruik van de baanvakken en *basisspooropstellingen* voor het gebruik van de perronsporen van de belangrijkste stations.

De basisstructuur van de dienstregeling stamt uit de jaren 70, toen in Nederland een knooppuntensysteem werd ingevoerd. De basis vormde een samenhangend netwerk van lange afstandsdiensten, waarvan de tijdligging werd bepaald door de internationaal afgesproken grenstijden te Roosendaal. De diensten voor de korte afstanden sloten hierop aan in de knopen. Voorts waren bepalende factoren: de brugopeningen te Rotterdam (Koningshavenbrug) en Dordrecht (brug over de Oude Maas) en de keuze voor een symmetrische dienstregeling. Bijlage B geeft een uitgebreidere bespreking van knooppuntensystemen en andere dienstregelingstructuren.

Bij het ontwerp van het basisuurpatroon speelde de materieelomloop in hoofdlijnen een rol, met name om de totale behoefte aan materieeleenheden te kunnen minimaliseren. Voorts werd er capaciteit gereserveerd voor goederendiensten door het vrijhouden van een aantal dienstregelingspaden.

Het basisuurpatroon vormde een weergave van de benuttingsaspecten¹⁸ intensiteit, differentiatie en (verwacht) afwikkelingsniveau. De waarde die het vierde aspect –vertragingsgevoeligheid– aan zou nemen werd gezien als de resultante. Het ontwerp van het basisuurpatroon als

¹⁶ Globaal werd de volgende indeling van de uren van de week gehanteerd: spitsuren (werkdagen tussen 7.00 en 9.00 uur, en tussen 16.00 en 18.00 uur), stille uren (maandag tot en met zaterdag na 20.00 en zondag voor 16.00 uur), daluren (de overige uren).

¹⁷ Een voorbeeld is de rijtijdtoeslag die in de jaren negentig in de dienstregeling werd verdisconteerd om de snelheidsbeperkingen als gevolg van jarenlange werkzaamheden op de Oude Lijn tussen Leiden en Dordrecht te compenseren.

¹⁸ Zie 7.1.3.

geheel werd niet expliciet op vertragingsgevoeligheid getoetst. Wel werd er een oordeel over de “uitvoerbaarheid” uitgesproken. Dit werd met name gebaseerd op een toetsing van de toepassing van de ontwerpnormen, zoals de toeslagen op de procestijden.

7.2.3 jaarplan

De tweede planfase, het ontwerp van het jaarplan, had ten eerste ten doel een efficiënte materieel- en personeelsinzet te kunnen vaststellen en ten tweede de productie van een spoorboekje te kunnen voorbereiden. Daartoe werd het basisuurpatroon en een bijbehorend spitspatroon verder gedetailleerd naar alle uren van het etmaal en alle dagen van de week, waarbij voor feestdagen een specifiek ontwerp werd gemaakt.

Ten aanzien van de goederendienst werden de treinen die minimaal wekelijks zouden gaan rijden in het jaarplan opgenomen, al dan niet met toegewezen materieel en personeel. Voor de knooppunten werd de basisspooropstelling uitgewerkt tot een sporenstaat voor de bezetting van perron- en opstelsporen. Lokale processen, zoals rangeerbewegingen (en de inzet van het daartoe benodigde rangeerpersoneel) werden aan het plan toegevoegd. De uitvoerbaarheid van het jaarplan op knooppunten werd getoetst door de regionale organisatie.

Het inzetplan voor het materieel bestond uit zogenoemde “omlopen” voor elke materieeleenheid. Daarbij werd rekening gehouden met het geplande onderhoud en behandelingen zoals het wassen en reinigen van het interieur. Om de omlopen sluitend te krijgen werden op de baanvakken “leeg-materieelritten” en “opzendingen”¹⁹ gepland.

Bij het ontwerp van de werklijnen voor machinisten en conducteurs moest (en moet) rekening worden gehouden met een groot aantal wettelijke regels ten aanzien van arbeid- en rusttijden en CAO-afspraken, bijvoorbeeld voor wat betreft de verdeling van het werk over de standplaatsen en de afwisseling van korte en lange afstanddiensten. Gevoegd bij het permanente streven naar efficiency, bestond het resultaat uit gecompliceerde personeelsdiensten. Doordat de eisen voor de inzet van machinisten sterk verschillend waren van die van conducteurs en bovendien sterk afweken van de eisen voor een efficiënte materieelinzet, ontstonden van elkaar verschillende inzetplannen voor materieel, machinisten en conducteurs. Het feit dat mede daardoor de overgangen van personeel en materieel van de ene verkeersdienst naar de andere kwetsbaar zouden zijn voor verstoringen²⁰ werd node geaccepteerd.

7.2.4 dagplan

In de dagplanfase vond het ontwerp van het uiteindelijke inzetplan voor een bepaalde dag plaats voor alle middelen. Het productaanbod uit het jaarplan werd aangevuld met verkeersdiensten die specifiek zijn voor een bepaalde dag, zoals diensten ten behoeve van evenementenvervoer en goederendiensten, voor zover die bij het ontwerp van het jaarplan nog niet bekend waren. Verder werden de consequenties van de grote buitendienststellingen ten behoeve van werkzaamheden aan de infrastructuur voor het productaanbod (zoals een aangepaste dienstregeling en soms de inzet van bussen in plaats van treinen) in het dagplan verwerkt.

¹⁹ Een leeg-materieelrit is een verkeersdienst waarbij niet een vervoerssysteem maar de verkeersproducent de rol van afnemer vervult. Bij een opzending wordt een verkeersdienst die aan een vervoerssysteem wordt geleverd tevens benut voor het vervoer van een materieeleenheid.

²⁰ Zie ook Hoofdstuk 8.

Kleinere buitendienststellingen en incidentele goederentreinen werden in de beschikbare rest-ruimte gepland, waarbij de regel “wie het eerst komt, het eerst maalt” werd gehanteerd. Omdat de capaciteit in de daguren voor het overgrote deel reeds aan de reizigersdiensten was toegewezen, waren voor de incidentele goederendiensten en de werkzaamheden aan de infrastructuur slechts de avond- en nachturen en in mindere mate het weekend beschikbaar. De beheerder van de infrastructuur bleek daarbij in het voordeel, doordat de werkzaamheden meestal beter te voorzien waren dan de vraag naar incidentele verkeersdiensten voor het goederenvervoer.

De detaillering van inzetplanningen in de dagplanfase vond voor een groot deel gedecentraliseerd plaats door de lokale planners op de knooppuntstations. Dit leidde tot de noodzaak van een coördinatie van de knooppuntplanningen en de baanvakplanningen. Dit voegde een complexerend aspect toe aan de intensieve afstemming tussen productaanbod, infrastructuurgebruik, materieel- en personeelsinzet.

7.2.5 evaluatie

Uit het voorgaande blijkt dat het proces om tot een adequate inzetplanning te komen bij het ongedeelde spoorbedrijf een complexe afstemming betrof tussen:

- productaanbod ↔ inzet middelen;
- infragebruik ↔ materieelinzet ↔ personeelsinzet;
- baanvakplanning ↔ knooppuntplanning;
- centrale planning ↔ lokale planning;
- aangeboden kwaliteit van het product ↔ te realiseren product kwaliteit (uitvoerbaarheid);
- basisuurpatroon ↔ jaarplan ↔ dagplan.

Door deze complexe, simultaan verlopende optimaliseringsprocessen was en is de resulterende inzetplanning (de dienstregeling) een star geheel. Wijziging zou immers tot het opnieuw uitvoeren van de tijdrovende optimaliseringsprocessen leiden.

Bij de definiëring van de behoefte aan verkeersdiensten bestaat een opmerkelijke discrepantie tussen de diensten voor het reizigersvervoer en die voor het goederenvervoer. De verkeersdiensten voor het reizigersvervoer zijn vooral aanbodgestuurd en worden in een vroegtijdig stadium vastgelegd. Dit noopt de veelal vraaggestuurde goederendienst tot het claimen van capaciteit in een fase dat de behoefte aan verkeersdiensten nog niet of nauwelijks is gedefinieerd op het noodzakelijke detailniveau.

Ook bij het kiezen voor het ontwerpen van een basisuurpatroon, dat de dienstregeling over de gehele dag bepaalt, spelen overwegingen ten aanzien van reizigersvervoer een doorslaggevende rol²¹. De vraag naar goederenvervoer is veel minder gestructureerd en laat zich moeilijk vertalen in “paden per uur”. Het gevaar dreigt dat de goederendienst “één pad per uur” als minimumvoorziening moet claimen, waar één of twee paden per dag misschien zou volstaan, waardoor meer capaciteit moet worden gereserveerd dan nodig.

Een nadeel van het repeterende basisuurpatroon is voorts dat de structuur van de vervoervraag sterk verschilt over de uren van de dag, zodat zowel in spitsuren als daluren het aanbod niet optimaal is toegesneden op de vraag. Verder zijn de procestijden (zoals halteertijden en ook

rijtijden²²) in drukke uren meestal langer dan in de stille uren, zodat in de drukke uren de planning in de praktijk vaak niet kan worden waargemaakt, met vertragingen tot gevolg, terwijl in de stille uren vaak “tijd over” is.

De dienstregelingstructuur van NS was en is gebaseerd op een knooppuntdienstregeling, met name vanwege de goede overstapmogelijkheden in de systeemknopen. Het grote aantal knopen introduceert echter evenzoveel afhankelijkheden, zodat het systeem feitelijk overbepaald is. De keuze voor een knooppuntdienstregeling draagt in aanzienlijke mate bij aan de complexiteit en starheid van de inzetplanning.

7.3 Tactisch railverkeersmanagement met meerdere vervoerders en scheiding van infrastructuur en exploitatie

Het scheiden van de verantwoordelijkheid voor infrastructuur en exploitatie²³ en openstelling van het spoorwegnet voor meerdere vervoerders maakte een verandering in de werkwijze bij het tactisch railverkeersmanagement noodzakelijk. In deze paragraaf worden deze veranderingen plus enkele nieuwe ontwikkelingen toegelicht. De Nederlandse situatie dient hierbij weer als voorbeeld. De in deze paragraaf geanalyseerde en geëvalueerde werkwijze geldt als de referentiesituatie waartegen mogelijke vernieuwingen in het tactische railverkeersmanagement (7.6) kunnen worden afgezet.

7.3.1 veranderingen ten opzichte van ongedeelde spoorwegbedrijven

Verschillende, onafhankelijke, producenten van verkeersdiensten (“vervoerders”) maken gebruik van dezelfde infrastructuurcapaciteit en ook het beheer en de inzet van de infrastructuur is niet langer in één hand. Dit was er de oorzaak van dat veel processen en procedures geëxpliciteerd moesten worden. Deze noodzaak werd nog eens versterkt door de introductie van het geautomatiseerde systeem VPT²⁴ voor de ondersteuning van de planning en de realisering van de verkeersdiensten.

De belangrijkste veranderingen ten opzichte van de situatie met het ongedeelde spoorbedrijf en de gevolgen voor het tactisch railverkeersmanagement zijn de volgende:

- Meerdere, onafhankelijke, vervoerders maken gebruik van dezelfde infrastructuur. Dit betekent dat de keuzes ten aanzien van het toedelen van capaciteit expliciet gemaakt moeten worden. Dit geldt ook voor de capaciteit die de beheerder van de infrastructuur nodig heeft voor zijn eigen processen.

²¹ Zie ook Bijlage B.

²² In de drukke uren zijn de treinen vaak langer en zwaarder. Bovendien rijden in de spitsuren vaak extra treinen. Het tractie-energiesysteem kan niet voldoende vermogen leveren om de treinen in de spits even snel te laten optrekken als de lichtere treinen in de daluren, wat tot langere rijtijden leidt.

²³ Zie Hoofdstuk 4.

²⁴ Het informatiesysteem VPT (Vervoer Per Trein) is vanaf het einde van de jaren 80 gefaseerd ontwikkeld en ingevoerd ter ondersteuning van het tactisch en operationeel railverkeersmanagement (zie verder Hoofdstuk 8).

- Zogenoemde taakorganisaties²⁵ leveren de diensten in de lagen inzet verkeersmiddelen en beheer verkeersmiddelen voor zover het de infrastructuur betreft. Anders dan bij het ongedeelde NS treden zij op namens de overheid.
- De producenten van de verkeersdiensten beschikken exclusief over de verkeersmiddelen personeel en materieel, terwijl de taakorganisaties namens de overheid beheer en inzet van de infrastructuur uitvoeren. Dit leidt ertoe dat de inzet van de verschillende categorieën verkeersmiddelen steeds meer uit elkaar getrokken wordt, ondanks de blijvend sterke onderlinge interactie bij de planning van de inzet.
- In de dienstregeling zijn de keuzen voor wat betreft de benuttingaspecten²⁶ intensiteit, differentiatie en verwacht afwikkelingsniveau vastgelegd. Aan verstoringsevoeligheid –het vierde aspect– wordt steeds meer waarde gehecht. Dit wordt ten eerste veroorzaakt door de zich steeds sterker manifesterende behoefte aan het leveren van een betrouwbaar eindproduct (vervoerdienst) aan de reizigers en verladers. Ten tweede wordt één van de drie taakorganisaties, NS Verkeersleiding, steeds nadrukkelijker afgerekend op haar bijdrage aan de betrouwbaarheid, te weten de operationele inzet van infrastructuur volgens het afgesproken plan²⁷. Dit is een directe consequentie van het onderbrengen van de verantwoordelijkheid voor exploitatie en infrastructuur in verschillende organisaties. Een expliciete, objectieve toets van de verstoringsevoeligheid van de in de tactische fase opgestelde dienstregeling zou vooraf moeten gaan aan de acceptatie ervan door de operationele organisatie²⁸.
- Het inzetplan in de jaarplanfase is de basis voor de “gebruiksvergoeding” of “infraheffing”, de heffing die aan de vervoerders wordt opgelegd om de kosten van het gebruik van de infrastructuur te compenseren. Deze heffing, die op 1 januari 2000 is ingevoerd, wordt gerelateerd aan de marginale kosten van het gebruik van de infrastructuur en wordt berekend op basis van het aantal treinkilometers op baanvakken en het aantal haltingen op stations.

Ondanks de hierboven aangegeven veranderingen is de fasering binnen het tactisch railverkeersmanagement grotendeels hetzelfde gebleven. Figuur 7-4 geeft aan in welke planfase een aanvraag voor infracapaciteit wordt behandeld, gegeven de termijn tot de uitvoering van de verkeersdienst waarin deze aanvraag wordt ingediend.

7.3.2 het ontwerp van de planning van de inzet van infrastructuur

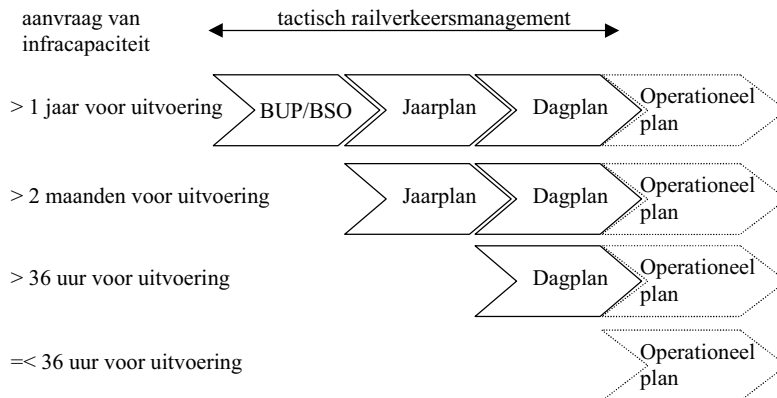
Omdat er meerdere producenten van verkeersdiensten zijn, is het van belang om de keuzes die bij het ontwerp van de inzetplanning van de infrastructuur moeten worden gemaakt, te expliciteren. Bij de analyse van de werkwijze wordt gebruik gemaakt van de ontwerpsystematiek, zoals beschreven in Hoofdstuk 5.

²⁵ Het beheer van de infrastructuur werd anno 2000 uitgevoerd door NS Railinfrabeheer. De inzet van de infrastructuur was verdeeld over Railned (tactische en strategische fase) en NS Verkeersleiding (operationele fase).

²⁶ Zie 7.1.3.

²⁷ Zie verder Hoofdstuk 8.

²⁸ Zie verder 7.5.



N.B. “BUP/BSO” staat voor “basisuurpatroon / basisspooropstelling”

Figuur 7-4 Termijn van capaciteitsaanvraag in relatie tot planfase (ontleend aan Price-WaterhouseCoopers (1999)).

doelen

Het doel van het ontwerpen van een inzetplan voor de infrastructuur is het zoveel mogelijk conform de vraag leveren van de treinpaden. De overheid, verantwoordelijk voor de infrastructuur, stelt hiervoor de regels op²⁹.

ontwerpvariabelen

Bij het ontwerp van het inzetplan worden zogenaamde *Leidende Principes*³⁰ toegepast. Deze principes, vastgesteld door de overheid, worden gehanteerd als het totaal van de aanvragen de beschikbare capaciteit overtreft, zie Tabel 7-2. Dezelfde principes worden ook in de operationele fase (bijsturing) gehanteerd. De categorieën aanpassingen ten opzichte van de aanvraag zijn gerangschikt naar toenemende impact. Op deze manier wordt getracht de oorspronkelijke capaciteitsaanvraag zoveel mogelijk intact te laten.

Tabel 7-2 Overzicht van ontwerpvariabelen (“leidende principes”) bij het ontwerp van een inzetplan voor infrastructuur (Bron: (Capaciteitsmanagement (1993)).

<i>Leidende principes</i>	<i>Tactische fase (inzetplan vaststellen)</i>	<i>Operationele fase (bijsturing)</i>
categorie 1	veranderen tijdligging	vertragen
categorie 2	veranderen route	omleiden
categorie 3	niet rijden van een trein	opheffen

De ontwerpvariabelen kunnen ook worden uitgedrukt in de vorm van benuttingsaspecten: de aan alle verkeersproducenten tezamen te leveren intensiteit (aantallen verkeersdiensten), differentiatie, en verwacht afwikkelingsniveau (verplaatsingstijden). Het vierde aspect (verstoringsevoeligheid) vormt het beoordelingscriterium.

ontwerpmethodiek

Bij het ontwerpen van een plan voor het gebruik van de infrastructuur worden de beproefde methodes voor het ontwerpen van een dienstregeling gehanteerd (zie 7.2).

²⁹ De regels zijn gepubliceerd in het Staatsblad (Koninklijk Besluit (2000)).

³⁰ Bron: Capaciteitsmanagement (1993).

randvoorwaarden

Als interne randvoorwaarde geldt het leveren van een door de overheid vastgestelde minimumvoorziening voor elk marktsegment. Daarnaast moet aan externe randvoorwaarden worden voldaan ten aanzien van milieubelasting en spoorwegveiligheid. In de strategische fase van het railverkeersmanagement worden de milieu- en veiligheidbelasting per verkeersdienst bepaald als de verkeersmiddelen worden gedefinieerd. Dan worden immers karakteristieken vastgelegd als:

- elektrische tractie of dieseltractie;
- toelating van materieeltypen (definitie van verkeersmiddelenconcepten);
- geluidsbeperkende maatregelen aan materieel en infrastructuur;
- vormgeving tunnels, bijvoorbeeld ten aanzien van brandwerendheid.

De expliciete toetsing aan de wettelijke kaders vindt veelal plaats in de jaarplanfase, omdat in die fase enerzijds de voorgenomen productie van verkeersdiensten op een voldoende detailniveau vastligt en anderzijds eventueel noodzakelijke wijzigingen nog kunnen worden doorgevoerd. Uiteraard wordt ook in eerdere fasen van de inzetplanning waar mogelijk rekening gehouden met de randvoorwaarden. Tabel 7-3 geeft een overzicht.

Tabel 7-3 Overzicht van de toetsing van de externe randvoorwaarden in de verschillende fasen van het railverkeersmanagement

<i>Toetsing externe randvoorwaarden</i>	<i>Toetsing milieurangvoorwaarden</i>	<i>Toetsing veiligheidsrandvoorwaarden</i>
strategische fase	milieuaspecten infrastructuur en materieel	veiligheidsaspecten infrastructuur materieeltoelating
tactische fase (m.n. jaarplan)	Besluit Geluidshinder Spoorwegen Hinderwetvergunning	Kadernota Railveiligheid (m.n. overwegenbeleid) ARBO-regelgeving (baanwerkers)

beoordelingscriteria

Het ontwerp dient te worden getoetst op de vier benuttingaspecten³¹. De mate waarin de te leveren intensiteit (aantallen verkeersdiensten), differentiatie, en verwacht afwikkelingsniveau (verplaatsingstijden) worden geleverd conform de vraag, kunnen uit het (dienstregelings)ontwerp worden afgeleid. Voorts wordt het ontwerp getoetst op het aspect verstoringsgevoeligheid. Railned beoordeelt het basisuurpatroon voor een bepaald jaar op het aspect verstoringsgevoeligheid door het te vergelijken met dat van het voorgaande jaar, aangevuld met de punctualiteitsgegevens voor dat jaar. De beoordeling in de vorm van een audit³² signaleert kritische onderdelen in de planning en toetst de baanvakbelasting.

7.3.3 nieuwe ontwikkeling: toedelingsregels op basis van deelmarktbenadering

De prognoses voor zowel het goederenvervoer als het reizigersvervoer voor het eerste decennium van de 21^e eeuw waren zodanig dat voorzien werd dat de vigerende toedelingsregels voor het gebruik van de capaciteit van de infrastructuur op een groot aantal trajecten tekort

³¹ Zie 7.1.3.

³² De audit van het basisuurpatroon wordt jaarlijks door Railned uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

zouden schieten. In de studie ToeRGoed³³ werd een nieuwe methodiek voor het toedelen van de capaciteit toegepast. In eerste instantie werd het probleem gereduceerd tot de keuze voor reizigers- of goederenvervoer. Echter, de toepassing van de deelmarktenbenadering³⁴ die ook aan de basis stond van de Netvisie-methodologie voor strategisch railverkeersmanagement³⁵ leidde tot een meer genuanceerde oplossing. Kenmerk is dat de verkeersmarkt werd onderverdeeld in deelmarkten voor zowel reizigers- als goederendiensten, waarbij werd geabstraheerd van de producent van de verkeersdiensten.

Per deelmarkt werd de behoefte aan treinpaden in beeld gebracht in de vorm van wensnetten. Niet alle deelmarkten konden op alle trajecten volgens de wensnetten worden gefaciliteerd. Bij het maken van de noodzakelijke keuzes werd gebruik gemaakt van een door de overheid geformuleerde prioriteitstelling tussen de deelmarkten³⁶:

- stadsgewestelijk openbaar personenvervoer;
- internationaal openbaar personenvervoer;
- conventioneel goederenvervoer;
- nationaal openbaar personenvervoer;
- zwaar goederenvervoer;
- snel goederenvervoer;
- “streekgewestelijk” (ruraal) openbaar personenvervoer;
- zeer snel goederenvervoer;
- besloten personenvervoer.

Ten tweede werden de eisen aan de treinpaden van de verkeersdiensten, zoals die waren geformuleerd in de wensnetten, aangepast aan de mogelijkheden. Deze aanpassingen hadden betrekking op lijnvoering, frequenties, rijsnelheden en halteplaatsen.

Op deze wijze werd de benutting van de capaciteit in de zin van treinkilometers met ca. 10% vergroot.³⁷ In de aantrekkelijkste optie kan naar schatting 96% van de deelmarkten voor personenvervoer en 98% van die voor het goederenvervoer worden gefaciliteerd, waarbij de referentie van 100% wordt gevormd door de bediening van de deelmarkten door de oorspronkelijke wensen van de vervoerders³⁸. Overigens wordt in deze opzet van de totale capaciteit ca. 80% gebruikt voor reizigersvervoer en 20% voor goederenvervoer.

Het moge duidelijk zijn dat de keuzes die uit deze aanpak resulteren gedetailleerd van karakter zijn en diep ingrijpen in de vrijheid van de producenten van verkeersdiensten bij het bedienen van hun markten. Anderzijds wordt door de deelmarktbenadering meer transparant hoe

³³ Railned (2000b).

³⁴ Ontwikkeld door Schaafsma en Vissers (1996).

³⁵ Zie Hoofdstuk 6.

³⁶ Bron: Koninklijk Besluit (2000).

³⁷ De benuttingsbalans uit 7.1.3 werd derhalve verschoven in de richting van een hogere waarde van het benuttingsaspect intensiteit ten koste van differentiatie en verwacht afwikkelingsniveau. De verstoring gevoeligheid werd (impliciet) constant gehouden.

³⁸ Ter vergelijking: in de “goederenoptie” worden de goederendeelmarkten voor 100% bediend, maar kan in de restruimte slechts 40% van de reizigersprognose worden gerealiseerd. In de “reizigersoptie” wordt de reizigersdeelmarkten daarentegen voor 100% bediend, maar is er voor slechts 43% van de goederenprognoses infrastructuurcapaciteit beschikbaar.

de –gedifferentieerde– behoefte aan infrastructuurcapaciteit tot stand komt en op welke alternatieve wijzen deze kan worden gefaciliteerd en resulteert per saldo een effectievere benutting van de infrastructuurcapaciteit.

7.3.4 evaluatie wijze van sturing anno 2000 en lopende ontwikkelingen

Hieronder wordt het tactisch railverkeersmanagement anno 2000 geëvalueerd in het licht van de veranderingen die de structuurwijziging bij de spoorwegen beoogden. De constateringenvormen de basis voor het formuleren van mogelijke vernieuwingen in het tactische railverkeersmanagement (7.6).

1. ontwikkeling van de wijze van sturing loopt achter bij de structuurwijziging

In grote lijnen is er in vergelijking met het tactisch railverkeersmanagement bij het ongedeelde spoorwegbedrijf weinig veranderd. De belangrijkste kenmerken zijn nog steeds:

- De planning van de verkeersdiensten voor het reizigersvervoer loopt voor op die voor het goederenvervoer.
- Voor het definiëren van het product en het vaststellen van het infrastructuurgebruik wordt hetzelfde instrument (dienstregeling) gehanteerd.
- De planningsvolgorde in het iteratieve proces is in grote lijnen:
 1. productdefiniëring en vaststellen infrastructuurgebruik;
 2. materieelinzet;
 3. personeelsinzet.
- De productiewijze is verankerd in de werkwijze, zoals het ontwerpen van een basisuurpatroon impliciet de keuze voor een gecadanceerde dienstregeling inhoudt.
- Er zijn geen expliciete afspraken over de te leveren diensten door de beheerder van de verkeersmiddelen (beschikbaarheid).

De verandering van de structuur van NS, de introductie van onafhankelijke producenten van verkeersdiensten en de toegenomen rol van de overheid ten aanzien van het gebruik van de infrastructuur heeft het tactisch railverkeersmanagement er niet eenvoudiger op gemaakt. Het aantal actoren is toegenomen, terwijl de complexiteit van de processen (zie 7.2.5) voor het overgrote deel in stand is gebleven³⁹.

2. rol van de overheid toegenomen.

Door de splitsing van de “treindienstexploitatie”⁴⁰ en “infrabeheer” heeft de overheid de zeggenschap verkregen over de infrastructuur en het gebruik ervan. We hebben in deze paragraaf geconstateerd, dat in de werkwijze anno 2000 de planning van het infrastructuurgebruik nauw is gerelateerd aan de definitie van de verkeersdiensten, met name die voor het reizigersvervoer. Dit betekent, zeker gezien de structurele schaarste aan infrastructuurcapaciteit⁴¹, dat de invloed van de overheid op het aanbod aan verkeersdiensten groter lijkt te zijn geworden, terwijl juist een grotere vrijheid en zelfstandigheid van de “marktpartijen” werd beoogd. De toe-

³⁹ Ter illustratie: in 1998 hadden het productaanbod en de materieel- en personeelsinzet werd bij NS Reizigers en het toenmalige NS Cargo gepland door 350 personen. (Bron: Prins (1998)). De planners bij andere producenten van verkeersdiensten, en bij de taakorganisaties moeten hierbij nog worden opgeteld.

⁴⁰ Met “treindienstexploitatie” wordt –in de terminologie van het Lagenmodel– bedoeld op de productie van verkeers- en vervoerdiensten.

⁴¹ Het betreft niet alleen “technische” capaciteit, maar ook de milieu- en veiligheids capaciteit.

genomen invloed van de overheid komt, bijvoorbeeld, tot uitdrukking in de gedetailleerde toedelingsregels, die door de overheid worden vastgesteld.

Ook aan de “bovenkant van het Lagenmodel” is de invloed van de overheid groter dan bij het ongedeelde spoorwegbedrijf. Zo worden bij concessieverleningen voor collectief reizigersvervoer minimumeisen gesteld aan het voorzieningenniveau aan de reizigers (vervoeraanbod) die echter in termen van eisen aan de kwaliteit van de verkeersdiensten in plaats van vervoerdiensten worden geformuleerd⁴². Dit is overigens zeer verklaarbaar, omdat ook de “vervoerder” het onderscheid tussen verkeers- en vervoerdiensten niet of nauwelijks maakt.

De resultante van deze ontwikkelingen is dat de overheid voor wat betreft het reizigersvervoer diep ingrijpt op de “treindienstexploitatie”. Enigszins gechargeerd kan worden gesteld, dat via de concessies door de overheid wordt voorgeschreven wat minimaal moet worden geproduceerd, en via de regels voor het gebruik van de infrastructuur schaarse capaciteit wordt toegedeeld die slechts ruimte biedt voor de productie van bepaalde verkeersdiensten met een bepaalde productiewijze.

Achterliggende gedachte is dat railinfrastructuur zeer duur is en dat de capaciteit ervan zo goed mogelijk moet worden benut, met name door verkeersdiensten die een bijdrage leveren aan het mobiliteitsbeleid van de overheid. Op zich is deze gedachte legitiem, echter door de gedetailleerde sturen (veelal op input) worden de stimulerende werking van een marktbenadering en prikkels voor innovatie teveel uitgeschakeld. Er is behoefte aan een globalere sturing (op output) door de overheid, waarbij de producenten van verkeers- en vervoerdiensten voldoende ruimte krijgen voor de definitie van hun diensten en productiewijze en een efficiënte benutting van de schaarse infrastructuurcapaciteit zoveel mogelijk via marktmechanismen tot stand komt.

3. behoefte aan integraal railverkeersmanagement.

De milieu- en veiligheidsaspecten worden veelal als autonome randvoorwaarden gehanteerd, waarbinnen het “technische capaciteitsmanagement” zich afspeelt. De randvoorwaarden kunnen ook worden geformuleerd in capaciteitstermen: Welke milieucapaciteit en veiligheids capaciteit is beschikbaar voor de productie van verkeersdiensten?

De externe randvoorwaarden zullen in de moderne maatschappij steeds belangrijker worden, waarbij de vergelijking met het luchtverkeersmanagement (zie 7.4.1) zich opdringt. Dit versterkt de behoefte aan *integraal* railverkeersmanagement, waarbij de inzet van de technische capaciteit in evenwicht is met de inzet van milieu- en veiligheids capaciteit en tegelijkertijd de inzet van de verschillende categorieën verkeersmiddelen (infrastructuur, materieel en personeel) in balans is. Tabel 7-4 brengt dit in beeld.

4. infraheffing nog geen instrument van marktwerking

Sinds 1 januari 2000 betalen de gebruikers een prijs voor het gebruik van de Nederlandse railinfrastructuur, de zogenoemde infraheffing. Bij het introduceren van prijzen voor het gebruik van de infrastructuur zijn twee aspecten van belang: de heffingsgrondslag (welke gebruikseenheid wordt gehanteerd) en de hoogte van het tarief (gerelateerd aan de kosten of gerelateerd aan de markt).

⁴² Het betreft, bijvoorbeeld, differentiatie van verkeersdiensten met halteringsplaatsen en frequenties en de te realiseren punctualiteit van de verkeersdiensten.

Tabel 7-4 Aspecten van integraal railverkeersmanagement.

<i>Integraal railverkeersmanagement</i>	<i>Aspecten</i>	<i>Infrastructuur</i>	<i>Materieel</i>	<i>Personeel</i>
technische capaciteit	intensiteit			
	differentiatie			
	verwacht ontwikkelingsniveau			
	verstoringgevoeligheid			
milieu Capaciteit	geluid			
	emissies			
	externe veiligheid			
	...			
veiligheids Capaciteit	overwegen			
	verkeersobjecten			
	niet rijdend personeel			
	passanten			

De in Nederland vooralsnog gekozen heffingsgrondslag bestaat uit het aantal treinkilometers en het aantal haltingen. Bij het vaststellen van de hoogte van het tarief is een relatie gelegd met variabele kosten (met name om instandhoudings- en bedieningskosten en beheerkosten van stations te compenseren). De vaste kosten (technische, milieu- en veiligheids Capaciteitskosten) worden niet doorbelast. Voor het gebruik van de andere verkeersmiddelen (materieel en personeel) betaalt de producent van verkeersmiddelen echter wel de integrale kosten, wat een zekere onbalans tussen de verkeersmiddelen met zich meebrengt. Producenten van verkeersdiensten zijn –meer dan bij de ongedeelde spoorwegen– geneigd om te optimaliseren naar de inzet van materieel en personeel en daarmee een relatief grote claim op –in verhouding te laag geprijsde– infracapaciteit te leggen.

In het systeem van infraheffing anno 2000 worden zowel heffingsgrondslag als tarief vastgesteld door de overheid met als doel een deel van de kosten van de infrastructuur te compenseren. De infraheffing is in deze vorm daarom eerder een vorm van (wegen)belasting dan een instrument ten behoeve van marktwerking.

7.4 Luchtverkeersmanagement

In deze paragraaf zoeken we naar parallellen tussen het luchtverkeerssysteem en het railverkeerssysteem. Het doel is om te bezien of sturingsmechanismen bij het luchtverkeersmanagement een basis voor vernieuwingen van het railverkeersmanagement kunnen betekenen. Daarbij zullen we er rekening mee houden dat er ook wezenlijke verschillen zijn tussen het lucht- en het railverkeerssysteem. Deze hebben betrekking op technisch-fysische omstandigheden zoals het verschil in vrijheidsgraden bij de beweging van een vliegtuig en een trein, maar ook op de verschillen in concurrentiepositie op de verkeers- en vervoermarkt en de daaruit volgende eisen die aan de verkeersdiensten worden gesteld.

We concentreren ons op het tactisch management, de planning van de inzet van de verkeersmiddelen, met verwijzingen naar de strategische en operationele fase van het verkeersmanagement. Het zwaartepunt zal worden gelegd op:

- infrastructuur, in relatie tot andere verkeersmiddelen (met name het materieel);
- luchthaven Schiphol, als knooppunt in het internationale netwerk van luchtinfrastructuur.

De reden om de aandacht te richten op Schiphol is –naast praktische redenen– het feit dat eind jaren 90 door de toenemende vraag en stagnerende groei van het aanbod de capaciteit van met name de start- en landingsbanen van Schiphol een schaars goed is geworden. Dit heeft geleid tot een sterkere vorm van tactisch verkeersmanagement (inzetplanning), te weten de keuze van Schiphol om per 1 april 2000 een zogenoemd *fully co-ordinated* luchthaven⁴³ te worden, waarmee de parallellen tussen het luchtverkeersmanagement en het railverkeersmanagement groter zijn geworden.

Het luchtverkeerssysteem beschikt over een sterke concurrentiepositie. Voor reizigersvervoer en voor het vervoer van hoogwaardige en relatief lichte goederen over lange afstanden (groter dan ca. 500 km) is er nauwelijks sprake van concurrentie van andere modaliteiten. Onder 500 km is er concurrentie van het wegverkeerssysteem en het railverkeerssysteem. Laagwaardige en zware goederen worden ook over zeer lange afstanden per trein of per schip vervoerd.

Anders dan bij het railverkeerssysteem is er een sterke concurrentie tussen verschillende knooppuntstations (luchthavens). De reden is dat bij zeer lange afstanden (intercontinentale vluchten) de vliegtijd (en dus route) binnen Europa minder bepalend is voor het aanbod dan bij het railverkeerssysteem, zodat een concurrerende prijs is te bereiken door een bundeling van vervoerstromen op de intercontinentale route (*hub-and-spoke* systeem). Dit betekent dat in principe elke (grote) luchthaven binnen Europa als *hub* zou kunnen functioneren, met de daaruit voortvloeiende economische voordelen.

Bij de analyse van het (tactisch) luchtverkeersmanagement hanteren we de opzet uit 7.3:

- vaststellen verkeersplan, vaststellen behoefte aan “vliegpaden”⁴⁴;
- inzetplanning;
- vaststellen beschikbaarheid verkeersmiddelen;
- balans tussen intensiteit en kwaliteit.

De analyse wordt voorafgegaan door een korte bespreking van de milieu- en veiligheidsrandvoorwaarden.

7.4.1 externe randvoorwaarden

In het luchtverkeersmanagement staat de veiligheid voorop, gevolgd door efficiency en geluidswering⁴⁵. Veiligheidsnormeringen zijn veelal in internationaal verband voorgeschreven en geven derhalve weinig speelruimte voor het verkeersmanagement. Ten aanzien van de milieurandvoorwaarden is de nationale beleidsvrijheid veel groter. In Nederland speelt het luchtverkeer zich af binnen grenzen met betrekking tot de volgende aspecten:

⁴³ Zie 7.4.4.

⁴⁴ Analooq aan het begrip “treinpad” gebruiken we de term “vliegpap” als eenheid voor de inzet van luchtverkeersmiddelen voor het verlenen van een luchtverkeersdienst.

⁴⁵ Bron: Kamphuis (1998).

- geluidshinder;
- externe veiligheid⁴⁶;
- luchtvervuiling;
- bodem- en waterkwaliteit;
- ruimtelijke kwaliteit;
- volksgezondheid.

De milieucapaciteit wordt in de praktijk vooral bepaald door de eisen die aan de emissie van geluid worden gesteld⁴⁷:

- niet meer dan een vastgesteld aantal huizen binnen een bepaalde hindercontour;
- beperkt vliegverkeer in nachturen;
- uitstroom lawaaiige (“*Chapter 2*”) vliegtuigen.

Voor Schiphol wordt door de overheid jaarlijks het aantal toegestane starts en landingen vastgesteld. De milieucapaciteit is daarmee een bepalende randvoorwaarde geworden. Als gevolg hiervan is het management van de milieucapaciteit een integraal onderdeel van de inzetplanning geworden (zie, bijvoorbeeld, Tabel 7-7). In 1998 bedroeg het maximaal aantal vliegbewegingen 380.000.

Ook bij de benutting van de luchtruimcapaciteit speelt de milieurandvoorwaarde een rol. Met name vanwege de aspecten externe veiligheid en geluidhinder wordt de luchtruimcapaciteit ingedeeld in luchtcorridors. Hierbij moet overigens ook rekening worden gehouden met militaire zones, die niet openstaan voor de civiele luchtvaart.

7.4.2 vaststellen verkeersplan, vaststellen behoefte aan vliegpaden

Het strategisch kader voor het tactisch luchtverkeersmanagement in Nederland wordt gevormd door het Uitbreidingsplan 1995 – 2015 voor Schiphol⁴⁸. Dit plan, waarvan de aanleg van een vijfde start- en landingsbaan deel uitmaakt, biedt geen ruimte voor een ongebreidelde groei van het luchtverkeer. Een plafond van maximaal 44 miljoen passagiers in 2015 betekent dat de groei slechts selectief gefaciliteerd kan worden. Onderdeel hiervan is de verplaatsing van de zogenoemde *general aviation*⁴⁹ en substitutie van het korte afstandverkeer naar de rail (met name de hoge snelheidsverbindingen naar het zuiden en oosten).

De verkeersvraag wordt uitgedrukt in vliegbewegingen (starts en landingen). De verkeersvraag is sterk gerelateerd aan de prognoses voor het vervoer van passagiers en goederen. Figuur 7-5 laat zien dat dit met name geldt voor het passagiersvervoer. De prognoses wijzen uit dat het aantal vliegbewegingen verder door zal groeien: van 362.000 in 1997 naar 460.000 in 2002 en 700.000 in 2015⁵⁰.

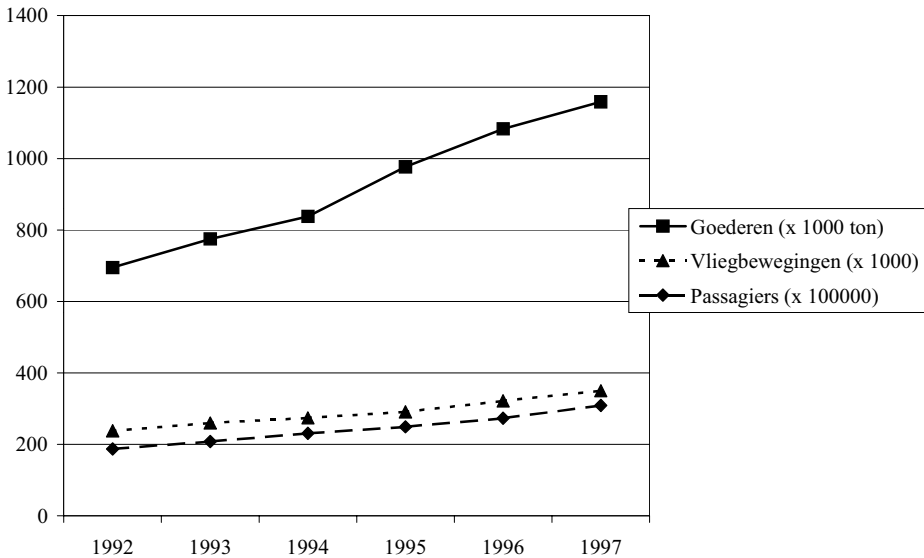
⁴⁶ Zie Tabel 7-4.

⁴⁷ Bron: Kamphuis (1998).

⁴⁸ Veldhuis (1998).

⁴⁹ Hiermee wordt bedoeld: vluchten zonder commerciële vervoerfunctie, zoals lesvluchten.

⁵⁰ Bron: Kamphuis (1998).



Figuur 7-5 De ontwikkeling van het vervoer en het luchtverkeer op Schiphol.

De KLM is de grootste producent van verkeersdiensten op Schiphol. Zij neemt ca. 50% van de vliegbewegingen voor haar rekening⁵¹. De door KLM geformuleerde verkeersvraag is daarom bepalend voor de inzetplanning van de capaciteit van Schiphol. Om zoveel mogelijk goede aansluitingen aan haar passagiers te bieden, hanteert de KLM een zogenoemd drie-blokken-systeem. Drie keer per dag arriveren uit alle richtingen vliegtuigen. Passagiers kunnen overstappen –hiervoor wordt een uur gerekend– en de vliegtuigen vertrekken weer. Nadeel van dit systeem is een ongelijkmatige verdeling van de verkeersvraag over het etmaal en daarmee een ongelijkmatige benutting van de capaciteit.

7.4.3 vaststellen beschikbaarheid verkeersmiddelen

De voor de capaciteit maatgevende verkeersinfrastructuur op en om Schiphol wordt gevormd door de start- en landingsbanen⁵², zie Tabel 7-5. Het gebruik van de andere infrastructuurelementen wordt hierop afgestemd.

Landen vereist een grotere volgtijd tussen vliegtuigen dan starten. De capaciteit van een baan wordt dan ook uitgedrukt in het maximale aantal aankomsten per uur⁵³. De capaciteit is sterk afhankelijk van de heterogeniteit van het verkeer en de weersomstandigheden. Zo is de maximale capaciteit van een start- en landingsbaan op Schiphol 36 aankomsten per uur. Bij heterogeen verkeer zakt deze tot 32 of minder, bij slecht zicht zelfs tot 14 aankomsten per uur. Verder worden de gebruiksmogelijkheden beperkt door het reguliere onderhoud aan de banen.

⁵¹ Deze waarde is zelfs 65% als we de aan de KLM gelieerde maatschappijen meetellen (Kamphuis (1998)).

⁵² Rijksluchtvaartdienst (1997).

⁵³ Bron: Kreutzberger en Vleugel (1992).

Tabel 7-5 Benutting van infrastructuurelementen van Schiphol in 1995 (Bron: Rijksluchtvaartdienst (1997)).

<i>Infrastructuur</i>	<i>Eenheid van benutting</i>	<i>Benuttingsratio⁵⁴ (1995)</i>
terminal	aantal passagiers / terminalcapaciteit	0,86
baan (piek)	aantal vliegbewegingen in een piekuur / baancapaciteit per uur	1,04 ⁵⁵
baan (jaar)	aantal vliegbewegingen in een piekuur / baancapaciteit per jaar	0,76
platform	aantal vliegbewegingen in een piekuur / platformcapaciteit	0,68
<i>gates</i>	0,5 aantal vliegbewegingen in een piekuur / aantal <i>gates</i>	0,65

Het gebruik van verschillende combinaties van banen voor starten en landen is afhankelijk van (dwars)wind en zicht (zie Tabel 7-6). De totale capaciteit van Schiphol wordt gesteld op maximaal 90 vliegbewegingen (starten en landen) in een piekuur met drie banen simultaan in gebruik⁵⁶.

Tabel 7-6 Capaciteit van Schiphol voor landende vliegtuigen (Bron: Kamphuis (1998)).

<i>Combinatie van landingsbanen</i>	<i>Capaciteit (aankomsten per uur)</i>	<i>Beschikbaarheid (% per jaar)</i>
twee onafhankelijke landingsbanen	66	76
één onafhankelijke landingsbaan plus één baan voor zowel starten en landen	56	13
twee afhankelijke (kruisende) landingsbanen	50	2
één landingsbaan	36 of minder	9

Er is een grote mate van differentiatie in het verkeersmiddel materieel, de vliegtuigen. De materieelkenmerken die bepalend zijn voor de capaciteit van infrastructuur en ook voor de benodigde capaciteit aan luchtverkeersleiders (verkeersmiddel personeel) zijn de volgende⁵⁷:

- gewicht: variërend van 6 tot 320 ton;
- snelheid bij de nadering van de luchthaven: variërend van 110 tot 220 knopen;
- navigatiesysteem: Is bij slecht zicht landen op instrumenten mogelijk?
- geluidemissie: *Chapter 2* of 3 –vliegtuigen.

Ook de ondersteunende systemen die door de operationele verkeersleiding worden gebruikt zijn van belang voor de capaciteit van de luchtverkeersinfrastructuur. Dit geldt bijvoorbeeld voor de minimaal vereiste separatie⁵⁸ tussen de vliegtuigen –en daarmee de minimale volgtijd. Ook het aantal vliegtuigen dat simultaan door een verkeersleider kan worden begeleid hangt

⁵⁴ Een waarde groter dan 0,9 duidt op congestie.

⁵⁵ Een benuttingsratio groter dan 1 betekent in feite dat er meer vliegbewegingen worden gepland (of een ongunstigere verhouding tussen landen en starten wordt gepland) dan waarvoor er capaciteit is. De vertraging die dit onvermijdelijk met zich meebrengt wordt geaccepteerd, omdat deze in de periode na de piek kan uitdempen.

⁵⁶ In 1997 werden in een piekuur met 3 simultane banen soms zelfs meer dan 100 vliegbewegingen per uur verwerkt (Kamphuis (1998)).

⁵⁷ Bron: Kamphuis (1998).

⁵⁸ Alleen al binnen Europa kunnen de minimale separatieafstanden een factor 10 verschillen (Bron: Kreutzberger en Vleugel (1992)).

sterk af van de ondersteunende systemen. Tenslotte speelt de compatibiliteit van de systemen een rol bij de overdracht van vliegtuigen tussen verschillende verkeersleidinggebieden. Vooral bij nationale grenzen komt het vaak voor dat een doorgaande verkeersdienst niet mogelijk is en vliegtuigen in een buffer moeten wachten op een “vliegp pad”.

7.4.4 inzetplanning

Sinds 1 april 2000 is Schiphol een *fully co-ordinated airport*⁵⁹. Dat betekent dat voor elke vliegbeweging een *slot* toegekend moet zijn. Een *slot* is een bepaald tijdsvenster, bijvoorbeeld vijf minuten, waarin een bepaald aantal vliegbewegingen kunnen worden uitgevoerd. Als de producent van de verkeersdienst niet in staat is het toegewezen *slot* te benutten, moet achteraan de rij wachtenden aangesloten worden voor een volgend *slot*.

Als een luchthaven niet “formeel gecoördineerd” is, kunnen vluchten niet worden geweigerd, ondanks eventueel tekort schietende capaciteit. Producenten van verkeersdiensten kunnen hun vluchten plannen zoals ze wensen, waarbij soms bewust het risico van vertraging door congestie in piekuren wordt genomen⁶⁰. Deze vrijheid maakt een niet-gecoördineerde luchthaven aantrekkelijker voor de gebruikers. Het overgaan naar een formeel gecoördineerde status gebeurt derhalve slechts als het capaciteitstekort dit noodzakelijk maakt. In dit opzicht lijkt het luchtverkeerssysteem op het wegverkeerssysteem.

De heterogeniteit van het luchtverkeer is van sterke invloed op het aantal vliegbewegingen dat in een uur kan worden uitgevoerd (de zogenoemde slotcapaciteit). De afstand die een licht vliegtuig moet bewaren tot een zware voorganger is volgens de internationale veiligheidsvoorschriften twee maal zo groot als die tot een lichte voorganger⁶¹. Dit is het gevolg van de turbulentie in de luchtstromen (*wake turbulence*). Dit betekent in de praktijk dat lichte vliegtuigen in piekuren (of zelfs geheel) worden geweerd van de luchthaven. Ook zonder lichte vliegtuigen verschillen de vereiste separatieafstanden bij landing aanzienlijk. Een *medium* vliegtuig moet na een *heavy* vliegtuig ca. 50 % meer volgtijd in acht nemen dan na een ander *medium* vliegtuig⁶². Dit betekent dat het luchtverkeersmanagement de benutting van de kritieke capaciteit kan optimaliseren door het homogeniseren van het vliegverkeer naar plaats en tijd. Tenslotte speelt de beschikbaarheid van de verkeersmiddelen (zie Tabel 7-6) een belangrijke rol bij de vaststellen van de actuele slotcapaciteit. Tabel 7-7 geeft een overzicht van de activiteiten bij de planning van de inzet van de luchthavencapaciteit.

Als de behoefte aan *slots* in een bepaalde periode groter is dan de capaciteit ontstaat voor de producent van de verkeersdiensten een “planmatige wachttijd”, omdat de vertrek- of aankomsttijden niet in het gewenste *slot* kunnen worden gepland. Deze afstemming van vraag en aanbod vindt voor het belangrijkste deel plaats tijdens de dienstregelingconferentie, die ca. 7 maanden voor de realisering van een zomer- of winterdienstregeling wordt gehouden.

⁵⁹ Bron: Kamphuis (1998).

⁶⁰ Bron: Viveen (1996).

⁶¹ Bron: Kreutzberger en Vleugel (1992).

⁶² De internationale normering onderscheidt de categorieën *light* (<7000 kg), *medium* (tussen 7000 en 140.000 kg) en *heavy* (> 140.000 kg). Bron: Pouwels (1990), geciteerd in Kreutzberger en Vleugel (1992).

De tactische periode omvat ongeveer een jaar. Tot een jaar voor realisatie kan gesproken worden van strategisch management. Een uur voor de realisatie wordt het management operationeel. In de operationele fase is het management van de luchthavencapaciteit ondergeschikt aan de management van de (Europese) netwerkcapaciteit. Om de verkeersstromen zodanig te reguleren dat de actuele vraag het aanbod niet overstijgt worden alle vluchtplannen door het lokale verkeersmanagement minimaal één uur voor vertrek aangemeld bij de *Central Flow Management Unit* in Brussel. Hiermee wordt de stroom naar de luchthavens afgestemd op de actuele capaciteit ter plaatse, die bijvoorbeeld door weersomstandigheden veel lager kan zijn dan de technische capaciteit. De feitelijke toewijzing van een vertrek- of landingsmogelijkheid aan een vliegbeweging vindt plaats als een vliegtuig gereed voor vertrek is gemeld, respectievelijk als zijn aankomsttijdstip met een grote zekerheid kan worden voorspeld. Daarbij kan het voorkomen dat –indien de momentane situatie dit toelaat– vliegtuigen te vroeg aankomen of vertrekken. Met deze flexibele operationele toewijzing van capaciteit wordt voorkomen dat ondanks de allocatie van *slots* kostbare capaciteit niet wordt gebruikt.

Tabel 7-7 Planningsactiviteiten bij de inzet van luchthavencapaciteit op Schiphol (Bron Kamphuis ((1998)).

Periode tot realisatie	Planningsactiviteit
tot 1 jaar	strategisch management (prognoses, verkeersstructuur, capaciteit ontwikkelen)
1 jaar	vaststellen geluidscapaciteit (in 1998: 380.000 vliegbewegingen); vaststellen maximale (technische) capaciteit (in 1998: 102 vliegbewegingen per uur)
7 maanden	wereldwijde dienstregelingconferentie (resultierend in de behoefte aan <i>slots</i> gedurende een zomer- respectievelijk winterseizoen)
6 tot 0 maanden	allocatie van <i>slots</i>
0 maanden	aanpassingen van de slotallocatie, toegevoegde vluchten enz.
2 dagen tot 1 uur	regulering van de stroom vliegbewegingen in het Europese luchtruim
1 tot 0 uur	operationeel plan en uitvoering

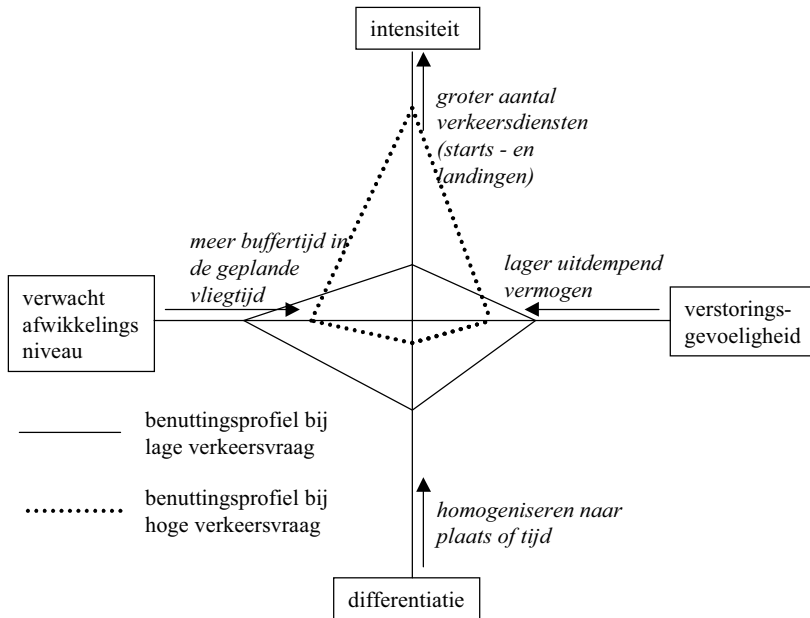
De verschillende luchtvaartmaatschappijen (vervoerders –producenten van verkeersdiensten) maken elk hun eigen inzetplannen voor de verkeersmiddelen materieel en personeel. Na de toewijzing van de *slots* gebeurt deze inzetplanning in principe onafhankelijk van de planning van de inzet van de infrastructuurcapaciteit. Door de sterke concurrentie tussen de luchtvaartmaatschappijen is de noodzaak voor efficiency dusdanig groot dat er ingewikkelde omlopen van materieel en personeel ontstaan die soms erg verstoringgevoelig zijn.

7.4.5 balans tussen intensiteit en kwaliteit

Het vaststellen van de slotcapaciteit van een luchthaven is in feite het vaststellen van de benuttingbalans⁶³, de balans tussen intensiteit (aantal vliegbewegingen) en kwaliteit (met name de verstoringgevoeligheid en de gemiddelde snelheid gegeven de te verwachten heterogeniteit), zie Figuur 7-6. Het aantal vliegbewegingen dat in een piekuur kan worden afgehandeld kan stijgen, als de geplande vliegtijd zodanig groot is dat de vliegtuigen voor het landen in

⁶³ De benuttingbalans werd voor het rail- en het wegverkeerssysteem geïntroduceerd in 7.1.3.

een buffer kunnen worden opgevangen⁶⁴, waarna ze met minimale tussenruimte één voor één kunnen landen. Ook het vergroten van de homogeniteit, wat één van de achterliggende redenen vormde voor het sluiten van Schiphol voor *general aviation*⁶⁵ en het accepteren van een lager uitdempend vermogen (wat zich uit in een lagere punctualiteit) vergroot de mogelijke intensiteit.



Figuur 7-6 De balans bij het benutten van de kritieke capaciteit van een luchthaven.

Bij het toetsen van de geplande benutting van de beschikbare capaciteit wordt meestal geen rekening gehouden met de beperkingen in de beschikbare capaciteit die gedurende een jaar zullen optreden (zie bijvoorbeeld Tabel 7-5). De vertragingen die daardoor optreden vallen vaak binnen de toegestane marge. In de praktijk worden in piekuren vaak zelfs iets meer vliegbewegingen gepland dan er (theoretische) capaciteit beschikbaar is om zeker te zijn van een intensieve benutting van de capaciteit⁶⁶. Er wordt vanuit gegaan dat vertragingen in principe na de piekuren kunnen uitdempen.

De aard van het luchtvervoer (lange afstanden, lange verplaatsingstijden) leidt ertoe dat de punctualiteit van het vliegverkeer lange tijd weinig aandacht heeft gekregen. Echter onder meer door de toename van de benuttinggraad van de verkeersmiddelen (wat niet alleen geldt voor de infrastructuur maar vanwege de vereiste efficiency ook voor het materieel) zijn de vertragingen eind jaren 90 zo sterk toegenomen, dat reizigers te vaak een aansluitende vlucht

⁶⁴ In de door vervoermaatschappijen aan de reizigers aangeboden reistijd kan een flinke marge zitten om vertragingen op te vangen. Zo is de technisch minimale vliegtijd van Amsterdam naar Londen ca. 55 minuten, terwijl aan de passagiers een reistijd van 75 minuten wordt aangeboden, wat een toeslag van 35% betekent! Voor langere afstanden geldt een toeslag van 10 a 20 %, waarmee ook de verschillen in tegenwind, belading en dergelijke kunnen worden gecompenseerd. (Bron: Kamphuis en Pouwels (1996)).

⁶⁵ Zie 7.4.2.

⁶⁶ Bron: Kamphuis en Pouwels (1996).

missen, wat het functioneren van het blokkensysteem⁶⁷ bedreigt⁶⁸. Dit betekent dat de noodzaak voor een sterk luchtverkeersmanagement op tactisch niveau toenam, wat tot uitdrukking kwam in de keuze van Schiphol om per 1 april 2000 een *fully co-ordinated* luchthaven te worden.

7.4.6 vergelijking met het railverkeerssysteem

Ten aanzien van veel aspecten blijkt een vergelijking tussen het luchtverkeerssysteem en het railverkeerssysteem zinvol, soms vanwege de opmerkelijke overeenkomsten, soms vanwege essentiële verschillen. We zullen hieronder ingaan op een aantal aspecten waarbij interessante aanknopingspunten voor de vernieuwing van het railverkeersmanagement kunnen worden gesignaleerd.

1. verkeersmanagement in relatie tot het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Het doel van het luchtverkeersmanagement is als volgt verwoord: "...levert een dienst waarvoor *operators* hun geplande vertrek- en aankomsttijden kunnen realiseren onder respectering van de geprefereerde vluchtprofielen"⁶⁹. Hieruit blijkt dat het Lagenmodel (impliciet) van toepassing is, zij het dat het verkeersmanagement wordt toegespitst op de inzet van het verkeersmiddel infrastructuur, niet op de inzet van de andere verkeersmiddelen en de productie van verkeersdiensten. De producenten van verkeersdiensten (de luchtvaartmaatschappijen) worden nadrukkelijk als afnemers van de dienst gezien. Evenals de *vervoerders* in het railverkeerssysteem zijn de luchtvaartmaatschappijen in het luchtverkeerssysteem producent van zowel vervoer- als verkeersdiensten. Echter, eindgebruikers (reizigers en verladers) betrekken hun vervoerdienst meestal niet rechtstreeks bij de producent (de luchtvaartmaatschappij), zoals dat bij het vervoer per trein wel het geval is.

In het Nederlandse luchtverkeerssysteem opereren meerdere luchtvaartmaatschappijen, met de KLM-groep als dominante partij. Dit is vergelijkbaar met de situatie op het Nederlandse spoorwegnet met meerdere vervoerders, gedomineerd door NS Reizigers. De dominantie van NS Reizigers (ca. 90 % van de treinkilometers) is overigens veel groter dan die van de KLM (ca. 50 % van de vliegbewegingen). Bij het vaststellen van de inzetplanning is evenals bij het railverkeerssysteem overleg tussen de verschillende vragers (de luchtvaartmaatschappijen) en aanbieders van infrastructuurcapaciteit (de luchthavens) het gehanteerde instrument. Marktwerving, bijvoorbeeld door het beprijzen van schaarste, is ook in het luchtverkeerssysteem geen gemeengoed. Een belangrijk verschil tussen rail en lucht is daarbij de concurrentie tussen luchthavens, wat weinig speelruimte laat voor tarieven voor het gebruik van de luchthavens.

Opmerkelijk is dat in het luchtverkeerssysteem de rol van de producenten van verkeersdiensten (de luchtvaartmaatschappijen) van oudsher dominant is ten opzichte van de verschaffers en de verdelers van de infrastructuurcapaciteit. Luchthavens zorgden uit concurrentieoverwegingen voor voldoende capaciteit om alle aanvragen te kunnen honoreren. Voor de luchtvaartmaatschappijen waren materieel en personeel –de voornaamste kostendragers– de belangrijkste factor bij het plannen van de inzet van verkeersmiddelen. Nu de beperkingen in de

⁶⁷ Het blokkensysteem is beschreven in 7.4.2.

⁶⁸ Bron: Kamphuis (1998).

⁶⁹ Citaat uit Kamphuis (1998). Met *operators* wordt bedoeld op de vervoerders, de luchtvaartmaatschappijen.

infrastructuurcapaciteit zich meer en meer manifesteren groeit de invloed van de beheerders en verdelers hiervan.

In het railverkeerssysteem waren de infrastructuurbeheerders van oudsher dominant, met name ingegeven door de hoge kosten van railinfrastructuurcapaciteit en door hun monopoliepositie⁷⁰. Nu groeit daarentegen de rol van de producenten van vervoer- en verkeersdiensten vanuit het besef dat zij bepalend zijn voor het eindproduct aan de reizigers en verladers, en daarmee voor de rol van het railverkeerssysteem op de verkeersmarkt.

2. integraal verkeersmanagement

In het luchtverkeersmanagement neemt het milieuaspect een dominante plaats in. Met name de geluidsvoorschriften hebben een sterkere invloed op de feitelijke capaciteit dan de technische mogelijkheden. De veiligheidsvoorschriften zijn, evenals bij het railverkeer, geïntegreerd in de berekening van de actuele (technische) capaciteit. De tendens is om ook de gevolgen van de milieuvoorschriften voor de capaciteit hierin integraal mee te nemen, zodat een vorm van integraal verkeersmanagement ontstaat. Het management van het luchtverkeer loopt hierin voor op dat van het railverkeer. Het beperken van de toelating van lawaaiig of vervuילend materieel op het spoorwegnet, bijvoorbeeld, is vooralsnog niet van de grond gekomen⁷¹.

3. netwerk met ontkoppelpunten

Evenals het railverkeerssysteem kan het luchtverkeerssysteem worden gezien als een netwerk van knopen (luchthavens) en pijpen (luchtcorridors). De analogie kan verder worden doorgetrokken naar de onderverdeling van de knooppunten in perronsporen (de *gates*) waar de uitwisseling met de vervoerssystemen plaatsvindt en de schakel tussen de knopen en pijpen: de wisselcomplexen in het railverkeerssysteem en de start- en landingsbanen (plus de platforms voor het taxiën van en naar de *gates*) in het luchtverkeerssysteem.

Ook in het luchtverkeerssysteem is het begrip *netwerkcapaciteit* van belang. Echter, hierna zal blijken dat door de aanwezigheid van ontkoppelpunten (buffers in tijd en plaats) netwerkcapaciteit sterker wordt bepaald door de afzonderlijke capaciteit van de knopen en pijpen dan in het railverkeerssysteem, waar door het nagenoeg ontbreken van ontkoppelpunten de feitelijk benutbare capaciteit van de verschillende onderdelen van het netwerk sterker wordt bepaald door de onderlinge samenhangen in het netwerk. In het luchtverkeerssysteem geldt in sterkere mate dan in het railverkeerssysteem dat een flessenhals de capaciteit van het gehele netwerk bepaalt.

Een essentieel verschil met het railverkeerssysteem is de aanwezigheid van ontkoppelpunten of buffers bij de feitelijke benutting van de capaciteit in het luchtverkeerssysteem. Als de actuele capaciteit om te landen tekort schiet, komen vliegtuigen in een buffer terecht. Dit is te vergelijken met een file van wachtende treinen voor een inrijsein⁷² van een station. Het verschil is dat voor treinen in de buffer volgordewisselingen niet mogelijk zijn. Ingrijpender is het dat in het railverkeerssysteem de inzet van de infrastructuurcapaciteit wordt gebaseerd op

⁷⁰ Er is immers niet of nauwelijks sprake van concurrentie tussen spoorlijnen of stations.

⁷¹ Zie, bijvoorbeeld, Railned (2000a).

⁷² Het inrijsein van een station markeert in het vigerende beveiligingssysteem de overgang van vrije baan (met automatische seinen) naar het stationsemplacement, waarvan de seinen door de operationele railverkeersleiding worden bediend.

een vlekkeloze realisering van het plan (de dienstregeling). Dit veroorzaakt een intrinsieke instabiliteit, omdat de belasting van baanvakken, wisselcomplexen en splitsingspunten gebaseerd wordt op rijdende treinen. De bezettingstijd van een infrastructuurelement door treinen die volgens planning rijden is lager dan wanneer treinen na verblijf in een wachtrij weer op gang komen, zodat een verstoring vaak een volgende verstoring veroorzaakt. De toegepaste toeslag op de rijtijd en de buffertijd is meestal te gering om deze opslinging van verstoringen voldoende te compenseren.

In feite is er in het railverkeerssysteem geen sprake van een buffer of ontkoppelpunt bij het rijden van knoop naar knoop, maar ligt het ontkoppelpunt in het eindpunt⁷³. Er is geen buffer in *plaats*, omdat dit teveel ruimte zou vergen (een aantal opstelsporen vóór de knoop waar treinen kunnen wachten en eventueel van volgorde wisselen) en niet of nauwelijks in *tijd*, omdat grotere toeslagen op de rij- en halteertijden de kwaliteit van het vervoeraanbod te veel zouden verslechteren (te lange verplaatsingstijden). In het luchtverkeerssysteem functioneert de buffer tot op zekere hoogte wel als ontkoppelpunt. De in de planning toegepaste toeslagen op de technisch minimale vliegtijden zijn relatief groot, zodat flessenhalzen in de capaciteit intensief kunnen worden benut.

De conclusie is dat de capaciteit van het netwerk als geheel in het railverkeerssysteem een dominantere plaats inneemt ten opzichte van de capaciteit van de afzonderlijke knopen en pijpen dan bij het luchtverkeerssysteem. Dit betekent dat een gedetailleerde centrale netwerkplanning van het gebruik van infrastructuur noodzakelijk is, tenzij ervoor wordt gekozen om anders om te gaan met de planning van marges en buffers in het systeem⁷⁴.

4. aanbod aan eindgebruikers niet identiek aan planning van het infrastructuurgebruik

In het railverkeerssysteem wordt met behulp van een gedetailleerde planning nagegaan of de beschikbare capaciteit altijd en overal voldoet aan de vraag en is deze planning de norm bij de realisering van de verkeersdiensten. Deze planning moet lang van tevoren bekend zijn, want het is de basis voor de communicatie van het vervoeraanbod naar de eindgebruikers, met name de reizigers. Dit is een adequate werkwijze als de beschikbaarheid van de verkeersmiddelen is gegarandeerd en de vraag naar verkeersdiensten gedetailleerd bekend is⁷⁵.

In het luchtverkeerssysteem is de onzekerheid over de actuele capaciteit groot, met name vanwege de onzekere weersgesteldheid. Dit is een van de redenen dat het niet zinvol is om lang van tevoren een gedetailleerde uitvoeringsplanning te maken. Wel wordt een capaciteitsanalyse (vraag en aanbod van *slots*) gemaakt, op basis waarvan producenten van verkeersdiensten hun verkeersplan ontwikkelen. Deze planning wordt vanaf 7 maanden van tevoren tot de uitvoering steeds gedetailleerder (van uurcapaciteit tot een toegewezen *slot* kort voor vertrek, respectievelijk aankomst). De exacte volgorde van de vliegbewegingen wordt kort voor de uitvoering gemaakt op basis van de momentane vraag (de meldingen van voor vertrek gereed staande vliegtuigen, respectievelijk de vliegtuigen die in aantocht zijn) en het momentane aanbod (de momentane capaciteit).

⁷³ Soms is in een knooppuntdienstregeling bij het rijden tussen twee knooppunten zoveel tijd “over” dat de haltering op het tweede knooppunt als een buffer werkt waar eventueel opgelopen vertragingen kunnen worden gecompenseerd.

⁷⁴ Een instrument van Dynamisch Railverkeersmanagement, zie Hoofdstuk 9.

⁷⁵ We zullen hierop verder ingaan in Hoofdstuk 8.

Het vervoeraanbod, het aanbod aan de passagiers, is wel gebaseerd op het inzetplan van de infrastructuur, maar is niet identiek hieraan, zoals bij het railverkeerssysteem. Zo kunnen verschillende luchtvaartmaatschappijen een vlucht om 8.00 uur publiceren, terwijl in werkelijkheid slechts één of twee van deze vluchten exact om 8.00 zullen kunnen vertrekken. Aan het publiceren van een aantrekkelijk, goed te communiceren, vertrektijdstip wordt uit concurrentieoverwegingen vaak de voorkeur gegeven boven een beperkt aantal minuten kortere reisduur⁷⁶.

Door het ontkoppelen van het *vervoerplan* (het plan voor het vervoeren van reizigers en vracht) en het *verkeersplan* (het plan voor het uitvoeren van vliegbewegingen) ontstaat deze keuzemogelijkheid. Het betekent dat inzet van de verkeersinfrastructuur slechts kort voor uitvoering behoeft te worden gedetailleerd. De planning op het niveau van de allocatie van *slots* is voor de producent van vervoerdiensten voldoende gedetailleerd om het aanbod aan de passagiers te kunnen formuleren. Figuur 7-7 geeft een voorbeeld van een schema van vertrektijden van Schiphol en de feitelijk gerealiseerde vertrektijden op een bepaalde dag. Er staan acht vliegtuigen gepland om 13.40 uur of, beter, in het *slot* van 13.40 tot 13.50 uur, terwijl er slechts één of twee exact om 13.40 uur kunnen vertrekken. De exacte vertrektijd –en dus ook de volgorde van vertrekken– wordt kort van tevoren vastgesteld. Deze vorm van sturing zal een belangrijke bouwsteen van het Dynamisch Railverkeersmanagement gaan vormen.

13.40	KL	1145	Oslo	Vertr.	13.40
13.40	AF	1441	Parijs ChdG	Vertr.	13.41
13.40	EW	0009	Munster	Vertr.	13.41
13.40	KL	1627	Milaan Malp.	Vertr.	13.42
13.40	BD	106	Londen Hrow	Vertr.	13.42
13.40	CY	0499	Paphos	Vertr.	13.46
13.40	KL	1767	Frankfurt	Vertr.	13.46
13.40	KL	1053	Bristol	Vertr.	13.52

Figuur 7-7 Voorbeeld van een feitelijk realisering van vliegbewegingen ten opzichte van het geplande schema (Bron: Teletekst (21 november 2000), Luchthaven Schiphol).

Opgemerkt moet worden dat tussen het vertrek van de *gate* en het feitelijke bezetten van de startbaan meestal enige tijd verstrijkt, die als buffertijd wordt gebruikt. Bij het begin van de startbaan is er enige ruimte voor vliegtuigen om zich op te stellen (bufferplaats). Deze buffer kan gezien worden als fijnregeling bij het optimaal benutten van de kritieke capaciteit.

De toewijzing van de *gates* aan verkeersdiensten is goed vergelijkbaar met het plannen van de perronspoorbezetting bij het railverkeer. Ook in het luchtverkeer wordt rekening gehouden met het verkeersobject (niet alle *gates* zijn geschikt voor alle vliegtuigen – niet alle treinen passen langs alle perronsporen) en overstaprelaties (loopafstanden in de terminal, respectievelijk het station). De planning van de inzet verschilt echter. In het railverkeerssysteem is in het jaarplan het gebruik van een perronspoor door een verkeersdienst vastgelegd. De actuele toewijzing van de *gates* aan verkeersdiensten is, evenals bij de actuele toewijzing van *slots*, afhankelijk van de momentane situatie. Hierbij is een efficiënt gebruik van de beperkte capaciteit dominant.

⁷⁶ Bron: Kamphuis en Pouwels (1996).

Om dezelfde reden kent Schiphol geen *dedicated gates* voor bepaalde luchtvaartmaatschappijen, zoals, bijvoorbeeld, in de Verenigde Staten wel gebruikelijk is⁷⁷. Ook bij moderne busstations in Nederland, zoals in Eindhoven en Leiden, is het toewijzen van vaste perrons aan bepaalde lijnen en maatschappijen om efficiencyredenen (met name ruimtegebruik) verlaten. In het railverkeerssysteem wordt daarentegen een discussie gevoerd over de wenselijkheid van *dedicated* perrons voor internationale hoge snelheidstreinen. Het is een afweging van efficiency bij de inzet van verkeersmiddelen versus de profilering van een vervoerssysteem⁷⁸.

5. de balans bij het benutten van de capaciteit van de verkeersmiddelen

De balans tussen de aspecten van benutting van infrastructuur (intensiteit, heterogeniteit, te verwachten afwikkelingssnelheid en verstoringengevoeligheid) wordt door het luchtverkeersmanagement evenals bij het wegverkeer in sterke mate geoptimaliseerd naar een zo groot mogelijke intensiteit op flessenhalzen.

De gedachte erachter is dat de capaciteit van de flessenhalzen de capaciteit van het gehele netwerk bepaalt. De negatieve effecten op de kwaliteitsaspecten wordt geneutraliseerd door marges elders in het systeem toe te passen. Het beschikken over ontkoppelpunten tussen de verschillende infrastructuurelementen draagt hieraan bij, evenals het kunnen uitdempen van verstoringen na piekuren. Overigens staan deze marges en buffers onder druk doordat er een tendens is naar meer dan drie “blokken” per dag waardoor de uitloop van de ene piek dreigt samen te vallen met de aanloop van de volgende piek⁷⁹. Deze tendens heeft te maken met een verbetering van het vervoeraanbod (betere overstapmogelijkheden) en met een hogere productiviteit van de verkeersmiddelen materieel en personeel⁸⁰. Dit is goed vergelijkbaar met de effecten bij de invoering van een knooppuntdienstregeling in het railverkeerssysteem⁸¹.

Voorts leidt de concurrentie tussen de verschillende luchtvaartmaatschappijen tot een steeds efficiëntere inzet van materieel en personeel. Door geavanceerde planmethoden wordt de productiviteit van deze verkeersmiddelen verhoogd ten koste van de marges in de procestijden. De oplopende vertragingen in het luchtverkeer zijn hier mede debet aan⁸². In het railverkeerssysteem is de tendens juist omgekeerd gericht. Door het minder complex maken van de inzetplanning moeten de processen bij verstoringen beter beheersbaar worden met als doel de vertragingen terug te dringen. De roep om een hogere betrouwbaarheid van het vervoerssysteem vanuit de markt begint zwaarder te wegen dan steeds verder opgevoerde efficiency⁸³.

⁷⁷ Bron: Kreutzberger en Vleugel (1992).

⁷⁸ Zie verder Hoofdstuk 4.

⁷⁹ Bron: Kamphuis en Pouwels (1996).

⁸⁰ Bij het invoeren van het derde “blok” op Schiphol kon met hetzelfde materieelpark een kwart meer vlieguren worden gemaakt. Bron: Kreutzberger en Vleugel (1992).

⁸¹ Zie Bijlage B.

⁸² Bron: Kamphuis en Pouwels (1996).

⁸³ Zie verder Hoofdstuk 8.

6. doorberekening van de kosten van verkeersmiddelen

In Europa betalen de luchtvaartmaatschappijen in principe de integrale kosten voor het gebruik van de luchtverkeersinfrastructuur⁸⁴. Dit blijkt in combinatie met de concurrentie tussen de luchthavens een stimulans te zijn voor innovaties, omdat de gebruikers een steeds betere prijs/prestatieverhoudingen eisen. Een voorbeeld is het investeren in geavanceerde ondersteunende systemen voor het operationele luchtverkeersmanagement (waardoor de personeelskosten dalen en de capaciteit van de infrastructuur wordt vergroot), hoewel dit gepaard gaat met aanzienlijke investeringen in de cockpit van de vliegtuigen.

In het railverkeerssysteem is een dergelijke integrale kostenafweging niet aan de orde, zolang de gebruikers slechts een beperkt deel van de infrastructuurkosten betalen⁸⁵, terwijl ze de materieelkosten geheel voor hun rekening moeten nemen. Dit blijkt –naast de technische verwevenheid tussen infrastructuur en materieel, die in het railverkeerssysteem wellicht nog groter is dan in het luchtverkeerssysteem– een drempel voor innovatie te vormen⁸⁶.

Evenmin als in het railverkeerssysteem wordt schaarste aan luchthavencapaciteit in bepaalde uren algemeen doorberekend in de tarieven, hoewel sommige luchthavens in Europa speciale tarieven hanteren voor piekuren⁸⁷. De beoogde piekafvlakking wordt echter door luchtvaartmaatschappijen als ongewenst ervaren, omdat het lucratieve blokkensysteem hiermee in gevaar komt. Uit concurrentieoverwegingen zijn de meeste luchthavens daarom erg terughoudend met het invoeren van spitstarieven.

7. nationale soevereiniteit

Hoewel de luchtvaart van oudsher een sterk internationaal karakter heeft, wat bijvoorbeeld tot uitdrukking komt in de veiligheidsvoorschriften, is de soevereiniteit over het luchtruim in sterke mate geconcentreerd binnen de nationale grenzen. Dit komt tot uitdrukking in het systeem van landingsrechten op luchthavens, dat is gebaseerd op bilaterale verdragen tussen nationale staten. Dat dit systeem een belemmerende werking heeft bij marktwerking, zoals het ontstaan van (internationale) allianties valt buiten de scope van deze dissertatie.

Ook de organisatie van het management van het luchtverkeer in de luchtcorridors en de luchthavens heeft een sterk nationaal karakter. Evenals bij railverkeerssystemen het geval is, kunnen de grenzen tussen luchtverkeersdiensten tot oponthoud leiden, bijvoorbeeld doordat technische systemen niet op elkaar aansluiten. Echter, het management van de stromen in het luchtverkeersnetwerk is wel in Europees verband georganiseerd.

⁸⁴ Hierbij wordt geabstraheerd van de discussie of alle maatschappelijke kosten werkelijk door de gebruikers worden betaald en of er geen sprake is van verkapte subsidie door bijvoorbeeld het niet heffen van accijns op vliegtuigbrandstof.

⁸⁵ Zie 7.3.4.

⁸⁶ Zie verder Hoofdstuk 9.

⁸⁷ Bron: Kreutzberger en Vleugel (1992).

7.5 Methoden voor de toetsing van verstoringsgevoeligheid

Uit de analyse van het tactisch management anno 2000 in Nederland (zie 7.3) is het volgende gebleken dat benuttingsaspecten intensiteit, differentiatie en verwacht afwikkelingsniveau de ontwerpvariabelen zijn bij het ontwerp van de inzetplanning, terwijl het aspect verstoringsgevoeligheid de resultante is waarop het ontwerp voor de inzet van infrastructuur wordt getoetst. In deze paragraaf analyseren we in hoofdlijnen de methoden voor deze toetsing worden toegepast. We concentreren ons om pragmatische redenen hierbij op de methoden die anno 2000 in Nederland worden gehanteerd of in ontwikkeling zijn.

7.5.1 toets aan ontwerpnormen

Bij het ontwerp van een dienstregeling vindt een toets plaats of aan de ontwerpnormen ex ante is voldaan. Het gaat om de marges in de rijtijden van een trein en de buffers in de opvolgtijden tussen de treinen. Een toets ex post vindt niet of nauwelijks plaats.

normen voor marges en buffertijden

De normen voor de marges en buffertijden hebben betrekking op een toeslag op de *technisch minimaal mogelijke procestijd*⁸⁸, zie Figuur 7-8. In deze genormeerde toeslag wordt verdisconteerd dat een proces door allerlei kleine oorzaken (“ruis”), nooit geheel in de (technisch) minimaal mogelijke tijd kan worden uitgevoerd. De resultante van de technisch minimale procestijd en de genormeerde toeslag wordt *plantijd* genoemd. De procestijd die uiteindelijk in het plan is opgenomen, wordt de *geplande tijd* genoemd. De toets of aan de ontwerpnormen is voldaan houdt in dat de geplande tijd wordt vergeleken met de technische minimale tijd. Als het verschil gelijk of groter is dan de genormeerde toeslag wordt aan de norm voldaan.

De marge die tijdens de uitvoering van het plan werkelijk beschikbaar is, is vrijwel altijd groter dan die waarop is getoetst. Hiervoor zijn een aantal redenen:

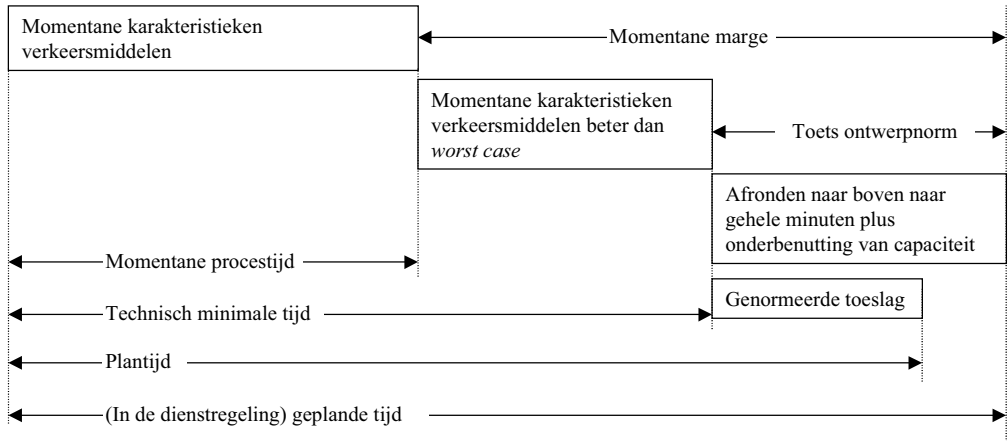
- Als de capaciteit niet volledig wordt benut is de geplande tijd op sommige plaatsen en tijdstippen groter dan de plantijd waardoor een extra marge ontstaat.
- Het afronden van de geplande tijd naar boven naar gehele minuten kan enkele tienden van een minuut extra marge opleveren.
- Tenslotte is er sprake van een “verborgen” marge, omdat de technisch minimale procestijd de resultante is van een *worst case* benadering voor de karakteristieken van de verkeersmiddelen⁸⁹.

Met name buiten de spitsuren ontstaat aldus een extra marge, omdat de karakteristieken van de verkeersmiddelen maatgevend zijn voor de gehele dag. Deze karakteristieken van zijn tijdens de spitsuren ongunstiger dan in de daluren, met name als gevolg van de materieelinzet in combinatie met de bovenleidingspanning. Bij het ontwerpen van de planning wordt er reke-

⁸⁸ De *technisch minimaal mogelijke procestijd*, zoals de technisch minimale mogelijke rijtijd, wordt bepaald door technische factoren, zoals de aanzet- en remkarakteristieken van het materieel, de veilige remwegafstand, het toegepaste beveiligingssysteem en de maximale baanvaksnelheid.

⁸⁹ Dit geldt niet voor alle procestijden. De geplande halteertijd van stoptreinen, bijvoorbeeld, is een standaardwaarde van 0,5 minuut, die in de spitsuren vaak wordt overschreden. De marge in de rijtijden is mede bedoeld om deze overschrijdingen te neutraliseren.

ning mee gehouden dat het voltage in de spits lager is dan 1500 V nominaal, gezien de grote aantallen treinen in de spits en de grote lengte (gewicht) van de treinen⁹⁰. Dit leidt tot ongunstigere aanzet- en remkarakteristieken in daarmee tot langere rijtijden dan buiten de spitsuren. Vanwege de keuze voor een gecadanceerde dienstregeling⁹¹ zijn deze ongunstige procestijden maatgevend voor de technisch minimale procestijden die gedurende de gehele dag worden gehanteerd.



Figuur 7-8 Marges in procestijden (niet op schaal!). Bij de toets aan de ontwerpnormen wordt nagegaan of de geplande tijd gelijk of groter is dan de plantijd (=minimaal de technisch minimale tijd plus de genormeerde toeslag).

De toets van de geplande tijden aan de (genormeerde) plantijden draagt bij aan de beoordeling van de “uitvoerbaarheid” van het dienstregelingontwerp, met andere woorden er wordt getoetst of de uitvoering van de geplande verkeersdiensten niet te zeer gevoelig zal zijn voor verstoringen. Doorslaggevend is het expertoordeel gebaseerd op kennis en gevoel⁹².

conclusies

De methodieken die momenteel in Nederland worden toegepast betreffen een toets van de ontwerpnormen. Bij de toets van het ontwerp als geheel is het expertoordeel doorslaggevend. Toetsen als baanvakbelasting, stationsspoorbelasting of oversteekkans⁹³ hebben hierin vanwege hun indicatieve karakter geen groot gewicht. Bovendien speelt een rol dat deze toetsen geen uitsluitel geven over de verstoring gevoeligheid van het samenhangende netwerk.

Uit onderzoek van Oldenziel (2000) blijkt ook in het buitenland het toetsen van ontwerpparameters –en dan met name de toeslag op de technisch minimaal mogelijke rijtijd– de belangrijkste toets op de uitvoerbaarheid van het plan te zijn. Wel worden in Duitsland en Zwitser-

⁹⁰ De bovenleidingspanning daalt bij een hoge vraag naar tractie-energie, zodat het vermogen per treinbeweging daalt en de en rijtijd toeneemt.

⁹¹ Een gecadanceerde dienstregeling vertoont gedurende de gehele dag dezelfde strakke regelmaat vertoont, zie verder Bijlage B.

⁹² Bron: Oldenziel (2000).

⁹³ Deze toetsen zijn beschreven door Schaafsma en Weits (1995).

land steeds vaker simulatiehulpmiddelen toegepast om de verstoring gevoeligheid van (een deel van) de dienstregeling te toetsen.

7.5.2 behoefte aan nieuwe methodieken

Zeker nu er meerdere gebruikers van het spoorweginet zijn, bestaat er behoefte om een dienstregelingontwerp –als representatie van het aanbod aan verkeersdiensten en de inzet van infrastructuur– op een transparante en objectieve manier te toetsen op verstoring gevoeligheid. Daarbij dient de netwerksamenhang te worden gerespecteerd en ook de afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten die het gevolg zijn van de inzet van de verkeersmiddelen materieel en personeel.

Voor de analyse van de verstoring gevoeligheid is het wenselijk om onderscheid te kunnen maken naar de verschillende categorieën afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten:

- aanbod van verkeersdiensten met inbegrip van achterliggende vervoeraspecten, zoals overstaprelaties;
- inzet materieel: bijvoorbeeld het koppelen en ontkoppelen van materieeleenheden bij het samenvoegen en splitsen van twee verkeersdiensten en de overgang van materieel op een andere verkeersdienst;
- inzet personeel: het overstappen van machinisten en conducteurs van de ene verkeersdienst op de andere;
- inzet infrastructuur: de sequentie van de inzet van rijwegen voor een reeks verkeersdiensten.

Dit is des te meer van belang als bij Dynamisch Railverkeersmanagement het plan voor de levering van verkeersdiensten niet langer synoniem is met dat voor de inzet van infrastructuur.

De afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten –die in de fase van het tactisch railverkeersmanagement beschreven zijn– treden vooral op in een netwerk⁹⁴. De noodzaak voor het toetsen van een netwerk ligt daarom voor de hand, maar voor de analyse van de verstoring gevoeligheid van de inzet van infrastructuur is ook het opsporen van flessenhalzen belangrijk. Decompositie van het infrastructuurnetwerk naar deelnetwerken, vervolgens naar baanvakken, splitsingspunten en knooppunten, en verder naar wisselcomplexen en stationssporen kan daarbij behulpzaam zijn⁹⁵.

Verstoring gevoeligheid dient voor wat betreft de infrastructuur te worden afgewogen tegen de benuttingsaspecten intensiteit, differentiatie en verwacht afwikkelingsniveau. De beschikbare capaciteit aan infrastructuur wordt daarbij als gegeven beschouwd. Als de verstoring gevoeligheid te groot is, kan het ontwerp van de dienstregeling hierop worden aangepast.

Voor de verkeersmiddelen materieel en personeel spitst deze afweging zich toe op een *trade-off* tussen de aspecten efficiency (het benodigde aantal materieel- en personeeleenheden) en het kwaliteitsaspect verstoring gevoeligheid. De dienstregeling (aantal verkeersdiensten en differentiatie van verkeersdiensten plus het verwachte afwikkelingsniveau) wordt daarbij als ge-

⁹⁴ Zie de Hoofdstukken 4 en 5.

⁹⁵ Zie Hoofdstuk 5 voor de decompositie van een infrastructuurnetwerk vanuit het oogpunt van het gebruik ervan.

geven beschouwd. Als de verstoringgevoeligheid te groot is, wordt in eerste instantie niet de dienstregeling aangepast maar het aantal eenheden materieel en personeel.

Om nieuwe methodieken succesvol te kunnen introduceren moeten ze aan de volgende eisen voldoen:

- Het achterliggende model is plausibel.
- De met de methodiek berekende indicatoren hebben een eenduidige relatie met de te toetsen performance-aspecten.
- De normeringen voor toegestane waarden van de indicatoren zijn getoetst aan de vereiste waarde voor de performance-aspecten.
- De toepassing van de methodiek is gebruikersvriendelijk.

Er zijn anno 2000 een aantal ontwikkelingen gaande die kunnen uitmonden in nieuwe methoden voor het toetsen van verstoringgevoeligheid. Hierna worden komen een drietal ontwikkelingen aangestipt: (1) een methode om de stabiliteit van een verkeersplan op een knooppunt te toetsen, (2) de analyse van de stabiliteit van een netwerk met behulp van de zogenoemde max-plus algebra en (3) het toetsen van de stabiliteit van een netwerk met behulp van simulatie.

7.5.3 toetsen stabiliteit verkeersplan op knooppunten: synchroniteit op knooppunten

Goverde (1999) bestudeert de synchroniteit van verkeersdiensten op knooppunten. Doel is het beschrijven van de optimale afwikkeling van de treinenloop op een knooppunt. Hierbij wordt het beoordelingscriterium gevormd door het vervoeraspect reistijd: hoe kan de totale –al dan niet gewogen– reistijd voor alle reizigers worden geminimaliseerd. Het onderzoeksgebied is een knooppunt en het omringende netwerk tot en met de eerstvolgende knooppunten. Twee aspecten worden bestudeerd:

1. Wat zijn, gegeven een gemiddeld verstoringniveau, de optimale waarden voor de geplande overstaptijd tussen twee treinen?
2. Wat zijn, gegeven een gemiddeld verstoringniveau, de optimale wachttijden voor treinen die een geplande aansluiting met een andere trein hebben.

Het eerste aspect heeft tot doel een van de parameters bij het dienstregelingontwerp beter te kunnen onderbouwen, het tweede aspect betreft de definiëring van afhandelingstrategieën bij het operationele railverkeersmanagement⁹⁶. Bij het onderzoek wordt gebruik gemaakt van de max-plus algebra (zie de volgende paragraaf) om de optimale waarden bij verschillende verstoringniveaus te kunnen vaststellen.

7.5.4 analytische toets stabiliteit netwerk: toepassing max-plus algebra

Braker (1993) introduceerde een algebraïsche benadering bij het vaststellen van de stabiliteit van een netwerkdienstregeling. De treinbewegingen met de geplande proces- en buffertijden en de relaties tussen de treinbewegingen worden beschreven met de zogenoemde max-plus algebra⁹⁷. Deze relaties kunnen betrekking hebben op het verkeersplan met achterliggend ver-

⁹⁶ Zie verder Hoofdstuk 8.

⁹⁷ De max-plus algebra bestaat uit een verzameling getallen of matrices en de bewerkingen “maximaliseren” en “optellen” en is met name geschikt voor het beschrijven van synchronisatieprocessen, zoals de relaties tussen verkeersdiensten in knooppunten. Zie, bijvoorbeeld, Olsder (1998).

voerplan (bijvoorbeeld overstaprelaties), logistiek van het materieel (omloop), en het personeel (het overstappen van machinisten en conducteurs) en de infrastructuur (volgorde van het gebruik van een bepaald infrastrukturelement). Met de max-plus algebra kan de stabiliteit in kwalitatieve en kwantitatieve zin worden beschreven met behulp van parameters als de eigenwaarde en de eigenvector van het systeem, alsmede de stabiliteitsmarge en het kritieke circuit. Braker paste de max-plus algebra toe op een klein netwerk. Subiono (2000) breidde het toepassingsgebied uit tot het gehele Intercitynetwerk van Nederland.

Omdat de beschreven relaties uitgangspunt zijn, is de analyse geldig, zolang het planning hiervan geldig is, dus zolang de verstoringen⁹⁸ klein zijn. Bij grotere verstoringen verandert bijvoorbeeld de volgorde van de treinen op een gelijkvloerse kruising en is de beschreven relatie tussen de verkeersdiensten (treinbewegingen) niet langer geldig. In feite moet er dan voor een klein deel van het netwerk een nieuw inzetplan worden vastgesteld. Van Egmond (1999) oppert om dit op te lossen door verschillende varianten met verschillende volgorden van treinen door te rekenen.

De benadering van Van Egmond biedt vooral perspectief voor het objectief analyseren van de stabiliteit van verschillende plannen⁹⁹ afzonderlijk en het opsporen van kritieke onderdelen daarin. Een vraag als: “Is een knooppuntdienstregeling met zijn vele overstaprelaties als aanbod aan de reizigers intrinsiek stabiel, dat wil zeggen nog afgezien van de afhankelijkheden ten gevolge van de inzet van de verkeersmiddelen?” kan hiermee in principe worden beantwoord.

Een belangrijke beperking van de toepasbaarheid van de methode is dat een gecadanceerde dienstregelingstructuur uitgangspunt is, wat anno 2000 voor het aanbod van verkeersdiensten voor het reizigersvervoer –in grote lijnen– opgaat, maar voor de logistiek van materieel en personeel en voor het goederenvervoer in veel mindere mate. Ook vernieuwingen in de zin van het loslaten van vaste uurpatronen en het niet langer afronden op gehele minuten van tijden in het inzetplan voor de infrastructuur¹⁰⁰ vallen vooralsnog buiten het kader van de max-plus-benadering.

7.5.5 simuleren stabiliteit netwerk met SIMONE

Met het simulatiemodel SIMONE¹⁰¹ kan de afwikkeling van een netwerkdienstregeling worden gesimuleerd. Uitgangspunt is een zogenoemd *verkeersscenario* bestaande uit de volgende elementen:

- een dienstregelingontwerp, bijvoorbeeld een basisuurpatroon;
- de beschikbare infrastructuurcapaciteit op globaal detailniveau;
- een set operationele verkeersregels, waarmee het verkeer op knooppunten kan worden bijgesteld.

⁹⁸ Verstoringen zijn afwijkingen in de beschikbaarheid van de verkeersmiddelen, wat kan worden geïnterpreteerd als het verlaat realiseren van een *event*, zoals het vertrekken of aankomen van een trein.

⁹⁹ Dus vervoerplan, verkeersplan, inzetplan infrastructuur, inzetplan materieel, inzetplan machinisten.

¹⁰⁰ Dit is aan de orde bij Dynamisch Railverkeersmanagement (zie Hoofdstuk 9).

¹⁰¹ SIMONE (SIMulatieOnderzoek van NETwerken) is beschreven door Molenaar (2000)

Door het invoeren van een set verstoringen op de procestijden “rijtijden” en/of “halteertijden” wordt de afwikkeling van het railverkeer gestoord. Deze set kan het uitlopen van één proces-tijd (puntverstoring) betreffen of een “deken” van willekeurige kleine verstoringen (ruis). Door het toepassen van de verkeersregels in de knooppunten wordt het effect van deze verstoringen zoveel mogelijk geneutraliseerd. De stabiliteit van de netwerkplan wordt beoordeeld door een of meer van de volgende aspecten te registreren:

- de hoeveelheid verkeersdiensten die niet volgens plan worden gerealiseerd en de mate van afwijking van het plan;
- de periode waarin de verstoringen uitdempen tot onder een bepaalde drempelwaarde;
- het deel van het netwerk waarin de productie van verkeersdiensten boven een bepaalde drempelwaarde worden verstoord.

Vooralsnog is de toepassing van de stabiliteittoets beperkt tot de onderlinge vergelijking van verkeersscenario's.¹⁰² Op termijn wordt een toets aan van tevoren overeengekomen normen nagestreefd.

7.5.6 evaluatie toetsingsmethodieken

In 7.5.2 werd geconstateerd dat er een behoefte bestaat aan methodieken waarmee op een objectieve en transparante manier de verstoringengevoeligheid van een tactisch plan voor de inzet van infrastructuur beoordeeld kan worden, waarbij netwerksamenhang dient te worden gerespecteerd.

De hierboven besproken methodieken kunnen deze behoefte gaan vervullen, zij het dat ze uitsluitend betrekking hebben op de gevoeligheid voor kleine verstoringen. Bij kleine verstoringen blijft het onderliggende plan intact, terwijl bij grotere verstoringen het oorspronkelijke plan wordt aangepast, bijvoorbeeld door het verwisselen van de volgorde van verkeersdiensten in een wisselcomplex. Dergelijke maatregelen, die in feite tot een nieuw actueel plan leiden, vallen vooralsnog buiten de beide onderstaande ontwikkelingen van een stabiliteittoets van een netwerkplan. Wat voorts ontbreekt is een toetsingskader, waarin verstoringengevoeligheid kan worden afgewogen tegen de andere benuttingsaspecten, te weten intensiteit, differentiatie en verwacht afwikkelingsniveau. Om deze reden is het ook met de methodieken die in ontwikkeling zijn niet mogelijk om de optimale benutting van de infrastructuur vast te stellen.

7.6 Vernieuwingspotentieel

De analyses in dit hoofdstuk leiden tot vernieuwingsvoorstellen voor het tactisch railverkeersmanagement, die in deze paragraaf worden geformuleerd. Deze mogelijke vernieuwingen, gericht op het verbeteren van de performance van het railverkeerssysteem (effectiviteit, efficiency, kwaliteit en flexibiliteit) zijn:

1. vergroting scope van het tactisch railverkeersmanagement;
2. dynamisch benutten van infrastructuurcapaciteit;
3. verdere implementatie marktwerking en prijzen;

¹⁰² Zie Molenaar (2000).

4. “verkeersprofielen” als eenheid bij toedelen en beprijzen van infrastructuurcapaciteit;
 5. “dienstregeling” ontrafelen volgens het Lagenmodel;
 6. toetsing van de leveringsplannen op verstoringsgevoeligheid.
- Ze worden hieronder toegelicht.

7.6.1 vergroting scope van het tactisch railverkeersmanagement

De scope van het tactisch railverkeersmanagement is anno 2000 technisch en nationaal. Integratie met het management van milieu- en veiligheidscapaciteit en meer aandacht voor de Europese schaal, vergelijkbaar met het luchtverkeersmanagement, zou een belangrijke maatschappelijke meerwaarde kunnen opleveren.

integraal railverkeersmanagement

In het luchtverkeer is het managen van de milieucapaciteit geïntegreerd in het “technische” capaciteitsmanagement. Voor het tactisch railverkeersmanagement is een sterkere integratie van het milieuaspect aan te bevelen. Dit zou kunnen betekenen:

- selectieve toelating van lawaaiig materieel op bepaalde delen van het netwerk en/of in bepaalde uren;
- opname van de mate waarin milieucapaciteit wordt verbruikt in het systeem voor de infraheffing.

Het veiligheidsaspect is voor het belangrijkste deel reeds geïntegreerd, via de werking van de beveiligingssystemen en de regelgeving ten aanzien van bijvoorbeeld het werken aan de spoorbaan. Een mogelijke vernieuwing is het ontwikkelen van gedifferentieerde risiconiveaus voor gedifferentieerde verkeersprofielen.¹⁰³

nationaal of Europees verkeersmanagement

De nationale staten hebben zeggenschap over het luchtruim binnen de landsgrenzen. Met andere woorden, het luchtverkeersmanagement is nationaal van karakter voor zover het de afzonderlijke “knopen en pijpen” betreft. Echter, het management van de stromen in het luchtverkeersnetwerk is in internationaal verband georganiseerd, wat gezien de dominantie van de internationale verbindingen in het Europese luchtverkeer voor de hand ligt.

Hoewel het railverkeer, zeker voor wat betreft het vervoer van reizigers, veeleer nationaal en regionaal is georiënteerd is, is meer aandacht voor Europees verkeersmanagement noodzakelijk. Het is denkbaar en wellicht wenselijk dat voor de internationale railverkeersdiensten een met het luchtverkeersmanagement vergelijkbare ontwikkeling tot stand komt: een globaal management van de internationale stromen in Europees verband geldt dan als randvoorwaarde voor het operationele (nationale of regionale) verkeersmanagement van die baanvakken en knooppunten die belangrijk zijn voor de afwikkeling van internationale verkeersdiensten. De ervaringen met de zogenoemde *Rail Freight Freeways* voor het internationale goederenvervoer op een aantal corridors, maken duidelijk dat een dergelijke supranationale autoriteit node gemist wordt, getuige ook de noodkreten van verladers en operators in het goederenvervoer¹⁰⁴.

Opgemerkt moet worden dat de corridors binnen het Europese luchtruim (de “pijpen”) vergeleken kunnen worden met *dedicated* baanvakken in het railverkeerssysteem en ook de lucht-

¹⁰³ Zie Hoofdstuk 6.

¹⁰⁴ Zie bijvoorbeeld, Railforum (1999a).

havens (de “knoten”) zijn in tegenstelling tot de spoorwegstations vaak gespecialiseerd in regionale, nationale of internationale luchtverkeersdiensten. Met andere woorden, in het luchtverkeerssysteem is het voor het verkeersmanagement complicerende samengebruik van infrastructuur eerder uitzondering dan regel. In het railverkeerssysteem is samengebruik van infrastructuur juist regel, vooral vanwege de kapitaalintensieve infrastructuur van de “pijpen”. Dit maakt het introduceren van Europees railverkeersmanagement minder eenvoudig dan het op grond van een vergelijking met het luchtverkeersmanagement wellicht zou lijken.

7.6.2 dynamisch benutten van infrastructuurcapaciteit

Anno 2000 legt de statische werkwijze beperkingen op aan de mogelijke benutting van infrastructuurcapaciteit.

geen marges en buffers ter plaatse van flessenhalzen in capaciteit

Het luchtverkeersmanagement (en ook het wegverkeersmanagement) is erop gericht om de flessenhalzen in de capaciteit zo intensief mogelijk te benutten, omdat deze de capaciteit van het gehele netwerk bepalen. Zonodig wordt in de drukste perioden bewust een wachtrij gecreëerd, zodat onderbenutting wordt voorkomen. Een gevolg van de hoge intensiteit is dat er concessies worden gedaan ten aanzien van de benuttingaspecten verwacht afwikkelingsniveau (verwachte snelheid) en verstoringgevoeligheid. Dit laatste wordt geaccepteerd, omdat er elders in het netwerk, met name in de vliegtijd tussen knooppunten, compensatie wordt gezocht en gevonden. Een langere reistijd als gevolg van de lagere snelheid is tot op een bepaalde hoogte acceptabel in relatie tot de grote verplaatsingsafstanden in het luchtverkeerssysteem.

In het railverkeerssysteem zou de bovenstaande werkwijze betekenen dat ter plaatse van de flessenhalzen geen marges en buffers moeten worden ingepland. Waar de knooppunten vaak de beperkende factor zijn, zouden de marges vaker in de rijtijd tussen de knooppunten moet worden gelegd en niet in het verblijf op de knooppunten zelf. Door het geven van adviessnelheden kunnen deze marges en buffers op de baanvakken waar nodig benut worden zonder dat treinen onnodig tot stilstand komen. Een voorwaarde is dat de doorkomsttijden op dienstregelpunten¹⁰⁵ tussen de knooppunten flexibeler worden, evenals de vertrek- en aankomsttijden op haltes. Deze werkwijze wordt in Hoofdstuk 9 verder uitgewerkt.

gedifferentieerd spoorgebruik op stations

Ook het vermijden van *dedicated gates* voor bepaalde luchtvaartmaatschappijen past in de tactiek om leegloop op de capaciteitsbepalende infrastructuurelementen te voorkomen, doordat “versnijdingsverlies” bij de toewijzing van *gate*capaciteit wordt voorkomen. Ook de moderne dynamische busstations werken volgens dit principe. Vertaald naar het railverkeerssysteem betekent dit, bijvoorbeeld, dat gestreefd moet worden naar universele bruikbaarheid van perronsporen door verschillende verkeersdiensten. Uiteraard kent universele bruikbaarheid zijn grenzen, gezien de bereikbaarheid van de perronsporen vanuit de verschillende baanvakken. Evenals bij het gebruik van de baanvaksporen is het zoeken naar een optimale mix van

¹⁰⁵ Een dienstregelpunt is een positie in het railnetwerk, waar sturing van de treinen mogelijk is (er is minimaal een wissel en een bijbehorend sein) en waarvoor elke treinbeweging is gepland. Dit zijn niet alleen de stations, maar bijvoorbeeld ook de splitsingspunten. De passage van elke trein is anno 2000 op de minuut nauwkeurig gepland, waarmee uiteraard ook de volgorde van doorkomst is vastgelegd.

het gebruik in de vorm van gedifferentieerde verkeersprofielen een onderdeel van een nieuwe vorm van strategisch railverkeersmanagement¹⁰⁶.

7.6.3 verdere implementatie marktwerking en beprijzen

Binnen het railverkeerssysteem zijn de eerste stappen gezet op weg naar marktwerking en beprijzing van interne leveringen, via onder meer de infraheffing die sinds 1 januari 2000 geldt voor het gebruik van het spoorwegnet. Hieronder volgen een aantal mogelijke verdere stappen.

vergroting transparantie door het onderscheiden van deelmarkten

Een belangrijke vergroting van de transparantie van het tactisch railverkeersmanagement is bereikt door het onderscheiden van deel(verkeers)markten¹⁰⁷. Bij het toewijzen van schaarse capaciteit, met name voor wat betreft infrastructuur, wordt helder welke markten in welke mate kunnen worden gefaciliteerd.

Door het onderhandelen met de vervoerders over de karakteristieken van de verkeersdiensten bleek een aanzienlijke winst te behalen in de efficiency van de inzet van infrastructuur¹⁰⁸. Het nadeel van deze werkwijze is dat de leverancier van de dienst (de beheerder van de infrastructuurcapaciteit) de beslissende stem heeft in plaats van de afnemers (de vervoerders). Dit is te ondervangen door een verdere implementatie van marktwerking, bijvoorbeeld door de integrale kosten van de infrastructuur door te berekenen aan de afnemers per deelmarkt.

stimuleren efficiency en innovatie door integraal doorberekenen van de kosten van gebruik verkeersmiddelen

De producenten van verkeersdiensten betalen momenteel wel de integrale kosten van de inzet van materieel en personeel, terwijl ze voor de inzet van infrastructuur slechts voor (een deel van) de marginale kosten worden aangeslagen.

Dit verstoort niet alleen een uit oogpunt van efficiency optimale inzet van de infrastructuurcapaciteit, maar is ook een belemmering voor de innovatie van de verkeersmiddelen. Vervoerders hebben geen belang bij het zoeken naar een technisch-economisch optimum over alle verkeersmiddelen, zoals dat bij de luchtvaart in bepaalde opzichten¹⁰⁹ wel het geval is. Zo stagneren niet alleen de ontwikkelingen waarbij railverkeersfuncties van infrastructuur naar materieel overgaan¹¹⁰, maar worden bijvoorbeeld ook investeringen ten behoeve van het beperken van de geluidsoverlast niet optimaal aangewend¹¹¹. Voor een betere werking van de

¹⁰⁶ Zie Hoofdstuk 6.

¹⁰⁷ Deze ontwikkeling is ingezet door de ontwikkeling van de *Netvisie*-methodologie ten behoeve van het strategisch railverkeersmanagement (zie Hoofdstuk 6) en de studie *ToeRGoed* ten behoeve van het tactisch railverkeersmanagement (zie 7.3.4).

¹⁰⁸ Zie 7.3.4, waarin de *ToeRGoed*-studie (Railned (2000b)) centraal staat.

¹⁰⁹ Gedoeld wordt op de innovatie van de systemen voor de beveiliging en de sturing van het luchtverkeer die voor een belangrijk deel wordt gestimuleerd door de luchtvaartmaatschappijen, zie 7.4.6.

¹¹⁰ Hierdoor wordt een potentieel betere performance van de verkeersmiddelen niet geëffectueerd, zie verder Hoofdstuk 6 en Hoofdstuk 9.

¹¹¹ Investeren in stiller materieel is aanmerkelijk effectiever dan het investeren in geluidwerende voorzieningen aan de infrastructuur (zie, bijvoorbeeld, Railned en AVV (1999)).

markt voor railverkeersfuncties zouden in principe ook de kosten van de infrastructuur integraal doorbelast moeten worden naar de afnemers (producenten van verkeersdiensten).

Wel moet worden bedacht dat bij de verhoudingen anno 2000 het doorberekenen van de integrale kosten van de inzet van verkeersmiddelen uiteindelijk tot prijskaartjes voor de eindgebruikers (reizigers en verladers) zou leiden die de markt niet kan opbrengen. Het volledig doorbelasten van uitsluitend de *variabele* infrastructuurkosten (in 1999 ca. f 1,2 miljard¹¹²) zou de kosten voor de vervoerders al met tientallen procenten verhogen (de bedrijfskosten van NS Reizigers bedroegen in 1999 ca. f 2,5 miljard¹¹³). Als deze extra kosten volledig uit de opbrengsten gecompenseerd zou moeten worden (in 1999 ca. f 2,8 miljard), zouden de tarieven voor de reizigers theoretisch met enkele tientallen procenten moeten stijgen!

Om te voorkomen dat het volledig doorbelasten van integrale infrastructuurkosten zal leiden tot een maatschappelijk gezien ongewenste doodsteek voor het railverkeerssysteem, is ingrijpen van de overheid onvermijdelijk. Echter het is wellicht verstandiger om dit “hoger” in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer te doen (bijvoorbeeld door de prijs van het vervoerbewijs te subsidiëren) dan door de markt voor verkeersfuncties te verstoren, zoals anno 2000 gebeurt¹¹⁴.

Opgemerkt moet worden dat een pleidooi voor het doorbelasten van integrale infrastructuurkosten en –meer in het algemeen– maatschappelijke kosten zich uitstrekt tot andere verkeerssystemen. Een (positief) gevolg hiervan kan zijn dat de prijs van vervoer in het algemeen een betere afspiegeling van de werkelijke maatschappelijke kosten wordt. Bij een internalisering van alle externe kosten en baten zou in principe subsidiëring van elke vorm van vervoer maatschappelijk gezien onverstandig zijn.

voorwaardenscheppende overheid

De bovengenoemde vernieuwingen beogen het railverkeerssysteem binnen het verkeers- en vervoerssysteem zoveel mogelijk zichzelf te laten reguleren door marktwerking tussen de verschillende lagen van Lagenmodel Verkeer & Vervoer te bevorderen. Dit impliceert dat de overheid zich zoveel mogelijk langs de zijlijn zou moeten terugtrekken, ook voor wat betreft het management van de infrastructuurcapaciteit en het beheer van de infrastructuur. De rol van de overheid zou in principe niet anders moeten zijn dan ten aanzien van de andere verkeersmiddelen materieel en personeel: het formuleren van randvoorwaarden ten aanzien van milieu en veiligheid.

Daarnaast heeft de overheid een rol bij het reguleren van de marktwerking, bijvoorbeeld, om, indien nodig, de effecten van monopolievorming tegen te gaan. Dit geldt met name voor het ter beschikking stellen van de verkeersmiddelen, wat kan worden gezien als een natuurlijk monopolie¹¹⁵. Voor het beheer van de infrastructuur is een regulerende rol van de overheid wellicht sterker noodzakelijk dan voor het beheer van materieel (“tractie”) en personeel (“machinisten”), maar niet in de verhouding zoals anno 2000 het geval is.

¹¹² Bron: NS Railinfrabeheer (2000).

¹¹³ Bron: NS (2000).

¹¹⁴ Zie verder Hoofdstuk 4.

¹¹⁵ Zie, bijvoorbeeld, Van Ooststroom (1999).

7.6.4 verkeersprofielen als eenheid bij toedelen en beprijzen van infrastructuurcapaciteit

Anno 2000 wordt een rijpad (trajectorie) gehanteerd als eenheid voor het toedelen en beprijzen van infrastructuurcapaciteit. Deze eenheid voldoet niet. In 7.1.3 zagen we dat het maximale aantal rijpaden (het aantal mogelijke verkeersdiensten) in een uur afhangt van de manier van benutten, de balans tussen intensiteit en kwaliteit. Deze waarde varieert bijvoorbeeld tussen 4 of 6 bij een gemengd bedrijf en 40 bij metrobedrijf. Met andere woorden: heterogeen treinverkeer zou zwaarder moeten belast omdat het meer capaciteit vraagt.

Het is voorts de vraag in hoeverre kwaliteitsaspecten (zoals baanvaksnelheid en toegestane aslasten) een rol kunnen en moeten spelen bij de heffingsgrondslag. Daarbij komt de variatie in beschikbaarheid en dus “verkoopbaarheid” van de capaciteit door (geplande en ongeplande) buiten dienststellingen van de infrastructuur.

De benadering door het luchtverkeersmanagement, namelijk het toewijzen (en beprijzen) van *slots*, is niet zonder meer over te nemen door het railverkeersmanagement. Het belangrijkste verschilpunt is dat het *slotmanagement* van, bijvoorbeeld, een luchthaven betrekking heeft op een infrastructuurelement dat min of meer is ontkoppeld van het luchtverkeersnetwerk, terwijl die ontkoppelingen tussen de verschillende elementen van de railinfrastructuur niet of nauwelijks aanwezig zijn¹¹⁶.

Dit neemt niet weg dat een aantal aspecten van *slotmanagement* ook voor het railverkeersmanagement interessante mogelijkheden biedt. Immers, ook het management van de capaciteit van, bijvoorbeeld, een luchthaven heeft te maken met onzekerheden in de benutting van de capaciteit. Ten aanzien van de beschikbaarheid van de infrastructuurcapaciteit kan zelfs worden gesteld, dat gezien de grote afhankelijkheid van de weersomstandigheden, de variatie in toewijsbare capaciteit groter is dan bij het railverkeerssysteem.

Het is interessant om te constateren dat in het luchtverkeer deze onzekerheid beheerst wordt door bij de allocatie (en beprijzing) van infrastructuurcapaciteit een andere, grovere, eenheid te hanteren dan bij de operationele toewijzing van een “vliegpas”. Bij de allocatie van *slotcapaciteit* wordt het aantal toe te delen eenheden gebaseerd op een inschatting van de onzekere factoren over een periode van, bijvoorbeeld, een uur. De afnemer weet dan dat hem een *slot* ter beschikking zal worden gesteld, maar het exacte tijdstip van vertrek of aankomst is nog niet bekend. De precieze toewijzing van een *slot* wordt geoptimaliseerd gegeven de momentane situatie van vraag en aanbod.

Ook voor het railverkeer kan worden gedacht aan het hanteren van een grovere maat bij de allocatie van rijpaden. Hieronder wordt een eerste aanzet gegeven voor het hanteren van verkeersprofielen als basis. Een *verkeersprofiel*¹¹⁷ beschrijft een bepaalde combinatie van verkeersdiensten die met een bepaalde combinatie van verkeersmiddelen kunnen worden geleverd. Toegespit op de inzet infrastructuur, houdt een verkeersprofiel een bepaald benuttingsprofiel in: de intensiteit (aantal treinpaden), de differentiatie (de snelheidsverschillen), het verwachte afwikkelingsniveau (gemiddelde snelheid) en de verstoringgevoeligheid. Meestal zijn er verschillende verkeersprofielen mogelijk op dezelfde infrastructuur. Het be-

¹¹⁶ Zie verder 7.4.6.

¹¹⁷ Verkeersprofielen zijn in Hoofdstuk 6 als onderdeel van de Netvisie-methodologie geïntroduceerd.

treft variaties in één of meer van de benuttingaspecten. De capaciteit die nodig is voor buitendienststellingen ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden maakt deel uit van een verkeersprofiel.

Het tactisch management kan, gezien de totale behoefte aan rijpaden in een bepaalde periode, vaststellen welk verkeersprofiel in een bepaalde periode de voorkeur heeft. Hieronder wordt een aantal voorbeelden gegeven voor de allocatie van infrastructuurcapaciteit in de eerste fase van het tactisch railverkeersmanagement (“basisuurpatroon”) voor een universeel bruikbaar baanvak:

- tussen 7.00 en 9.00: lange afstandreizigersdiensten in kwartierpatroon, hoogfrequente stadsgewestelijke diensten zonder patroon, geen goederendiensten, geen buitendienststellingen voor onderhoudswerkzaamheden;
- tussen 18.00 en 24.00 uur: lange afstandreizigersdiensten en stadsgewestelijke diensten in samenhangend uurpatroon;
- tussen 00.00 en 06.00 uur: vier goederendiensten, buitendienststellingen.

In volgende fasen dient deze planning stapsgewijs verder te worden gedetailleerd. Het tactisch verkeersmanagement dient daarbij uiteraard de netwerksamenhang te bewaken. Het is, bijvoorbeeld, niet altijd en overal te vermijden dat goederentreinen in spitsuren moeten worden toegelaten, omdat anders de verplaatsingstijden ontoelaatbaar lang zouden kunnen worden.

Capaciteitsaanvragen die binnen het gekozen verkeersprofiel vallen zouden bij de allocatie van capaciteit de voorkeur moeten krijgen boven andere. Een noodzakelijke voorwaarde voor deze werkwijze is dat de capaciteitsaanvragen worden geformuleerd in de vorm van (sets van) rijpaden met een per deelmarkt gestandaardiseerde set kenmerken. De studie ToeRGoed¹¹⁸ geeft een waardevolle aanzet in deze richting.

Als de planning van de inzet van infrastructuur overigens zou worden geïntegreerd met de materieel- en personeelinzet kan –in plaats van rijpaden– van treinpaden worden gesproken, zie Figuur 5-2. Dan is ook integraal railverkeersmanagement (dus inclusief het management van de milieucapaciteit) beter mogelijk, omdat met name het type in te zetten materieel bepalend is voor de geluidhinder. Het kiezen van een verkeersprofiel moet dan niet alleen recht doen aan de “technische” benuttingaspecten maar ook de “milieubenuttingaspecten” (en, hoewel wellicht wat theoretisch, “veiligheidsbenuttingaspecten”)

Een nadeel van de hierboven beschreven werkwijze is dat de leverancier de beslissingen neemt. In een marktsituatie zou het te kiezen verkeersprofiel de resultante kunnen zijn van een onderhandelingsproces met de afnemers: welk verkeersprofiel genereert de hoogste opbrengst? In een nadere implementatie van marktwerking via een zuivere toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is simultaan met het kiezen van het verkeersprofiel een bepaalde beschikbaarheid voor een bepaalde prijs overeengekomen op de markt tussen de lagen inzet verkeersmiddelen en beheer verkeersmiddelen, zie Figuur 7-1. De capaciteit voor buitendienststellingen is dan een gegeven bij het vaststellen van het verkeersprofiel.

¹¹⁸ Zie 7.3.4.

7.6.5 “dienstregeling” ontrafelen volgens het Lagenmodel

Het voorgaande betekent dat er niet langer een dienstregeling wordt ontworpen die zowel dient als aanbod aan de reiziger, als planning van de inzet van infrastructuur en als basis voor materieel- en personeelsinzet en als kader voor het plannen van buiten dienststellingen. Als per laag uit het Lagenmodel een dienst wordt geproduceerd, moet per laag een productieplan worden geformuleerd. Bovendien kan bij de productie van de diensten levering treinpaden en leveren functies en capaciteiten (zie Figuur 7-1) op het tactisch niveau onderscheid worden gemaakt naar infrastructuur, materieel en personeel¹¹⁹. De vorm en inhoud van elk productieplan dienen te worden toegesneden op het specifieke doel. Een adequate afstemming tussen de plannen is uiteraard noodzakelijk, maar dit betekent niet dat de vorm en inhoud van de plannen identiek moeten zijn.

Het bovenstaande betekent dat de producenten van verkeer- en vervoerdiensten, de afnemers van infrastructuurcapaciteit in de fase van het tactisch railverkeersmanagement geen zekerheid hebben omtrent de precieze vertrek- en aankomsttijden van de treinen. Dit kan gezien worden als nadeel, omdat de eindgebruikers dan geen exact aanbod kan worden gedaan in de vorm van een minutieus spoorboekje dat een jaar geldig is. Het voordeel is echter, dat de globale informatie op het niveau van de verkeersprofielen vertaald kan worden in een aanbod dat met een grotere mate van zekerheid ook daadwerkelijk kan worden gerealiseerd. Binnen dit globale kader is een grote mate van flexibiliteit in het aanbod mogelijk zonder dat dit als een wijziging in het aanbod moet worden gecommuniceerd. Zeker voor de verladers is deze werkwijze aantrekkelijker dan de werkwijze anno 2000. In Hoofdstuk 9 wordt op dit aspect nader ingegaan.

7.6.6 toetsing van de leveringsplannen op verstoringgevoeligheid

visualisering van de benuttingaspecten (benuttingsbalans)

De visualisering van de benuttingaspecten van een verkeersprofiel in de vorm van een diamantdiagram maakt inzichtelijk dat de benutting van infrastructuur bestaat uit het kiezen van een balans tussen afzonderlijke benuttingsaspecten.

Het kiezen van een optimale balans vereist een toetsingskader, waarin de onderlinge verhouding van de verschillende benuttingsaspecten is vastgelegd. Geconstateerd moet echter worden dat deze verhouding geen statische maar een dynamische grootheid is. Dit is het gevolg van de verschillende waardering van de benuttingsaspecten door de verschillende afnemers (marktsegmenten) en door het dynamische karakter van de samenstelling van de vraag naar infracapaciteit.

De ontwikkelingen anno 2000, gericht op een grotere transparantie van de processen, een expliciete beschrijving van de onderlinge afhankelijkheden en objectieve normering ten aanzien van de ontwerpbeslissingen dienen te worden voortgezet. In dit verband is het onderzoek naar nieuwe, objectieve, methoden voor het vaststellen van de vertraginggevoeligheid van een dienstregelingontwerp van belang. Bij de normering, onder meer het vaststellen van de balans met de andere benuttingsaspecten, dienen de afnemers van de inzet van de verkeersmiddelen – anno 2000 zijn dat de vervoerders – in principe de belangrijkste stem te hebben.

¹¹⁹ Zoals is betoogd in Hoofdstuk 3 en Hoofdstuk 5.

nieuwe methoden voor de toetsing van verstoringsgevoeligheid

Het verkeersplan en de afzonderlijke plannen voor de inzet van de middelen dienen op een transparante en objectieve manier te worden getoetst op het verstoringsgevoeligheid. Daarbij spelen de afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten, voor een belangrijk deel terug te voeren op netwerksamenhang een belangrijke rol. De methodieken die worden ontwikkeld op basis van max-plusalgebra lijken bij uitstek geschikt voor het toetsen van de afzonderlijke inzetplannen op stabiliteit. Vervolgens kan de verstoringsgevoeligheid van het verkeersplan (het plan voor de levering van verkeersdiensten) –gegeven voldoende stabiele inzetplannen– worden getoetst. Gezien de complexiteit van de afhankelijkheden lijkt hiervoor lijkt een stabiliteitstoets op basis van simulatie meer geschikt dan een analytische benadering.

Voor de acceptatie van nieuwe methodieken is het opbouwen van vertrouwen in de voorspellende kracht ervan cruciaal. Daarom dient prioriteit te worden gegeven aan de ijking van de modellen op grond van de terugkoppeling van de registratie van de verkeersafwikkeling¹²⁰.

7.7 Evaluatie tactisch railverkeersmanagement

In dit hoofdstuk is het tactisch railverkeersmanagement –het ontwerpen van een plan voor de inzet van de verkeersmiddelen– geanalyseerd om voorstellen voor vernieuwingen aan te dragen. Enerzijds is het doel de statische werkwijze te verbeteren, anderzijds zijn vernieuwingen in het tactisch railverkeersmanagement een essentiële voorwaarde voor de introductie van Dynamisch Railverkeersmanagement, zoals in Hoofdstuk 9 zal blijken. Een belangrijk hulpmiddel hierbij is de functionele indeling van de spoorwegen volgens het Lagenmodel Verkeer & Vervoer (Hoofdstuk 3). Hierna worden de bevindingen samengevat.

7.7.1 analyse van de referentiesituatie anno 2000

Om de referentiesituatie in beeld te brengen is het tactische railverkeersmanagement bij ongedeelde spoorwegen en in de situatie met meerdere vervoerders (scheiding van de verantwoordelijkheid voor de exploitatie van treindiensten en voor de infrastructuur) geanalyseerd. Opvallend is dat er in essentie niet veel veranderd is. Kern van het tactisch railverkeersmanagement is en blijft dat de dienstregeling (in de verschillende planfasen achtereenvolgens basisuurpatroon, jaarplan en dagplan) tegelijkertijd zowel de productdefiniëring voor de exploitatie van treindiensten (spoorboekje) vormt, als ook het inzetplan voor de infrastructuur (“spoorgebruik”).

Door de geïntegreerde planvorming komt de afstemming tot stand tussen de diensten die simultaan in verschillende lagen van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer moeten worden geleverd. Het gaat daarbij enerzijds om de afstemming tussen beschikbaarheid verkeersmiddelen en inzet verkeersmiddelen (bijvoorbeeld het vaststellen van buiten dienststellingen voor onderhoudswerkzaamheden) en anderzijds die tussen het leveren van verkeersdiensten (met achterliggende vervoerdiensten) door de diverse vervoerders en inzet verkeersmiddelen (bijvoorbeeld het toewijzen van de benodigde perronspoorcapaciteit).

¹²⁰ Zie verder Hoofdstuk 8.

Een tweede belangrijk kenmerk van de statische vorm van tactisch railverkeersmanagement is dat het resulterende inzetplan voor de verkeersmiddelen (dat de input vormt voor het operationele railverkeersmanagement) zeer gedetailleerd van karakter is en bovendien star. De oorzaak ligt in de integratie van de inzetplannen met de verkeersplannen van de vervoerders, zodat de complexe onderlinge afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten in de dienstregeling niet alleen zijn terug te voeren op de afhankelijkheden in de verkeersplannen¹²¹ van de vervoerders maar ook op de afhankelijkheden in de werklijnen van het rijdend personeel en de omlopen van het materieel plus de afhankelijkheden ten gevolge van het gebruik van de infrastructuur (bijvoorbeeld een gelijkvloerse overstek van een trein bij een splitsingspunt). Om alle onderlinge afhankelijkheden te kunnen respecteren is het plan –de dienstregeling– zeer gedetailleerd uitgewerkt en daarmee tegelijkertijd star. Het doorvoeren van een wijziging met in achtneming van alle afhankelijkheden is een gecompliceerd proces.

7.7.2 vraagtekens bij de referentiesituatie anno 2000

Er zijn verschillende redenen om de werkwijze bij het tactisch railverkeersmanagement anno 2000 kritisch te bezien. Hierbij zal een voorschot worden genomen op het introduceren van Dynamisch Railverkeersmanagement (Hoofdstuk 9).

een geïntegreerd plan biedt weinig speelruimte

De geïntegreerde, centrale dienstregeling biedt slechts weinig speelruimte aan het operationele railverkeersmanagement om de afwikkeling van het plan te optimaliseren op basis van de momentane vraag naar en aanbod van capaciteit.

starheid dienstregeling bemoeilijkt het sturen op de benutting van flessenhalzen

De starre dienstregeling biedt het operationele railverkeersmanagement weinig of geen ruimte om in te spelen op de momentane situatie. De buffers (in tijd en plaats) tussen de verschillende onderdelen van een railverkeersnetwerk zijn zeer klein in vergelijking tot, bijvoorbeeld, het luchtverkeerssysteem. Hetzelfde geldt voor de marges in de procestijden, met name de verplaatsingstijden. Optimalisering van de benutting van flessenhalzen in de infrastructuurcapaciteit is daarom minder goed mogelijk, zeker omdat de marges en buffers niet altijd bruikbaar zijn. Door de exacte planning in tijd en plaats van marges en buffers kan capaciteit die beschikbaar komt als de actuele situatie afwijkt van de geplande situatie (bijvoorbeeld doordat een geplande goederendienst uitvalt) in veel gevallen niet worden benut.

beoordeling van de verstoringgevoeligheid niet objectief en transparant

Het inzetplan voor de infrastructuur –in de vorm van een dienstregeling– omvat de drie benuttingsaspecten intensiteit, differentiatie en verwacht afwikkelingsniveau. Dit plan wordt vervolgens getoetst op het vierde aspect verstoringgevoeligheid. De hiertoe beschikbare methodiek betreft in essentie het toetsen op (ex ante) inzetnormen voor de verschillende onderdelen van de infrastructuur. Een (ex post) toetsing van het resultaat met inbegrip van de netwerksamenhang is in de statische werkwijze anno 2000 een weinig objectief en transparant proces, waarbij het expertoordeel doorslaggevend is. Voor de planfasen jaarplan en dagplan vindt deze toetsing plaats door één van de vervoerders, wat opmerkelijk is nu meerdere ver-

¹²¹ Het basisuurpatroon is alleen al vanwege de aansluitingen tussen de Intercitylijnen in knooppunten een overbepaald systeem.

voerders van het spoorwegnet gebruik maken en de overheid verantwoordelijk is voor de inzet van de infrastructuur.

keuze voor een basisuurpatroon heeft belangrijke nadelen

De wijze van planning anno 2000 is minder toegesneden op het –voornamelijk vraaggestuurde– goederenvervoer dan op het aanbodgestuurde reizigersvervoer. Een voorbeeld hiervan is de keuze voor het ontwerpen van een basisuurpatroon –een patroon dat zich in principe elk uur herhaalt– in de eerste planfase van het tactisch management. Voor het goederenvervoer betekent dit dat de capaciteitsbehoefte dient te worden gespecificeerd in paden per uur, terwijl de vraag naar goederenvervoer zich niet leent voor een dergelijke cadans.

Overigens kunnen ook ten aanzien van het reizigersvervoer vraagtekens gezet worden bij de keuze voor een basisuurpatroon. Tegenover het voordeel van het duidelijke vervoeraanbod aan de reizigers (elk uur dezelfde verbinding om de dezelfde tijd op hetzelfde perronspoor) staan ook aanzienlijke nadelen. Omdat de procestijden (rijtijden, halteertijden) in drukke uren aanzienlijk kunnen verschillen van die in de stillere uren, zijn de werkelijke marges en buffers in de daluren vaak te groot (er is tijd over, treinen staan onnodig te wachten), terwijl in de spitsuren de procestijden vaak groter zijn dan gepland, met structurele vertragingen als gevolg. Ook de structuur van het lijnennet is een compromis tussen een op het spitsvervoer (met een dominantie van de motieven woon–werk en woon–opleiding) toegesneden aanbod en het aanbod op daluren (dominantie van het sociaal–recreatieve vervoermotief). Voorts moet bedacht worden dat de behoefte aan capaciteit van productiemiddelen vrijwel altijd door het vervoeraanbod in de spitsuren wordt bepaald. Dit pleit ervoor om niet een basisuur als uitgangspunt te nemen van de dienstregeling maar juist een spitsuur.

management van milieucapaciteit en veiligheids capaciteit niet geïntegreerd met technisch capaciteitsmanagement

Er moet worden vastgesteld dat, in vergelijking met het luchtverkeersmanagement, het management van milieucapaciteit en veiligheids capaciteit in het railverkeerssysteem weinig geïntegreerd met het technische capaciteitsmanagement plaatsvindt. Dit betekent dat technisch beschikbare capaciteit niet altijd optimaal benut kan worden, omdat de benodigde milieucapaciteit of veiligheids capaciteit ontbreekt..

overheid oefent sterke invloed uit op het aanbod van verkeersdiensten

Doordat de overheid in de structuur anno 2000 de verantwoordelijkheid voor de infrastructuur heeft, is een tendens ontstaan dat de overheid vanuit die verantwoordelijkheid ook invloed gaat uitoefenen op de levering van verkeers– en vervoerdiensten door de verschillende vervoerders. Een markant voorbeeld hiervan vormen de door de overheid vastgestelde regels voor de toedeling van infrastructuurcapaciteit, waarvan een beleidsmatig vastgestelde prioriteiten tussen deelmarkten deel uitmaakt. Deze vorm van regulering doet afbreuk aan de marktwerking tussen verschillende lagen in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. In een ideale marktsituatie behoeft de overheid geen prioriteiten in deelmarkten aan te brengen, omdat de maatschappelijke kosten en baten uiteindelijk verdisconteerd zijn in de prijs van het vervoer.

7.7.3 belangrijkste vernieuwingsvoorstellen

De belangrijkste vernieuwingen die in dit hoofdstuk zijn voorgesteld, worden hierna opgesomd.

- integreren van het management van “technische” infrastructuurcapaciteit met management van milieu- en veiligheidscapaciteit;
- creëren van speelruimte in het plan door het splitsen van de functies van de dienstregeling volgens het Lagenmodel Verkeer & Vervoer in een plan voor het aanbod van verkeersdiensten en inzetplannen voor de verkeersmiddelen;
- systematisch invoeren van terugkoppelingen in de besturingscyclus waarmee een meer dynamische benutting van infrastructuur mogelijk wordt;
- flexibel inzetten van buffers en marges om flessenhalzen in de capaciteit intensiever te benutten;
- introductie van het concept *verkeersprofiel* als globaal en dynamisch inzetplan voor infrastructuur, onder meer om ruimte te creëren voor marktwerking (waaronder beprijzing) bij het gebruik van infrastructuurcapaciteit;
- (in principe) integraal doorberekenen van de kosten van de infrastructuur aan de gebruikers om efficiency en innovatie te stimuleren
- introductie van de *benuttingsbalans* om een inzetplan voor infrastructuur te toetsen op verschillende gebruikaspecten, waaronder verstoring gevoeligheid.

De vernieuwingen die in dit hoofdstuk zijn voorgesteld, komen voort uit het toepassen van het Lagenmodel, het introduceren van terugkoppelingen in de besturingscyclus van het railverkeersmanagement en het toepassen van ontwerpsystematiek. Met de voorgestelde vernieuwingen wordt een meer evenwichtige, vraaggestuurde en dynamische benutting van infrastructuurcapaciteit mogelijk. In de operationele besturingsfase (Hoofdstuk 8) betekent een meer dynamische benutting van de infrastructuur dat gereageerd en geanticipeerd wordt op de momentane vraag en het momentaan beschikbare aanbod aan inzetbare infrastructuurcapaciteit. Dit zal verder worden uitgewerkt in Hoofdstuk 9.

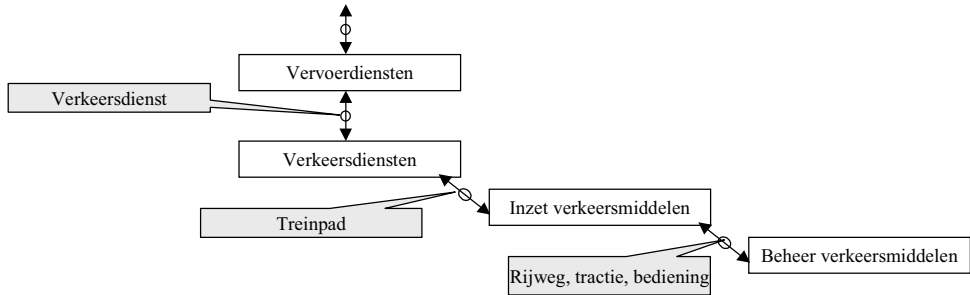
8 Operationeel railverkeersmanagement

In Hoofdstuk 5 is aangegeven dat bij het operationeel railverkeersmanagement de nadruk ligt op de besturing van de productie van verkeersdiensten. Bij de productie van een verkeersdienst wordt het te verplaatsen verkeersobject gekoppeld aan de benodigde verkeersmiddelen door de toewijzing van een treinpad in de tijdruimte. Het plan voor het uitvoeren van deze processen (het verkeersplan) is voor het grootste deel vastgesteld in de tactische fase van het railverkeersmanagement (zie Hoofdstuk 7). De operationele fase bestaat uit de laatste detaillering en definitieve vaststelling van het plan plus de continue actualisering ervan tijdens de uitvoering. In dit hoofdstuk zal –naast het Lagenmodel Verkeer & Vervoer– het model voor de regelcyclus dan ook een belangrijke rol spelen.

Na de inleiding tot dit hoofdstuk (8.1) zullen we aan de hand van een analyse van het operationele railverkeersmanagement in Nederland (8.2) vaststellen dat terugkoppelingen in de huidige werkwijze een beperkte rol spelen. Het uiteindelijke doel van het railverkeerssysteem is het leveren van de verkeersdiensten volgens de met de afnemers (de vervoerssystemen) afgesproken kwaliteitsnormen. De tijdigheid van de levering is daarbij het belangrijkste aspect. Toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer biedt een nieuwe invalshoek voor het systematisch analyseren van het performance-aspect punctualiteit (8.3) en de uitzonderlijk hoge performance van het operationeel railverkeersmanagement in Japan (8.4). In 8.5 staat de behoefte aan en ontwikkeling van methodieken ter ondersteuning van het operationeel railverkeersmanagement centraal. De inrichting van de regelcyclus is de hoofdlijn bij het aandragen van potentiële vernieuwingen in het operationeel railverkeersmanagement (8.6), de opmaat voor het ontwikkelen van een innovatief besturingsconcept, Dynamisch Railverkeersmanagement, in Hoofdstuk 9. Tenslotte volgt een evaluatie van dit hoofdstuk in 8.7.

8.1 Inleiding

Bij de productie van een verkeersdienst wordt het te verplaatsen verkeersobject gekoppeld aan de benodigde verkeersmiddelen door de toewijzing van een treinpad in de tijdruimte, zie Figuur 8-1.



Figuur 8-1 De lagen van het railverkeerssysteem bij het operationeel railverkeersmanagement.

In dit hoofdstuk analyseren we de besturing van de productie¹ met behulp van met name het Lagenmodel Verkeer & Vervoer, en het model voor de regelcyclus. Het doel is om voorstellen voor verbeteringen te genereren. We beperken ons daarbij tot de operationele besturing van de productie van de verkeersdiensten. De operationele besturing van de diensten in de overige lagen binnen het railverkeerssysteem, zoals het operationele beheer van de verkeersmiddelen, blijven buiten beschouwing.

8.1.1 hoofdactiviteiten van operationeel railverkeersmanagement

In Hoofdstuk 5 is de taak van het operationeel management geconcretiseerd in een tweetal hoofdactiviteiten: (1) het detailleren en vaststellen van een verkeersplan en (2) het actualiseren van het verkeersplan.

1. het detailleren en vaststellen van een verkeersplan voor een bepaalde dag

Alle verkeersdiensten die op een bepaalde dag moeten worden uitgevoerd zijn tezamen opgenomen in het verkeersplan voor die dag². Dit geldt zowel voor de huidige (statische) productiewijze³ als voor het Dynamisch Railverkeersmanagement, echter de verschijningsvorm van het verkeersplan is verschillend. Bij Dynamisch Railverkeersmanagement wordt ernaar gestreefd het verkeersplan zo vorm te geven dat er voor de uitvoering van een verkeersdienst zoveel mogelijk vrijheidsgraden in tijd en plaats zijn, zonder dat dit gevolgen heeft voor een efficiënte inzet van de verkeersmiddelen. Gemeenschappelijk aan de statische en dynamische werkwijze is dat het verkeersplan uiteindelijk –dat wil zeggen, kort voor de uitvoering– de vorm aanneemt van een verzameling verkeersdiensten, elk voorzien van een toegewezen treinpad.

¹ Dit betekent bijvoorbeeld dat het proces *bedienen van de infrastructuur* (instellen van rijwegen) slechts zijdelings aan de orde zal komen.

² Het dagplan, zie Hoofdstuk 7.

³ Zie 8.2.

Het verkeersplan omvat:

- het actuele plan voor de verplaatsing van elk verkeersobject;
- het actuele inzetplan voor elk infrastruktuurelement;
- het actuele inzetplan voor elke materieeleenheid;
- het actuele inzetplan voor elke personeelseenheid.

2. het actualiseren van het verkeersplan op basis van de momentane situatie.

Op de dag van realisering van het verkeersplan zullen er gebeurtenissen optreden die afwijken van de in het verkeersplan opgenomen activiteiten. Dit betreft in grote lijnen:

- gewijzigde vraag naar verkeersdiensten, zoals spoedorders;
- storingen in de beschikbaarheid van de verkeersmiddelen, bijvoorbeeld door een ongeval op een overweg. Waardoor een treinpad (de combinatie van rijweg, tractie en bediening) niet voor een verkeersdienst beschikbaar is;
- afwijkingen in de uitlevering van een verkeersdienst, waardoor verkeersmiddelen niet op tijd voor een andere verkeersdienst beschikbaar komen (het treinpad kan niet van het benodigde *slot*⁴ worden voorzien);

Een gebeurtenis met een impact die groot is in relatie tot de stabiliteit van het verkeersplan leidt tot de noodzaak het verkeersplan aan de gewijzigde omstandigheden aan te passen. Deze actualisering hoeft geen gevolgen voor de levering van de verkeersdienst te hebben, maar uitsluitend op de inzet van de verkeersmiddelen, bijvoorbeeld het inzetten van een reservemachinist. De actualisering van het verkeersplan kan ook betrekking hebben op de verkeersdienst zelf. Dit betekent dat de afnemer een dienst geleverd krijgt die afwijkt van het overeengekomen plan.

Bij de statische productiewijze is het verkeersplan gedetailleerd en –mede daardoor– star⁵. Dit leidt ertoe dat het verkeersplan ook bij relatief kleine verstoringen moet worden gewijzigd. Kenmerk van Dynamisch Railverkeersmanagement daarentegen is een grotere flexibiliteit van het verkeersplan. Binnen een bepaalde bandbreedte leiden verstoringen dan niet tot een bijsturing van het verkeersplan, zodat het een grotere inherente stabiliteit kent.

8.1.2 nieuw in dit hoofdstuk

- analyse van het operationeel railverkeersmanagement aan de hand van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer en de invulling van de regelcyclus;
- analyse van het kwaliteitsaspect punctualiteit als resultante van primaire en secundaire verstoringen in het railverkeerssysteem tegen de achtergrond van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer; punctualiteit is een afgeleide van het beheersen van de afzonderlijke processen (leveranties) en van het beheersen van de afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten;
- beschouwing over de operationele besturing van het railverkeer in Japan, waar het vermijden van fouten in plaats van het reageren op fouten de basis is voor het zeer nauwkeurig uitvoeren van een zeer gedetailleerd verkeersplan;

⁴ Zie Figuur 7-1 in Hoofdstuk 7 voor een overzicht van de opbouw van een verkeersdienst door de transformatie van diensten in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

⁵ Zie Hoofdstuk 7.

- aanbeveling tot het verder ontwikkelen van beslissingondersteunende systemen en instrumenten om de feitelijke verkeersafwikkeling terug te koppelen naar het railverkeermanagement (gesloten regelkring);
- aanbeveling tot het introduceren van operationeel vervoermanagement, waardoor de rol van de afnemers bij de keuzes die bij verstoringen van het verkeersplan gemaakt moeten worden, vergroot kan worden en de service aan de eindgebruikers (reizigers en verladers) kan verbeteren.

8.2 Werkwijze anno 2000

In deze paragraaf wordt de werkwijze bij de besturing van de productie van verkeersdiensten geanalyseerd als referentiekader voor mogelijke vernieuwingen. Om praktische redenen wordt deze beschrijving toegespitst op de situatie in Nederland, maar de evaluatie aan het einde van deze paragraaf is voor het belangrijkste deel op railverkeerssystemen in het algemeen van toepassing.

De overgang tussen het tactische en het operationele railverkeermanagement wordt gemarkeerd door het dagplan, waarin alle verkeersdiensten van een bepaalde dag zijn beschreven, inclusief de toewijzing van de verkeersmiddelen (inzetplannen). Het operationele railverkeermanagement bestaat in aansluiting op de drie fasen van het tactisch railverkeermanagement⁶ uit de volgende twee fasen, die overeenkomen met de hoofdactiviteiten (zie 8.1.1):

1. het detailleren en vaststellen van het definitieve verkeersplan;
2. het actualiseren (bijsturen) van het verkeersplan tijdens de realisering.

Beide fasen komen hieronder aan de orde, alsmede de organisatie van de bijsturing en de ondersteunende systemen. De evaluatie van de werkwijze anno 2000 leidt tot een aantal verbeterpunten.

8.2.1 fase 1: detailleren en vaststellen verkeersplan

De eerste fase van het operationele railverkeermanagement vangt 36 uur voor de uitvoering van de eerste verkeersdienst uit het dagplan aan. Door de decentrale bureaus werkvoorbereiding worden de laatste orders verwerkt, bijvoorbeeld tijdelijke regelingen voor incidentele treinen, en worden de inzetplannen voor alle verkeersmiddelen gedetailleerd tot op het niveau van de processen waaruit de verkeersdiensten zijn opgebouwd. Hiertoe behoort het detailleren van de rangeerbewegingen van leeg materieel van en naar de opstelsporen, inclusief het daartoe in te zetten rangeerpersoneel. Het resulterende plan voor de (operationele) realisatie moet voldoen aan de eisen die in de productielogistiek ordervrijgave⁷ genoemd wordt. Dit houdt in dat het plan intrinsiek volledig en conflictvrij moet zijn, met andere woorden: er is een complete set verkeersmiddelen toegewezen aan elke verkeersdienst en de verkeersmiddelen zijn niet simultaan aan meerdere verkeersdiensten toegewezen. Als er geen verstoringen

⁶ Zie ook Figuur 7-4.

⁷ De ordervrijgavefunctie is gericht op het operationeel beheersen van de hoeveelheid werk in uitvoering in relatie tot de beschikbare capaciteit, zodanig dat de doorlooptijd van de vrijgegeven orders strikt onder controle is (Bertrand (1990)).

optreden, kan een conflictvrij verkeersplan volledig worden uitgevoerd en worden de verkeersdiensten geleverd volgens de afspraken met de afnemers.

8.2.2 fase 2: actualiseren verkeersplan (bijsturen)

In de dagelijkse praktijk zullen er in de periode van de planrealisatie gebeurtenissen optreden die de uitvoering van het verkeersplan verstoren. Een stabiel verkeersplan kan een zekere hoeveelheid ongeplande gebeurtenissen verwerken zonder dat het behoeft te worden aangepast. Wordt deze hoeveelheid echter overschreden, dan moet het verkeersplan worden gewijzigd. Het doel is daarbij uiteraard om de verkeersdiensten zoveel mogelijk volgens de afspraken met de afnemers te blijven leveren. In aanvulling op het verkeersplan wordt daartoe ook de handelwijze in geval van verstoringen met de afnemers zoveel mogelijk vastgelegd. In de werkwijze anno 2000 wordt via bijstuurmaatregelen getracht de verstoring zoveel mogelijk te isoleren in tijd en plaats, zodat een zo groot mogelijk deel van de verkeersdiensten volgens het oorspronkelijke verkeersplan kan worden uitgevoerd.

Het regeldoel van de bijsturing –zo snel mogelijk naar het oorspronkelijke verkeersplan terugkeren– heeft ook praktische redenen. Het treffen van de juiste maatregelen om de verstoringen zo snel mogelijk te neutraliseren met minimale gevolgen voor de levering van de verkeersdiensten, is een complexe activiteit. Door de hoge tijdsdruk waaronder de beslissingen moeten worden genomen, bestaat daarbij een gerede kans op het maken van fouten. Het oorspronkelijke verkeersplan –dat in betreffelijke rust voorafgaande aan de realisering is ontworpen– verschaft daarentegen (een grote mate van) zekerheid voor wat betreft volledigheid (aan elke verkeersdienst is een complete set verkeersmiddelen toegewezen) en het ontbreken van intrinsieke conflicten.

8.2.3 bijstuurmaatregelen

Aan het operationele railverkeersmanagement staan diverse typen maatregelen ter beschikking, die hieronder zijn gerangschikt naar toenemende mate van gevolgen voor de afnemer van de verkeersdienst, te weten het vervoersysteem, zie Figuur 8-2.

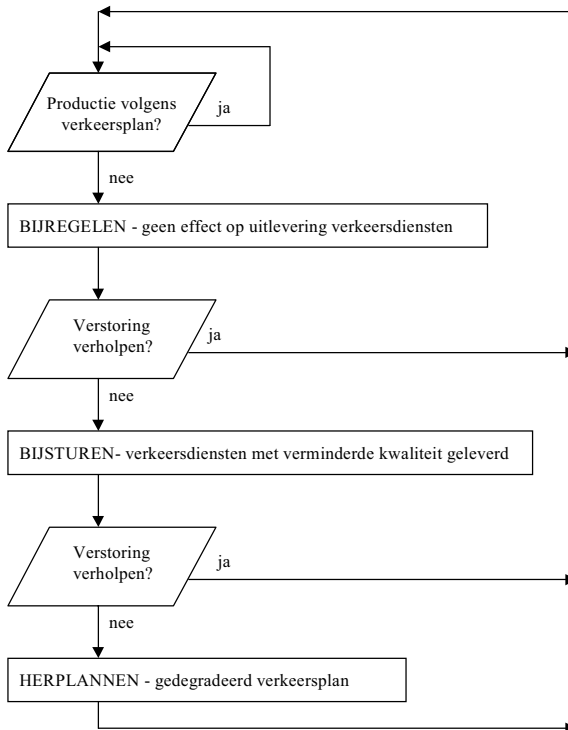
1. *bijregelen*: het verkeersplan wordt aangepast zonder gevolgen voor de kwaliteit van de verkeersdienst;

Het betreft, bijvoorbeeld, het omwisselen van de volgorde van treinen op een splitsingspunt of het inzetten van een reservemachinist.

2. *bijsturen*: de aanpassing van het verkeersplan heeft gevolgen voor de kwaliteit van de verkeersdienst, maar het gewijzigde verkeersplan blijft gebaseerd op het oorspronkelijke plan;

Het betreft wijzigingen die zoveel mogelijk verlopen volgens afspraken die zijn gemaakt met de afnemers van de verkeersdiensten, zoals voor wat betreft het al dan niet verbreken van aansluitingen tussen treinen⁸.

⁸ Deze afspraken worden voor elk dienstregelingjaar vastgelegd in de Wachtijdregeling Reizigerstreinen (WRT).



Figuur 8-2 Schematisch overzicht van typen maatregelen ter actualisering van het verkeersplan.

3. *herplannen*: de aanpassing is dusdanig omvangrijk dat een geheel nieuw verkeersplan moet worden ontworpen waarin de verkeersdiensten volgens afgesproken niveaus worden gedegradeerd;

Dit is aan de orde bij grote verstoringen, zoals een versperring van een baanvak of een grote wisselstoring, waardoor het aanbod aan verkeersdiensten drastisch moet worden gewijzigd, bijvoorbeeld door het opheffen of omleiden van een groot aantal verkeersdiensten.⁹

In de bovenstaande reeks kunnen de leidende principes bij het tactische railverkeermanagement worden herkend¹⁰. Bij het ontwerpen van het verkeersplan wordt begonnen met het toewijzen van verkeersmiddelen aan de verkeersdiensten met de minste vrijheidsgraden (bijvoorbeeld, verknoopte lange afstandverbindingen) en wordt afgesloten met de verkeersdiensten met de meeste vrijheidsgraden, bijvoorbeeld, pendelverbindingen over korte afstanden. Bij het actualiseren van het verkeersplan wordt de omgekeerde weg bewandeld. Als bijregelen geen soelaas biedt wordt getracht de verstoring te verhelpen met maatregelen die het meeste

⁹ Voor een groot aantal situaties is de te volgen strategie vastgelegd in zogenoemde afhandelingstrategieën. Deze kunnen variëren van een lokale afhandelingstrategie voor een knooppunt, maatregelen bij een versperring van een baanvak of een afhandelingstrategie voor één bepaald *treinnummer* (dat wil zeggen een verkeersdienst die elke (werk)dag wordt geleverd).

¹⁰ Zie Tabel 7-2.

resultaat opleveren met zo weinig mogelijk gevolgen voor de rest van het verkeersplan. De bijstuurmaatregelen zullen daarom in eerste instantie veelal betrekking hebben op de verkeersdiensten met de meeste vrijheidsgraden¹¹. Pas in laatste instantie worden de structuurbepalende verkeersdiensten bijgestuurd. Een vergelijkbare aanpak wordt ook bij het herplannen gevolgd.

8.2.4 terugkoppeling naar tactisch en strategisch niveau

De kwaliteit van de levering van de verkeersdiensten wordt voor een belangrijk deel op het tactisch en zelfs strategisch niveau bepaald. Op strategisch niveau wordt ten eerste de omvang van de inzetbare capaciteit vastgesteld, wat gegeven een bepaald niveau van levering tot een zekere reservecapaciteit leidt, die bij het actualiseren van het verkeersplan kan worden ingezet. Bij “reserve-infrastructuur” kan worden gedacht aan voorzieningen als overloopwissels, inhaalsporen en faciliteiten voor kerende treinen op baanvakken. Deze infrastructuurvoorzieningen, die niet planmatig worden ingezet, worden *bijstuurvoorzieningen* genoemd. Ten tweede is de bedrijfszekerheid van de verkeersmiddelen een belangrijk aspect dat in de strategische fase wordt bepaald.

De dienstregeling die op het tactische niveau wordt ontworpen speelt een grote rol bij de kwaliteit van de levering van verkeersdiensten. Een belangrijk aspect daarbij is de complexiteit van het verkeersplan, oftewel het aantal onderlinge afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten. Daarnaast is het van groot belang dat de in het planproces gehanteerde waarden voor de diverse procestijden (zoals halteertijd, rijtijd, en tijd voor splitsen en combineren) overeenkomen met waarden die in de praktijk zijn te realiseren. Een goede registratie van de actuele procestijden is daarom een belangrijke bron van verbetering van het ontwerp van het verkeersplan.

In Nederland vindt een monitoring van de realisatie van de dienstregeling niet systematisch plaats. Hiermee ontbreekt een essentiële schakel in de regelcyclus. Informatie die noodzakelijk is voor een systematisch terugkoppeling naar het tactisch en strategische niveau is niet beschikbaar. Daardoor worden zaken als de in de planning gehanteerde waarden voor de halteertijd of de mate van het gebruik van bijstuurvoorzieningen niet systematisch geëvalueerd.

8.2.5 organisatie van de bijsturing

Het operationeel management is georganiseerd conform de fabrieksanalogie¹². Er is in Nederland anno 2000 een centrale hoofdverkeersleiding, verantwoordelijk voor “het product” (de verkeersdiensten), die hiërarchisch bovengeschild is aan de 15 regionale verkeersleidingposten, verantwoordelijk voor de bijsturing van de logistieke processen op de knooppunten¹³.

¹¹ Een vertraagde zware ertstrein wordt bij voorkeur zonder te stoppen door een station geloodst, ook al lopen diverse reizigerstreinen daarbij vertraging op. Het tot stilstand brengen en na enige tijd weer op gang brengen van de zware goederentrein zou in een dergelijke situatie wellicht meer problemen oproepen dan het zou oplossen.

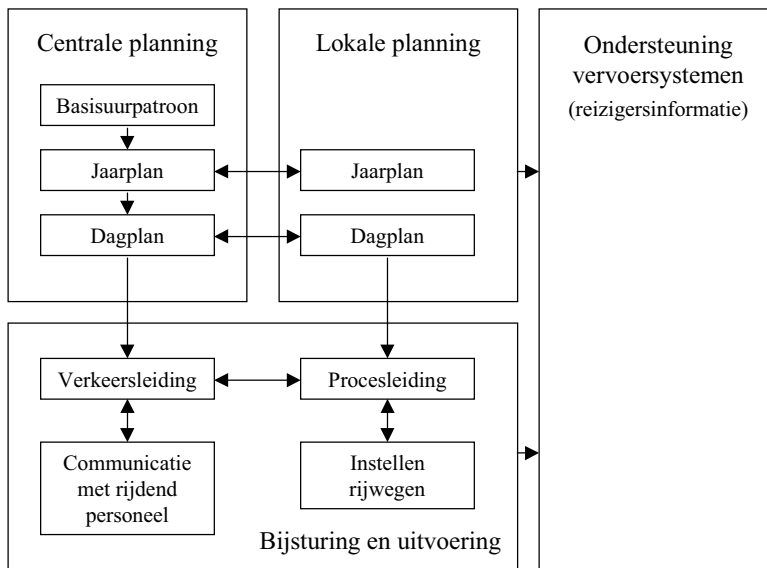
¹² Zie Hoofdstuk 5.

¹³ De lokale posten voor de treindienstleiding hebben geen functie in de bijstuurorganisatie, maar zijn verantwoordelijk voor het bedienen van de infrastructuur, oftewel, de feitelijke koppeling van een rijweg aan een

Bij het actualiseren van (een deel van) het verkeersplan moet er een simultane afstemming tussen de diverse plannen (plan voor de levering van de verkeersdiensten en de plannen voor de inzet van de verkeersmiddelen) plaatsvinden. Deze afstemming is zeer gecompliceerd, omdat er niet alleen verschillende afnemers van verkeersdiensten zijn, maar ook verschillende leveranciers van verkeersmiddelen. In de huidige constellatie vervult een “vervoerder” daarbij een dubbelrol: hij is zowel afnemer van een verkeersdienst als leverancier van materieel- en personeelcapaciteit.

8.2.6 ondersteunend systeem: VPT¹⁴

Het tactisch en operationeel railverkeermanagement wordt in Nederland sinds het einde van de jaren 80 ondersteund door het informatiesysteem VPT (“Vervoer Per Trein”). Figuur 8-3 geeft een globaal overzicht van de architectuur van het geautomatiseerde systeem. Het deelsysteem *Verkeersleiding* omvat de modules die het operationeel railverkeermanagement ondersteunen, het deelsysteem *Procesleiding* ondersteunt het bedienen van de infrastructuur (het instellen van rijwegen). VPT levert overigens ook informatie ten behoeve van vervoerprocessen, met name het instellen van de centrale treinaanwijzers op de perrons en in de stationshallen.



Figuur 8-3 De architectuur van het VPT-systeem (ontleend aan Prins (1998)).

VPT is samengesteld uit een aantal modulaire deelsystemen die een sterke onderlinge samenhang vertonen, onder meer voor wat betreft de elektronische gegevensuitwisseling en het gebruik van basisgegevens ten aanzien van de verkeersmiddelen. De mate van “intelligentie” van de deelsystemen loopt uiteen van tabellarische gegevensvastlegging (bijvoorbeeld, het jaar- en dagplan materieelinzet) via grafische presentatie van gegevens (bijvoorbeeld het actu-

verkeersdienst. Vanaf 2001 zullen de centrale en decentrale eenheden van de bijstuurorganisatie overigens worden samengevoegd tot vier regionale netwerkverkeersleidingscentra.

¹⁴ De onderstaande tekst is ontleend aan Prins (1998).

ele verkeersplan) tot conflictsignalering en beslissingsondersteuning (actualiseren verkeersplan, zie verder 8.5.1).

De belangrijkste doelen van het introduceren van het VPT-systeem waren voor wat betreft de operationele fase van het railverkeersmanagement:

- verbeteren van de productkwaliteit (kwaliteit van de levering van verkeersdiensten in relatie tot het oorspronkelijke verkeersplan) en flexibiliteit (reageren op vraagfluctuaties);
- verbeteren van de beheersing van de productie (met name gericht op het verminderen van de noodzaak tot improvisatie en het verbeteren van de communicatie);
- verbeteren van de efficiency (met name lagere kosten voor het bedienen van de infrastructuur).

VPT is ingedeeld volgens de scheidslijn tactisch – operationeel railverkeersmanagement en de bovenbeschreven organisatorische scheiding van centrale en decentrale verantwoordelijkheden, zie Figuur 8-3. De noodzaak voor de afstemming van de verschillende onderdelen van het verkeersplan is vertaald in de volgende uitgangspunten voor het VPT-systeem:

- synchrone dagelijkse overdracht van het verkeersplan en de inzetplannen;
- onderlinge consistentie van de centrale en decentrale plannen.

Het behoeft weinig betoog dat de organisatorische veranderingen van het afgelopen decennium grote gevolgen hebben gehad voor het VPT-systeem. Het betreft onder meer het eigendom van de verschillende deelsystemen, het vaststellen van bevoegdheden tot het wijzigen van een van de inzetplannen en het bepalen van de toegankelijkheid tot de gegevens. Anderzijds heeft de invoering van VPT gewerkt als katalysator voor het eenduidig formuleren van procesbeschrijvingen en het expliciteren van verantwoordelijkheden en heeft daarmee bijgedragen tot een grotere transparantie van de processen en een grotere objectiviteit bij het beoordelen van het ontwerp van het verkeersplan.

8.2.7 evaluatie werkwijze anno 2000

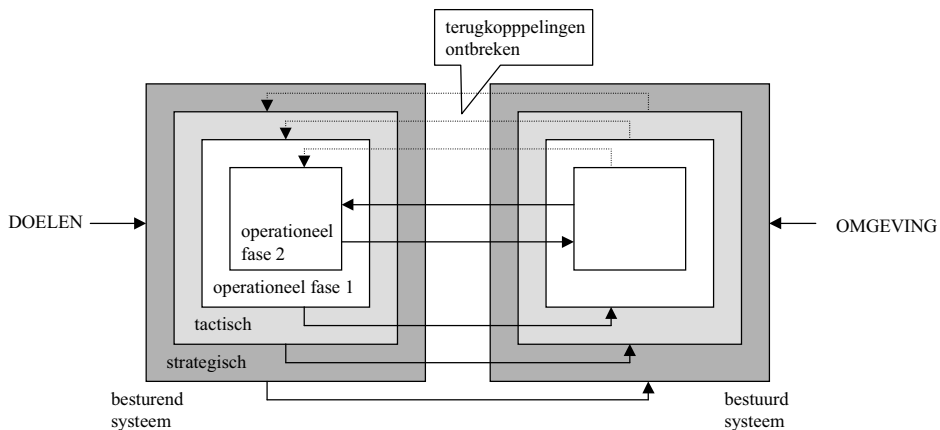
Op grond van de bovenstaande analyse kunnen een aantal kritische kanttekeningen worden geplaatst bij het operationele railverkeersmanagement in Nederland anno 2000. Het model voor de regelcyclus vormt daarbij de leidraad. We zullen constateren dat het ontwerpen van een verkeersplan tot en met de eerste fase van het operationeel railverkeersmanagement alle kenmerken heeft van een open regelkring, waarbij terugkoppeling grotendeels ontbreekt. In de tweede fase van het operationeel railverkeersmanagement verandert het karakter van de besturing in principe in gesloten regelkring. De terugkoppeling is echter vrij grof van karakter, onder meer door het ontbreken van nauwkeurige informatie over de momentane toestand van het systeem. Door het ontbreken van een operationele “vervoerleiding” speelt het actualiseren van de verkeersvraag een ondergeschikte rol bij het actualiseren van de regeldoelen in de regelcyclus.

1. nauwelijks terugkoppelingen in de samengestelde regelcyclus

In Hoofdstuk 5 is het railverkeersmanagement beschreven als een samengestelde regelcyclus, waarbij het strategische railverkeersmanagement het kader vormt voor het tactisch railverkeersmanagement en het tactisch railverkeersmanagement het kader voor het operationeel railverkeersmanagement.

De kaders die op het tactische en strategische niveau van het railverkeersmanagement tot stand komen, hebben een sterke invloed op de kwaliteit van de productie van railverkeersdiensten. De (rest)capaciteit en de bedrijfszekerheid van de railverkeersmiddelen worden in de strategische fase bepaald, terwijl in de tactische fase vooral de complexiteit (de afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten) en de uitvoerbaarheid van het plan (haalbaarheid van de procestijden en verstoringgevoeligheid) worden bepaald. Een systematische monitoring van de feitelijke verkeersafwikkeling die de basis dient te vormen voor een adequate terugkoppeling van de planrealisatie naar de tactische en strategische fase, ontbreekt in Nederland anno 2000. Muller e.a. (2001) heeft aangetoond dat een dergelijke systematische terugkoppeling tot aanzienlijke resultaten kan leiden voor openbaar vervoer over de weg.

De twee fasen van het operationeel railverkeersmanagement¹⁵ –het vaststellen van het definitieve plan en het actualiseren van het plan tijdens de uitvoering– kunnen op hun beurt worden gezien als twee niveaus van een regelcyclus, die zich afspelen binnen het kader van het tactisch railverkeersmanagement (zie Figuur 8-4). De eerste fase wordt afgesloten met een gedetailleerd plan voor de uitvoering.



Figuur 8-4 Samengestelde regelcyclus anno 2000. Terugkoppelingen vinden alleen in fase 2 van het operationeel railverkeersmanagement (bijsturing) plaats.

Dit plan –het zogenoemde *oorspronkelijke* verkeersplan– vormt het kader voor de tweede fase, die een min of meer continue karakter heeft, omdat er steeds op verstoringen moet worden gereageerd. Het verkeersplan wordt telkens geactualiseerd, gegeven de veranderende omstandigheden.

We kunnen constateren dat het ontwerpen van een verkeersplan tot en met de eerste fase van het operationeel railverkeersmanagement alle kenmerken heeft van een open regelkring. Het is een statische werkwijze, waarbij de actuele staat van het bestuurd systeem geen invloed heeft op de te treffen maatregelen.¹⁶ In de tweede fase van het operationeel railverkeersmanagement

¹⁵ Het sturen van de trein in de tijd/wegruimte door de machinist kan gezien worden als een derde fase van operationeel railverkeersmanagement. We laten deze fijnregeling van de verkeersdienst hier verder buiten beschouwing.

¹⁶ Zie Hoofdstuk 5.

verandert het karakter van de besturing in principe in een gesloten regelkring waarbij informatie over de actuele staat van het systeem de basis vormt voor de te treffen maatregelen.

2. terugkoppelingen vrij grof van karakter

We zullen aan de hand van de in Hoofdstuk 5 geïnventariseerde aspecten van de gesloten regelkring constateren dat de bijsturing anno 2000 vrij grof van karakter is.

- monitoren van de momentane toestand

De operationele verkeersleiding krijgt een melding van vertragingen ten opzichte van het oorspronkelijke verkeersplan. Deze melding is grof van karakter (hele minuten) en wordt in de regel pas bij het overschrijden van een drempel (in de regel circa 5 minuten) gemeld door de verkeersleider van het vóórliggende knooppunt.

- regeldoel

Het oorspronkelijke verkeersplan blijkt een cruciale rol in de tweede regelcyclus te spelen: het minimaliseren van afwijkingen ten opzichte van het plan met minimale inzet van extra *recources* vormt in feite het regeldoel. Dit heeft twee redenen:

1. Het oorspronkelijke verkeersplan vertegenwoordigt de laatste versie van de afspraken die met de afnemers zijn gemaakt;
2. Het intrinsiek volledig conflictvrije plan is het laatste consistente plan voor de inzet van de verkeersmiddelen.

Dit laatste aspect weegt zodanig zwaar dat het actualiseren van het verkeersplan met als oogmerk zo goed mogelijk te blijven voldoen aan de (actuele) wensen van de afnemers hieraan ondergeschikt lijkt te zijn gemaakt.

- regelalgoritme

Een regelalgoritme om alternatieve maatregelen te kunnen afwegen is niet beschikbaar. Aan een essentiële voorwaarde hiervoor –het beschikbaar zijn van de precieze momentane plaats en snelheid van de treinen– wordt niet voldaan, zodat een goede voorspelling van de verkeersafwikkeling niet mogelijk is. Wel zijn voor enkele categorieën grote verstoringen (zoals baanvakstremmingen) statische afhandelingstrategieën beschikbaar. Overigens zal de verkeersleider vooral een beroep doen op zijn ervaring en inzicht.

- regelruimte

Het hiervoor geformuleerde regeldoel impliceert dat de beschikbare regelruimte strikt genomen nihil is, zodat elke afwijking ten opzichte van het verkeersplan in principe wegge-regeld zou moeten worden. Kleine afwijkingen kunnen door de machinist worden gecorrigeerd. Bij grotere afwijkingen grijpt de verkeersleider in. In de praktijk worden afwijkingen tot ca. 3 minuten echter als “op tijd” beschouwd.

- actuatoren

Het operationele railverkeersmanagement kan het proces bijsturen via opdrachten aan de machinist of conducteur (telefoonverbinding), het wijzigen van spoorgebruik en het uitstellen of wijzigen instelling van rijwegen. Dit zijn alle relatief omslachtige activiteiten, die bij kleine afwijkingen ten opzichte van het plan achterwege blijven.

3. ondersteunende systemen niet toegesneden op terugkoppeling

Het ontwerp van het VPT-systeem is toegesneden op de traditionele, statische en geïntegreerde productiewijze, waarbij het verkeersplan (dienstregeling) niet alleen het productieplan voor

de verkeersdiensten vertegenwoordigt maar ook het vervoerplan en de inzet van de verkeersmiddelen, met name de infrastructuur. Een dynamische vorm van railverkeersmanagement, waarbij deze rollen ontkoppeld zijn in verschillende plansystemen met verschillende verschijningsvormen en met verschillende terugkoppelingen, zal andere eisen stellen aan de ondersteunende geautomatiseerde systemen.¹⁷

Het VPT-systeem bevat weliswaar een module waarmee de afwikkeling van het railverkeer wordt geregistreerd, maar deze is vanwege de onnauwkeurigheid van de registratie slechts beperkt bruikbaar voor een systematische monitoring als basis voor de terugkoppeling naar het tactische en strategische niveau. Deze VPT-module (de zogenoemde Vervoergegevensbank) levert de gegevens waarmee de monitoring van de punctualiteit van het railverkeer plaatsvindt¹⁸.

4. operationele “vervoerleiding” ontbreekt in regelcyclus.

Bij het treffen van bijstuurmaatregelen wordt gekozen voor die maatregelen die het meeste resultaat opleveren met zo weinig mogelijk gevolgen voor het (oorspronkelijke) verkeersplan. Een prioriteitstelling tussen typen verkeersdiensten¹⁹ op grond van de vervoerwaarde, bijvoorbeeld –voor wat betreft het reizigervervoer– gerepresenteerd door het aantal reizigers in de trein, speelt daarbij een ondergeschikte rol. Met andere woorden, het zoveel mogelijk handhaven van het (oorspronkelijke) verkeersplan is als doel belangrijker dan de (momentane) achterliggende vervoerplannen.

Het ontbreken van een expliciet operationeel *vervoermanagement*²⁰ dat het vervoerplan continu aanpast aan de actuele omstandigheden is hieraan mede debet. Een dergelijke organisatie zou kunnen aangeven waar de momentane prioriteiten bij de verkeersafwikkeling zouden moeten liggen en daarmee de orders aan het railverkeerssysteem moeten actualiseren, voor wat betreft dat deel van de verkeersdiensten dat aan het betreffende vervoersysteem wordt geleverd.

8.3 Punctualiteit tegen de achtergrond van het Lagenmodel

Betrouwbaarheid voor wat betreft het tijdstip van arriveren op de bestemming, wordt door eindgebruikers (reizigers) als het belangrijkste kwaliteitsaspect van een vervoerdienst beschouwd, nog voor aspecten als zitplaatskans, reinheid en zelfs reisduur²¹. Hieronder gaan we in op ketenbetrouwbaarheid en punctualiteit en de bijdrage die elke laag in het Lagenmodel Verkeer en Vervoer hieraan levert.

¹⁷ Zie verder Hoofdstuk 9.

¹⁸ Zie verder 8.3.3.

¹⁹ Desondanks is er wel een generieke prioriteitsvolgorde vastgelegd, zie Capaciteitsmanagement (1993).

²⁰ “Vervoerleiding” als tegenhanger van “Verkeersleiding”.

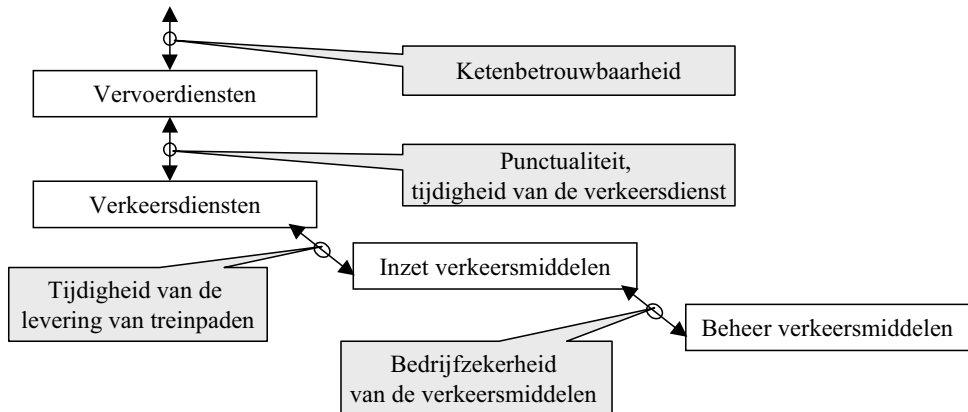
²¹ Dit geldt zowel voor Nederland (NS Reizigers (2000) en Peeters e.a. (1998)) als Zwitserland (Wildener (1999)).

8.3.1 ketenbetrouwbaarheid en punctualiteit

Voor de reiziger heeft betrouwbaarheid van levering van een vervoerdienst betrekking op de *ketenbetrouwbaarheid*, de tijdigheid van het bereiken van de bestemming aan het einde van de gehele vervoerketen. Een vervoerketen is hierbij een sequentie van vervoerdiensten die een eindgebruiker nodig heeft om zich van A naar B te verplaatsen. Overigens kan de keten ook uit één schakel bestaan.

Peeters e.a. (1998) maakt onderscheid tussen *objectieve* en *subjectieve betrouwbaarheid*. De eerste heeft betrekking op de objectief vast te stellen kans op een tijdige levering van een vervoerdienst, terwijl bij subjectieve betrouwbaarheid de perceptie van een (potentiële) gebruiker van een vervoersysteem een rol speelt. Vervolgens kan subjectieve betrouwbaarheid worden onderverdeeld in *imagobetrouwbaarheid*, van belang voor potentiële klanten en de verdere omgeving van een vervoersysteem, en *ervaringsbetrouwbaarheid*, een aspect dat meespeelt bij het gedrag van ervaren reizigers. Overigens constateert Peeters dat voor zowel collectieve als individuele vervoerssystemen de imagobetrouwbaarheid aanmerkelijk slechter blijkt te zijn dan de ervaringsbetrouwbaarheid.

Punctualiteit, hier gedefinieerd als de tijdige levering van een verkeersdienst, is een performance-aspect van een railverkeerssysteem, en daarmee een belangrijke bouwsteen voor de betrouwbaarheid van de vervoerketen, zie Figuur 8-5. Punctualiteit is de resultante van de tijdigheid van levering van de diensten binnen het railverkeerssysteem.



Figuur 8-5 Het aspect tijdigheid van de geleverde dienst in het Lagenmodel Verkeer en Vervoer.

Om de verplaatsingstijd in de vervoerketen concurrerend te maken met andere vervoerssystemen bieden collectieve vervoerssystemen diensten aan met weinig marges in en tussen de schakels van de keten. Er bestaat bij het aanbod van (een keten van) vervoerdiensten derhalve een spanningsveld tussen de aangeboden verplaatsingsduur en de betrouwbaarheid van de levering van de diensten. Overigens resulteert een onbetrouwbare levering in een verlenging van de verplaatsingsduur die een factor 2 a 2½ maal zo zwaar weegt als de aangeboden verplaatsingsduur²². Schaafsma (1996) concludeert op grond van een case dat, gegeven een bepaalde mate van dispunctualiteit van verkeersdiensten, de producent van vervoerdiensten te

²² Bron: Peeters e.a.(1998).

rughoudend dient te zijn met het aanscherpen van de marges in het vervoerplan om de aan de reiziger aangeboden verplaatsingsduur te verkorten.

We vereenzelvigen punctualiteit hier met aankomstpunctualiteit. Dit betekent niet dat vertrekpunctualiteit niet van belang is; het is een indicator voor de kwaliteit van de uitvoering van een van de deelprocessen waaruit de productie van verkeersdiensten is opgebouwd²³. Dit betekent dat de vertrekpunctualiteit in eerste instantie een interne stuurparameter betreft, waar aankomstpunctualiteit een kwaliteitsaspect van de levering van de verkeersdienst aan de afnemer is. Overigens heeft een trein die vroeger vertrekt dan in het vervoerplan is gepubliceerd wel degelijk een grote invloed op de betrouwbaarheid van de vervoerketen. Omdat dit in het railverkeerssysteem echter sporadisch voorkomt, besteden we er in deze paragraaf geen aandacht aan.

Ook in het goederenvervoer is ketenbetrouwbaarheid van belang. Dat geldt zeker voor vervoerdiensten die een onderdeel vormen van een *just in time* keten, waarbij tijdigheid van de levering van de vervoerdienst belangrijker is dan een korte verplaatsingsduur. Om de tijdigheid te waarborgen worden daarom aanzienlijke marges in de aangeboden verplaatsingsduur ingebouwd, zeker in het internationale goederenvervoer per spoor, waar de afstanden groot zijn en de voorspelbaarheid van de levering van de verkeersdiensten relatief laag is. Door de grotere marges is de tijdigheid van de levering van de verkeersdienst aan het vervoersysteem meestal wat minder kritisch dan in het reizigersvervoer, waar de schakels in een vervoerketen soms op enkele minuten sluiten.

8.3.2 verstoringen en punctualiteit

In het bovenstaande is het belang van punctualiteit voor de afnemers van de verkeersdiensten beschreven. Echter, ook voor de interne organisatie van het railverkeerssysteem is punctualiteit van groot belang. Een punctuele levering van verkeersdiensten betekent immers dat de complexe afhankelijkheden binnen het verkeersplan behouden kunnen worden. Een hoge punctualiteit betekent dat de inzet van de verkeersmiddelen zeer efficiënt kan zijn, omdat de behoefte aan reservecapaciteit dan gering is. In landen als Japan en Zwitserland is dit een belangrijk uitgangspunt van het railverkeersmanagement.

In het onderstaande zullen we zien dat punctualiteit de resultante is van de verstoring van de levering van de diensten in de verschillende lagen van het Lagenmodel Verkeer en Vervoer, zie Figuur 8-5. We maken onderscheid naar primaire en secundaire verstoringen.

primaire en secundaire verstoringen

Verstoringen als defect materieel, een baanvakversperring of een foutief ingestelde rijweg worden *primaire verstoringen* genoemd, omdat ze de levering van een verkeersdienst direct verstoren. Een primaire verstoring leidt vaak tot een afwijking in de realisering van een verkeersdienst. Vanwege de afhankelijkheden in het verkeersplan kan vervolgens de uitvoering van andere verkeersdiensten verstoord worden, omdat de toegewezen verkeersmiddelen niet op tijd beschikbaar komen. Deze verstoringen worden *secundaire verstoringen* genoemd, om-

²³ Daarnaast veroorzaakt een te laat vertrekkende trein een gevoel van onzekerheid bij de reiziger over het op tijd arriveren op de bestemming. Dit hangt voor een deel samen met de wijze waarop het vervoeraanbod aan de eindgebruikers wordt gepresenteerd. In de luchtvaart (zie Hoofdstuk 7) is het vervoeraanbod niet synoniem met het verkeersplan zodat “te laat vertrekken” in veel gevallen toch in “op tijd aankomen” kan resulteren.

dat ze het gevolg zijn van een afwijkende realisering van een andere verkeersdienst en niet rechtstreeks een gevolg zijn van de primaire verstoring.

systeemlaag beheer verkeersmiddelen: bedrijfszekerheid

Een storing in de beschikbaarheid van een verkeersmiddel, zoals een materieelstoring, betekent dat het verkeersmiddel zijn functie niet –of in verminderde mate– aan de geplande verkeersdienst kan leveren. Ook de invloeden van buiten het railverkeerssysteem, zoals een blikseminslag die het beveiligingssysteem onklaar maakt, vallen onder deze categorie.

Verstoringen in de laag beheer verkeersmiddelen worden alle gerekend tot de primaire storingen. Het gaat daarbij om de bedrijfszekerheid van technische middelen, maar, bijvoorbeeld, ook om de discipline van verkeerspersoneel. Als een machinist te laat bij de trein is, kan niet op tijd worden gestart met de levering van een verkeersdienst. Hoewel de uitlevering van de verkeersdienst aan het eindpunt (en op tussengelegen knooppunten) vanwege de momentane marge in de procestijden desondanks tijdig kan zijn²⁴, is er sprake van een verstoring van het verkeersplan.

systeemlaag inzet verkeersmiddelen: tijdigheid van levering treinpaden

Als de inzetplannen niet conflictvrij zijn, met andere woorden als verkeersmiddelen niet exclusief aan één verkeersdienst zijn toegewezen, is er sprake van een primaire verstoring. Immers, de verkeersdiensten kunnen dan niet volgens het verkeersplan worden geleverd, ook als de beschikbaarheid van de verkeersmiddelen volledig volgens plan zou verlopen.

De complexe afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten bij de inzet van verkeersmiddelen vormen een belangrijke bron van secundaire verstoringen. Een trein die te laat op zijn eindpunt arriveert (oftewel, een verkeersdienst die te laat wordt geleverd) heeft vaak niet alleen gevolgen voor het vervoerssysteem (reizigers arriveren te laat), maar ook voor andere verkeersdiensten in het verkeersplan.

Ten eerste kan een bepaalde verkeersdienst wellicht nog niet worden uitgevoerd, omdat in het verkeersplan is beschreven dat aansluiting op de vertraagde trein moet worden geboden. Ten tweede was het materieel van de vertraagde trein wellicht bestemd voor weer een andere verkeersdienst en de machinist en conducteurs misschien voor een derde en vierde of zelfs vijfde verkeersdienst.

systeemlaag productie verkeersdiensten: tijdigheid van levering verkeersdiensten

Onder primaire verstoringen in de laag productie verkeersdiensten vallen de bedieningsfouten in een van de processen bij de realisering van een verkeersdienst, zoals het te laat instellen van een rijweg of het overschrijden van de maximaal toegelaten snelheid waardoor het ATB-systeem²⁵ de trein tot een noodstop dwingt.

Een bijzondere bron van verstoringen wordt gevormd door een gewijzigde vraag naar verkeersdiensten, zoals spoedorders bij evenementenvervoer of detailwijzigingen in de karakteristieken van een goederenvervoerdienst. Ook het uitlopen van een stationnement, bijvoorbeeld, vanwege het “inladen” van een aantal reizigers met rolstoelen, leidt tot het wijzigen

²⁴ Zie Hoofdstuk 7.

²⁵ Automatisch Treinbeïnvloeding (ATB): beveiligingssysteem waarmee de overschrijding van de lokaal toegelaten maximale snelheid wordt gecontroleerd en gecorrigeerd.

van de gewenste vertrektijd door het vervoerssysteem en daarmee het wijzigen van de vraag. Bezien vanuit de optiek van het railverkeerssysteem wordt het bovenstaande tot een primaire verstoring van het verkeersplan gerekend, ondanks het feit dat deze verstoring (impliciet) door een afnemer is geaccordeerd. Bij de registratie wordt de punctualiteit dan ook gerelateerd aan het oorspronkelijke plan (zie 8.3.3).

Secundaire verstoringen komen voort uit de afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten in het verkeersplan, voortkomend uit de wensen van de vervoerssystemen. Als voorbeelden kunnen worden genoemd:

- De aansluiting tussen twee verkeersdiensten op een knooppunt in tijd (tegelijkertijd in het knooppunt) en plaats (op aan hetzelfde perron gelegen sporen);
- Een bepaalde volgorde van verkeersdiensten op een baanvak, bijvoorbeeld om te verdeling van de reizigers over de treinen te sturen.

eisen aan de performance

De eisen aan de performance van de diensten in de verschillende lagen hangen nauw met elkaar samen. Het mag duidelijk zijn dat hoe intensiever de inzet van de verkeersmiddelen is en hoe complexer het inzetplan, des te hoger de eisen moeten zijn die aan de bedrijfszekerheid van de verkeersmiddelen worden gesteld.

Het is in principe een optimaliseringsprobleem, waarbij enerzijds investeren in bedrijfszekere systemen en (preventief) onderhoud tot kostenverhoging leiden, maar anderzijds intensieve benutting van verkeersmiddelen tot lagere (capaciteits)kosten leiden en uiteindelijk bijdragen aan een hogere kwaliteit voor de eindgebruikers. In Japan leidt deze balans, bijvoorbeeld, tot het investeren in dubbele bekabeling aan weerszijden van het spoor om de kans op het onklaar raken van beveiligingssystemen door werkzaamheden te verminderen²⁶.

8.3.3 registratie performance-aspecten

Van de meeste railverkeerssystemen worden een aantal performance aspecten geregistreerd (zie Tabel 8-1). In de meeste landen betreft het in elk geval het aspect punctualiteit, de tijdige levering van de verkeersdiensten. Punctualiteit wordt daarbij gedefinieerd als het percentage treinen dat tijdig arriveert in de geplande stop. De nadere invulling van het begrip *tijdig arriveren* verschilt (in Zwitserland en Nederland worden twee normen gehanteerd):

- minder dan 5 minuten te laat (Zwitserland, België, Duitsland, Verenigd Koninkrijk, Nederland);
- minder dan 3 minuten te laat (Nederland);
- minder dan 2 minuten te laat (Zwitserland).

De strengere definitie ten aanzien van de Nederlandse en Zwitserse railverkeerssystemen kan worden teruggevoerd op de daar vigerende knooppuntdienstregelingen²⁷, waarbij treinen met krappe overstapmarges op elkaar aansluiten.

²⁶ Zie verder 8.4.

²⁷ Zie Bijlage B.

Tabel 8-1 Punctualiteit in verschillende railverkeerssystemen.

	<i>Definitie van tijdigheid</i>	<i>Doelstelling (% van de treinen op tijd)</i>	<i>Realisatie (jaar)</i>	<i>Opmerking</i>
Nederland	< 3 min. te laat	87% in 1998 92% in 2000	84% (1998) 85% (2000)	doelstelling NS Reizigers ²⁸
	< 5 min. te laat	96% in 2000 98% in 2010	92% (1998) 93% (1999)	doelstelling SVV II ²⁹
Zwitserland	< 2 min. te laat	75%	81% (1998)	
	< 5 min. te laat	95%	95% (1998)	
België	< 5 min. te laat	95%	89-95% (1998)	onderscheid naar snel- en stoptreinen; “overmacht” niet meegerekend
Duitsland	< 5 min. te laat	95%	85% (1997) 90% (1 ^e helft 1998)	
Verenigd Koninkrijk	< 5 min. te laat	gedifferentieerd	93% ('96/'97) 90% ('97/'98)	basis voor financiële incentives
Japan	-	-	“accuraat” ³⁰	“punctualiteit is uitgangspunt”

In het onderstaande gaan we in op de aspecten die ten aanzien van het Nederlandse railverkeerssysteem worden geregistreerd. Naast punctualiteit zijn dat het percentage gehaalde aansluitingen en de primaire verstoringen (“onregelmatigheden”).

registratie van punctualiteit anno 2000

In Nederland wordt van alle treinen die in het actuele dagplan zijn opgenomen geregistreerd, wat bij aankomst de afwijking is ten opzichte van het plan. De registratie door NS Verkeersleiding³¹ in de zogenoemde *Vervoergegevensbank*³² betreft de 35 belangrijkste knooppuntstations in het landelijke netwerk. Naast deze meting worden steekproeven gedaan door consumentenorganisaties³³. Daarbij geldt als referentie het met de reizigers overeengekomen ver-

²⁸ NS Reizigers publiceerde de doelstelling in het Handvest NS Reizigers (NS Reizigers (1997). Later werd deze doelstelling bijgesteld. In het Jaarverslag over 1999 (NS (2000)), werd het doel “87% van de treinen < 3 minuten te laat” voor 1999 geformuleerd. De nieuwe doelstelling voor 2000 luidde “89% < 3 minuten te laat”.

²⁹ Het parlement legde haar doelstelling vast in het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer (Tweede Kamer der Staten-Generaal (1991).

³⁰ Bron: Van de Velde (1999b).

³¹ Per 1 januari 2001 is NS Verkeersleiding omgedoopt in *Railverkeersleiding*. Omdat deze dissertatie is geschreven vanuit de situatie anno 2000, wordt de oude naam gehanteerd.

³² *Verkeersgegevensbank* zou gezien de aard van de gegevens overigens een betere naam zijn.

³³ In het kader van het Landelijk Overlegorgaan Consumentenbelangen Openbaar Vervoer vindt een halfjaarlijks onderzoek plaats door de Consumentenbond in samenwerking met Rover en ANWB en met steun van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

keersaanbod, te weten het spoorboekje, dat is gebaseerd op het jaarplan³⁴. Dit is een van de redenen dat de resultaten van beide registraties zich moeilijk laten vergelijken, zie verder Tabel 8-2. Hansen (2001) constateert overigens dat de registratie door NS Verkeersleiding niet erg nauwkeurig is en stelt een nieuw monitoringinstrument voor (*TNV-Prepare*, zie 8.5.3).

Tabel 8-2 Vergelijking van de twee verschillende wijzen van registratie van punctualiteit in Nederland.

<i>Registratie van punctualiteit in Nederland</i>	<i>Vervoergegevensbank (NS Verkeersleiding)</i>	<i>Consumentenorganisaties</i>
Aard van de meting	geautomatiseerde registratie	handmatige steekproef
Omvang van de meting	24 uur per dag, 7 dagen per week	halfjaarlijkse niet aselechte steekproef
Referentie	actueel dagplan	spoorboekje (jaarplan)
Definitie van arriveren	trein staat stil langs perron	deuren gaan open
Wijze van registreren	berekenen op basis van passeerpunten vóór het station	handmatig registreren met behulp van de stationsklok.
Implementatie van het toetsingscriterium "< 3 minuten te laat"	> 2'30" is te laat	>2'59" is te laat

gehaalde aansluitingen

Een tweede registratie van de performance van het railverkeerssysteem betreft een aantal in het verkeersplan gedefinieerde relaties tussen verkeersdiensten. Door de aankomsttijd van een trein te relateren aan de vertrektijd van een aansluitende trein, wordt de conclusie getrokken of de geplande relatie inderdaad is gerealiseerd en de reizigers hun aansluiting hebben gehaald. De op deze wijze bewaakte aansluitingen worden voor elk jaarplan opnieuw vastgesteld.

primaire verstoringen ("onregelmatigheden")

NS Verkeersleiding registreert de primaire verstoringen die een vertraging van minstens twee minuten veroorzaken³⁵. Alle zogenoemde "onregelmatigheden" worden toegedeeld naar de verantwoordelijke organisatie: vervoerder(s) reizigers, vervoerder(s) goederen, NS Verkeersleiding en NS Railinfrabeheer. Deze partijen zijn ook verantwoordelijk voor hun toeleveranciers. Vervoerders zijn bijvoorbeeld verantwoordelijk voor het materieel. Verstoringen die zijn toe te schrijven aan "derden" en "weer" beïnvloeden primair de beschikbaarheid van de infrastructuur en worden derhalve aan NS Railinfrabeheer toegerekend.

Er wordt geen onderscheid gemaakt naar de ernst van de gevolgen van de onregelmatigheid. Een van de redenen is dat het, vanwege de complexe afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten, onmogelijk lijkt om vast te stellen wat de gevolgen van een primaire verstoring voor de punctualiteit is³⁶. Om toch de ernst van de verstoringen te laten meewegen bij de interne sturing heeft NS het begrip *Eenheden Van Bedrijfshinder* (EVB's) geïntroduceerd. Het is een

³⁴ Zie Hoofdstuk 7.

³⁵ Bron: NS Verkeersleiding (1998).

³⁶ Om deze reden is de ontwikkeling van een punctualiteitsmodel (TNO Inro (1997)) mede op basis van een review door de KEMA (1998) niet verder gekomen dan het verkenningsstadium.

pragmatische grootheid waarin zowel de gevolgen voor de punctualiteit van het railverkeer als de vertragingen voor de reiziger zijn verdisconteerd³⁷.

8.3.4 evaluatie performance-aspecten

1. het belang van punctualiteit

De hoge eisen die in Japan, Zwitserland en Nederland aan punctualiteit worden gesteld zijn niet alleen terug te voeren op de kwaliteit die uiteindelijk aan de eindgebruiker kan worden geleverd, maar is ook een absolute voorwaarde voor het kunnen realiseren van een complex minutieus verkeersplan. Een hoge bedrijfszekerheid van de verkeersmiddelen (inclusief de discipline van het bedienend personeel) speelt hierin een beslissende rol. Als aan deze eisen om welke reden dan ook niet kan worden voldaan, rijst de vraag of het verstandig is om reizigers vervoer aan te bieden dat weliswaar uitgekend is qua reismogelijkheden, maar dat in de praktijk met onvoldoende betrouwbaarheid is te realiseren.

Het alternatief is om te zoeken naar een productiewijze waarbij niet de precieze uitvoering van een complex, minutieus plan de norm is, maar een bandbreedte, waarbinnen de realisering van de processen zich mag afspelen zonder dat de kwaliteit van de levering van de verkeersdiensten hier onder lijdt. Het begrip punctualiteit krijgt dan een geheel andere lading³⁸.

2. de registratie van punctualiteit

Bij de huidige registratie van de punctualiteit is het opvallend dat “het op tijd rijden van de treinen” centraal staat, niet het tijdig bereiken van de bestemming door de reiziger. Met andere woorden de performance van het railverkeerssysteem wordt –ook door consumentenorganisaties– nauwlettend bewaakt, terwijl de performance van de vervoer van reizigers op het aspect tijdigheid nauwelijks wordt getoetst. Uiteraard is dit terug te voeren op het ontbreken van het onderscheid tussen verkeers- en vervoerdiensten. Ook speelt een rol dat het eenvoudiger is om per dag ca. 5000 treinen te volgen dan meer dan een miljoen reizigers, nog afgezien van de privacyaspecten. Wellicht zouden de consumentenorganisaties zich meer op de performance van de vervoerssystemen moeten gaan richten in plaats op het –onderliggende– railverkeerssysteem.

3. de rol van de overheid ten aanzien van punctualiteit

De overheid stelt strenge eisen aan de performance van het railverkeerssysteem (zie Tabel 8-1), hetgeen terug te voeren is op de volgende rollen van de overheid:

- consumentenbescherming

De eindgebruiker (reiziger) heeft niet altijd een alternatieve vervoermogelijkheid. Derhalve dient de vervoerkwaliteit aan minimumeisen te voldoen.

- bevordering van het gebruik van collectieve vervoerssystemen

Vanuit het bereikbaarheidsbeleid stimuleert de overheid het gebruik van collectieve vervoerssystemen. Voor een belangrijk deel zijn deze aangewezen op het railverkeerssysteem. Een hoge kwaliteit van het railverkeerssysteem bevordert de concurrentiekracht van collectieve vervoerssystemen.

³⁷ Zie Mensonides (1990).

³⁸ Zie verder Hoofdstuk 9.

– verantwoordelijkheid voor infrastructuur

De overheid is verantwoordelijk voor het verkeersmiddel infrastructuur dat aan de producenten van verkeersdiensten ter beschikking wordt gesteld.

De eerste twee rollen hebben betrekking op vervoerssystemen, de laatste op de verkeersmiddelen. Het lijkt niet erg doelgericht om eisen te stellen aan het *verkeerssysteem* met als doel een bepaalde performance van *vervoersystemen* –vast te leggen in concessies aan vervoerssystemen– te bewerkstelligen³⁹.

Als opdrachtgever voor het beheer van infrastructuur, de derde rol, zou de overheid eisen kunnen stellen aan de beschikbaarheid ervan. Tot op heden is dit niet gebeurd, met name omdat de systematiek hiervoor ontbreekt. Ook hier wordt een toevlucht gezocht tot de relatief eenvoudig te bewaken performance van het railverkeerssysteem. Ter illustratie: de overheid formuleerde ten aanzien van de HSL–*infrastructuur* de eis dat 98% van de *treinen* met minder dan twee minuten aan de Belgische grens zou moeten worden aangeleverd⁴⁰. Met andere woorden: een project ter vergroting van de kwaliteit en capaciteit van het *verkeersmiddel* infrastructuur zou aan een eis moeten voldoen die betrekking heeft op de performance van het – veel bredere– *railverkeerssysteem*.

8.4 Operationeel railverkeersmanagement in Japan

“De excellente en hooggewaardeerde prestaties van het Japanse treinsysteem⁴¹” worden algemeen gezien als een voorbeeld voor Europa. Hieronder gaan we volgens de indeling van het Lagenmodel Verkeer en Vervoer in op een aantal aspecten van het operationeel railverkeersmanagement om verbeterpunten voor andere railverkeerssystemen te onderkennen. Deze paragraaf is met name gebaseerd op het verslag van een NS studiereis naar Japan (NS Reizigers (1997b) en op het hoofdstuk “Japan” in de vergelijkende studie van Van de Velde (1999b).

8.4.1 algemeen

Japan is een zeer dicht bevolkt land met 126 miljoen inwoners op een grondgebied dat –voor wat betreft het bewoonbare gedeelte– niet veel afwijkt van de oppervlakte van Nederland, zie Tabel 8-3. Het bewoonbare deel van Japan is een langgerekte en smalle corridor. Door de structuur van het land en stringente beperkende maatregelen neemt de auto in het woon–werkverkeer van en naar de grote agglomeraties een bescheiden plaats in. Per hoofd van de bevolking worden in Japan dan ook 3½ zoveel treinreizen gemaakt als in Nederland.

³⁹ Zie ook Hansen (2001).

⁴⁰ Gezien het feit dat in de eerste helft van 1998 slechts 56% van de treinen met 3 minuten of minder vertraging aan de Belgische grens arriveerde (Bron NS Verkeersleiding), is deze eis onrealistisch hoog, hoewel de treinen in 1998 uiteraard nog via de “oude” infrastructuur reden.

⁴¹ Bron citaat: NS Reizigers (1997b), bladzijde 5.

Tabel 8-3 Vergelijking van kerngegevens van de spoorwegen in Japan en Nederland (1998)
Bron: UIC, eigen bewerking.

<i>Categorie</i>	<i>Grootheid</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Japan (JR)</i>	<i>Nederland (NS)</i>	<i>Verhouding</i>
Land	oppervlakte	duizend km ²	378 ⁴²	42	9
	bevolking	miljoen inwoners	126	16	8
	bevolkingsdichtheid	inwoners per km ²	335	378	0,9
	lengte wegnnet	duizend kilometer weg	1.148	125	9
Spoorwegen	lengte spoorwegnet	kilometer spoor	20.122	2.808	7
	personeel	duizend arbeidsplaatsen	185	27	7
	verkeersprestatie	miljoen treinkilometers	758	125	6
Reizigersvervoer per spoor	vervoeromvang	miljoen reizigers	8.748	319	27
	vervoerprestatie	miljoen reizigerskilometers	242.809	14.759	16
	gemiddelde reisafstand	kilometer	28	46	0,6
	gemiddeld aantal reizen per hoofd van de bevolking		69	20	3,5
Goederenvervoer per spoor	vervoeromvang	miljoen ton	48	24	2
	vervoerprestatie	miljoen tonkilometers	24.339	3.778	6
	gemiddelde verplaatsingsafstand	kilometer	507	157	3,2

De gemiddelde reisafstand is in Japan kleiner dan in Nederland ondanks de grotere oppervlakte van het land. Dit wijst op een groot aandeel van de motieven woon-werk en woon-onderwijs in het reizigersvervoer per spoor. Dit resulteert in zeer grote stromen in de collectieve vervoersystemen, bijvoorbeeld 100.000 reizigers per richting in een uur (ringlijn Tokyo)⁴³. De verwerking van deze enorme stromen is slechts mogelijk in een –volgens de KANBAN-principes– op constante doorstroming gericht productieproces. Alle activiteiten en deelprocessen zijn hierop afgestemd. Er zijn geen flessenhalzen in de capaciteiten van de verkeersmiddelen en het personeel is zeer gedisciplineerd en gericht op het vermijden van fouten.

De omvang van het goederenvervoer per spoor is in Japan in verhouding (nog) geringer dan in Nederland⁴⁴. Dit betekent dat de Japanse spoorwegen nog meer dan de Nederlandse zijn gericht op het vervoer van reizigers.

De Japanse spoorwegen zijn verticaal geïntegreerde ondernemingen, dat wil zeggen dat alle diensten waaruit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is opgebouwd –van de service aan de

⁴² Hiervan is ca. 15% bewoonbaar; 4,6% is bebouwd (1997).

⁴³ In Nederland geldt een traject met, ordegrrootte, 5000 reizigers in een spitsuur in de drukste richting als zwaar belast.

⁴⁴ In qua omvang enigszins met Japan vergelijkbare landen als Duitsland en Frankrijk worden drie tot vijf maal zoveel ton goederen per spoor verplaatst als in Japan (zie Bijlage A).

reizigers⁴⁵ tot en met onderhoud aan de infrastructuur– in eigen beheer worden gehouden. Het voordeel daarvan is dat de kwaliteit van het eindproduct dan niet afhankelijk is van de kwaliteit van de toeleveringen van andere bedrijven. Overigens sluit dit niet uit dat de ondernemingen van elkaars netwerken gebruik maken⁴⁶.

8.4.2 vervoerdiensten

De grote vervoerstromen rechtvaardigen een hoogfrequent en gedifferentieerd aanbod aan vervoerdiensten, met name in de spitsuren. Hoewel sommige vervoerdiensten zijn opgebouwd uit op elkaar aansluitende verkeersdiensten, wordt geen knooppuntensysteem⁴⁷ met onderling op elkaar wachtende treinen aangeboden. Een dergelijke dienstregelingstructuur heeft bij de geboden hoge frequenties slechts beperkte voordelen en wordt bovendien te kwetsbaar geacht. Anders dan, bijvoorbeeld, in Nederland, is het vervoeraanbod in de spitsuren niet gerelateerd aan de patronen die in de daluren worden aangeboden. Vanwege de hoge frequenties in de spitsuren worden “voor de reiziger herkenbare vertrektijden” niet van belang geacht. Het voordeel is dat het aanbod in de spitsuren volledig kan worden toegesneden op de vraag.

De kwaliteit van het vervoer is volgens Europese standaards zeer hoog voor wat betreft de betrouwbaarheid van de aankomsttijden, maar laag voor wat betreft het comfort. Een betrouwbaarheid van het systeem van vrijwel 100% is noodzakelijk, omdat er –zeker in de spitsuren– geen ruimte is voor bijsturing. De grote aantallen reizigers maken vervangend busvervoer bij verstoringen tot een onbruikbaar alternatief. De noodzaak om zeer grote vervoerstromen af te wikkelen, gevoegd bij het feit dat collectieve vervoerssystemen op sommige vervoercorridors praktisch een monopolie hebben, leidt tot de keuze voor capaciteit boven kwaliteit. Het is geen uitzondering dat reizigers gedurende twee uur moeten staan. Illustratief is de situatie in *Tokyo Metropolitan Area*, waar het vervoermanagement zich ten doel stelt om de bezettingsgraad van 200% (“de meeste passagiers voelen zich platgedrukt en kunnen alleen een tijdschrift lezen”) terug te brengen naar 150% (“sommige passagiers staan schouder aan schouder, maar kunnen een krant lezen”)⁴⁸.

Ten aanzien van het vervoermanagement is verder de rol van de perronmanager vermeldenswaardig. Deze functionaris heeft tot taak te zorgen dat de reizigers binnen de afgesproken stationnementtijd in– en uitstappen, zodat de treinen op tijd kunnen vertrekken. Het gaat soms om 500 reizigers die in 20 seconden moeten in– en uitstappen. Daarnaast draagt de perronmanager zorg voor het omroepen van mededelingen aan de reizigers per draagbare microfoon.

8.4.3 verkeersdiensten

Door de grote vervoerstromen zijn de collectieve vervoerssystemen aangewezen op railverkeerssystemen. Het inzetten van bussen is geen alternatief, zelfs niet gedurende het weekeinde.

⁴⁵ De Japanse spoorwegen richten zich bovendien sterk op de ontwikkeling van vastgoed rondom de stations om daarmee enerzijds rendabele, goed bereikbare attracties te creëren en anderzijds vervoer te genereren, bij voorkeur in de andere richting dan die van de woon–werkstromen.

⁴⁶ Zie verder 8.4.3.

⁴⁷ Zie Bijlage B.

⁴⁸ Bron: NS Reizigers (1997b).

de. Reizigersdiensten hebben daarbij absolute prioriteit. Goederenvervoerders kopen resterende infrastructuurcapaciteit in bij de (verticaal geïntegreerde) reizigersbedrijven.

De bedrijfsfilosofie van JR WEST⁴⁹ luidt: “*we offer save and punctual transportation*”. De aspecten punctualiteit en veiligheid zijn beide terug te voeren op de voorspelbaarheid van de processen. Voorspelbaarheid is dan ook het uitgangspunt van het op doorstroming gerichte productieproces. Aspecten als efficiency en energiebesparing zijn hieraan ondergeschikt gemaakt. Een heldere structurering van functies en primaire processen is een noodzakelijke voorwaarde voor een goede beheersing van het productieproces.

Het verkeersplan is zo eenvoudig mogelijk teneinde de realisering zo goed mogelijk te kunnen beheersen. Om vertragingen zo snel mogelijk uit te laten dempen, worden niet noodzakelijke afhankelijkheden in het plan vermeden en wachten treinen niet op elkaar. Overigens betekent dit niet dat lange lijnvoeringen altijd vermeden worden. Een lijn van 1000 km, ingepast in de regelmatige frequentieverdeling van de stadsgewesten die onderweg worden aangedaan, is geen uitzondering. Het verkeersplan, waarin de inzet van de verkeersmiddelen volledig is geïntegreerd, is zeer gedetailleerd, in eenheden van 10 seconden.

Het gedifferentieerde vervoeraanbod resulteert op sommige trajecten in heteroog railverkeer. Het effect van snelheidsverschillen op de benutting van de infrastructuur wordt gereduceerd door het veelvuldig inhalen van langzame treinen door snelle treinen.

De beschikbare capaciteit wordt vrijwel volledig benut, er wordt nauwelijks ruimte voor bijsturing gepland, omdat dit in principe niet nodig is. Stationnementen zijn kort (20 tot 60 seconden), maar –belangrijker nog– zeer voorspelbaar. Hieraan draagt bij dat de instapplaats op het perron is gemarkeerd en dat reizigers het accepteren dat ze –indien noodzakelijk– in een rijtuig worden geduwd. De verkeersleidingorganisatie is zeer beperkt, omdat het productieproces (vrijwel) altijd volgens plan verloopt. In de weinige gevallen dat bijsturing nodig is, gebeurt dit centraal en geïntegreerd, inclusief het eventuele opheffen van de storting.

Het bovenstaande betekent niet dat er geen enkele bandbreedte bestaat bij de uitvoering van de processen. Elke verstoring, hoe minimaal ook, wordt echter direct weggeregeld. Er is derhalve sprake van terugkoppelingen.⁵⁰ Dit vereist, ten eerste, een zeer nauwkeurige registratie van het verloop van de processen, ten tweede een helder regeldoel, ten derde regelruimte en ten vierde een regelalgoritme en ten vijfde actuatoren om de regeling feitelijk uit te voeren. Aan de eerste voorwaarde wordt voldaan doordat de verkeersafwikkeling op dienstregelingpunten automatisch in seconden wordt geregistreerd op de bedieningsposten. Daarnaast beschikken de machinisten over een stopwatch en een nauwkeurig overzicht van de geplande tijd op passagepunten. Het regeldoel –en het hier direct van af te leiden regelalgoritme– is helder: zo snel mogelijk weer volgens plan rijden.

De regelruimte wordt gevonden in de snelheid⁵¹ van de treinen. Zo ligt de maximale snelheid op de *Shinkansen* lijnen tussen 210 en 275 km/h, terwijl de gemiddelde reissnelheid, ondanks

⁴⁹JR WEST is één van de Japanse spoorwegondernemingen die is voortgekomen uit de nationale spoorwegonderneming *Japan National Railways* (JNR).

⁵⁰ Zie Hoofdstuk 5 en Figuur 8-4.

⁵¹ Dit is anders dan in de meeste Europese landen waar de regelruimte via toeslagen op de rijtijden is “verstoort” in de dienstregeling.

zeer korte stationnementen, ligt tussen 120 en 200 km/h. De fijnregeling van de snelheid is de taak van de machinisten, op de snelste treinen (*Nozomi*) geholpen door automatische snelheidsadviezen. Het resultaat is dat de gemiddelde vertraging op jaarbasis van, bijvoorbeeld, de Shinkansen-lijnen niet hoger is dan 45 seconden, inclusief de ontregelingen door weersomstandigheden.

8.4.4 inzet van verkeersmiddelen

In het verkeersplan is het inzetplan voor de verkeersmiddelen geïntegreerd. Het motto is beheersbaarheid, hetgeen tot uitdrukking komt in, bijvoorbeeld:

- ruime inzetnormen;
- prioriteit voor de verkeersdiensten van de eigen onderneming bij het toedelen van infracapaciteit; alleen restcapaciteit wordt aan andere ondernemingen verhuurd;
- lijnsgewijze inzet van de middelen, gekoppeld aan de verkeersdienst;
- zo weinig mogelijk vervlechtingen bij het gebruik van de infrastructuur door strakke lijnvoeringen;
- personeelsinzet gekoppeld aan de materieelinzet⁵²;
- afzien van het wijzigen van de samenstelling van de trein tijdens de dienst, zodat rangeren in de daguren wordt vermeden; de resulterende overcapaciteit in de daluren wordt geaccepteerd;
- geen werkzaamheden aan de spoorbaan in de daguren.

Dat deze ontwerputgangspunten ten koste gaan van de efficiency wordt geaccepteerd. Anderzijds is een uitgebreide plan- en bijstuurorganisatie overbodig⁵³. Dit wordt mede veroorzaakt doordat korte termijnwijzigingen niet worden doorgevoerd. Het ontbreken van onderhoud aan de spoorbaan overdag en de geringe rol voor het moeilijk vooruit te plannen goederenvervoer maken de starheid van het verkeersplan acceptabel.

De operationele inzet van infrastructuur, het instellen van de rijwegen, is verregaand gecentraliseerd en geautomatiseerd. Dit is goed mogelijk, omdat dit proces bestaat uit het punt voor punt afwerken van een gedetailleerd plan dat weinig verstoringen kent, in combinatie met de strakke lijnvoeringen van de verkeersdiensten.

8.4.5 verkeersmiddelen

De meest kwetsbare systemen zoals de sturingssystemen op de posten en de kabels langs de spoorbaan zijn meervoudig uitgevoerd. De belangrijkste spoorlijnen zijn kruisingsvrij uitgevoerd, maar op sommige stadsgewestelijke lijnen komen overwegen voor. Deze blijken, anders dan, bijvoorbeeld in Nederland, geen bron van verstoringen⁵⁴. Dit is voor een belangrijk

⁵² De variatie voor het personeel wordt niet binnen een dienst gevonden maar tussen de diensten: op verschillende dagen werkt het personeel op een verschillende lijn.

⁵³ Een groep van 5 personen plant de productie van een bedrijf met een omzet die het vijfvoudige is van die van NS Reizigers (Bron: NS Reizigers (1997b). De productieplanning bij NS Reizigers omvatte in het jaar 2000 ca. 360 personen.

⁵⁴ Naast botsingen met weggebruikers, is op overwegen de vernieling van de bovenleiding een bron van verstoring van de verkeersafwikkeling. Het fenomeen “kraanwagen van de maand” is in Japan onbekend. Ook kraanwagenbestuurders zijn gericht op het vermijden van fouten zoals “het vergeten om een kraan in te klappen”.

deel terug te voeren op de discipline van de weggebruikers, de zeer korte sluitingstijden en de volledige afsluiting tijdens de passage van een trein.

Omdat 's nachts vrijwel geen treinen rijden, zijn de nachturen bestemd voor de instandhouding van de verkeersmiddelen. Het instandhoudingproces is evenals de overige processen gericht op het voorkomen van fouten in plaats van het herstellen van fouten. Alle technische systemen worden elke 48 uur gecontroleerd.

In Japan zijn machinisten zeer toegewijde medewerkers, die praktisch nooit een te laat vertrek van een trein veroorzaken. Een van de opvallende maatregelen om de “bedrijfszekerheid” van machinisten te waarborgen is het 's avonds in dienst komen en vervolgens overnachten nabij de startplaats van de eerste verkeersdienst van een dag.

8.4.6 evaluatie operationeel railverkeersmanagement in Japan

De Japanse praktijk bewijst dat de besturing van een railverkeerssysteem op basis van een zeer gedetailleerde, geïntegreerde, planning uitvoerbaar is. Echter, dit geldt slechts als aan een aantal voorwaarden wordt voldaan:

1. maximale beschikbaarheid verkeersmiddelen voor verkeersdiensten

- minimaal niveau van primaire verstoringen door zeer gedisciplineerd personeel en zeer hoge bedrijfszekerheid van technische systemen;
- afzien van instandhouding en wijzigen materieelsamenstelling (rangeren) gedurende de daguren;
- acceptatie van veelvuldige werkzaamheden gedurende de nachturen (preventief onderhoud, personeel en materieel gereed maken voor de eerste verkeersdiensten van de volgende dag).

2. zoveel mogelijk vermijden van afhankelijkheden tussen verkeersdiensten

- strakke lijnvoeringen waardoor afhankelijkheden in infragebruik (bijvoorbeeld het gelijkvloers kruisen van treinen) kunnen worden beperkt;
- geen verknopingen, zo weinig mogelijk aansluitingen, liever hoge frequenties;
- treinen ook bij kleine vertragingen niet op elkaar laten wachten;
- inzet van verkeersmiddelen koppelen aan verkeersdiensten (lijnsgewijze inzet).

3. niet faciliteren van korte termijn aanpassingen van de verkeersvraag

- goederenvervoer slechts in de vooraf bepaalde restcapaciteit;
- afzien van het honoreren van incidentele verkeersvraag.

4. kleine verstoringen snel weggeregelen

- van minuut tot minuut informatie beschikbaar over de planrealisatie;
- regelen op zeer hoog detailniveau (op secondenbasis);
- regelruimte creëren door marge in de rijsnelheid.

5. integratie van de sturing van alle processen, inclusief de toeleverende

- centralisatie van de besturing;
- zeer goede afstemming tussen de besturing van de productie van de diensten in de verschillende lagen uit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer;

- verticale integratie (integreren van alle lagen in één bedrijf) uit oogpunt van besturing wellicht de aangewezen organisatievorm⁵⁵.

De zeer gedetailleerde en geïntegreerde planning maakt een zeer hoge benutting van de infrastructuur mogelijk, maar betekent tegelijkertijd dat het produceren van verkeersdiensten een zeer star proces is: er is weinig of geen ruimte voor tussentijdse aanpassingen van het plan. Het bovenstaande houdt voorts in dat er relatief hoge kosten moeten worden gemaakt vanwege een minder efficiënte inzet van de verkeersmiddelen materieel en personeel (de *economies of network*⁵⁶ kunnen niet worden geïncasseerd) en het kunnen waarborgen van een zeer hoge bedrijfszekerheid van alle verkeersmiddelen. Verder is cruciaal dat zowel de klanten als de werknemers zich dienen te laten leiden door een integraal, star, plan dat is ontworpen ten behoeve van een optimale doorstroming en weinig ruimte biedt aan individuele wensen. Het is zeer de vraag of Europese railverkeerssystemen aan deze voorwaarden kunnen en willen voldoen.

Dit neemt niet weg dat een aantal aspecten uit de Japanse praktijk ook binnen het kader van de huidige productiewijze in Europa een kwaliteitsverbetering kunnen betekenen, waarbij het overigens zeer de vraag is of dit ook tot een rendementsverbetering zou leiden:

- meer aandacht voor operationeel vervoermanagement, bijvoorbeeld, door een actievere rol van de perronmanager bij het sturen van de reizigersstromen;
- waar de verkeersvraag het toelaat (bijvoorbeeld in de Randstad gedurende de spitsuren) afstappen van de knooppuntdienstregeling en overgaan naar een hoogfrequent, op doorstroming, gerichte productiestructuur; het aanbod in spitsuren afstemmen op de vraag in de spits, met andere woorden dalpatronen niet noodzakelijkerwijs doortrekken naar de spitsuren;
- meer aandacht voor de terugkoppeling van de productievoortgang om de uitvoering bij kleine afwijkingen adequaat te kunnen bijregelen en om het ontwerp van het verkeersplan te verbeteren;
- verminderen van de afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten door een lijnsgewijze inzet van verkeersmiddelen; hetzelfde geldt m.m. voor vervoerdiensten;
- meer aandacht voor het storingsvrij ontwerpen van met name cruciale en kwetsbare verkeersmiddelen en voor preventief onderhoud;
- een heldere structurering van functies en primaire processen.

8.5 Methodieken ter ondersteuning van het operationeel railverkeersmanagement

In het operationele railverkeersmanagement moeten onder tijdsdruk veel beslissingen worden genomen om bij verstoringen de verkeersproductie zoveel mogelijk volgens plan te laten verlopen. Daarbij werd tot voor kort vooral vertrouwd op de ervaring en het inzicht van de

⁵⁵ De bedrijfskundige en organisatorische aspecten van de inrichting van een railverkeerssysteem worden in deze dissertatie slechts zijdelings aangestipt.

⁵⁶ Zie Hoofdstuk 7.

verkeersleiders. Meer en meer vindt echter ondersteuning plaats door geautomatiseerde systemen die in deze paragraaf aan de orde komen.

8.5.1 VPT Conflictsignalering en Beslissingsondersteuning (VPT CS/BO)

Een belangrijk ondersteunend instrument voor het operationele railverkeersmanagement in Nederland wordt gevormd door het VPT⁵⁷-deelsysteem Conflictsignalering en Beslissingsondersteuning (CS/BO). CS/BO signaleert de conflicten die als gevolg van verstoringen in het verkeersplan ontstaan en genereert oplossingsmogelijkheden, dat wil zeggen doet voorstellen om het verkeersplan te actualiseren. De eerste versie, die vanaf 1997 is geïntroduceerd op de verkeersleidingsposten, beperkt zich tot signaleren van conflicten bij de inzet van rijwegen en de perronspoorbezetting en het ondersteunen van de oplossing ervan. Gestreefd wordt naar uitbreiding van het systeem met het ondersteunen bij het oplossen van conflicten in het aanbod aan verkeersdiensten (verbreken van reizigersaansluitingen), bij rijwegen over niet-beschikbare infrastructuur en bij verbroken materieelovergangen⁵⁸.

In de praktijk is gebleken dat de volgende ontwerpdilemma's een verdere ontwikkeling sterk te bemoeilijken:

- het moment van vaststellen van een conflict
Het conflict dient voldoende ruim van tevoren te worden vastgesteld om op tijd een oplossing te kunnen vinden en uit te voeren, echter niet te ruim van tevoren vanwege de onzekerheden in de procestijden (met name halte- en rijtijden) die ertoe leiden dat een conflict wordt opgelost dat uiteindelijk niet zal optreden, of dat een oplossing niet adequaat zal blijken te zijn;
- het ontwerpen van een kostenfunctie⁵⁹
De kostenfunctie moet enerzijds gedifferentieerd genoeg zijn om voldoende te kunnen overeenstemmen met de in de praktijk gehanteerde keuzecriteria⁶⁰ en anderzijds globaal genoeg zijn om de benodigde gegevens te kunnen verzamelen en invoeren en om de kostenberekening binnen de beschikbare periode te kunnen uitvoeren.
- het begrenzen in tijd en ruimte van de oplossingsvarianten
De oplossingsruimte moet enerzijds voldoende ruim zijn om een realistische oplossingsvariant te kunnen vinden, en anderzijds voldoende beperkt zijn om de bijbehorende kostenfunctie te kunnen doorrekenen.
- het beperken van het aantal door te rekenen mogelijke varianten (rekentijd!) versus het streven naar het vinden van de beste oplossingsvariant.

⁵⁷ Het VPT-systeem werd beschreven in 8.2.5.

⁵⁸ Bron: Prins (1998).

⁵⁹ Een kostenfunctie in een beslissingsondersteunend systeem beschrijft voor elke oplossingsvariant de consequenties van het kiezen van de betreffende variant. Alle parameters worden daarbij in dezelfde grootheid uitgedrukt, bijvoorbeeld tijd of geld.

⁶⁰ Een complicerende factor is dat deze criteria niet eenduidig beschreven bleken te zijn en dat de werkwijze bij de afhandeling van conflicten "sterk persoonsafhankelijk" is. Bron: Boere en Vrieze (1995), pagina 29.

8.5.2 synchroniteit op knooppunten

Goverde (1999) ontwikkelde een methode om de optimale waarden te berekenen voor de ontwerpparameter “overstaptijd tussen twee op elkaar aansluitende treinen”, gegeven een bepaald (gemiddeld) vertragingniveau⁶¹. Dezelfde methodiek kan worden toegepast om gegeven de momentane verkeerssituatie de beslissing over al dan niet op elkaar laten wachten van treinen te ondersteunen.

Goverde minimaliseert daartoe de totale toename van reistijd voor alle reizigers tezamen. Dit gebeurt op basis van informatie over de verschillende reizigers: doorgaande reizigers van de eerste trein, overstappende reizigers van de eerste naar de tweede trein en reizigers die instappen in de eerste trein. Hierbij moet een afweging worden gemaakt tussen het zo goed mogelijk verdisconteren van de uitstraling van de beslissing naar volgende knooppunten en verder in het netwerk aan de ene kant, en het tijdig kunnen geven van een advies aan de verkeersleider aan de andere kant. Daarbij wordt de max-plus algebra⁶² te hulp geroepen. Een dergelijk beslissingondersteunend systeem zou de plaats in kunnen nemen van de momenteel in Nederland gehanteerde, statische, Wachtijdregeling voor Reizigerstreinen⁶³.

8.5.3 TNV-Prepare

Een belangrijke voorwaarde voor het functioneren van een dynamisch beslissingondersteunend systeem is adequate informatie over de momentane vertraging van de treinen. Deze informatie moet in een vroegtijdig stadium bekend zijn om tijdig alternatieve beslissingsopties te kunnen doorrekenen. Dit betekent dat van een trein die in aantocht is de plaats, passagetijd ten opzichte van het plan en de momentane snelheid nauwkeurig moet worden vastgesteld. Vervolgens dient de tijd tot aan het arriveren op het station voorspeld te worden, wat afhankelijk van de resterende route die nog moet worden afgelegd tot enige onnauwkeurigheid zal leiden.

Goverde (2000) heeft een instrument ontworpen, *TNV-Prepare*⁶⁴, om uit de informatie die ten behoeve van het functioneren van het beveiligingssysteem wordt gegenereerd de benodigde data te destilleren. Deze data zouden overigens ook voor andere doeleinden, zoals het VPT CS/BO –systeem, kunnen worden benut en voor een meer nauwkeurige registratie van de punctualiteit⁶⁵.

8.5.4 Open Time Table

Het *Open Time Table (OTT)* –systeem⁶⁶, dat operationeel is in Zwitserland, is een analyseinstrument waarmee een terugkoppeling van de feitelijke realisering van verkeersdiensten naar de planning kunnen worden gemaakt. Met behulp van OTT worden dwarsdoorsneden uit de

⁶¹ Zie Hoofdstuk 7.

⁶² Zie Hoofdstuk 7.

⁶³ Deze zogenaamde WRT wordt voor elk dienstregelingjaar vastgesteld en geeft aan tot hoeveel minuten vertraging van een eerste trein een tweede trein op aansluiting moet wachten, zie ook 8.2.2.

⁶⁴ “TNV” verwijst naar het Treinnummervolgsysteem, een onderdeel van VPT waarvan de *logfiles* de basis vormen voor *TNV-Prepare*.

⁶⁵ Zie ook Hansen (2001).

⁶⁶ Zie OTT (2001).

basisregistratie van passeertijden van treinen langs markante punten in het Zwitserse spoorwegnet gemaakt (het monitoren uit de regelcyclus). Het regeldoel is het realiseren van de verkeersdiensten conform het plan.

Daartoe worden per situatie regelalgoritmen opgesteld. Als, bijvoorbeeld, is geconstateerd dat een bepaalde trein elke werkdag te laat is op een bepaald station, kan de registratie gedurende een aantal maanden van de aankomst-, vertrek- en passeertijden van deze trein en de voorgaande treinen op het betreffende traject grafisch in beeld worden gebracht. Op basis van ervaring en intuïtie worden vervolgens mogelijke opties voor de achterliggende oorzaak van de vertraging geformuleerd. Deze opties kunnen op hun validiteit worden geanalyseerd met behulp van lineaire regressietechnieken. Het gaat met name om kritische afhankelijkheden tussen treinen (verkeersdiensten) in het verkeersplan die op deze manier kunnen worden opgespoord. Maatregelen kunnen worden gevormd door het aanpassen van het plan, bijvoorbeeld door het verschuiven van treinen in de tijd of het wijzigen van de geplande sporen, of door het instrueren van machinisten ten aanzien van de geconstateerde flessenhals in het verkeersplan.

OTT is naast een instrument in de operationele regelcyclus een instrument in de meervoudige regelcyclus⁶⁷. Met behulp van OTT kunnen de praktijkervaringen worden teruggekoppeld naar het tactisch railverkeersmanagement, bijvoorbeeld, door in het volgende jaarplan af te zien van bepaalde afhankelijkheden of om, meer generiek, ontwerpnormen te wijzigen of te nuanceren.

8.5.5 evaluatie methodieken

Er zijn kansrijke ontwikkelingen gaande om het ondersteunen van het operationeel railverkeersmanagement met geautomatiseerde systemen te verbeteren. Het doel is ten eerste om de uitvoering van het verkeersplan te verbeteren: de verkeersdiensten meer conform de afspraken met de afnemers te leveren. Nauwkeurige monitoring van de momentane verkeersafwikkeling is daarbij een eerste vereiste. Ten tweede is terugkoppeling naar het tactische niveau nodig om de kwaliteit van het verkeersplan te verbeteren.

Wat ontbreekt is een systematische terugkoppeling van de resultaten van de beslissingen van het operationeel verkeersmanagement in relatie tot de afnemers van de verkeersdiensten, te weten de vervoerssystemen. Er is geen sprake van een “dynamisch vervoermanagement” dat de regeldoelen voor het operationeel verkeersmanagement bij verstoringen actualiseert op basis van momentane vervoerstromen.

8.6 Vernieuwingspotentieel

In dit hoofdstuk is een aantal kansrijke vernieuwingsmogelijkheden van het railverkeerssysteem geïntroduceerd. Ze hebben alle betrekking op het verbeteren van de regelcyclus en met name op de terugkoppelingslussen daarin. Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer wordt daarbij gehanteerd voor het ordenen van de diverse processen die simultaan dienen plaats te vinden bij het leveren van verkeers- en vervoerdiensten.

⁶⁷ Zie Figuur 8-4.

In deze paragraaf worden de mogelijke vernieuwingen gerangschikt in twee categorieën. In de eerste geldt de huidige, statische, productieomgeving als uitgangspunt. Het verkeersplan heeft dan de vorm van een minutieuze dienstregeling die tegelijkertijd dienst doet als vervoerplan en plan voor de inzet van de infrastructuur. In de tweede categorie worden de meer innovatieve vernieuwingen ondergebracht, waarbij wordt vooruit gelopen op de introductie van Dynamisch Railverkeersmanagement, waarbij de “dienstregeling” is vervangen door een verkeersplan met een bandbreedte voor elke verkeersdienst aangevuld met vervoerplannen en inzetplannen voor de verkeersmiddelen.

De mogelijke vernieuwingen zijn veelal generiek voor de railverkeerssystemen in Europa. Bij de onderstaande beschrijving vormt om praktische redenen het railverkeerssysteem zoals dit momenteel in Nederland functioneert het referentiekader.

8.6.1 vernieuwingen in een statische productieomgeving

De onderstaande verbeteringssuggesties zijn geformuleerd ten behoeve van een statische productieomgeving. De suggesties zijn echter veelal ook relevant in een dynamische productieomgeving.

1. mogelijkheden voor terugkoppeling verbeteren door het plan minder complex te maken:

De kwaliteit van de dienstregeling heeft een sterke invloed op de kwaliteit van het uiteindelijk gerealiseerde product. Kwaliteit heeft hierbij vooral betrekking op beheersbaarheid. Om een effectieve terugkoppeling mogelijk te maken, is het van belang om de afhankelijkheden in het plan zoveel mogelijk te beperken. De basis hiervoor wordt in de strategische en tactische fase gelegd. Dit betreft ten eerste de afhankelijkheden bij de inzet van verkeersmiddelen. Een lijnsgewijze inzet van materieel en een koppeling van de personeelsdiensten aan de materieelinzet zou de beheersbaarheid in sterke mate vergroten.

Het Japanse voorbeeld leert dat dit tot kostenverhoging kan leiden, omdat netwerkvoordelen bij de inzet van de verkeersmiddelen niet kunnen worden geïncasseerd. Lijnsgewijze inzet van infrastructuur is ook effectief, maar vergt aanzienlijke investeringen in extra infrastructuur, zodat dit (ook in Japan) slechts bij zeer hoge frequenties aan de orde is.

2. basisuurpatroon niet langer als uitgangspunt nemen voor het aanbod in de spitsuren:

Afhankelijkheden tussen verkeersdiensten ten behoeve van geschakelde vervoerdiensten gelden als uitgangspunt van het verkeersplan. Dit neemt niet weg dat ook dergelijke afhankelijkheden op hun merites moeten worden beoordeeld. Waar de verkeersvraag het toelaat (bijvoorbeeld in de Randstad gedurende de spitsuren) zou kunnen worden overwogen om de kwetsbare dienstregelingstructuur op basis van systeemknopen te verlaten. In een hoogfrequent, op doorstroming gericht, vervoeraanbod heeft het organiseren van veel overstapmogelijkheden een betrekkelijke meerwaarde.

Een tweede overweging is het feit dat de verkeersvraag in de spitsuren anders is dan die in de andere uren van de dag. Deze vraag zou het uitgangspunt voor het aanbod in de spits moeten zijn, niet het uitgangspunt dat een dalpatroon ook in de spitsuren herkenbaar zou moeten zijn.

Een derde aspect wordt gevormd door de procestijden. In de huidige dienstregelingstructuur zijn de stationnementtijden en rijtijden uit het basisuurpatroon veelal te krap bemeten voor de spitsuren en te ruim voor de daluren. De noodzaak voor dergelijke compromissen vervalst als de dienstregeling in de spitsuren niet langer wordt gebaseerd op die in de daluren.

3. expliciete toets van de stabiliteit van het plan (ex-ante) en terugkoppeling van de realisering (ex-post)

Voorwaarde voor een goede performance van de levering van de verkeersdiensten is een expliciete toets van het dienstregelingontwerp op stabiliteit bij de overdracht van de tactische fase naar de operationele fase⁶⁸.

De terugkoppeling van de realisering van de dienstregeling is essentieel om de kwaliteit van het plan te kunnen verbeteren. Muller e.a. (2001) heeft dit aangetoond voor collectief openbaar vervoer over de weg. *TNV-Prepare* en het *Open Time Table*-systeem uit Zwitserland lijken een kansrijke ontwikkelingen voor het railverkeerssysteem.

4. bewaken kwaliteitsaspect “tijdige levering” per systeemlaag uit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

“Tijdige levering” is voor collectieve vervoerssystemen en het railverkeerssysteem het belangrijkste kwaliteitsaspect. De beheersing en bewaking van dit aspect vergt een beheersing van de deelprocessen binnen deze systemen.

Voor het bewaken van het kwaliteitsaspect “tijdige levering” biedt het Lagenmodel Verkeer & Vervoer een goede structurering. Het lijkt kansrijk om de performance te bewaken per laag uit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer, aangezien de output van een laag goed gedefinieerd kan worden en een laag als systeem goed afgebakend kan worden. De eisen die aan de kwaliteit van de output van een laag gesteld moeten worden, worden in eerste instantie bepaald door de afnemers van de diensten, uiteraard in samenhang met de andere performance-eisen effectiviteit, efficiency en flexibiliteit⁶⁹. Het beheersen van de kwaliteit van de diensten is vervolgens een taak van het management van die laag. Hierna wordt een aanzet gegeven voor criteria voor “tijdige levering” per systeemlaag uit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

systeemlaag leveren vervoerdiensten

Het stellen van eisen aan de ketenbetrouwbaarheid –de betrouwbaarheid van de levering van vervoerdiensten– en het toetsen hiervan zou kunnen worden gedaan namens de afnemers (met name de reizigers) door consumentenorganisaties als Rover en de Consumentenbond. Ook de centrale of decentrale overheid in zijn rol als consumentenbeschermers en concessieverlener kan hierin een rol spelen. Als criterium zou, bijvoorbeeld, de vertraging van alle reizigers tezamen ten opzichte van de gepubliceerde vervoerplannen (spoor- en busboekjes) kunnen dienen.

productie van de verkeersdiensten

Punctualiteit kan dienen als criterium voor de kwaliteit van de productie van de verkeersdiensten. De normen zouden moeten worden bepaald door de afnemers, de producenten van vervoerssystemen. De kwaliteit van de inzet van verkeersmiddelen zou, bijvoorbeeld, kunnen worden uitgedrukt in de frequentie van het niet volgens de afspraken leveren van beschikbare infrastructuur, materieel en personeel.

inzet verkeersmiddelen

⁶⁸ Zie Hoofdstuk 7.

⁶⁹ Zie Hansen (2001).

Voor de kwaliteit van de inzet van verkeersmiddelen is *tijdigheid van de levering van treinpaden* het criterium. Dit criterium dient nader geoperationaliseerd te worden, bijvoorbeeld, ten aanzien van het tijdig instellen van rijwegen door de operationele verkeersleiding. De kwaliteit van de inzetplannen die in de tactische fase zijn ontworpen, speelt daarbij een belangrijke rol. In Hoofdstuk 7 zijn ontwikkelingen ten behoeve van de toetsing van de verstoringgevoeligheid van inzetplannen gememoreerd

beheer verkeersmiddelen

Bij de kwaliteit van de beschikbaarheid van de verkeersmiddelen, tenslotte, kan gedacht worden aan bedrijfzekerheidscriteria voor technische systemen. Deze criteria zouden gedifferentieerd kunnen zijn: hoge (en derhalve dure) eisen aan cruciale systemen en wat minder hoge eisen aan systemen waarvan het falen minder verstrekkende gevolgen heeft. Deze nuancering dient te worden bepaald door de leverancier van de inzetbare verkeersmiddelen. De samenstelling van verkeersmiddelenconcepten in de strategische fase van het railverkeersmanagement kan hierbij een leidraad zijn. De beheerder van de verkeersmiddelen bepaalt binnen het gestelde kader voor bedrijfszekerheid de balans tussen storingvrij ontwerpen en preventief onderhoud.

5. expliciteren processen en rollen met behulp van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Het geactualiseerde vervoerplan vertegenwoordigt de momentane verkeersvraag die door het railverkeerssysteem zoveel mogelijk gefaciliteerd dient te worden. Het gaat hierbij om het actuele regeldoel voor het operationeel railverkeersmanagement. Dit leidt tot een gecompliceerde afstemming tussen vraag en aanbod op verschillende niveaus⁷⁰: tussen de lagen productie vervoerdiensten en productie railverkeerssysteem en tussen de lagen productie railverkeerssysteem en inzet van verkeersmiddelen. De afstemming zal niet minder gecompliceerd zijn dan in de huidige situatie en vergt adequate beslissingsondersteunende systemen. De ontwikkeling van een instrument om de synchroniteit op knooppunten te verbeteren past hierin.

De huidige “vervoerders” spelen verschillende rollen. Dit zijn, in de terminologie van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer: producent vervoerdiensten, producent verkeersdiensten en leverancier van de verkeersmiddelen personeel en materieel. Uit het Japanse voorbeeld kan worden geconcludeerd dat een explicitering van deze rollen –zelfs binnen een verticaal geïntegreerd bedrijf– nodig is om de processen te kunnen beheersen.

6. introductie van operationeel vervoermanagement⁷¹

De wensen ten aanzien van het vervoer zijn in de werkwijze anno 2000 nadrukkelijk uitgangspunt bij het ontwerp van de dienstregeling. Ook de afspraken die in het stadium voorafgaande aan de realisering worden gemaakt ten aanzien van de bijsturing, worden bepaald door vervoeraspecten.

Echter, het vervoermanagement tijdens de realisering van de vervoer- en verkeersdiensten behoeft verbetering. Concreet kan hierbij worden gedacht aan het introduceren van een ver-

⁷⁰ Zie Figuur 8-1.

⁷¹ Met *vervoermanagement* wordt in deze dissertatie bedoeld op het management van vervoersystemen en niet, zoals meer gebruikelijk is, op de activiteiten gericht op het beïnvloeden van de vervoerwijzekeuze van reizigers.

voerleidingsorganisatie –als tegenhanger van de verkeersleiding– voor elk vervoersysteem. De vervoerleiding voor het collectief reizigersvervoer heeft tot taak het vervoerplan op basis van de momentane situatie te actualiseren en de reizigers hierover te informeren en te adviseren. Een perronmanager zoals in Japan gebruikelijk is zou hierin een actieve rol moeten spelen. Winstpunt ten opzichte van de huidige situatie zou zijn dat het leveren van vervoerdiensten –met als exponenten het begeleiden en informeren van reizigers– als een kernactiviteit en niet als afgeleide van de levering van verkeersdiensten wordt beschouwd.

De explicitering van de verschillende processen en de relaties ertussen is een voorwaarde voor de migratie naar een dynamische productie omgeving.

8.6.2 vernieuwingen in een dynamische productieomgeving

De hieronder voorgestelde vernieuwingen vormen een opmaat voor Dynamisch Railverkeersmanagement (Hoofdstuk 9).

1. afstemming door lagen heen: continue regelproces

Om de vervoerdienst op een bepaald moment te kunnen leveren is een verkeersdienst nodig, die tijdig is voorzien van beschikbare verkeersmiddelen. Dit stelt hoge eisen aan de beheersing van de processen door de lagen heen. Dit betekent niet automatisch dat ver van tevoren een alle diensten omvattende, conflictvrije, dienstregeling ontwerpen hiervoor de beste garantie is. Immers, het is een realiteit dat er verstoringen zullen optreden die de realiteitswaarde van een dienstregeling devalueren.

In een dynamische productieomgeving is het managen van onzekerheden over de uitvoering van de verschillende processen uitgangspunt. Echter, ook in een dergelijke omgeving is de synchroniteit van de levering van diensten in de verschillende lagen op het moment van realisering cruciaal. Dit stelt eisen aan de vorm van het verkeersplan. Er moet kunnen worden beschikt over een systematiek volgens welke op elk moment getoetst kan worden of met een hoge mate van zekerheid de levering van de diensten volgens de afspraken met de afnemers geleverd kan worden (*soll-ist* vergelijking).

Het (operationele) railverkeersmanagement krijgt daarmee het karakter van een continue regelproces, waarbij de regelruimte (vrijheidsgraden in plaats en tijd voor de verkeersdiensten) afneemt naarmate het tijdstip van realiseren nadert. Onmiddellijk vóór de uitvoering heeft het verkeersplan hetzelfde deterministische karakter als de huidige dienstregeling.

2. automatisch bijregelen van de uitvoering van het verkeersplan

Aan het operationeel verkeersmanagement staan verschillende maatregelen ter beschikking om de uitvoering van de verkeersdiensten bij te sturen, zie Figuur 8-2. Hiervan leent het *bijregelen* zich goed voor automatisering, omdat de beslissingen die dan moeten worden genomen, binnen de met de afnemers afgesproken kaders blijven. Voorwaarde is dat in het stadium voorafgaande aan de levering de bandbreedte in de trajectorie waarbinnen de dienst conform de afspraken met de afnemers kan worden geleverd, worden geëxpliciteerd. Uiteraard is ook nauwkeurige informatie over de momentane verkeerssituatie een vereiste. Voor het bijregelen van de verkeersdienst komt (zoals in Japan gebruikelijk is) de snelheid van de trein in aanmerking, maar ook de vertrektijden en, bijvoorbeeld, de volgorde op een gelijkvloerse kruising.

8.7 Evaluatie operationeel railverkeersmanagement

In dit hoofdstuk is geconstateerd dat bij het operationeel railverkeersmanagement anno 2000 terugkoppeling er geen systematische rol spelen in de regelcyclus. Het ontbreken van een adequate monitoring van de actuele situatie en een gebrek aan beslissingsondersteunende systemen zijn daar debet aan. Daarbij is het opvallend dat de afnemers van verkeersdiensten, te weten de vervoerssystemen, een beperkte rol spelen bij het bijsturen van het verkeersplan. Het invoeren van een operationeel *vervoermanagement* is nodig om de regeldoelen voor het *verkeersmanagement* continue te kunnen actualiseren.

Ook de terugkoppeling naar het ontwerp van de dienstregeling (naar de eerste fase van het operationeel railverkeersmanagement en ook naar de tactische en operationele besturingsfase in de meervoudige regelcyclus) behoeft verbetering. In het algemeen zal het verminderen van afhankelijkheden binnen het plan de beheersbaarheid kunnen verbeteren en daarmee de kwaliteit van de uitvoering (levering volgens de afspraken met de afnemers).

In dit hoofdstuk is voorts gebleken dat het Lagenmodel Verkeer & Vervoer een goede basis biedt om de performance van het railverkeerssysteem voor wat betreft punctualiteit (“tijdigheid van levering van verkeersdiensten”) te analyseren. Punctualiteit is geen doel op zich, maar levert een belangrijke bijdrage aan de (keten)betrouwbaarheid van de levering van vervoerdiensten. Het feit dat de punctualiteit bij (Europese) railverkeerssystemen lager is dan 100% is het gevolg van een complex samenspel van primaire en secundaire verstoringen van processen in de verschillende lagen van het verkeerssysteem.

De eerste stap om punctualiteit te beheersen, wat overigens niet hetzelfde is als het kosten-wat-kost streven naar een punctualiteit van 100%, is het stellen van kwaliteitseisen aan de diensten die in een laag worden geproduceerd en het bewaken van die eisen. Het instelniveau voor de kwaliteit moet daarbij worden gezien in relatie tot de kosten hiervoor moeten worden gemaakt.

De haast perfecte beheersing van de processen in het Japanse railverkeerssysteem spreekt tot de verbeelding, maar lijkt in Europa door verschillende, voor een belangrijk deel cultureel bepaalde, oorzaken niet haalbaar. Zo zal de Europese werknemer (en reiziger) moeite hebben om zich te laten leiden door een integraal, star, plan dat is ontworpen ten behoeve van een optimale doorstroming en weinig ruimte biedt aan individuele wensen. In dit verband kan ook het (in Nederland tot dusver niet erg succesvolle) streven naar het verminderen van de afhankelijkheden tussen de verschillende processen –een voorwaarde voor het beheersen van de processen– worden genoemd.

Dit betekent niet dat het streven naar een beter presterend railverkeerssysteem in Europa dan maar moet worden opgegeven. Een belangrijke constatering in dit hoofdstuk is dat het streven naar het minutieus uitvoeren van een zeer gedetailleerd geïntegreerd plan zoals in Japan niet de enige manier behoeft te zijn om de performance van het railverkeerssysteem te verbeteren. Een alternatief is het ontwikkelen van Dynamisch Railverkeersmanagement, waarbij de nauwkeurigheid van het verkeersplan in overeenstemming is met de inherente onzekerheid over de uitvoering van de processen. Deze onzekerheid neemt af naarmate het moment van realiseren nadert. Niet de (schijn)afwezigheid van verstoringen is het uitgangspunt maar het managen van onzekerheden binnen een bandbreedte. In een continue regelcyclus wordt het

verkeersplan afgestemd met de vervoerplannen enerzijds en de plannen voor de inzet van de verkeersmiddelen anderzijds.

In het volgende hoofdstuk zal een innovatief concept voor de besturing van railverkeer, Dynamisch Railverkeersmanagement, worden ontwikkeld.

9 Dynamisch Railverkeersmanagement

In de vorige hoofdstukken zijn potentiële vernieuwingen van het railverkeersmanagement voorgesteld. Voor een deel zijn deze vernieuwingen in te voeren binnen de kaders van de huidige, statische, productieomgeving, waarin de verkeersdiensten worden geproduceerd op basis van een geïntegreerde, deterministische dienstregeling zonder een systematische terugkoppeling van de actuele situatie. Met het andere deel van de mogelijke vernieuwingen wordt in dit hoofdstuk het concept van een nieuw besturingsconcept voor railverkeer: Dynamisch Railverkeersmanagement. Terugkoppeling van de actuele situatie en continue actualisering van de regeldoelen vormen daarbij belangrijke elementen. Dynamisch Railverkeersmanagement beoogt een grotere flexibiliteit, een grotere betrouwbaarheid en lagere kosten van de levering van verkeersdiensten. Dit kan worden bereikt door een andere vorm van het management van het gebruik van de infrastructuur.

Binnen het concept Dynamisch Railverkeersmanagement worden drie ontwikkelingsstappen (Ambitieniveaus) onderscheiden, die betrekking hebben op de drie lagen van het railverkeerssysteem in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Het betreft achtereenvolgens de laag beheer verkeersmiddelen (Ambitieniveau I: verkorten procestijden door situationeel toegesneden treinpaden), de laag inzet verkeersmiddelen (Ambitieniveau II: “minder plannen, meer regelen”) en de laag productie verkeersdiensten (Ambitieniveau III: van aanbod– naar vraaggestuurd produceren).

9.1 Inleiding

In Hoofdstuk 1 is de noodzaak van verbetering van de performance van het railverkeerssysteem geschetst. De verschillende segmenten van de verkeersmarkt vragen –naast een grotere capaciteit om de groei te faciliteren– om een grotere flexibiliteit, een hogere betrouwbaarheid

en besparingen op de kosten. Een grotere flexibiliteit op de verkeersmarkt vraagt om minder starheid bij de productie van de verkeersdiensten. Een betere betrouwbaarheid van een vervoerdienst van deur-tot-deur vergt een betere voorspelbaarheid van de levering van railverkeersdiensten en daarmee een betere beheersing van de verkeersprocessen. Lagere kosten vereisen goedkopere verkeersmiddelen die bovendien efficiënter kunnen worden benut. Dit is zeker het geval als de tendens zich doorzet waarin vervoerders een steeds groter deel van de kosten van de verkeersmiddelen moeten dragen¹. Deze wensen vergen een vernieuwing van het railverkeerssysteem en een nieuw besturingsconcept.

9.1.1 recapitulatie vernieuwingspotentieel railverkeersmanagement

In de Hoofdstukken 6, 7 en 8 zijn mogelijke vernieuwingen van achtereenvolgens het strategisch, tactisch en operationeel railverkeersmanagement beschreven. Dit zijn voor een belangrijk deel de ingrediënten waarmee het innovatieve concept Dynamisch Railverkeersmanagement in dit hoofdstuk zal worden ontwikkeld. Hieronder volgt een korte recapitulatie van de mogelijke vernieuwingen. Ze zijn gericht op een meer flexibele inzet van de verkeersmiddelen en op een grotere flexibiliteit in de planvorming zelf. Terugkoppeling van de actuele situatie wordt steeds belangrijker.

uit Hoofdstuk 6

van strategische plannen naar strategische processen

Na het starre infrastructuurplan Rail 21 uit de periode rond 1990 bestaat er in de 21^e eeuw behoefte aan planvorming in cyclische processen waarmee flexibel kan worden geanticipeerd op de zich wijzigende omstandigheden. Dit vergt tevens methoden voor strategische capaciteitsanalyse die niet zijn gebonden aan een bepaalde wijze van productie van verkeersdiensten.

van starre naar flexibele verkeersmiddelen

In een dynamische omgeving bestaat behoefte aan verkeersmiddelen waarvan de functie en capaciteit flexibel kunnen meegroeien met de behoefte. Dit komt tot uiting in de tendens “minder staal en beton, meer elektronica” en “minder infrastructuuro oplossingen en meer materieel oplossingen”².

differentiatie van verkeersmiddelen op twee niveaus: (1) verkeersmiddelconcepten die bestaan uit met elkaar samenhangende (2) infrastructuur- en materieelconcepten

Het formuleren van verschillende concepten in plaats van universeel toe te passen systemen maakt het mogelijk om vernieuwingen alleen daar toe te passen waar de markt dit vraagt³, zonder dat telkens naar dure maatwerkoplossingen moet worden gegrepen. Bin-

¹ Anno 2000 brengen de producenten van railverkeersdiensten (“vervoerders”) in Nederland slechts een deel van de marginale kosten van de infrastructuur (inclusief het bedienend personeel) op. Ze dragen wel de integrale kosten van het materieel en het (overige) personeel.

² De levenscyclus van materieelsystemen is over het algemeen aanzienlijk korter dan die van infrastructuursystemen.

³ Een voorbeeld: als in landelijk gebieden de verkeersmarkt zodanig is dat de vraag beperkt is en een lage prijs verreweg de dominante eis is, moet niet het verkeersmiddelenconcept worden toegepast dat toegesneden is op een hoge en gedifferentieerde vraag in de Randstad.

nen de verkeersmiddelenconcepten kan het onderbrengen van de verkeersfuncties in infrastructuur of materieel (of personeel) worden geoptimaliseerd.

uit de Hoofdstukken 7 en 8

ontrafelen van de verschillende functies van de dienstregeling

In plaats van een dienstregeling worden een vervoerplan en een inzetplan voor de infrastructuur met daarin de plannen voor de inzet van verkeersmiddelen geformuleerd. Deze plannen moeten onderling zijn afgestemd maar behoeven niet identiek te zijn. Het onderscheid in verschillende plannen maakt het mogelijk om regelruimte in de verschillende processen te introduceren.

continue regelproces bij de afstemming van de leveringsplannen door de lagen heen

De wijze van afstemming verloopt van een grove check in de strategische fase tot fijnregeling in de operationele fase van het railverkeersmanagement. Doel is om zoveel mogelijk vrijheidsgraden in de afzonderlijke plannen zolang mogelijk te behouden.

automatische bijregeling van het inzetplan voor de infrastructuur

Zolang de keuzes bij het railverkeersmanagement binnen de met de afnemers afgesproken kaders blijven, kan een computer in principe zorgdragen voor een optimale verkeersafwikkeling.

vrijheidsgraden in het inzetplan voor de infrastructuur, zoals de grootte en de plaats van marges en buffers (in tijd en plaats), gebruiken om het (netwerk)effect van flessenhalzen in de capaciteit te reduceren

Flessenhalzen in de capaciteit moeten intensief worden benut. Dit betekent, bijvoorbeeld, dat buffers in de vorm van tijd tussen verkeersdiensten niet ter plaatse van de flessenhalzen moeten worden gesitueerd maar elders in het netwerk..

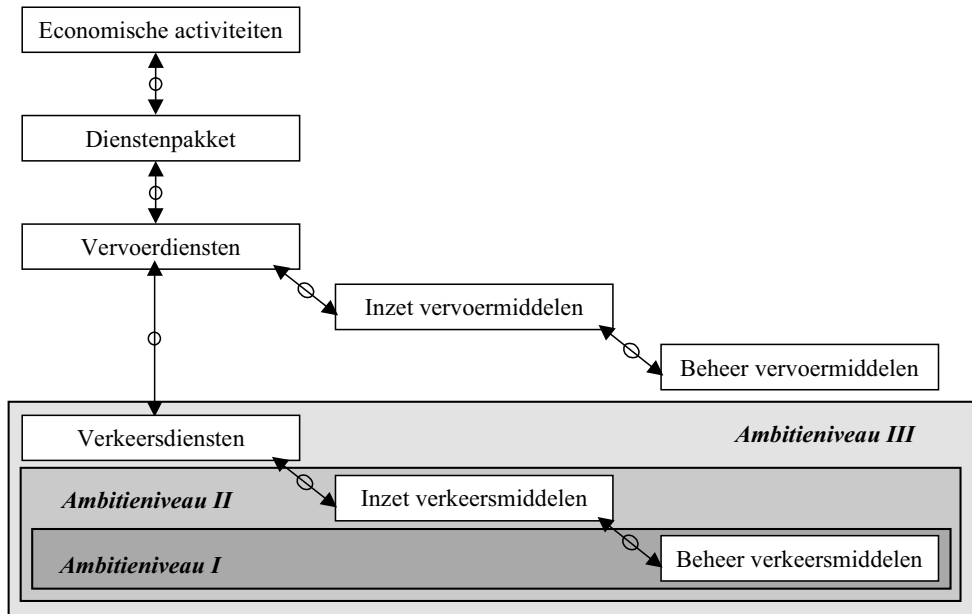
beprijzen van het gebruik van infrastructuurcapaciteit

Het prijsmechanisme kan bijdragen aan een efficiënte benutting van de infrastructuur. Een order met meer vrijheidsgraden voor het verkeersmanagement zou moeten resulteren in een lagere prijs dan een order met, bijvoorbeeld, een precieze tijdligging en weinig marge in verplaatsingstijd.

9.1.2 ordening vernieuwingspotentieel in drie Ambitieniveaus

Om het railverkeerssysteem beheerst te kunnen vernieuwen wordt onderscheid gemaakt naar drie Ambitieniveaus. Elk Ambitieniveau bouwt voort op de functionele verbeteringen van een lager Ambitieniveau. Met andere woorden: de bouwstenen van een lager Ambitieniveau zijn noodzakelijk voor een verdergaande vernieuwing in een hoger Ambitieniveau. Bij elke volgende stap wordt geleerd van de ervaringen met een eerdere stap en elke tussenfase kan in principe ook gelden als eindfase. Dezelfde opbouw wordt in dit hoofdstuk gevolgd.

Met het hoger worden van het Ambitieniveau neemt de *impact* van de innovatie toe (zie Figuur 9-1). Ambitieniveau I beperkt zich tot de vernieuwing van de verkeersmiddelen. Ambitieniveau II betreft vernieuwingen bij de inzet van verkeersmiddelen, met name de inzet van infrastructuur. Ambitieniveau III, tenslotte, betreft een innovatie in de verkeers- en vervoersdiensten, de diensten die aan de vervoerssystemen en, in het verlengde daarvan, aan de eindgebruikers (reizigers en verladers) worden geleverd.



Figuur 9-1 Het werkingsgebied van de Ambitieniveaus.

De reiziger of verlader profiteert indirect van een betere performance die met de Ambitieniveaus I en II wordt bereikt. Lagere kosten door een betere benutting van de verkeersmiddelen (Ambitieniveau I) kan uiteindelijk leiden tot lagere tarieven voor de eindgebruikers en/of een rijker vervoeraanbod. Een grotere punctualiteit van het railverkeer en een grotere flexibiliteit bij de levering van verkeers- en vervoerdiensten (Ambitieniveau II) leiden tot een betere voorspelbaarheid van de reistijd voor reizigers en verladers en voor de vervoerders betere mogelijkheden om op wijzigingen in de vraag in te spelen.

Opgemerkt moet worden dat deze *bottom-up*, aanbodgestuurde benadering van het vernieuwingspotentieel, in een *top-down*, vraaggestuurde benadering kan veranderen als de behoeften uit de verschillende segmenten van de vervoermarkt zich gaan manifesteren in veranderende behoeften van de vervoerders op de verkeersmarkt.

9.1.3 vervoerplan, inzetplan voor de infrastructuur en plan voor de inzet van infrastructuur

Anno 2000 wordt geen onderscheid gemaakt tussen verkeers- en vervoerdiensten in de zin van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer¹. Het leveren van een verkeersdienst ("het slepen van een trein") is synoniem met het leveren van een vervoerdienst ("het verplaatsen van een reiziger of een eenheid vracht"). Ook voor het introduceren van de vernieuwingen binnen het kader van de Ambitieniveaus I en II –het zwaartepunt van dit hoofdstuk– is dit onderscheid geen strikte voorwaarde. In dit hoofdstuk kunnen we dan ook aansluiten bij het referentiekader anno 2000 en het begrip "vervoerders" hanteren voor de producenten van de simultaan geleverde verkeers- en vervoerdiensten. Het aanbod dat door vervoerders aan de reizigers en verladers wordt aangeboden noemen we het vervoerplan. Het verkeersplan van een vervoerder

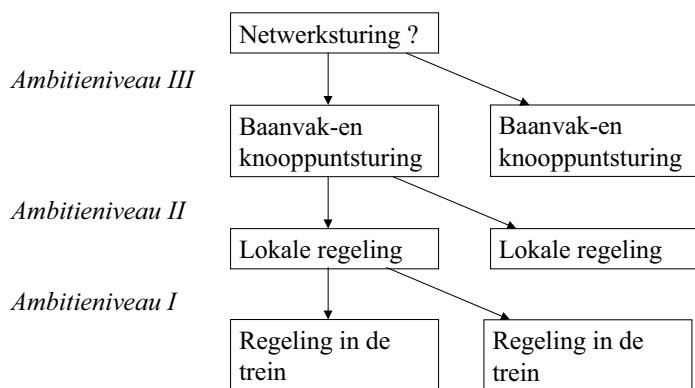
komt overeen met zijn vervoerplan. Anno 2000 vormen vervoerplannen, verkeersplan en inzetplan voor de infrastructuur (ten behoeve van alle vervoerders) tezamen de *dienstregeling*.

Echter, bij het Dynamisch Railverkeersmanagement zal de verschijningsvorm van het plan voor de inzet van infrastructuur, niet langer dezelfde zijn als die van de verkeers- en vervoerplannen. Bij Ambitieniveau III zal het onderscheid tussen verkeersplan en vervoerplan overigens wel een rol spelen.

9.1.4 regelcyclus

Het operationeel railverkeersmanagement heeft tot taak de afwikkeling van het railverkeer te optimaliseren. Bij de dynamische werkwijze houdt dit in dat bij dreigende conflicten tussen treinen de beschikbare marges en buffers worden gerealloceerd naar de trein die ze op dat moment en op die plaats het hardste nodig heeft. Als desondanks de uitvoering van de verkeersdiensten binnen de kaders niet mogelijk is (met andere woorden als bijregelen geen soelaas biedt), is –evenals in de huidige werkwijze– bijsturen of herplannen noodzakelijk⁴. In dit hoofdstuk concentreren we ons op het aspect bijregelen (binnen de kaders).

De *scope* van het bijregelen neemt toe met de toename van het Ambitieniveau (Figuur 9-1). De toename van de scope heeft niet alleen betrekking op het niveau van verkeersregeling maar ook met de impact in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer (zie Figuur 9-2).



Figuur 9-2 Toename van de scope van verkeersregeling bij toenemend Ambitieniveau.

Per Ambitieniveau is de scope in grote lijnen:

Ambitieniveau I:

- lokale optimalisering railverkeer;
- verkeers- en vervoerplan en inzetplan van infrastructuur zijn statisch.

Ambitieniveau II:

- optimalisering railverkeer op een baanvak, inclusief de belendende knooppunten;
- verkeers- en vervoerplan is statisch, inzetplan voor infrastructuur dynamisch;
- maakt gebruik van lokale regelingen (Ambitieniveau I).

Ambitieniveau III:

- vraagafhankelijke productie van verkeersdiensten in een (deel)netwerk;

⁴ Zie Hoofdstuk 8 voor de regelcyclus bij het operationeel railverkeersmanagement.

- verkeersplan, vervoerplan, en inzetplan voor infrastructuur dynamisch;
- maakt gebruik van baanvakregelingen (Ambitieniveau II).

We kunnen constateren dat bij de dynamische werkwijze terugkoppelingen⁵ worden toegevoegd aan de regelcyclus bij het operationeel railverkeersmanagement: monitoren van de bestaande toestand, beoordelen van de toestand, maatregelen vaststellen en maatregelen effectueren. De voorwaarden waaraan daartoe voldaan moet worden, zijn in Hoofdstuk 5 geformuleerd: monitoren van de momentane toestand, expliciet regeldoel, regelalgoritme, regelruimte en actuatoren⁶. Per Ambitieniveau zal worden aangegeven hoe terugkoppeling wordt geïmplementeerd.

9.1.2 nieuw in dit hoofdstuk

- schets van het verbeteringspotentieel van Dynamisch Railverkeersmanagement: flexibeler, goedkoper, betrouwbaarder railverkeer door het systematisch implementeren van terugkoppeling in de besturingscyclus;
- suggestie voor innovatie van het railverkeerssysteem niet alleen door de inzet van moderne Informatie & Communicatie Technologie maar vooral ook door vernieuwing in de werkwijze, waaronder de inzet van marktmechanismen;
- systematische, samenhangende schets van vernieuwingen in railverkeerssysteem, bouwstenen van Dynamisch Railverkeersmanagement, met behulp van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer en het model voor de regelcyclus;
- ordening van bouwstenen van Dynamisch Railverkeersmanagement in samenhangende concepten (Ambitieniveaus);
- formuleren van samenhangende vernieuwingen in verkeersmiddelen (Ambitieniveau I);
- formulering van een concept voor de optimalisering van de afwikkeling van railverkeer op een baanvak (Ambitieniveau II);
- schetsen van mogelijkheden voor vraaggestuurde railverkeersdiensten en netwerkoptimalisatie (Ambitieniveau III);
- indicatie van de mogelijke performanceverbetering aan de hand van cases;
- introductie van vrijheidsgraden voor de (planning en realisering) van de inzet van de infrastructuur als criterium voor het doorberekenen van de kosten van de capaciteit van de infrastructuur.

9.1.3 opbouw van dit hoofdstuk

Ondanks het feit dat de noodzaak tot vernieuwing terug te voeren is op de behoeften van de eindgebruikers van het verkeers- en vervoerssysteem, wordt dit hoofdstuk *bottom-up* opgebouwd. De reden is dat elk Ambitieniveau voortbouwt op de verworvenheden van het onderliggende niveau.

De Ambitieniveaus I, II en III worden achtereenvolgens besproken in 9.2, 9.3 en 9.4. Deze drie paragrafen kennen dezelfde indeling. Na een schets van het verbeteringspotentieel, volgt de theoretische basis: de plaats in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer, de implementatie van terugkoppelingen en de *scope* van de regelcyclus. Vervolgens worden het (nieuwe) instru-

⁵ Zie Hoofdstuk 5.

⁶ Via *actuatoren* kan in het bestuurde systeem worden geïntervenieerd.

mentarium van het betreffende Ambitieniveau beschreven en de bouwstenen (middelen en procedures), waaruit de instrumenten zijn opgebouwd. De mogelijke verbetering van de performance van het railverkeerssysteem wordt in elke paragraaf geconcretiseerd aan de hand van een case. Tenslotte worden kanttekeningen geplaatst bij de geschetste vernieuwingen. In 9.5, tenslotte, wordt dit hoofdstuk geëvalueerd.

9.2 Ambitieniveau I: verbeteren performance verkeersmiddelen

De vernieuwing van de verkeersmiddelen in het kader van Ambitieniveau I is gericht op een efficiëntere inzet van de infrastructuur, gegeven de vraag naar verkeersdiensten. In Ambitieniveau I wordt een rijweg –afhankelijk van de momentane situatie– in toegesneden eenheden en op het juiste moment toegewezen. Een rijweg komt daarmee sneller dan bij de huidige verkeersmiddelen beschikbaar voor een nieuwe verkeersdienst. Per saldo kunnen dus meer treinpaden per tijdseenheid worden geleverd en ze kunnen flexibeler worden ingezet. Dit resulteert in een betere performance van de railverkeersmiddelen. De verkorting van de procestijden in Ambitieniveau I levert echter ook een verbetering in de huidige, statische, productieomgeving. Het incasseren van de voordelen van een grotere flexibiliteit vraagt echter een dynamische productieomgeving (Ambitieniveau II).

9.2.1 verbeteringspotentieel

Verkeersmiddelen worden goedkoper en kunnen beter worden benut door het introduceren van nieuwe technologie. Uit het onderzoek dat sinds de jaren tachtig door NS onder de verzamelnaam BB21⁷ wordt uitgevoerd, blijkt dat nieuwe beveiligingstechnologie niet alleen leidt tot een verdere verhoging van de spoorwegveiligheid maar ook de capaciteit van het spoorwegnet vergroot. Dit betekent dat fysieke uitbreidingen, zoals spoorverdubbelingen, soms kunnen worden uitgesteld, omdat de bestaande sporen beter kunnen worden benut. Vergelijkbare ontwikkelingen zijn overigens gaande in het weg- en het luchtverkeer. Neveneffect van nieuwe beveiligingssystemen is het kunnen beschikken over nauwkeurige informatie over de actuele verkeerssituatie. Die informatie is uiteraard essentieel voor Dynamisch Railverkeersmanagement.

Met Ambitieniveau I-vernieuwingen kunnen capaciteitsuitbreidingen beter op de maat van een toekomstige uitbreiding van de treindienst worden toegesneden. Een “elektronische vrije kruising”, bijvoorbeeld, kan een oplossing bieden in situaties waarbij de grote capaciteits-sprong met een ongelijkvloerse kruising (nog) niet nodig is. Uiteraard is de capaciteit van een ongelijkvloerse kruising groter dan die van een “elektronische vrije kruising” (een gelijkvloerse kruising uitgerust met Ambitieniveau I-functies). Immers, op het kruisingsvlak kan zich slechts één trein tegelijkertijd bevinden. Wat dit betreft is er geen verschil met het wegverkeer: een kruising met verkeerslichten heeft een kleinere capaciteit dan een ongelijkvloerse kruising. Een vergelijkbare redenering gaat op voor de enorme sprong (ordegrootte: een factor

⁷ BB21 (zie Zigterman (1992)) stond oorspronkelijk voor Beheersing- en Beveiligingsystemen voor de 21^e eeuw. Aan het eind van de jaren 90 werd BB21 ook wel gezien als Beter Benutten in de 21^e eeuw om het bredere perspectief van het vernieuwingsprogramma aan te geven.

drie⁸) in capaciteit die de uitbreiding van een baanvak van twee naar vier sporen oplevert. Soms kan Ambitieniveau I –met korte procestijden en soepel inhalen op één of meer inhaalstations– een voldoende alternatief bieden⁹.

Het derde voordeel van Ambitieniveau I is dat de punctualiteit positief wordt beïnvloed. Vanwege de grotere flexibiliteit van de verkeersmiddelen kunnen de gevolgen van verstoringen sneller uitdempen. Een voorbeeld is het snel ophalen van een gestrande trein, waarbij in de huidige situatie “op zicht” –en dus over langere afstand met lage snelheid– moet worden gereden. Een ander aspect is het “rijden op geel” bij vertragingen. In de huidige situatie geldt de vaste afstand tussen de treinen die is berekend op grond van de maximale snelheid. Dit levert bij lagere snelheden langere opvolgtijden dan gepland, wat resulteert in een opslingering van de vertraging die aan de achterligger wordt doorgegeven. In Ambitieniveau I is de opvolgtijd daarentegen gerelateerd aan de actuele snelheid van de tweede trein, zodat de vertraging kan uitdempen.

Het vierde voordeel, tenslotte, is dat een “elektronische” oplossing voor capaciteitsuitbreiding veel sneller kan worden gerealiseerd dan een “oplossing van beton en staal”, een minder grote toename van het ruimtebeslag heeft en aanmerkelijk goedkoper is.

Opgemerkt moet worden dat Ambitieniveau I-maatregelen in principe geen invloed hebben op de (planmatige) rijtijden. Het productieplan wordt immers als een gegeven beschouwd.

9.2.2 plaats in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Ambitieniveau I heeft betrekking op de laag beheer railverkeersmiddelen uit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Deze laag omvat de middelen die de productie van railverkeersdiensten railverkeer mogelijk maken. Het gaat dus om infrastructuur en locomotieven, maar ook om machinisten en verkeersleiders (zie Figuur 9-3).

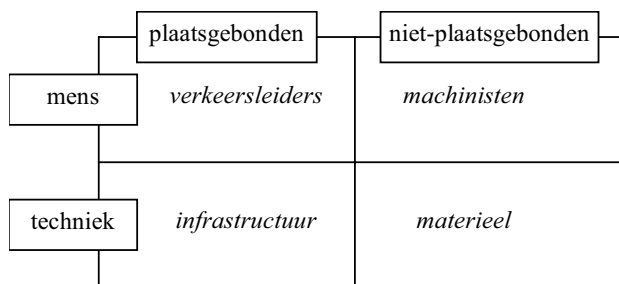
Voor elke treinbeweging wordt een deel van de verkeersmiddelen ingezet¹⁰. Zo wijst de procesleider rijwegen door het instellen van een rijweg een gedeelte van de railinfrastructuur exclusief toe aan een treinbeweging. De efficiency van het verkeersmiddel infrastructuur wordt groter, als per treinbeweging minder (in tijd en lengte) beslag op de infrastructuurcapaciteit nodig is. Verder is er behoefte aan een grotere flexibiliteit, bijvoorbeeld om een verstoorde treinenloop snel te kunnen bijregelen door de ene trein een andere te laten inhalen.

De vernieuwingen in de laag beheer verkeersmiddelen hebben niet of nauwelijks gevolgen voor de processen (planning en uitvoering) in de bovenliggende lagen. De grootte van procestijden en marges veranderen weliswaar, maar de manier waarop ze in de planning worden toegepast hoeft in principe niet te veranderen. De dienstregeling van een trein blijft een lijn in een tijd/wegdiagram die zowel het gebruik van de infrastructuur weergeeft als ook het vervoeraanbod (spoorboekje) en de inzet van materieel en personeel. Voor de processen in de laag productie verkeersdiensten zijn de veranderingen wat groter, vooral door de nieuwe vertrekprocedure en het automatiseren van inhalen en kruisen.

⁸ Zie, bijvoorbeeld, Schaafsma (1993).

⁹ Een onderzoek van de TU Delft in opdracht van NS (De Ruijter (1990)) wees ook al in deze richting.

¹⁰ Een treinbeweging –het vertrekken, passeren of arriveren van een trein– is een onderdeel van een verkeersdienst, zie Hoofdstuk 5.



Figuur 9-3 Indeling railverkeersmiddelen.

9.2.3 implementatie terugkoppelingen

Bij Ambitieniveau I is terugkoppeling op de volgende wijze gerealiseerd:

monitoren van de momentane situatie (*ist*-toestand):

- actuele verkeerssituatie (plaats en snelheid van elke trein);

beoordelen van de toestand:

- vergelijking van de actuele verkeerssituatie (*ist*) ten opzichte van de dienstregeling (*soll*)
- voorspelling van de verplaatsing in de tijd–ruimte van elke trein als niet wordt ingegrepen;
- constateren van een dreigend conflict;

vaststellen maatregelen:

- regeldoel: minimaliseren van de –al dan niet gewogen– afwijkingen ten opzichte van de dienstregeling (treinvertragingen minimaliseren);
- regelvariabelen: snelheden van de betrokken treinen, lengte van de aan een treinbeweging toe te kennen rijweg gegeven de treinsnelheid, moment van het instellen van een rijweg;
- regelalgoritme: verplaatsing in de tijd–ruimte van de treinen ten opzichte van de dienstregeling berekenen met behulp van een voorspelling van de effecten van alternatieve instellingen van de regelvariabelen;
- regelruimte: lokale marges en buffers in de dienstregeling en veiligheidsgrenzen;

maatregelen effectueren via actuatoren:

- snelheidsadviezen aan elke betrokken trein geven;¹¹
- instellen van een rijwegen.

In de huidige werkwijze zijn terugkoppelingen niet of nauwelijks mogelijk, omdat aan een aantal voorwaarden niet wordt voldaan. Ten eerste ontbreekt nauwkeurige informatie over plaats en snelheid van de trein en zijn de middelen om met de trein te communiceren beperkt. Ook de voorspellingen van het verplaatsingsgedrag van een trein zijn niet nauwkeurig genoeg, gegeven de tijdspanne die vereist is om alternatieve maatregelen door te rekenen¹².

¹¹ Net als in Japan (zie Hoofdstuk 8) is de snelheid van de trein een belangrijk aangrijpingspunt voor het regelen van railverkeer, omdat hierbij de regeling zeer nauwkeurig kan zijn. Het tot stilstaan laten komen en weer laten optrekken van een trein is een veel grovere maatregel.

¹² Dit blijkt uit de ervaringen met VPT CS/BO (zie Hoofdstuk 8).

9.2.4 scope

De scope van Ambitieniveau I voor wat betreft de introductie in een infrastructuurnetwerk is lokaal: een (inhaal)station, een deel van een baanvak, of een splitsingspunt. De vernieuwing is daarmee in principe lokaal in te voeren, zij het dat alle treinen die de betreffende locatie passeren de benodigde apparatuur aan boord moeten hebben om baat te hebben bij de vernieuwing. Als bij een kruising van sporen, bijvoorbeeld, een ongelijkvloerse oplossing (fly-over) wordt overwogen, kan Ambitieniveau I in bepaalde gevallen een geschikt alternatief vormen. Omdat de treinen elkaar door de kortere procestijden snel kunnen opvolgen en soepel kunnen kruisen, wordt het punt dat de verkeersintensiteiten een volledig fysiek scheiden van de beide verkeersstromen vereisen, minder snel bereikt.

9.2.5 instrumenten

Ambitieniveau I betreft drie instrumenten:

1. sneller volgen;
2. soepeler kruisen;
3. soepeler inhalen.

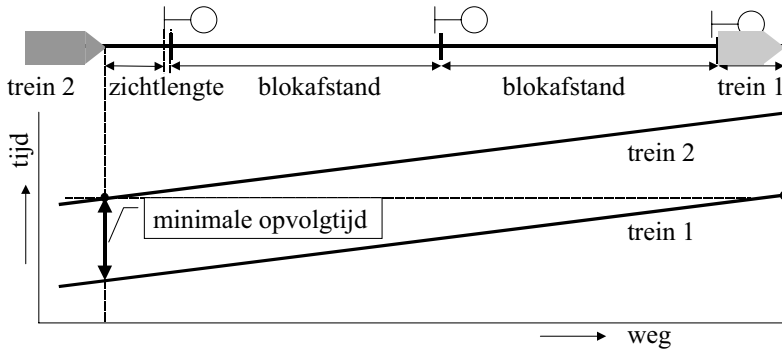
Hierna wordt de werking van deze instrumenten toegelicht. Dit gebeurt aan de hand van versimpelde tijd/wegdiagrammen¹³ voor de geplande situatie voor de referentiesituatie anno 2000 en de situatie in Ambitieniveau I. In de tijd/wegdiagrammen is de treinlengte niet onderscheidend. Aangenomen is dat deze voor beide situaties dezelfde is. De zichtafstand tot het sein voor de machinist (situatie anno 2000) komt grosso modo overeen met de systeemreactietijd in Ambitieniveau I. Een belangrijke beperking voor de weergave in (statische) tijd/wegdiagrammen is dat de effecten van de dynamische werkwijze niet zichtbaar te maken is.

1. sneller volgen

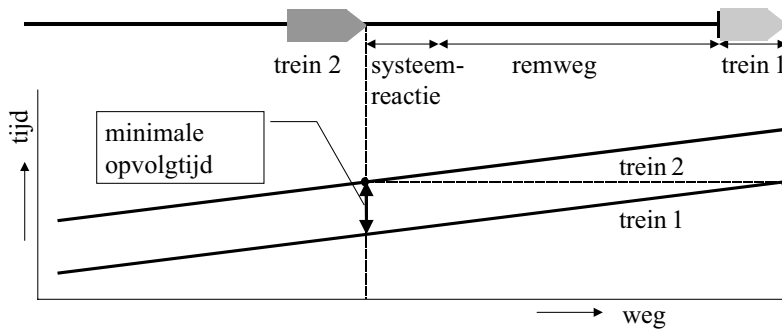
Sneller volgen betekent dat zowel in de planning als in een vertraagde situatie de treinen op kortere afstand achter elkaar kunnen rijden op een baanvak dan met de bestaande verkeersmiddelen, waardoor de technisch minimale opvolgtijd korter wordt (Figuur 9-4 en Figuur 9-5). Dit gebeurt uiteraard zonder de veiligheidsnormen aan te tasten. Uitgegaan is van de remweg die nodig is om op tijd tot stilstand te komen als de voorgaande om welke reden dan uit plotseling tot stilstand zou komen, de zogenaamde absolute remweg. Anno 2000 wordt deze remweg vertaald in de bloklengte¹⁴. In de tijd/wegdiagrammen komt de remweg bij Ambitieniveau I overeen met de bloklengte in de situatie anno 2000.

¹³ De schema's zijn niet op schaal. Bovendien is slechts de informatie (zoals de seinen) die voor het vaststellen van de minimale opvolgingstijd relevant zijn, zijn getekend.

¹⁴ Zie Schaafsma en Weits (1996).



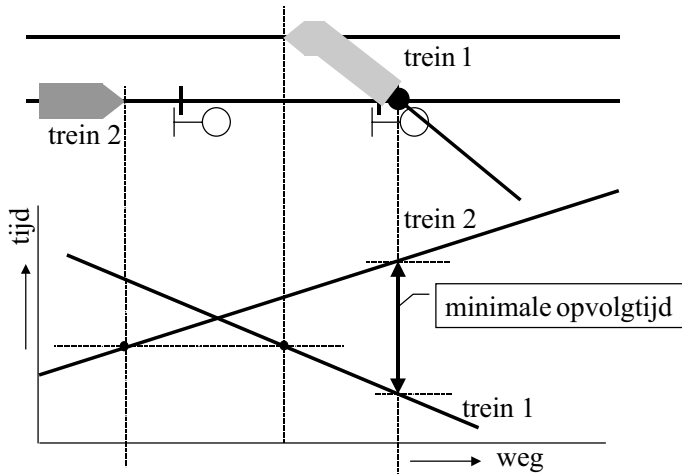
Figuur 9-4 Minimale opvolgtijd op een baanvak (situatie anno 2000).



Figuur 9-5 Minimale opvolgtijd op een baanvak (Ambitieniveau I).

2. soepeler kruisen

Bij soepeler kruisen wordt de minimale opvolgtijd niet wezenlijk anders dan in de situatie anno 2000 (zie Figuur 9-6, waarin de tijd om wissels en seinen te bedienen is verwaarloosd). In de referentiesituatie wordt in de planning echter een buffertijd toegevoegd aan de minimale opvolgtijd om te voorkomen dat een kleine vertraging direct gevolgen heeft voor de tweede trein. Door de beheersing van de snelheid en het moment van passeren van de kruisingspunt kunnen deze buffers in de planning kleiner worden bij gelijkblijvende verstoringgevoeligheid. De volgorde van de treinen blijft overigens vastgelegd in de dienstregeling. De lokale regelautomaat laat de volgorde ongewijzigd, tenzij de verkeersleiding expliciet ingrijpt.



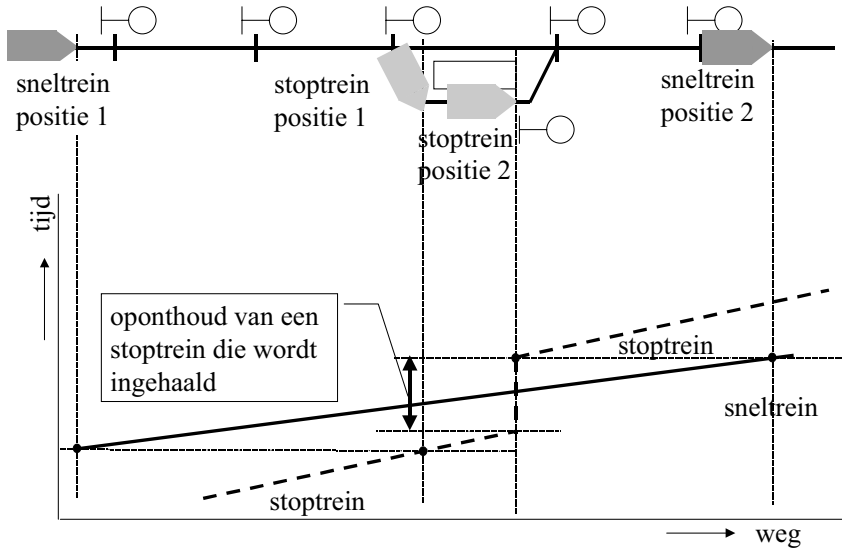
Figuur 9-6 Soepel kruisen (situatie anno 2000 en Ambitieniveau I verschillen niet wezenlijk).

3. soepeler inhalen

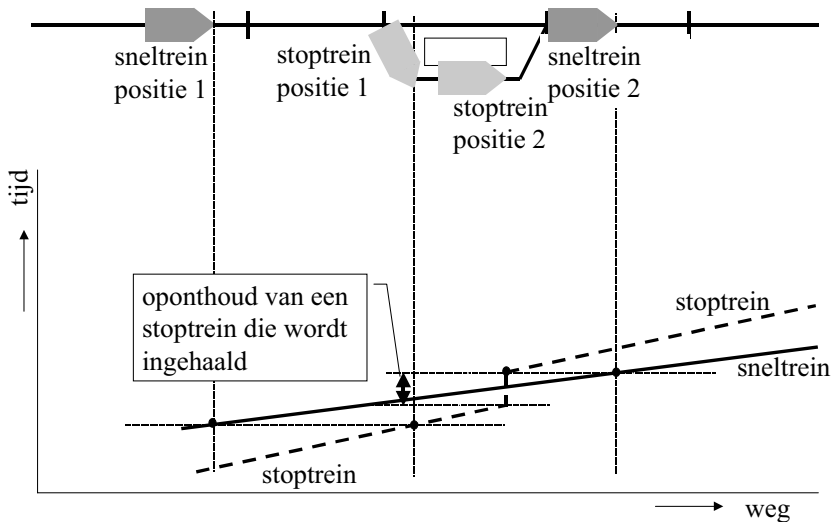
Met soepeler inhalen (“inhalen met één druk op de knop”) wordt het voorbijrijden van een trein door een andere trein op een inhaalstation geoptimaliseerd, zie Figuur 9-7 en Figuur 9-8. De minimale opvolgtijd vóór de inhaling (positie 1 in de figuren) wordt bepaald door de (baanvak)opvolging ter plaatse van het afbuigend wissel voor de halte.

In Ambitieniveau I is deze aanzienlijk gunstiger dan in de referentiesituatie (zie “sneller volgen”). Bij vertrek van de halte kan de stoptrein onmiddellijk na het passeren van de sneltrein vertrekken, omdat de remweg bij het optrekken gering is, zodat de vereiste afstand tot de sneltrein ook gering kan zijn. In de referentiesituatie kan de stoptrein pas vertrekken, als de sneltrein een blok heeft vrijgemaakt. In de referentiesituatie wordt in de planning aan de minimale opvolgtijd een buffer toegevoegd ten om te voorkomen dat een kleine vertraging van de ene trein direct gevolgen heeft voor de andere trein. In Ambitieniveau I wordt de snelheid van de sneltrein en het vertrekmoment van de stoptrein op de inhaalhalte beter beheerst, zodat de buffers in de dienstregeling tussen de inhalende en ingehaalde trein kunnen verminderen. Gevoegd bij de kortere opvolgtijd kan het oponthoud voor de trein die wordt ingehaald aanzienlijk verminderen.

Zowel in de planning als in de bijsturing wordt een inhaling daarmee een beter hanteerbaar instrument om de infrastructuurcapaciteit optimaal te benutten. Met andere woorden: de flexibiliteit van de inzet van verkeersmiddelen wordt groter. Het feit dat er een inhaling plaatsvindt ter plaatse van het betreffende station, blijft overigens in Ambitieniveau I vastgelegd in de dienstregeling. Het eventuele verplaatsen van de inhaling naar een ander station vereist een expliciete ingreep van de verkeersleiding.



Figuur 9-7 Het oponhoud (inclusief halteertijd) voor een stoptrein die bij een halte wordt ingehaald door een snelrein (situatie anno 2000).



Figuur 9-8 Het oponhoud (inclusief halteertijd) voor een stoptrein die bij een halte wordt ingehaald door een snelrein (Ambitieniveau I).

9.2.6 bouwstenen

De drie instrumenten van Ambitieniveau I, sneller volgen, soepeler kruisen en soepeler inhalen, worden mogelijk gemaakt door vijf bouwstenen, die technisch en procedureel van aard zijn. Impliciete basisvoorwaarde is dat de plaats en snelheid van elke trein nauwkeurig bekend is bij het regelsysteem, hetgeen intensieve communicatie vereist tussen de trein en de vaste

wal. Tabel 9-1 geeft een samenvattend overzicht van de instrumenten van Ambitieniveau I en de benodigde bouwstenen.

bouwstenen voor sneller volgen

Sneller volgen wordt ten eerste mogelijk gemaakt door het introduceren van een nieuwe beveiligingslogica, het zogenoemde *Glijdend variabel blok (1)*. Hiermee worden de opvolgtijden die technisch minimaal benodigd zijn tussen twee treinen verkleind.

Tabel 9-1 Overzicht instrumenten van Ambitieniveau I en de benodigde bouwstenen.

<i>↓ Bouwsteen</i>	<i>Instrument →</i>	<i>Sneller volgen</i>	<i>Soepeler kruisen</i>	<i>Soepeler inhalen</i>
Glijdend variabel blok (1)		x		x
Adviessnelheden (2)			x	x
Rijadvies in de trein (3)			x	x
Automatische rijwegkeuze en –instelling (4)			x	x
Versnelling vertrekprocedure (5)				x
Communicatie wal – trein (basis)		x	x	x

Glijdend betekent dat een blok (dat is de veilige “cocon” waarin een trein rijdt) met de trein mee beweegt; *variabel* betekent dat de grootte van het blok varieert met de treinkarakteristieken (treinlengte, –gewicht, –snelheid en –beremming). Dit in tegenstelling tot het klassieke blokkenstelsel waarbij de situering van de blokken (bewaakt door een vast sein) vast ligt en de lengte van het blok uit veiligheidsoverwegingen is berekend op treinen met de ongunstigste combinatie van treinkarakteristieken. Het gevolg is dat bij Glijdend variabel blok (de voorkant van) twee treinen elkaar op remwegafstand (plus de treinlengte en de afstand die overeenkomt met de systeemreactietijd¹⁵) kunnen volgen in plaats van op twee blokken (plus de treinlengte en een zichtlengte¹⁶), zie ook Figuur 9-4 en Figuur 9-5.

De verkorting van de technisch minimale opvolgtijd hangt af van de situatie (vrije baan, vertrek– of aankomst bij een station, inhaling, reizigers– of goederentreinen, snelheid, treinlengte, enz.). Tabel 9-2 geeft enkele karakteristieke waarden voor de opvolging van twee reizigerstreinen. De spreiding in de getallen illustreert dat de waarden sterk afhankelijk zijn van de situatie. De theoretisch minimaal mogelijke opvolging op de vrije baan wordt in de praktijk vaak langer doordat de opvolgtijden bij dwangpunten –zoals splitsingspunten of wisselcomplexen bij stations– maatgevend zijn¹⁷. Het Glijdend variabel blok is daar niet glijdend!

¹⁵ Gedurende de tijd die het beveiligingssysteem nodig heeft om te reageren op een remopdracht, legt de trein een aantal meters af die bij het berekenen van de minimale opvolgtijd aan de minimale remweg moeten worden toegevoegd.

¹⁶ De machinist die in de verte een geel of rood sein ziet zal hierop anticiperen door de snelheid van de trein te verminderen. Bij de planning van de dienstregeling wordt de (uit veiligheidsoverwegingen) minimale volgafstand tussen twee treinen daarom vermeerderd met de zogenoemde zichtlengte, die afhankelijk is van de (planmatige) snelheid van de tweede trein.

¹⁷ Dit blijkt uit Tabel 9-2, zie ook Wendler (1995).

Tabel 9-2 Voorbeelden van karakteristieke waarden voor technische minimale opvolgtijd van twee reizigerstreinen (in minuten). Bron: Arcadis (1999).

	<i>Klassiek blokstelsel</i>	<i>Glijdend variabel blok (GVB)</i>	<i>Winst van GVB ten opzichte van klassiek blokstelsel</i>
op de vrije baan	1,5	0,8 – 1,1	winst 0,4 tot 0,7
bij een halte (inclusief haltering van 0,5 minuut)	3,1	2,5	winst 0,6
bij vertrek van een station	1,9	1,1 – 1,8	winst 0,1 tot 0,7
bij aankomst op een station	0,7 – 2,2	0,9 – 1,4	verlies 0,2 tot winst 0,8

Overigens moet worden bedacht dat anno 2000 de seinen vanwege plaatselijke omstandigheden vaak niet op de ideale plaats staan, zodat de minimale opvolgtijden groter zijn dan theoretisch mogelijk zou moeten zijn. Redenen hiervoor zijn, onder meer, de zichtbaarheid van de seinen in scherpe bogen en nabij kunstwerken.

bouwstenen voor soepeler kruisen

Een soepeler kruising van twee treinen op een splitsingspunt houdt in dat kruisende treinen bij vertragingen minder vaak en minder lang op elkaar behoeven te wachten. Het dreigende conflict wordt gesignaleerd en de regelautomaat van het splitsingspunt neemt de maatregelen die ertoe leiden dat de beide treinen op het juiste moment met de juiste snelheid het conflictpunt naderen en passeren. Het lokale regelsysteem berekent Adviesnelheden (2) en stuurt deze naar de betreffende trein, waar ze door het deelsysteem Rijadvies in de trein (3) in de cabine wordt vertaald in rij- en remadviezen aan de machinist. Met de Automatische rijwegkeuze en rijweginstelling (4) wordt het bovendien mogelijk om (een deel van) een rijweg op conflictpunten precies op het juiste moment in te stellen.

bouwstenen voor soepeler inhalen

Soepeler inhalen vereist een combinatie van alle vier bovengenoemde bouwstenen. Het Glijdend variabel blok zorgt voor korte opvolgtijden, met name voor het vertrek van de stoptrein nadat de sneltrein is gepasseerd, terwijl Adviesnelheden plus Rijadvies in de trein de optimale snelheid voor de inhalende sneltrein bepalen. Met de Automatische rijwegkeuze en -instelling kan de ingehaalde trein zeer kort achter de gepasseerde sneltrein volgen en is het op-onthoud voor de ingehaalde trein minimaal.

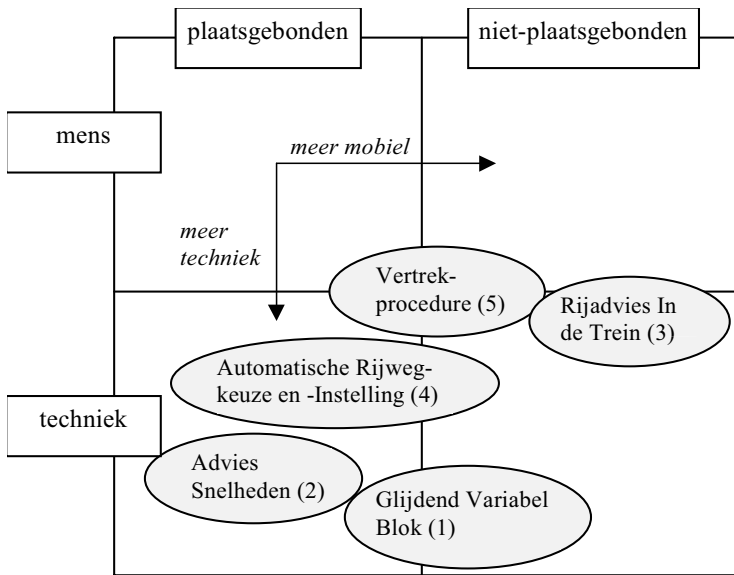
Voor soepeler inhalen is voorts Versnelling van de vertrekprocedure (5) nodig. Deze bouwsteen beoogt de processen bij het vertrek van een trein zoveel mogelijk gelijktijdig in plaats van volgtijdelijk te laten verlopen. Zo wordt de rijweg voor de vertrekkende trein al gereserveerd, als de passagiers nog bezig zijn met instappen. Als de deuren gesloten zijn wordt de rijweg vastgelegd en vrijgegeven, waarna de trein onmiddellijk kan vertrekken.

innovatie van de railverkeersmiddelen

Internationale ontwikkelingen in de beveiligingstechnologie hebben als gemeenschappelijk kenmerk dat het zwaartepunt van de intelligentie verschuift van infrastructuur naar materieel,

gepaard aan een intensieve communicatie tussen wal en trein¹⁸. Zo zullen de seinen die nu langs de baan staan meer en meer vervangen worden door seinen in de cabine van de machinist.

Meer in het algemeen gesteld: het technisch/economische optimum in de verkeersmiddelen verschuift van plaatsgebonden naar niet-plaatsgebonden (van infrastructuur naar materieel) en van mens naar techniek. Dit kan worden geïllustreerd door de positionering van de vijf bovenbeschreven bouwstenen in Figuur 9-9.



Figuur 9-9 Positionering bouwstenen verkeersmiddelen Ambitieniveau I.

9.2.7 case: Tweede Tactische Pakket Railinfrastructuur

Bij het vaststellen van de in de periode na 2000 benodigde infrastructuur (het Tweede Tactische Pakket Railinfrastructuur (TTPR)¹⁹), is voorzichtig geanticipeerd op vernieuwingen uit Ambitieniveau I. In de plannen werd op twee locaties afgezien van de aanleg van de oorspronkelijk gespecificeerde ongelijkvloerse kruising (Eindhoven Oostzijde, en Den Bosch Noordzijde), wat een kostenbesparing van ongeveer 90% opleverde. Op de Zaanlijn (Zaandam – Uitgeest) kon door het optimaliseren van inhaalstations het traject waarop spoorverdubbeling noodzakelijk was, worden teruggebracht. De kostenbesparing voor dit project bedroeg ongeveer 60%.

¹⁸ Zie, bijvoorbeeld, het *European Train Control System (ETCS)*–project (UIC (1993)).

¹⁹ Het Tweede Tactische Pakket Railinfrastructuur (Railned (1995)) betreft een pakket uitbreidingen van het infrastructuurnetwerk als tweede tactische fase van het strategische plan Rail 21 (zie ook Hoofdstuk 6). De investeringen in de infrastructuur werden geraamd op f 6 miljard.

In het TTPR kon in totaal f 400 a f 500 miljoen worden bespaard op investeringen in de infrastructuur²⁰. Daar stond een investering van rond f 300 miljoen in materieelsystemen tegenover, aangezien 60 a 70% van het materieelpark²¹ een of meer van de drie bovengenoemde locaties passeert en dus uitgerust moet zijn met systemen voor Ambitieniveau I. Gedeeltelijk kan deze f 300 miljoen gezien worden als een voorinvestering: bij een verdere toepassing van de nieuwe systemen op meerdere locaties en bij de introductie van hogere Ambitieniveaus, behoeven deze investeringen niet opnieuw te worden gedaan. We kunnen constateren dat zelfs met een beperkte introductie van vernieuwingen in de verkeersmiddelen volgens Ambitieniveau I de (toekomstige) verkeersprestatie kan worden geleverd met, per saldo, minimaal f 100 miljoen minder aan investeringen in verkeersmiddelen.

De winst van Ambitieniveau I wordt in de casestudie geïncasseerd als een besparing op de investeringskosten bij gelijkblijvende opbrengsten (verkeersprestaties) wat een hogere efficiency tot resultante heeft. Eventuele winsten in punctualiteit ten gevolge van een betere beheersing van de treindienst moeten worden afgezet tegen een grotere kwetsbaarheid voor verstoringen. Dit is in deze casestudie niet gekwantificeerd.

9.2.8 kanttekeningen

Zoals elke innovatie is ook de introductie van Ambitieniveau I omgeven met risico's en onzekerheden, waarvan de belangrijkste hierna aan de orde komen.

onzekere technische ontwikkeling

Het risico dat de technische ontwikkeling te lang duurt of uiteindelijk meer gaat kosten dan oorspronkelijk voorzien lijkt voor de technologie van Ambitieniveau I beperkt. De systemen worden anno 2000 door de Europese industrie ontwikkeld en beproefd, terwijl de achterliggende technologie zich in andere toepassingen dan de spoorwegen al heeft bewezen. Wel zal ervoor gewaakt moeten worden om een complex introductieproces op te zadelen met kinderziekten die inherent aan de toepassing van nieuwe technische systemen lijken te zijn.

complexe invoering van nieuwe technologie

Een specifiek probleem is de coördinatie van de introductie: wie moet op welk moment waar investeren en in welke bouwstenen. Bedacht moet worden dat de performanceverbetering pas bereikt kan worden als alle bouwstenen geïntroduceerd zijn. De ervaring, ook bij de spoorwegen, leert dat de invoering van complexe systemen in een complexe organisatie moeilijk te managen is.

kleinere strategische reserve

Elektronische oplossingen voor een tekort aan capaciteit in de verkeersmiddelen zijn efficiënter dan de klassieke oplossingen met beton en staal. Dat ze beter op maat worden gesneden heeft als nadeel dat de strategische reserve gering is. Een betonnen vrije kruising of een compleet viersporig baanvak is weliswaar veel duurder in aanleg dan een elektronische oplossing,

²⁰ De drie genoemde projecten zijn uiteindelijk als minder urgent beoordeeld en daarom niet opgenomen in het anno 2000 vigerende Meerjarenplan Infrastructuur Transport (V&W (2000a)).

²¹ Het splitsen van het materieelpark in deelparken (bijvoorbeeld door materieel per lijn in te zetten) vermindert weliswaar de omvang van de investeringen in het materieel, maar verkleint de mogelijkheden voor de vervoerders om het materieel efficiënt in te zetten. In de TTPR-studie is een dergelijke variant niet uitgewerkt.

de toegenomen capaciteit zal voor lange tijd voldoende zijn. Ook de kwetsbaarheid bij verstoringen is minder groot. Een trein die precies op een viaduct kapot gaat verspert slechts één spoor van de kruising. Dezelfde trein die op een gelijkvloerse kruising tot stilstand komt blokkeert het treinverkeer op beide sporen. Een analoge redenering gaat op voor een dubbel-sporig baanvak met inhaalstations afgezet tegen een compleet viersporige oplossing.

een grotere afhankelijkheid van de techniek

Het (nog) meer afhankelijk worden van techniek kan de kwetsbaarheid van het railverkeers-systeem vergroten, als de bedrijfszekerheid van de deelsystemen en de beschikbaarheid van terugvalopties niet aan hoge eisen voldoet. Anderzijds is in vele procesindustrieën juist de productiefactor *mens* de zwakste schakel. Een hoge bedrijfszekerheid kan gepaard gaan met hoge kosten, bijvoorbeeld in verband met redundantie bij het ontwerp en storingspreventie bij het beheer. Anderzijds kan systeemuitval tot hoge kosten leiden voor reparatie en gevolgschade.

Het is noodzakelijk om bedrijfszekerheid vanaf het begin van de ontwikkeling een belangrijke rol te laten spelen, hetgeen zeker bij beveiligingssystemen niet triviaal is. Bedrijfszekerheid is in de spoorwegindustrie traditioneel ondergeschikt aan veiligheid. Vanouds hanteert men het *fail-safe* principe, wat inhoudt dat een systeem naar de veilige kant moet falen, zodat er geen onveilige situatie kan ontstaan. In de praktijk betekent dit meestal dat een trein tot stilstand komt als een beveiligingssysteem faalt, met alle gevolgen van dien voor de doorstroming van het treinverkeer. Een andere ontwerpfilosofie zou meer evenwicht moeten brengen in de balans tussen veiligheid en bedrijfszekerheid zonder het –maatschappelijk vereiste– hoge niveau van veiligheid aan te tasten.

onzekere vervoermarkt

De onzekere markt voor spoorvervoer is een andere risicofactor. In welke mate leiden de maatschappelijke ontwikkelingen en het Europese en nationale overheidsbeleid in de richting van een groei van het vervoer per spoor? Hoe krijgt de concurrentie *op* of *om* het spoor vorm, wat zal de looptijd van concessies gaan worden? Kunnen de investeringen wel terugverdiend worden? Het klimaat in de railsector lijkt anno 2000 meer gericht op het maken van een pas op de plaats dan op een voortvarende aanpak van innovatie²².

optimaliseren tussen materieel en infrastructuur (en personeel)

In de huidige constellatie dragen vervoerders de integrale kosten van het materieel en het rijdend personeel, kortom de niet-plaatsgebonden verkeersmiddelen (zie Figuur 9-3), terwijl de (Rijks)overheid de (vaste) kosten van de infrastructuur²³ voor zijn rekening neemt. De verschuiving van het technisch/economisch optimum in de verkeersmiddelen van plaatsgebonden naar niet-plaatsgebonden betekent in de praktijk anno 2000 een verschuiving van investeringen van overheid naar vervoerders. Met name voor wat betreft de vernieuwingen uit Ambitie-niveau I, waar de winst met name gevonden wordt in besparingen op de investeringen in de infrastructuur (zie de case in 9.2.7), is de kosten/batenverhouding voor de vervoerders negatief. De invoering van de vernieuwingen loopt een gerede kans te stagneren als geen oplossing

²² Zie verder Hoofdstuk 1.

²³ Via de infraheffing worden de marginale kosten van de infrastructuur (deels) op de vervoerders verhaald, zie verder Hoofdstuk 7.

wordt gevonden voor het probleem dat een lager kostenniveau voor de verkeersmiddelen als geheel slechts kan worden bereikt door hogere kosten voor de vervoerders²⁴.

9.3 Ambitieniveau II: verbeteren performance van de inzet van railverkeersmiddelen

Ambitieniveau II beoogt een betere performance (flexibiliteit, betrouwbaarheid en efficiency) van het railverkeerssysteem te bereiken door de inzet van de verkeersmiddelen, met name die van de infrastructuur, dynamischer te maken. Daartoe wordt het vervoerplan (“het spoorboekje”) ontkoppeld van de planning van de inzet van de infrastructuur. Bij de realisering van het dynamische inzetplan voor de infrastructuur wordt de afwikkeling van het railverkeer over een baanvak geoptimaliseerd, waarbij gebruik wordt gemaakt van de lokale regelingen uit Ambitieniveau I.

9.3.1 verbeteringspotentieel

Leidraad bij het vernieuwingsproces is de gedachte dat de vrijheidsgraden bij de inzet van de infrastructuur zo lang als mogelijk behouden moeten worden. Dit betekent dat het inzetplan voor de verkeersmiddelen, met name de infrastructuur, niet ver van tevoren in beton gegoten moet worden, maar dat ingespeeld moet kunnen worden op de actuele situatie. Minder strak plannen vergroot de flexibiliteit, terwijl een grotere regelruimte een hogere betrouwbaarheid (punctualiteit) en een efficiëntere inzet van de infrastructuur van het railverkeer beoogt. Dit wordt hieronder toegelicht.

grotere flexibiliteit

Als in het inzetplan voor de infrastructuur de routes van alle treinen niet nauwkeurig tot op de minuut en tot op het (perron)spoornummer maar met bandbreedtes in plaats en tijd worden vastgelegd (tijd/wegvensters), kan beter worden geanticipeerd op veranderingen in de vraag²⁵. Het inpassen van een extra goederentrein op het laatste moment, bijvoorbeeld, leidt dan niet tot verschuivingen in het inzetplan voor de infrastructuur, als kan worden volstaan met een re-allocatie van de marges en buffers over de verkeersdiensten. De levering van de verkeersdiensten blijft dan conform de afspraken met de afnemers. Flexibel omgaan met een onzekere vraag past goed bij de manier waarop de goederenverkeersmarkten functioneren²⁶.

De grotere flexibiliteit komt ook tot uitdrukking bij een verstoring, bijvoorbeeld, als een Eurocitytrein 20 minuten te laat uit Duitsland arriveert. In de statische werkwijze legt de vertraagde trein beslag op een tweede dienstregelingpad, wat gezien wordt als een dubbel capaciteitsbeslag, omdat het oorspronkelijk geplande pad onbenut blijft. In de dynamische werkwijze wordt de ruimte die ontstaat door het wegvallen van de trein uit het oorspronkelijke plan onmiddellijk benut door het realloceren van de marges en buffers in het inzetplan voor de in-

²⁴ Zie verder Hoofdstuk 6 en ook KPMG (1999).

²⁵ Zie verder 9.3.5

²⁶ Goederentreinen vertrekken in de praktijk niet op een bepaald tijdstip maar binnen een bepaalde periode. Dit heeft onder meer te maken met de onzekerheden in de vervoerprocessen op de terminal (laden en lossen), zie ook Hoofdstuk 7.

frastructuur. Het inpassen van de vertraagde trein is vergelijkbaar met een *last minute* verandering in de vraag.

grotere betrouwbaarheid

De dynamische werkwijze heeft op twee manieren een positieve invloed op de punctualiteit.

Treinen wachten niet onnodig op elkaar.

In de huidige werkwijze staan treinen vaak onnodig te wachten. Ter illustratie kan de verkeersafwikkeling op een gelijkvloerse kruising dienen, zie Figuur 9-6. De verkeersleiding dient te beslissen welke van beide treinen als eerste het conflictpunt mag passeren. In de huidige werkwijze is de volgorde van twee treinen op een kruising op de minuut in de dienstregeling vastgelegd. Als de trein die als eerste is gepland vertraagd is, kan de verkeersleiding besluiten de volgorde om te wisselen. Deze ingreep moet op de gevolgen voor het inzetplan voor de infrastructuur worden beoordeeld.

Uit overwegingen van onzekerheid over deze gevolgen, vaak ingegeven door een gebrekkige informatievoorziening, wordt een dergelijke ingreep vaak achterwege gelaten, waardoor het vóórkomt dat de tweede trein onnodig moet wachten. In de dynamische werkwijze is er geen sprake van volgordewisseling, *omdat de volgorde niet is vastgelegd*. Als kort voor de uitvoering mocht blijken dat er een conflict tussen de twee treinen dreigt, wordt automatisch het soepel kruisen-instrument uit Ambitieniveau I (zie 9.2) ingezet.

Treinen die niet tijdkritisch zijn, worden niet behandeld alsof ze tijdkritisch zijn.

In de huidige werkwijze is elke trein tijdkritisch. Elke trein wordt geacht te rijden volgens het toegewezen minutieuze dienstregelingpad. Echter, gezien als verkeersdienst, is niet elke trein even kritisch voor de afnemer voor wat betreft tijd (vertrek- en aankomstmoment) en route (stations die moeten worden aangedaan). Dit geldt niet alleen voor een groot deel van de goederendiensten maar bijvoorbeeld ook voor diensten uit het reizigersnachtmet²⁷. In de terminologie van het Dynamisch Railverkeersmanagement hebben deze verkeersdiensten ruime tijd/wegvensters in het inzetplan voor de infrastructuur. Dit betekent dat er een grotere regelruimte ontstaat, waardoor de mogelijkheden om de verkeersdiensten binnen hun tijd/wegvensters te leveren groter wordt. De betrouwbaarheid neemt derhalve toe. Er is immers pas sprake van dispunctualiteit, als de betreffende trein niet langer binnen het met de afnemer overeengekomen tijd/wegvenster blijft.

kostenbesparing

Zolang de treinen zich binnen de tijd/wegvensters bevinden, voldoet de verkeersafwikkeling aan de eisen van de afnemers (vervoerders). De bijsturing kan, voor zover de tijd/wegvensters van de treinen kunnen worden gerespecteerd, in principe worden geautomatiseerd. Dit heeft positieve gevolgen voor de kwaliteit en de kosten van de bijstuurorganisatie.

De dynamische werkwijze kan ook tot kostenbesparing bij de aanleg van infrastructuur leiden, omdat meer dan in de statische werkwijze het effect van flessenhalzen in de capaciteit, zoals een tweesporige brug in een viersporig baanvak, kan worden beperkt door de flessenhalzen zeer intensief te benutten (geen of kleine buffers ter plaatse van de flessenhalzen). Het vermijden van

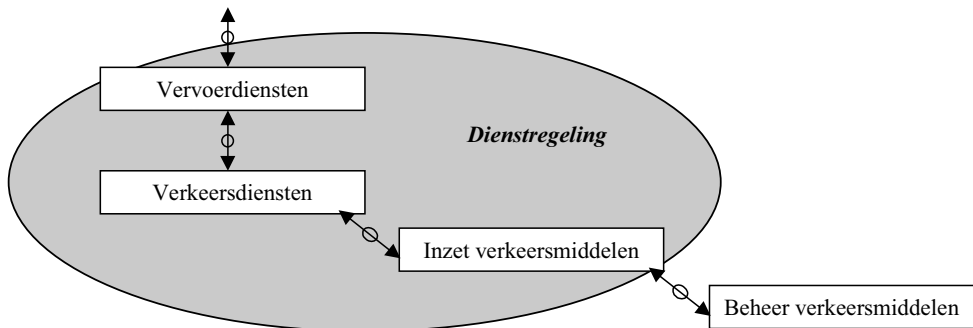
²⁷Zo is de dienstregeling (de gepubliceerde vertrek- en aankomsttijden) van de nachttreinen tussen Utrecht en Amsterdam anno 2000 zodanig dat gekozen kan worden tussen de route via Hilversum en de route via Breukelen zonder dat dit tot vertraging leidt.

de aanleg van dure infrastructuur kan soms worden gecompenseerd door goedkopere capaciteitsuitbreiding op andere locaties in het spoorwegnetwerk.

Baten in financiële zin moeten voortkomen uit een betere positie van het railverkeerssysteem op de verkeersmarkt als gevolg van de betere performance (betere flexibiliteit, betrouwbaarheid en efficiency). Het inschatten van dergelijke baten valt buiten het kader van deze dissertatie.

9.3.2 plaats in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Bij Ambitieniveau II staat de besturing van het railverkeerssysteem centraal en dan met name de inzet van het verkeersmiddel infrastructuur (zie Figuur 9-1). Bij de huidige werkwijze is in de dienstregeling de planning van de verkeers- en vervoerdiensten en de inzet van de verkeersmiddelen vastgelegd (zie Figuur 9-10).



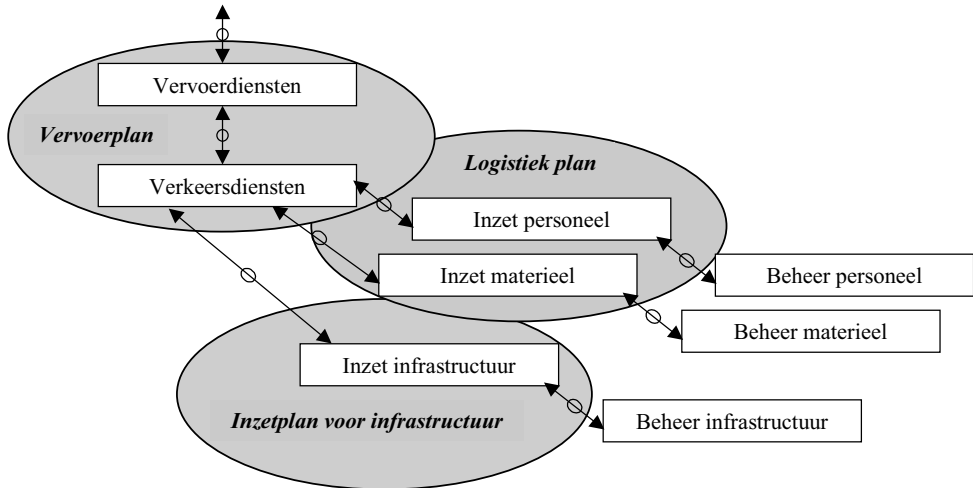
Figuur 9-10 De dienstregeling is het plan voor de levering van verkeers- en vervoerdiensten en voor de inzet van de verkeersmiddelen (statische werkwijze anno 2000).

Bij Ambitieniveau II wordt het huidige concept *dienstregeling*, dat de plaats van elke trein op elk moment tot op de minuut en tot op het spoornummer vastlegt, vervangen door de concepten vervoerplan, logistiek plan en inzetplan voor de infrastructuur, zie Figuur 9-11. In de huidige constellatie zou dan elke vervoerder zijn eigen vervoerplan en logistiek plan hebben. Het inzetplan voor de infrastructuur geeft voorts voor elke vervoerder aan hoe het gebruik van de infrastructuur is gepland.

Het *vervoerplan* betreft het vervoeraanbod van de verschillende vervoersystemen, oftewel het spoorboekje (vertrek- en aankomsttijden, reisduur, doorgaande verbindingen, frequenties, aansluitingen, stationnementen, enz.). De vervoerplannen vormen de expliciete kaders voor de besturing van het railverkeer. Deze kaders vormen de grenzen van de tijd/wegvensters in het inzetplan voor de infrastructuur. Voorbeelden zijn het (in een spoorboekje gepubliceerde) aankomsttijdstip van een trein op een bepaald station of een overstaprelatie tussen twee treinen. Voor de reizigers kan er dus gewoon een spoorboekje blijven bestaan, zij het dat de gepubliceerde tijden geïnterpreteerd moeten worden als “vroegst mogelijke vertrektijden”, en “laatst mogelijke aankomsttijden”.

Het *logistieke plan* betreft de inzet van materieel en personeel. Logistieke plannen kunnen kaders voor het inzetplan voor de infrastructuur bevatten, zoals het afkoppelen en afrangeren van treindelen na de spitsuren. Ook het omgekeerde kan het geval zijn. Op sommige locaties

kan de capaciteit van de infrastructuur te beperkt zijn om het afkoppelen en afrangeren van treindelen na de spitsuren toe te staan.



Figuur 9-11 In de dynamische werkwijze (Ambitieniveau II) zijn de plannen voor de levering van verkeers- en vervoerdiensten ontkoppeld van de plannen voor de inzet van de verkeersmiddelen.

Het *inzetplan voor de infrastructuur* beschrijft voor elke verkeersdienst de bandbreedte voor de inzet van infrastructuur voor wat betreft tijdstip en route. Deze bandbreedte vormt de regelruimte voor de regelcyclus²⁸.

De vensters zijn flexibel:

- afhankelijk van de mate waarin de te leveren verkeersdienst tijd- en routekritisch is;
- afhankelijk van de actuele capaciteit (beschikbaarheid) van een infrastruktuurelement (een intensieve, optimale benutting van een flessenhals in het spoorwegnet vraagt ruime tijd/wegvensters zodat de actuele toewijzing van capaciteit veel vrijheidsgraden kent).

Verkeersdiensten met een grote bandbreedte leveren veel regelruimte en daarom veel mogelijkheden voor een efficiënte benutting van de infrastructuur. Dit zou bij het doorberekenen van de kosten van (het gebruik van) de infrastructuur verdisconteerd kunnen worden. De afnemers van verkeersdiensten worden dan gestimuleerd om hun orders van zoveel mogelijk vrijheidsgraden te voorzien.

9.3.3 implementatie terugkoppeling

Bij de optimalisatie van de verkeersafwikkeling op een baanvak wordt de momentane situatie via de lokale regelingen (Ambitieniveau I) teruggekoppeld naar de baanvakbesturing. Ook het effectueren van de maatregelen verloopt via de lokale regelingen.

monitoren van de momentane situatie (*ist-toestand*)

- actuele verkeerssituatie (plaats en snelheid van elke trein);

²⁸ Zie Hoofdstuk 5.

- actuele vraag naar verkeersdiensten;
- actuele beschikbaarheid verkeersmiddelen.

beoordelen van de toestand

- vergelijking van de actuele verkeerssituatie (*ist*) ten opzichte van de tijd/wegvensters (*sof*);
- voorspelling van de verplaatsing in de tijd–ruimte van elke trein in de vorm van tijd/wegvensters ²⁹ als niet wordt ingegrepen;
- constateren van een dreigend conflict.

vaststellen maatregelen

- regeldoel (in volgorde van prioriteit):
 1. handhaven van treinen binnen hun tijd/wegvensters;
 2. minimaliseren van de –al dan niet gewogen– afwijkingen ten opzichte van de tijd/wegvensters (treinvertragingen minimaliseren);
 3. het behouden van zoveel mogelijk vrijheidsgraden (marges en buffers), zodat er optimale regelruimte blijft bestaan.
- regelvariabelen: plaats van inhaling, volgordewisseling, vertrekmoment;
- regelalgoritme: verplaatsing in de tijd–ruimte van de treinen ten opzichte van hun tijd/wegvensters berekenen met behulp van een voorspelling van de effecten van alternatieve instellingen van de regelvariabelen;
- regelruimte: tijd/wegvenster voor elke verkeersdienst, waarvan de grootte afhangt van de mate van het tijdkritisch zijn van de verkeersdienst en van de locatie in het spoorweginet.

maatregelen effectueren via actuatoren

- aansturen van de lokale regeling van een inhaalstation of splitsingspunt (volgorde van afhandelen van verkeersdiensten en vertrekmomenten communiceren).

9.3.4 scope

Beprijkt de scope van Ambitieniveau I zich nog tot de vernieuwing van afzonderlijke infrastructuurelementen, zoals een (inhaal)station, een deel van een baanvak, of een splitsingspunt, Ambitieniveau II betreft de regeling van het railverkeer over een aantal van deze elementen heen. De scope is in principe een baanvak tussen twee knooppunten, inclusief (een relevant deel van) die knooppunten. Bij het optimaliseren van de afwikkeling van de treinenloop op een baanvak worden lokale regelingen aangestuurd.

Het afbakenen van het bestuurd systeem is een belangrijk aspect. De vele afhankelijkheden tussen de verkeersdiensten hebben tot gevolg dat het optimale resultaat voor een corridor of een netwerk niet per definitie de som van alle baanvakoptimaliseringen behoeft te zijn. De baanvakregeling rekent alternatieve oplossingen door op hun effect op het respecteren van de tijd/wegvensters aan het einde van het baanvak. Hierbij moeten voorspellingen worden gedaan over de verplaatsingstijden van de treinen die door de onzekerheid in de processen een stochastisch karakter hebben. Dit betekent dat de effecten onzekerder worden, naarmate het einde van het baanvak verder weg ligt in tijd en plaats.

²⁹ Het tijd/wegvenster wordt hier gehanteerd als voorspelvenster voor een treinbeweging. Dit is na de toepassing als kadervenster de tweede toepassing van het begrip tijd/wegvenster (zie verder 9.3.6).

Het is derhalve niet zinvol om effecten op verkeersdiensten (en hun tijdventers) voor een te groot gebied buiten het te optimaliseren baanvak, respectievelijk periode mee te nemen. In de casestudie (9.3.7) wordt hierop verder ingegaan. Er is getracht om de begrenzing van de regeling (in plaats en tijd) op een getrapte manier vorm te geven.

9.3.5 instrumenten

Ambitieniveau II betreft de volgende instrumenten:

1. opsparen van marge;
2. uitstel conflictoplossing;
3. vaststellen van de volgorde op conflictpunten;
4. veelvuldig toepassen van inhalingen;
5. vaststellen van routes in wisselcomplexen;
6. flexibel gebruik van perronsporen.

Deze instrumenten worden hieronder toegelicht.

1. opsparen van marge.

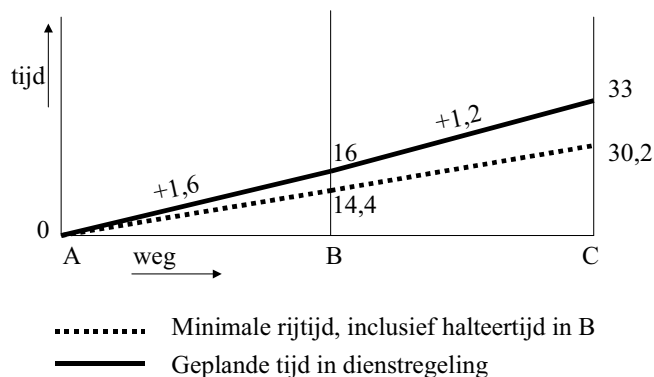
Bij het uitvoeren van het inzetplan voor de infrastructuur zitten de omstandigheden soms mee, soms tegen. Dit betekent dat de geplande marges vaak hard nodig zijn, maar ook dat ze soms overbodig zijn. Het kan dus voorkomen dat een trein tijd over houdt. Bij de dynamische werkwijze wordt deze tijd gebruikt om voorrang te geven aan een andere trein die juist wat achter ligt op schema. Als de marge niet behoeft te worden ingezet voor het oplossen van een conflict, kan de marge door de trein worden meegenomen naar het volgende deel van het baanvak. We noemen dit effect “opsparen van marge”. Het wordt hieronder toegelicht aan de hand van een eenvoudig voorbeeld.

Voorbeeld opsparen van marge

In het onderstaande voorbeeld is er een stoptreindienst van A via B naar C. A en C zijn knooppunten, B is een halte zonder aansluitende vervoerdiensten zoals, bijvoorbeeld, busdiensten. De (technisch) minimale rijtijd van A naar B –gegeven de materieel- en infrastructuurkarakteristieken– is 14,4 minuten en die van B naar C 15,8 minuten. Hierbij is een standaardhaltering van 0,5 minuut te B inbegrepen.

In de huidige werkwijze in Nederland³⁰ wordt een toeslag op de rijtijd van 7% in de planning verwerkt. Dat is 1,0 minuut voor AB en 1,1 minuut voor BC. In totaal moet de toeslag voor AC minimaal $1,0 + 1,1 = 2,1$ minuten bedragen. De tijden die in de dienstregeling worden opgenomen zijn in Nederland (en elders in Europa) gehele minuten. De aankomsttijd in C ($14,4 + 15,8 + 2,1 = 32,3$) wordt derhalve naar boven afgerond naar 33. De totale marge in de planning bedraagt derhalve $33 - 30,2 = 2,8$. In B wordt de vertrektijd 16. De marge tussen A en B bedraagt 1,6 minuten, die tussen B en C 1,2 minuten, zie Figuur 9-12).

³⁰ In het Europese buitenland wordt een vergelijkbare werkwijze gevolgd, zie Hoofdstuk 7.



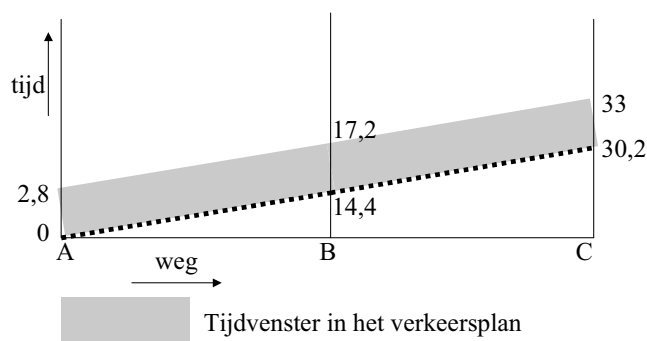
Figuur 9-12 Planning van stoptreindienst van A naar C via B (huidige werkwijze).

De dienstregeling vermeldt het volgende:

- vertrek uit A om 0
- aankomst in B om 16
- vertrek uit B om 16
- aankomst in C om 33.

Bij de realisering van de dienstregeling zal de stoptrein in sommige gevallen volgens de minimale rijtijd in B kunnen arriveren en kunnen vertrekken om 14,4. Echter volgens dienstregeling mag de trein niet vroeger vertrekken dan om 16. In deze gevallen wordt derhalve 1,6 minuten verspild.

Dezelfde situatie zou in de dynamische werkwijze anders worden gepland. Hierbij wordt aangenomen dat de (vroegste) vertrektijd 0 in A en de (laatste) aankomsttijd 33 in C volgens het vervoerplan vastliggen, bijvoorbeeld vanwege aansluitingen met andere treinen. Het verschil is ten eerste dat in het inzetplan voor de infrastructuur de grenzen van de tijd/wegvensters niet op hele minuten worden afgerond, omdat daarvoor geen enkele reden is. Ten tweede wordt de totale marge van 2,8 minuten niet verdeeld over de trajectdelen AB en BC, zie Figuur 9-13.



Figuur 9-13 Tijd/wegvenster in inzetplan voor de infrastructuur (dynamische werkwijze).

Als een stoptrein volgens de lijn van de minimale rijtijd rijdt en derhalve om 14,4 uit B zou kunnen vertrekken, zal hij niet behoeven te wachten. De marge (2,8 minuten) blijft

behouden en kan tussen B en C worden benut, bijvoorbeeld als er bij C een conflict met een andere trein zou dreigen. Per saldo betekent dit derhalve dat er meer regelmogelijkheden zijn en dat daarmee een betere betrouwbaarheid van de aankomst in C kan worden bereikt, onder overigens gelijke omstandigheden.

Voor de reizigers die in B in- of uitstappen verandert het spoorboekje. Om te voorkomen dat reizigers in B de trein zouden kunnen missen, wordt in het spoorboekje een vroegste vertrektijd van 14 gepubliceerd en laatste aankomsttijd van 18. Hierbij is aangenomen dat vanwege de communicatie met de reizigers afronding van vertrek- en aankomsttijden op gehele minuten in het vervoerplan gewenst is.

De aankomsttijd 18 impliceert dat een stoptrein die om welke reden dan ook boven in de band rijdt in B als “op tijd” wordt beschouwd. De aangeboden reistijd tussen A en B en tussen B en C wordt 2 minuten langer. Daartegenover staat dat de betrouwbaarheid van het tijdig arriveren in B toeneemt. Er is tussen A en B immers maximaal $17,2 - 14,4 = 2,8$ minuten marge beschikbaar. En zelfs als de trein volgens het inzetplan voor de infrastructuur 0,8 minuten te laat zou zijn, is hij volgens het vervoerplan nog juist op tijd. Bovendien moet worden bedacht, dat een vertraagde minuut 2 a 2,5 maal zo zwaar weegt als een minuut die volgens het spoorboekje in de trein wordt doorgebracht.³¹

Resumerend vermeldt het vervoerplan en het inzetplan voor de infrastructuur:

Vervoerplan:	Inzetplan voor de infrastructuur
– (vroegste) vertrek uit A om 0	– vertrek uit A tussen 0 en 2,8
– (laatste) aankomst in B om 18	– aankomst in B tussen 14,4 en 17,2
– (vroegste) vertrek uit B om 14	– vertrek uit B tussen 14,4 en 17,2
– (laatste) aankomst in C om 33	– aankomst in C tussen 30,2 en 33

2. uitstel conflictoplossing

In de dynamische werkwijze is het inzetplan voor de infrastructuur niet (per definitie) conflictvrij. Conflicten worden pas opgelost, als de urgentie hoog genoeg is. Het voordeel van dit uitstel is dat er op een laat moment de op dat moment meest gunstige keuze gemaakt kan worden. Het uitstellen van de keuzes over volgordes van treinen en over detailroutes brengt natuurlijk onzekerheid met zich mee. Het omgaan met deze onzekerheden is een belangrijk aandachtspunt bij het ontwerp van de verkeersregeling van Ambitieniveau II. We merken op dat het inzetplan voor de infrastructuur “continu” onderworpen moet worden aan een capaciteitscheck, die verifieert dat het inzetplan voor de infrastructuur voldoende ruimte bevat om conflicten te kunnen oplossen.

3. vaststellen van de volgorde op conflictpunten

Het gaat hierbij met name om het vaststellen van de optimale volgorde bij een spoorkruising en de volgorde op een flessenhals.

Het *vaststellen van volgorde op een spoorkruising* door de baanvakregeling betekent dat bij splitsingspunten en in wisselcomplexen nabij de stations de optimale volgorde van de treinen wordt vastgesteld, gegeven de momentane situatie. Het betreft vaak verkeersdiensten die onderling geen relatie hebben anders dan het gemeenschappelijke gebruik van de infrastructuur.

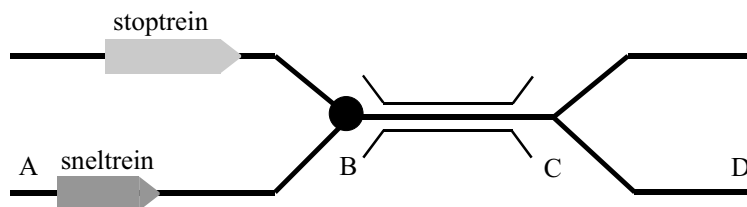
³¹ Zie Peeters e.a. (1998).

Met andere woorden, de volgorde wordt, bijvoorbeeld, niet bepaald door overstaprelaties op de belendende knooppunten. Het regelalgoritme kan daarom verhoudingsgewijs vrij eenvoudig zijn: een afweging van een beperkt aantal alternatieven met het optimaliseren van de resterende tijd/wegvensters als criterium. Voorts is er meestal geen sprake van een strak kader vanuit het vervoerplan, zodat de tijd/wegvensters relatief ruim kunnen zijn. Dit geldt met name voor splitsingspunten die ver van de knooppunten zijn gelegen. De regelruimte is hier relatief groot.

Het *vaststellen van volgorde op een flessenhals* door de baanvakregeling betekent dat er in een viersporig traject een tweesporige flessenhals bestaat (bijvoorbeeld ter plaatse van een rivierkruising), waarop de volgorde van de treinen afhankelijk van de actuele situatie bepaald moet worden. De lokale regeling optimaliseert de snelheden van beide treinen. Hieronder wordt aan de hand van een eenvoudig voorbeeld de werking van dit aspect van de baanvakregeling toegelicht.

Voorbeeld van het dynamisch vaststellen van de volgorde op een flessenhals

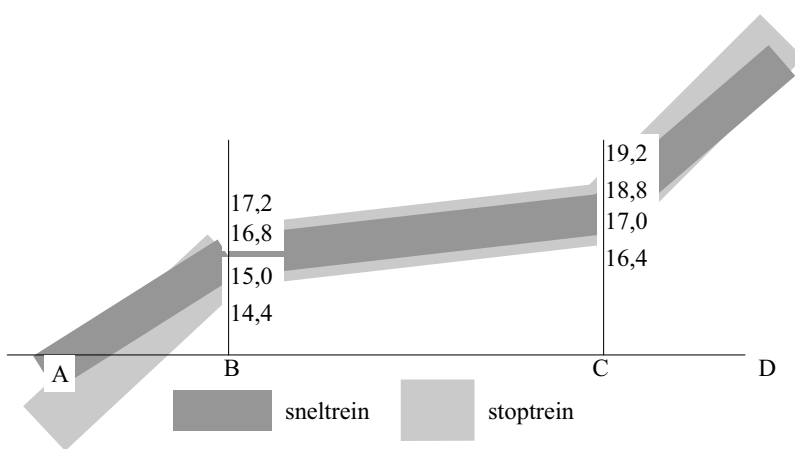
In het onderstaande voorbeeld is een tweesporige brug BC³² een flessenhals in een overigens viersporig baanvak AD. Op het viersporige baanvak rijden op de middelste sporen stoptreinen, op de beide buitenste sporen rijden sneltreinen. Op de flessenhals is er per richting slechts één spoor ter beschikking, zodat van dat spoor zowel snel- als stoptreinen gebruik moeten maken (zie Figuur 9-14). Aangenomen is dat de beide treinen op de brug dezelfde snelheid hebben en dat de lay out van de wissels aan weerszijden van de brug dit mogelijk maakt. De technische minimale opvolgtijd is (door de toepassing van glijdend variabele blok uit Ambitieniveau I) in dit voorbeeld gesteld op 1,0 minuut.



Figuur 9-14 Tweesporige flessenhals BC in een viersporig baanvak AD (één richting is weergegeven)

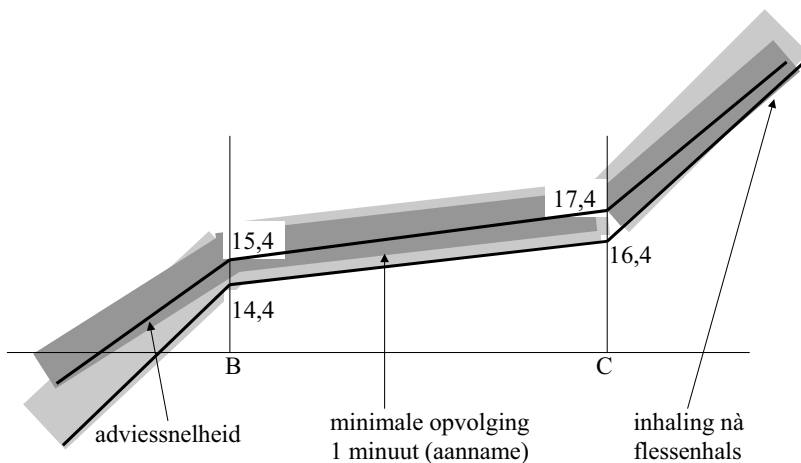
Het inzetplan voor de infrastructuur voor een stoptrein en een sneltrain is weergegeven in Figuur 9-15. Horizontaal is de te volgen route aangeven, verticaal staat de passagetijd (in minuten van het uur).

³² De punten B en C dienen geïnterpreteerd te worden als de verste punten (gerekend vanuit het midden van de brug) waarop slechts één trein tegelijk mogelijk is, rekening houdend met de technisch minimaal benodigde opvolgtijden tussen de stoptrein en de sneltrain.



Figuur 9-15 Een inzetplan voor de infrastructuur voor een stoptrein en een sneltrain ter plaatse van de flessenhals

De vroegst mogelijke tijd dat de stoptrein bij de flessenhals arriveert is 14,4. Voor de sneltrain is dit 15,0. Het tijd/wegvenster van de sneltrain (1,8 minuut) is smaller dan dat van de stoptrein (2,8 minuut). De sneltrain in dit voorbeeld is kennelijk tijdkritischer dan de stoptrein. De beide tijd/wegvensters overlappen elkaar in de omgeving van de flessenhals. Dit betekent dat de sneltrain de stoptrein voorbij dient te rijden. Omdat de flessenhals slechts één spoor per richting heeft, dient deze voorbijrijding ofwel vóór ofwel ná de flessenhals plaats te vinden. De baanvakregeling geeft aan welke van beide opties de beste is, gegeven de momentane verkeerssituatie.

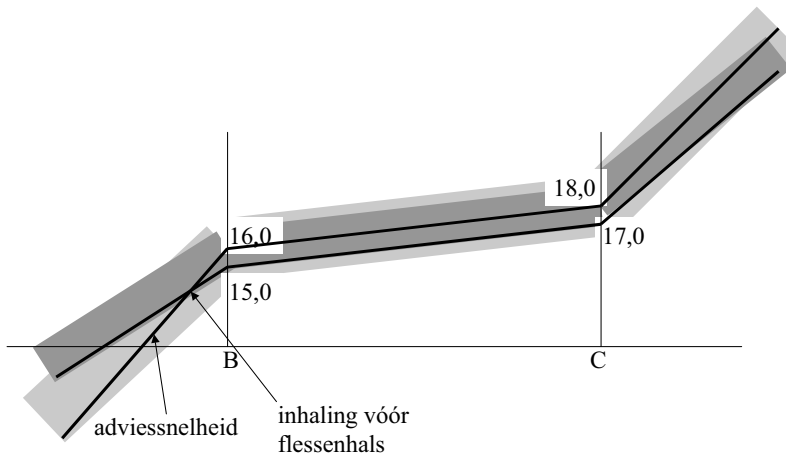


Figuur 9-16 Optie 1: de sneltrain haalt de stoptrein in ná de flessenhals

In de situatie van Figuur 9-16 rijdt de stoptrein “onderin” zijn tijd/wegvenster, terwijl de sneltrain al enige marge verbruikt heeft. De baanvakregeling besluit dat de optimale volgorde is: eerst de stoptrein, daarna de sneltrain, omdat anders de stoptrein onnodig op de sneltrain zou moeten wachten. De regeling wordt geëffectueerd door de lokale regelauto-

maat. Deze adviseert de (machinist van de) sneltrein de snelheid te matigen om te voorkomen dat hij tot stilstand moet komen in afwachting van het passeren van de stoptrein op de flessenhals. Beide treinen kunnen daardoor binnen hun tijd/wegvenster blijven. De sneltrein rijdt de stoptrein voorbij na het passeren van de flessenhals.

In de situatie van Figuur 9-17 heeft de stoptrein al enige marge van zijn tijd/wegvenster verbruikt. De optimale oplossing blijkt nu te bestaan uit het voor laten gaan van de sneltrein en de stoptrein te adviseren langzamer te rijden. De inhaling vindt derhalve plaats vóór de flessenhals.

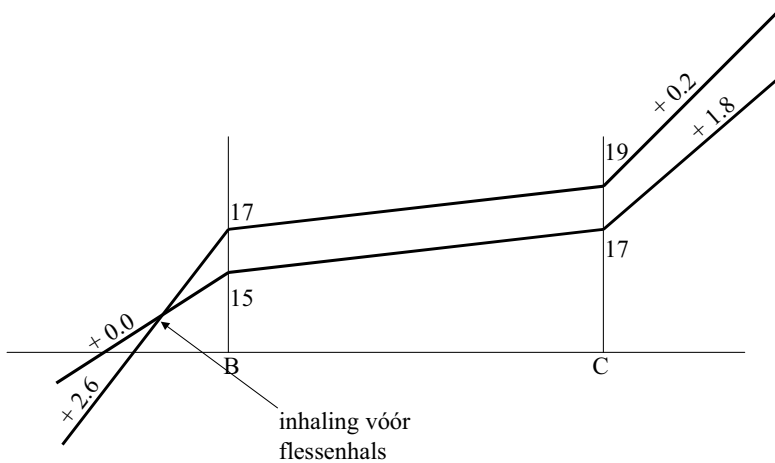


Figuur 9-17 Optie 2: de sneltrein haalt de stoptrein in vóór de flessenhals

Vervolgens bezien we dezelfde met de werkwijze anno 2000. We gaan ervan uit dat de marge per trein gelijk gebleven is, dus 1,8 minuten voor de sneltrein en 2,8 minuten voor de stoptrein. In de werkwijze met een statisch inzetplan voor de infrastructuur is de volgorde van de treinen in de dienstregeling vastgelegd. Omdat de sneltrein in dit voorbeeld als het meest tijdkritische geldt, is deze vóór de stoptrein gepland, zie Figuur 9-18. Ook de minimale opvolgtijd is gelijk gehouden (1,0 minuut, met Ambitieniveau I instrumenten).

De passeertijden worden (naar boven) afgerond op gehele minuten. Voor de sneltrein is de geplande passagetijd bij het begin van de flessenhals 15. De totale marge is toegedeeld aan het baanvak ná de flessenhals.³³ De opvolgtijd op de flessenhals is weliswaar 1 minuut, maar in de planning moet een buffer worden ingebouwd om te voorkomen dat een kleine vertraging van de sneltrein direct gevolgen heeft voor de stoptrein. De opvolgtijd in de planning tussen beide treinen bedraagt derhalve (minimaal) 2 minuten. Voor de stoptrein is het geplande passagemoment van het begin van de flessenhals 17, terwijl het vroegst mogelijke moment 14,4 was. Dit betekent dat van de 2,8 minuut marge van de stoptrein 2,6 wordt toegerekend aan AB, terwijl voor CD slechts 0,2 resteert.

³³ Aangenomen is dat de flessenhals ten opzichte van de rest van het baanvak dermate kort is dat hier geen marge op de rijtijd wordt toegekend.



Figuur 9-18 Dienstregeling op de flessenhals: de sneltrain gaat voor de stoptrein

Het alternatief (passage van de sneltrain om 16), zou betekenen dat de stoptrein gepland om 18 zou passeren (marge 3,6 minuten) wat een negatieve marge zou inhouden voor het traject CD! Een andere mogelijkheid (de stoptrein gaat in de planning (om 15) vóór de sneltrain (om 17) zou tot een negatieve marge (-0,2) voor de sneltrain leiden op het traject CD.

Bij de uitvoering, waarbij overigens wordt aangenomen dat de lokale regelingen van Ambitieniveau I kunnen worden ingezet, geldt dat de volgorde van de treinen zoveel mogelijk wordt gehandhaafd en dat de treinen een dienstregelingpunt niet vóór de geplande tijd passeren. Stel dat de sneltrain 1,5 minuut vertraagd is ten opzichte van de dienstregeling (hij gaat punt B om 16,5 het passeren) en de stoptrein heeft de mogelijkheid om volgens zijn technisch minimale rijdtijd het baanvak AB af te leggen (passagetijsd 14,4). In dat geval zou de volgorde van de treinen zonder problemen omgedraaid kunnen worden. Echter de dienstregeling schrijft voor dat de stoptrein punt B niet vóór 17 mag passeren. De sneltrain gaat dus eerst en de stoptrein volgt een minuut later.³⁴ De stoptrein kan punt B om 17,5 (16,5 + 1 minuut volgtijd) passeren. De stoptrein heeft derhalve een vertraging van 0,5 minuut opgelopen, die tussen C en D moet worden ingelopen, terwijl de marge op dat traject slechts 0,2 minuut bedraagt.

In de dynamisch werkwijze zou de stoptrein, als alles meezit, om 14,4 kunnen zijn gepasseerd en daarmee zijn totale 2,8 minuten marge behouden hebben ten behoeve van het oplossen van een mogelijk conflict aan het einde van het baanvak.

4. veelvuldiger toepassen van inhalingen.

Bij een inhaling vindt een interactie tussen treinen plaats (zie Figuur 9-8). De kans op vertragingsoverdracht is daarbij groot. Inhalingen worden acceptabel, als de opvolgtijden klein zijn, de inhaling soepel verloopt en als de mogelijkheid bestaat om bij grotere vertragingen de in-

³⁴ De lokale regeling van Ambitieniveau I regelt de snelheid van beide treinen zodanig dat ze op technisch minimale afstand kunnen volgen.

haling te verplaatsen (naar bijvoorbeeld het volgende inhaalstation). Korte opvolgtijden en een soepele inhaling (het “automatisch regelen” van een geplande inhaling op een geplande positie) zijn instrumenten van Ambitieniveau I. De inhaling zelf kost daardoor de ingehaalde trein (vrijwel) geen tijd.

Het *vaststellen van de plaats van inhalen* door de baanvakregeling betekent dat afhankelijk van de momentane situatie de plaats van de inhaling van een stoptrein door een sneltrein wordt geoptimaliseerd. In het inzetplan voor de infrastructuur is vastgelegd *dat* een stoptrein moet worden ingehaald³⁵, maar niet *waar* (op welk inhaalgelegenheid) dit moet plaatsvinden. Hierbij wordt verondersteld dat het baanvak over verschillende inhaalgelegenheden beschikt. In de huidige praktijk wordt meestal gedacht aan inhaalstations, voorzien van minimaal vier sporen (twee voor elke richting en per richting minimaal één spoor). Overigens is het niet noodzakelijk om een inhaalgelegenheid te combineren met een station ten behoeve van het in- en uitstappen van reizigers. Om de wachttijd tijdens het inhalen te benutten zal dit overigens wel vaak het geval zijn. Dit geldt uiteraard niet voor sporen ten behoeve van het voorbijrijden van goederentreinen.

De *uitvoering* van de gekozen oplossing (de inhaling zelf) wordt geoptimaliseerd door de lokale regeling van het gekozen inhaalstation. De mogelijkheid om het verplaatsen van inhalingen onder controle te houden maakt het aantrekkelijk om in het inzetplan voor de infrastructuur veel meer dan tot nu toe inhalingen op te nemen, wat de benuttingmogelijkheden van een baanvak positief beïnvloedt.

5. vaststellen van de route in wisselcomplexen.

In veel gevallen zijn er alternatieve routes door wisselcomplexen van een baanvak naar de perronsporen en vice versa. Vaak is er een voorkeurreute, die de minste rijtijd vraagt, weinig “krom door wissels”³⁶ gaat en zo min mogelijk conflicteert met andere (voorkeur)routes. Als een verkeersdienst voldoende marge beschikbaar heeft kan bij een dreigend conflict een andere dan de voorkeurreute worden gekozen om het conflict op te lossen.

In de wisselcomplexen nabij de knooppunten is het regeldoel vaak gecompliceerd, omdat een optimalisering zonder inweging van de perronspoorbezetting niet reëel is. Niet alleen moet rekening worden gehouden met kaders (uit het vervoerplan) ten aanzien van perrongebruik, maar ook met de capaciteitsschaarste die een zo kort mogelijke bezetting van een perronspoor vereist. Daarnaast doet de invloed van verkeersdiensten van andere baanvakken zich op knooppunten uiteraard gelden, wat het regelalgoritme verder compliceert. In de casestudie (9.3.7) wordt hierop verder ingegaan. Overigens is het optimaliseren van routes in een railnetwerk onderdeel van Ambitieniveau III.

6. flexibel gebruik van perronsporen

Dit betekent dat voor een trein de optimale plaats langs een perron, afhankelijk van de actuele situatie wordt gekozen. Het inzetplan voor de infrastructuur geeft daarbij wel aan langs welk perron de trein zal halteren, maar niet aan welke kant van het perron (bij een eilandperron) of

³⁵ Of exacter: in het verkeersplan zijn de tijdsvensters van de treinen in de knooppunten aan weerszijden van het baanvak zodanig dat ergens op het baanvak de treinen van volgorde moeten wisselen.

³⁶ Met effecten voor het rijcomfort, slijtage van de wissels en geluidsproductie.

de precieze plaats (bij een lang perron)³⁷. Dit heeft een consequentie –zij het een kleine– voor het vervoerplan. Op de “gele vertrekstaat” in de stations wordt bij een trein, bijvoorbeeld, niet langer “Spoor 4b” vermeld, maar “Perron C”. De precieze stopplaats langs dat perron wordt dan enige minuten voor de haltering bekend gemaakt, inclusief de plaats van de eerste klas en fietswagon en dergelijke om het in- en uitstapproces te stroomlijnen. Ook kan worden gedacht aan het scheiden van de in- en uitgaande reizigersstromen.

Bij de huidige werkwijze is er soms ook sprake van een perronspoorwijziging op hetzelfde perron. Dit wordt echter zoveel mogelijk vermeden, omdat het lastiger is voor de reizigers en ook omdat het tot een aantal extra handelingen leidt voor de verkeersleiding. Zo moet een bericht aan de reizigers worden omgeroepen, de instelling van de centrale treinaanwijzers op de perrons en in de stationshal worden gewijzigd en de (automatische) rijweginstelling geherprogrammeerd. In de dynamische werkwijze is het toewijzen van de plaats langs het perron echter geen extra activiteit maar een uitgestelde activiteit. Een dergelijke werkwijze is overigens al jaren gemeengoed bij de grote kopstations in steden als Londen en Parijs. Ook de dynamische busstations in bijvoorbeeld Eindhoven en Enschede en de toewijzing van *gates* op luchthavens³⁸ werken volgens hetzelfde principe.

Het voordeel van flexibel spoorgebruik is regelvrijheid, zowel bij de perronspoorbezetting als bij het oplossen van conflicten in de belendende wisselcomplexen. Hiervoor is al beargumenteerd dat het regelen van perronspoorgebruik niet los gezien kan worden van de regeling van het railverkeer in de wisselcomplexen. Het ontbreekt feitelijk aan een buffer (ontkoppeling in tijd) tussen de toewijzing van rijwegen op een wisselcomplex en een perronspoor.

9.3.6 bouwstenen

Ambitieniveau II bevindt zich nog in het conceptuele stadium. Desondanks kunnen nu al een aantal bouwstenen voor het implementeren van terugkoppelingen in de regelcyclus worden genoemd die zullen moeten worden geconcretiseerd (1). Tijd/wegvensters vormen als communicatiemiddel een belangrijke bouwsteen (2). Bij de uiteindelijke vormgeving van de bouwstenen zal kunnen en moeten worden voortgebouwd op de ervaringen met VPT³⁹ (3). De genoemde aspecten worden hierna nader toegelicht.

1. bouwstenen voor terugkoppelingen

We maken weer onderscheid naar de verschillende onderdelen van de regelcyclus (zie 9.3.3).

monitoren van de actuele situatie:

- monitoren van de actuele verkeerssituatie: de identiteit, plaats en snelheid van elke trein moet nauwkeurig bekend zijn bij het besturend systeem.

toestand beoordelen:

- informatieverwerking in de trein: geeft een voorspelling over het verdere verloop van de rit aan de regelautomaten;

³⁷ Omdat in Ambitieniveau II een zo gering mogelijke beperking van de impact op het vervoerplan wordt nagestreefd, wordt de flexibiliteit van de perrontoewijzing beperkt tot de plaats langs het perron. Een verdergaande flexibilisering van de perrontoewijzing komt in Ambitieniveau III aan de orde.

³⁸ Zie Hoofdstuk 7.

³⁹ Zie Hoofdstuk 8.

- signalering van dreigende conflicten tussen treinen: op basis van de voorspellingen over het verdere verloop van de rit door de treinen;
- terugkoppeling naar een hoger niveau (bijsturen) als binnen de scope van de regeling een tijd/wegvenster wordt overschreden.

vaststellen maatregelen:

- regelalgoritme: is in principe dynamisch van aard, dus afhankelijk van de actuele vervoerdoelen; verdisconteert de prioriteiten tussen treinen, het relatieve belang van aansluitingen, enz..

maatregelen effectueren via actuatoren:

- een baanvakregelautomaat: het aansturen van de automatische rijwegkeuze en -instelling op inhaalstations en op splitsingspunten;
- communicatievoorzieningen: tussen treinen en regelautomaten, tussen regelautomaten onderling en tussen verkeersleider en de baanvakregelautomaat.

2. tijd/wegvensters als communicatietaal

Wezenlijk voor het functioneren van de besturing is een adequate communicatie. Tijd/wegvensters vormen een passend instrument voor de communicatie tussen verkeersregeling en vervoerregeling, alsmede tussen de verantwoordelijkheidsniveaus van de verkeersregeling, dat wil zeggen de niveaus baanvaksturing, lokale regeling en trein (zie Figuur 9-2). Enerzijds kan met behulp van tijd/wegvensters de aanwezige/benodigde regelruimte worden aangegeven en anderzijds kan met behulp van vensters de onzekerheid van de afwikkeling van de railverkeersprocessen worden beschreven.

De randvoorwaarden die het vervoerplan (en het logistiek plan) aan de verkeersregeling stellen, zijn te formuleren met behulp van absolute en relatieve *kadervensters*. Een *absoluut kadervenster* legt de afspraak met de afnemer van één bepaalde verkeersdienst vast. Van een trein kan in het inzetplan voor de infrastructuur, bijvoorbeeld, zijn vastgelegd dat hij moet aankomen op een bepaald station tussen 10.08 en 10.11. Als een trein later passeert dan de laatste tijd van het venster, is er sprake van vertraging (vertraging = passagetijd – laatste tijd van venster). Als een trein vroeger passeert dan de vroegste tijd van het venster, is er sprake van negatieve vertraging of vervroeging (vervroeging = vroegste tijd van venster – passagetijd). Als een trein binnen het venster passeert, is de trein op tijd. Een dienstregeling kan gezien worden als een speciaal geval van een inzetplan voor de infrastructuur met vensters. Alle vensters hebben dan een breedte gelijk aan 0.

Vensters die betrekking hebben op twee treinen (verkeersdiensten) noemen we *relatieve kadervensters*. Een eerste voorbeeld is een aansluiting: de afvoertrein mag, bijvoorbeeld, pas vertrekken tussen 2 en 5 minuten nadat de aanvoertrein is aangekomen. Een tweede voorbeeld is een kering: een trein in de terugrichting kan niet eerder vertrekken dan, bijvoorbeeld minimaal 6 minuten nadat de trein in de heenrichting is aangekomen.

In het algemeen betreft de inhoud van de communicatie enerzijds de routes van de treinen en anderzijds de passagetijden van treinen op die routes. Door een reeks van vensters voor een trein te specificeren wordt impliciet ook de route van die trein vastgelegd. Overigens wordt door de eisen uit het vervoerplan slechts een globale route vastgelegd. De kadervensters hebben immers slechts betrekking op de plekken en de tijden waarop een trein moet halteren. Hierbij kan ook het perronspoor een variabele zijn.

We onderscheiden naast de kadervensters nog twee typen vensters, te weten stuurvensters en voorspelvensters (zie Tabel 9-3). Deze beide toepassingen van het begrip tijd/wegvenster worden hierna toegelicht.

Tabel 9-3 Drie typen tijd/wegvensters ten behoeve van de communicatie bij de verkeersregeling.

Type venster	Van / naar	Globale inhoud
kadervensters	van vervoerplan naar verkeersregeling en terug	eisen uiterste aankomstmoment, aansluitingen, keringen, etc. respectievelijk de bewaking hiervan
stuurvensters	van lokale regeling naar trein van baanvakregeling naar lokale regeling	opdracht aan trein betreffende doorrijden, vertrek, aankomst op bepaalde locaties wijziging volgorde
voorspelvensters	van trein naar lokale regeling	voorspelling betreffende doorrijden, vertrek en aankomst van een trein op bepaalde locaties

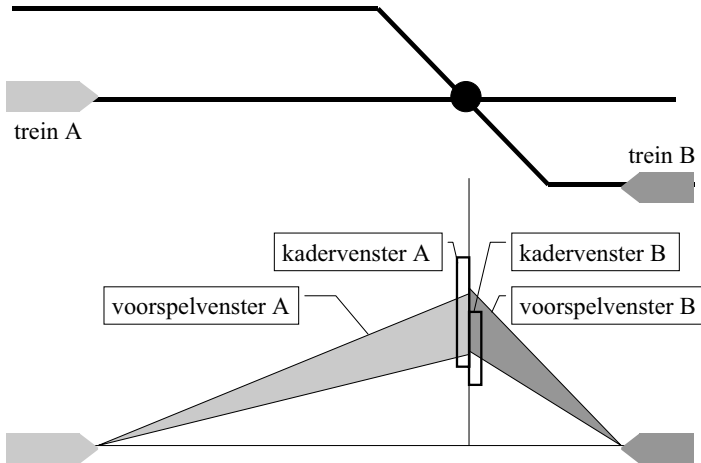
De tweede toepassing van het begrip tijd/wegvenster is die van een voorspelvenster voor elke individuele trein (zie Figuur 9-19). Het stochastische karakter van de processen maken een exacte voorspelling van de verplaatsing van de trein onmogelijk. De onzekerheid (en daarmee het tijd/wegvenster) wordt kleiner naarmate de afstand (in plaats en tijd) tot het beschouwde punt in het spoorwegin afneemt.

Een vergelijking van de kadervensters en de voorspelvensters maakt duidelijk

- of een trein buiten zijn kadervensters dreigt te raken;
- of een conflict dreigt omdat de vensters van twee treinen elkaar overlappen.

Ook bij het vaststellen van de te treffen maatregelen worden kadervensters en voorspelvensters gebruikt om de effecten in te schatten.

De derde toepassing van het tijd/wegvenster is die van stuurvenster tussen de verschillende hiërarchische lagen van de verkeersregeling. Met behulp van stuurvensters worden de maatregelen geëffectueerd. Overigens betreffen de opdrachten van de baanvakregeling naar de lokale regelingen discrete opdrachten, zoals een bepaalde volgorde van treinen op een splitsingspunt of het kiezen van een inhaalstation. We zien dat een venster van boven naar beneden een sturing (opdracht) betreft en van beneden naar boven een terugkoppeling (informatie over de stand van zaken). Met de vensters in Tabel 9-3 zijn overigens niet alle informatiestromen beschreven. Er kan (extra) informatie worden uitgewisseld over actuele inzetbaarheid van de verkeersmiddelen, zoals de actuele opvolgtijden en storingen van routes.



Figuur 9-19 Tijd/wegvensters: voorspelvensters en kadervensters bij een gelijkvloerse kruising

3. voortbouwen op ontwikkelingen binnen VPT

In het kader van VPT⁴⁰ is in de jaren negentig door NS een module voor conflictsignalering en beslissingsondersteuning (CS/BO) ontwikkeld. Hierop kan bij de implementatie van Dynamisch Railverkeersmanagement Ambitieniveau II niet zonder meer voortgebouwd worden, omdat een aantal belangrijke uitgangspunten verschillend zijn:

- De Ambitieniveau II-verkeersregeling houdt expliciet rekening met de stochastiek die inherent is aan railverkeersproces. CS/BO hanteert een (starre) planhorizon om aan die conflictsignaleringen, die hoogst onzeker zijn, geen gehoor te geven.
- De Ambitieniveau II-verkeersregeling brengt met zich dat op de verkeersregeling wordt geanticipeerd bij het opstellen van het inzetplan voor de infrastructuur. CS/BO gaat ervan dat het inzetplan voor de infrastructuur op de gebruikelijke wijze wordt opgesteld (zonder expliciete definitie van regelruimte).
- De Ambitieniveau II-verkeersregeling benoemt welke conflicten kleine conflicten of “routine”-conflicten zijn, welke conflicten automatisch kunnen/mogen worden opgelost (*bijregelen*). Aldus wordt de regelruimte, waarbinnen de procesregeling automatisch conflicten kan oplossen expliciet gemaakt. In CS/BO moet in principe elke beslissing worden goedgekeurd door de procesleider (en/of verkeersleider).

9.3.7 case: simulatiestudie Arnhem - Utrecht

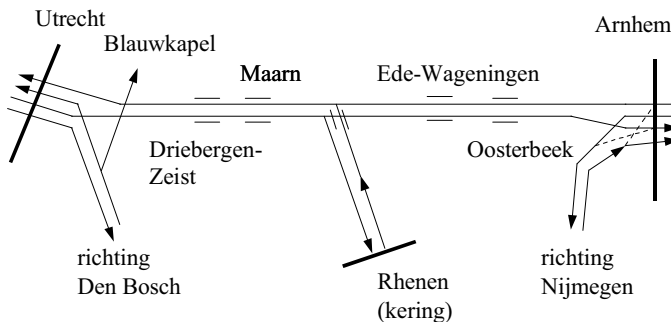
De verkeersregeling van Ambitieniveau II kent als scope een baanvak of een station. Het inzetplan voor de infrastructuur voor een baanvak, in de case is dit Arnhem – Utrecht (Figuur 9-20), bevat als kader het vervoerplan op de knooppunten aan weerszijden (Arnhem en Utrecht), zoals de (uiterste) vertrek- en aankomsttijden en de te bewaken aansluitingen op andere treinen. De precieze passagetijden onderweg en dus ook de vertrek- en aankomsttijden op de onderwegstations is in het inzetplan voor de infrastructuur niet gegeven, aangezien de marges in de rijtijd door de verkeersregeling momentaan worden toegewezen. Wel heeft elke

⁴⁰ Zie Hoofdstuk 8.

trein op de onderwegstations een kader, een tijd/wegvenster, met het vroegste vertrekmoment en het laatste aankomstmoment uit het vervoerplan. Een tijd/wegvenster heeft in deze case de orde van grootte van de marges en buffers die in de huidige dienstregelingsplanning worden toegepast, dat wil zeggen enkele minuten. De precieze volgorde van de treinen bij splitsingspunten, zoals bij het invoegen van de trein uit Rhenen, en de precieze routes van de treinen in de wisselcomplexen van Arnhem en Utrecht vertegenwoordigen geen vervoerdoel uit een vervoerplan dat moet worden bewaakt. Deze zaken worden dan ook niet in het initiële inzetplan voor de infrastructuur⁴¹ opgenomen.

opzet simulatiestudie

Om meer zicht te krijgen op de werking van een Ambitieniveau II-verkeersregeling en een eerste kwantificering van de mogelijke effecten heeft Kenniscentrum CIBIT⁴² in opdracht van Railned een simulatiestudie uitgevoerd voor het baanvak Arnhem – Utrecht (zie Figuur 9-20). De studie is uitgebreid beschreven door Weits (1997).



Figuur 9-20 Het baanvak Utrecht – Arnhem zoals gemodelleerd in de casestudie (de haltes Bunnik, Veenendaal–De Klomp en Wolfheze zijn niet weergegeven; de overige haltes zijn uitgerust met een inhaalspoor per richting).

Twee varianten zijn vergeleken: een traditionele verkeersregeling en een verkeersregeling volgens Ambitieniveau II. Aan beide varianten ligt dezelfde (fictieve) toekomstige situatie ten grondslag:

- de functies van Ambitieniveau I (korte procestijden, soepel inhalen en kruisen) zijn geïmplementeerd;
- op de stations Oosterbeek, Ede–Wageningen, Maarn en Driebergen kan een stoptrein door een sneltrein worden ingehaald.

Ook de uitgangspunten ten aanzien van het vervoeraanbod zoals de aantallen treinen, halteringsregime, volgorde en aansluitingen te Arnhem en Utrecht, alsmede de toegepaste marges en buffers, zijn voor beide varianten gelijk.

⁴¹ Het initiële inzetplan is de versie van het inzetplan die bijvoorbeeld een dag van tevoren wordt gemaakt. Het bevat de kaders vanuit de vervoerplannen en de grote lijnen van de inzet van de infrastructuur. Naarmate het moment van uitvoering van een bepaalde verkeersdienst nadert wordt het inzetplan gevuld met nadere details omtrent spoorgebruik enz.. Het verschil met het dagplan in de werkwijze anno 2000 (zie Hoofdstuk 7) is dat in het dagplan het geplande gebruik van de infrastructuur volledig is uitgedetailleerd.

⁴² Kenniscentrum CIBIT maakte ten tijde van de studie (1996) deel uit van de Hogeschool Utrecht.

Bij elke simulatierun wordt voor elke trein een vertraging⁴³ aan het begin van het baanvak (Arnhem) geloot en de vertraging die aan het eind van het baanvak (Utrecht) resulteert wordt geregistreerd. De beginvertraging wordt geloot uit een kansverdeling met een gemiddelde waarde van respectievelijk 2, 4 en 10 minuten. Voorts wordt geregistreerd hoe vaak bijregelen geen soelaas biedt (het vervoeraanbod kan niet worden gehandhaafd) en overgegaan moet worden op bijsturen.⁴⁴ In beide varianten is daartoe een (eenvoudige) verkeersleiding gesimuleerd. Deze beslist over het accepteren van de overschrijding van aankomst-tijd/wegvensters of het eventueel laten vervallen van aansluitingen tussen verschillende treinen. De gewichtenset die bij deze beslissingen wordt gehanteerd kan worden gevarieerd. Weits (1998) gaat dieper in op de theoretische achtergrond van de in de simulatiestudie gehanteerde verkeersregeling.

De hypothese was dat de punctualiteit met behulp van de Ambitieniveau II functionaliteiten zal verbeteren en voorts dat het aantal keren dat een beroep moet worden gedaan op de verkeersleiding zal verminderen.

resultaten

De studie heeft ten eerste een nadere uitwerking van de Ambitieniveau II-verkeersregeling opgeleverd:

- De stochastische aspecten van het railverkeer, zoals de rijtijd van een trein en de onzekerheden in de aankomst- en vertrektijden, kunnen goed worden geoperationaliseerd in de vorm van tijd/wegvensters.
- De verkeersregeling in twee niveaus (automatisch bijregelen binnen tijd/wegvensters, respectievelijk bijsturen door de verkeersleiding) voldoet.
- Er wordt op een getrapte manier rekening gehouden met treinen die niet op het baanvak rijden maar er via de knooppunten Utrecht en Arnhem wel een relatie mee hebben.

De resultaten van de simulatiestudie⁴⁵ laten voorts zien dat met Ambitieniveau II de kwaliteit van de verkeersafwikkeling verbetert ten opzichte van Ambitieniveau I:

- Bij kleine beginvertragingen aan het begin van het baanvak (gemiddeld 2 minuten) wordt de gemiddelde vertraging van de treinen bij aankomst te Utrecht 25% lager. Als het missen van aansluitingen een relatief groot gewicht wordt toegekend en de sneltreinen zwaarder wegen dan stoptreinen, loopt de winst op tot 35%.
- Bij grote beginvertragingen (gemiddeld 10 minuten) verbetert de punctualiteit nauwelijks. In die relatief sterk verstoorde situatie worden de aansluitingen in Utrecht vrijwel allemaal gemist en alle treinen rijden in beide verkeersregelingsvarianten simpelweg zo snel mogelijk.
- Bij kleine beginvertragingen (gemiddeld 2 minuten) hoeft de verkeersleider slechts enkele keren per uur in te grijpen. Zelfs bij grote beginvertragingen (gemiddeld 10 minuten) is het aantal ingrepen beperkt: per uur 15 keer vanwege overschrijdingen van het aankomst-tijd/wegvenster te Utrecht en 2 keer vanwege het moeten verbreken van een aansluiting. Dit resultaat geeft aan dat zelfs de marges en buffers in de huidige dienstregelingsopzet voldoende regelruimte lijken te bieden voor het zinvol inzetten van een regelautomaat en

⁴³ Dat wil zeggen dat de trein niet op het vroegst mogelijke vertrektijdstip uit het vervoerplan kan vertrekken.

⁴⁴ Conform de regelcyclus voor het operationeel verkeersmanagement zoals in Hoofdstuk 8 geformuleerd.

⁴⁵ Zie Weits (1997).

bovendien dat de werkdruk voor een verkeersleider ook bij grotere vertragingen binnen de perken blijft.

De algehele conclusie uit de casestudie is dat ondanks het feit dat de tijd/wegvensters niet zijn geoptimaliseerd de (baanvak)verkeersregeling van Ambitieniveau II ten eerste een aanzienlijke verbetering van de punctualiteit bij kleine initiële verstoringen kan opleveren en ten tweede een belangrijk deel van het menselijk ingrijpen door de verkeersleiders overbodig maakt.

9.3.8 kanttekeningen

Naast de risico's die al bij Ambitieniveau I zijn genoemd, kunnen bij de boven beschreven uitwerking van het concept van Ambitieniveau II een aantal kanttekeningen worden gemaakt die meer methodisch en organisatorisch dan technisch van aard zijn.

verder uitwerken van het concept

Hoewel de simulatiestudie Arnhem – Utrecht een belangrijke stap is geweest op weg naar de introductie van Dynamisch Railverkeersmanagement, dient het concept verder uitgewerkt te worden. Zo is in de studie het flexibele gebruik van perronsporen niet gesimuleerd en zijn de kaders vanuit het logistieke plan niet geïmplementeerd. Deze aspecten verdienen een nader onderzoek. Dat geldt ook voor het optimaliseren van de grootte en het flexibel maken van de tijd/wegvensters en het nader uitwerken van algoritmen voor het oplossen van conflicten.

explicitering doelen

Een belangrijk aspect is voorts het expliciteren van het regeldoel. In 9.3.3 werd reeds aangegeven dat er verschillende subdoelen zijn. De besturing van een baanvak volgens Ambitieniveau II vergt een explicitering van de relaties en prioriteiten tussen de subdoelen. Bijvoorbeeld, tot welk niveau is een afwijking ten opzichte van het tijd/wegvenster van trein A ondergeschikt aan het handhaven van de overstaprelatie tussen trein B en trein C? Vooral bij het simultaan leveren van verkeersdiensten voor verschillende vervoerssystemen (zoals goederendiensten, en reizigersdiensten voor de lange of korte afstand) op een baanvak is dit gecompliceerd. De kaders vanuit de vervoerplannen en de logistieke plannen zijn niet bij voorbaat consistent. Gewenste netwerksamenhang tussen de verkeersdiensten is daarbij een complicerende factor. Het in kaart brengen van de logistieke kaders en de kaders vanuit de vervoerssystemen plus het bereiken van overeenstemming over prioriteiten is een voorwaarde voor het functioneren van de Ambitieniveau II-verkeersregeling.

bijsturen en herplannen

Ambitieniveau II biedt een verbetering van de performance in een situatie waarin de stochastische van de processen binnen de kaders blijft (bijregelen). Bij bijsturen en herplannen, bijvoorbeeld, om de effecten van de stremming van een baanvak te ondervangen (incidentmanagement), zal improviseren door de verkeersleiding (en de vervoerleiding) niet altijd zijn te vermijden⁴⁶. Het automatiseren van het bijregelen volgens Ambitieniveau II heeft het voordeel dat de mens zich met de grote lijn van het incidentmanagement kan bezighouden. Het nadeel is dat de afstand van de mens tot de feitelijke verkeersprocessen groter wordt en hij minder makkelijk kan vertrouwen op zijn gevoel voor die processen.

⁴⁶ Ondanks het formuleren van afhandelstrategieën en degradatieniveaus, zie Hoofdstuk 8.

capaciteitscheck

Als een inzetplan voor de infrastructuur wordt ontworpen moet nagegaan worden of de capaciteit van de verkeersmiddelen voldoende zal zijn. Deze capaciteitscheck begint in de strategische termijn en wordt in de vorm van een continue regelcyclus voortgezet in de tactische termijn, waarbij de vrijheidsgraden steeds kleiner worden. In de strategische fase van het railverkeersmanagement kan de capaciteit van de verkeersmiddelen nog worden aangepast, in de tactische gaat het met name om het toedelen van de capaciteit.

In de huidige werkwijze speelt het concept dienstregeling een centrale rol in deze processen, zeker voor de tactische termijn. Voordat het concept dienstregeling afgeschaft kan worden ten behoeve van dynamisch verkeersmanagement in de operationele termijn, zal ook voor de tactische en (in mindere mate) de strategische fase een alternatieve werkwijze operationeel moeten zijn. Voor wat betreft de strategische termijn lijkt de wachtrijenadering kansrijk⁴⁷.

culturele en psychologische weerstanden

Tenslotte zijn culturele en psychologische weerstanden een niet te veronachtzamen drempel bij de introductie van innovaties. Dit speelt bij Ambitieniveau II een veel grotere rol dan bij Ambitieniveau I, waar de innovaties voor het grootste deel technologisch van aard zijn. Ambitieniveau II houdt een fundamenteel andere werk- en denkwijze in. Stochasticiteit en tijd/wegvensters komen in de plaats van determinisme en tijdstippen. Dit zal ongetwijfeld tot de nodige weerstand leiden bij planners en uitvoerders van de treindienst.

9.4 Ambitieniveau III: verbeteren performance van het leveren van verkeersdiensten

Met meer flexibel en vraagafhankelijk geleverde verkeersdiensten kunnen door het railverkeerssysteem geheel nieuwe behoeften, waaronder nieuwe vervoerconcepten, worden gefaciliteerd. Deze paragraaf gaat hierop in en begeeft zich daarmee feitelijk buiten het kader van Dynamisch Railverkeersmanagement, omdat het ingaat op (potentiële) behoeften van de afnemers op de verkeersmarkt (systemen voor collectief personenvervoer en goederenvervoer) en hun klanten (reizigers en verladers). Het onderstaande is echter relevant, aangezien het een globaal beeld schetst van mogelijke toepassingen van Dynamisch Railverkeersmanagement.

Een aantal van de verbeteringsmogelijkheden uit deze paragraaf werden in 1993 binnen NS geïntroduceerd onder de verzamelnaam *Vervoerfabriek*.⁴⁸

9.4.1 verbeteringspotentieel

In deze paragraaf wordt niet, zoals in de voorgaande paragrafen een samenhangend concept geschetst, maar mogelijke kwaliteitsverbeteringen gericht op meer flexibel en meer vraagafhankelijk leveren van verkeersdiensten. Dit wordt hieronder toegelicht. We maken onderscheid naar verkeersdiensten voor collectief reizigersvervoer en voor goederenvervoer.

⁴⁷ Zie Hoofdstuk 6.

⁴⁸ Van der Hoeven e.a. (1993).

collectief reizigersvervoer

Een reiziger ziet het liefste dat, op het moment dat hij wil vertrekken, hem een comfortabele en snelle vervoerdienst op maat wordt geboden van deur–tot–deur. Voor de railverkeersdiensten betekent dit dat op het moment dat de reiziger op het perron arriveert een trein zou moet komen voorrijden die hem rechtstreeks, bij voorkeur zonder tussenstops, naar het eindstation brengt. In het collectieve reizigersvervoer is dergelijk (individueel gericht) maatwerk wellicht te hoog gegrepen. Dit neemt niet weg dat een aantal mogelijke vernieuwingen het leveren van verkeersdiensten flexibeler en meer vraagafhankelijk zullen kunnen maken.

vraagafhankelijke verkeersdiensten

Een vervoersysteem optimaliseert de vraag naar verkeersdiensten (capaciteit, gewenste stopplaatsen) op grond van de actuele vraag naar vervoerdiensten; hoe korter van tevoren de vraag gehonoreerd kan worden des te beter. Dit impliceert ook betere mogelijkheden voor het maken van een herplanning⁴⁹ bij (grote) verstoringen die is toegesneden op de actuele vraag.

korte wachttijden door hoge frequenties

Een hoge frequentie van de verkeersdiensten betekent een gering tijdverlies bij het schakelen van vervoerdiensten tot een deur–tot–deur keten.

korte reistijden en weinig overstappen door gedifferentieerd aanbod

Om de verschillende categorieën reizigers een toegesneden, aantrekkelijke vervoerdienst te kunnen bieden zal onderscheid moeten worden gemaakt naar verkeersdiensten die verschillen op karakteristieken als stopplaatsen, verplaatsingsduur en route.

spoorboekje overbodig

Het vervoeraanbod wordt bepaald door de (dynamische) vraag. Een reiziger informeert naar de actuele vervoermogelijkheden (van deur tot deur of van station naar eindbestemming, enz.) en sluit desgewenst een contract met de vervoerproducent om de vervoerdienst te leveren. De vervoerproducent levert de reiziger een op de individuele wensen toegesneden product, waarbij voor elke schakel in de vervoerketen de optimale verkeersdiensten wordt gekozen.

goederenvervoer

Bij het goederenvervoer is de behoefte aan vraagafhankelijke verkeersdiensten al jaren manifest⁵⁰. Een belangrijk verschil met het (collectieve) reizigersvervoer is dat goederenvervoerders te maken hebben met een beperkt aantal klanten (verladers) die elk hun specifieke wensen hebben. Een goederenvervoerder probeert maatwerk te leveren, waarvoor een flexibel aanbod aan verkeersdiensten een vereiste is. Hierna worden een aantal aspecten hiervan genoemd.

vertrek niet gepland op een bepaald tijdstip maar binnen een bepaald interval

Het tijdstip dat het vervoerproces laden, dat plaatsvindt op een terminal, is voltooid en de goederentrein gereed is voor vertrek laat zich vaak niet exact plannen. Dit betekent dat het leveren van een verkeersdienst, die voor de goederenvervoerdienst nodig is, idealiter zo flexibel zou moeten zijn, dat deze kan worden toegesneden op de momentane behoefte.

⁴⁹ Zie Hoofdstuk 8.

⁵⁰ Zie ook Hoofdstuk 7.

aankomst niet gepland op een bepaald tijdstip maar binnen een bepaald interval

Het bovenstaande geldt ook voor het vervoerproces lossen. De verplaatsingstijd laat zich niet exact voorspellen. Soms bestaat er behoefte aan een snellere verplaatsing, soms kan volstaan worden met een langzamere verplaatsing, waarmee in principe marge in het inzetplan voor de infrastructuur wordt gecreëerd.

verkeersdiensten niet patroonmatig aanbieden

Afnemers van goederenvervoerdiensten zijn niet gebaat met aanbodgestuurde verkeersdiensten, zoals een patroon dat zich elk uur herhaalt. De vraag is niet gelijkmatig verdeeld over de dag. Soms is het voor goederenvervoerders efficiënt om twee gebundelde verkeersdiensten af te nemen, op andere uren is er geen vraag en hoeft de capaciteit niet gereserveerd te worden.

kenmerken van verkeersdiensten toesnijden op vervoerdienst

Bulktransport vraagt een verkeersdienst met andere kenmerken dan het vervoer van bloemen. Bloementransport is over het algemeen tijdkritisch. De lading is waardevol maar wordt waardeloos, indien het transport te laat op de bestemming arriveert. Voor bulktransport is over het algemeen een regelmatige aanvoer met een redelijke voorspelbaarheid van het aankomstmoment een voldoende eis. Een hoge verplaatsingssnelheid is niet vereist. Het is voor de productie van de verkeersdienst overigens niet efficiënt om een lange, zware ertstrein aan de kant te nemen om ingehaald te worden door een snellere trein, omdat dit vanwege de trage aanzet- en remkenmerken van de trein tot een verspilling van capaciteit en resources leidt.

9.4.2 plaats in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Ambitieniveau III heeft betrekking op de laag levering verkeersdiensten (zie Figuur 9-1). In Hoofdstuk 4 is reeds ingegaan op het verbeteringspotentieel van het verbijzonderen van verkeers- en vervoerdiensten. De verbetermogelijkheden die in deze paragraaf worden beschreven, gaan in op de mogelijke vraag naar verkeersdiensten door de vervoerssystemen en de manier waarop het railverkeerssysteem deze vraag kan faciliteren.

9.4.3 implementatie terugkoppeling

De toevoeging ten opzichte van de regelcyclus van Ambitieniveau II betreft ten eerste de toevoeging van het niveau van netwerksturing waarmee de baanvak- en knooppuntregelingen worden aangestuurd, zie Figuur 9-2. Ten tweede is de knooppuntregeling nieuw ten opzichte van Ambitieniveau II. Dit heeft te maken met de grote interactie tussen de vervoerdiensten en de verkeersdiensten in de stations. Er is een complexe relatie tussen de netwerksturing en de knooppuntregeling. De knooppuntregeling is ondergeschikt aan de netwerksturing voor wat betreft de verkeersdiensten, maar voor wat betreft de vervoerdiensten is een vervoerknoop de afnemer van verkeersdiensten.

De grotere regelvrijheid voor de netwerksturing betekent dat er minder snel behoefte te worden overgegaan tot bijsturen of herplannen. Er zijn in het inzetplan voor de infrastructuur en ook in de vervoerplannen immers zoveel mogelijk vrijheidsgraden gehandhaafd. Zelfs een baanvakstremming kan, theoretisch, gedeeltelijk met bijregelen worden opgevangen door zoveel

mogelijk treinen automatisch om te leiden⁵¹. Opgemerkt moet worden dat een stremming en de sterk verminderde beschikbaarheid van verkeersmiddelen die hiervan het gevolg is, in de meeste gevallen zal leiden tot een momentaan verminderd aanbod van verkeersdiensten en aanpassingen van vervoerdiensten, bijvoorbeeld, omdat bepaalde haltes niet kunnen worden bediend.

Een ander aspect is de mogelijkheid om continu te optimaliseren tussen de benuttingaspecten⁵² intensiteit, verwacht ontwikkelingsniveau, verstoringsgevoeligheid en differentiatie, gegeven de momentane vraag naar verkeersdiensten en het aanbod aan verkeersmiddelen. Door de grote regelvrijheid kan deze optimalisering in Ambitieniveau III verschuiven van de tactische naar de operationele fase van het railverkeersmanagement.

9.4.4 scope

Ambitieniveau III omvat de mogelijkheid om routes in een netwerk te optimaliseren, waar Ambitieniveau II baanvakoptimalisatie en Ambitieniveau I lokale optimalisatie ten doel heeft.

Het vraaggestuurde karakter van verkeersdiensten kan leiden tot een grote mate van regelvrijheid bij de netwerksturing. Het kan, bijvoorbeeld, blijken dat er voldoende vraag is om een rechtstreekse reizigerstrein van Utrecht naar Amsterdam te rijden. Als deze trein in Utrecht gereed staat, kan de verkeersleiding, gegeven de momentane situatie en de mate van tijdkritisch zijn van de verkeersdienst, kiezen tussen de routes via Hilversum of via Breukelen. Met name voor goederendiensten kan een dergelijke mate van routevrijheid eerder regel dan uitzondering zijn. Hierbij moet worden opgemerkt dat een langere route in afstand en tijdsduur hogere kosten voor materieel- en personeelsinzet vergt. Het gebruik van de infrastructuur door een weinig tijdkritische verkeersdienst zou echter moeten leiden tot een lagere prijs wat de hogere kosten voor materieel en personeel minstens zou moeten goedmaken (zie ook 9.3.2).

9.4.5 instrumenten

Ambitieniveau III zou, onder meer, de volgende instrumenten kunnen bevatten:

1. verkeersdienst op afroep geleverd;
2. flexibele perrontoewijzing;
3. doorstroomstations;
4. doorstroombaankvakken.

1. verkeersdienst op afroep geleverd

De punten in het spoorwegnetwerk waar het railverkeerssysteem interactie heeft met de vervoerssystemen (de stations en de terminals) worden als het ware intelligent verondersteld. Deze vervoerknopen kunnen bij gebleken behoefte van de reizigers of verladers een verkeersdienst bestellen. Dit kan eventueel in samenwerking met andere vervoerknopen. Reizigers of verladers dienen zich een bepaalde tijd van tevoren aan te melden. Naarmate de tijd die vereist is om de levering van de verkeersdienst voor te bereiden korter is, kan de aanmeldtijd

⁵¹ Eigenlijk is *omleiden* geen juiste term, aangezien er in Ambitieniveau III geen sprake is van het wijzigen van een route maar van het nader detailleren van een route.

⁵² De benuttingaspecten werden in Hoofdstuk 7 geïntroduceerd.

korter worden. Een reiziger zou zich, bijvoorbeeld, kunnen aanmelden, als hij onderweg is naar het station. Deze op afroep geleverde verkeersdiensten kunnen nieuwe markten voor het railverkeerssysteem openen. Deze markten, die anno 2000 vooral door het besloten busvervoer worden bediend, vertegenwoordigen een aanzienlijke vervoerprestatie⁵³.

Het ligt voor de hand dat deze vraaggestuurde verkeersdiensten aanbodgestuurde diensten niet zullen vervangen. Een belangrijk deel van de vraag, met name in het reizigersvervoer, is immers goed voorspelbaar. Overigens zal de vervoerknoop niet altijd een *rail*verkeersdienst bestellen. In rustige uren kan het goedkoper en doelmatiger zijn om een *weg*verkeersdienst, bijvoorbeeld, een bus of een taxi te bestellen. Ook intermodale ketens behoren uiteraard tot de mogelijkheden.

2. *flexibele perrontoewijzing*

Het flexibele perronspoorgebruik uit Ambitieniveau II kan verbreed worden tot flexibel perrongebruik. Dit vergroot de regelmogelijkheden van het dynamische railverkeersmanagement en leidt tot een verdere efficiencystap bij de benutting van schaarse infrastructuurcapaciteit en –in het verlengde hiervan– een beter gebruik van de ruimte die in grote (vervoer)knoopen veelal schaars en duur is. Flexibele perrontoewijzing is te vergelijken met de situatie op luchthavens en op moderne dynamische busstations.

In dit beeld is eerst kort voor de vertrektijd bekend waar reizigers kunnen instappen. Dit vereist een centrale stationshal, zoals de huidige hal van station Utrecht Centraal. In de hal wordt een aantrekkelijk verblijfsklimaat gecreëerd, zodat de perrons zonder obstakels als kiosken en wachtruimtes geheel kunnen worden ingericht op het verwerken van reizigersstromen. Bij alle toegangen van het station wordt dynamische reisinformatie verstrekt, waarmee de reizigersstromen door het station kunnen worden gestuurd. Eventueel worden reizigers die op weg zijn naar het station, op de hoogte gebracht van de plaats van instappen en de beste route daar naar toe als onderdeel van een persoonlijk reisadvies.

De winst voor vervoerders en reizigers wordt ten eerste gevonden in een grotere efficiency bij het gebruik van de schaarse infrastructuurcapaciteit in knooppunten. Hierdoor kan een verkeersdienst in principe⁵⁴ goedkoper worden. Daarnaast wordt informatie zoveel mogelijk op maat verstrekt, dat wil zeggen: slechts aan die reizigers waarvoor de informatie relevant is en voorzien van de op dat moment relevante details. Tenslotte kan vervoerinfrastructuur, zoals perrons en (rol)trappen, gelijkmatiger worden benut, zodat piekbelastingen vermeden kunnen worden⁵⁵. Dit is van groot belang, gezien de vaak beperkte uitbreidingsmogelijkheden.

3. *doorstroomstations*

In dit concept, dat ontwikkeld werd door Schotanus (1995), worden de verschillende functies van een station zoveel mogelijk ontkoppeld. Logistieke functies, zoals keren van treinen, veranderen van samenstelling (personeel en materieel), horen niet thuis op vervoerknoopen. Ze

⁵³ In 1997 werden in het besloten busvervoer 3% van de reizigerskilometers in Nederland afgelegd bijna evenveel als in het stad- en streekvervoer (Bron: (CBS 1998)).

⁵⁴ Dat wil zeggen, als de vervoerders de integrale kosten van de infrastructuur betalen.

⁵⁵ Het komt anno 2000 al regelmatig voor dat twee (dubbeldeks)treinen niet tegelijkertijd tot twee tegenover elkaar gelegen perronsporen van station Amsterdam Centraal worden toegelaten om te voorkomen dat de grote reizigersstromen tot onveilige situaties op de smalle perrons zouden kunnen leiden.

vergen schaarse capaciteit langs de perrons, omdat de treinen langer moeten halteren dan nodig is voor het in- en uitstappen van reizigers. Hetzelfde geldt voor treinen die het knooppunt passeren zonder te halteren. Hiervoor zouden andere routes moeten worden gezocht, of op zijn minst perronvrije doorrijdsporen worden gecreëerd. Voorts betekent het loslaten van de knooppuntdienstregeling, effectief bij hoge frequenties van de treinen⁵⁶, dat treinen niet op elkaar behoeven te wachten. De halteringstijden kunnen verder worden verkort door het scheiden van in- en uitgaande reizigers en door het verder stroomlijnen van reizigersstromen door het station via een adequate informatievoorziening.

Het concept doorstroomstations, dat overigens voor een deel al op verschillende knooppunten is doorgevoerd⁵⁷, resulteert in een efficiënter gebruik van het station dat geheel op vervoerfuncties is ingericht. Uiteraard moet er elders vervangende infrastructuur voor de logistieke functies worden gecreëerd.

4. doorstroombaanvakken

In het concept doorstroombaanvakken⁵⁸ rijden alle treinen met in principe dezelfde snelheid achter elkaar. De opvolgtijd wordt daarbij bepaald door de (momentane) remweg volgens de principes van het Glijdend variabel blok⁵⁹. Haltes langs het baanvak zijn ingericht als inhaalstations. Als een verkeersdienst een haltering onderweg heeft verlaat de trein de hoofdstroom door uit te voegen naar het zijspoor langs een perron. Na het uit- en instappen van reizigers meldt hij zich weer aan bij de verkeersleiding. Indien noodzakelijk creëert deze door middel van adviessnelheden een voldoende groot interval tussen twee treinen in de hoofdstroom, zodat de trein naadloos kan invoegen. Deze werkwijze past goed bij vraaggestuurde verkeersdiensten, waarbij de karakteristieken van de verkeersdiensten momentaan worden bepaald.

Een groot voordeel van doorstroombaanvakken is dat slechts op plaatsen met een halte meer dan één spoor per richting noodzakelijk is, terwijl desondanks een hoge intensiteit kan worden gefaciliteerd. Vooral door het voorkómen van spooruitbreiding op “dure” plaatsen, zoals ter plaatse van rivierkruisingen of het spoorwegviaduct door Delft⁶⁰, kan de efficiencywinst groot zijn.

9.4.6 bouwstenen

De voor Ambitieniveau III benodigde bouwstenen hangen sterk af van de behoefte vanuit de vervoerssystemen. Desondanks kunnen een aantal bouwstenen hieronder worden aangestipt.

verkeersdiensten in kleinere eenheden

Een verdere differentiatie van verkeersdiensten kan opdruk geven aan de behoefte aan vraaggestuurde verkeersdiensten. Grotere aantallen verkeersdiensten met naar behoefte kleinere verkeersobjecten benaderen het leveren van maatwerk. Dit is voor de afnemers niet aantrekkelijk, als de kosten per eenheid van vervoer door het verlies van schaalvoordelen veel hoger

⁵⁶ Zie Hoofdstuk 7 en Bijlage B.

⁵⁷ Gedacht kan worden aan emplacementen als Hoofddorp en Watergraafsmere, die zijn ingericht voor logistieke functies waarvoor in de stations Schiphol en Amsterdam Centraal geen plaats is.

⁵⁸ Dit concept werd onder de naam *verkeersmachine* ontwikkeld door Schotanus en Van der Hoeven (1995).

⁵⁹ Zie 9.2.6.

⁶⁰ Zie, bijvoorbeeld, De Ruijter (1990).

worden. Dit betekent dat de productiekosten van een verkeersdienst sterk zullen moeten verminderen. Dit kan door de verkeersmiddelen in kleine eenheden in te zetten. Het Glijdend variabel blok uit Ambitieniveau I levert een belangrijke bijdrage voor wat betreft de infrastructuurcapaciteit.

machinistloos rijden

De kosten van kleine materieeleenheden zijn –per eenheid van vervoer– relatief hoog vanwege de faciliteiten voor de verkeersfuncties⁶¹ sturen en veilige weg bieden. Deze functies zijn gecentraliseerd in de kop van de trein en kunnen, onafhankelijk van de kosten, zowel een klein als een grote verkeersobject faciliteren. Dit geldt voor het (materieel)technische deel, maar vooral ook voor dat deel van de functie dat door de machinist wordt vervuld. In dit beeld past de behoefte om zonder machinist te rijden⁶². Machinistloos rijden is in het metrobedrijf al jaren gemeengoed (bijvoorbeeld *Véhicule Automatique Léger* (VAL) in Lille en *Météor* in Parijs). Recente studie heeft aangetoond dat dit ook bij goederentreinen en gemengd railverkeer in principe mogelijk is⁶³. De functies dragen en geleiden en voortbewegen kunnen in verregaande mate worden gedistribueerd over de gehele trein⁶⁴, zodat de kosten per eenheid van vervoer voor deze functies niet sterk zijn gerelateerd aan de omvang van het verkeersobject.

communicatiemiddelen

Meer nog dan de Ambitieniveaus I en II is Ambitieniveau III afhankelijk van communicatie:

- tussen eindgebruikers en vervoerssystemen;
- tussen vervoerssystemen en verkeerssystemen;
- tussen netwerkbesturing, knooppuntregelingen en baanvakregelingen.

9.4.7 kanttekeningen

Ambitieniveau III roept het beeld op van vervoerssystemen waarvoor de beschikbaarheid van (communicatie)technologie een bepalende factor is. Betekent dit bijvoorbeeld dat reizigers zonder de juiste technische hulpmiddelen niet langer van collectieve vervoerssystemen gebruik zullen kunnen maken? Of is een mengvorm van een basissysteem voor elke gebruiker en geavanceerde vervoerdiensten voor specifieke groepen gebruikers denkbaar?

Meer in het algemeen is de communicatie met de klant –de eindgebruiker– een cruciale factor in de concurrentiestrijd tussen vervoerssystemen. Een individuele benadering van reizigers kan de concurrentiepositie van collectieve vervoerssystemen sterk verbeteren. Dat geldt mutatis mutandis ook voor goederenvervoersystemen, waarvoor het vraaggestuurd produceren van verkeersdiensten voorziet in een behoefte die nu al bestaat.

⁶¹ De verkeersfuncties zijn in Hoofdstuk 5 beschreven.

⁶² Opgemerkt moet worden dat het verschuiven van verkeersfuncties van machinist naar technische systemen in het materieel een onderdeel is van de laag beheer verkeersmiddelen. Innovaties in deze laag zijn geconcentreerd in Ambitieniveau I. Echter, de noodzaak om machinistloos te kunnen rijden hangt sterk samen met de behoefte om zonder aanmerkelijke kostenstijging in kleinere eenheden te kunnen opereren. Bovendien betreft het een ingrijpende innovatie, misschien niet zozeer om technische, maar om psychologische redenen. Om deze redenen is het machinistloos rijden een bouwsteen van Ambitieniveau III.

⁶³ Zie Railforum (2000)

⁶⁴ Gedacht kan worden aan wagons en rijtuigen met aangedreven assen.

Ten aanzien van het railverkeerssysteem lijkt de ontwikkeling naar machinistloos rijden te zijn omgeven met de nodige barrières van met name psychologische aard. Ten eerste vanuit de reiziger die het een geruststellend idee vindt dat er in de kop van een trein iemand zit die de veiligheid van het railverkeer bewaakt. Vanuit de personeelskant is ook de nodige weerstand te verwachten. De vergelijking met de stoker die na het afschaffen van de stoomtrein in Engeland nog jaren op de dieseltrein heeft meegereden, dringt zich op. Ten derde is het omgevingsaspect niet te verwaarlozen. Het is te verwachten dat omwonenden grote moeite zullen hebben met een onbemande goederentrein van 2400 ton die met 100 km/h passeert.

9.5 Evaluatie Dynamisch Railverkeersmanagement

Dynamisch Railverkeersmanagement betreft een samenhangende set innovaties met als basis een meer flexibele inzet van infrastructuur, het managen van onzekerheden en het maximaal inspelen op de momentane situatie, waardoor verkeersdiensten goedkoper, flexibeler en betrouwbaarder kunnen worden geleverd. Door in de regelcyclus terugkoppelingen in te bouwen, kunnen verkeersdiensten flexibeler, betrouwbaarder en goedkoper worden geleverd, waarmee de concurrentiepositie van het railverkeer ten opzichte van andere modaliteiten kan verbeteren.

De afzonderlijke innovaties waaruit het concept Dynamisch Railverkeersmanagement is opgebouwd, zijn veelal niet nieuw. Wel nieuw is de ordening van de vernieuwingen tegen de achtergrond van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer in samenhangende Ambitieniveaus. Hiermee wordt een gefaseerde en daardoor meer kansrijke introductie van Dynamisch Railverkeersmanagement mogelijk, te beginnen met de veelal technische vernieuwingen van de verkeersmiddelen, met name infrastructuur en materieel (Ambitieniveau I). De flexibiliteit die dit oplevert, vormt de basis voor de vernieuwing van het plannen en uitvoeren van de inzet van deze verkeersmiddelen, met name de infrastructuur (Ambitieniveau II). In Ambitieniveau III worden de vernieuwingen benut voor het mogelijk maken van de levering van verkeersdiensten op afroep in aanvulling op de traditionele aanbodgestuurde levering.

Ambitieniveau I

Ambitieniveau I-vernieuwingen zijn primair gericht op lagere kosten voor de inzet van verkeersmiddelen, met name infrastructuur. Een casestudie toonde aan dat per saldo minimaal f 100 miljoen kan worden bespaard op investeringen in de verkeersmiddelen.

De bouwstenen voor Ambitieniveau I zijn voor een belangrijk deel reeds ontwikkeld en de invoering is voor het komende decennium voorzien⁶⁵. De invoering van de vernieuwingen loopt echter een gerede kans te stagneren als geen oplossing wordt gevonden voor het probleem dat een lager kostenniveau voor de verkeersmiddelen als geheel slechts kan worden bereikt door

⁶⁵ In het Meerjarenprogramma Infrastructuur en Transport (V&W (2000a)) is de investering in BB21-systemen voor de beheersing en beveiliging van het railverkeer –de kern van Ambitieniveau I– gedekt voor wat betreft het infrastructurele deel.

hogere kosten voor het materieel. In de huidige constellatie betekent dit dat kostenbesparing voor de overheid leidt tot een kostenverhoging voor de vervoerders⁶⁶.

Voor de oplossing van dit probleem kan, bijvoorbeeld, worden gedacht aan het verbreden van het infrastructuurfonds tot “verkeersmiddelenfonds” waarmee het subsidiëren van investeringen in het materieel door de overheid tot de mogelijkheden zou gaan behoren. Een meer structurele mogelijkheid is het ontkoppelen van het (strategische) beheer van de niet-plaatsgebonden verkeersmiddelen van de vervoerder, aangevuld met leasecontracten voor de toewijzing van (verkeers)materieel gedurende een concessieperiode. Overigens zou een dergelijke constructie ook overwogen kunnen worden voor personeel (machinisten). Het strategisch beheer van de verkeersmiddelen dient vernieuwingen in zowel de plaatsgebonden als niet-plaatsgebonden verkeersmiddelen te omvatten. De strategisch beheerder zal dan streven naar een technisch-economisch optimum over het gehele verkeersmiddelenstelsel.

Ambitieniveau II

Ambitieniveau II is gericht op een beter betrouwbaarheid en een grotere flexibiliteit. De casestudie liet een mogelijke vermindering van de vertragingen bij kleine verstoringen zien van 25%. De werkwijze met tijd/wegvensters in plaats van tijdstippen en vaste routes introduceert een flexibiliteit die goed aansluit bij de door goederenvervoerders gewenste karakteristieken van verkeersdiensten en ook de mogelijkheden van herplannen bij grote verstoringen verbetert. De ontwikkeling van de instrumenten en bouwstenen bevindt zich nadrukkelijk in de studiefase.

De voordelen van Ambitieniveau II (grotere flexibiliteit en betrouwbaarheid) zijn vooralsnog minder evident en minder goed in geld uit te drukken dan die van Ambitieniveau I (kostenbesparing), terwijl de veranderingen voor planners en uitvoerders van de “treindienst” groot zijn. Tijd/wegvensters in plaats van tijdstippen representeren de onzekerheden bij de realisering van verkeersdiensten. Het managen van onzekerheden in plaats van het vertrouwen op (schijn)zekerheden vergt een geheel andere benadering. Het motto “minder plannen, meer regelen” illustreert deze leidraad. Met minder plannen wordt niet bedoeld dat men in de planning de teugels laat vieren en het op improviseren in de uitvoering laat aankomen. Integendeel, de inzet van de infrastructuur wordt weliswaar minder minutieus gepland, maar de geplande tijd/wegvensters gelden als strakke kaders voor het (bij)regelen.

Door met nieuwe technische systemen voor verkeersregeling in te spelen op de actuele verkeerssituatie kan de betrouwbaarheid van de levering van verkeersdiensten verbeteren. Deze werkwijze kan echter slechts worden geïmplementeerd, als er adequate informatie beschikbaar is over de momentane toestand en als de methodes van planning en uitvoering van “de treindienst” ingrijpend veranderen. Een geautomatiseerd regelsysteem vergt een inzetplan voor de infrastructuur met regelmarges en expliciete regeldoelen. Van elke verkeersdienst dient bekend te zijn hoe tijd- en routekritisch deze is, zodat de bandbreedte in het inzetplan voor de infrastructuur hierop worden afgestemd. Het concept dienstregeling, een conflictvrij, gedetermineerd plan voor de inzet van infrastructuur, voldoet niet aan deze eisen. De werkwijze met tijd/wegvensters in plaats van tijdstippen introduceert een flexibiliteit die goed aansluit bij de door goederenvervoerders gewenste karakteristieken van verkeersdiensten.

⁶⁶ Het lagere kostenniveau voor de verkeersmiddelen als geheel is voor vervoerders niet relevant zolang de inte-

De dienstregeling dient in de verschillende fasen van het railverkeersmanagement als een toets voor de afstemming van vraag en aanbod van infrastructuurcapaciteit. Het kunnen ontwerpen van een conflictvrije dienstregeling is een indicatie dat de infrastructuurcapaciteit voldoet. Deze functie van de dienstregeling dient vervangen te worden door nieuwe capaciteitstoetsen in de strategische en tactische fasen van railverkeersmanagement. In de Hoofdstukken 6 en 7 zijn hiertoe aanzetten gegeven.

Ambitieniveau III

Ambitieniveau III oppert een aantal mogelijkheden waarmee het railverkeerssysteem voor meer vervoerssystemen dan momenteel een aantrekkelijke optie wordt. Met andere woorden: de positie van railverkeerssystemen op de verkeersmarkt lijkt te kunnen verbeteren. Dit is echter afhankelijk van de richting waarin de behoeften van de afnemers, de collectieve personenvervoersystemen en goederenvervoersystemen, zich ontwikkelen. Met name de ontwikkelingen in de richting van vraagafhankelijke verkeersdiensten lijkt een aantrekkelijke aanvulling te kunnen betekenen op het traditionele aanbod aan verkeersdiensten. Een aantal van de instrumenten van Ambitieniveau III werden al eens geopperd in het kader van de Vervoerfabriek⁶⁷. Door ze in het kader van het concept Dynamisch Railverkeersmanagement te plaatsen kunnen ze voortbouwen op de ontwikkelingen van de lagere Ambitieniveaus waardoor de kans op succesvolle introductie toeneemt.

samenvattend overzicht

In Tabel 9-4 op de volgende pagina wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste aspecten van Dynamisch Railverkeersmanagement, uitgesplitst naar de drie Ambitieniveaus.

grale infrastructuurkosten niet worden doorberekend.

⁶⁷ Van der Hoeven e.a. (1993).

Tabel 9-4 Overzicht van de Ambitieniveaus van Dynamisch Railverkeersmanagement.

	<i>Ambitieniveau I</i>	<i>Ambitieniveau II</i>	<i>Ambitieniveau III</i>
Instrumenten	sneller volgen soepeler inhalen soepeler kruisen	opsparen van marge uitstel conflictoplossing vaststellen volgorde op conflictpunten en route in wisselcomplexen veelvuldig toepassen van inhalingen flexibel gebruik van perronsporen	verkeersdienst op afroep geleverd flexibele perrontoewijzing doorstroomstations doorstroombaanvakken
Ambitie: verkeersdiensten worden ...	... goedkoper	... flexibeler ... betrouwbaarder	... flexibeler ... meer vraaggestuurd
Scope van verkeersregeling	lokaal (dienstregelingpunt)	baanvak met belendende knooppunten	corridor of netwerk
Innovatie in laag ...	... beheer verkeersmiddelen	... inzet verkeersmiddelen	... levering verkeersdiensten
Vorm van vervoerplan, verkeersplan en inzetplan voor infrastructuur	statische dienstregeling (vervoerplan = verkeersplan = inzetplan voor infrastructuur)	statisch vervoerplan = verkeersplan dynamisch plan voor inzet infrastructuur	drie dynamische plannen (vervoerplan, verkeersplan en inzetplan voor infrastructuur)
Consequenties voor planning inzet infrastructuur	kortere procestijden	flexibele tijd/wegvenster geen “conflictvrij” plan	operationeel plan ontbreekt
Verandering in uitvoering inzet infrastructuur	“automatische” inhalen en kruising vertrekprocedure adviesnelheden	“automatische” baanvakregeling geen vaste perronsporen	“automatische” netwerkregeling
Innovaties verkeersmiddelen (indicatie)	glijdend variabel blok lokale “regelautomaat” communicatie waltrein cabinesignalering rijadvies in trein	“baanvakregelautomaat” communicatie met lokale regelingen	“netwerkregelautomaat” machinistloos rijden communicatie vervoerknoop – verkeersregeling
Belangrijkste kanttekeningen, c.q. risico's	verkeersfuncties optimaliseren tussen infrastructuur – materieel (en personeel) grotere afhankelijkheid van techniek (bedrijfszekerheid)	communicatie met reizigers afweging verschillende doelen te complex? capaciteittoetsen i.p.v. “conflictvrij” plan	communicatie met reizigers complexe verhouding tussen vervoerknopen – verkeersnetwerksturing – verkeersknopen? acceptatie machinistloos rijden

10 Synthese, conclusies en aanbevelingen

In dit slothoofdstuk worden de belangrijkste bevindingen ten aanzien van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer en van Railverkeersmanagement samengevat. De conclusies worden gevolgd door aanbevelingen voor vervolgonderzoek. Dit hoofdstuk is als een zelfstandig leesbaar onderdeel van de dissertatie geschreven

10.1 Rode draad van de dissertatie

De maatschappij eist van de spoorwegen in ruil voor het ter beschikking stellen van investeringen in de infrastructuur en resources en de bijdrage in de exploitatiekosten een hogere kwaliteit van de geleverde diensten. De potenties van marktwerking en innovatie worden anno 2000 onvoldoende uitgebuit doordat de spoorwegen zich ondanks de herstructurering manifesteren als een monoliet waarbij de processen onderling sterk zijn verweven. Om de spoorwegen in functionele deelsystemen te ontleden is het generieke Lagenmodel Verkeer & Vervoer ontwikkeld (10.2). Deze decompositie in diensten en markten vormt de basis voor betere kansen voor marktwerking en innovatie en structureert bovendien de rol van de overheid ten aanzien van de spoorwegen (10.3).

Binnen het verkeers- en vervoerssysteem functioneert het railverkeerssysteem als deelsysteem. Het railverkeerssysteem, dat verplaatsingen over het railnet levert aan vervoerssystemen, die op hun beurt de eindgebruikers (reizigers en verladers) bedienen, vormt het operationele hart van de spoorwegen. Een systematische analyse van de besturing van het railverkeerssysteem (10.4) levert voorstellen voor verbeteringen in het railverkeersmanagement. Deze verbeteringen kunnen voor een deel binnen de huidige, statische, wijze van de productie van railverkeersdiensten worden gerealiseerd (10.5). Dynamisch Railverkeersmanagement, met name gekenmerkt door het systematisch integreren van terugkoppelingen in de regelcyclus, betreft

een conceptuele innovatie van het railverkeerssysteem, die tot een grotere flexibiliteit, een grotere betrouwbaarheid, en tot aanzienlijke besparingen op de (integrale) kosten van railverkeer kan leiden (10.6).

Een aantal kansrijke ontwikkelingen die bouwstenen kunnen opleveren voor verbeteringen in het railverkeersmanagement, zijn gaande. Desondanks is verder onderzoek, zowel op theoretisch als toegepast gebied, nodig voor een daadwerkelijke invoering van de verbeteringen (10.7). De vernieuwingen kunnen leiden tot een modern railverkeerssysteem dat een cruciale bijdrage aan het faciliteren van de mobiliteit kan blijven leveren, tegen aanvaardbare kosten.

10.2 Een generiek Lagenmodel voor de analyse van Verkeer & Vervoervraagstukken

Door vervoerdiensten systematisch te onderscheiden van verkeersdiensten en vervoermiddelen van verkeersmiddelen is een generiek lagenmodel voor verkeers- en vervoersystemen ontwikkeld. Het is een functioneel model, waarbij wordt geabstraheerd van de huidige verschijningsvormen, zoals materieel en infrastructuur, en van de huidige organisaties. Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is binnen het kader van deze dissertatie toegepast om verkeerssystemen te analyseren, in het bijzonder het railverkeerssysteem.

10.2.1 samenvatting Lagenmodel Verkeer & Vervoer

In het Lagenmodel Verkeer & Vervoer (Hoofdstuk 3) wordt het verkeers- en vervoersysteem gedeconponeerd in systeemlagen. In elke systeemlaag wordt input in output getransformeerd. De output wordt gevormd door een dienst die op een markt wordt aangeboden. De vragende partij op deze markt is een bovenliggende laag die de dienst gebruikt als input voor een volgend transformatieproces. Op deze manier ontstaat een productiekolom waarmee vervoerdiensten worden geproduceerd die aan eindgebruikers (reizigers en verladers) worden aangeboden om daarmee ruimtelijk gespreide (economische) activiteiten mogelijk te maken (zie Figuur 10-1).

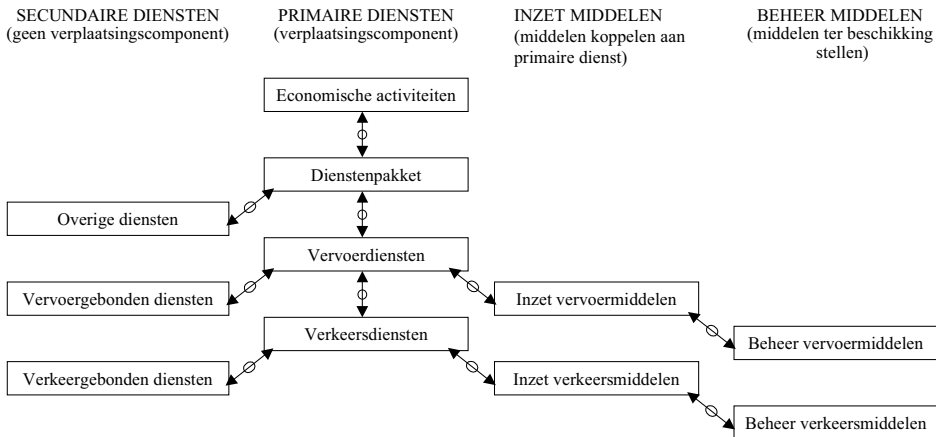
Van boven naar beneden gelezen vertaalt het model eisen en wensen van de eindgebruikers in specificaties voor de diensten, van beneden naar boven vertegenwoordigt het model een keten van halfproducten die uiteindelijk leiden tot diensten ten behoeve van eindgebruikers.

De kern van het Lagenmodel wordt gevormd door de primaire diensten, de diensten die een verplaatsingscomponent bevatten. Het gaat om vervoerdiensten en verkeersdiensten. Een *vervoerdienst* wordt gedefinieerd als de verplaatsing van een zending (lading of een persoon¹). Voor het leveren van een vervoerdienst is het halfproduct *verkeersdienst*² nodig: de verplaatsing van een verkeersobject (een aantal gekoppelde wagens, al dan niet voorzien van een of meer zendingen). Daarnaast vereist een vervoerdienst vervoermiddelen, zoals stoelen in een cabine van een vliegtuig, beschutting, maar ook begeleidend personeel als stewardessen of conducteurs. *Verkeersmiddelen*, middelen die nodig zijn om een verkeersdienst te produceren,

¹ Of een groep personen (reisgezelschap) al dan niet in combinatie met lading.

² Een verkeersdienst kan gezien worden als een "sleepdienst".

zijn bijvoorbeeld een weg, een locomotief en een piloot. Het functionele onderscheid tussen verkeersmiddelen en vervoermiddelen is derhalve niet dezelfde als die tussen infrastructuur (met “stationspersoneel”) en materieel (met “rijdend personeel”), of meer algemeen, tussen plaatsgebonden en niet–plaatsgebonden middelen. Niet alle middelen zijn te onderscheiden in verkeers– of vervoermiddel. Een treinstel of een vliegtuig functioneert, bijvoorbeeld, simultaan als verkeersmiddel en als vervoermiddel.



Figuur 10-1 Lagenmodel Verkeer & Vervoer

In het Lagenmodel Verkeer & Vervoer wordt de inzet van vervoer– en verkeersmiddelen gezien als een systeemlaag die is te onderscheiden van het beheer van de middelen. De systeemlaag beheer middelen stelt de middelen ter beschikking, terwijl de systeemlaag inzet middelen de middelen toevoegt aan deze primaire dienst. Dit onderscheid is van belang voor het analyseren van het railverkeerssysteem en railverkeersmanagement.

Naast de primaire diensten en de diensten die betrekking hebben op de middelen kunnen secundaire diensten worden onderscheiden, die tezamen met de primaire diensten in de vorm van een dienstenpakket³ kunnen worden aangeboden aan de eindgebruikers. Dit deel van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer wordt in deze dissertatie niet verder uitgewerkt.

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is geen universeel model, wel is getracht om het zo generiek mogelijk te ontwerpen, bijvoorbeeld om verkeerssystemen onderling te kunnen vergelijken.

10.2.2 toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

In deze dissertatie is het Lagenmodel ten eerste toegepast om het functioneren van de spoorwegen te analyseren met als doel het formuleren van verbeteropties (zie verder 10.3):

- het identificeren van de verschillende markten tussen de verschillende systeemlagen om te bezien in hoeverre concurrentie op die markten tot een performanceverbetering kan leiden;

³ Als voorbeeld kan een touroperator gelden die een pakket bestaande uit de reis en de hotelovernachtingen en eventuele excursies aanbiedt.

- het afbakenen van functionele deelsystemen (de systeemlagen) waarbinnen innovaties een kans kunnen krijgen;
- ordening van de verschillende rollen van de overheid ten aanzien van het verkeers- en vervoersysteem op basis van systeemlagen en markten.

De succesvolle toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer bij de analyse van vraagstukken op het gebied van verkeer en vervoer, zoals goederendistributie⁴ en collectief openbaar personenvervoer⁵ onderstreept het generieke karakter van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer.

Een generieke toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer betreft ook het structureren van discussies ten aanzien van verkeer en vervoer. Het Lagenmodel en het bijbehorende begrippenkader kan spraakverwarring voorkomen. Zo is het bij het gebruik van het begrip “netwerksamenhang” niet altijd duidelijk of, bijvoorbeeld, wordt bedoeld op een vervoernetwerk (overstapmogelijkheden voor reizigers) of op een infrastructuurnetwerk (mogelijkheid voor treinen om van spoor te wisselen). Een ander voorbeeld is het begrip “vertraging”: gaat het over het te laat arriveren van een trein (verkeersdienst) of over het te laat arriveren van de reiziger aan het einde van een vervoerketen (vervoerdienst)?

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer beoogt niet een statisch model te zijn. Afhankelijk van de toepassing kunnen lagen worden samengenomen of juist nieuwe lagen worden toegevoegd. Het toevoegen van lagen is opportuun indien transactiekosten lager zijn dan de meerwaarde van specialisatie. Met name in de goederenlogistiek is dit veelvuldig het geval, vooral door het integreren van niet-verplaatsing gebonden diensten in een dienstenpakket. In het reizigersvervoer lijkt de toegevoegde waarde van nieuwe systeemlagen vooralsnog niet op te wegen tegen de transactiekosten⁶. Belangrijk verschil met het goederenvervoer is dat reizigers verschillende logistieke processen tegen lage kosten zelf kunnen uitvoeren, zoals het in- en uitstappen (laden en lossen) en het verzamelen van informatie over mogelijke vervoerdiensten. Afhankelijk van de toepassing kunnen aan het lagenmodel dimensies worden toegevoegd.

De toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer voor de analyse van de “spoorwegen” komt aan de orde in de volgende paragraaf.

10.3 Toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer voor de analyse van de “spoorwegen”

Met “spoorwegen” wordt bedoeld op de van oudsher nationaal georganiseerde, verticaal geïntegreerde, monoliete systemen die vervoerdiensten per spoor aan reizigers en verladers aanbieden en die alle productiemiddelen in eigen beheer hebben. De analyse strekt zich niet uit tot stedelijke railsystemen, hoewel deze afbakening niet voor alle systeemlagen functioneel zal blijken te zijn. In deze paragraaf wordt het Lagenmodel Verkeer & Vervoer toegepast om

⁴ Zie Van Binsbergen en Visser (2001).

⁵ Zie Van de Velde (1999a).

⁶ Getuige, bijvoorbeeld, de zeer kleine markt waarin de *Odessey*-kaart van *Transvision* opereerde.

de achterliggende oorzaken voor dit monoliete karakter te analyseren in vergelijking met andere modaliteiten (weg, water, lucht).

Bij de analyse van de spoorwegen is het onderscheid tussen vervoerssystemen (10.3.1) en verkeerssystemen (10.3.2) cruciaal. Vervolgens wordt aangegeven hoe het Lagenmodel Verkeer & Vervoer kan worden gebruikt om het monoliete karakter van de spoorwegen te doorbreken. Een decompositie in functionele deelsystemen biedt grotere kansen voor marktwerking en concurrentie (10.3.3) en voor innovatie (10.3.4) dan de anno 2000 vigerende structuur die wordt gekenmerkt door de scheiding van “treindienstexploitatie” en infrastructuur. Ook de rol van de overheid ten aanzien van de spoorwegen kan succesvol worden geanalyseerd met behulp van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer (10.3.5).

10.3.1 analyse vervoerssystemen en verkeersmarkt

Hoewel een diepgaande analyse van vervoerssystemen buiten het kader van deze dissertatie valt, spelen ze uiteraard een belangrijke rol als afnemer van de diensten van het railverkeerssysteem. Hieronder volgen enkele bevindingen ten aanzien van vervoerssystemen en de verkeersmarkt⁷.

concurrentiepositie van het railverkeerssysteem

Een globale analyse van de Nederlandse verkeersmarkt leert dat het huidige railverkeerssysteem slechts voor enkele vervoersoorten (categorieën vervoerssystemen) een goede concurrentiepositie inneemt. Dit zijn het collectief openbaar reizigersvervoer in bepaalde afstandscategorieën en bepaalde niches in het goederenvervoer. Deze vervoersoorten doen voor (een deel van) hun diensten een beroep op het railverkeerssysteem. Overigens is deze concurrentiepositie van het railverkeerssysteem niet een vaststaand gegeven. Door het ontwikkelen van meer flexibele, betrouwbare en goedkope verkeersdiensten kunnen ook andere vervoersoorten in beeld komen als afnemer van railverkeersdiensten, zie verder 10.6.

vervoermanagement

In het reizigersvervoer worden vervoerdiensten vaak vereenzelvigd met verkeersdiensten. Vervoermanagement (de besturing van vervoerketens) staat nog in de kinderschoenen, zeker voor zover de grenzen van een verkeerssysteem worden overschreden. De integratie van het vervoer per bus en trein in de Achterhoek en andere regio's is een goede stap voorwaarts, ook voor wat betreft de begeleiding van de individuele vervoerketens (individuele reizigers). Als de vervoerketens echter ook gebruik maken van railverkeersdiensten over langere afstanden, blijkt het (keten)vervoermanagement vooral betrekking te hebben op het ontwerpen van het vervoeraanbod. Een operationele vervoerleiding (als tegenhanger van de (operationele rail)verkeersleiding) ontbreekt nog altijd, zodat bij verstoringen het omleiden van de vervoerstromen ondergeschikt lijkt aan het herplannen van de railverkeersdiensten. De begeleiding van en de informatievoorziening aan de reizigers vormen dan ook een aanhoudend punt van kritiek van consumentenorganisaties.

In het goederenvervoer is het vervoermanagement veel beter ontwikkeld dan in het reizigersvervoer. Met name door de integratie met secundaire diensten is de goederenvervoermarkt een

⁷ De verkeersmarkt is de markt waarop verkeerssystemen verkeersdiensten aanbieden aan vervoerssystemen.

competitieve markt, wat de aanbieders van vervoerdiensten ertoe dwingt om de (operationele) kwaliteit van de diensten continu te bewaken.

segmentatie van de verkeersmarkt

De huidige verkeersmarkt kan –voor zover het vervoer betreft waarvoor railverkeersdiensten in aanmerking komen– worden verdeeld in een aantal product–marktcombinaties. Deze segmentering is uiteraard onderhevig aan wijzigingen als gevolg van ontwikkelingen in de vervoermarkt enerzijds en ontwikkelingen in het mogelijke aanbod van verkeersdiensten anderzijds. Het moge duidelijk zijn dat de segmentatie van de verkeersmarkt, de markt waarop verkeersdiensten aan vervoerssystemen worden aangeboden, niet dezelfde is als de segmentatie van de vervoermarkt, de markt waarop vervoerdiensten aan eindgebruikers (reizigers en verladers) worden aangeboden.

De segmentatie van de verkeersmarkt is van belang, omdat het leidt tot gedifferentieerde eisen aan de verkeersdiensten die door het railverkeerssysteem worden geleverd op de verschillende deelmarkten van de verkeersmarkt. Deze eisen kunnen worden teruggevoerd op de volgende aspecten:

- snelheid (of verplaatsingstijd);
- beschikbaarheid naar tijd en plaats (frequentie van het aanbod en halteringsregime (waar moet hoe vaak worden gestopt ten behoeve van vervoerprocessen, met name in- en uitladen));
- volume of gewicht van het verkeersobject (treinafmetingen, gerelateerd aan het aantal zitplaatsen, respectievelijk vervoerd volume of gewicht);
- tijdskaders bij de uitlevering van de verkeersdienst (betrouwbaarheid van het aankomstmoment);
- kosten van de verkeersdienst.

Het is van belang om na te gaan hoe de gedifferentieerde eisen aan het railverkeerssysteem kunnen worden vertaald in (gedifferentieerde) eisen aan de diensten voor elk van de drie lagen, waaruit het railverkeerssysteem is opgebouwd (levering verkeersdiensten, inzet verkeersmiddelen, en beheer verkeersmiddelen). Als voorbeeld hiervan kunnen gedifferentieerde eisen ten aanzien van het samengebruik van infrastructuur (inzet verkeersmiddelen) door verschillende categorieën verkeersdiensten gelden (zie verder 10.5.6).

10.3.2 analyse verkeerssystemen

Het generieke karakter van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer leent zich bij uitstek voor het vergelijken van verkeerssystemen, wat het inzicht in de essentie van het railverkeerssysteem vergroot. Overeenkomsten met andere verkeerssystemen kunnen aanknopingspunten leveren voor mogelijke verbeteringen van het railverkeerssysteem.

Het onderkennen van essentiële verschillen op bepaalde aspecten voorkomt daarentegen het trekken van ondoordachte conclusies ten aanzien van het functioneren van het railverkeerssysteem. Hieronder worden eerst een aantal aspecten samengevat die generiek zijn voor verschillende verkeerssystemen. Vervolgens wordt ingegaan op het specifieke karakter van het railverkeerssysteem.

generieke aspecten van verkeerssystemen

Hieronder worden een drietal generieke aspecten van verkeerssystemen toegelicht.

1. de levering van verkeersfuncties

De verkeersfuncties dragen, voortstuwen, sturen en veilige weg bieden zijn generiek voor alle verkeerssystemen. In het luchtverkeer en het wegverkeer dragen de afnemers –dat zijn de producenten van de verkeersdiensten⁸– in principe de integrale kosten van de levering van de verkeersfuncties (de inzet van verkeerspersoneel, –materieel en –infrastructuur). Hierdoor hebben de afnemers belang bij het technisch-economische optimum van de verdeling van de functies over de middelen. In alle verkeerssystemen blijkt er sprake te zijn van een verschuiving van dit optimum van plaatsgebonden naar niet-plaatsgebonden en van mens naar techniek. In het railverkeerssysteem komt het optimum moeilijk tot stand, vooral omdat de afnemers wel de integrale kosten voor de niet-plaatsgebonden middelen dragen, maar slechts (een deel van) de marginale kosten van de plaatsgebonden middelen.

2. benuttingaspecten bij de inzet van infrastructuur

Bij alle verkeerssystemen wordt de benutting van (kritieke) capaciteit van infrastructuur gevormd door een balans tussen vier benuttingsaspecten:

1. intensiteit – het aantal verkeersdiensten (voertuigen) per tijdseenheid;
2. differentiatie – het verschil in snelheden;
3. verwacht afwikkelingsniveau – de verwachte gemiddelde snelheid;
4. verstoringgevoeligheid – het uitdempend vermogen na een initiële verstoring.

Deze vier aspecten vormen de *benuttingsbalans*⁹. Bij het ontwerpen van een dienstregeling wordt voor het railverkeerssysteem met name gestuurd op de eerste drie aspecten. De verstoringgevoeligheid wordt beschouwd als de resultante van het ontwerpproces. Bij andere verkeerssystemen, waarbij er geen sprake is van een starre, gedetailleerde, planning van het gebruik van de infrastructuur, zijn meer mogelijkheden om de benuttingsbalans te wijzigen afhankelijk van de momentane vraag. Het concept Dynamisch Railverkeersmanagement geeft ook voor het railverkeerssysteem mogelijkheden in deze richting.

3. onderscheid tussen verkeers- en vervoerdiensten

In het goederenvervoer over de weg is het onderscheid tussen verkeers- en vervoerdiensten gebruikelijk. De integrator regelt de logistieke vervoerketen voor de verlader en brengen “transporteurs” in opdracht van een integrator een zending van A naar B. In het reizigersvervoer is dit onderscheid vaak minder markant. Een automobilist, bijvoorbeeld, levert simultaan een verkeersdienst (het besturen van de auto) én een vervoerdienst (de verplaatsing van deur naar deur) aan zichzelf.

In het openbare reizigersvervoer door de lucht daarentegen is het opvallend dat de vervoerdiensten (die aan de reizigers worden aangeboden) niet identiek zijn aan de verkeersdiensten (met name voor wat betreft het gebruik van de start- en landingsbanen). Zo kunnen verschillende luchtvaartmaatschappijen vervoerdiensten aanbieden met een “gepland” vertrek om 8.00 uur, terwijl slechts één of twee vliegtuigen (verkeersdiensten) op dat tijdstip kunnen vertrekken. Om de capaciteit van de flessenhals optimaal te benutten, wordt het verkeersplan slechts kort van tevoren gedetailleerd. Het vervoerplan (waaronder, bijvoorbeeld, het afgesproken tijdstip van aankomst) is zodanig opgezet dat de detaillering van het verkeersplan

⁸ Anno 2000 zijn dit de “vervoerders” of “operators”.

⁹ Zie de Figuren 7–2, 7–3 en 7–6.

binnen de kaders van het vervoerplan mogelijk is. In het concept Dynamisch Railverkeersmanagement wordt een analoge aanpak voorgesteld: de geïntegreerde dienstregeling wordt vervangen door een vervoerplan (voor de diensten aan de reizigers en verladers) en een verkeersplan (voor het gebruik van de infrastructuur), zie 10.6.3.

het specifieke karakter van het railverkeerssysteem

Er zijn een drietal aspecten aan te geven, waarmee het railverkeerssysteem zich in meerdere of mindere mate onderscheidt van andere verkeerssystemen. Deze aspecten vormen de belangrijkste achterliggende oorzaken waardoor de spoorwegen van oudsher worden beschouwd als een “natuurlijke” monoliet. Met behulp van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer kunnen deze redenen worden geanalyseerd, waarna de “natuurlijkheid” van het ontstaan van de monoliet kan worden gerelativeerd.

1. technische verwevenheid van spoor en trein

Het rail–wiel contact kenmerkt zich door een geringe wrijving en een lage rolweerstand. Dit heeft tot gevolg dat remwegen langer zijn dan de machinist kan overzien, wat leidt tot de noodzaak voor het toekennen van unieke rijwegen aan elke treimbeweging door een centrale instantie. Daarnaast is, vanwege het geleide karakter van het railverkeer, de vrijheid voor de beweging van treinen beperkt tot één dimensie. Deze aspecten maken het (centraal) plannen van conflictvrije treimbewegingen (het ontwerpen van dienstregelingen) al bij zeer lage intensiteiten noodzakelijk. Het wegverkeer en in mindere mate het luchtverkeer zijn in essentie zelfregulerend. Slechts bij hoge intensiteiten ontstaat de behoefte aan een vorm van (centrale) regulering. Ook vanwege de veelal elektrische energievoorziening is de technische verwevenheid bij de spoorwegen groter dan bij andere modaliteiten.

2. kapitaalintensieve productiemiddelen

De productiemiddelen zijn, met name voor wat betreft de infrastructuur en “tractie” (en specialistisch bedienend en onderhoudspersoneel!) van oudsher kostbaar en solide. Hoge veiligheidsstandaards dragen hieraan bij. Veiligheid door degelijkheid en betaalbaarheid door lange afschrijvingstermijnen gaan hand in hand. Het kostbare karakter van de productiemiddelen is voor een belangrijk deel debet aan dat de exploitatie van spoorwegen slechts economisch aantrekkelijk is bij grote vervoerstromen en/of een grofmazig netwerk, waarbij de vervoerstromen zoveel mogelijk worden gebundeld.

Dit leidt vervolgens tot een samenhangend vervoernetwerk met vele overstapmogelijkheden en tot een uitgekiend productieplan waarbij de inzet van de dure productiemiddelen lang van tevoren gedetailleerd wordt vastgelegd. De keerzijde is dat, enigszins gechargeerd, bedrijfszekerheid ondergeschikt is aan veiligheid en dat flexibiliteit het aflegt tegen lange afschrijf- en planningstermijnen.

3. centrale rol van de dienstregeling

De dienstregeling is het samenhangende, gedetailleerde, plan voor:

- het aanbod aan de eindgebruikers (“spoorboekje”);
- het gebruik van de infrastructuur¹⁰;
- het logistieke plan voor de inzet van materieel en personeel.

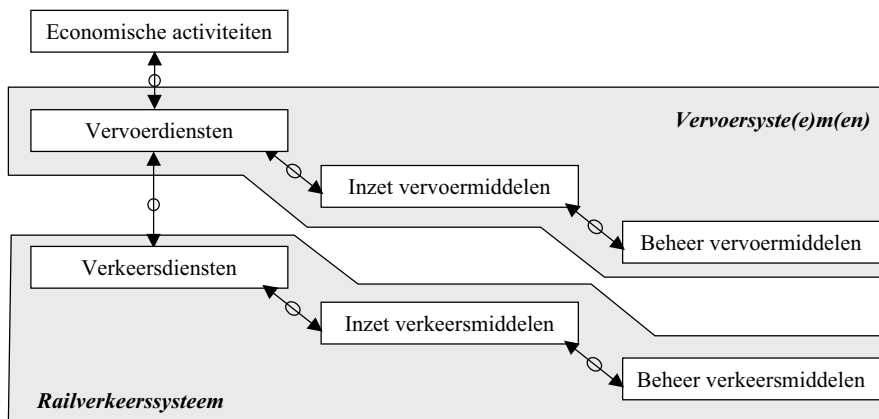
¹⁰ Deze functie van de dienstregeling ontbreekt veelal bij andere modaliteiten.

De dienstregeling is geoptimaliseerd naar zowel de attractiviteit van het aanbod van vervoernetwerken, de optimale benutting van het infrastructuurnetwerk als de efficiënte omlopen van materieel en efficiënte personeelsdiensten. Door deze complexiteit is het plan star (het is moeilijk om een klein element te wijzigen, ook voor de wat langere termijn) en kwetsbaar (een kleine verstoring kan een sneeuwbaaleffect veroorzaken). Dit wordt mede veroorzaakt doordat de capaciteit van de productiemiddelen uit efficiencyoverwegingen is geoptimaliseerd naar het plan en de reservecapaciteit uit rentabiliteitsoverwegingen zo klein mogelijk is.

Dat de bovenstaande redenen niet noodzakelijkerwijs behoeven te leiden tot een monoliet maakt de toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer bij de drie bovengenoemde aspecten zichtbaar.

1. technische verwevenheid van spoor en trein

De technische verwevenheid heeft met name betrekking op verkeersfuncties¹¹. Door de verkeersfuncties van “spoor” en “trein” onder te brengen in één systeemlaag (railverkeersmiddelen) wordt aan deze verwevenheid recht gedaan. De verwevenheid van de verkeersmiddelen betekent niet dat een functionele decompositie van de spoorwegen onmogelijk wordt: in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer worden vervoerssystemen onderscheiden van het railverkeerssysteem, zie Figuur 10-2.



Figuur 10-2 Onderscheid tussen vervoersystemen en het railverkeerssysteem

In de anno 2000 vigerende structuur van de spoorwegen wordt “materieel” en “rijdend personeel” gerekend tot de verantwoordelijkheid van “exploitatie”. De niet-plaatsgebonden verkeersmiddelen zijn daarmee systematisch gescheiden van de plaatsgebonden verkeersmiddelen (“infrastructuur”).

2. kapitaalintensieve productiemiddelen

Het kostbare karakter van de productiemiddelen is veelal terug te voeren op het leveren van verkeersfuncties. Door de vervoerfuncties hiervan te ontkoppelen en de verkeersmiddelen on-

¹¹ Een belangrijke uitzondering wordt gevormd door de middelen ten behoeve van de vervoerfuncties laden en lossen, bijvoorbeeld de hoogte van het perron ten opzichte van de vloerhoogte van het materieel. Analooeg aan de verkeersmiddelen worden ook de vervoermiddelen in één laag ondergebracht zodat aan deze verwevenheid recht wordt gedaan. Overigens valt een verdere uitwerking hiervan buiten het kader van deze dissertatie.

der te brengen in één systeemlaag kan een technisch-economisch optimum tussen verkeerspersoneel, verkeersmaterieel en verkeersinfrastructuur tot stand komen. De afschrijvingstermijnen van verkeersmiddelen behoeven niet gerelateerd te zijn aan de veelal korter durende concessies voor het uitvoeren van vervoerdiensten. Elke concessiehouder kan immers op de verkeersmarkt railverkeersdiensten verwerven. De ontkoppeling van vervoerdiensten en verkeersdiensten heeft ook gevolgen voor de respectievelijke planningstermijnen voor deze diensten. Deze kunnen beter worden afgestemd op de door de respectievelijke afnemers gewenste flexibiliteit.

3. centrale rol van de dienstregeling

Als de besturing van de levering van diensten per laag wordt georganiseerd, verliest de dienstregeling haar centrale, integrerende rol. Dit neemt uiteraard niet weg dat er een vorm van afstemming nodig blijft om de synchroniteit bij het leveren van verkeers- en vervoerdiensten en de inzet van de bijbehorende middelen te waarborgen. Het concept Dynamisch Railverkeersmanagement (zie 10.6.3) laat echter zien dat het afstemmen van plannen niet synoniem is met het ontwerpen van één plan voor verschillende toepassingen.

10.3.3 betere kansen voor marktwerking en concurrentie

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer identificeert verschillende markten. Dit zijn de plaatsen waar het aanbod aan diensten die door een systeemlaag worden geleverd en de vraag naar diensten vanuit de bovenliggende laag bij elkaar komen. Ten aanzien van elke systeemlaag kunnen vragen gesteld worden als:

- In hoeverre is marktregulering noodzakelijk?
- Bestaat er een gevaar voor monopolievorming?
- Hoe vindt prijsvorming plaats?
- Wat zijn de kansen voor nieuwe toetreders?

Het valt buiten het kader van deze dissertatie om deze (bedrijfs)economisch getinte vragen voor elke markt te beantwoorden. Desondanks worden hierna enkele aspecten gememoreerd.

doorberekenen integrale kosten

Door de kosten van de levering van de diensten integraal door te berekenen aan een bovenliggende laag ontstaat een prikkel om schaarse capaciteiten efficiënt te benutten. Zo zullen voor verkeersdiensten in spitsuren in principe hogere prijzen kunnen worden gevraagd dan voor vergelijkbare verkeersdiensten in stille uren. Opgemerkt moet worden dat het operationaliseren van een dergelijke vorm van marktwerking problematisch is, met name vanwege de grote impact op de kostenstructuur van de spoorwegen en vanwege de noodzaak om externe maatschappelijke kosten simultaan voor alle verkeerssystemen te internaliseren.

verlaging drempel voor toetreders tot de vervoermarkt

Nieuwe toetreders tot een markt leidt tot concurrentie met de bestaande marktpartijen met in principe positieve gevolgen voor de afnemers. Voorts vormen ze een stimulans voor innovatie in de sector. De vervoermarkt (de markt waar vervoersystemen vervoerdiensten aan reizigers en verladers aanbieden) is een markt waar aanbieders met name op aspecten die relevant zijn voor die eindgebruikers zouden moeten concurreren. Het gaat dan om (vervoer)aspecten als klantgerichtheid en service en niet om de beschikbaarheid van locomotieven of machinisten. Door de beschikbaarheid van railverkeersmiddelen te ontkoppelen van de levering van ver-

voerdiensten wordt de drempel voor nieuwe toetreders tot bijvoorbeeld de markt van openbaar reizigersvervoer aanzienlijk verlaagd.

concurrentie op of om het spoor

Meestal wordt met het begrip concurrentie op het spoor bedoeld op het in concurrentie aanbieden van vervoerdiensten voor hetzelfde marktsegment van de vervoermarkt. Voor segmenten van de reizigersvervoermarkt blijken hieraan belangrijke nadelen te kleven. Als alternatief wordt concurrentie om het spoor toegepast: slechts één bedrijf verwerft het recht om treinen te rijden (verkeersdiensten te leveren) op een bepaald deel van het spoorwegnet en daarmee het exclusieve recht om vervoerdiensten te leveren. Hierbij wordt, afgezien van het onderscheid tussen reizigers- en goederenvervoer, geen onderscheid gemaakt naar de verschillende segmenten van de vervoermarkt. Het mag uit het voorgaande duidelijk zijn dat het hanteren van de begrippen concurrentie op of om het spoor zonder aan te geven op welke markten of marktsegmenten de concurrentie betrekking heeft, de mogelijkheden om te profiteren van marktmechanismen sterk vermindert.

Een voorbeeld hiervan vormt de aanbesteding van de exploitatie van de Hoge snelheidslijn Zuid. Bij de aanbesteding van vervoerdiensten zou de marktsegmentatie van de vervoermarkt centraal moeten staan: internationaal en nationaal collectief reizigersvervoer en (internationaal, zeer snel) goederenvervoer. Voor het nationaal collectief reizigersvervoer zou moeten worden aangesloten bij de aanbesteding van de nationale vervoerdiensten over de “oude sporen” van het spoorwegnet, gegeven dat daarbij gekozen is voor het aanbesteden van het gehele nationale netwerk voor collectief reizigersvervoer¹². Deze samenhang is voor de aanbesteding van vervoerdiensten relevanter dan de aard van de verkeersinfrastructuur (“nieuw” of “bestaand” spoor).

10.3.4 betere kansen voor innovatie

Als functies onderling sterk verweven zijn, betekent het vernieuwen van één functie dat ook die andere functies in beschouwing genomen moeten worden genomen. Daarmee groeit de complexiteit van het vernieuwingsproces en daalt de kans op een succesvolle introductie. Innovaties hebben een grotere kans op succes als ze kunnen worden toegepast binnen helder afgebakende deelsystemen. De ordening in zogenoemde Ambitieniveaus van de vernieuwingen waaruit het concept Dynamisch Railverkeersmanagement is opgebouwd (zie 10.6.3), is gebaseerd op dit principe.

Een ander voorbeeld is “light rail”, dat meestal wordt gezien als een “concept” zonder dat precies duidelijk is wat het concept inhoudt en wie ervoor verantwoordelijk is. Ervan uitgaande dat light rail op de een of andere manier dient te worden geïntegreerd in het bestaande verkeers- en vervoersysteem, wordt het vernieuwingsproces beter beheersbaar als light rail wordt gezien als een reeks innovaties binnen onderscheiden lagen van het Lagenmodel.

Een belangrijk aspect van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is dat infrastructuur, materieel en personeel als één systeemlaag worden gezien. Voor de levering van verkeersfuncties vanuit

¹² Het bediscussiëren van deze keuze valt buiten het kader van deze dissertatie. Evenals de beoordeling van de eventuele segmentatie van delen van de nationale markt in een “kwaliteitsmarkt” en een “basismarkt”. Dit zou, bijvoorbeeld, betrekking kunnen hebben op het vervoer tussen Amsterdam, Schiphol en Rotterdam.

deze laag (beheer verkeersmiddelen) zal dit kunnen leiden tot het bereiken van het technisch–economisch optimum tussen materieel, infrastructuur en personeel. Het doorberekenen van de integrale kosten van de diensten kan dit proces stimuleren.

10.3.5 structurering van de overheidsrol

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is een uitstekend middel om de overheidsrol ten aanzien van de spoorwegen te structureren. In de praktijk zal de overheid in het verkeers– en vervoersysteem willen interveniëren vanuit het oogpunt van:

- (mobiliteits– en bereikbaarheids)beleid;
- het corrigeren van marktfalen;¹³
- het beheersen van externe randvoorwaarden (milieu en veiligheid).

Overheidsingrijpen dient op het juiste niveau in het Lagenmodel, dat wil zeggen bij de juiste laag of markt plaats te vinden in de vorm van wet– of regelgeving of door het doelgerichte verstrekken van subsidies of opleggen van heffingen¹⁴. Slechts in het uiterste geval zou de overheid zelf moeten overgaan tot het produceren van bepaalde maatschappelijk gewenste diensten, omdat deze anders, bijvoorbeeld door onvoldoende vertrouwen in ontwikkelingen in de markten voor railverkeersdiensten, niet tot stand dreigen te komen. Een voorbeeld is de aanleg van de Betuweroute (in de laag beheer verkeersmiddelen).

Waar hier gesproken wordt over de overheid moet in principe overheden worden gelezen. Het ligt voor de hand dat de overheid ingrijpt op het schaalniveau waarop de noodzaak voor dit ingrijpen bestaat. Momenteel sluit het bestuursniveau niet altijd aan bij het schaalniveau waarop de diensten worden geleverd. Dit is vaak het gevolg van vermeende netwerksamenhang binnen andere lagen. Het begrip “kernnet” is hiervan een markant voorbeeld: verkeerslogistieke netwerksamenhang¹⁵ (“sneltrainen met “bijbehorende” stoptreinen”) wordt gebruikt om de verantwoordelijkheid voor stadsgewestelijke en regionale vervoerdiensten naar het nationale niveau te tillen.

Als het verkeers– en vervoersysteem, waar de spoorwegen deel van uitmaken, idealiter een zelfregulerend systeem is, kan de rol van de overheid beperkt zijn. De overheid staat langs de zijlijn en corrigeert de werking van het systeem slechts, als dat uit maatschappelijk belang noodzakelijk is. Idealiter zou de overheid haar bemoeienis met de spoorwegen kunnen beperken tot het verlenen van concessies voor vervoerdiensten (of het inkopen van vervoerdiensten), mits de onderliggende systeemlagen en markten goed functioneren. Dit laatste zou met gerichte maatregelen (die geen effect hebben op het functioneren van de andere lagen/markten) bereikt moeten worden. Het subsidiëren “aan de bovenkant” (het subsidiëren van het leveren van collectieve vervoerdiensten of, liever nog, het gebruik ervan) kan leiden tot de nodige transactiekosten¹⁶. Het voordeel is echter dat in de markten tussen de lagere systeemlagen marktconforme prijzen kunnen worden berekend. De marktmechanismen, in-

¹³ Gezien de aard van de dissertatie is de analyse van de economische aspecten zeer globaal.

¹⁴ Zie Figuur 4–6.

¹⁵ Deze heeft betrekking op de systeemlaag inzet railverkeersmiddelen.

¹⁶ De overheid subsidieert reizigers en eventueel verladers, zodat die vervoerdiensten kunnen afnemen tegen een marktconforme prijs. De vervoerssystemen kunnen marktconforme prijzen voor verkeersdiensten opbrengen, zodat het gebruik van dure verkeersmiddelen bekostigd kan worden.

clusief mogelijkheden voor concurrentie en stimulansen voor innovatie, blijven daarmee zoveel mogelijk in stand met in principe positieve gevolgen voor de performance van het railverkeerssysteem.

De afbakening van het railverkeerssysteem en de structurering in verschillende lagen conform het Lagenmodel Verkeer & Vervoer vormen is een belangrijk fundament voor het beschrijven van het railverkeersmanagement en het formuleren van verbeteringsvoorstellen. De onderstaande paragrafen geven een samenvatting van de achterliggende modellen bij het beschrijven van het railverkeersmanagement en van het verbeteringspotentieel. De verbeteringsvoorstellen hebben enerzijds betrekking op de huidige, statische, werkwijze en anderzijds op een innovatieve dynamische werkwijze.

10.4 Railverkeersmanagement: achterliggende conceptuele modellen

Bij de analyse van railverkeersmanagement, de besturing van het railverkeerssysteem, is naast de bovenbeschreven decompositie volgens het Lagenmodel Verkeer & Vervoer gebruik gemaakt van een aantal andere conceptuele modellen. De besturing van het railverkeerssysteem wordt gestructureerd volgens het faseringsmodel uit de productielogistiek: strategisch, tactisch en operationeel railverkeersmanagement. Een belangrijk model is voorts de regelcyclus, waarmee het onderscheid tussen statisch en dynamisch railverkeersmanagement kan worden geduid. Bij het beschrijven van tools voor het railverkeersmanagement, tenslotte, wordt gebruik van ontwerpmethodologie. De drie conceptuele modellen komen hierna aan de orde.

10.4.1 besturingsmodel: strategisch, tactisch, operationeel

Het besturingsmodel uit de productielogistiek kent drie fasen: strategisch, tactisch en operationeel. Dit model blijkt in samenhang met het Lagenmodel Verkeer & Vervoer goed bruikbaar voor het structureren van de besturing van het railverkeerssysteem:

- strategisch – accent op definiëren van de benodigde capaciteit en functionaliteit verkeersmiddelen;
- tactisch – accent op inzet verkeersmiddelen;
- operationeel – accent op levering verkeersdiensten.

Dit is terug te voeren op de aard van de diensten. Het wijzigen van de capaciteit en functionaliteit van verkeersmiddelen vraagt een voorbereidingstijd die tot enkele tientallen jaren kan oplopen, terwijl een verkeersdienst in principe op de dag van levering kan worden gedefinieerd. Uiteraard is er sprake van een interactie tussen de verschillende besturingslagen. De fasen zijn in feite onderdeel van een regelcyclus.

10.4.2 regelcyclus

De besturing van het railverkeerssysteem wordt gezien als een regelcyclus. Deze cyclus wordt naarmate de termijn tot het leveren van de verkeersdienst verstrijkt steeds verfijnder, omdat de vrijheidsgraden steeds verder afnemen. Elke fase in de regelcyclus vereist een instrumentarium wat is toegespitst op de aard van de in die fase aanwezige vrijheidsgraden.

In het huidige, statische, railverkeersmanagement ligt de nadruk op de open regelkring waarbij de besturing vooral wordt gebaseerd op historische gegevens. Bij Dynamisch Railverkeersmanagement worden terugkoppelingen toegevoegd: de informatie over de actuele toestand speelt een belangrijke rol bij het vaststellen van maatregelen. Ook de terugkoppeling van de resultaten van het operationele management (de performance van de deelsystemen) naar de tactische en strategisch besturingsniveaus is een aspect van de gesloten regelkring.

10.4.3 systematiek voor ontwerpprocessen

In het besturingsmodel is het ontwerpen van een plan voor de levering van de diensten per laag een belangrijke activiteit. Dit kan op een systematische wijze gebeuren door een ontwerpmethodologie toe te passen. Voor het systematisch aanpakken van een ontwerpprobleem dienen de volgende aspecten geïdentificeerd te worden:

- doel van het ontwerp (specificaties);
- ontwerpvariabelen die verschillende waarden kunnen worden gegeven (“de knoppen waaraan kan worden gedraaid”);
- randvoorwaarden waaraan het ontwerp moet voldoen;
- een methode om een ontwerp te kunnen maken;
- beoordelingscriteria om de alternatieve ontwerpen te kunnen beoordelen.

De ontwerpsystematiek speelt, onder meer, een rol bij de analyse van het proces van het ontwerp van plannings, wat een belangrijk aspect van railverkeersmanagement uitmaakt.

In de twee volgende paragrafen worden tegen de achtergrond van bovenstaande modellen verbeteringsmogelijkheden voor het railverkeersmanagement gememoreerd. Eerst wordt ingegaan op vernieuwingen binnen het kader van de huidige statische werkwijze (10.5). Vervolgens wordt Dynamisch Railverkeersmanagement, een innovatief besturingsconcept, samengevat (10.6).

10.5 Railverkeersmanagement: verbeteringspotentieel statische werkwijze

De analyse van het railverkeersmanagement in deze dissertatie met behulp van de conceptuele modellen uit de vorige paragraaf levert mogelijkheden voor het verbeteren van de huidige, statische, werkwijze. Eerst wordt ingegaan op vernieuwingen die het gehele railverkeerssysteem betreffen, vervolgens worden het verbeteringspotentieel ten aanzien van de onderscheiden deelsystemen (lagen) van het railverkeerssysteem besproken.

10.5.1 integraal railverkeersmanagement

Evenals in het luchtverkeerssysteem nemen de milieu- en veiligheidsaspecten een steeds prominenter plaats in als randvoorwaarden bij de productie van railverkeersdiensten. Dit pleit ervoor om deze aspecten in het “technische” railverkeersmanagement te integreren. Bij het definiëren van de capaciteit en de functionaliteit van de verkeersmiddelen dienen de verschillende capaciteitsaspecten in evenwicht te zijn. Een grote technische capaciteit heeft immers geen waarde als deze om milieuredenen niet kan worden benut.

Om de potenties van marktwerking zoveel mogelijk te benutten dient de overheid¹⁷ zich zoveel mogelijk te beperken tot het vaststellen van de randvoorwaarden. Het internaliseren van de externe kosten voor alle verkeerssystemen is hierbij een belangrijke stap. Het (integraal) beprijzen van het gebruik van de capaciteit kan voorts leiden tot een efficiënte benutting en tot innovatieve oplossingen op het gebied van de technische, milieu- en veiligheids capaciteit.

10.5.2 toepassen van regelcyclus en ontwerpsystemathiek

Vanwege de lange doorlooptijden bij de aanpassing van de verkeersmiddelen en de lange afschrijftermijnen, bestrijkt het strategisch railverkeersmanagement een lange periode. Allengs dringt het besef door dat de (verre) toekomst maakbaar noch voorspelbaar is. Dit betekent dat bij het strategische railverkeersmanagement moet worden overgeschakeld van blauwdruk/projectplanning, zoals bij Rail 21, naar een procesbenadering. De in deze dissertatie geïntroduceerde Netvisie-methodologie vormt hiervoor een eerste aanzet.

Het benodigde instrumentarium voor een globale, strategische, analyse van de capaciteit van met name de infrastructuur is echter nog niet uitontwikkeld. Ook voor de volgende stappen in de regelcyclus (tactisch en operationeel railverkeersmanagement) is een nieuw instrumentarium nodig om minder afhankelijk te zijn van een blauwdruk voor de productie van verkeersdiensten (een uitgewerkte dienstregeling) als referentiekader voor de planning van de inzet van verkeersmiddelen.

In de regelcyclus dient de terugkoppeling van de feitelijke uitvoering van de levering van diensten naar de planning een prominentere plaats in te nemen dan momenteel het geval is. Dit is enerzijds van belang om de waarden van de ontwerpvariabelen¹⁸ continu te toetsen en te nuanceren en anderzijds om de effectiviteit van de ontwerpmethodologie als geheel te blijven monitoren. Het registreren van de performance is hiervoor een onmisbare basis.

10.5.3 verkeersdiensten scheiden van vervoerdiensten

De levering van verkeersdiensten is bij de spoorwegen vooralsnog sterk geïntegreerd met de levering van vervoerdiensten. In 10.3 is reeds de meerwaarde van het onderscheiden van verkeers- en vervoerdiensten besproken. Dit kan gevolgen hebben voor de optimale organisatie van de productie van de verkeersdiensten. Bezien zou moeten worden of, bijvoorbeeld bij de inzet van locomotieven en machinisten, een efficiencyverbetering kan worden bereikt als een producent van railverkeersdiensten niet uitsluitend aan één vervoersysteem zou leveren¹⁹.

Het bieden van een samenhangend *vervoernetwerk* betekent niet automatisch dat dezelfde netwerksamenhang vereist is voor een efficiënte levering van *verkeersdiensten*. Zo moet niet bij voorbaat worden uitgesloten dat met verkeersdiensten (het rijden van de treinen) die door verschillende operators worden geleverd, een adequaat samenhangend vervoernetwerk met uitgaande (intermodale) overstapmogelijkheden kan worden opgebouwd. Dit zou gevolgen

¹⁷ Of liever: overheden.

¹⁸ Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht kan worden aan de halteertijd die in de planning wordt gehanteerd: moet deze worden gedifferentieerd naar type station, type trein, moment van de dag enz.?

¹⁹ Dit is bekend uit de tijd dat NS nog één bedrijf was: machinisten en bepaalde locomotieven werden zowel voor goederen- als voor reizigerstreinen ingezet. Het verschil met die situatie zou zijn dat de treinen niet alleen voor NS maar ook voor andere vervoeroperators zouden kunnen worden gereden.

kunnen en moeten hebben voor het definiëren van concessies voor “het hoofdrailnet”. Een (bedrijfs)economisch analyse om te bezien of de voordelen van een vorm van marktwerking opwegen tegen netwerkvoordelen bij de levering van diensten, valt echter buiten het kader van deze dissertatie.

10.5.4 toetsen van inzetplannen van verkeersmiddelen op stabiliteit

Het verkeersplan²⁰ is het plan voor de levering van verkeersdiensten/vervoerdiensten die in een netwerk samenhangen. De mate waarin het verkeersplan kan worden gerealiseerd hangt nauw samen met de uitvoerbaarheid van de (netwerk)plannen voor de inzet van de verschillende (verkeers)middelen. Het is voor een goede performance vereist dat het verkeersplan voldoende bestand is tegen verstoringen van buiten het systeem. De eerste voorwaarde hiervoor is dat de samenstellende netwerkplannen (het netwerk aanbod aan verkeersdiensten plus de afzonderlijke plannen voor de inzet van infrastructuur, materieel en personeel) intrinsiek stabiel zijn. Het analyseren van de complexe relaties binnen elk netwerkplan met behulp van de max-plus algebra lijkt een kansrijke aanpak voor een dergelijke stabiliteitstoets. Voor het toetsen van de stabiliteit van het verkeersplan als geheel, dus inclusief de afhankelijkheden tussen de verschillende samenstellende plannen onderling, lijkt vanwege de complexiteit van de afhankelijkheden simulatie het aangewezen instrument.

10.5.5 technisch-economische optimum bij beheer railverkeersmiddelen

Innovatie in de railverkeersmiddelen betekent dat –evenals bij andere verkeerssystemen– bij het materialiseren van verkeersfuncties het technisch-economische optimum verschuift van mens naar techniek, en van plaatsgebonden (infrastructuur) naar mobiel (materieel). Het daadwerkelijke bereiken van dit optimum kan worden bevorderd door het onderbrengen van railverkeersinfrastructuur en railverkeersmaterieel en –personeel in één deelsysteem, te weten de systeemlaag railverkeersmiddelen. Het doorberekenen van de integrale kosten van de levering van het geheel van de verkeersfuncties brengt met zich mee dat de (strategische) manager van deze systeemlaag gestimuleerd wordt om optimale oplossingen te creëren. Hierbij zal hij de kosten van de instandhouding en van de verminderde beschikbaarheid van de middelen ten gevolge van instandhoudingsactiviteiten en van storingen meewegen.

10.5.6 differentiatie van diensten door en binnen het railverkeerssysteem

In 10.3.1 is reeds betoogd dat op de segmentatie van de verkeersmarkt die zou moeten leiden tot een gedifferentieerd aanbod aan verkeersdiensten. Omdat de eisen van de verschillende marktsegmenten steeds meer uiteen gaan lopen, is differentiatie van het gebruik van het spoorwegnet geboden.

Met het differentiëren van het spoorwegnet²¹ worden zowel de nadelen van een universeel bruikbaar spoorwegnet (te duur, omdat de som van alle functionaliteiten²² niet overal nodig is) als van dedicated deernetten (te duur, omdat elke deelmarkt een eigen infrastructuurnetwerk

²⁰ In de huidige statische productiewijze is dit de dienstregeling.

²¹ Zoals is uitgewerkt in de Netvisie-methodologie.

²² Zoals hoge snelheid, hoge aslasten, korte halteafstanden enz..

vergt) ondervangen. Op deze manier kan het optimum gevonden worden tussen flexibiliteit bij benutten enerzijds en de kosten van (het gebruik van) de infrastructuur anderzijds.

Het differentiëren van het spoorwegnet vereist strategische keuzes: welke (combinaties van) deelmarkten zullen in de toekomst door welk deel van het spoorwegnet gefaciliteerd moeten kunnen worden. Op basis van deze (combinaties van) deelmarkten kunnen een beperkt aantal stabiele vormen van (samen)gebruik van de verkeersmiddelen worden gedefinieerd: verkeersprofielen. Hiermee ontstaan gedifferentieerde specificaties voor de verkeersmiddelen (met name voor wat betreft infrastructuur en materieel).

In de systeemlaag beheer verkeersmiddelen worden gedifferentieerde verkeersmiddelenconcepten geformuleerd om aan deze specificaties te kunnen voldoen. Een verkeersmiddelenconcepten vormt het kader voor een combinatie van infrastructuur en materieel waaraan de samenstellende technische deelsystemen, aangevuld met de bediening ervan, moeten voldoen om het gedifferentieerde gebruik ervan mogelijk te maken.

In de tactische fase stelt het railverkeersmanagement op grond van de behoefte vast welk –in de strategische fase gedefinieerd– verkeersprofiel op welk deel van de dag/week/jaar en voor welk deel van het net wordt toegepast. De benuttingsbalans (zie ook 10.3.2) maakt daarbij de gekozen afweging tussen aantallen treinen, snelheidsverschillen, gemiddelde snelheid en vertragingsevoeligheid inzichtelijk. Met dit instrument kunnen de verkeersmiddelen (met name de infrastructuur) optimaal worden ingezet zonder dat de railverkeersmanager zijn monopolie aanwendt om de afnemers (vervoerders²³) te zeer te beperken in de definitie van hun (vervoer)product.

10.6 Railverkeersmanagement: van statisch naar dynamisch

Hierboven zijn vernieuwingen binnen het kader van de huidige, statische werkwijze samengevat. In deze paragraaf wordt innovatie van het gehele railverkeerssysteem bepleit Dynamisch Railverkeersmanagement.

10.6.1 statisch versus dynamisch railverkeersmanagement

Statisch railverkeersmanagement gaat uit van een perfecte uitvoering van een integraal, gedetailleerd en star plan (dienstregeling). De Japanse spoorwegen gelden daarbij als het ultieme voorbeeld. Dynamisch Railverkeersmanagement, daarentegen, wordt gekenmerkt door het managen van onzekerheden. Het plan bevat zoveel mogelijk vrijheidsgraden, zodat bij de uitvoering optimaal kan worden geanticipeerd op de momentane situatie.

Het Japanse model kan als een vrijwel ideale toepassing van statisch railverkeersmanagement worden beschouwd. De railverkeerssystemen in Japan functioneren als perfect beheerste machinerieën. De levering van de verschillende (half)producten²⁴ is nauwkeurig afgestemd door middel van een integrale, statische, planning van alle processen. De sporadisch optredende

²³ Met de aanduiding vervoerders wordt geduid op de producenten van de gecombineerde verkeers- en vervoerdiensten.

²⁴ Bedoeld zijn de diensten die in het Lagenmodel Verkeer & Vervoer worden onderscheiden.

verstoringen worden onmiddellijk weggeregeld, waardoor het plan zeer punctueel wordt uitgevoerd. Omdat daardoor slechts zeer kleine marges en buffers behoeven te worden ingebouwd kan een zeer hoge productiviteit worden gerealiseerd. Het Japanse model combineert een hoge kwaliteit voor de eindgebruikers met een hoge productiviteit.

Voorwaarden voor het functioneren van een railverkeerssysteem naar Japans model zijn:

- een verticale integratie van de lagen van het railverkeerssysteem;
- naar Europese begrippen extreem gedisciplineerd personeel (en reizigers!);
- een zeer hoge bedrijfszekerheid van de technische verkeersmiddelen, gepaard gaande met hoge kosten.

Daarbij is een geringe rol van het minder goed van tevoren te plannen goederenvervoer een gunstige bijkomstigheid. Aan deze voorwaarden lijkt ons inziens in Europa niet te kunnen worden voldaan.

Dynamisch Railverkeersmanagement streeft een goede performance en een hoge productiviteit na door het hanteren van een ander uitgangspunt. De processen worden, indien niet noodzakelijk, niet precies gepland maar er worden zoveel mogelijk vrijheidsgraden ingebouwd om afhankelijk van de momentane situatie de uitvoering van de processen te kunnen fijnregelen. De noodzakelijke afstemming tussen de diverse processen gebeurt niet via deterministische tijdstippen en routes, maar via tijd/wegvensters. Hetzelfde geldt voor het regeldoel: in de dynamische werkwijze is het regeldoel voor elke trein geformuleerd als een tijd/wegvenster, terwijl in de statische werkwijze de oorspronkelijke (statische) dienstregeling als regeldoel geldt.

10.6.2 achterliggende theoretische modellen

Dynamisch Railverkeersmanagement stoelt op de toepassing van de in 10.4 besproken modellen:

Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Innovaties maken een grotere kans op succes als ze in een goed afgebakend deelsysteem plaatsvinden waarbij de relaties met andere deelsystemen helder zijn. Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer biedt een dergelijke decompositie.

Besturingsmodel

De hoofdactiviteiten bij het railverkeersmanagement zijn geordend in een strategische, tactische en operationele fase. Deze ordening van hoofdactiviteiten vormen ook in het Dynamisch Railverkeersmanagement de basis van de besturing, zij het dat de invulling van de hoofdactiviteiten verandert.

Regelcyclus

Het belangrijkste aspect van Dynamisch Railverkeersmanagement is de *feedback loop* uit de regelcyclus. De terugkoppeling heeft niet alleen betrekking op het anticiperen op de momentane verkeerssituatie, maar ook op de momentane kaders van het verkeersplan, die worden gedictieerd door het (actuele) vervoerplan.

Ontwerpsystematiek

In het Dynamisch Railverkeersmanagement speelt het verkeersplan een centrale rol. In een cyclisch proces, waarbij de stappen uit de ontwerpsystematiek worden doorlopen, wordt het verkeersplan geactualiseerd.

10.6.3 samenvatting van het concept Dynamisch Railverkeersmanagement

De innovaties die tezamen Dynamisch Railverkeersmanagement mogelijk maken kunnen worden geordend in zogenoemde Ambitieniveaus. Deze ordening volgt de indeling van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer:

- Ambitieniveau I: vernieuwingen in de systeemlaag verkeersmiddelen;
- Ambitieniveau II: vernieuwingen in de systeemlaag inzet infrastructuur;
- Ambitieniveau III: vernieuwingen in de systeemlaag levering verkeersdiensten.

De vernieuwingen zijn cumulatief: elk Ambitieniveau bouwt voort op de functionele verbeteringen van een lager Ambitieniveau. De drie Ambitieniveaus worden hieronder kort besproken.

Ambitieniveau I: vernieuwing in verkeersmiddelen

De vernieuwing in de verkeersmiddelen beoogt op het verschuiven van de levering van verkeersfuncties van infrastructuur naar materieel en van mens naar techniek. Door de toepassing van ICT kan een rijweg op het juiste moment (afhankelijk van de momentane verkeerssituatie) op maat (afhankelijk van de treinkarakteristieken) aan een trein worden toegewezen.

Hierdoor komen de volgende instrumenten ter beschikking van het railverkeersmanagement:

- treinen kunnen elkaar sneller volgen;
- treinen kunnen elkaar soepeler inhalen;
- treinen kunnen elkaar soepeler kruisen.

Het gevolg is dat voor dezelfde hoeveelheid treinbewegingen minder infrastructuur benodigd is. In plaats van een integrale uitbreiding naar vier sporen of het aanleggen van een ongelijkvloerse kruising, bijvoorbeeld, kan een partiële viersporigheid ter plaatse van inhaalstations en een gelijkvloerse kruising soelaas bieden, uiteraard tot een bepaalde hoogte. Uit een casestudie blijkt dat de besparing op de uitbreidingen van de infrastructuur over het geheel van de verkeersmiddelen gezien ruimschoots opweegt tegen de benodigde kosten voor de inbouw van technische systemen in het materieel.

Ambitieniveau II: vernieuwing in inzet infrastructuur

De vernieuwing in de inzet van infrastructuur beoogt op de optimalisatie van de treinenloop op een baanvak of in een station. Dominant aspect van Ambitieniveau II is het managen van de tijd/wegvensters van treinen in hun onderlinge samenhang. Hiervoor is vereist dat de dienstregeling met vaste tijdstippen en routes als een simultane weergave van het vervoeraanbod en het geplande gebruik van de infrastructuur wordt vervangen door respectievelijk een vervoerplan en een inzetplan voor infrastructuur. Het vervoerplan bevat ten behoeve van de communicatie met de reizigers (en verladers) de vroegst mogelijke vertrekmomenten en laatst mogelijke aankomstmomenten. In het inzetplan voor infrastructuur zijn de vrijheidsgraden in tijd en route voor elke trein in de vorm van tijd/wegvensters gedefinieerd. Uiteraard zijn de vensters daarbij afhankelijk van de kaders die in het vervoerplan zijn gedefinieerd.

Door het introduceren van de tijd/wegvensters is de treinenloop niet exact van tevoren vastgelegd. De verkeersleiding krijgt nieuwe (te automatiseren) instrumenten om de treinenloop te regelen binnen de vensters, dat wil zeggen zonder de in het vervoerplan gestelde kaders te overschrijden:

- opsparen van de marge in de rij- en halteertijd van treinen;
- uitstel van de oplossing van conflicten tussen treinen;

- dynamisch vaststellen van de volgorde van de treinen op conflictpunten;
- veelvuldig toepassen van inhalingen;
- dynamisch vaststellen van de route in wisselcomplexen;
- flexibel gebruik van perronsporen.

Ambitieniveau III: vernieuwing in levering verkeersdiensten

Ambitieniveau III -vernieuwingen zijn gericht op het faciliteren van nieuwe vervoerconcepten en de optimalisatie van de treinenloop in netwerken. Nieuwe concepten, waarbij flexibiliteit en vraagafhankelijk produceren centraal staan, bieden nieuwe kansen voor het goederenvervoer per rail en wellicht ook op de verkeersmarkt voor collectief reizigersvervoer. Bij het vraagafhankelijk produceren van verkeersdiensten worden de routes en tijden van de treinen in het netwerk dynamisch toegewezen. Het betreft in feite een dynamisch optimalisering van de actuele benuttingsbalans bij het gebruik van de infrastructuur (zie 10.3.2).

Ambitieniveau III omvat, afhankelijk van de zich ontwikkelende behoefte vanuit de vervoersystemen, de volgende instrumenten voor het railverkeersmanagement:

- verkeersdienst op afroep geleverd;
- flexibel perrongebruik;
- doorstroomstation;
- doorstroombaankvakken.

10.6.4 samenvatting verbeteringspotentieel Dynamisch Railverkeersmanagement

De verbeteringen ten opzichte van het statische railverkeersmanagement hebben betrekking op de performance van het railverkeerssysteem. Met casestudies is aannemelijk gemaakt dat de verkeersdiensten goedkoper, betrouwbaarder en flexibeler kunnen worden geleverd:

goedkoper

door het beter benutten van de (flessenhalzen in de) verkeersmiddelen;

betrouwbaarder

door het sturen op met de afnemers overeengekomen productiekaders;

door het automatisch regelen binnen de kaders;

door het zoveel mogelijk gebruik maken van beschikbare marges in rij- en halteringstijden en van buffertijden tussen treinen;

flexibeler

door het creëren van zo veel mogelijk vrijheidsgraden in het inzetplan voor de infrastructuur;

door het zo lang mogelijk handhaven van vrijheidsgraden in het inzetplan voor de infrastructuur.

Voor de eindgebruikers (de afnemers van vervoerdiensten: reizigers en verladers) betekent dit dat de vervoerdiensten goedkoper, betrouwbaarder en flexibeler worden. Evenzeer van belang is dat met de nieuwe mogelijkheden van het railverkeerssysteem nieuwe vervoerconcepten mogelijk worden die wellicht beter aansluiten bij de wensen van de eindgebruikers. Voorts kan Dynamisch Railverkeersmanagement het railverkeerssysteem een betere concurrentiepositie op de verkeersmarkt bezorgen, omdat het door de verbetering van de performance interessant kan worden voor andere dan de traditioneel op het railverkeerssysteem aangewezen vervoersystemen.

10.7 Verder onderzoek

In de bovenstaande paragrafen zijn aangrijpingspunten voor verder onderzoek aangestipt. Hieronder worden ze gememoreerd.

verder ontwikkelen van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer beschrijft de aanbodzijde van het verkeers- en vervoersysteem en de relatie met de vraagzijde (vervoermarkt) maar niet de vraagzijde zelf. In het Lagenmodel ontbreekt daarom de relatie tussen verplaatsingsbehoefte en ruimtelijke spreiding van economische activiteiten die mede wordt veroorzaakt door de structuur van de verkeersinfrastructuur. Het toevoegen van deze relatie zou de toepassingsmogelijkheden van het Lagenmodel vergroten, maar herbergt het gevaar in zich dat het model te complex wordt.

Secundaire diensten zijn de diensten zonder verplaatsingscomponent die tezamen met de primaire diensten in de vorm van een dienstenpakket kunnen worden aangeboden aan de eindgebruikers. Ze kunnen een belangrijke rol spelen in de meerwaarde van een systeemlaag. Dit onderdeel van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is in deze dissertatie niet verder uitgewerkt.

economische analyse van de verschillende markten

Een economische analyse van de markten tussen de verschillende systeemlagen zou informatie kunnen opleveren over vragen als:

- Is er ten aanzien van één of meerdere markten sprake van een natuurlijk monopolie?
- Onder welke voorwaarden wegen de extra transactiekosten, waarmee het toevoegen van een nieuwe laag gepaard gaat, op tegen de besparingen door het produceren van een nieuwe dienst (of een combinatie van diensten)?
- Wat is uit bedrijfseconomisch en organisatorisch oogpunt de optimale omvang van de activiteiten (diensten) voor een bedrijf, in het bijzonder voor wat betreft de netwerkvoordelen bij de levering van verkeersdiensten of vervoerdiensten?

uitwerken rol van de overheid op basis van Lagenmodel Verkeer & Vervoer

Gezien het maatschappelijke belang van verkeer en vervoer, is en blijft de rol van de overheid ten aanzien van verkeers- en vervoerssystemen een belangrijke factor. Met behulp van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer zou deze rol verder uitgewerkt kunnen worden, waarbij de volgende aspecten aandacht verdienen:

- het analyseren van de verschillende markten in relatie tot de mogelijke vormen van overheidsinterventie per systeemlaag;
- de decentralisatie van de overheidsrol per systeemlaag uitsplitsen naar het schaalniveau waarop de diensten worden geproduceerd;
- het beantwoorden van de vraag onder welke omstandigheden het beschikbaar stellen van verkeersmiddelen een publieke of private taak zou moeten zijn;
- het operationaliseren van het bewaken van randvoorwaarden ten aanzien van milieu- en veiligheid in beleidsinstrumenten;
- het beargumenteren van een optimale afbakening van concessies voor het leveren van verkeers- en vervoerdiensten in netwerken.

uitwerken operationele vervoerleiding

Het leveren van vervoerdiensten wordt, met name bij het reizigersvervoer over langere afstanden, nog altijd niet gezien als een economische activiteit met een belangrijke meerwaarde. Vooral de operationele vervoerleiding als operationele afnemer van verkeersdiensten staat nog altijd in de kinderschoenen. De begeleiding van individuele vervoerketens tijdens de reis, zoals informatievoorziening en het regelen van vervangend vervoer bij verstoringen, behoeft dringend verbetering. Het verdient aanbeveling om te bezien in hoeverre van het logistieke management bij het (multimodale) goederenvervoer kan worden geleerd.

ontwikkelen strategische toetsen voor de capaciteit van verkeersmiddelen

De wachtrijtheorie is een kansrijke basis voor het toetsen van de capaciteit van verkeersmiddelen in de strategische en wellicht ook tactische fase. De theorie dient uitgebouwd te worden tot een toetsingsinstrument dat voldoet aan de eisen:

- niet gebaseerd op één productiemodel (dienstregeling);
- mogelijkheid voor de analyse van netwerken en van netwerkonderdelen afzonderlijk;
- geschikt voor statisch en dynamisch railverkeersmanagement.

Bovendien moeten de modeluitgangspunten en resultaten plausibel zijn en geijkt met praktijkgegevens.

ontwikkelen instrumentarium voor tactisch railverkeersmanagement

In deze dissertatie zijn verkeersprofielen –verschillende vormen van (samen)gebruik van infrastructuur– geïntroduceerd als een instrument voor tactisch railverkeersmanagement. Het concept dient verder geoperationaliseerd te worden, waarbij belangrijke aandachtspunten zijn:

- de balans tussen enerzijds voldoende zekerheid aan de afnemers bieden ten aanzien van de beschikbare capaciteit en anderzijds zoveel mogelijk vrijheidsgraden voor het operationeel railverkeersmanagement bewaren;
- het creëren van zoveel mogelijk ruimte voor marktmechanismen: de afnemers dienen de uiteindelijke inzet van de verkeersmiddelen te bepalen en te betalen;
- het uitwerken van een methodiek voor de beprijzing van het gebruik van de infrastructuur met verkeersprofielen als mogelijke basis.

ontwikkelen regelalgoritmes voor de afwikkeling van railverkeer

In het concept Dynamisch Railverkeersmanagement wordt een belangrijk deel van het regelen van het verkeer geautomatiseerd, namelijk voor zover de kaders van het verkeersplan gerespecteerd kunnen worden. Voor de optimale afwikkeling van het railverkeer dienen algoritmes ontworpen te worden waarin de onzekerheden, respectievelijk de aantallen vrijheidsgraden zijn verdisconteerd. Deze onzekerheden zullen groter zijn naarmate het realiseringsmoment verder verwijderd is in tijd of plaats. Dit betekent dat de horizon (in tijd en/of afstand) een rol dient te spelen bij het ontwerpen van regelalgoritmen.

definiëren nieuwe flexibele en vraagafhankelijke vervoerconcepten

Met Dynamisch Railverkeersmanagement kunnen verkeersdiensten worden geleverd die flexibeler zijn en vraagafhankelijk. Analyse van toekomstige vervoermarkten zal aangeven of er behoefte zal zijn aan nieuwe vervoerconcepten die van deze nieuwe railverkeersdiensten gebruik kunnen maken. Het definiëren van dergelijke vervoerconcepten zal de eisen aan het Dynamisch Railverkeersmanagement kunnen aanscherpen en daarmee richtinggevend kunnen en moeten zijn voor de verdere ontwikkeling ervan.

operationaliseren van flexibiliteit in tijd/wegvensters

Een kansrijk aspect van tijd/wegvensters, namelijk de vertaling van de mate van tijd- en routegevoeligheid van verkeersdiensten in de grootte van de vensters, is in deze dissertatie niet uitgewerkt. Dit aspect is van belang omdat het als basis voor de kosten van een verkeersdienst kan dienen en omdat het “verborgen marges” in de specificaties aan het railverkeerssysteem expliciet maakt. Deze marges kunnen de regelmogelijkheden en daarmee de performance van het railverkeerssysteem vergroten.

Begrippen en definities

Een *cursivering* verwijst naar een ander lemma in de lijst.

Actuator – middel waarmee in het functioneren van het bestuurd systeem kan worden ingegrepen.

Basisuurpatroon – *dienstregelingstructuur* die zich in principe elk uur van de dag (6.00 – 24.00 uur) herhaalt; planfase bij het ontwerp van een dienstregeling.

Benuttingsaspecten – aspecten van de inzet (benutting) van infrastructuurcapaciteit in een bepaalde periode: (1) intensiteit (aantal verkeersdiensten), (2) differentiatie (heterogeniteit van de verkeersdiensten, snelheidsverschillen), (3) verwacht afwikkelingsniveau (gemiddelde snelheid), en (4) verstoring gevoeligheid (gevoeligheid van het afwikkelingsniveau voor (primaire) verstoringen in de beschikbaarheid van de verkeersmiddelen).

Benuttingsbalans – weergave in een diamantdiagram van de waarde die elk *benuttingsaspect* in een bepaald *benuttingsprofiel* aanneemt.

Benuttingsprofiel – inzet van infrastructuurcapaciteit gedurende een bepaalde periode ten behoeve van een bepaalde combinatie van verkeersdiensten met bijbehorende kwaliteitskenmerken.

Bijsturing – aanpassing van de *dienstregeling* (*dagplan*) tijdens de uitvoering.

Capaciteit – vermogen om diensten met een bepaalde kwaliteit te leveren.

Dagplan – detaillering van de *dienstregeling* voor een bepaalde dag; basis voor de uitvoering.

Dienstregeling – plan voor het leveren van *vervoer*- en *verkeersdiensten* en de inzet van de daartoe benodigde middelen.

Dienstregelingsstructuur – ordening van het geplande aanbod van *verkeersdiensten*.

Dienstregelpunt – plaats in het spoorwegnet waar het railverkeer geregeld kan worden door het instellen (toewijzen aan een bepaalde *verkeersdienst*) van *rijwegen*.

- Dynamisch Railverkeersmanagement – concept voor de besturing van het *railverkeerssysteem*, waarbij terugkoppeling een dominante rol speelt.
- Gesloten regelkring – regelcyclus, waarbij informatie over de actuele toestand van het systeem wordt gebruikt voor het vaststellen van de te treffen maatregelen.
- Intermodaal vervoer – vorm van *vervoer*, waarbij van meer dan één *verkeerssoort* gebruik wordt gemaakt.
- Jaarplan – uitwerking van de *dienstregeling* voor een bepaald jaar; basis voor het jaarlijkse spoorboekje en het ontwerp van een efficiënte materieel- en personeelsinzet.
- Knooppuntdienstregeling – *dienstregelingstructuur* opgebouwd rond systeemknopen waar alle aansluitingen tussen *verkeersdiensten* zich concentreren rond *symmetrietijden*.
- Lading – ten behoeve van *vervoer* verpakte goederen.
- Mobiliteit – het geheel van verplaatsingen van personen of goederen.
- Modaliteit – zie *Verkeerssoort*.
- Netwerk – systeem opgebouwd uit knopen (knooppunten) en pijpen (takken).
- Netwerkdienstregeling – *dienstregeling*, waarbij de *verkeersdiensten* in knooppunten aan elkaar zijn gerelateerd.
- Open regelkring – regelcyclus, waarbij de te treffen maatregelen worden vastgesteld op basis van historische gegevens.
- Overstapstation – *station* waar reizigers tussen twee of meer verkeersdiensten worden uitgewisseld.
- Overslagstation – *station* waar *ladingen* tussen twee of meer verkeersdiensten worden uitgewisseld.
- Primaire verstoring – verstoring van de levering van een *verkeersdienst* door het niet of onvoldoende functioneren van een *verkeersmiddel* dat op het moment van optreden van de functiestoring is toegewezen aan die *verkeersdienst*.
- Punctualiteit van railverkeer – mate waarin railverkeersdiensten volgens de afspraken met afnemers (*vervoersystemen*) worden geleverd.
- Railverkeersmanagement – besturing van het *railverkeerssysteem*.
- Railverkeerssysteem – systeem dat *verkeersdiensten* produceert op een railnetwerk, inclusief de daartoe benodigde *verkeersmiddelen*.
- Rijweg – eenheid van verkeersinfrastructuurcapaciteit.
- Rijpad – zie *Trajectorie*.
- Secundaire verstoring – verstoring van de levering van een *verkeersdienst* die ontstaat door een verstoring van een gerelateerde *verkeersdienst* of door het niet of verminderd beschikbaar zijn van een *verkeersmiddel* vanwege een eerder opgetreden *primaire verstoring*.
- Sleepdienst – zie *Verkeersdienst*.
- Slot – periode met een vooraf gedefinieerde tijdsduur gedurende welke middelen aan een of meer *verkeersdiensten* worden toegewezen.
- Statisch railverkeersmanagement – vorm van *railverkeersmanagement*, waarbij de *open regelkring* een dominante rol speelt.
- Station – plaats waar *zending* en *voertuig* worden gekoppeld, respectievelijk ontkoppeld.
- Symmetrie – *dienstregelingstructuur*, waarbij de *verkeersdiensten* in de ene richting dezelfde ordening vertonen als in de andere richting.
- Symmetrietijd – tijdstip waarop in *symmetrie* gelegen *verkeersdiensten* elkaar ontmoeten.

Terminal – zie *Station*.

Tijdligging – geplande vertrek– doorkomst– of aankomstmoment van een *verkeersdienst* ter plaatse van een *station* of een ander *dienstregelpunt*.

Trajectorie (= rijpad = sequentie van *rijwegen* elk voorzien van een *slot*) – pad in een (vierdimensionale) tijd–ruimte, eenheid van inzet van *verkeersinfrastructuur*.

Transferium – *station* dat door voertuigen uit minimaal twee *verkeerssystemen* wordt aangedaan zodat de *zending* op een ander *voertuig* kan overgaan (om daarmee een dienst van een ander *verkeerssysteem* te kunnen afnemen).

Treinpad (= *trajectorie* plus ingezette tractie en bediening) – eenheid voor de inzet van het geheel van *railverkeersmiddelen* nodig voor de productie van een *railverkeersdienst*.

Verkeer – het geheel van bewegende (of stilstaande) *voertuigen*, die al dan niet zijn voorzien van één of meer *zendingen*.

Verkeerscapaciteit – maximaal aantal *verkeersdiensten* dat in een bepaalde tijd–ruimte kan worden geleverd.

Verkeersdienst (= Sleepdienst) – de verplaatsing van een *verkeersobject*.

Verkeersfuncties – functies nodig voor het produceren van *verkeersdiensten*: (1) dragen, (2) voortstuwten (3), sturen en (4) veilige weg bieden.

Verkeersinfrastructuur (= plaatsgebonden deel van de *verkeersmiddelen*) – geheel van vaste (plaatsgebonden) installaties ten behoeve van *verkeersfuncties*.

Verkeerskenmerken – set van eisen aan de *verkeersfuncties* die nodig zijn voor het realiseren van een *verkeersprofiel*.

Verkeersmaterieel (= mobiele deel van de *verkeersmiddelen*) – geheel van mobiele (niet–plaatsgebonden) installaties ten behoeve van *verkeersfuncties*.

Verkeersmiddel – middel nodig voor het produceren van *verkeersdiensten*; levert *verkeersfunctie(s)*.

Verkeersmiddelconcept – samenhangende combinatie van *verkeersinfrastructuur*, –*materieel* en –*personeel* die gezamenlijk in de gedifferentieerde verkeerskenmerken kunnen voorzien.

Verkeersobject – eenheid die verplaatst wordt in een *verkeerssysteem*; een aantal gekoppelde wagons al dan niet voorzien van *zending*.

Verkeerspad – pad in de vierdimensionale tijdruimte, voorzien van tractie en bediening; eenheid voor de inzet van het geheel van *verkeersmiddelen* nodig voor de productie van een *verkeersdienst*.

Verkeerspersoneel (= personele deel van de *verkeersmiddelen*) – geheel van personen die *verkeersfuncties* vervullen.

Verkeersplan – plan voor de levering van *verkeersdiensten* in een bepaalde periode.

Verkeersprofiel (= vorm van (samen)gebruik van een set *verkeersmiddelen*) – combinatie van *treinpaden* die elkaar tijdens een bepaalde periode niet uitsluiten.

Verkeerssoort (= modaliteit) – verkeerssysteem, genoemd naar de vorm van de *verkeersfuncties* dragen en sturen.

Verkeerssysteem – systeem dat verplaatsing toevoegt aan een *verkeersobject*, dat al dan niet is voorzien van een *zending*.

Verkeersvraag – behoefte van vervoerproducent aan *verkeersdiensten*.

Vervoer – geheel van al dan niet in *voertuigen* voortbewogen (of stilstaande) *zendingen* (ladingen of personen).

Vervoerdienst – verplaatsing van een *zending* (*lading* of een persoon).

Vervoerfuncties – functies nodig voor vervoer: (1) koppelen van de *zending* aan het *vervoermaterieel* tot *verkeersobject*, (2) *verkeersdienst* (het verplaatsen van de *zending* + *vervoermiddel*) en (3) scheiden van *vervoermiddel* en *zending*.

Vervoerinfrastructuur (= vaste deel van de *vervoermiddelen*) – geheel van vaste (plaatsgebonden) installaties ten behoeve van *vervoerfuncties*.

Vervoermaterieel (= mobiele deel van de *vervoermiddelen*) – geheel van mobiele (niet-plaatsgebonden) installaties ten behoeve van *vervoerfuncties*.

Vervoermiddel – middel nodig voor vervoer van *zendingen*, levert *vervoerfuncties*.

Vervoerobject (= *zending*) – eenheid die vervoerd wordt (één of meer *ladingen*, één of meer personen).

Vervoerpersoneel (= personele deel van de *vervoermiddelen*) – geheel van personen die *vervoerfuncties* vervullen.

Vervoersysteem – systeem dat verplaatsing toevoegt aan een *zending*.

Voertuig – fysieke eenheid gevormd door het mobiele (niet-plaatsgebonden) deel van het *verkeersmiddel* en/of *vervoermiddel*.

Zending – zie *Vervoerobject*.

Referenties

- AAS, 1999. Statistical review 1999. Amsterdam Airport Schiphol, Schiphol.
- Arcadis, 1999. Opvolgtijdberekeningen. Arcadis, Amersfoort.
- AVV, 1999. Mobiliteitsatlas. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.
- Banverket, 2000. *Website*, www.banverket.se.
- Behr, F. e.a., 1995. De contouren van de vervoerfabriek. Intern rapport. Corporate Development, Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.
- Berechman, J., 1993. Public Transit Economics and Deregulation Policy. North Holland, Amsterdam.
- Bertrand, J.W.M. e.a., 1990. Produktiebeheersing en material management. Stenfert Kroese, Leiden.
- Boere, S. en E. Vrieze, 1995. NS Verkeersleiding op weg naar voorspelbaarheid. Stageverslag. NS Verkeersleiding / Hogeschool Rotterdam en omstreken. Utrecht/Dordrecht.
- Boerkamps, J.H.K. e.a., 1999. GoodTrip – Evaluatiemodel voor alternatieve concepten van stedelijke distributie. DHV Milieu en Infrastructuur en Technische Universiteit Delft, Amersfoort/Delft.
- Boone, K., 1996. OSI 7-layer model. http://ericgill.mdx.ac.uk/pcdict-OSI_7-layer_model.html
- Bovenberg, A.L. en C.N. Teulings, 1999. Op zoek naar de grenzen van de staat: publieke verantwoordelijkheid tussen contract en eigendomsrecht. In Over publieke en private verantwoordelijkheden. Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, SDU Uitgevers, Den Haag.
- Bovy, P.H.L., e.a., 1995. Vervoersystemen en –modellen. Collegedictaat e20, TU Delft, Delft.
- Braker, J.G., 1993. Algorithms and applications in timed discrete events systems. Dissertatie TU Delft, Delft.
- Bruzelijs, N. e.a., 1994. Swedish Railway Policy – A Critical Study. Chalmers University of Technology, Dpt. Transportation and Logistics, Göteborg.

- Capaciteitsmanagement, 1993. Leidende principes. Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.
- CBS, 1997. Onderzoek verplaatsingsgedrag (OVG) 1990–1996. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen.
- CBS, 1999. Statistisch Jaarboek 1998. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen.
- Charlton, C., R. Gibb en J. Shaw, 1997. Regulation and continuing monopoly on Britain's railways. In *Journal of Transport Geography*, Vol. No. 2, pp. 147–153.
- CPB, 1996. Omgevingsscenario's Lange Termijn Verkenning 1995–2020. Centraal Planbureau, Den Haag.
- Damen, J.T.W., 1994. Flexible Mail Processing – An Application of Internal Postal Engineering. Dissertatie, TU Delft, Delft.
- De Bakker, J., 1994. Een nieuwe methode voor knelpuntanalyse van splitsingen en kruisingen. Afstudeerscriptie, Universiteit van Amsterdam, Amsterdam.
- De Kort, A., 1996. Wachtrijmodellen voor spoorwegknooppunten. Concept rapport. TRAIL Onderzoeksschool, Delft.
- De Kort, A. e.a., 1999. Train Movement Analysis at Railway Stations – Procedures & Evaluation of Wakob's Approach. TRAIL Research School, Delft.
- De Ruijter, R. e.a., 1990. Optimalisatie afwikkeling treinverkeer – knelpunten- en capaciteitsanalyse traject Rotterdam – Den Haag v.v.. Afstudeerscriptie, TU Delft, Delft.
- Deutsches Verkehrsforum, 2000. Idee der Lokpools kommt in Fahrt. Infoletter 7/2000, Berlin.
- Dijkstra, G.J. en R.IJ. Vissers, 1998. Railvisie 21 – een methodiek voor de ontwikkeling van railinfraconcepten. NS Railinfrabeheer, Utrecht.
- Dings, J.M.W., e.a., 1999. Efficiënte prijzen voor het verkeer; raming van maatschappelijke kosten van het gebruik van verschillende vervoermiddelen. Centrum voor Energiebesparing en Schone Technologie, Delft.
- Döbken, W., 1994. Besturingsconcept voor de logistieke organisatie van NSR. Interne notitie NS Reizigers, Utrecht.
- Europese Commissie, 1991. Richtlijn 91/440/EEG van de Raad betreffende de ontwikkeling van de spoorwegen in de Gemeenschap. Publicatieblad L237, Europese Commissie, Brussel.
- Europese Commissie, 1996. A strategy for revitalising the Community's railways (White paper). Europese Commissie, Brussel.
- Europese Commissie, 1997. Railways a needed cultural revolution. DG VII – E3 R&D Modal transport. In *Creating An Adaptable Railway*, Advanced Railway Research Centre, Sheffield.
- Evers, J.J.M. en A.L. Loos, 1995. TRAIL Onderzoeksschool 1994–1999. TRAIL Onderzoeksschool, Delft.
- Faber, J.A. (redactie), 1989. Het spoor – 150 jaar spoorwegen in Nederland. Meulenhoff Informatief, Amsterdam.
- Filarski, R., 1997. Opkomst en verval van vervoerssystemen; de ontwikkeling vanuit een historisch perspectief. In *Tijdschrift Vervoerwetenschap* 97/2, pp.107–132.
- Fisher, A.H., 1997. Verkehrsmanagement – was ist machbar, was ist wünschenswert? Schritte zur weiteren wissenschaftlichen und politischen Fundierung. In *Straßenverkehrstechnik* 3/97, pp. 115–123.
- Fricke, E. en N. Janiak, 1996. "Netz 21" – Mehr Verkehr auf der Schiene. *Eisenbahntechnische Rundschau* 45 (1996) 9, pp. 531–534.

- Fricke, E., 1997. Entwicklung und Perspectieven im Infrastrukturbereich der Deutsche Bahn A.G. Internationales Verkehrswesen (29) 1997, pp. 579–583.
- Fricke, E., 2000. Netz 21 – mit neuer Strategie ins nächste Jahrhundert. Eisenbahningenieur (51) 1/2000, pp. 10–13.
- Gerondeau, C., 1997. Transport in Europe. Artech House Inc., Boston/London.
- Goudappel Coffeng, 2000. Stadsgewestelijk railvervoer: sturen op potenties. Goudappel Coffeng B.V., Deventer.
- Goverde, R.M.P., 1999. Synchroniteit op knooppunten – fase 1: Theoretische verkenning. TRAIL Research School, Delft.
- Goverde, R.M.P., 2000. Delay Estimation and Filtering of Train Detection Data. Proceedings of the 6th Annual Congress 2000, Part 2, No. P2000/3. TRAIL Research School, Delft.
- Gustafson, G.W. en A. Knibbe, 2000. Infrastructure charges in Europe: a missed chance to increase competitiveness. In European Railway Review nr. 6/2, pp. 39–45.
- Halvorsen, T., 1996. The railways of Europe: the way ahead. In Rail Engineering International Edition 1996/2, pp. 8–9.
- Hansen, I.A., 2001. Prestatiebeoordeling en treinvertragingen. Proceedings van de Verkeerskundige Werkdagen 2001, deel 2. CROW, Ede
- Hoogendoorn, S. P., 2000. Theoretical framework for DTM. Course notes for PAO Course Dynamic Traffic Management. TU Delft, Delft.
- Huisman, T., 2001. Running times on railway sections with heterogeneous train traffic. In Transportation Research Part B 35/3, pp.271–292.
- Huisman, T., R.J. Boucherie en N.M. van Dijk, 1998. A Stochastic Model for Railway Networks. Institute of Actuarial Science & Econometrics, University of Amsterdam.
- Hysten, B., 1996. Franchised Rail services in Sweden. Proceedings European Transport Forum 1996, PTRC. London.
- IWW/INFRAS, 2000. External Costs of Transport; Accident, Environmental and Congestion Costs in Western Europe. IWW/INFRAS, Zürich/Karlsruhe.
- Kamphuis, H.J., 1998. Air Traffic Management and Airport Capacity management in the Netherlands. Proceedings of the symposium Planning Traffic Networks for a Dynamic Transport Market – Rail Traffic Compared to Air Traffic. Railned, Utrecht.
- Kamphuis, H.J. en R. Pouwels, 1996. Gespreksnotitie. Luchtverkeersbeveiliging, Schiphol.
- Kaspar, C., 1995. For new demands, new services. In Why do we need railways? OECD, Parijs.
- KEMA, 1998. Review bedrijfszekerheids- en punctualiteitsmodel. Rapportage in opdracht van Railned B.V.. KEMA, Arnhem.
- Koninklijk besluit, 2000. Interimbesluit Capaciteitstoewijzing spoorwegen. Staatsblad 474, Den Haag.
- Koomen, C.J., 1991. The Design of Communicating Systems – a Systems Engineering Approach. Kluwer International Series in Engineering and Computer Science, Vol. 147. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- Korver, W. en L. Harell, 1999. Definition of European Transport Systems. FANTASIE Deliverable 13, TNO-INRO, Delft.
- Koster, H.R. en W.J. Vermeulen, 1997. De bereikbaarheid van de Amsterdamse binnenstad. Proceedings van het Colloquium Vervoerplanologisch Spoorwerk 1997, Delft.

- KPMG, 1997. Een NV Wegverkeer in Nederland: constructie en meerwaarde. Rapportage in opdracht van Projectbureau IVVS. KPMG BEA, Hoofddorp.
- KPMG, 1999. Innovatie op het spoor. Rapportage in opdracht van Railned B.V.. KPMG BEA, Hoofddorp.
- Kreutzberger, E. en J.M. Vleugel, 1992. Capaciteit en Benutting van Infrastructuur. Delft Universitaire Pers, Delft.
- Maarschalkerweerd, M.S.P.A.M., 1997. Knooppuntdienstregelingen – overzicht van Nederland, Duitsland en Zwitserland. Intern conceptrapport. Railned, Utrecht.
- Managementgroep Betuweroute, 1998. Betuweroute in één oogopslag. NS Railinfrabeheer, Utrecht.
- Mellitt, B., 1997. The new rail performance regime. In *Modern Railways*, july 1997, pp. 433–437.
- Mensonides, G., 1990. De eenheid van bedrijfshinder. Interne notitie. Infrabeheer, Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.
- Minderhoud, M. M. en P.H.L. Bovy, 1996. Telematica en informatietechnologie in het verkeer. In *I&IT*, mei 1996.
- Molenaar, P., 2000. Dienstregelingen vergelijkenderwijs – een simulatiestudie met SIMONE. Afstudeerscriptie. Bedrijfskunde, Erasmus Universiteit, Rotterdam.
- Muller, Th. H. J. e.a., 2001. TRITAPT – openbaar vervoer op tijd geanalyseerd. In *Verkeerskunde* 3/2001, pp. 19–23.
- NS, 1988. Rail 21 – Sporen naar een nieuwe eeuw. Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.
- NS, 1990. Rail 21 – een nadere onderbouwing. Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.
- NS, 1994. Scenariostudie Rail 21. Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.
- NS, 2000. Jaarverslag 1999. Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.
- NS Railinfrabeheer, 1997. Railvisie 21 – een strategisch concept. NS Railinfrabeheer, Utrecht.
- NS Railinfrabeheer, 1998. Strategische studie BB21 – Deelstudie Infraprojecten. Projectencentrum, NS Railinfrabeheer, Utrecht.
- NS Railinfrabeheer, 2000. Concurrerend spoor – meerjarenperspectief 2001–2010. NS Railinfrabeheer, Utrecht.
- NS Reizigers, 1997a. Kwaliteit zwart op wit – Handvest NS Reizigers. NS Reizigers, Utrecht.
- NS Reizigers, 1997b. Eenvoudig perfect door perfecte eenvoud – visie op de Japanse spoorwegen. Verslag van NS-studiereis. NS Reizigers, Utrecht.
- NS Reizigers, 2000. Klanttevredenheidmonitor. NS Reizigers, Utrecht.
- NS Verkeersleiding, 1998. Overzicht onregelmatigheden. NS Verkeersleiding, Utrecht.
- NVI, 1981. Corridorstudie Parkeer en Reis, de modal split van keuzereizigers in het woon-werkverkeer. NVI, Rijswijk.
- OPRAF, 1996. Passenger Rail Industry Overview. Office of Passenger Rail Franchising, London.
- Oldenziel, M.J., 2000. Capaciteitsindicatoren –vergelijking van methodieken in gebruik bij Railned met die van zusterorganisaties. Railned, Utrecht.
- Olster, G.J., 1998. Wiskunde in de beweging. Diesrede TU Delft, Delft.
- OTT, 2001. *Website*, www.opentimetable.ch.

- Oum, T.H. en C. Yu, 1991. An International Comparison of Economic Efficiency of Passenger Railway Systems. University of British Columbia, Vancouver, Canada.
- Peeters, P.M. e.a., 1998. Hoe laat denk je thuis te zijn? Projectbureau Integrale Verkeers- en vervoerstudies, Den Haag.
- Porter, M.E., 1995. Michael E. Porter on Competition. Harvard Business School, Pr.. ISBN: 0875847951.
- Pouwels, R., 1990. Capaciteitstudie van het banenstelsel van Schiphol. Rijksluchtvaartdienst, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- PriceWaterhouseCoopers, 1999. Capaciteitsmanagement en informatievoorziening taakorganisaties spoorvervoer. Interne presentatie. Railned, Utrecht.
- Prins, M., 1998. Het vervoersproces van planning tot uitvoering – informatiearchitectuur. Intern rapport. NS Verkeersleiding, Utrecht.
- Raad voor Verkeer en Waterstaat, 1998. Ruimtelijke vernieuwing voor het goederenvervoer. Raad voor Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- Raad voor Verkeer en Waterstaat, 2000. NVVP ja, mits. Raad voor Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- Railforum, 1999a. Free way to market driven rail freight – VERI (Vision on International Rail Freight Infrastructure). Railforum Nederland in samenwerking met het Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Hoofddorp.
- Railforum, 1999b. Spoor in balans – de maatschappelijke en economische betekenis van het spoorvervoer. Railforum Nederland, Hoofddorp.
- Railforum, 2000. Automatische treinen – een spoor van nieuwe mogelijkheden. Railforum Nederland, Hoofddorp.
- Railforum, 2001. Groeisporen. Railforum Nederland, Hoofddorp.
- Railion, 2000. Geef Railion de ruimte. Railion Issue nr. 1. Railion, Utrecht.
- Railned, 1995. Tweede Tactische Pakket Railinfrastructuur. Railned, Utrecht.
- Railned, 1999. Verkenningstudie Breda – Breda aansluiting. Railned, Utrecht.
- Railned, 2000a. Railverkeer en milieu. In Railned nr.14. Railned, Utrecht.
- Railned, 2000b. Studie ToeRGoed – Toekomst Reizigers- en Goederenvervoer. Railned, Utrecht.
- Railned, 2000c. Groei in goede banen – Achtergronden bij het advies van Railned ten behoeve van het NVVP. Railned, Utrecht.
- Railned, 2000d. Lange goederentreinen – Eindrapportage haalbaarheidsstudie. Railned, Utrecht.
- Railned en AVV, 1999. Visie Spoornet 2020 – Ingrediënten voor beleidsvorming. Railned/ Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Utrecht.
- Railned en DHV, 1999a. Wijnscenario. Deelrapportage Netvisie. Railned/DHV. Utrecht.
- Railned en DHV, 1999b. Verkeerskenmerken. Deelrapportage Netvisie. Railned/DHV, Utrecht.
- Railned en DHV, 1999c. Stakeholders. Deelrapportage Netvisie. Railned/DHV, Utrecht.
- Railned en DHV, 2000. Knelpunten spoorwegnet Beleidsscenario II. Rapportage in het kader van Visie Spoornet 2020. Railned, Utrecht.

- Rijksluchtvaartdienst, 1997. Het absorptievermogen van de Congested Luchthavens Londen en Frankfurt en de mogelijke consequenties hiervan voor Schiphol. Researchmemo Luchtvaarteconomische zaken nr. 22. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- SBB, 2000. *Website*, www.sbb.ch/bahn2000.
- Schaafsma, A.A.M., 1993. Viersporige baanvakken. In *Verkeerskunde*, mei 1993, pp. 45–49.
- Schaafsma, A.A.M., 1996. Versnel het openbaar vervoer en verlies reizigers – het risico van korte reistijden in het spoorboekje. *Proceedings van het Colloquium Vervoerplanologisch Speurwerk 1996*, Delft.
- Schaafsma, A.A.M., 1997. Liever het ontleedmes dan de botte bijl – Radicale scheiding van infrastructuur en exploitatie niet doeltreffend voor concurrentie en innovatie in de spoorwegbranche. In *Tijdschrift Vervoerwetenschap* 97/3, pp. 237–258.
- Schaafsma, A.A.M., 1998. Minder plannen, meer regelen. In *Tijdschrift Vervoerwetenschap* 98/2, pp. 115–136.
- Schaafsma, A.A.M., 1999a. HSL Zuid en netwerksamenhang. In *Tijdschrift Vervoerwetenschap* 99/4, pp. 261–280.
- Schaafsma, A.A.M., 1999b. Beter benutten van de spoorweginfrastructuur – bijdrage aan het NVVP. Railned, Utrecht.
- Schaafsma, A.A.M., 2000. Anders benutten van het spoorwegnet – het gebruik van flexibele tijd/wegvensters. *Proceedings van het Colloquium Vervoerplanologisch Speurwerk 2000*, Delft.
- Schaafsma, A.A.M. en M. van Gemund, 1998. Netvisie – naar een functionele differentiatie van het spoorwegnet. *Proceedings van het Colloquium Vervoerplanologisch Speurwerk 1998*, Delft.
- Schaafsma, A.A.M. en R.IJ. Vissers, 1996. Deelnetten – categorisering gebruik verkeersmiddelen. Railned, Utrecht.
- Schaafsma, A.A.M. en E.A.G. Weits (redactie), 1996. Naslagwerk Capaciteit en Belasting van het Spoorwegnet. Railned, Utrecht.
- Schoemaker, Th.J.H. e.a., 1998. Traffic in the 21st century – A Scenario Analysis of the Traffic Market in 2030. In *The Infrastructure Playing Field in 2030*. Delft Interfaculty Research Centre Design and Management of Infrastructures, Delft.
- Schotanus, B., 1995. Het doorstroomstation. Intern rapport. Corporate Development, Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.
- Schotanus, B. en D.A. van der Hoeven, 1995. De verkeersmachine. Intern rapport. Corporate Development, Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.
- Schrijver, A. en A. Steenbeek, 1994. Dienstregelingsontwikkeling voor Railned – rapport CADANS 1.0. Technisch rapport. Centrum voor Wiskunde en Informatica, Amsterdam.
- Schulz, A., 1993. Der Allgäu-Schwaben Takt – ein erster Schritt zur umfassender Rationalisierung und Modernisierung des Regionalverkehrs. In *Die Bundesbahn*, 1993 nr. 5.
- Schwanhäußer, W., 1974. Die Bemessung der Pufferzeiten im Fahrplangefüge der Eisenbahn. Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der RWTH Aachen, Aachen.
- Schwanhäußer, W., 1994. Kapazitätsreserven der Verkehrsträger. Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft e.V.. B178, Kurs XI/94.Aachen.
- Smeets, M., e.a., 1992. Besturingsmodel treindienst. Interne notitie. Ep 4, Dienst van Exploitatie, Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.

- Speck, G., 1996. Der Integrale Taktfahrplan – Ist mehr Nahverkehr für weniger Geld möglich?. In *Der Nahverkehr*, 1996 nr.6.
- Streit, K.D. en L. Partzsch, 1996. “Netz21” – die künftige Netzstrategie der Deutschen Bahn A.G.. In *Eisenbahntechnische Rundschau* 45 (1996) 9, pp. 525–528.
- Subiono, 2000. On Classes of Min-max-plus Systems and Their Applications. Dissertatie TU Delft. TRAIL Thesis Series, Delft University Press, Delft.
- Tensen, D.K., 1996. Personenvervoer en milieu: een reële vergelijking. In *Verkeerskunde* 1996-2.
- Tieleman, T., 1995. Het vastlopende personenvervoer in de Randstad: Hoe doorbreken we de inpasse? In *Tijdschrift Vervoerswetenschap* 95/2.
- TNO Inro, 1997. Punctualiteit, voorspelbaar? Rapportage in opdracht van Railned B.V.. TNO, Delft.
- Tomazinis, A.R., 1975. Productivity, efficiency, and quality in urban transportation systems. Lexington Books Toronto/London.
- Topinstituut Logistiek & Transport, 1996. Op weg naar een nationaal centrum voor hoogwaardig onderzoek en onderwijs op het gebied van Transport, Infrastructuur en Logistiek. TRAIL–studies nr. 95/2. TRAIL Research school, Delft.
- Tweede Kamer der Staten Generaal, 1991. Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer. Sdu Uitgevers, Den Haag.
- Tweede Kamer der Staten Generaal, 1993. Brief d.d. 22 februari 1993 van Minister van Verkeer en Waterstaat betreffende het kabinetsstandpunt over het advies van de Commissie Wijffels. Nummer 18986 004, Den Haag.
- UIC, 1993. ETCS European Train Control System – the new standard control system for the European Railways. Brochure. ERRI A200, Union Internationale de Chemins de Fer, Parijs.
- UIC, 1996. Liens entre capacité des infrastructures ferroviaires et qualité de l’ exploitation. UIC Fiche 405-1. Union Internationale des Chemins de Fer, Parijs.
- UIC, 1997. UIC Railplan scenario –strategies – actions. Coordination Group, Union Internationale des Chemins de Fer, Parijs.
- V&W, Ministerie van, 1994. De Nieuwe HSL-nota, Deel 1 Vervoerprognoses. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, 1996a. Samen Werken Aan Bereikbaarheid. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, 1996b. Transport in Balans. Directoraat Generaal Goederenvervoer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, 1996c. Internationale vergelijking infrastructuur. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, 1998a. Beleidseffectrapportage 1997 – Beleidseffectmeting Verkeer en Vervoer. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, 1998b. Questa – verplaatsen in de toekomst. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, 1999a. Meerjarenprogramma Infrastructuur en Transport 1999 – 2003. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, 1999b. Infravisie Goederenvervoer. Directoraat Generaal Goederenvervoer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.

- V&W, Ministerie van, 1999c. De Derde Eeuw Spoor. Directoraat Generaal Personenvervoer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, 1999d. Kadernota Railveiligheid. Directoraat Generaal Personenvervoer, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, 2000a. MIT Projectenboek – stand van zaken 2001. Sdu Uitgevers, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, 2000b. Van A naar Beter – Nationaal Verkeers- en Vervoerplan 2001 – 2020 – Beleidsvoornemen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, e.a., 1998. Consultation document HSL. Ministeries van Verkeer en Waterstaat, Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, en Financiën, Den Haag.
- V&W, Ministerie van, en Arthur D. Little, 1996. VIRT – Vision on International Rail freight Transport. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- Van Alphen, R. en A. Reijnga, 1998. Vluchten kan niet meer. Afstudeerscriptie, DHV Milieu en Infrastructuur / TU Delft, Amersfoort.
- Van Binsbergen, A.J. en J.S.G.N. Visser, 2001. Efficiency improvements in urban goods distribution. Dissertatie TU Delft. TRAIL Thesis Series, Delft University Press, Delft.
- Van de Riet, O.A.W.T en B. Egeter, 1998. Conceptueel model van het vervoer en verkeerssysteem. Deelrapportage van Questa – Verplaatsen in de toekomst. Rand/TNO Inro Delft.
- Van den Heuvel, M.G., 1997. Openbaar vervoer in de Randstad. Dissertatie TU Delft. Thesis Publishers, Amsterdam.
- Van den Heuvel, M.G., 1998. Designing Public Transport Networks – how to deal with uncertainty. Proceedings of the symposium Planning Traffic Networks for a Dynamic Transport Market – Rail Traffic Compared to Air Traffic. Railned Utrecht.
- Van der Hoeven, 1993. De Vervoerfabriek. Centrale Ontwikkelingskern, Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.
- Van der Meer, J.D., 1997. Leren innoveren. Nederlandse Vereniging voor Management, Voorburg.
- Van der Veer, P.W., e.a., 1995. Informatietechnologie in Verkeer en Vervoer. Studie in het kader van de Stuurgroep Collectieve Programmering Verkeers-, Vervoer- en Infrastructuuronderzoek. Stichting Telematica Research Centrum, Enschede.
- Van de Velde, D.M., 1999a. De productieketen in het collectief geregeld personenvervoer. In Optimale netwerken en kernnet. Erasmus Universiteit Rotterdam.
- Van de Velde, D.M. (redactie), 1999b. Changing trains – Railway reform and the role of competition: the experience of six countries. Ashgate Publishing Ltd, Aldershot, England.
- Van Dijk, N.M., 1993. Where would we be without trains? -A queueing model to determine train delays. Proceedings of Operations Research 1993, pp. 523–529, Springer Verlag.
- Van Egeraat, D.H. en E.C.M. Keyzers, 1997. Samen werken aan de bereikbaarheid van het Utrecht City Project. Proceedings van het Colloquium Vervoerplanologisch Spoorwerk 1997, Delft.
- Van Egmond, R.J., 1999. Railway Capacity Assessment, an Algebraic Approach. TRAIL Research School, Delft.

- Van Enckevort, I., 1999. Vernieuwing in het spoorvervoer. In Over publieke en private verantwoordelijkheden. Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid. SDU Uitgevers, Den Haag.
- Van Ooststroom, H. P. C., 1999. Marktwerking en regulering bij spoorwegen – theorie, empirie en beleid. Dissertatie Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.
- Van Wee, G.P. e.a., 1996. Transport scenario's for The Netherlands for 2030; a discription of the scenario's for the OECD project "Environmental Sustainable Transport". Report 773002009. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Van Witsen, M., 1994. Openbaar vervoer: een kunde. Afscheidsrede. Vakgroep Infrastructuur, TU Delft, Delft.
- Van Zuylen, H. J., 2000. Sociale dilemma's voor innovatie: Wie betaalt en wie maakt de winst. Proceedings van het Colloquium Vervoerplanologisch Speurwerk 2000, Delft.
- Veldhuis, J.G., 1998. The planning process of Amsterdam Airport Schiphol. Proceedings of the symposium Planning Traffic Networks for a Dynamic Transport Market – Rail Traffic Compared to Air Traffic, Railned Utrecht.
- Virgin Trains, 2000. *Website*, www.virgintrains.co.uk.
- Viveen, D., 1996. IATA Scheduling Coordination Conference – An Observers view. Interne notitie. Luchtverkeersbeveiliging, Schiphol.
- VROM, Ministerie van, 1992. Vierde nota over de ruimtelijke ordening Extra (Vinex). Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.
- VROM, Ministerie van, 1997. Nederland 2030 – Eindspel, verkenning ruimtelijke perspectieven. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.
- Wakob, H., 1985. Ableitung eines generellen Wartemodells zur Ermittlung der planmäßigen Wartezeiten im Eisenbahnbetrieb unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte der Leistungsfähigkeit und der Anlagenbelastung. Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der RWTH Aachen, Aachen.
- Weits, E.A.G., 1997. BB21-verkeersregeling – Vensters geven uitzicht op verkeersregeling. Railned, Utrecht.
- Weits, E.A.G., 1998. Simulation of Railway Traffic Control. In International Transactions in Operations Research. Vol. 5, No. 6, pp. 461–469.
- Weits, E.A.G., 1999. Inventarisatie gebruik capaciteitsindicatoren bij Railned. Holland Railconsult, Utrecht.
- Wendler, E., 1995. Weiterentwicklung der Sperrzeitentreppe für moderne Signalsysteme. In Signal + Draht 87(1995)7-8. pp. 268–273.
- Wendler, E., 1998. Scheduled waiting time and uncertain traffic demand. Proceedings of the symposium Planning Traffic Networks for a Dynamic Transport Market – Rail Traffic Compared to Air Traffic. Railned Utrecht.
- Wendler, E., 1999. Analytische Berechnung der Planmäßigen Wartezeiten bei Asynchroner Fahrplankonstruktion. Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftliches Institutes der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Heft 55. Aachen.
- Wijffels, H.H.F., e.a., 1992. Sporen voor straks, advies over de toekomstige relatie tussen overheid en Nederlandse Spoorwegen. Utrecht.
- Wildener, W., 1999. Fit am Markt durch Spannung und Entspannung, SBB – Die Bahn fürs Jahr 2000. Sonderausgabe Schweizerische Technische Zeitschrift.

Zigterman, L., 1992. Eindrapport BB21 – mogelijkheden voor capaciteitsverruiming. Stafafdeling Ontwikkeling, Ingenieursbureau, Nederlandse Spoorwegen, Utrecht.

Bijlage A Kerngegevens spoorwegen

In Tabel A1 op de volgende pagina zijn van een aantal landen en (nationale) spoorwegen de kerngegevens weergegeven.

	<i>Oppervlakte</i>	<i>Bevolking</i>	<i>Bevolkingsdichtheid</i>	<i>Lengte we-gennet</i>	<i>Lengte spoorwegnet</i>	<i>Personeel</i>	<i>Verkeersprestatie</i>	<i>Reizigersvervoer</i>		<i>Goederenvervoer</i>	
eenheid	duizend km ²	miljoen inwoners	inwoners per km ²	duizend kilometer weg	kilometer spoor	duizend arbeidsplaatsen	miljoen trein-kilometers	miljoen reizigers	miljoen reizigers-kilometers	miljoen ton	miljoen tonkilometers
Duitsland	357	82	230	644	38.127	210	872	1.332	59.184	289	73.273
Oostenrijk	84	8	96	106	5.643	53	140	179	7.971	77	15.354
België	31	10	334	146	3.410	40	94	146	7.097	61	7.600
Denemarken	43	5	123	72	2.264	11	61	149	5.382	8	1.708
Spanje	505	39	78	343	13.679	38	182	474	18.281	28	11.632
Frankrijk	547	59	108	965	31.724	175	507	812	64.256	137	53.965
Italië	301	58	191	309	16.041	118	341	440	47.285	76	22.386
Nederland	42	16	378	125	2.808	27	125	319	14.759	24	3.778
Vereinigd Koninkrijk	244	59	242	370	17.176	onbekend	onbekend	910	36.129	114	18.175
Zwitserland	41	7	172	71	3.155	33	132	284	12.903	57	9.128
Japan (JR)	378	126	335	1.148	20.122	185	758	8.748	242.809	48	24.339
U.S.A.	9.373	271	29	6.308	232.243	203	817	21	8.569	1.496	2.010.027
Nieuw Zeeland	271	4	14	92	3.913	5	18	11	onbekend	12	3.505

Tabel A5 Kerngegevens van de spoorwegen in een aantal landen (1998). Bron: UIC.

Bijlage B Knooppuntdienstregeling¹

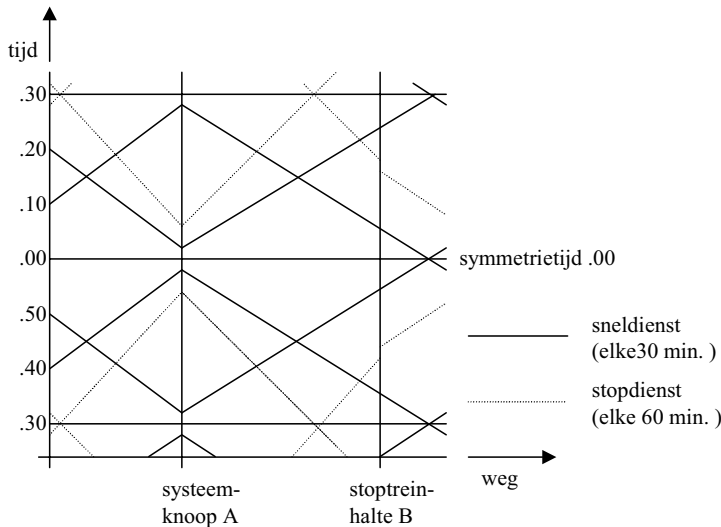
Een *dienstregelingstructuur* is te definiëren als een ordening van het aanbod van verkeersdiensten. In deze bijlage wordt de knooppuntdienstregeling geanalyseerd, een dienstregelingstructuur waarbij de verkeersdiensten in knooppunten maximaal op elkaar aansluiten.

1. categorisering van dienstregelingstructuren

Er zijn vier karakteristieken waarmee de verschillende typen dienstregelingstructuren zich van elkaar onderscheiden. Daarbij heeft de vierde karakteristiek betrekking op een *netwerkdienstregeling*. Dat is een dienstregeling waarbij de verkeersdiensten in knooppunten aan elkaar zijn gerelateerd.

1. Regelmaat, de mate waarin de intervallen tussen verkeersdiensten gelijk zijn:
 - geen regelmaat;
 - grove regelmaat, bijvoorbeeld, 10' – 20' – 10' – 20';
 - strakke regelmaat, bijvoorbeeld, 15' – 15' – 15' – 15';
2. Symmetrie, als de verkeersdiensten in de ene richting dezelfde structuur vertonen als in de andere richting. Elke verkeersdienst heeft dan een tegenhanger voor de tegenovergestelde richting. De treinen die in elkaars symmetrie liggen ontmoeten elkaar op de zogenoemde symmetrietijden.
3. Klokvast, als een vast patroon van verkeersdiensten zich elk uur herhaalt;
4. Knooppuntsynchronisatie, als in de knooppunten alle aansluitingen tussen treinen zich concentreren rond de symmetrietijden. In Figuur B-1 wordt dit geïllustreerd. In systeemknoop A arriveren eerst de stoptreinen uit beide richtingen; daarna arriveren de sneltreinen, die na een korte stop vertrekken. Vervolgens vertrekken de sneltreinen. Reizigers uit de stoptreinen kunnen op beide sneltreinen overstappen en vice versa.

¹ Deze bijlage is gebaseerd op een onderzoek van Maarschalkerweerd (1997)



Figuur B-1 Een voorbeeld van een symmetrische dienstregeling met knooppuntsynchronisatie in systeemknoop A.

Van oorsprong werden de verkeersdiensten gepland op basis van de gebleken vraag zonder dat van een herkenbaar patroon sprake was (*organische* of *klassieke dienstregeling*). In de loop van de tijd is een voor de reiziger steeds duidelijker patroon gegroeid door het introduceren van regelmaat (consequente verdeling van de reismogelijkheden over het uur), symmetrie (heenreis en terugreis zijn identiek) en klokvastheid (elk uur dezelfde reismogelijkheden). Tabel B-1 geeft een overzicht van de verschillende typen dienstregelingstructuren die in de praktijk worden toegepast.

Tabel B-1 Overzicht van typen dienstregelingstructuren.

Type dienstregelingstructuur	Regelmaat	Symmetrie	Klokvast	Knooppuntsynchroniteit
organisch (klassiek)	geen	nee	nee	nee
ritmisch	grof	nee	nee	nee
gecadanceerd	strak	ja	nee	nee
star	geen	nee	ja	nee
star ritmisch	grof	nee	ja	nee
star gecadanceerd	strak	ja	ja	nee
knooppuntdienstregeling	strak	ja	ja	ja

2. knooppuntdienstregeling

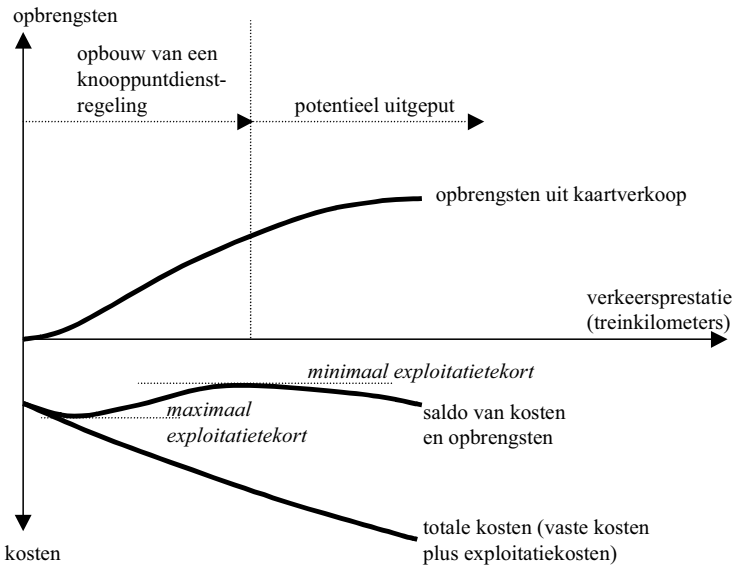
De knooppuntdienstregeling kan worden gezien als het meest geavanceerde type dienstregelingstructuur. Het biedt bij lage frequenties² een aanbod aan reismogelijkheden dat voor wat betreft overstapmogelijkheden superieur is ten opzichte van andere typen dienstregelingstructuren met vergelijkbare aantallen verkeersdiensten. Voor wat betreft de reistijden is er

² Bij lage frequenties (tot en met vier keer per uur) is de wachttijd bij overstappen dominant. Bij hogere frequenties is de wachttijd bij overstappen dusdanig laag dat de reiziger als het ware "altijd" een aansluiting heeft, onafhankelijk van de tijddigging van de treinen in de dienstregeling (zie ook Railned en AVV (1999)).

sprake van een *trade-off* tussen de reistijden voor de lange afstandreizigers en overstappende reizigers aan de ene kant en stoptreinreizigers die door het knooppunt heen moeten reizen aan de andere kant. In Figuur B-1, bijvoorbeeld, is de halteringstijd van de stoptreinen in systeemknoop A betrekkelijk lang (10 minuten), wat voor de doorgaande reizigers ten opzichte van een standaard-halteringstijd van, bijvoorbeeld, 1 minuut, een extra oponthoud van 9 minuten betekent.

3. kosten en opbrengsten

De knooppuntdienstregeling is een aanbodgestuurde structuur, waarbij het aanbod aan diensten in de daluren meestal aanzienlijk groter is dan de vraag. Echter, doordat de vaste kosten voor materieel en infrastructuur de productiekosten van verkeersdiensten bepalen³ en er een actief marketingbeleid wordt gevoerd “om de lege zitplaatsen in de daluren te vullen”, is dit bedrijfseconomisch te verantwoorden. Figuur B-2 laat zien dat bij het toenemen van de omvang van het aantal treinkilometers de opbrengsten in eerste instantie progressief stijgen doordat elke verbetering in het aanbod de kwaliteit van het gehele netwerk verbetert. Bij een verdere toename van de verkeersprestatie is de reistijdwinst relatief minder groot, zodat de groei in de opbrengsten afvlakt. De kosten nemen degressief toe door een betere benutting van de middelen. Er kan een optimum gevonden worden. In het regionale collectieve personenvervoer per rail is het saldo van kosten en opbrengsten overigens meestal negatief, zodat een overheidsbijdrage noodzakelijk is.



Figuur B-2 De kosten en opbrengsten bij de invoering van een regionale knooppuntdienstregeling. Bron: Speck (1996).

De knooppuntdienstregeling is opgebouwd uit systeemknopen op de grote stations, waarbij elk uur, soms zelfs elk half uur, alle treinen op hetzelfde moment aanwezig zijn, zodat over-

³ Dit kan veranderen nu de kostenstructuur zich wijzigt door de introductie van heffingen op het gebruik van de infrastructuur, gerelateerd aan het aantal geproduceerde treinkilometers.

stappende reizigers nooit lang op een aansluiting behoeven te wachten. Dit betekent dat de rijtijd tussen de knooppuntstations voor de doorgaande treinen iets kleiner dan een veelvoud van het halve frequentie-interval –de zogenaamde moduultijd– moet zijn⁴. De treinen arriveren kort voor de symmetrietijd op het knooppunt en vertrekken kort erna. De knooppuntstructuur fixeert de vertrek- en aankomsttijden van alle treinen ten opzichte van elkaar. Tezamen met de internationaal afgesproken grenstijden is daarmee het basisuurpatroon feitelijk gedefinieerd. Begin jaren 70 werd het knooppuntsysteem in Nederland geïntroduceerd met “Spoorslag 70”. Later volgden Duitsland en Zwitserland. Anno 2000 is de dienstregeling in Nederland nog steeds op de structuur van Spoorslag 70 geënt.

Ten aanzien van de inzet van verkeersmiddelen blijkt in de praktijk⁵ een knooppuntdienstregeling efficiënt voor wat betreft de inzet van materieel en rijdend personeel, zie ook onderstaand kader. Dit kan worden verklaard uit de relatief korte keringen, en derhalve een beperkte productiviteitsverlies, in de aansluitknopen. Daarentegen is in de systeemknopen de capaciteit van het lokatie-gebonden personeel afgestemd op de piekbelasting rond de symmetrietijden. Dit geldt ook voor de infrastructuur, zoals de perronspoorcapaciteit en de capaciteit van de wisselcomplexen, maar bijvoorbeeld ook voor de capaciteit van de tractie-energievoorziening, waarvoor het aantal tegelijkertijd aanzettende treinen een bepalende factor is.

In 1993 werd in de Zuid-Duitse regio Allgäu-Schaben een knooppuntstructuur ingevoerd. Op alle baanvakken werd een uurdienst gereden, op sommige lijnen een halfuursdienst. Het aantal treinen steeg met 50%, wat mogelijk was met een materieelpark dat in omvang gelijk bleef. De inzet van rijdend personeel nam toe met 29%. Het regionale vervoer groeide met 25 %, wat overigens niet voldoende was op de meerkosten te dekken. Desondanks worden de resultaten door de regionale overheden positief beoordeeld op grond van het sterk verbeterde aanbod aan verkeersdiensten.⁶

4. nadelen van de knooppuntdienstregeling

In het voorgaande is reeds de relatief lange wachttijd voor stoptreinreizigers in de knooppunten (afhankelijk van het knooppuntstation 6 a 10 minuten⁷) genoemd als nadeel van de knooppuntdienstregeling. Dit nadeel weegt steeds zwaarder nu veel knooppuntstations zich ontwikkelen tot het centrum van netwerksteden met een groeiend vervoerpotentieel binnen de stadsgewesten. Gevoegd bij de hogere frequenties die dit vervoerpotentieel rechtvaardigt, is dit steeds vaker een reden om de stadsgewestelijke verkeersdiensten buiten de systeemknopen om plannen.

⁴ In het Zwitserse *Bahn 2000* (zie SBB (2000)) is het ontwerp van een knooppuntdienstregelingstructuur basis voor een strategisch plan. Belangrijk onderdeel hiervan is het aanpassen van de rijtijden tussen knooppunten op de moduulmaat door grootscheepse investeringen in de infrastructuur en het materieel, zoals het verhogen van de baanvaksnelheid, introduceren van kantelbaktreinen, aanpassen van de beveiliging en zelfs het aanleggen van tunnels.

⁵ Maarschalkerweerd (1997) baseert zich op een aantal Zwitserse en Duitse onderzoeken.

⁶ Schulz (1993), geciteerd door Maarschalkerweerd (1997).

⁷ Bron: Maarschalkerweerd (1997).

Een belangrijke nadeel van het knooppuntsysteem is voorts dat het rigide is. Verbeteringen zijn slechts sprongsgewijs te realiseren, bijvoorbeeld, door de frequenties te verdubbelen en nieuwe systeemknopen te introduceren. Kleine verbeteringen, zoals het verkorten van de technisch minimale rijtijd op een baanvak, zijn vaak niet te verzilveren in de planning, omdat de geplande rijtijden worden gedicteerd door de moduultijd. De winst is pas te incasseren als ook op andere baanvakken de rijtijd wordt verkort, zodat de systeemknopen kunnen verschuiven.

Als nadeel is ook de inefficiënte benutting van de knooppuntgebonden verkeersmiddelen genoemd. Dit nadeel weegt zwaar, omdat eventuele uitbreiding van de infrastructuur op knooppunten relatief duur en gecompliceerd is. Dit versterkt de tendens om stadsgewestelijke systemen snel door de knooppunten te voeren en te laten eindigen aan de randen van de stadsgewesten, waar er relatief eenvoudiger ruimte voor keer- en opstelfaciliteiten kan worden gevonden.

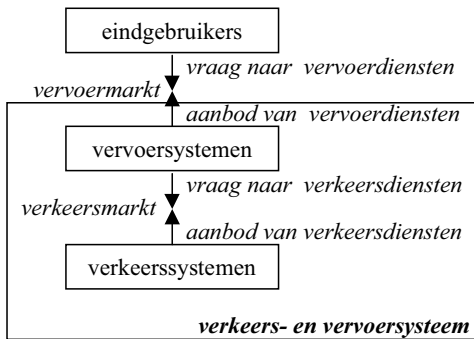
Samenvatting

De maatschappij eist van de spoorwegen betere prestaties: het product moet betrouwbaarder en goedkoper worden en de spoorwegen moeten flexibeler anticiperen op veranderingen in de markt en de omgeving. Uitgangspunt van deze dissertatie is dat marktwerking en innovatie in andere sectoren tot verbetering van de prestaties leiden en dat dit bij de spoorwegen ook mogelijk moet zijn. De hypothese is dat ondanks de herstructurering in de jaren 90 (“scheiding van infrastructuur en exploitatie”) de potenties van marktwerking en innovatie bij de spoorwegen onvoldoende worden uitgebuit en dat de onderlinge verwevenheid van de processen binnen de spoorwegen hiervan een belangrijke achterliggende oorzaak is. “Alles” lijkt met “alles” samen te hangen, met name in het operationele hart van de spoorwegen: het railverkeerssysteem.

De dissertatie bestaat uit twee delen: het Lagenmodel Verkeer & Vervoer en Railverkeersmanagement. In het eerste deel wordt een theoretisch, generiek, model ontwikkeld voor de functionele analyse van het verkeers- en vervoerssysteem: het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Het verkeers- en vervoerssysteem wordt hierbij beschouwd als een samenstel van (interne en externe) diensten en markten. Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer wordt vervolgens toegepast om de spoorwegen in deelsystemen te ontleden teneinde de kansen voor marktwerking en innovatie te vergroten en de rol van de overheid te structureren. In het tweede deel van de dissertatie wordt de besturing van één van deze deelsystemen, het railverkeerssysteem, geanalyseerd. Het systematisch integreren van terugkoppelingen in de besturingscyclus leidt tot de ontwikkeling van een nieuw besturingsconcept: Dynamisch Railverkeersmanagement. Met dit nieuwe besturingsconcept wordt de levering van railverkeersdiensten betrouwbaarder, flexibeler en efficiënter. De twee delen van de dissertatie worden hierna samengevat.

Deel I Lagenmodel Verkeer & Vervoer: functionele analyse van verkeer en vervoer

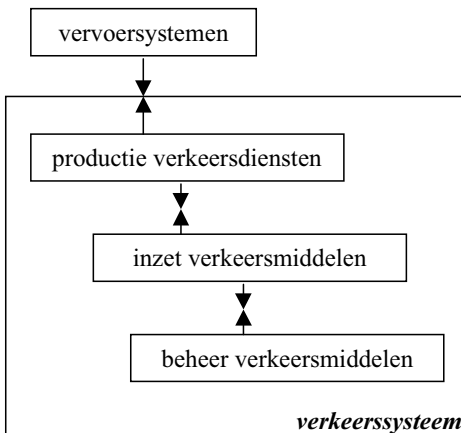
In deel I van de dissertatie wordt het Lagenmodel Verkeer & Vervoer ontwikkeld. Met dit generieke model wordt het verkeers- en vervoersysteem geanalyseerd door *diensten* en *markten*



te identificeren. Kern van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is het onderscheid tussen *vervoerdiensten* (het verplaatsen van goederen en reizigers) en *verkeersdiensten* (het verplaatsen van treinen, vliegtuigen, enz.). Vervoerdiensten worden door vervoersystemen op de *vervoermarkt* aangeboden aan eindgebruikers (reizigers en verladers). Voor het produceren van vervoerdiensten zijn – naast vervoermiddelen– verkeersdiensten nodig. Verkeersdiensten worden door

verkeerssystemen op de *verkeersmarkt* aangeboden aan vervoersystemen. Op deze manier ontstaat een productieketen die bestaat uit verschillende systeemlagen, met reizigers en verladers als eindgebruikers.

Een verkeerssysteem omvat de productie van verkeersdiensten (systeemlaag *productie van verkeersdiensten*) en de daarvoor benodigde middelen. Middelen die nodig zijn voor de productie van verkeersdiensten noemen we



verkeersmiddelen, waarbij het Lagenmodel Verkeer & Vervoer de systeemlagen *beheer verkeersmiddelen* (leveren capaciteiten en kwaliteiten) en *inzet verkeersmiddelen* (toewijzen van de middelen aan verkeersdiensten) onderscheidt. Deze beide systeemlagen omvatten *het geheel* van verkeersmiddelen. Er wordt derhalve geen onderscheid gemaakt tussen de verschijningsvorm infrastructuur, materieel en personeel. De functie van een sein langs de spoorbaan (infrastructuur) is, bijvoorbeeld, dezelfde als die van een sein in de

cabine van de machinist (materieel). Evenzo kunnen technische systemen (boordcomputer, bromfietsmotor) taken van personen (piloot, fietser) overnemen.

Hierna wordt uiteengezet dat toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer discussies ten aanzien van verkeer en vervoer structureert en bij de spoorwegen bijdraagt aan een betere marktordening, de rol van de overheid structureert en de kansen voor innovaties vergroot.

structureren discussies ten aanzien van verkeer en vervoer

De verdienste van het ontwikkelde Lagenmodel Verkeer & Vervoer, is dat het generiek is en daarmee is toe te passen op verschillende soorten vervoer- en verkeerssystemen. Een voor-

beeld is de definitie van *verkeersfuncties* die voor alle modaliteiten gelden: (1) dragen, (2) voortbewegen, (3) sturen en (4) veilige weg bieden.

Toepassing van het Lagenmodel structureert discussies ten aanzien van verkeer en vervoer en voorkomt spraakverwarring. Zo kan met het Lagenmodel en het bijbehorende begrippenkader duidelijk worden gemaakt of het bij een discussie over “netwerksamenhang” gaat over samenhang in een *vervoernetwerk* (overstapmogelijkheden voor reizigers) dan wel op samenhang in een *verkeersnetwerk* (mogelijkheid voor treinen om van spoor te wisselen). Een ander voorbeeld is het begrip “betrouwbaarheid”. Soms gaat het daarbij over de zekerheid van het op tijd arriveren van de reiziger op zijn bestemming aan het einde van een multimodale deur-tot-deurketen (vervoerdienst), soms over het op tijd arriveren van een trein (verkeersdienst), soms over de kans dat een wissel naar behoren functioneert (beschikbaarheid verkeersmiddel).

bijdrage aan een betere marktordening binnen de spoorwegen

Het nieuwe Lagenmodel Verkeer & Vervoer identificeert verschillende markten. Dit zijn de plaatsen waar het aanbod van diensten dat door een bepaalde systeemlaag worden geleverd, wordt geconfronteerd met de vraag naar diensten vanuit de bovenliggende systeemlaag. Marktordening volgens dit model vergroot de kansen voor nieuwe toetreders. In de huidige praktijk blijkt de beschikbaarheid van railverkeersmiddelen, zoals locomotieven of machinisten, de belangrijkste drempel te zijn voor nieuwe toetreders tot bijvoorbeeld de markt van openbaar reizigersvervoer. Vervoersystemen, die onderling concurreren op aspecten die relevant zijn voor de eindgebruikers, zoals klantgerichtheid en service, zouden idealiter verkeersdiensten (het verplaatsen van treinen) moeten kunnen inkopen op een markt. Leveranciers van verkeersdiensten zouden op hun beurt (de inzet van) verkeersmiddelen (materieel, infrastructuur en ook machinisten) moeten kunnen inkopen of inhuren. De structurering van het verkeers- en vervoersysteem volgens het Lagenmodel Verkeer & Vervoer roept nieuwe vragen op ten aanzien van de marktordening binnen de spoorwegen, zoals de vraag wat de *core-business* is van een “vervoerder” als de Nederlandse Spoorwegen. Is de organisatie primair ingericht op het leveren van *vervoerdiensten* of juist op het leveren van *verkeersdiensten*?

structureren overheidsrol ten aanzien van de spoorwegen

Het Lagenmodel Verkeer & Vervoer is een adequaat middel om de overheidsrol ten aanzien van de spoorwegen te structureren. Uitgangspunt daarbij is dat het verkeers- en vervoerssysteem, waar de spoorwegen deel van uitmaken, in principe een zelfregulerend systeem van diensten en markten is. Om deze zelfregulering zo goed mogelijk te faciliteren, dient het soms noodzakelijke ingrijpen van de overheid plaats te vinden op het juiste niveau in het Lagenmodel, dat wil zeggen, bij de juiste systeemlaag of markt.

Deze benadering leidt tot nieuwe inzichten, zoals ten aanzien van de aanbesteding van het vervoer over de Hoge Snelheidslijn Zuid. Bij het afbakenen van *vervoerconcessies* staat bij de huidige systematiek het *verkeersmiddel* centraal: treinen over de nieuwe sporen in de ene, treinen over de bestaande sporen in de andere concessie. Dit heeft, bijvoorbeeld, geleid tot verwarrende discussies over het al dan niet mogen gebruiken van de nieuwe HSL-sporen voor vervoerrelaties als Den Haag – Eindhoven. Volgens de filosofie van het Lagenmodel zou bij de aanbesteding van *vervoerdiensten* logischerwijs de marktsegmentatie van de *vervoermarkt*

centraal moeten staan. In die benadering maken, bijvoorbeeld, internationale en nationale reizigersvervoerdiensten deel uit van verschillende concessies.

betere kansen voor innovaties binnen functionele deelsystemen

Toepassing van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer stimuleert efficiency en innovatie. Als de kosten van de levering van de diensten in de productiekolom integraal worden doorberekend aan de afnemer ontstaat een prikkel om schaarse (en dus dure) capaciteiten efficiënt te benutten. Zo zullen voor verkeersdiensten in spitsuren hogere prijzen kunnen worden gevraagd dan voor vergelijkbare verkeersdiensten in stille uren. Als een “vervoerder” niet alleen de kosten van materieel en personeel integraal voor zijn rekening neemt (de huidige praktijk) maar ook die van infrastructuur, ontstaat een beter inzicht in de werkelijke, integrale (maatschappelijke) kosten en baten van verkeer en vervoer. Bovendien stimuleert deze benadering de integrale innovatie van het functionele deelsysteem (beheer) verkeersmiddelen. De voordelen van de verschuiving van het technisch-economische optimum van infrastructuur naar materieel en van mens naar techniek kan dan ten volle worden geïncasseerd.

Deel II Railverkeersmanagement: van statisch naar dynamisch

In het tweede deel van de dissertatie wordt het railverkeersmanagement, de besturing van het railverkeerssysteem, op een nieuwe wijze geanalyseerd met als doel verbeteringsvoorstellen te genereren. Naast het Lagenmodel Verkeer & Vervoer vormen drie theoretische modellen hiervoor de basis: een besturingsmodel uit de productielogistiek (met onderscheid in strategisch, tactisch en operationeel management), een model voor de regelcyclus (met een belangrijke rol voor de terugkoppelingen) en een systematiek voor ontwerpprocessen.

De huidige productiewijze bij de spoorwegen is een statische. Er wordt een plan (dienstregeling) opgesteld, dat zo goed mogelijk wordt uitgevoerd. De Japanse spoorwegen laten zien dat het perfect uitvoeren van een gedetailleerd, integraal, maar star productieplan tot een zeer hoge performance kan leiden. Analyse van het Japanse model met behulp van het Lagenmodel Verkeer & Vervoer leidt echter tot de conclusie dat aan de randvoorwaarden in de Europese context niet lijkt te kunnen worden voldaan. Het Japanse model vereist een perfecte beheersing van alle productieprocessen en een verregaande conditionering van de productieomgeving (inclusief de klanten) om verstoringen uit te sluiten. Dit past niet in onze cultuur waarin de vrijheid en zelfstandigheid van het individu een zekere mate van regelruimte voor anticiperen en improviseren binnen het systeem vergt. Bovendien vraagt het vraagafhankelijke goederenvervoer om een mate van flexibiliteit die niet in het Japanse model past.

Het in deze dissertatie ontwikkelde besturingsconcept Dynamisch Railverkeersmanagement streeft een verbetering van de performance en productiviteit na door een geheel ander uitgangspunt te hanteren: minder plannen en meer regelen. Beheerste onzekerheid neemt de plaats in van de (schijn)zekerheid van een star plan. De processen worden niet meer exact gepland voor wat betreft tijdstip en locatie, maar er worden zoveel mogelijk vrijheidsgraden ingebouwd om afhankelijk van de momentane situatie de uitvoering van de processen te kunnen fijnregelen. Uiteraard is een absolute voorwaarde voor het nieuwe besturingsconcept het monitoren van de momentane toestand, zowel voor wat betreft de vraag naar verkeersdiensten als het beschikbare aanbod van verkeersmiddelen.

strategisch railverkeersmanagement

Het introduceren van terugkoppellussen in de regelcyclus van het railverkeersmanagement, zoals hier wordt voorgesteld, begint in de strategische fase. Het aanpassen van de capaciteit van verkeersmiddelen, met name de infrastructuur, heeft een lange doorlooptijd en bovendien hebben verkeersmiddelen een lange levensduur. Voor het vaststellen van de benodigde capaciteit van verkeersmiddelen is een lange termijnvisie daarom onontbeerlijk. De in deze dissertatie ontwikkelde Netvisie-methodologie is een eerste stap op weg naar een flexibele, procesgerichte aanpak die in plaats kan komen van de schijnzekerheid van een blauwdrukplanning voor de verre toekomst. Kenmerk van de nieuwe methodologie is een globale en transparante benadering van capaciteitsplanning op basis van de eisen en wensen van eindgebruikers.

Onderdeel van de nieuwe Netvisie-methodologie is een model om de capaciteit en kwaliteit van de verkeersmiddelen op strategisch niveau te optimaliseren op basis van het gebruik ervan. Het differentiëren van de verkeersmiddelen in de vorm van een beheersbaar aantal concepten biedt een middenweg tussen een veel te duur universeel spoorwegnet (alle verkeersmiddelen voldoen overal aan alle mogelijke combinaties van eisen) aan de ene kant en een veel te dure situatie met parallelle *dedicated* (op een bepaald type verkeersdienst toegesneden) netten aan de andere kant. De eisen aan de concepten voor de verkeersmiddelen worden in deze nieuwe benadering geformuleerd door het toekomstige, gedifferentieerde, (samen)gebruik van de verkeersmiddelen te definiëren in de vorm van benuttingsprofielen, de zogenoemde *verkeersprofielen*. De Netvisie-methodologie is succesvol toegepast bij het formuleren van de spoorparagraaf in het Nationale Verkeers- en Vervoerplan.

Strategisch railverkeersmanagement heeft vooral betrekking op de capaciteit van de verkeersmiddelen, meer in het bijzonder de railverkeersinfrastructuur. In de huidige werkwijze is de focus primair gericht op de “technische” capaciteit hiervan. De mogelijke benutting van de capaciteit van (rail)infrastructuur wordt, evenals bijvoorbeeld in het luchtverkeerssysteem, echter steeds meer bepaald door de beschikbare milieu- en veiligheids capaciteit. Met het hier voorgestelde concept *integraal railverkeersmanagement* wordt vanaf de strategische fase een balans tussen technische en omgevingsfactoren gezocht.

tactisch railverkeersmanagement

Ook in de tactische fase van het railverkeersmanagement, als de inzet van de verkeersmiddelen wordt vastgesteld, dienen volgens het nieuwe besturingsconcept vrijheidsgraden te worden gecreëerd om flexibel te kunnen inspelen op de momentane situatie. Echter, de producenten van verkeersdiensten hebben daarentegen behoefte aan een mate van zekerheid over voor hen beschikbare capaciteit en kwaliteit van de verkeersmiddelen. De in de Netvisie-methodologie gedefinieerde verkeersprofielen, die gedifferentieerd naar plaats en tijd kunnen worden toegepast, vormen in het voorgestelde besturingsconcept de contouren voor het feitelijke gebruik van de verschillende delen van het spoorwegnet. Het nieuwe instrument *benuttingsbalans* maakt aan de railverkeersmanager en de afnemers zichtbaar hoe bij een bepaald verkeersprofiel de balans ligt tussen (1) aantal gefaciliteerde verkeersdiensten, (2) differentiatie van diensten, (3) gemiddelde snelheid en (4) stabiliteit (mate van ongevoeligheid voor verstoringen).

operationeel railverkeersmanagement

In de operationele fase van het railverkeersmanagement worden in de nieuwe, dynamische, benadering vrijheidsgraden voor de levering van verkeersdiensten gepland in de vorm van

tijd/wegvensters. Deze productiekaders komen in de plaats van de deterministische tijdstippen en routes (de dienstregeling) bij de statische werkwijze. Voor de eindgebruiker betekent Dynamische railverkeersmanagement dat het tijdstip (bijvoorbeeld aankomstmoment) en plaats (bijvoorbeeld perronspoor) van de levering van een vervoerdienst pas in een laat stadium wordt gedetailleerd, zoals momenteel bij dynamische busstations of op luchthavens al gebruikelijk is. Het voordeel is dat door de toegenomen regel mogelijkheden de productiekaders (zoals het laatst mogelijke aankomstmoment) beter beheerst worden, zodat de betrouwbaarheid van de levering binnen deze kaders verbetert.

Als de tijd/wegvensters smal zijn, betekent dit enerzijds dat een vervoersysteem aan zijn afnemers (de eindgebruikers) tijdstip en locatie van de vervoerdienst nauwkeurig kan voorspellen. Anderzijds bieden smalle tijd/wegvensters weinig regelruimte om het gebruik van de infrastructuur te optimaliseren. Het omgekeerde geldt voor brede vensters: relatief grote onzekerheid over het aankomstmoment van de trein, maar veel regelruimte voor de railverkeersmanager. Dit verschil dient tot uitdrukking te komen in de hoogte van het tarief dat voor het gebruik van infrastructuurcapaciteit in rekening wordt gebracht. Op deze manier vormt het marktmechanisme een middel om het spoorwegnet efficiënter en meer vraaggestuurd te benutten.

ordering innovaties in Ambitieniveaus

Innovaties hebben een grotere kans op succes als ze kunnen worden toegepast binnen helder afgebakende functionele deelsystemen. Daarom wordt voorgesteld om de innovaties die tezamen de implementatie van Dynamische railverkeersmanagement vormen, te ordenen in drie samenhangende clusters. Deze zogenoemde Ambitieniveaus lopen synchroon met de functionele systeemlagen beheer verkeersmiddelen, inzet verkeersmiddelen en levering verkeersdiensten uit het Lagenmodel Verkeer & Vervoer. Ambitieniveau I richt zich op de vernieuwing van de verkeersmiddelen, met als doel een efficiënte inzet van rijwegen: op het juiste moment en toegesneden op de specifieke eisen van de verkeersdienst. De ontwikkeling van de hiervoor benodigde technische systemen verkeren overigens reeds in een vergevorderd stadium. Ambitieniveau II betreft de dynamische optimalisering van de inzet van de infrastructuur op baanvakken en stations. Ambitieniveau III richt zich op het dynamisch (vraaggestuurd) leveren van verkeersdiensten.

Met casestudies is in deze dissertatie aangetoond dat met Dynamisch Railverkeersmanagement de verkeersdiensten betrouwbaarder, flexibeler en efficiënter kunnen worden geleverd. De verbetering van de performance van het railverkeerssysteem betekent voor de eindgebruikers (de afnemers van vervoerdiensten: reizigers en verladers) dat ook de *vervoerdiensten* goedkoper, betrouwbaarder en flexibeler kunnen worden. Evenzeer van belang is dat met Dynamisch Railverkeersmanagement het railverkeerssysteem wellicht nieuwe vervoerconcepten, die beter aansluiten bij de wensen van de eindgebruikers, zal kunnen faciliteren.

Kortom

In deze dissertatie zijn een aantal wetenschappelijke vernieuwingen ontwikkeld, waarvan de belangrijkste zijn:

1. *Lagenmodel Verkeer & Vervoer*: een nieuw, generiek, model voor het functioneel analyseren van verkeer en vervoer.
 - Identificatie van diensten en markten binnen de spoorwegen;
 - Nieuwe visie op marktordening binnen de spoorwegen;
 - Structurering van de rol van de overheid ten aanzien van de spoorwegen;
 - Ontvlechting van de spoorwegen in functionele deelsystemen om kansen voor marktwerking en innovatie te vergroten.
2. *Dynamisch Railverkeersmanagement*: een nieuw concept voor de besturing van railverkeer met een systematische integratie van terugkoppellussen in de besturingscyclus.
 - Netvisie–methodologie voor een procesgerichte vorm van strategisch railverkeersmanagement;
 - *Verkeersprofielen* en *benuttingsbalans* als instrumenten voor de inzet van railverkeersmiddelen in de tactische fase van het railverkeersmanagement;
 - *Tijd/wegvensters* bij de planning van het gebruik van infrastructuur om regelruimte te creëren voor een dynamische vorm van operationeel railverkeersmanagement;
 - *Ambitieniveaus* om de innovaties van het railverkeerssysteem ten behoeve van Dynamisch Railverkeersmanagement te ordenen.

Met deze nieuwe benadering kan ook bij de spoorwegen marktwerking en innovatie leiden tot een verbetering van de performance. Door het leveren van betrouwbaardere, flexibelere en goedkopere producten kunnen de spoorwegen een gewaardeerde plaats in de samenleving heroveren.

Summary

Society demands that railways perform better than they do currently: the product must become more reliable and cheaper, and the railways must be able to react to changes in the market and the environment more flexibly. The starting point of this thesis is that in other industries market forces and innovations are key to the improvement of performance and that this must also be possible in the railway industry. The hypothesis is that, in spite of the restructuring of the railways during the nineties in Europe (“separation of infrastructure management and train operations”), the potency of market forces and innovations are insufficiently exploited and that this to a large extent can be attributed to the fact that the processes within the railway industry are tightly interwoven. “Everything” seems to be connected with “everything”, especially in the operational heart of the railways: the rail traffic system.

This thesis consists of two parts: the Transport Layer Model (TLM) and Rail Traffic Management (RTM).

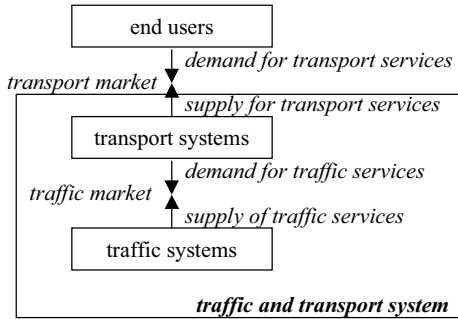
In the first part a generic theoretical model for the functional analysis of the traffic and transport system is developed: the Transport Layer Model (TLM) In this approach the traffic and transport system is considered as a composition of services and markets. Thereupon the TLM is applied to divide the railways into subsystems, with the objectives of improving the opportunities for market forces and innovations, and structuring the role of the government.

In the second part of this thesis the control of one of these subsystems, the rail traffic system, is analysed. The systematic integration of feedback loops into the control cycle leads to the development of a new control concept: Dynamic Rail Traffic Management the application of which can make the production of rail traffic services more reliable, more flexible and cheaper.

The two parts of the thesis are summarised below.

Part 1: Transport Layer Model: functional analysis of traffic and transport

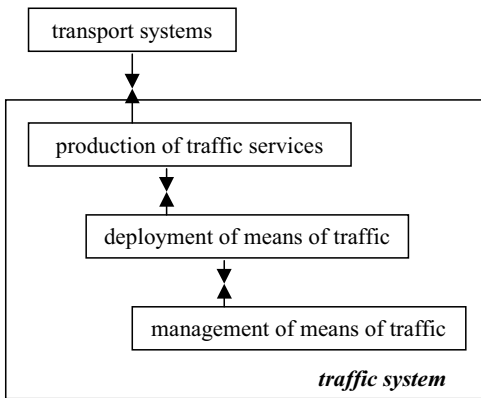
In part one the Transport Layer Model (TLM) is developed. With this generic model the traffic and transport system is analysed by identifying *services* and *markets*. The essence of the



TLM is the distinction between *transport services* (the movement of passengers and goods) and *traffic services* (the movement of trains, aircraft, etc.). Transport services are supplied to the end users (passengers and shippers) on the *transport market*. Production of transport services requires – apart from means of transport– traffic services. Traffic services are supplied to the transport systems by the traffic systems on *the traffic market*. In this view a producti-

on chain, which consists of different system layers with passengers and shippers as end users, is created.

A traffic system contains the production of traffic services (system layer production of traffic services) and the necessary means. The means that are necessary for the production of traffic



services are named *means of traffic*. Concerning the means of traffic, the TLM distinguishes the system layer management of means of traffic (production of capacities and qualities) and the system layer deployment of means of traffic (dispatching of means of traffic). Both system layers contain the *whole* of the means of traffic. Therefore, no distinction is made between the possible manifestations: infrastructure, rolling stock and personnel. The function of a signal along the railway track (infrastructure) is, for example, the same as the function of a

signal in the driver's cabin (rolling stock). And technical systems (on board computer, moped engine) can take over tasks from people (pilot, cyclist).

We will explain below how application of the TLM creates structure in discussions on traffic and transport issues, contributes to a better market regulation within the railway industry, structures the role of the government and improves opportunities for innovation.

structuring of discussions on traffic and transport issues

The merit of this newly-developed layer model is that it is generic and therefore applicable for different sorts of transport and traffic systems. An example of this is the definition of *traffic functions*: (1) carry, (2) propel, (3) steer and (4) give way, which remain the same for all traffic systems.

The application of a layer model prevents confusion in the use of terminology. With the TLM and the accompanying set of concepts and definitions it can be made clear, for example, whether a discussion on “network coherence” is on the coherence in a *transport* network (transfer possibilities for passengers) or on the coherence in a *traffic* network (possibility of changing track for trains). Another example is the confusing concept “reliability”. Sometimes the discussion is on the certainty of arriving in time at the destination of a multi-modal door-to-door trip (transport service), sometimes on the arrival of a train on time (traffic service) and sometimes on the extent that a set of points functions properly (availability of the means of traffic).

a contribution to a better market regulation within the railway industry

The new TLM identifies different markets. These are the places where the services which are supplied by a certain system layer, are confronted with the demand from an upper system layer. According to this model the use of market forces improves opportunities for new entrants. In current practice the availability of means of rail *traffic*, such as locomotives and drivers, proves to be an important threshold for new entrants to the public *transport* market. Transport systems, which compete on aspects that are relevant to the end users, such as customer orientation and service, should be able to buy traffic services (the movement of trains) in a market. Suppliers of traffic services, in their turn, should be able to buy or hire the (deployment of) means of traffic (rolling stock, infrastructure, and train drivers). The structuring of the traffic and transport system according to the TLM raises new questions on the market regulation within the railway industry, such as: what is the core-business of a “carrier” like the Netherlands Railways? Is the organisation primarily equipped for the supply of transport services or for traffic services?

structuring the role of the government

The TLM can also be used as a means for structuring the role of the government. The starting point is that the traffic and transport system, of which the railways are a part, is in principle a self regulating system of services and markets. In order to facilitate this self regulation as much as possible, the sometimes-necessary interference of the government must take place on the correct level of the TLM, i.e. at the correct system layer or market.

This approach leads to a new vision on, for example, the tendering of the transport on the new High Speed Line in the Netherlands. In the current approach, the means of *traffic* play the key role at the definition of *transport* franchises: the trains on the new track in the one franchise, the trains on the existing track in the other franchise. This has led to a confusing discussion on, e.g., the use or not of the new HSL-tracks for transport between the major Dutch cities of The Hague and Eindhoven. According to the philosophy of the layer model, the segmentation of the *transport* market should be leading in the process of tendering *transport* services. In this approach, for example, the international and domestic passenger transport services would be part of different franchises.

improvement of the chances for innovation within functional subsystems

The application of the TLM stimulates efficiency and innovation. When the costs of the production of services in the service chain are integrally passed on to the customer, an incentive arises to utilise scarce (and therefore expensive) capacities efficiently. Traffic services in peak hours, for example, can be priced higher than the same services in quiet hours. When a “carri-

er” pays not only the integral rolling stock and personnel costs, which is the current practice in the Netherlands, but also the integral infrastructure costs, a better view on the real, integral, (social) costs and revenues of traffic and transport is created. Furthermore, this approach stimulates the integral innovation of the functional subsystem (management of) means of traffic. The advantage of the shift of the technological-economic optimum from infrastructure to rolling stock and from human being to technical system can then be entirely realised.

Part 2 Rail traffic management: from static to dynamic

In the second part of the PhD thesis Rail Traffic Management (RTM), i.e. the management of the rail traffic system, is analysed in a new way with the objective of generating proposals for improvement. Apart from the TLM, three theoretical models are the basis for this: a control model from production logistics (which includes a distinction between strategic, tactical and operational management), a model for the control cycle (with an important role for feedback loops) and a model for design processes.

The current production mode within the railways is static. A plan (timetable) is designed and then executed as accurately as possible. The Japanese railways show that the perfect execution of a detailed, integral, but rigid plan can lead to very high performance. The analysis of the Japanese model with the help of the TLM leads, however, to the conclusion that it is unlikely that the necessary preconditions can be fulfilled in the European context. The Japanese model requires perfect control of all production processes and a far-reaching conditioning of the production environment (including the customers) to exclude perturbations. This does not fit in the European culture, in which the freedom and independence of the individual demands a particular amount of control space for anticipating and improvising within the system. Furthermore, the demand driven transport of goods requires a degree of flexibility that does not fit in the Japanese model.

The concept of Dynamic Rail Traffic Management, which is developed in this PhD thesis, aims for an improvement of performance and productivity by using a completely different starting point: “plan less and control more”. In this approach controlled uncertainty takes the place of the (quasi) certainty of a rigid plan. The point in time and the location of the processes are no longer precisely planned, but as many degrees of freedom as possible are constructed to tune the execution of the processes, depending on the actual situation. Obviously, the monitoring of the actual situation –both the actual demand for traffic services and the actual available supply of means of traffic– is an absolute condition for this new control concept.

strategic rail traffic management

The introduction of feedback loops in the control cycle of rail traffic management, as proposed here, starts at a strategic level. The adaptation of the capacity of the means of production, especially the infrastructure, has a long lead time and, furthermore, the means of traffic have a long life. Therefore, a long term vision is required for providing the necessary fixed capacity of the means of traffic. The Netvision–methodology, which is developed in this PhD thesis, is a first step on the road to a flexible, process-oriented approach that can take the place of the quasi certainty of a blue print planning for the far future. The main feature of the new metho-

dology is a global and transparent approach of capacity planning on the basis of the demands of the end users.

A model to optimise the capacity and quality of the means of traffic on a strategic level –on the basis of the use of it– is part of the new Netvision–methodology. The formulation of a number of different discrete concepts of means of traffic offers a middle way between the much too expensive universal railway network (all means of traffic fulfil all possible combinations of demands at all places) on the one hand and a much too expensive situation with parallel dedicated networks (tailored to specific sorts of traffic services) on the other. In this new approach, the potential demands for each of the discrete concepts mentioned above are formulated by defining the intended joint use of the means of traffic in the shape of utilisation profiles, the so-called *traffic profiles*. This Netvision–methodology was successfully used in the process of composing the rail paragraph in the National Traffic and Transport Plan in the Netherlands.

Strategic rail traffic management mainly concerns the capacity of the means of traffic, in particular the capacity of the rail traffic infrastructure. In the current approach the focus is primarily set on the “technical” capacity. The potential utilisation of the capacity of rail infrastructure, however, will be more and more determined by the available safety and environmental capacity, as it is the case in, e.g., air traffic management. With the concept *integral rail traffic management*, as proposed here, a balance between technical, safety and environmental factors is sought, starting from a strategic standpoint.

tactical rail traffic management

According to this new control concept, degrees of freedom to react to the actual situation flexibly must also be created in the tactical phase of the rail traffic management when the deployment of the means of traffic is fixed. On the other hand, the producers of traffic services need a particular degree of certainty about the capacity and quality of the means of traffic that will be available for them. In the proposed control concept the traffic profiles, which are defined in the Netvision–methodology, shape the outline of the actual utilisation of the different parts of the railway network. The traffic profiles can be applied differentiated with respect to time and place. A new instrument *utilisation balance* shows the rail traffic manager and the customers how the balance between (1) number of facilitated traffic services, (2) differentiation of services, (3) average speed and (4) stability (the insensitivity to perturbations) in a particular *traffic profile* is set.

operational rail traffic management

In the operational phase of rail traffic management using the new, dynamic approach, degrees of freedom for the production of traffic services are planned in the shape of *time/path windows*. These windows perform as a framework for the production of services and take the place of the deterministic points of time and place (the timetable) in the static approach. For the end users Dynamic Rail Traffic Management implies that the point of time, e.g., the arrival time, and place, e.g., the platform where the train will arrive, of the production of a transport service will be detailed close to the time of arrival or departure, as is currently common at airports and modern “dynamic” bus stations. The advantage is that the production framework, such as the latest possible moment of arrival, can be controlled better, since the control possi-

bilities have been improved. The consequence is that the reliability of the production of services within the framework improves.

When the time/path windows are narrow, a transport system can precisely forecast to the end users the point of time and place of the transport service. On the other hand, narrow time/path windows offer little control space to optimise the use of the infrastructure. The opposite is valid for broad windows: a relatively great uncertainty about the moment of arrival of the train and much control space for the rail traffic manager. This difference must be expressed in the fee for the use of the infrastructure. In this approach market forces help to utilise the railway capacity more efficiently and demand driven.

arrangement of the innovations in levels of ambition

Innovations have a greater chance to succeed when they can be applied within clearly defined, functional subsystems. Because of this, it is proposed in this PhD to arrange the innovations that together shape Dynamic Rail Traffic Management in three coherent clusters. The three so-called Levels of Ambition match the functional system layers of the TLM (I) management of means of traffic, (II) deployment of means of traffic and (III) production of traffic services. Level of Ambition I is oriented on the renewal of the means of traffic with the objective to make an efficient deployment of routes (at the right moment and tailored to the specific demand of the traffic service) possible. It is worth noting that the development of the necessary technical systems for this purpose is already well advanced. Level of Ambition II concerns the dynamic optimisation of the deployment of the infrastructure on track sections and stations. Finally, Level of Ambition III is oriented on the dynamic, demand driven, production of traffic services.

In this PhD thesis case studies demonstrate that with the Dynamic Rail Traffic Management approach traffic services can be produced more reliably, more flexibly and more efficiently. To the end users (the customers of the transport services, i.e. the passengers and the shippers) the improvement of the performance of the rail *traffic* system means that *transport* services can become more reliable, more flexible and cheaper as well. It is also important that with Dynamic Rail Traffic Management the rail traffic system might facilitate new concepts of transport that better comply with the demands of the end users.

In Brief

In this thesis a number of scientific ideas are developed, of which the most important are:

1. The *Transport Layer Model*: a new, generic model for the functional analysis of traffic and transport.
 - Identification of services and markets within the railways;
 - New vision on market regulation within the railways;
 - Structuring of the role of the government with regard to the railways;
 - Unbundling of the railways into functional subsystems to improve the chance for market forces and innovation.
2. *Dynamic Rail Traffic Management*: a new concept for the control of rail traffic with a systematic integration of feedback loops in the control cycle.

- The *Netvision*-methodology for a process oriented form of strategic rail traffic management;
- *Traffic profiles* and *utilisation balance*: instruments for the deployment of means of traffic in the tactical phase of rail traffic management;
- *Time/path windows* for the planning of the use of the infrastructure to create control space for a dynamic form of operational rail traffic management;
- *Levels of Ambition* to arrange the innovations for Dynamic Rail Traffic Management.

Using this new approach, market forces and innovation can lead with the railways, as is the case with other industries, to better performance. By producing more reliable, more flexible and cheaper services the railways can once more take their prominent role in society.

Curriculum vitae

Alfonsus Alexander Maria Schaafsma werd op 6 augustus 1958 geboren te Zwolle. Hij groeide op in Zutphen, waar hij in 1976 het diploma Gymnasium β behaalde aan het Baudartius College. In 1983 voltooide hij zijn studie Civiele Techniek aan de Technische Universiteit (toen nog Technische Hogeschool) Delft. Zijn afstudeerscriptie had betrekking op de aansluiting van de sneltramlijn naar Amstelveen op het Amsterdamse railnet.

Na het vervullen van zijn vervangende dienstplicht bij de HTM in Den Haag, trad Alfons in 1985 in dienst van de Nederlandse Spoorwegen. Bij de toenmalige Dienst van Exploitatie verrichtte hij diverse studies op het gebied van de lange termijnontwikkeling van de dienstregeling in relatie tot de daartoe benodigde infrastructuur. In 1989 stapte hij binnen de Nederlandse Spoorwegen over naar de Dienst van Infrastructuur, waar hij diverse studies op het gebied van de ontwikkeling van railinfrastructuur leidde. In 1991 werd hij Beleidssecretaris Infrastructuurbeheer, in welke functie hij onder meer de strategische besluitvorming over de ontwikkeling van technische systemen in relatie tot de aanleg van nieuwe railinfrastructuur voorbereidde.

In het kader van de herstructurering van de spoorwegen verhuisde Alfons in 1994 naar Railned, de organisatie voor capaciteitsmanagement en spoorwegveiligheid. Daar werd hij Coördinator Modelvorming en Research binnen de afdeling Innovatie. Naast het begeleiden van theoretische studies, vooral op het gebied van capaciteit en benutting van het spoorwegnet, draagt hij vanuit innovatieve invalshoeken bij aan adviezen aan de Rijksoverheid over de ontwikkeling van de railinfrastructuur en het gebruik ervan.

TRAIL Thesis Series

A series of The Netherlands TRAIL Research School for theses on transport, infrastructure and logistics.

Nat, C.G.J.M., van der, *A Knowledge-based Concept Exploration Model for Submarine Design*, T99/1, March 1999, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Westrenen, F.C., van, *The Maritime Pilot at Work: Evaluation and Use of a Time-to-boundary Model of Mental Workload in Human-machine Systems*, T99/2, May 1999, TRAIL Thesis Series, Eburon, The Netherlands

Veenstra, A.W., *Quantitative Analysis of Shipping Markets*, T99/3, April 1999, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Minderhoud, M.M., *Supported Driving: Impacts on Motorway Traffic Flow*, T99/4, July 1999, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Hoogendoorn, S.P., *Multiclass Continuum Modelling of Multilane Traffic Flow*, T99/5, September 1999, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Hoedemaeker, M., *Driving with Intelligent Vehicles: Driving Behaviour with Adaptive Cruise Control and the Acceptance by Individual Drivers*, T99/6, November 1999, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Marchau, V.A.W.J., *Technology Assessment of Automated Vehicle Guidance - Prospects for Automated Driving Implementation*, T2000/1, January 2000, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Subiono, *On Classes of Min-max-plus Systems and their Applications*, T2000/2, June 2000, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Meer, J.R., van, *Operational Control of Internal Transport*, T2000/5, September 2000, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Bliemer, M.C.J., *Analytical Dynamic Traffic Assignment with Interacting User-Classes: Theoretical Advances and Applications using a Variational Inequality Approach*, T2001/1, January 2001, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Muilerman, G.J., *Time-based logistics: An analysis of the relevance, causes and impacts*, T2001/2, April 2001, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Roodbergen, K.J., *Layout and Routing Methods for Warehouses*, T2001/3, May 2001, TRAIL Thesis Series, Haveka, The Netherlands

Willems, J.K.C.A.S., *Bundeling van infrastructuur, theoretische en praktische waarde van een ruimtelijk inrichtingsconcept*, T2001/4, June 2001, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Binsbergen, A.J., van, J.G.S.N. Visser, *Innovation Steps towards Efficient Goods Distribution Systems for Urban Areas*, T2001/5, May 2001, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

Rosmuller N., *Safety analysis of Transport Corridors*, T2001/6, June 2001, TRAIL Thesis Series, Delft University Press, The Netherlands

