

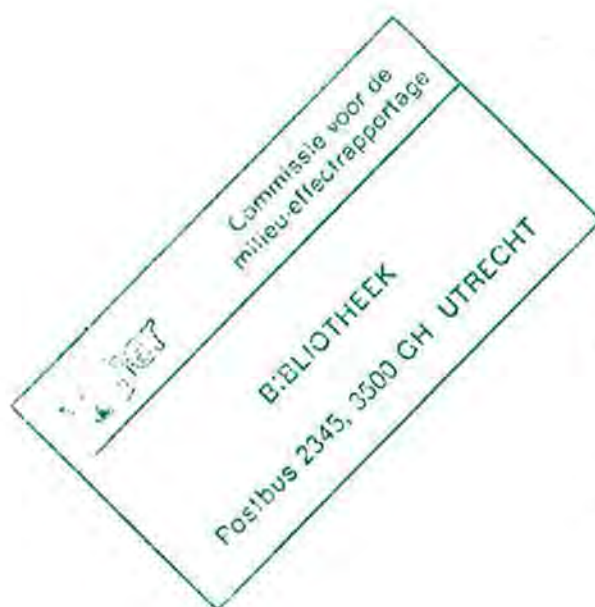
Uitgever: Weg en Werken Vereniging

weg'79 en werken



P141-114

Inhoud



pagina 2	<i>drs. G. Th. M. Haubrich</i> Enkele vervoerskundige en commerciële aspecten van hoge en hogere snelheden
8	<i>ir. E. J. M. Harmsen</i> Hogere snelheden en de bovenbouw van de weg
19	<i>ing. M. J. Engelman</i> Hogere snelheden en het wegonderhoud
22	<i>ing. H. M. C. M. van Maarschalkerwaart</i> Invloed van hoge snelheden op de ontwerpeisen van kunstwerken
26	<i>ing. F. N. Buyink</i> Gevolgen voor de beveiliging bij het geschikt maken van een baanvak voor snelheden groter dan 130 km/h
28	<i>ing. P. J. Daams</i> Gedrag van de NS bovenleiding en stroomafnemer bij snelheden tot 160 km/h
31	<i>ir. D. W. Venemans</i> Materieel voor hoge snelheid

Colofon

uitgave	Weg en Werken Vereniging
technische tekeningen	J. J. M. de Graaff
layout en druk	Drukkerij Kerckebosch, Zeist

Redactie

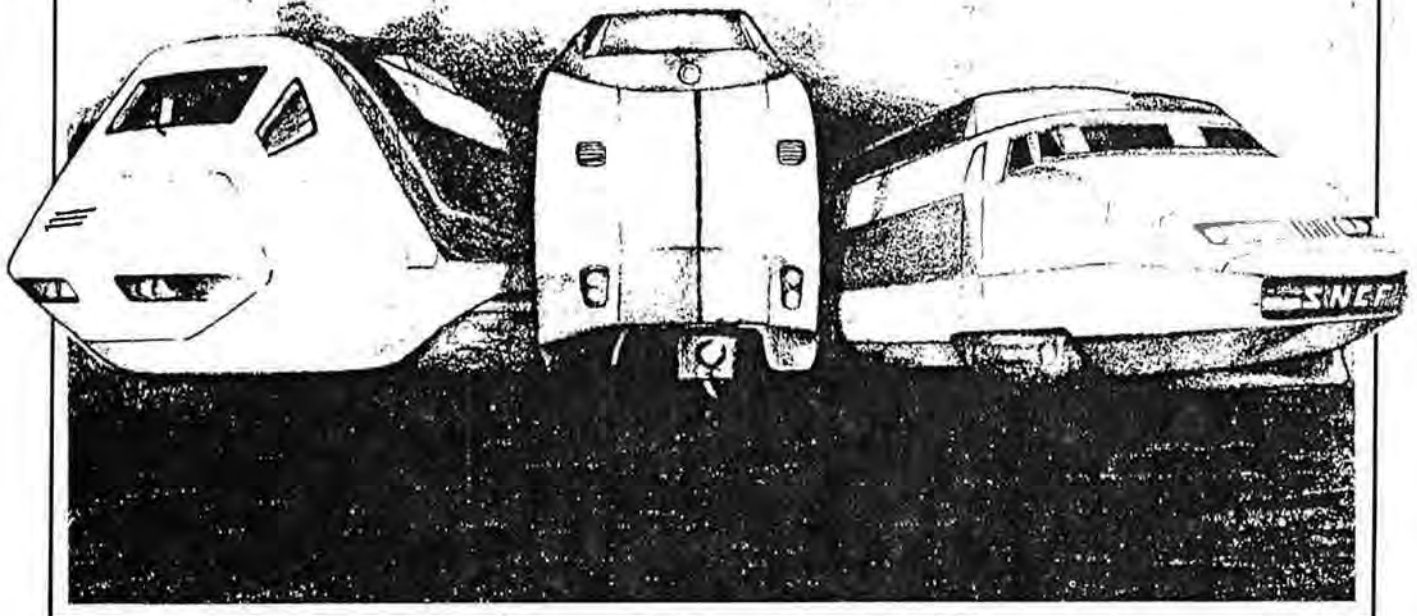
ing. J. H. Bellaart
ir. S. Bruinsma, voorzitter
E. W. G. van Dalen
ing. H. Gol
ing. F. J. Schippers
M. J. Stuivenberg

Weg en Werken 1979

Uitgave van de
Weg en Werken Vereniging

Bijna van meet af aan heeft de WWV ook het verenigingsorgaan ingeschakeld bij haar streven om bij de leden belangstelling te wekken, zowel voor elkaars werk, als voor technische spoor- en tramwegaangelegenheden en dit dan met name in relatie tot de infrastructuur. Door de jaren heen heeft deze publicistische activiteit verschillende vormen gekend; nu is de formule vijf à zes maal per jaar een eenvoudig blad uitgeven met onder andere verenigingsnieuws en van tijd tot tijd een brochure waarin op één onderwerp dieper wordt ingegaan. Voor de brochure 1979 is als thema gekozen „hogere snelheden op het Nederlandse spoorwegnet“.

De redactie heeft grote waardering voor de uitwerking die de schrijvers aan dit thema gaven. Zij hoopt dat ook de afwerking welke daaraan gegeven is de toets der kritiek kan doorstaan.



De afbeeldingen welke op de omslag en hierboven zijn weergegeven laten het nieuwe intercitymaterieel (IC III) zien, geflankeerd door de APT en de TGV van respectievelijk de Britse en Franse spoorwegen.

Het zal duidelijk zijn dat onze IC III met zijn 160 km/h zeker geen supersnelle trein genoemd kan worden.

Toch heeft ook een bescheiden verhoging van de maximum snelheid gevolgen voor de eisen te stellen aan het materieel en de infrastructuur. In het volgende wordt in een zevental artikelen nadere uitwerking gegeven aan de aanleiding tot en de konsekventies van de hogere en hoge snelheden.

Hierbij is, waar mogelijk, in de verschillende verhalen ingegaan op de ervaringen welke in 1977 en 1978 zijn opgedaan tijdens de proefnemingen met hogere snelheden op het proefbaanvak tussen Eindhoven en Venlo.

Enkele vervoerskundige en commerciële aspecten van hoge en hogere snelheden

door drs. G. Th. M. Haubrich

1. Inleiding

Uit onderzoek is bekend, dat de bevolking van geïndustrialiseerde samenlevingen er in de afgelopen decennia weinig of niet in slaagde om het tijdsbestedingspatroon aan te passen aan de gestegen welvaart. Zo is gebleken dat de per persoon aan reizen bestede tijdsduur geen grote verschillen vertoont, ook niet bij stijgende welvaart.

Tevens is uit diverse onderzoeken bekend, dat er sprake is van een konstant aantal verplaatsingen per hoofd, zodat de mens kennelijk — althans gedurende globaal de laatste 40 jaar — blijkbaar geen behoefte voelde aan het bekorten van zijn aan reizen bestede tijd, noch aan het verminderen van het aantal verplaatsingen.

Dat desondanks de mobiliteit in de afgelopen tientallen jaren enorm is toegenomen, kan alleen worden teruggevoerd op een toename van de per hoofd afgelegde afstand, hetgeen mogelijk werd gemaakt door het opvoeren van (het aandeel van) de verplaatsingen met relatief snelle vervoerssystemen.

In dit artikel zal eerst worden ingegaan op de algemene wetmatigheden in het reizigersverkeer en de betekenis van de reissnelheid. Vervolgens zullen enkele meer algemene modellen, studies en toepassingen worden besproken. Tenslotte zal getracht worden om aan te geven welke mogelijkheden hieruit voor de Nederlandse situatie afgeleid kunnen worden.

2. Historische terugblik en algemene vorm van de wetmatigheden

De allereerste 'reiswet' werd in 1891 door Lill opgesteld en heeft als algemene vorm:

$$R_{ij} = \frac{X_i \cdot Y_j}{Z_{ij}}$$

waarin:

R_{ij} : aantal reizigers tussen i en j per tijdseenheid

X_i : aantal en omstandigheden van de potentiële verkeersdeelnemers in i

Y_j : de mogelijkheden tot het uitvoeren van activiteiten in j

Z_{ij} : offers verbonden aan een reis van i naar j (en terug)

De grondstructuur van deze reiswet werd in de loop der jaren door allerlei onderzoeken over wetmatigheden in het reizigersverkeer bevestigd. Door de gelijkenis met de zwaartekrachtwet van Newton worden soortgelijke modellen dan ook vaak als zwaartekracht- of als gravitiemodellen bestempeld.

In de teller van het zwaartekrachtmodel komen m.b.t. de herkomst en bestemming de grootheden voor die van invloed zijn op het maken van reizen, zoals omvang van de bevolking in i en j , leeftijd, inkomen en scholing als socio-economische factoren. Maar ook kan rekening worden gehouden met bijv. aantallen en soorten arbeidsplaatsen, aanwezigheid scholen, ziekenhuizen en winkelcentra.

In de noemer worden in principe de factoren welke verkeersremmend werken opgenomen. Als belangrijkste 'weerstand' werd door Lill oorspronkelijk de reisafstand opgenomen, maar later bleken ook factoren als reistijd, reiskwaliteit en reiskosten van betekenis te zijn.

Zwaartekrachtmodellen lenen zich zeer goed voor de beschrijving van het totale verkeer in een reisrelatie. De verdeling van het totale verkeer over de verschillende vervoerswijzen geschiedt vervolgens met behulp van zogenaamde modal-split-modellen, die overigens nauw met het zwaartekrachtmodel samenhangen. In het onderstaande wordt hierop nader ingegaan.

3. Zwaartekrachtmodellen voor het totale verkeer

Door Breimeier werd voor 532 relaties tussen grote steden, waarvan de onderlinge afstand varieerde van 20 tot 700 kilometer, met behulp van multiple regressie-analyse het navolgende verband vastgesteld voor het totale verkeer van alle vervoerswijzen:

$$R_{ij} = 7903 \cdot \frac{(D_i \times D_j)^{0,93}}{AFST^{1,86}} \quad (r = 0,94)$$

waarin:

R_{ij} : reizigersaantal per dag tussen i en j in twee richtingen tezamen

D : aandeel per stad in de dienstensektor

AFST: afstand in km

De hoge multiple korrelatiecoëfficiënt r wijst op een sterk verband tussen de gebruikte variabelen, terwijl de overeenstemming met het model van Lill opvallend is.

Het totale verkeer laat zich in principe ook door andere socio-ekonomische factoren beschrijven, maar Breimeier stelde vast dat variabelen als bijv. inwonertal en aantal auto's onderling en met de activiteiten in de dienstensektor sterk gekorreleerd zijn en om die reden geen bijdrage in het beschreven model kunnen hebben.

Van groot belang is nu de vraag of en hoe de kwaliteit van een verkeersverbinding – bijv. gemeten in reissnelheid – de totale verkeersstroom beïnvloedt. Het is niet mogelijk om het model uit te breiden met de gemiddelde reissnelheden per auto (VA) en per trein (VT), aangezien deze variabelen toenemen bij groeiende afstand, en dus een functie van de afstand zijn.

Om de afhankelijkheid tussen afstand en reissnelheid te ontkoppelen werden door Breimeier per vervoerswijze „specifieke snelheden” geïntroduceerd die niet meer afstandsgevoelig zijn.

Toetsing van dit indirecte verband in het model voor het totaal-verkeer liet zien, dat de invloed van de reissnelheid per auto niet, maar die van de trein wel aantoonbaar is. Het model gaat dan over in:

$$R_{ij} = 4494 \cdot \frac{(D_i \times D_j)^{0,91}}{AFST^{2,01}} \cdot VTS^{0,45}$$

waarin VTS de specifieke reissnelheid per trein voorstelt, gerekend van deur tot deur met in acht neming van de halve treinopvolgningstijd.

Uit deze vorm van het model kan worden afgelezen dat het totaal-aantal reizigers in een relatie toeneemt bij een stijging van de reissnelheid per trein. Globaal betekent de macht 0,45 dat het aantal reizigers verandert met de wortel van de verandering in de gemiddelde reissnelheid. Het ligt voor de hand, dat slechts een deel van de toename van het aantal reizigers van andere vervoerswijzen naar de trein overloopt, zodat het overblijvende gedeelte als nieuw-geïnduceerd aangemerkt moet worden. Dit gegeven wordt overigens door Engelse en Japanse onderzoeken ondersteund.

Andere studies (zie paragraaf 4) laten zien, dat ook de aanbod-karakteristieken van de luchtvaart van invloed zijn op het totaal-verkeer.

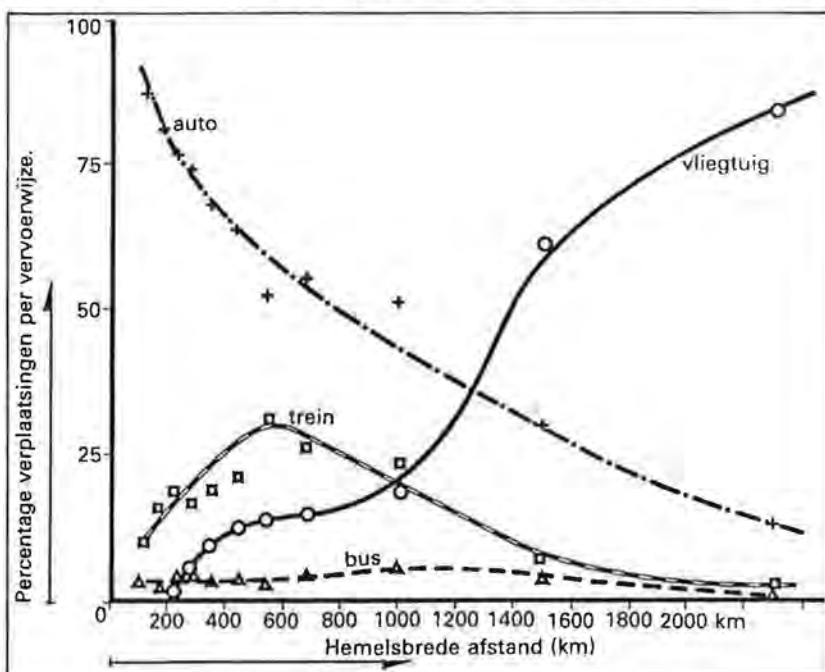
Voorliggende onderzoeken geven echter geen uitsluitsel over de invloed van veranderingen in de snelheid over de weg, althans niet voor reizen over middellange en lange afstanden.

4. De verdeling van het totaal-verkeer over de vervoerswijzen (modal split)

Vrijwel alle bekende studies over de invloedsfactoren, welke een rol spelen bij de vervoerswijze-keuze, laten zien dat de afstand en/of reistijd een zeer belangrijk fenomeen is. Figuur 1, ontleend aan de studie COST 33, toont een gevoelsmatig voor de hand liggende verdeling over de diverse vervoerswijzen bij verplaatsingen over afstanden boven 100 km.

Maar niet alleen de reistijd speelt een rol bij de vervoerswijze-keuze. Uit reizigersenquêtes is bekend dat ook comfort en prijs van invloed zijn bij het keuzeproces. Deze laatste faktor kan echter zelden in modelmatige onderzoeken worden meegenomen, enerzijds omdat de kosten van het rijden per auto op zeer verschillende wijzen door autobezitters worden berekend (en doorgerekend), anderzijds omdat de tarieven voor rail- en luchtverkeer veelal

Figuur 1



sterk afstandsgevoelig zijn en bovendien vaak in een vaste verhouding tot elkaar staan.

Ook de invloed van socio-ekonomische kenmerken van herkomst- en/of bestemmingsgebied op de vervoerswijze-keuze valt in het algemeen niet aan te tonen, evenmin als de moeilijk kwantitatief uit te drukken invloedsfaktor reismotief. Als belangrijkste verklarende variabelen voor de vervoerswijze-keuze blijven dan ook meestal reistijd en afstand over, waarbij het begrip reistijd „inclusief“ genomen moet worden van huisdeur tot huisdeur (voor/na-transporttijd + wachttijd + rijtijd).

4.1. De modal split weg/rail

Een door Breimeier, o.g.v. in Duitsland beschikbare gegevens, uitgevoerde studie leidde tot de navolgende modal split-functie voor de verdeling tussen weg en rail.

$$\frac{RT}{RA} = 0,37 \left(\frac{TA}{TT} \right)^{1,85} AFST^{0,22}$$

waarin

RT en RA: aantal reizigers per trein (RT) en per auto (RA) per relatie per tijdseenheid.

TA en TT: reistijd van deur tot deur per auto (TA) en per trein (TT).

AFST: afstand in kilometers.

Hieruit laat zich aflezen, dat het in reistijd TT gemeten aanbod van de trein een zeer sterke invloed op de verdeling tussen de vervoerswijzen uitoefent. Deze invloed is ulteraard kleiner naarmate de treinfrekwentie toeneemt en diensgevolge de halve treinopvolgingstijd (snel) afneemt.

Naarmate de reistijdverhouding tussen trein en auto meer ten gunste van de trein komt te liggen, neemt het aandeel treinreizigers (RT/RA) snel toe. Bovendien ligt het aandeel van de trein hoger naarmate de reisafstand groter is, enerzijds door een toename van de gemiddelde reissnelheid per trein maar anderzijds vooral door de mindere invloed van voor-, na-transporttijd en wachttijd op de totale reistijd.

De invloed van de reisafstand en de samenhang tussen afstand en reissnelheid kan worden verduidelijkt d.m.v. onderstaande, aan

TA/TT	RT/RA (in %) bij		
	20<AFST ≤200 (km)	200<AFST ≤400 (km)	AFST>400 (km)
0,33	6	—	—
0,36	8	—	—
0,39	15	—	—
0,42	23	—	—
0,45	30	—	—
0,48	33	36	—
0,51	33	36	—
0,54	38 (!)	44 (!)	—
0,57	34	44	—
0,60	41	48	55
0,63	47	60 (!)	65
0,66	54	50	68
0,69	65	60	72
0,72	73	74	79
0,75	—	71 (!)	82
0,78	—	75	85

4.2. De modal split rail/vliegtuig

Ook in de verdeling van het vervoer over trein en vliegtuig is de reistijd (van deur tot deur) verreweg de belangrijkste bepalende faktor. Breimeier komt tot het volgende verband voor die situaties waarin $TT/TL \geq 0,8$:

$$\frac{RL}{RT} = 0,18 \cdot \left(\frac{TT}{TL} \right)^2 - 0,12$$

waarin: RL: aantal luchtreizigers

TL: reistijd per vliegtuig

Soortgelijke verbanden werden gevonden door Tyler en Hassard in Engeland en door v. d. Donk in West Europa.

Uit bovenstaande formule kan de volgende tabel worden afgeleid:

TT/TL	$\frac{RT}{RL + RT}$
0,8	1,00
1,2	0,875
1,6	0,75
2,0	0,625
2,4	0,52
2,8	0,44

Duidelijk is, dat het aandeel van de trein snel afneemt naarmate de reistijdverhouding ongunstiger wordt.

4.3. Het drievoudige modal split model voor weg, rail en vliegtuig

Uit de beschikbare gegevens kan naast de modal split modellen zoals beschreven in 4.1 en 4.2 ook een drievoudig model afgeleid worden. Nadere beschouwing van dit verband laat evenwel zien, dat steeds het luchtverkeer in concurrentie is met het treinverkeer, zodat volstaan kan worden met de volgende stapsgewijze benadering:

- schatting van het totale verkeer
- verdeling tussen auto en rest
- verdeling rest over trein en vliegtuig.

5. De mogelijkheden voor de spoorwegen (algemeen)

Het zal duidelijk zijn, dat de reissnelheid van een vervoerssysteem van wezenlijk belang is. Het vliegtuig heeft met snelheden van 900 à 1000 km/h op de korte en middellange afstanden voorlopig de grens van de mogelijkheden bereikt. Ook voor de personenauto's kan in de komende jaren niet verwacht worden, dat de gemiddelde reissnelheid wezenlijk opgevoerd zal worden.

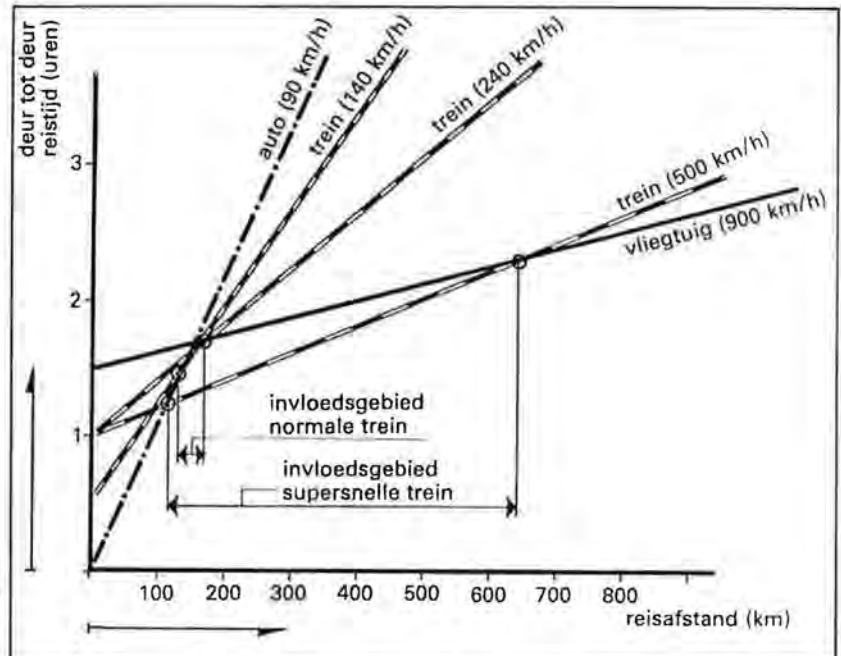
In principe liggen er dan ook kansen voor het railsysteem, waar de huidige techniek het mogelijk maakt om de gemiddelde rijsnelheid van 80 à 100 km/h te verdubbelen. Nevenstaande grafische voorstelling maakt duidelijk, dat door zo'n snelheidsverhoging het invloedsgebied van de trein aanmerkelijk wordt uitgebreid (zie fig. 2).

De grafiek laat zien, dat de vergroting van het concurrentiegebied van treinen met hogere snelheden vooral van invloed is op het vliegtuig en nauwelijks op de auto (volgens 4.3). Voor dit laatste is het (praktisch) ontbreken van voor/natransporttijd bij de auto de belangrijkste reden.

De sterk geschematiseerde weergave van figuur 2 wordt in figuur 3 wat realistischer gemaakt. De invloed van diverse snelheden per trein wordt daar geïllustreerd onder de volgende veronderstellingen:

- treinfrekventie van 30 minuten
- vliegfrekwentie van 2 uur
- goede wegverbinding
- afstand 500 km

Niet zichtbaar in de figuur, maar van groot belang is, dat bij het toenemen van de treinsnelheid het totaal-aantal reizenden toeneemt. De

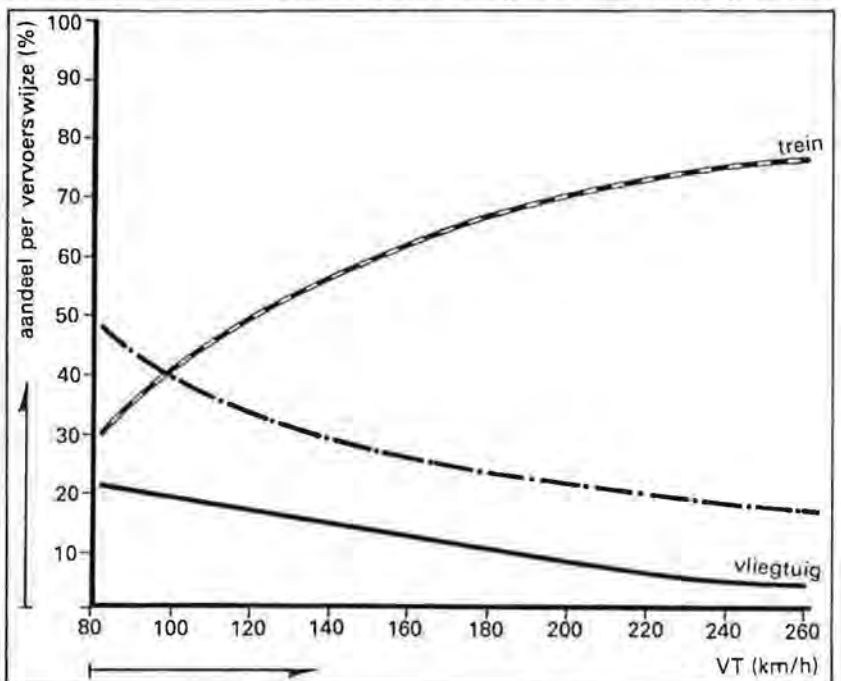


Figuur 2
Schematische voorstelling van het invloedsgebied der vervoerswijzen.

Figuur 3
Procentuele verdeling over de vervoerswijzen bij vermelde uitgangspunten en variabele treinsnelheid.

stijging van het treinaandeel komt daardoor deels op rekening van het nieuw-geïnduceerde vervoer en deels van de andere vervoerswijzen.

Het geschatte verband doet het vermoeden rijzen dat het effect van hogere snelheden tot in het oneindige doorgaat. Naast een veelheid van technische en economische redenen, die in de praktijk hun grenzen zullen stellen, moet er nog op gewezen worden dat een steeds grotere absolute stap nodig is in de verhoging van de



rijsnelheid om eenzelfde relatieve verhoging van de totale reistijd te verkrijgen.

Verhoging van de rijsnelheid is trouwens niet de enige manier om de totale reistijd gunstig te beïnvloeden. Ook de treinfrekwentie (opvolgingsinterval), het aantal onderwegstations, de halteringsduur en de bereikbaarheid van de trein in ruime zin (loopafstand in het station, situering fietsenstalling en parkeerplaats) spelen daarbij een rol van betekenis.

Hoewel de meeste studies niet ingaan op een verdere verdeling van het totale verkeer, naar reismotief of naar klasse, bestaat een redelijk vermoeden dat de gevonden samenhangen op alle categorieën toepasbaar zijn. Na veel aarzelingen gaat de DB er dan ook toe over om in hun snelste treinen de tweede klasse toe te voegen. Andere maatschappijen hebben de betekenis van kortere reistijden al eerder hoog aangeslagen, zoals BR die haar van den beginne tweeklassige High Speed Train zoveel mogelijk tracht te bespoedigen.

6. De mogelijkheden voor de Nederlandse situatie

Bij het bezien van de mogelijkheden voor hogere snelheden van reizigerstreinen in de Nederlandse situatie is het gewenst enige rubricering aan te brengen, zowel in snelheidsniveau als in de vraag of bestaande dan wel geheel nieuwe infrastructuur aan de orde is. Voor bestaande infrastructuur kunnen globaal drie snelheidsniveaus worden onderscheiden, namelijk:

- max 140 km/h: het uiterste wat met het bestaande NS-materieel op delen van het net haalbaar is;
- max 160 km/h: haalbaar met verbeterd materieel (IC III, Corail, Europees standaardrijtuig) op daartoe aangepaste baanvakken (proefbedrijf Ehv – VI, Schiphollijn);
- max 200 km/h: alleen mogelijk op daartoe aangepaste infrastructuur en met andere materieelkonstrukties (kantelbak).

Voor geheel nieuwe infrastructuur moet het onderscheid gemaakt worden tussen:

- de konventionele twee-railtechniek, waarbij op speciaal ontworpen infrastructuur en dito materieel maximum snelheden van rond 300 km/h mogelijk zijn;

- 6 – geheel nieuwe technieken (magneetzwef-

baan, lineaire motor, andere geleidingstechnieken).

Opvoering van de maximum snelheid op een traject heeft slechts zin, als daardoor de reissnelheid veezenlijk wordt beïnvloed.

Interne NS-studies hebben enig licht geworpen op de effecten die zouden kunnen optreden bij zo'n snelheidsverhoging. Voor een tweetal lijnen is daarbij nagegaan welke rijtijden maximaal haalbaar zijn, enerzijds in een variant zonder enige snelheidsbeperking en anderzijds in een variant waarin snelheidsbeperkingen zijn opgenomen, die niet zonder excessief hoge kosten opgeruimd zouden kunnen worden (emplacements, krappe bogen, etc.).

Aan de studie worden de volgende cijfers ontleend:

	Asd – Mt	Rtd – Gn
huidige rijtijd (ruim)	124	135
max 160 zonder beperkingen	91	99
idem met beperkingen	107	114

Bij een gegeven reisafstand en de navolgende veronderstellingen

- frekwentie: 1 maal per uur
- voor/natransporttijd: 30 minuten

kan de totale reistijd en de gemiddelde reissnelheid worden bepaald.

	Asd – MT	Rtd – Gn
totale reistijd (minuten)		
– bestaand	184	195
– zonder beperking	151	159
– met beperking	167	174
afstand (in km)	217	249
gemiddelde snelh. (km/h)		
– bestaand	70,7	76,6
– zonder beperking	86,2	93,9
– met beperking	78,0	85,9

Over het gehele traject gerekend is globaal dus een verhoging van de reissnelheid met ruim 20% (zonder beperkingen) maximaal bereikbaar. Op delen van het traject weegt de invloed van het frekwentieinterval en de voor/natransporttijd echter zwaarder, en zullen dus geringere winsten gehaald worden.

Daarbij komt nog, dat naarmate de afstand toeneemt het aantal reizigers in beginsel kleiner wordt. Waar op het ogenblik (werkdag, ochtendspits, drukste uur) tussen Eindhoven en Amsterdam zich circa 70 mensen per trein laten vervoeren is de som van het aantal reizigers van Sittard, Heerlen en Maastricht naar Amsterdam nog maar circa 50.

Het absolute aantal reizigers dat bij snelheidsverhogingen op bestaande infrastructuur geworven zal kunnen worden, mag dan ook niet te hoog worden aangeslagen. Daarbij komt dat van reële concurrentie tussen trein en vliegtuig in het binnenlandse verkeer nauwelijks sprake is. Nog afgezien van andere overwegingen (investeringen, energie, invloed op baanvakcapaciteit etc.) moet het dan ook vrij onwaarschijnlijk worden geacht, dat binnen afzienbare tijd opvoering van de maximum rijsnelheid tot 160 km/h voor de binnenlandse vervoersbehoefte wenselijk dan wel noodzakelijk zal zijn.

Enigszins anders ligt de situatie v.w.b. het internationale vervoer. Reeds enkele jaren terug heeft de UIC een streefplan ontworpen voor een homogeen net van spoorwegverbindingen tussen de voornaamste bevolkings- en activiteitencentra. De bedoeling is daarbij de infrastructuur voor dit hoofdlijnnennet aan te passen aan de vervoersbehoeften. Er zijn eisen geformuleerd, waaraan die infrastructuur zal moeten voldoen, o.a. op de punten snelheid en capaciteit.

Nederland figureert in dit plan met drie hoofdverbindingen:

- Amsterdam – Den Haag – Brussel en verder naar Parijs (en naar een eventuele kanaaltunnel).
- Randstad – Arnhem – Roergebied en verder naar Frankfurt.
- Randstad – Twente – Noordduitse havens en verder naar Scandinavië.

Hoewel NS actief participeert in deze studies, gebiedt de realiteit op te merken, dat dit zowel tengevolge van de geografische ligging als van de grootte van ons land meer gezien moet worden als een **openhouden van mogelijkheden voor het geval zich vanuit het buitenland kansen en ontwikkelingen voordoen**.

Zulke kansen en ontwikkelingen zouden kunnen voortvloeien uit strategiekeuzen die de Overheden zouden kunnen doen aan de hand

van het recentelijk verschenen rapport van de studie COST 33.

In deze studie zijn een viertal strategieën ontwikkeld (volledig tegemoet komend aan de vraag, opvoeren/afremmen bepaalde vervoerswijzen, beheersing van de vraag en volledige planning) en zijn de effecten daarvan op mogelijke prognoses tot het jaar 2000 onderzocht. Daarbij zijn zowel de effecten binnen de transportsector zelf als de externe effecten (milieu, energieverbruik enz.) gezien en geëvalueerd.

Tot een eenduidige voorkeur is de studie niet gekomen, hetgeen overigens niet zo verwonderlijk is, daar zo'n keuze (ook) een kwestie is van (politiek) beleid afhankelijk van de waarde oordelen die men heeft betreffende optredende effecten.

De rol van de spoorwegen in het Europese IC-verkeer wordt zeer positief beoordeeld. Vooral dankzij de groei van het zakelijk vervoer zijn er goede perspectieven voor een verbeterd railnet met snelheden tot 250 km/h op basis van konventionele techniek. In de meeste gevallen zullen hiervoor om capaciteitsredenen nieuwe lijnen moeten worden aangelegd. Wel wordt er op gewezen dat op korte termijn maatregelen in die richting dringend noodzakelijk zijn. T.a.v. nieuwe technieken voor zeer hoge snelheden wordt zelfs opgemerkt, dat die binnen 10 jaar volledig toepasbaar moeten zijn, wil er ooit een kans op realisering zijn.

Voor **Nederland** valt op te merken dat:

- uit de analyses blijkt dat hoge snelheidslijnen in Nederland commercieel gezien niet rendabel zullen zijn.
- voor de verbinding Amsterdam-Brussel desondanks toch de mogelijkheid van snelheden tot 250 km/h in beschouwing kan worden genomen, daar op capaciteitsgronden in alle categorieën verwacht wordt dat een nieuwe lijn, of althans gedeelten daarvan, noodzakelijk zal worden. Deze lijn zou aansluitingen moeten geven aan de driehoek Brussel-Parijs-Londen, waarbij met een Kanaaltunnel rekening is gehouden.
- voor de verbinding Randstad – Roergebied de vooruitzichten in dit rapport minder duidelijk zijn, temeer omdat het in deze relatie zo belangrijke goederenvervoer niet in beschouwing is genomen.

Hogere snelheden en de bovenbouw van de weg

door Ir. E. J. M. Harmsen

1. Inleiding

Onder het begrip 'bovenbouw van de weg' worden bij NS verstaan: sporen, wissels, kruisingen en ballastbed.

De van oudsher gebruikelijke bovenbouw, ook wel de klassieke bovenbouw genoemd, bestaat uit een samenstel van spoorstaven of wisselonderdelen, met behulp van bevestigingsmiddelen verbonden met de dwarsliggers of wisselhouten en liggend in een 20 à 25 cm dik ballastbed.

De ballast kan bestaan uit grind, gebroken grind of steenslag, d.w.z. gebroken natuursteen.

De functies van deze onderdelen zijn duidelijk:

- de spoorstaven dragen de wielen van het rollend materieel en geleiden deze horizontaal;
- de dwarsliggers met de bevestigingsmiddelen ondersteunen de spoorstaven, brengen de verticale belasting over op het ballastbed en verzekeren de spoorwijdte;
- het ballastbed brengt de horizontale en de verticale belasting van het spoor weer over op de ondergrond, meestal een aarden baan en zorgt voor de afwatering.

De spoorstaven werden vroeger steeds aan elkaar verbonden met de bekende lasplaten en lasbouten, een constructie die zeer veel onderhoud vroeg, het rijcomfort verminderde en veel geluidsoverlast met zich meebracht.

Thans worden, zeker in sporen, die met een snelheid hoger dan 100 km/h bereden mogen worden de spoorstaven of met elektrische stomplassen of met thermietlassen aan elkaar verbonden, waarmee dan voegloos spoor ontstaat.

Behalve een z.g. klassieke of conventionele bovenbouw is er de laatste decennia ook een niet-conventionele bovenbouw ontstaan, d.w.z. een bovenbouw zonder dwarsliggers en zonder ballast. (Zie foto 1 en 2).

Deze ontwikkeling heeft zijn oorsprong gevonden in de onvrede, die de ligging van dwarsliggersporen op stalen bruggen opleverde en is onder meer sterk gestimuleerd door studies over de bouw van nieuwe spoorwegtunnels, in de allereerste plaats een Kanaaltunnel tussen Groot-Brittannië en Frankrijk.

Het spoor volgt een bepaald tracé, d.w.z. een aaneenschakeling van rechtstanden, overgangsbogen, cirkelbogen, hellingen en verticale afrondingsbogen.

8 Deze meetkundige begrippen leggen de ideale

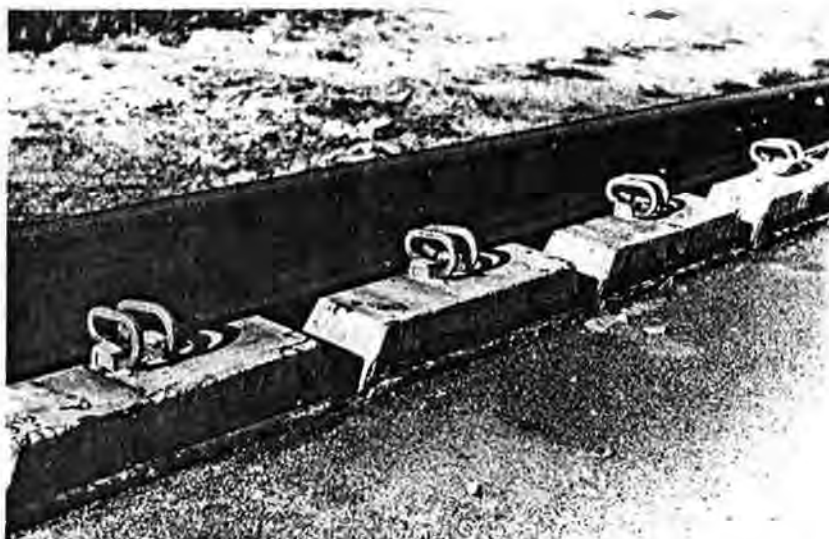


Foto 1:
Spoorconstructie op geprefabriceerde betonblokken die in een uitgespaarde sleuf worden bevestigd.

Foto 2:
Spoorconstructie op brede rughellingplaten, die rechtstreeks met behulp van ingebetonde ankers op het betondek bevestigd worden.

spoorligging vast. De werkelijke spoorligging wijkt steeds van de ideale geometrie af en het hangt van de toegestane snelheid af hoe groot de maximale afwijkingen mogen zijn.

De weerstand van het spoor tegen verschuiven hangt af van de weerstand, die de koppen van de dwarsliggers ondervinden van de schouders van het ballastbed en van de wrijving tussen de onderkanten van de dwarsliggers en de daaronder liggende ballast.

Hier moeten wij goed onderkennen, dat er 2 verschillende toestanden zijn, waarbij het spoor voldoende weerstand tegen dwarsverschuiven moet opleveren en wel:

- de onbelaste toestand
- de belaste toestand

In voegloos spoor kan bij temperatuursverho-



ging de spoorstaaf niet uitzetten, waardoor daarin grote drukkrachten ontstaan, die in ons klimaat voor NP 46 kunnen oplopen tot circa 50 ton per spoorstaaf en voor UIC tot ruim 60 ton. Daardoor wil het spoor spatten, d.w.z. zijdelings uitknikken.

Dit wordt tegengegaan door een ballastbed van voldoende afmetingen en samenstelling. (Zie fig. 1). Voldoende wil in dit verband zeggen, dat de zijdelingse weerstand tegen dwarsverschuiven van het spoor minstens 400 kg per strekkende meter spoor bedraagt.

Bekijken wij nu het spoor in belaste toestand. De dwarsweerstand, die een spoor op kan leveren hangt in sterke mate af, of de ballast ongeroerd is, of b.v. door onderhoudswerkzaamheden geroerd is. In dit laatste geval kan die dwarsweerstand tot 45% van zijn oorspronkelijke waarde teruglopen. Het rollend materieel oefent, ook in rechtstand, horizontale krachten in dwarsrichting op het spoor uit, die des te groter worden naarmate de snelheid hoger is.

Nu is uit een studie van Prud'homme van de SNCF gebleken, aan de hand van metingen, die indertijd zowel in Frankrijk, als in West-Duitsland, als bij NS zijn uitgevoerd, dat wanneer die horizontale kracht van een wielstel (in tonnen) niet hoger wordt dan 1 ton + 1/3 van de verticale belasting van het wielstel in tonnen het klassieke spoor ook onder de ongunstigste ballastbedomstandigheden niet van zijn plaats schuift.

Om te kunnen vaststellen hoe groot de horizontale krachten, die door de wielstellen op het spoor worden uitgeoefend bij verschillende snelheden nu werkelijk zijn, worden daartoe met behulp van z.g. drukdozen, die in de wiellagers worden aangebracht metingen uitgevoerd. De uitslag bepaalt tot welke maximum

snelheden met de verschillende rollend materieeltypes kan worden gereden, zonder dat er kans is op dwarsverschuiven van het spoor en daarmee op ontsporingengevaar.

Bij het doorlopen van bogen oefenen de wielen op het bovenbeen van het spoor, d.w.z. op de buitenste spoorstaaf een horizontale kracht uit, die evenredig is met het kwadraat van de snelheid en omgekeerd evenredig is met de straal van de boog. Dit betekent, dat als bij voorbeeld de snelheid bij gelijkblijvende straal 2 maal zo groot wordt, deze kracht 4 maal zo groot wordt, en dat wanneer de straal 2 maal zo groot wordt, bij een gelijkblijvende snelheid deze kracht tot de helft terug loopt.

Om deze middelpuntvliedende krachten te compenseren brengt men in de bogen een verkanting aan, d.w.z. dat het buitenbeen van het spoor hoger wordt gelegd dan het binnenbeen. Daardoor gaan de wagens, evenals een fietser, die een bocht neemt, naar de binnenkant van de boog overhellen. Tussen rechtstand en cirkelboog brengt men een overgangsboog aan, d.w.z. een kromme lijn, waarvan de kromtestraal van oneindig (= rechtstand) naar de grootte van de straal van de aansluitende cirkelboog verloopt. Van deze overgangsboog maakt men gebruik om van de waterpasse ligging van het spoor in rechtstand tot de verkanting in de boog te komen, door middel van een overgangshelling in het buitenbeen.

In met hoge snelheid bereden hoofdsporen zijn wissels en kruisingen beslist onplezierige elementen, die het rijcomfort niet verhogen. De oorzaak hiervan moet in 2 omstandigheden worden gezocht, n.l.:

- in de verticale stand der spoorstaven tegenover een naar het hart van het spoor toe gerichte helling van 1:20 of 1:40 in de sporen;

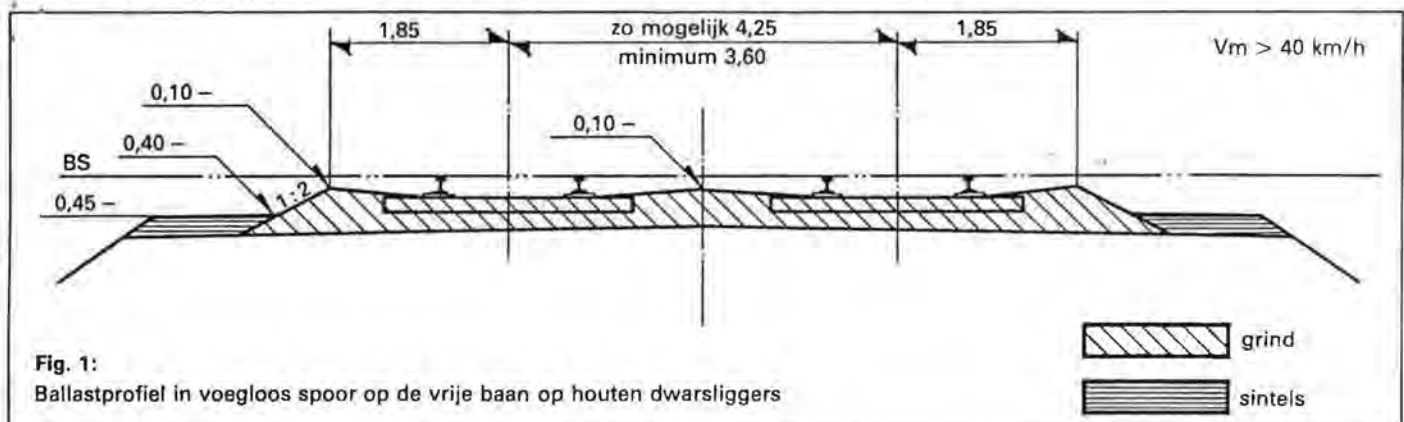


Fig. 1:
Ballastprofiel in voegloos spoor op de vrije baan op houten dwarsliggers

- in het van ongeleide openingen der punt- en kruisstukken aftrekken der wielstellen door de strikregels.

Flauwe inlopen van de strikregels verminderen de ruk van dit aftrekken.

2. Geschiedenis van de hogere snelheden bij de NS

Tot in 1933 werd op de hoofdlijnen der NS uitsluitend met stoomtractie gereden. De maximum snelheden bedroegen toen 90 tot 100 km/h. De hoofdsporen in de zwaarder belaste lijnen bestonden toen uit spoorstaven lang 18 m op met de bekende gietijzeren klemstoelen bewapende dwarsliggers, die op een onderlinge afstand van hart op hart 0,75 m lagen in grindballast. (Zie fig. 2).

De grootste asbelasting bedroeg 18 ton en onder deze omstandigheden was die bovenbouw ruim voldoende en bood een voor die dagen behoorlijk rijcomfort.

Wel vroeg dit spoor bij de lussen voortdurend extra aandacht, vooral voor wat het op peil houden van de hoogteligging betrof.

In 1933 verscheen voor het eerst de diesel-elektrische tractie op de hoofdlijnen in de vorm van 3-wagentreinstellen. Tegelijkertijd werd de maximum snelheid opgevoerd tot 125 km/h. Weldra deed men toen dezelfde ervaring op, die in het buitenland ook reeds was opgedaan, namelijk dat er zeer veel schriftwerk voor nodig was om een spoor met 0,75 m dwarsliggerafstand voor wat de ligging betreft in een voldoende staat te houden, als de maximum snelheid boven 100 km/h kwam.

De oplossing, die op het vasteland van Europa overal voor dit probleem werd gekozen, bestond uit het verkleinen van de dwarsliggerafstand tot 0,60 m.

Ook bij NS heeft men deze oplossing gekozen en geleidelijk is tussen 1933 en 1938 op die lijnen waar 125 km/h werd gereden het aantal dwarsliggers per km spoor van 1333 tot 1666 vergroot; dat wil zeggen dat 25% dwarsliggers meer werden gelegd.

Deze vergroting werd bereikt, door verschuiven van de reeds aanwezige dwarsliggers en tussensteken van nieuwe. Deze operatie is zeer zeker, noch de hoogteligging, noch een regelmatige spoorwijdte ten goede gekomen, maar was niettemin voldoende om zonder buitensporig onderhoud een goede schiftrichting te behouden.

10 In 1938 werd de elektrificatie van het zoge-

SPOORSTAAF NP 46 OP KLEMSTOEL.

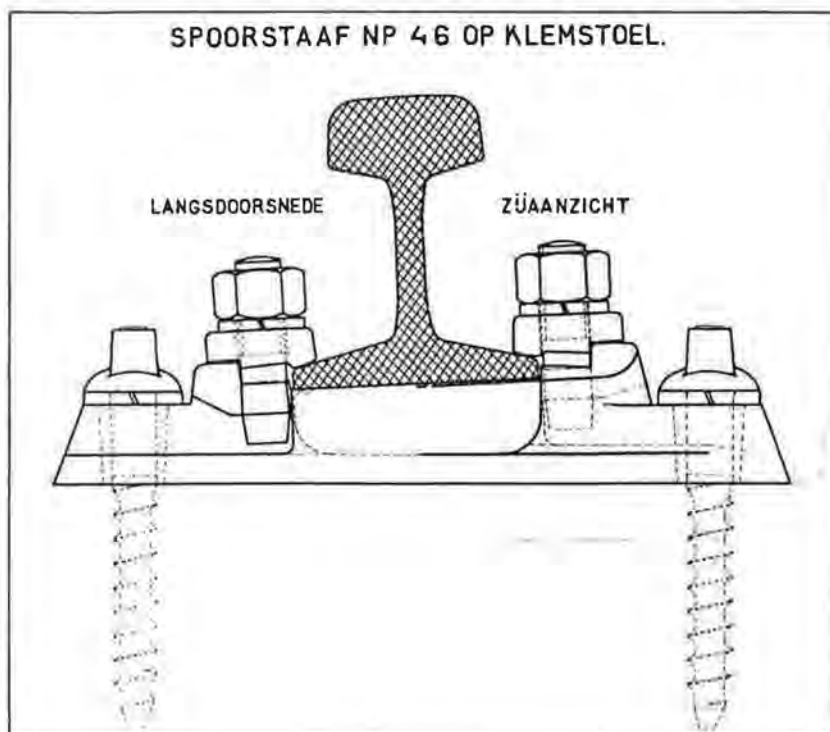


Fig. 2:
Spoorstaaf NP 46 op
klemstoel.

naamde middennet voltooid en in gebruik genomen. Dat middennet bestond uit de lijnen Amsterdam – Utrecht – Eindhoven en Rotterdam – Den Haag – Utrecht – Arnhem – Nijmegen.

Hierdoor nam het aantal treinen, dat met 120 km/h was ingelegd aanzienlijk toe.

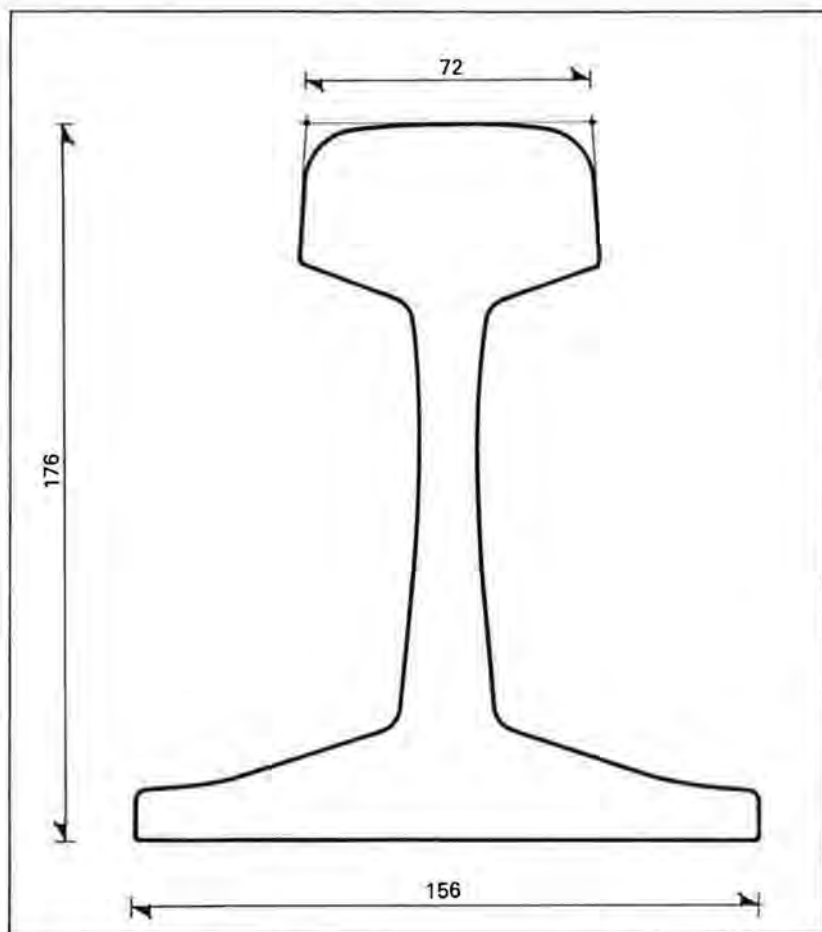
Het daarvoor gebouwde elektrische stroomlijnmaterieel was uitgerust met schijfremmen. Deze schijfremmen waren nog wel eens geblokkeerd, waardoor de wielbanden platte kanten kregen, die – in tegenstelling tot wat remmen met op de wielband aangrijpende gietijzeren blokken doen – niet bij een volgende remming werden weggeslepen.

Bij 120 km/h – de inhaalsnelheid bedroeg toen 125 km/h – geven deze platte kanten harde slagen op de spoorstaafkop.

De kwalijke gevolgen, die daarvan vooral in de winter kunnen worden verwacht bleven niet lang uit. De mobilisatiewinter van 1939/1940 was zeer streng en gaf een overvloedige neerslag in de vorm van sneeuw en ijzel. Daardoor werd over grote lengten, het ballastbed één harde stugge koek van grind en ijs.

De dwarsliggers in de belangrijke hoofdsporen waren toen alle met de bekende gietijzeren klemstoelen bewapend en de combinatie van lage temperaturen, een stijf bevroren ondergrond, vele wielen met platte kanten en 120 km/h liet in enige weken tijds ruim 170.000 klemstoelen breken.

Men werd hierdoor totaal verrast en heeft toen moeten besluiten de snelheid van de elektrische stroomlijntreinen aanzienlijk terug te brengen. Niet ontmoedigd door de reeds bij 120 km/h ondervonden moeilijkheden heeft NS tijdens en kort na de 2e wereldoorlog niet alleen gestudeerd op een aanzienlijke verhoging van de maximum snelheid tot 160 km/h, maar ook

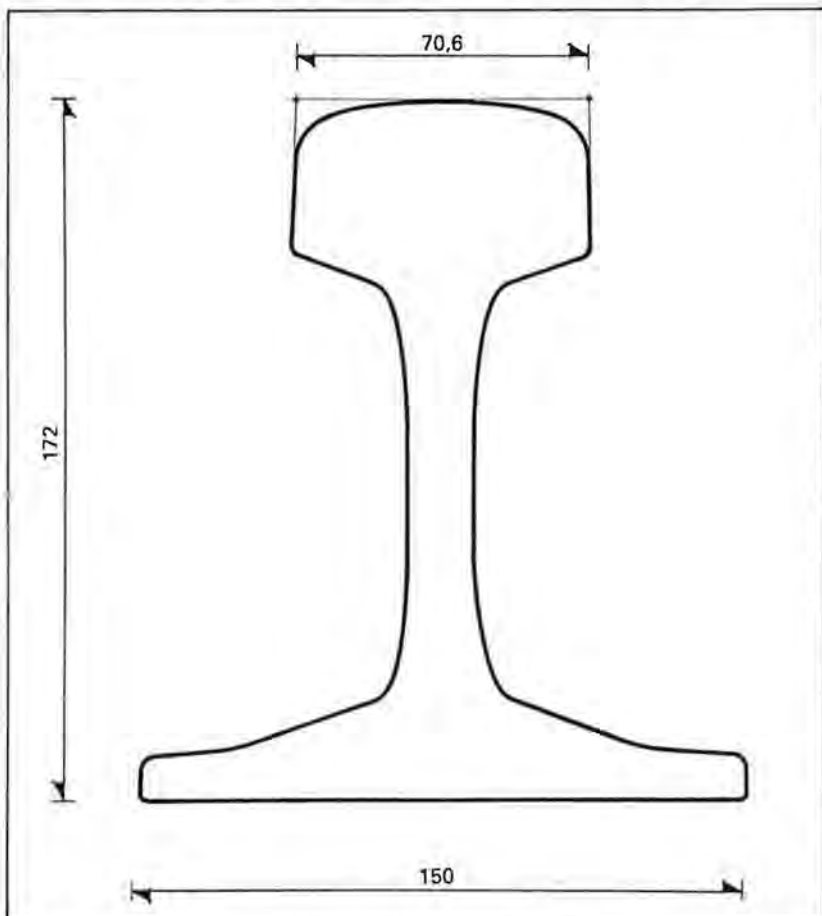


daadwerkelijk stappen ondernomen dit te realiseren.

Voor wat het rollend materieel betreft, wijs ik hier op de E-loc-serie 1000 en de dieselelektri-

Fig. 3:
Spoorstaafprofiel
NS 63.

Fig. 4:
Spoorstaafprofiel
UIC 60.



sche vijfagentreinen, die voor deze snelheid werden ontworpen.

Voor wat de weg betreft, wijs ik op de baanverzwaring, boogverbeteringen, die in 1946 en volgende jaren tesamen met de oorlogsherstellingen werden uitgevoerd.

Voor de baanvakken, die men toen geschikt wilde maken voor 160 km/h ging men tegelijkertijd over op een veel zwaardere bovenbouw. Er werd een speciaal spoorstaafprofiel ontworpen: NS 63, dat zoals het getal aangeeft 63 kg/m woog, met 156 mm voetbreedte en een hoogte van 176 mm tegen respectievelijk 120 mm en 142 mm van de NP 46. (Zie fig. 3).

Dit profiel werd op met rughellingplaten bewapende houten dwarsliggers met een afstand h.o.h. van 0,60 m bevestigd en gelegd in een steenslagbed, dik 0,25 m onder onderkant dwarsligger. Het profiel werd min of meer intuïtief gekozen. De rapporten waarin men tot deze keuze kwam, bevatten noch diepgaande theoretische beschouwingen noch verhandelingen over proefondervindelijk onderzoek. Desondanks is men toen toch tot een profiel gekomen, dat maar weinig verschilt van het profiel UIC 60 (60 kg/m) en dat tegenwoordig veel in Europa wordt toegepast voor lijnen met snelheden van 160 km/h en hoger. (Zie fig. 4). De moeite en kosten, die NS zich in de veertiger jaren heeft getroost om hogere snelheden in te voeren hebben hun doel niet bereikt.

Wat daarvan de oorzaken bij het rollend materieel waren, wil ik in het midden laten.

Voor wat de weg betreft moet hier vermeld worden, dat de met zeer veel zorg uitgevoerde baanverzwaring en bovenbouwverzwaring met NS 63 teleurstellende resultaten hebben opgeleverd voor wat betreft de ligging, die kwalitatief steeds aanmerkelijk beneden, die van de NP 46-sporen bleef.

Als gevolg daarvan bleef tevens het rijcomfort, ook bij de snelheid van 120 km/h onder de maat.

Naderhand is ook wel duidelijk geworden waarom dit zware spoor niet aan de verwachtingen heeft voldaan: de volgende feiten hebben ons hierbij parten gespeeld:

- de spoorstaven werden gewalst in Engeland en zijn daarbij onvoldoende gericht met als resultaat, dat zij niet goed recht waren;
- omdat de spoorstaven uit Engeland kwamen, moesten zij naar ons land worden versleept, waardoor zij op lengten van 12 m moesten worden afgezaagd. Het is duidelijk,

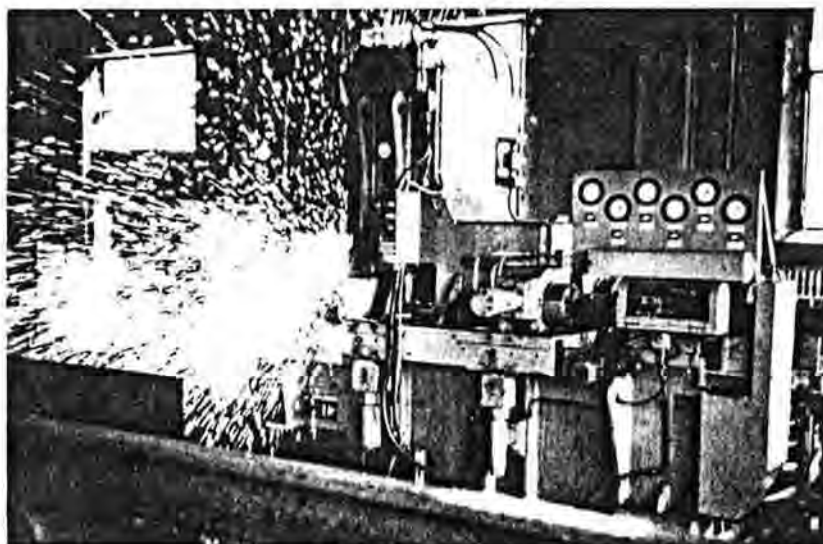
dat het voor sporen, bestemd voor hoge snelheden dringend gewenst is, zo min mogelijk lassen met voegen in de spoorstaven te hebben.

Daarom werd toen de spoorstaaf-lasinrichting in Utrecht (de Sli) gebouwd, waar de lengten van 12 m met elektrische weerstandslasen, ook wel stomplassen genoemd, aan elkaar werden gelast, waarna daaruit lengten van 30 m werden gezaagd. (Zie foto 3). Deze stomplassen waren aanvankelijk van een niet al te hoge kwaliteit en vooral het richten van de stomplassen had men toen onvoldoende onder de knie. Het gevolg was, dat in de toch al slecht gerichte spoorstaven elke 12 m nog een extra knik aanwezig was.

- de hellingen van de rughellingplaten vertoonden, zoals naderhand is gebleken, waarden, die varieerden van 1:18 tot 1:39. Het gevolg was, dat de stand van de spoorstaven dezelfde hellingvariaties vertoonde, waarmee een grote onregelmatigheid in de spoorwijdte werd geïntroduceerd. Zoals bekend is, zijn beide onregelmatigheden funest voor een goed rijcomfort.
- het wegonderhoudspersoneel, belast met het onderhoud van deze zware in steenslag liggende sporen, was niet in het bezit gesteld van passend gereedschap en was daardoor onvoldoende in staat het nodige onderhoud uit te voeren.

Het zal de lezer inmiddels wel duidelijk zijn geworden, dat de weg naar de hogere snelheden rijkelijk voorzien is van voetangels en klemmen.

Foto 3:
Stomplasmachine
bij de spoorstaaf-
lasinrichting.



Omstreeks 1952 was men bij NS ook tot dat inzicht gekomen en dit gekoppeld aan het besef, dat baan- en bovenbouwverzwaring aanzienlijke uitgaven vergden, hebben er toen toe geleid, dat daarmee niet verder werd gegaan en dat de gedachte om de belangrijkste baanvakken in te richten voor 160 km/h een tijd lang werd verlaten.

In 1966 werd opnieuw de studie naar de mogelijkheden van 140 km/h en 160 km/h door een multi-disciplinaire werkgroep ter hand genomen.

Hoewel van de resultaten dezer studie niets in de praktijk is gebracht, waren toch de voornaamste conclusies wel zo interessant, dat zij hier niet onvermeld mogen blijven. Ik noem hiervan de volgende:

- Het hoofdnnet, d.w.z. het net waar thans intercity-treinen rijden is voor wat de tracé's betreft zo aangelegd, dat zonder kostbare tracé-verleggingen de snelheid tot 160 km/h zou kunnen worden opgevoerd. Hierbij moet worden aangetekend, dat op de grote knooppunten, waarbij vaak bogen met een betrekkelijk kleine straal liggen er op gerekend werd, dat alle treinen daar zouden stoppen. Daarmee komen de snelheidsbeperkingen van die krappe bogen toch in de remweg te liggen en veroorzaken geen extra tijdverliezen.
- De uitgaven, die aan baan, beveiliging en bovenleiding zouden moeten worden gespendeerd bleken voor 140 km/h en 160 km/h maar weinig te verschillen.
- De energiekosten lopen met het verhogen van de maximum snelheid zeer sterk op.
- Op de grote afstanden, zoals Amsterdam – Maastricht en Den Haag – Groningen, waren vergeleken bij 120 km/h, bij 160 km/h rijtijd-winsten te behalen van 15 tot 20 minuten.

3. Enige ervaringen met hoge snelheden in het buitenland

De oudste en bekendste spoorweg voor zeer hoge snelheden is de in oktober 1964 in gebruik genomen Tokaido-lijn tussen Tokio en Osaka, een dubbelsporige lijn met normaal spoor met een lengte van 515 km.

Het toen bestaande Japanse spoorwegnet had een spoorbreedte van 1067 mm of 3½ voet en een maximum snelheid van 100 km/h.

Dit bood naar de mening van de JNP (Japanse National Railways) bij lange na niet voldoende

mogelijkheden om aan de verkeersbehoefte van de circa 40 miljoen inwoners tellende landstreek tussen de beide bovengenoemde steden tegemoet te komen en om met succes tegen het binnenlandse luchtvervoer te kunnen concurreren.

Men heeft toen terecht geoordeeld, dat daartoe gedacht moest worden aan veel comfort biedende reizigerstreinen, die met snelheden van 200 à 250 km/h het ruim 500 km lange parcours zouden kunnen afleggen.

Tegelijkertijd realiseerde men zich duidelijk daarvoor een geheel nieuwe spoorweg aan te moeten leggen en dat men niet uit kon gaan van extrapolaties van het bestaande en technisch bekende systeem.

Vele honderden technici hebben toen 8 à 9 jaar gestudeerd op en gewerkt aan de voorbereiding voor de aanleg van een dergelijke spoorweg.

Voor wat de bovenbouw betrof kwam men toen tot de volgende keuze:

- een spoorwijdte van 1435 mm;
- een spoorstaafprofiel van 53 kg/m, langgelast;
- voorgespannen betondwarsliggers lang 2,40 m, afstand h.o.h. 0,58 m;
- ballastbed van steenslag, dik 0,25 à 0,30 m onder onderkant dwarsligger;
- spoorafstand 4,20 m;
- wissels met bedienbare puntstukken.

Van de Tokaido-lijn ligt 53% op een aardenbaan, en de rest of 47% op kunstwerken met doorgaand ballastbed.

Er rijden uitsluitend elektrische treinstellen met 200 km/h, een snelheid die voor inhalen 210 km/h mag worden.

De asbelastingen bedragen maximaal 16 ton en de dagelijkse belasting per spoor bedraagt 55.000 à 60.000 ton.

De Tokaido-lijn heeft ruimschoots voldaan aan de hooggestemde vervoersverwachtingen en bleek zeer wel met het luchtvervoer te kunnen concurreren. De grote tegenvaller was echter het spooronderhoud. In de voorstudies, was men tot de conclusie gekomen, dat de onderhoudsbehoefte $\pm 20\%$ hoger zou zijn, dan die van de bekende met 100 km/h bereden bovenbouw met een zelfde baanvakbelasting. In werkelijkheid werd dit meer dan het dubbele. Het feit, dat een aanzienlijk deel van het parcours op nieuw aangelegde, en daardoor aan

zettingen onderhevige aarden banen is aangelegd, was daaraan niet vreemd.

Dit kan worden geïllustreerd door de zeer sterke schommelingen van de wielbelastingen, die bij de maximum snelheid werden gemeten: extra belastingen tot 100% toe en ontlastingen tot 80% voor sporen op aarden baan, vergeleken bij 30% meer en minder voor op kunstwerken gelegen sporen.

Naarmate de baanlichamen zich verder gezet hadden, zijn die zeer grote schommelingen teruggelopen tot ruim 40%.

De cijfers, die in Japan voor op kunstwerken gelegen sporen gevonden zijn, stemmen overeen met wat hiervoor bij gelijke snelheden in Europa is gevonden. Vooral het onderhoud van de hoogteligging heeft de Japanners veel zorgen gegeven en maakt veelvuldig lichten en stoppen nodig, een werk waarmee elke nacht vele stopmachines bezig zijn.

De gebruikte steenslag is van een tamelijk zachte natuursteensoort gemaakt en het gevolg is dan ook geweest, dat wat eens mooi en hoekig en kantig materiaal was, afgesleten is, zowel door het stoppen als door de treinbelasting en min of meer rolrond is geworden. Daardoor wordt de weerstand tegen verschuiven kleiner, terwijl het slijpsel van de stenen als een soort leem onderin het ballastbed is gezakt en de afwatering belemmert. Aangemoedigd door het commerciële succes van de Tokaido-lijn heeft de JNR besloten deze te verlengen van uit Osaka naar Kobe en Okayama, en verder naar Hiroshima en Hakata. Deze verlenging is bekend als de Sanyo-lijn.

Het gedeelte tot Okayama is 163 km lang en werd in 1972 in gebruik genomen.

Wijzer geworden door de opgedane ervaringen is hier een spoorstaaf van 60 kg/m toegepast, vergelijkbaar met onze UIC-60 en verder is slechts 10% op een aarden baan gelegd en 90% in tunnels of op kunstwerken, dit alles in de verwachting daarmee het onderhoud tot aanzienlijke geringere proporties terug te brengen.

In Engeland, Frankrijk, West-Duitsland en Italië wordt op meerdere belangrijke lijnen met 160 km/h gereden.

Ook deze snelheid, geeft indien daarmee regelmatig wordt gereden reeds vele onderhoudsproblemen, die wel wat anders liggen dan voor de Tokaido-lijn. In West-Europa verhoogde men de maximumsnelheid op lijnen, die alle een eeuw of langer geleden waren aan-

gelegd. Daardoor deed zich hier het probleem van belangrijke zettingen van een nieuw baanlichaam niet voor. Daar staat echter tegenover, dat op de Tokaido-lijn uitsluitend elektrische treinstellen met beperkte asbelastingen en alle met dezelfde snelheid rijden, terwijl in Europa veel treinen door locomotieven met asbelastingen van 20 ton getrokken worden en er vrijwel overal sprake is van gemengd verkeer, d.w.z. reizigers- en goederenvervoer over dezelfde sporen.

Locomotieven zijn, mede door hun grotere onafgeveerde massa's voor het spoor veel agressiever dan treinstellen en er hebben zich dan ook vele onderhoudsproblemen voorgedaan.

Algemeen is men tot zwaardere spoorstaven overgegaan en in vele gevallen tot betondwarsliggers.

Zo gebruikt de BR (British Rail) een spoorstaaf van ruim 54 kg/m, die vrijwel hetzelfde profiel heeft als de bij NS toegepaste UIC-54.

Bij de SNCF, DB en FS gebruikte men de UIC-60 spoorstaaf. De 4 genoemde grote West-Europese landen rijden alle, zij het ook met een beperkt aantal treinen en over trajecten van beperkte lengten, 200 km/h.

Nergens heeft men de problemen, die vooral voor wat het onderhoud betreft bij snelheden van deze orde van grootte rijzen, lichtvaardig benaderd; integendeel, er werd overal uitgebreid en langdurig op gestudeerd en in de praktijk mee geëxperimenteerd en uit de door de Japanners opgedane ervaringen werd zeker leering getrokken.

Evenals in Nederland waren de bestaande netten geschikt om met beperkte aanpassingen een maximum snelheid van 160 km/h te realiseren, maar was daarmee in het algemeen dan ook wel het uiterste bereikt.

Voor de 200 km/h legt men geheel nieuwe lijnen aan, zoals tussen Parijs en Lyon, tussen Rome en Florence en tussen Mannheim en Stuttgart. Ook hier legt men UIC-60 spoorstaven op monoliet-betondwarsliggers in een circa 0,30 m dik steenslagballastbed en overal wordt daarbij zeer veel zorg besteed aan de aardenbaan.

4. NS in de jaren '70 en verdere snelheidsverhogingen

Uit het voorgaande is het de lezer zeker duidelijk geworden, dat ook bij NS reeds meerdere malen ernstig is nagedacht en gestudeerd op verhoging van de maximum snelheid.

De gedachten zijn nooit verder gegaan dan 160 km/h, omdat de afstanden tussen de stations in ons land zo klein zijn, dat een verdere verhoging geen interessante reistijdverkortingen meer oplevert, maar wel veel hogere tractie- en onderhoudskosten.

Bij het losbranden van spoorslag '70 beschikte NS over elektrische stroomlijnmaterieel, dat geschikt was voor een dienstregelingssnelheid van 140 km/h.

Er werd toen met voortvarendheid besloten de baanvaknelheid tussen Amersfoort en Zwolle tot zover te verhogen.

Beide sporen op dit baanvak waren toen reeds volledig voegloos en bestonden uit NP 46 op betondwarsliggers met zigzag-verband, in grindballast. De ondergrond is, behalve in de Gelderse Vallei goed.

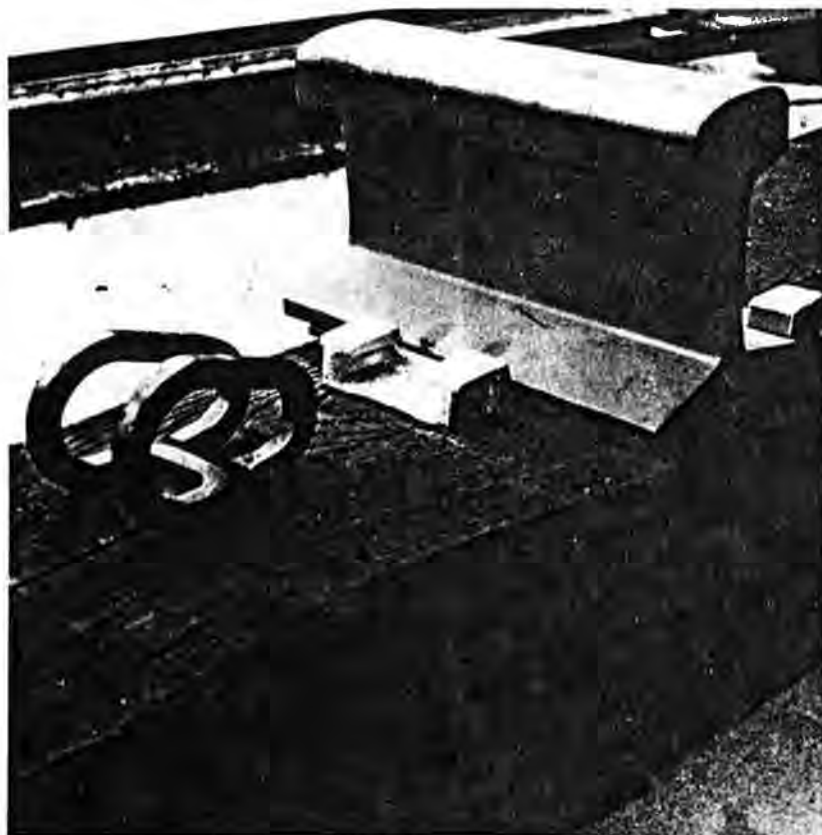
Desalniettemin begonnen zich reeds vrij spoedig na deze bescheiden snelheidsverhoging moeilijkheden met de hoogteligging van het spoor voor te doen en ontstonden op vele plaatsen de z.g. klappers, d.w.z. plaatsen met onvoldoende dik ballastbed, waar door het slaan der dwarsliggers modder omhoog gepompt wordt. (Zie foto 4). Dit verschijnsel doet zich overigens meer voor bij betondwarsliggers, dan bij houten en wordt waarschijnlijk veroorzaakt, doordat hout veel beter trillingen dempt dan beton.

Door het gehele spoor te lichten en te stoppen werd het ballastbed dikker gemaakt en werden de moeilijkheden overwonnen.

Sindsdien is ook op het baanvak Utrecht – Arnhem de baanvaknelheid verhoogd tot 140

Foto 4:
'klapper'.





km/h. Dit is een baanvak, dat reeds in de naoorlogse jaren grotendeels was voorzien van een steenslagballastbed van voldoende dikte en van spoor NS 63. Dit spoor is daarna vervangen door voegloos spoor UIC 54 op eiken dwarsliggers met een bevestiging van klemhouders en verende klemmen. (Zie foto 5). Hier heeft de snelheidsverhoging tot nu toe geen moeilijkheden opgeleverd.

In 1972 werd door de toenmalige Dienst van Onderzoek en Planning een rapport gepubliceerd, dat handelde over de toekomstige Intercity-functie. Ook daarin werd het probleem van de hoge snelheden behandeld en werd de conclusie getrokken, dat 160 km/h voor grote delen van het net een goede zaak is, dat nog hogere snelheden voor ons land geen zin hebben, dat 140 km/h minder aantrekkelijk is, omdat de daaraan verbonden kosten slechts weinig lager zijn dan voor 160 km/h en dat dan beter de inmiddels tot 130 km/h gegroeide bestaande maximum snelheid zou kunnen blijven gehandhaafd.

Toen de Dienst van Materieel en Werkplaatsen in de jaren 1972 en 1973 zich ging bezinnen op het ontwerpen van nieuw Intercity-materieel werd besloten dit geschikt te maken voor een dienstregelingssnelheid van 160 km/h.

Van de zijde van de toenmalige Dienst van Weg en Werken, inmiddels door buitenlandse contacten wijs geworden, werd daarop sterk aangedrongen op de exploitatie van een proefbaanvak van voldoende omvang, waarop gedurende geruime tijd regelmatig met 160 km/h zou worden gereden.

Een kleine werkgroep bracht daarover in oktober 1973 een rapport aan de Directieraad uit, waarin werd aanbevolen een dergelijk

Foto 5:
UIC 54 op houten
dwarsliggers met
draadveerklem en
klemhouders.

proefbaanvak in te richten en dat met die hoge snelheid een tijdlang te exploiteren met als motieven:

- een duurbeproeving van het rollend materieel;
- een duurbeproeving van baan en bovenbouw, teneinde tot een verantwoorde keuze van het toe te passen bovenbouwstelsel te komen.

Daarom werd o.m. voorgesteld beide sporen van Horst-Sevenum tot Helmond van het baanvak Venlo – Eindhoven als proefbaanvak in te richten.

Dit voorstel was op de volgende overwegingen gegrond:

- behoudens één boog, die voor de hoge snelheid geschikt te maken was, is het tracé recht;
- de bovenbouw was op dit baanvak aan vernieuwing toe, zodat de op dit punt te maken extra kosten minimaal zouden zijn;
- de ondergrond vertoont een niet al te grote variatie, wat vergelijkende bovenbouwbeproeving vergemakkelijkt;
- de mogelijkheid bestond hier een zodanige materieelomloop te realiseren, dat met een beperkt aantal treinstellen een groot aantal kilometers met 160 km/h kan worden gereden;
- het baanvak heeft veel goederentreinverkeer, hetgeen het inzicht in de onderhoudsbehoefte bij gemengd verkeer zou verdiepen;
- het baanvak heeft relatief weinig overwegen;
- het baanvak zou voor een proefbedrijf naar verhouding weinig ongerief voor de reizigers geven, omdat de treinen uit de richting Eindhoven in Venlo toch eindigen.

Het voorstel omvatte uiteraard ook de bestelling van een protoserie van 7 IC-III wagentreinstellen, evenals het aanpassen der beveiliging en het aanbrengen van automatische treinbeïnvloeding.

De Directieraad hechtte haar goedkeuring aan het rapport waarna met de voorbereidingen kon worden begonnen.

Er werd een dienstregelingsrapport gemaakt waarin de stoptreindienst van Eindhoven naar Venlo en terug te Helmond werd beëindigd en de stoptreindienst tussen Helmond en Venlo v.v. uitsluitend zou worden gereden met de 3

wagentreinen van de protoserie IC-160-materieel.

Dit heeft aan de reizigers, die te Helmond wilden doorreizen zeker enig ongerief gegeven in de vorm van eenmaal extra overstappen.

Het was daardoor echter mogelijk in beide richtingen met circa 17 treinen per dag te rijden over dat gedeelte tussen Deurne en Horst Sevenum, waarin de bovenbouwproefvakken zouden worden aangelegd. Dat betekende, dat circa 14% van de totale dagelijkse baanvakbelasting met 160 km/h kon worden gereden. Het was aanvankelijk de bedoeling deze stop-treindienst in het dienstregelingjaar van juni 1977 tot juni 1978 volledig met 160 km/h te

De verschillende bovenbouwstelsels, die beproefd werden zijn in de volgende tabel opgenomen.

Spoorstaaf-profiel	Dwars-ligger-type	Bevestiging	Ballast-soort	Opmerkingen
UIC 54	beton	klemhouders met verende klemmen	grind	op betonplaat
UIC 54	beton	idem	gebroken grind	
UIC 54	beton	idem	steenslag	
UIC 54	eikehout	idem	gebroken grind	
UIC 54	eikehout	idem	steenslag	
UIC 54	eikehout	rughellingplaat	gebroken grind	als vergelijkingsvak
UIC 54	—	—	—	
UIC 60	beton	klemhouders met verende klemmen	gebroken grind	
UIC 60	eikehout	idem	gebroken grind	
UIC 60	eikehout	rughellingplaat	gebroken grind	
NP 46	eikehout	rughellingplaat	gebroken grind	

rijden. Omdat het een duurbeproeving betrof, waarvan vooraf nooit valt te zeggen hoe dat zou uitpakken was er voldoende ruimte in de dienstregeling gelaten om deze zonder vertraging met ouder materieel te kunnen rijden, d.w.z. met 130 km/h.

Omdat, de aflevering van de nieuwe treinstellen wat aan de late kant was, waren er in juni 1977 maar enkele in plaats van 7 beschikbaar. Bovendien waren er nog wel enige aanloopmoeilijkheden, zodat in het begin van de proefperiode betrekkelijk weinig met de hoge snelheid werd gereden. Daarom is naderhand besloten met de beproeving door te gaan tot 1 oktober 1978.

Deze opzet is zo gekozen, dat het mogelijk is steeds door onderlinge vergelijking de invloed van een variant, b.v. van het spoorstaafprofiel op te sporen.

De proefvakken hadden een lengte van 1500 m of meer, wat zeker voldoende lang is om eventuele invloed van aansluitende proefvakken van uiterst geringe betekenis te laten zijn. Alle spoorstaven waren langgelast. Het proefvak met NP 46 betrof een bovenbouwstelsel van alom bekend type en was daarom ingebouwd om als vergelijkingsmaatstaf te dienen.

Bijzondere aandacht vraagt het slechts 240 m lange proefvak op betonplaten, dat van een niet traditionele constructie is. (Zie foto 6 en 7).

In de 6 m lange geprefabriceerde platen zijn in de lengte-richting sleuven uitgespaard, waarin de spoorstaven worden geplaatst op stroken kurkrubber.

De spoorstaven worden bevestigd door het volgieten van sleuven met een vloeibare kunststof, die verhardt maar elastisch blijft en er daarmee voor zorgt, dat de spoorstaven in alle richtingen elastisch ondersteund worden.

De platen worden met kranen aangebracht en zijn aan de uiteinden opgelegd op uiterst simpele beton-ondersteuning.

Als een dergelijk spoor nauwkeurig is gelegd, is het geschikt voor zeer hoge snelheden en zal daarbij praktisch geen onderhoud vragen. Het is vooral geschikt voor nieuwe lijnen voor hoge snelheid in slappe terreinen. Daar zal dan, in tegenstelling tot wat er nodig is op de goede ondergrond bij Deurne, een zwaardere ondersteuning moeten worden aangebracht, b.v. in de vorm van paaljukken.

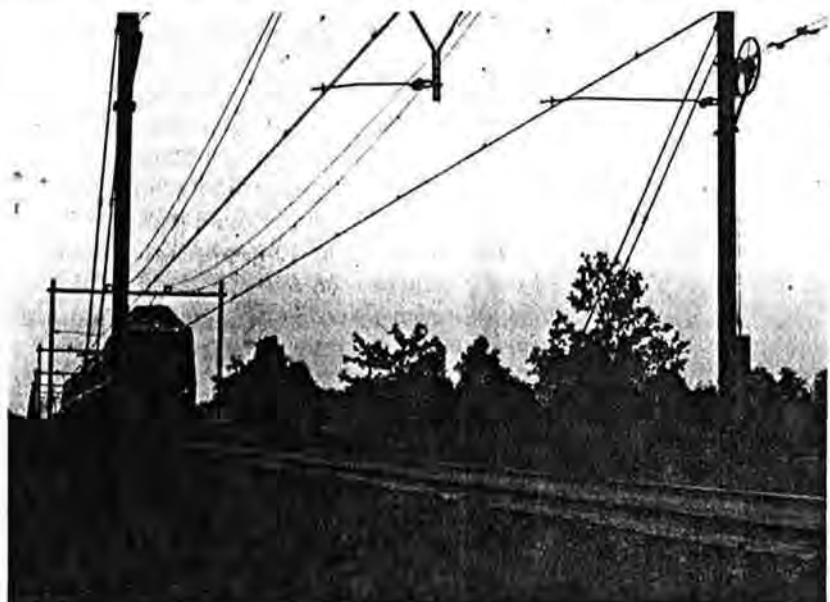
Bij Deurne werden de eerste 4 overloopwissels



van het profiel UIC 54 in de hoofdsporen gelegd, met als bijzonderheid, dat zij ook langgelast waren. (Zie foto 8). Er werden daarbij dan ook geen compensatielassen meer gelegd. Op de proefvakken zijn verschillende waarnemingen verricht. Allereerst is per vak bijgehouden welk onderhoud er aan moest worden ge-

Foto 6:
UIC 54 op betonplaten, lang 6 m, nog niet aangevuld met ballast.

Foto 7:
UIC 54 op betonplaten, lang 6 m, aangevuld met ballast.



pleegd. Als uitgangspunt diende, dat er zo min mogelijk aan moest worden gedaan.

Tijdens de proefperiode werd de ligging elk kwartaal door de Franse meetwagen opgenomen. De meetgegevens werden, zoals de laatste jaren gebruikelijk is, zowel op de bekende papieren banden, als op magneetbanden vastgelegd.

De magneetbanden worden met een daarvoor ontworpen computerprogramma geanalyseerd met het doel gewaar te worden hoe het proces van de aftakeling van de spoorligging zich nu feitelijk voltrekt.

Sterk gesimplificeerd komt deze analyse er op neer, dat de verschillende geregistreerde afwijkingen van de spoorligging ten opzichte van de meetkundige ideale ligging uiteen gerafeld worden in golven met verschillende golflengten en verschillende intensiteit.

Door vergelijking van het golvenpatroon der opeenvolgende meetwagenritten wordt gehoopt dieper inzicht in het aftakelingsproces te krijgen en op de invloed, die zowel het rollend materieel, als de variatie in de verschillende bovenbouwstelsels daarop hebben.

Het betreft hier evenwel een gebied, vol voetangels en klemmen, die niet in de laatste plaats moeten worden toegeschreven aan de eigenaardigheden waarmee elke bovenbouwmeetwagen nu eenmaal van huis uit is behept. De analyses zijn nog niet voltooid en daardoor kan ook van de uitslag niets worden medegedeeld.

Op verzoek van de Dienst van Materieel en Werkplaatsen werden door het CTO (Centrum voor Technisch Onderzoek) tijdens proefritten aan het materieel vele metingen uitgevoerd, zoals van de horizontale krachten, die in dwarsrichting op het spoor worden uitgeoefend en van de bewegingen van draaistellen en bakken. Dat laatste gebeurde door het meten van versnellingen. Ook deze metingen werden op magneetbanden vastgelegd. Er is een computerprogramma opgezet waarmee men hoopt vast te stellen, welke relaties er tussen die versnellingen en de spoorligging bestaan, maar ook in dit geval kan nog niets over de resultaten gezegd worden.

Het is bekend, dat de invloed van ballast en ondergrond op de verslechtering van de spoorligging zeer groot is.

Om in dit probleem een dieper inzicht te krijgen moesten metingen verricht worden van de weerstand van het spoor tegen verschuiven in dwarsrichting, zowel zonder, als met belasting en van de veerkracht van het samenstel spoor, ballastbed en ondergrond in verticale richting. Een vergelijking van op verschillende tijdstippen uitgevoerde metingen kan vervolgens een inzicht geven in de invloed, die de treinbelasting daarop heeft.

Om dit soort metingen snel, nauwkeurig en tegen redelijke kosten uit te voeren is gebruik gemaakt van een Mainliner stop- en schiftmachine, die met door Plasser en Theurer geleverde onderdelen daarvoor geschikt gemaakt is.

E.e.a. komt er op neer, dat de hefinrichting, die normalerwijze gebruikt wordt om het spoor te lichten, zo wordt omgebouwd, dat er verticale drukkrachten op het spoor mee kunnen worden uitgeoefend. De schiftenrichting kan horizontale krachten in de dwarsrichting van het spoor uitoefenen en daaraan behoeft dus niets te worden veranderd.

De hef- en schiftorganen van een Mainliner werken op oliedruk. Door de druk in deze olie te meten, kan men de grootte van de uitgeoefende horizontale- en verticale krachten vaststellen. Door tegelijkertijd de horizontale- en verticale verplaatsingen in het spoor te registreren wordt het verband tussen krachten en verplaatsingen geregistreerd.

Per proefvak werden lengten van 200 m op deze wijze onderzocht. Tot nu toe is daarbij vooral opgevallen, dat er vrij grote onregelmatigheden in de verticale veerkracht zijn.

Als zich bij de uitwerking van alle meetgegevens geen grote tegenvallers voordoen, kunnen de eindresultaten in de vorm van een eindrapport worden verwacht, waarin definitieve conclusies kunnen worden getrokken.

Thans kan reeds worden vastgesteld, dat het spooronderhoud tijdens de proefperiode zeker niet uit de hand is gelopen en dat het **wat de bovenbouw betreft mogelijk is met de nieuwe intercity treinstellen de snelheid tot 160 km/h te verhogen.**

Dat wil niet zeggen, dat moeilijkheden bij deze snelheid met ander materieel ook zouden uitblijven.

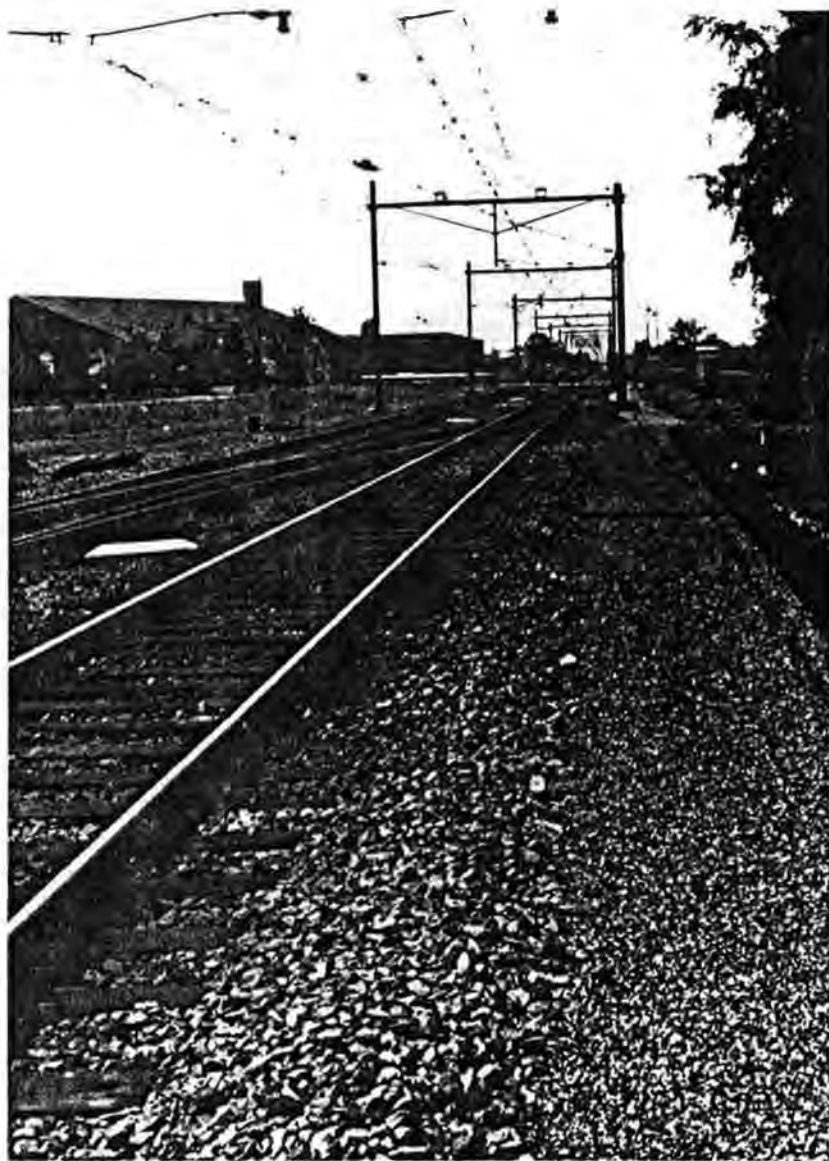


Foto 8:
Voegloze wissels
UIC 54 te Deurne.

Zoals reeds eerder werd opgemerkt zijn locomotieven aanzienlijk agressiever dan treinstellen en het is daarom aan te bevelen voor het geval men de hoge snelheden ook met getrokken treinen wil gaan rijden ook hiervoor na te gaan wat op de lange duur de gevolgen voor de bovenbouw zouden zijn.

Het lijkt thans echter niet onwaarschijnlijk, dat ook dan met langgelast spoor UIC 54 kan worden volstaan, mits een voldoende ballastbed aanwezig is.

Tot slot zij nog het volgende opgemerkt:

Het experiment tussen Venlo en Eindhoven heeft aangetoond, dat het mogelijk is ook op het NS-net treinen regelmatig met 160 km/h te laten verkeren en zal voor wat de baan betreft zeker een aanwijzing opleveren, welke bovenbouwstelsels optimaal zijn.

Maar elke snelheidsverhoging brengt extra kosten met zich mede, die steeds tegen de te behalen voordelen zullen moeten worden afgewogen. Daarom zal NS zeker niet besluiten, hoe gunstig ook het eindresultaat van Venlo - Eindhoven moge zijn, voor het intercity-net integraal tot hogere snelheden over te gaan, maar geval voor geval overwegen, met de wetenschap wat technisch mogelijk is en welke prijskaartjes daaraan hangen.

Hogere snelheden en het wegonderhoud

door Ing. M. J. Engelman

1. Algemeen

Als we in dit verband spreken van hoge snelheden moet allereerst worden vastgesteld dat het begrip 'hoge' niet duidelijk kan worden begreep. Bij NS kennen we al vele jaren baanvak-snelheden van 120 km/h als een vrij normale snelheid en we hebben daar dan ook niet wakker van gelegen. Pas de laatste jaren is door de voortschrijdende modernisering van de beveiliging een situatie ontstaan waarbij baanvak-snelheden van 130 km/h en 140 km/h zijn ingevoerd.

In 1975 heeft een studiegroep een rapport gepubliceerd waarin een 'Streefkaart baanvak-snelheden' is opgenomen, die aangeeft dat in de komende 10-15 jaar een vrij groot aantal Intercity-lijnen zijn aangegeven voor 160/140 km/h en een enkele lijn voor 160 km/h.

Tot die laatste behoort de in aanleg zijnde Schiphollijn en in verband daarmee het proefbaanvak Helmond-Horst.

Het lijkt dan ook aannemelijk om het begrip 'hoge snelheden' te beperken tot snelheden gelijk aan – of hoger dan 140 km/h.

2. Onderhoudstechnische aspecten

Uit ervaringen van buitenlandse spoorwegmaatschappijen weten we inmiddels dat het opvoeren van de snelheid tot genoemde en nog hogere waarden zijn invloed heeft op het onderhoud en wel in die zin, dat kleine gebreken in de ligging sneller uitgroeien tot onaanvaardbare afwijkingen.

Kleine gebreken zullen dus snel moeten worden onderkend en verholpen, hetgeen mogelijk een verschuiving te zien zal geven van systematisch naar incidenteel werk en mogelijk kostenverhogend kan werken.

Tussen Helmond en Horst werd daarom een proefbaanvak ingericht. Overigens wordt in deze proef door de toepassing van verschillende bovenbouwkonstrukties in combinatie met verschillende ballastmaterialen ook getracht een inzicht te krijgen in de onderhoudstechnische gevolgen. E.e.a. kan mogelijk leiden tot een vermindering van de onderhoudskosten en dienen als tegenhanger van de eerder gesignaleerde kostenverhogende faktor.

3. Veiligheid bij het werken binnen het profiel van vrije ruimte

Het is duidelijk dat het werken in sporen van oudsher al risico's met zich mee heeft gebracht

en wel door het feit dat een groot deel van het spooronderhoud in de normale dagdienst wordt uitgevoerd tijdens de normale treinenloop.

Dit kan uiteraard niet zonder goede regelingen gebeuren.

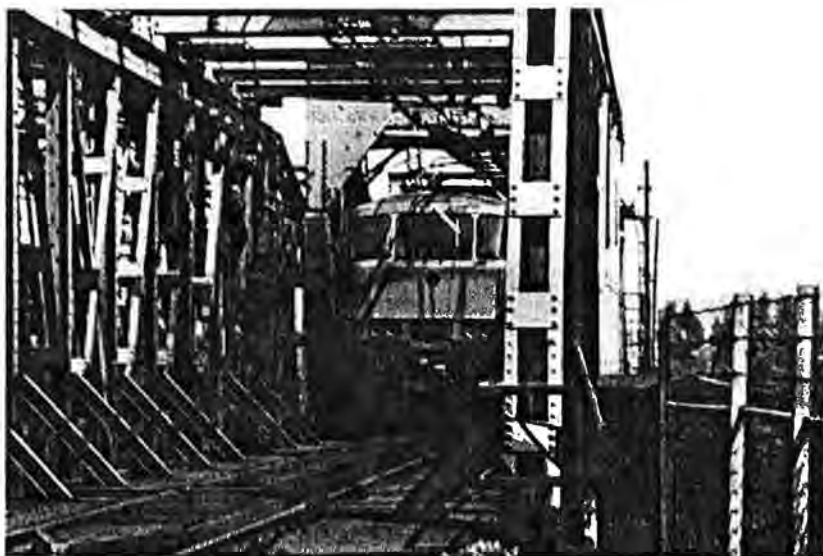
Voorbeelden hiervoor zijn o.a. de bepalingen in het Trein- en Rangeerdienstreglement en het voorschrift Maatregelen voor de veiligheid van personeel dat werkzaamheden uitvoert op de baan.

Ondanks dit alles blijft er toch een grote persoonlijke verantwoordelijkheid bestaan voor de leider der werkzaamheden/veiligheidsman.

Deze verantwoordelijkheid is door een aantal

Foto 1
Waarschuwing-licht bij de Gouwebrug te Gouda. Personeel dat op de brug of in de onmiddellijke nabijheid hiervan werkt, kan aan het wisselend aan- en uitgaan van de lampen zien op welk spoor een trein nadert.
(sein 710/711)





ontwikkelingen de laatste decennia duidelijk verzaagd zoals:

- Zichtbaarheid en hoorbaarheid treinen (stoom t.o.v. elektrische traktie)
- Grotere treinfrequentie
- Modernisering beveiliging (linkerspoor of dubbel enkelspoor rijden, lichtseinen in plaats van armseinen)
- Ontvolking van de baan (seinhuizen, blokposten, wachtposten)
- Vele kunstwerken over de baan
- Geraasmakend gereedschap
- Opvoeren treinsnelheden.

Uiteraard hebben deze verzwarende omstandigheden ieder op zich weer geleid tot aanpassingen zoals:

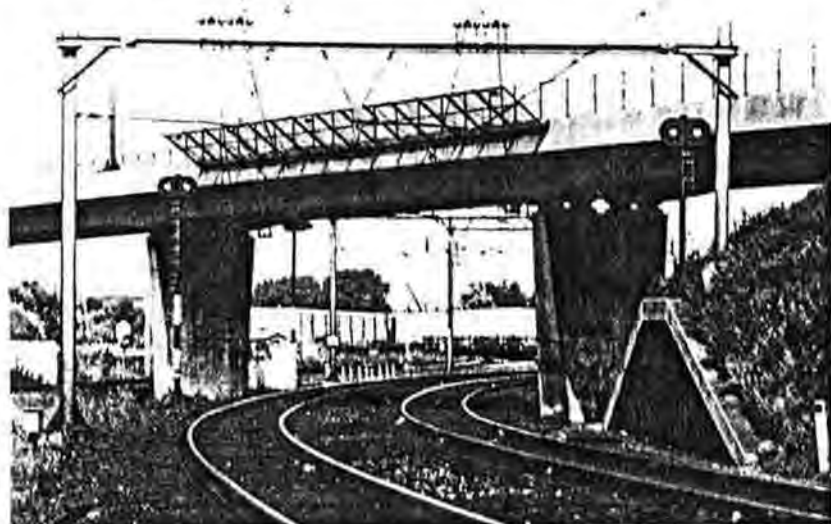
- Overdag brandende frontseinen
- Maken tijdsafspraken (model 5027)
- Telecom apparatuur (machinistentelefoon, portofoon)
- Betere waarschuwingsapparatuur (4-tonige hoorn, claxons)
- Automatische treinaankondigingen o.a. verplaatsbare grote automatische- en mini waarschuwingsapparatuur en een vast sein. (sein 708/709 en 710/711 Seinreglement).

Foto 2:

Trein passeert een brug. Bij nadering moet het op de brug werkend personeel gewaarschuwd worden.

Foto 3:

Tijdens het naderen van het kunstwerk door een trein gaan de waarschuwingslichten wisselend branden. (sein 708/709)



Het zal duidelijk zijn dat hogere snelheden deze verantwoordelijkheden nog zullen verzwaren. Uitgaande van een minimale 'ontruimtijd' van 30 seconden moet n.l. het uitzicht van de leider der werkzaamheden/veiligheidsman van 1000 m tot ± 1333 m worden verlengd bij stijging van 120 km/h naar 160 km/h.

In het recente verleden zijn op een aantal plaatsen waar bij 120 km/h de 'zichtweg' kleiner dan 1000 m was, bijvoorbeeld door aanwezigheid van of bouw van kunstwerken in de nabijheid van een boog, inmiddels vaste waarschuwingslichten aangebracht (sein 708/709 en 710/711. Seinreglement, zie foto 1, 2 en 3). Het zal duidelijk zijn dat het verhogen van de snelheid zal leiden tot een uitbreiding van het aantal van deze installaties.

Het ontwerp van de Schiphollijn is dan ook reeds op dit facet bekeken met als gevolg dat is voorgesteld op deze lijn een 7-tal situaties van deze apparatuur te voorzien.

Overigens betreft het hier geen uitzichtbeperkingen in het horizontale vlak doch in het vertikale vlak n.l. steile hellingen ter weerszijden van een viadukt.

4. Veiligheid buiten het profiel van vrije ruimte

Een ieder die wel eens op een inspektiepad naast een hoofdspoor heeft gestaan terwijl een trein met 120 km/h passeert, weet dat dit bepaald geen aangename ervaring is (zie foto 4). E.e.a. wordt veroorzaakt door de luchtverplaatsing, soms gepaard gaande met stofwolken. Er kunnen ook schrikreacties optreden.

Ofschoon de invloed van de hogere snelheden op dit facet in Nederland nog niet zijn onderzocht, ligt het in de lijn van de verwachting dat een verblijf op het inspektiepad er niet prettiger op zal worden. In 1975 bleek uit een UIC publicatie dat in de DDR door het Verkeersministerie tezamen met de Technische Universiteit te Dresden bepaalde studies op dit gebied waren verricht.

Op grond hiervan is in juni 1975 een NS-delegatie op bezoek geweest in Oost-Duitsland teneinde zich van die studies op de hoogte te stellen.

Alhoewel op dit gebied het laatste woord nog niet is gezegd blijkt wel dat er twee konklusies kunnen worden getrokken:

1. Er kunnen zeer hoge windsnelheden optreden, hetgeen evenwichtsproblemen met zich meebrengt.



2. Er ontstaan schrikreacties.

Hieruit volgen een aantal aandachtspunten c.q. aanbevelingen:

- Een verbreding van het pad met minstens 50 cm
- Aanpassen van uitwijksituaties, bordessen enz.
- Fiets- en loopverbod tijdens het passeren van treinen
- Werkonderbreking tijdens het passeren van een trein op het nevenspoor
- Zonodig aanbrengen van voorzieningen om zich vast te houden (zie foto 5 en 6).

Uit het bovenstaande zal het duidelijk zijn dat de gevolgen van de hogere snelheden voor het wegonderhoud nog niet geheel kunnen worden overzien.

Het is evenzeer echter duidelijk dat de mogelijk optredende problemen de volle aandacht heb-

Foto 4:

Bij nadering van een trein moet het onderhoudspersoneel op het looppad gaan staan. Men moet tijdens het passeren van de trein rekening houden met luchtverplaatsing, stofwolken, schrikreacties enz.

Foto 5 en 6:

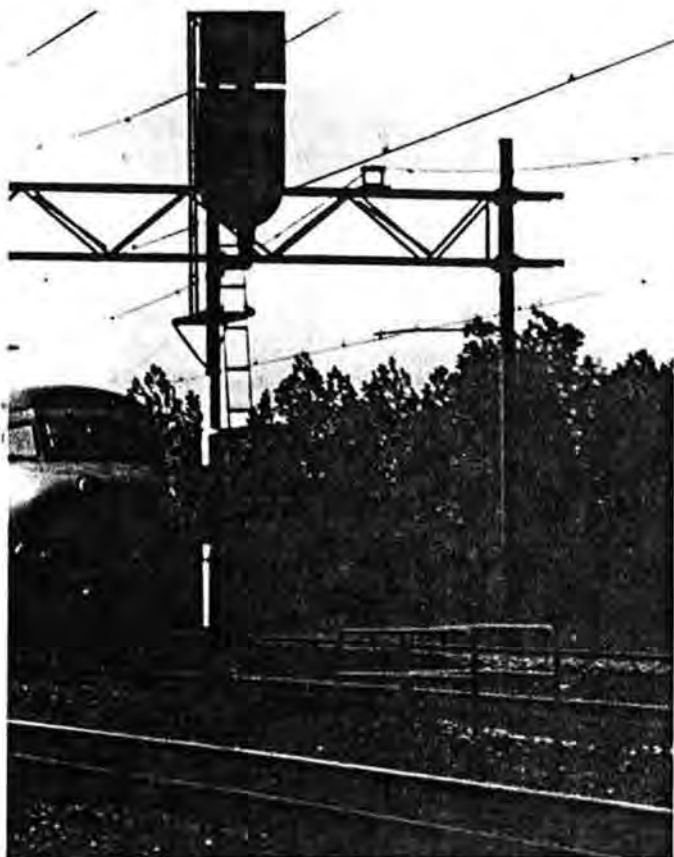
Bij meer dan twee sporen kan men niet altijd naar de buitenkant. Op die plaatsen waar dit niet mogelijk is kan men dan hekjes aanbrengen.

ben hetgeen waar mogelijk tijdig tot aangepaste regelingen en voorzieningen zal leiden. Als dit alles zijn beslag zal hebben gekregen zullen we met een gerust hart moeten kunnen zeggen dat de veiligheid van het onderhoudspersoneel niet als sluitstuk heeft gefungeerd van de voortgaande technische ontwikkelingen.

De inmiddels beëindigde proeven met het IC III-materieel op het baanvak Helmond-Horst hebben echter geen bevestiging van de in het buitenland opgedane ervaringen opgeleverd. Enerzijds kan dit misschien worden verklaard uit het feit dat door allerlei oorzaken de proeven niet in de voorziene frequentie en tijdsperiode hebben plaats gehad.

Anderzijds kan hieruit de voorlopige en zeer voorzichtige konklusie worden getrokken dat de snelheid van 160 km/uur niet tot duidelijke andere onderhoudstechnische gevolgen zal leiden dan de huidige praktijk van 120 en 140 km/uur.

Ook de verschillende bovenbouwkonstrukties hebben geen duidelijke verschillen in de onderhoudsbehoefte te zien gegeven.



Invloed van hoge snelheden op de ontwerpeisen van kunstwerken

door Ing. H. M. C. M. van Maarschalkerwaart

1. Inleiding

Voor het met hoge snelheid berijden van kunstwerken dienen aan de ligging van het spoor op deze kunstwerken dezelfde strenge eisen te worden gesteld als voor spoor op de vrije baan waarop met hoge snelheid wordt gereden. Dit betekent beperkingen van de verticale en horizontale vervorming van een kunstwerk tijdens het berijden.

Hoge snelheden veroorzaken grotere dynamische effecten, waardoor o.a. de verticale krachtwerking en de zijdelingse stoot worden vergroot en de vervormingen toenemen.

Tot op heden zijn er in Europa slechts voorlopige ontwerp-voorschriften voor kunstwerken die met hoge snelheid worden bereden.

Een van de eerste hoge snelheidslijnen was de Japanse Tokaido-lijn, die in 1964 gereed kwam, en waarover met een maximum snelheid van 210 km/h wordt gereden. In deze lijn komen veel kunstwerken voor, en ten behoeve van het ontwerp hiervan werden speciale ontwerpeisen vastgesteld.

In UIC-verband is er onlangs een voorlopige Fiche (776-2) verschenen waarin richtlijnen worden aangegeven voor het ontwerpen van bruggen geschikt voor hoge snelheden.

Hierbij wordt onderscheid gemaakt in hoge snelheden, liggend tussen 120 en 200 km/h en hoogste snelheden waarmede snelheden groter dan 200 km/h worden bedoeld.

In Duitsland is in 1977 een voorlopig voorschrift ter kritiek verschenen.

In dit voorschrift wordt echter onderscheid gemaakt tussen de snelheidsgebieden 160-200 km/h en 200-250 km/h.

In het hierna volgende zullen enige invloeden van het rijden met hoge snelheden nader worden belicht.

2. Dynamische aspecten

2.1 Stootcoëfficiënt

In het algemeen kan men zeggen dat naarmate de snelheid toeneemt de verticale krachtwerking tengevolge van de verkeersbelasting groter zal worden. Dit effect wordt verdisconteerd met een stootcoëfficiënt, S , die kan worden gedefinieerd als de verhouding tussen de dynamische spanning σ_{dyn} tengevolge van de verkeersbelasting en de statische spanning σ_{stat} tengevolge van deze zelfde belasting bij stilstand van de trein.

$$S = \frac{\sigma_{\text{dyn.}}}{\sigma_{\text{stat.}}}$$

Behalve de snelheid, spelen wat betreft de grootte van de stootcoëfficiënt, ook de volgende factoren een rol:

- de grootte van de overspanning van de brug en de met de stijfheid samenhangende eigenfrequentie;
- onregelmatigheden van de spoorligging.

In UIC-Fiche 776-1R worden formules aangegeven waarmede het mogelijk is bovenstaande invloeden te verwerken.

Men komt dan uiteindelijk voor een werkelijke treinbelasting tot een stootcoëfficiënt.

$$S = 1 + \varphi' + \varphi''$$

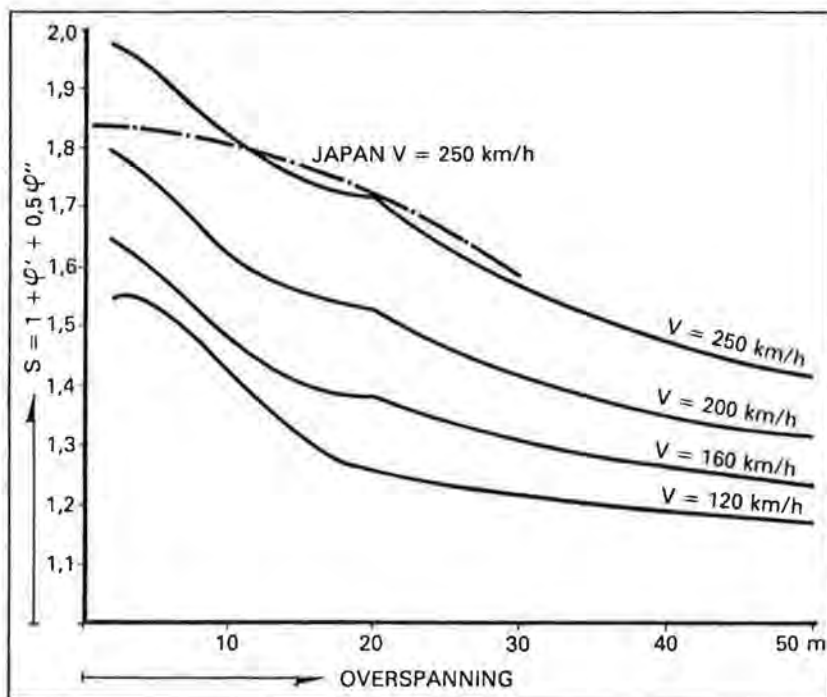
In de factor φ' worden de invloeden van de snelheid, eigen frequentie en de lengte van de overspanning verdisconteerd; met de factor φ'' wordt de mate van onregelmatigheid van de spoorligging in rekening gebracht.

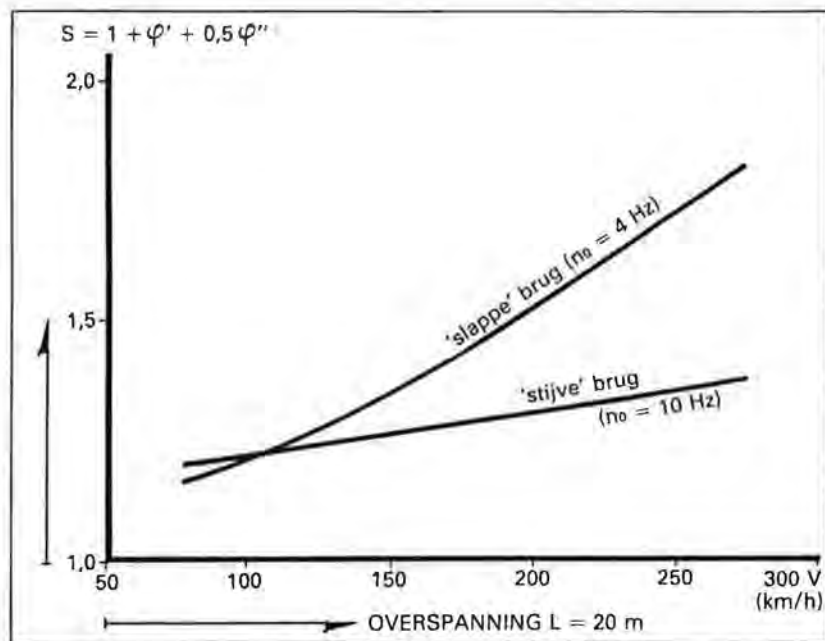
Voor een zeer goede spoorligging wordt de factor φ'' gereduceerd tot $0,5 \varphi''$.

Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen de bouwmaterialen beton en staal; voor beide geldt dezelfde stootcoëfficiënt.

Door verschil in konstruktie kan de eigen frequentie van bruggen met eenzelfde overspan-

Fig. 1
Grootte van de stootcoëfficiënt met betrekking tot de overspanning.





ning verschillend zijn. Minder stijve bruggen hebben een relatief lage eigen frequentie en hiervoor worden grotere stootcoëfficiënten gevonden.

Meestal liggen de eigen frequenties binnen bepaalde grenzen.

In fig. 1 is overeenkomstig de rekenwijze van de UIC-Fiche voor verschillende overspanningen de invloed van de snelheid op de stootcoëfficiënt weergegeven. Hierbij is uitgegaan van de formule $S = 1 + \varphi' + 0,5 \varphi''$ en de meest ongunstige eigen frequentie van de brug. In deze figuur is tevens aangeduid met welke stootcoëfficiënt de belasting van de Tokaido-lijn werd vermenigvuldigd.

Om een indruk te geven van de spreiding die kan ontstaan tengevolge van het verschil in eigen frequentie is in fig. 2 een vergelijking gemaakt tussen twee bruggen met een verschillende eigen frequentie, ieder met een overspanning van 20 m, die met verschillende snelheden worden bereden.

Zoals reeds eerder werd opgemerkt geldt de formule $S = 1 + \varphi' + 0,5 \varphi''$ voor de werkelijke treinbelasting. Voor het berekenen van bruggen wordt echter gebruik gemaakt van een ontwerp-laststelsel dat zwaarder is dan de treinen die met hoge snelheid rijden.

Voor het ontwerp-laststelsel gelden andere stootcoëfficiënten.

Om te beoordelen in hoeverre een volgens een bepaald laststelsel ontworpen brug geschikt is voor het berijden door treinen met hoge snelheid, dient de krachtswerking van het ontwerp-laststelsel vermenigvuldigd met de bijbehorende stootcoëfficiënt, te worden vergeleken met de krachtswerking van de werkelijke treinen vermenigvuldigd met de stootcoëfficiënt $S = 1 + \varphi' + 0,5 \varphi''$.

In fig. 3 wordt voor verschillende overspanningen een dergelijke vergelijking gemaakt tussen het VOSB-ontwerplaststelsel (VOSB =

Fig. 2
Voorbeeld invloed eigen frequentie op de stootcoëfficiënt.

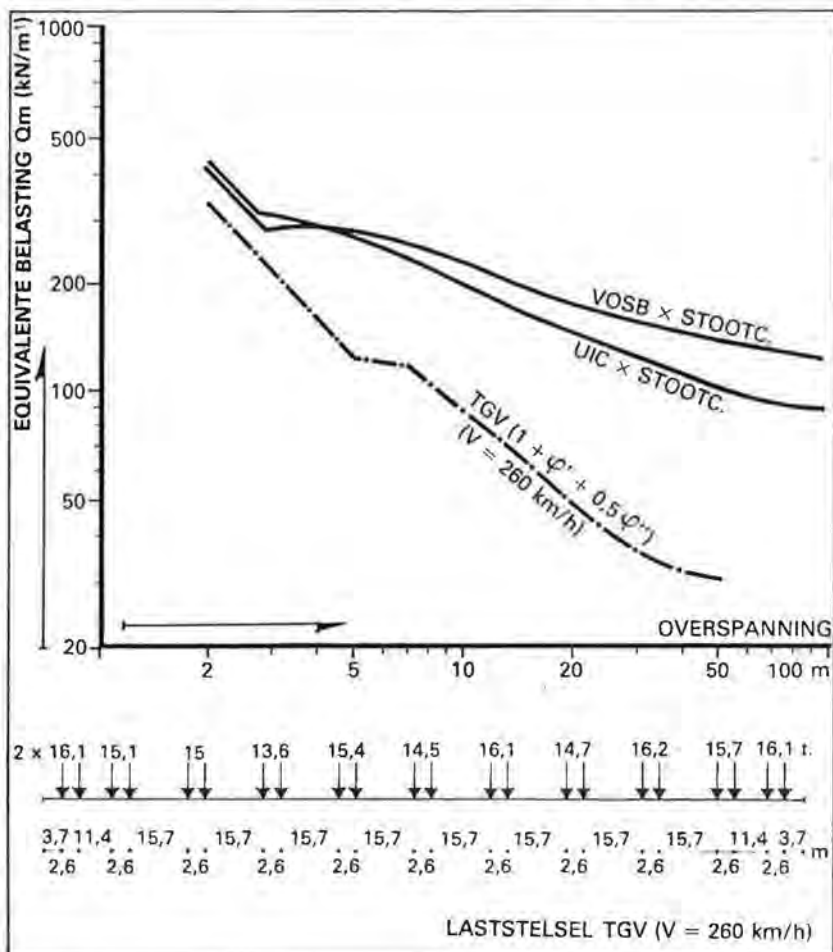
Fig. 3
Vergelijking belasting hoge snelheidstrein met ontwerp-laststelsels.

Voorschriften Ontwerp Stalen Bruggen) en de Franse trein TGV met een snelheid van 260 km/h. Tevens is in deze vergelijking het UIC-ontwerplaststelsel van 1971 betrokken.

Omstreeks 1975 zijn er in Duitsland door de DB een aantal proefnemingen gedaan met hoge snelheden. Hierbij zijn o.a. metingen verricht aan een dubbelsporige brug met een overspanning van 8,20 m, bestaande uit ingebetonde stalen liggers met doorgaand ballastbed.

Er werden metingen gedaan in de situatie waarbij het spoor op de brug in een zo goed mogelijke toestand was, en in de situatie waarbij een kunstmatige onregelmatigheid in het spoor was aangebracht; deze onregelmatigheid bestond uit een in de spoorstaven geslepen 'dal' van 1 m lengte en 2,4 mm diepte.

Fig. 4 laat de resultaten zien van deze proefnemingen waarbij tevens een vergelijking met de UIC-stootcoëfficiënt mogelijk is en ook de invloed van de factor φ'' is te onderkennen.



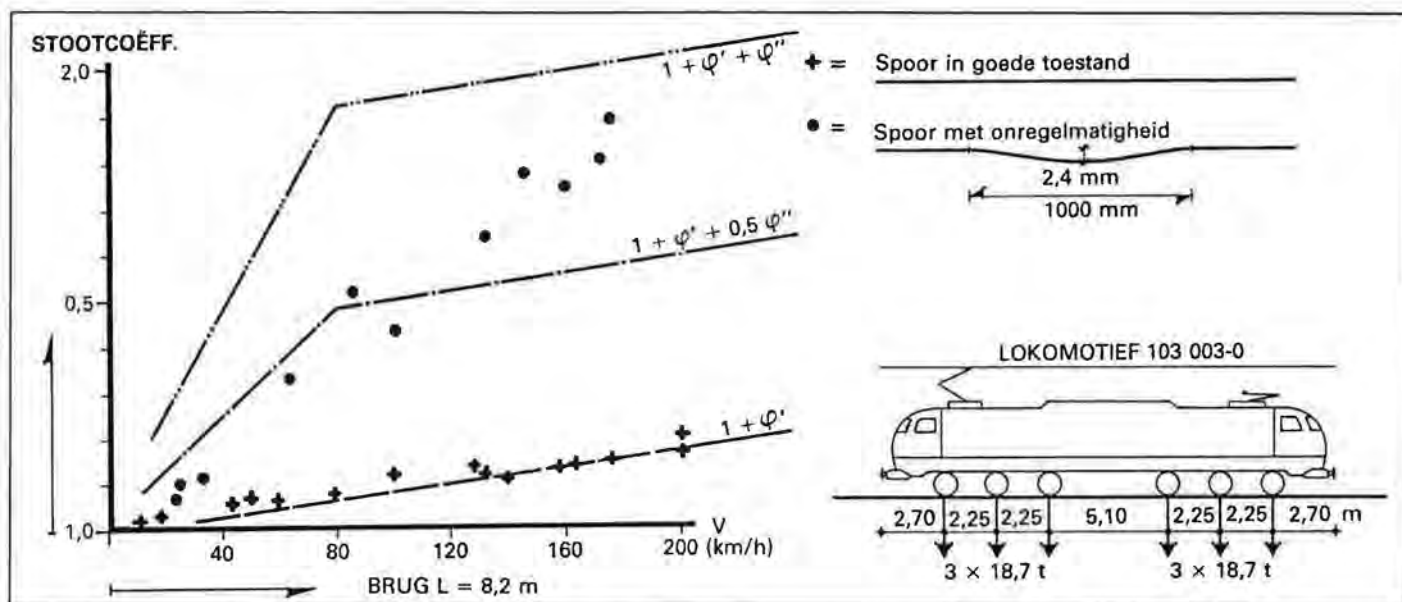


Fig. 4
Proefnemingen DB.

Aan de factor φ'' ligt theoretisch een 'dal' van 1 m lengte en 2 mm diepte ten grondslag.

In de meeste gevallen blijken met de UIC-formule de verschillende invloeden goed te worden afgedekt; in bijzondere gevallen; zoals bij bruggen met een geringe damping, kan de invloed van de hoge snelheid echter groter zijn dan met de UIC-formules wordt gevonden.

2.2 Zijdelingse stootkrachten

Metingen hebben uitgewezen dat met toenemende snelheid de zijdelingse stootkrachten worden vergroot.

Tot nu toe wordt in de bestaande voorschriften gerekend met een zijdelingse stootkracht van 60 kN. De in de nieuwere voorschriften aangegeven zijdelingse stootkracht van 100 kN (10 t) per spoor, aangrijpend op de meest ongunstige plaats, wordt bij een goede spoorligging voldoende geacht voor hoge snelheden.

3. Vormveranderingen

3.1 Vertikale doorbuiging

Door de treinbelasting ontstaat bij een brug een verticale doorbuiging. Naarmate een brug minder stijf is, zal niet alleen de doorbuiging groter worden maar zullen ook, vooral bij hoge snelheden, trillingseffecten een grote invloed hebben.

De grotere krachtwerking die hierdoor ontstaat wordt zoals eerder beschreven door middel van de stootcoëfficiënt in rekening gebracht. De vraag rijst echter in hoeverre bij hoge snelheden de doorbuiging en de trillingseffecten het rijcomfort beïnvloeden en gevaar opleveren voor ontsporing.

Bij de beoordeling van het ontsporinggevaar speelt de bij het berijden van de brug optredende hoekverandering van het spoor ter plaatse van de overgang baan-brug een grote rol.

Het probleem van ontsporingkansen tengevolge van plotselinge verticale hoekveranderingen van het spoor kan het beste vergeleken worden met het z.g. 'springschansseffekt'.

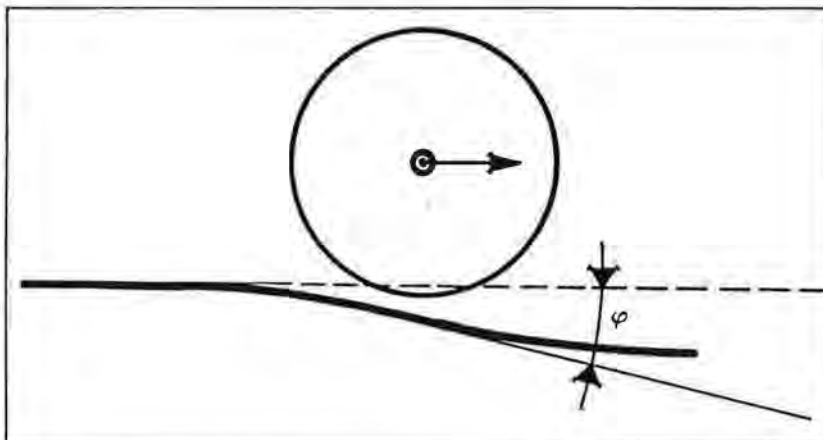
Door de hoge snelheid zullen de wielen bij een plotselinge hoekverandering van het spoor de neiging hebben nog enigszins in de oorspronkelijke richting door te gaan. Hierdoor kunnen de wielen van het spoor gelicht worden of ontstaat tenminste een verminderde wieldruk waardoor kans op ontsporing optreedt. In fig. 5 is het probleem schematisch weergegeven.

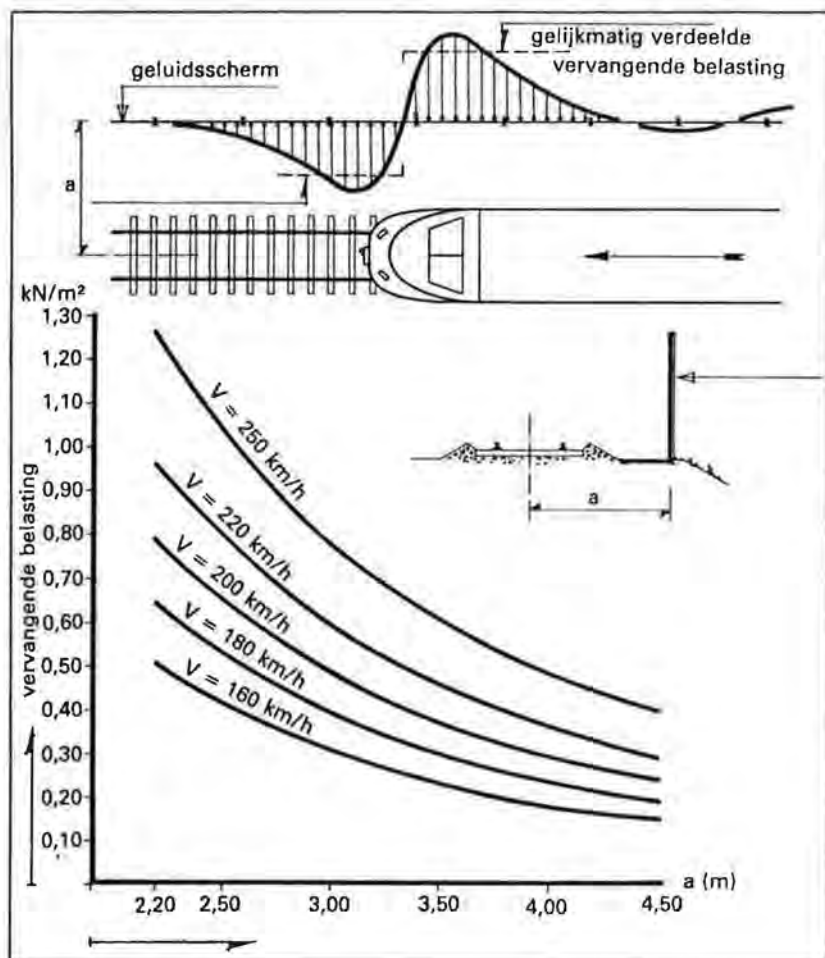
Nadere studies, o.a. in Duitsland en Japan hebben uitgewezen dat het gevaar voor ontsporing eerst optreedt bij een hoekverandering φ van ongeveer 2,5%. Deze grenswaarde wordt in normale gevallen bij bruggen nooit bereikt. Uit een oogpunt van rij-comfort dient de hoekverandering echter véél sterker te worden beperkt. Tot op heden bestaan hiervoor slechts voorlopige gegevens.

Zo geven de voorlopige Duitse voorschriften de volgende waarden aan

snelheid (km/h)	max. hoekverandering	max. doorbuiging
160 – 180	2,0‰	1/1600 l
180 – 200	1,7‰	1/1880 l
200 – 250	1,2‰	1/2670 l

Fig. 5
Springschansseffekt.





Deze waarden gelden voor de werkelijke treinbelasting.

In de tabel zijn de max. toelaatbare waarden voor de hoekverandering ook omgerekend naar het in de bruggenbouw meer vertrouwde begrip van toelaatbare max. doorbuiging van de brug als functie van de overspanning l .

Bij het berekenen van hoekverdraaiingen en doorbuigingen wordt de invloed van de stoot buiten beschouwing gelaten.

Voor de Tokaidolijn werd gerekend met een waarde van $1/1800 l$ voor een snelheid van 210 km/h voor de werkelijke treinbelasting.

Bij NS wordt voor het VOSB-ontwerpstelsel een max. doorbuiging van $1/800 l$ à $1/1000 l$ gehanteerd. Aangezien de werkelijke belasting van treinen die met hoge snelheid rijden ongeveer de helft tot een derde van het VOSB-ontwerpstelsel bedraagt, zal wat betreft de comfort-eis, het rijden met een snelheid van 200 à 250 km/h voor volgens de VOSB-voorschriften ontworpen bruggen mogelijk zijn.

De voorlopige UIC-Fiche 776-2 geeft aan dat de waarde voor de max. doorbuiging tengevolge van de belasting door het UIC-laststelsel niet groter mag zijn dan $1/800 l$, met als grenswaarde voor de hoekverdraaiing $\varphi \leq 5\%$.

3.2 Horizontale doorbuiging

Om de zijdelingse versnellingen bij het rijden met hoge snelheden niet te hoog te doen oplo-

pen dient de zijdelingse verplaatsing onder invloed van de eerder genoemde zijdelingse stootkracht van 100 kN beperkt te blijven tot $1/4000$ van de overspanning van de brug.

4. Konstruktieve aspecten

Gezien het voorgaande is het aan te bevelen voor het berijden met hoge snelheden de kunstwerken voldoende stijfheid te geven. Ter vermijding van resonantieverschijnselen dienen bij direkt achter elkaar gelegen bruggen de eigen frequenties bij voorkeur verschillend te zijn.

Wanneer rubberopleggingen worden toegepast dienen zodanig konstruktieve maatregelen te worden getroffen dat een kunstwerk vastligt.

In de UIC-aanbevelingen wordt voor hoge snelheden de voorkeur gegeven aan spoor in doorgaand ballastbed.

De overgang baan-brug dient speciale aandacht te verkrijgen; bij einddwarsdragers geen grotere doorbuiging dan 3 mm .

5. Veiligheidsaspecten

Een met hoge snelheid voorbijrijdende trein veroorzaakt windkrachten waarbij druk en zuiging elkaar snel afwisselen. Deze situatie is van invloed op de veiligheid van personen die op een kunstwerk verkeren. In verband hiermede wordt in de voorlopige UIC-Fiche 776-2 voor snelheden groter dan 200 km/h aangegeven dat de afstand van de leuningen tot hart spoor $3,30$ tot $3,60 \text{ m}$ dient te zijn.

In fig. 6 is aangegeven hoe groot de druk en zuigkrachten, afhankelijk van de afstand, voor verschillende snelheden kunnen oplopen.

6. Besluit

In het algemeen kan gezegd worden dat kunstwerken die volgens de huidige voorschriften zijn ontworpen, die voldoende stijf zijn en een goede spoorligging hebben, ook geschikt zullen zijn voor het berijden met hoge snelheden. Dit geldt voor de nieuwe en de in het jongste verleden gebouwde kunstwerken. Voor de oudere kunstwerken zal de beoordeling van de mogelijkheid hoge snelheden toe te passen in hoofdzaak afhangen van de aard van de konstruktie. Zo zullen bijvoorbeeld bruggen zonder slingerverband in de rijvloer, of bruggen met slappe diagonalen ongeschikt zijn voor hoge snelheden.

Fig. 6
Druk- en zuigkrachten door passerende treinen.

Gevolgen voor de beveiliging bij het geschikt maken van een baanvak voor snelheden groter dan 130 km/h

door Ing. F. N. Buyink

1. Seinafstanden

Bij een baanvaksnelsheid van 130 km/h op een baanvak zonder Automatische Trein Beïnvloeding (A.T.B.) kan met een seinafstand van minimaal 1000 m worden volstaan. (Zie fig. 1).

Iedere trein, rijdend met een snelheid van 130 km/h, kan, bij afremming bij het gele sein, voor het rode sein tot stilstand komen.

Op een baanvak met ATB wordt de vereiste remweg vergroot met een afstand, die bepaald wordt door de reactietijd van de ATB-apparaatuur en door de reactietijd van de machinist, die gevolg moet geven aan een ATB remopdracht. De ATB remweg wordt dan ongeveer 1180 m (bij 5‰ helling) en ook de seinafstanden zullen dan minimaal 1180 m worden.

Bij een baanvaksnelsheid groter dan 130 km/h wordt door de Rijksoverheid ATB geëist. De ATB remweg bedraagt bij een baanvaksnelsheid van 140 km/h ca. 1350 m. Op het proefbaanvak Helmond-Horst is de baanvaksnelsheid 160 km/h.

De beremming van de intercitytreinstellen, die 160 km/h kunnen/mogen rijden, is zodanig, dat met dezelfde ATB-remweg als bij 140 km/h kan worden volstaan, dus ca. 1350 m. Op het om te bouwen baanvak Helmond-Horst waren de seinafstanden in de meeste gevallen groter dan 1350 m. Het aantal seinverplaatsingen bleef beperkt tot 8 stuks (van de 30).

Het gevolg van een seinverplaatsing is, dat ook de isolerende lassen (zie 3) moeten worden verplaatst. Deze isolerende lassen moeten op ca. 10 m achter een sein worden aangebracht.

2. ATB

Zoals reeds onder 1. opgemerkt, is er een belangrijk verschil tussen de remweg 130 km/h ∇ 0 km/h en de remweg 140 km/h (160 km/h) ∇ 0 km/h).

Met soortgelijke verschillen moet ook rekening worden gehouden bij remwegen, gekoppeld met andere snelheidsintervallen.

Zo is bijv. de remweg van 130 km/h naar 80 km/h (met ATB) ca. 970 m.

Bij 140 km/h wordt dit 1120 m (zie fig. 2).

De ATB-opdracht is gekoppeld met de opdracht gegeven door een lichtsein, zie foto 1 (rijden toegestaan met 140/160 km/h, 130 km/h, 80 km/u, 60 km/u, 40 km/u (remmen, stop) of een

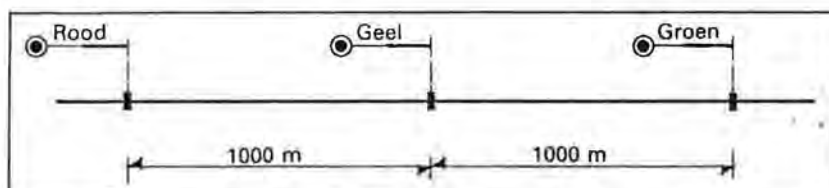
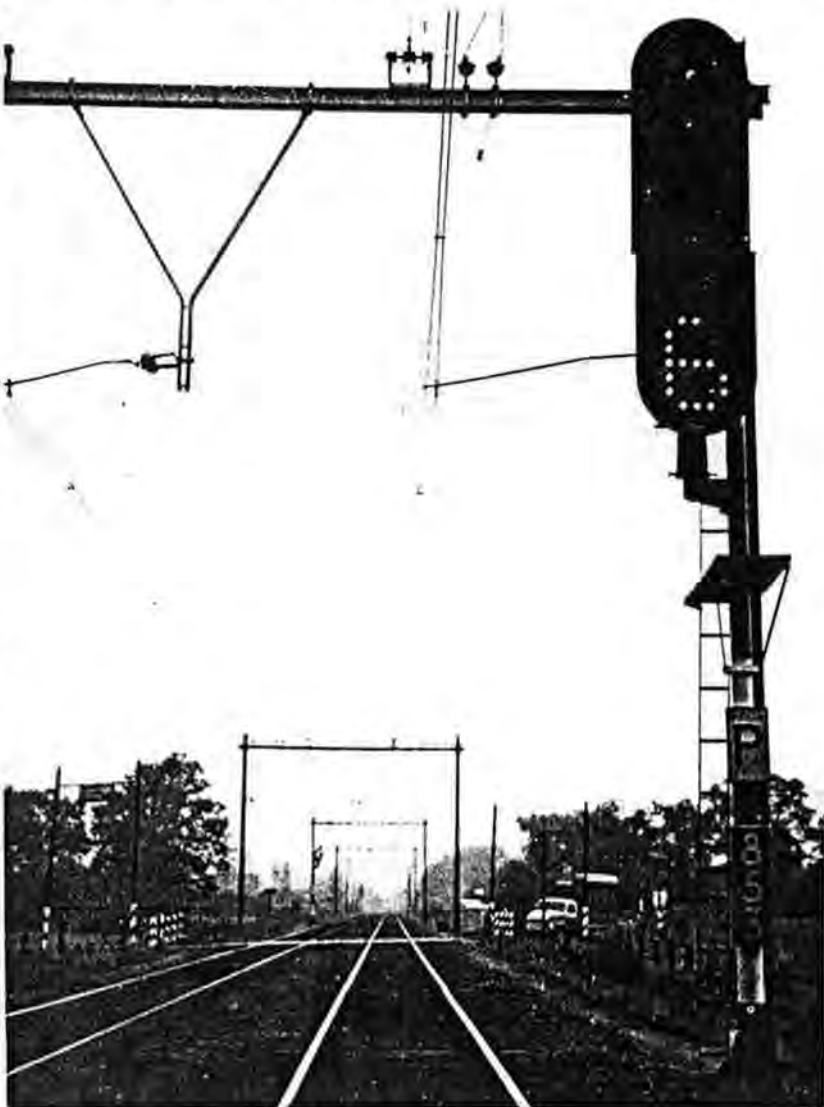


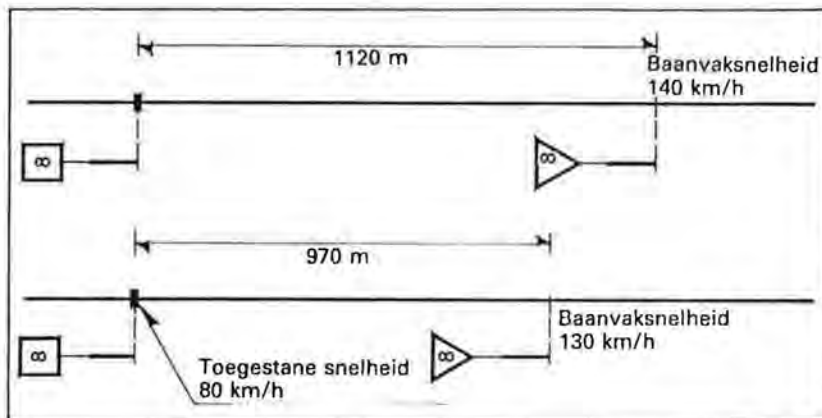
Fig. 1
Minimale seinafstand bij een baanvaksnelsheid van 130 km/h (zonder ATB).

Foto 1:
ATB-opdracht is gekoppeld met de opdracht gegeven door een lichtsein. (Hier: rijden toegestaan met 60 km/h)

snelheidsbord (in fig. 2 het driehoekige snelheidsbord 8).

Aan de trein wordt de ATB-opdracht overgedragen door ter plaatse van het lichtsein of het snelheidsbord een gecodeerde 75 Herz wisselstroom (de code is afhankelijk van de toegestane snelheid) door de spoorstaven te sturen. Daarom is het noodzakelijk, om ter plaatse van de borden die een snelheidsverandering opleggen, in de spoorstaven isolerende lassen aan te





gepast. De lengte van de aankondigingsweg van een automatisch beveiligde overweg, wordt bepaald door het produkt van de baanvaksnelheid (in m/sec.) en de aankondigingstijd (in sec.).

De vastgestelde minimale aankondigingstijd ligt bij een gemiddelde AHOB op ca. 27 sec. en bij een gemiddelde AKI op ca. 25 sec. Duidelijk is, dat bij een grotere baanvaksnelheid de aankondigingsweg evenredig groter wordt omdat de aankondigingstijd van AHOB/AKI een vast gegeven is.

brengen of te hebben. (Bij lichtseinen zijn reeds isolerende lassen aanwezig).

Op het proefbaanvak Helmond-Horst wordt de code welke gebruikt wordt voor 140 km/h ook voor 160 km/h gebruikt (code 96).

De snelheid van het nieuwe IC-materieel, dat deze code opvangt, wordt door de treinapparatuur begrensd bij 160 km/h, terwijl de snelheid van het andere materieel bij deze code begrensd wordt bij 140 km/h.

3. Overwegen en isolerende lassen

Bij verhoging van de baanvaksnelheid van 130 km/h naar 140 km/h (160 km/h) worden door gaans door de Rijksoverheid zwaardere eisen gesteld aan de overwegbeveiliging.

Zo moesten op het proefbaanvak Helmond-Horst twee stuks onbeveiligde overwegen worden voorzien van AKI, 4 stuks AKI werden AHOB.

Verder werden enkele AHOB's gekoppeld met verkeerslichten of van extra lampen en schellen voorzien.

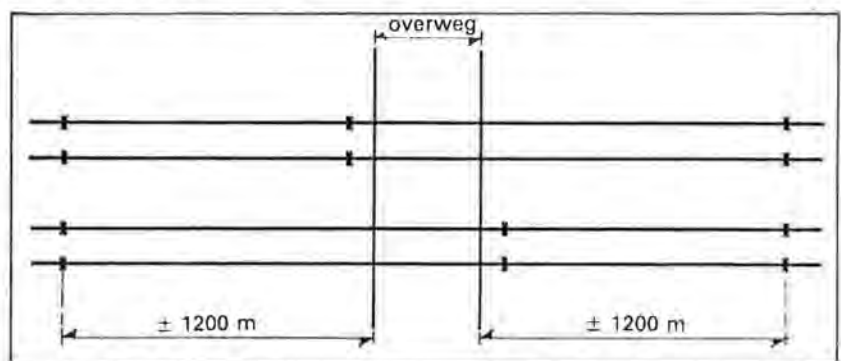
Voor alle automatisch beveiligde overwegen moest de aankondigingsafstand worden aan-

Fig. 2
Remweg in relatie tot het snelheidsinterval (met ATB).

Zo zal bij een aankondigingstijd van 27 sec. bij een baanvaksnelheid van 160 km/h een aankondigingsafstand nodig zijn van ca. 1200 m. Praktisch betekent dit, dat op ca. 1200 m voor de betreffende overweg isolerende lassen in de spoorstaven aanwezig moeten zijn of – moesten worden aangebracht.

Daar het baanvak Helmond-Horst tevens ingericht diende te worden voor beveiligd linker spoorrijden moesten ook bij linkerspoorrijden ca. 1200 m voor de overweg isolerende lassen aanwezig zijn of worden aangebracht. (Zie fig. 3).

Fig. 3
Automatisch beveiligde overweg.



Gedrag van de NS bovenleiding en stroomafnemer bij snelheden tot 160 km/h

door Ing. P. J. Daams

1. Inleiding

Elektrische tractie is een milieuvriendelijke traktievorm en tevens is het een vervoerssector met grote vermogenscapaciteit.

De snelheden, welke tegenwoordig met deze vorm van railtractie in de dienstuitvoering bereikt worden variëren van 160 tot 200 à 240 km/h o.a. bij JNR, SNCF, DB, BR, FS, URSS e.a. Men gaat er momenteel van uit, dat snelheden rond 400 km/h als maximum gezien dienen te worden, hetgeen bepaald wordt door de mogelijkheid energie bedrijfszeker over te dragen van de bovenleiding op de stroomafnemer. Deze grens wordt afgeleid uit de voortplantingssnelheid van de golfbeweging welke in de bovenleiding ontstaat door het rijden met één of meerdere stroomafnemers.

Deze voortplantingssnelheid van de golf is afhankelijk van het type bovenleiding, waarbij de grootheden: trekspanning, portaal afstand en massa een rol spelen.

Deze snelheid bedraagt gemiddeld voor de verschillende systemen rond de 400 km/h. Een hogere rijsnelheid dan de golfsnelheid of m.a.w. de stroomafnemer is sneller dan de reactie van de bovenleiding heeft tot gevolg, dat de golfbeweging niet meer voorijlt op de stroomafnemer.

Het samenspel van beide, stroomafnemer en bovenleiding, zal dan sterk verstoord worden. Dat zal weer tot gevolg hebben, snelle slijtage van rijdraden en sleepstukken en door grote optredende slagkrachten, het defect raken van stroomafnemerschuitjes en bovenleiding.

2. Systemen bovenleiding

Afgezien van de eenvoudige ééndraadstrambaan, bovenleiding voor lage snelheden, is de eenvoudigste vorm een samengestelde bovenleiding, die bestaat uit een draagkabel, hangdraden en rijdraad.

De draagkabel is hierbij vast afgespannen en de rijdraden, zelfregulerend.

Dergelijke systemen zijn geschikt voor snelheden tot 100 km/h, (fig. 1).

De elasticiteit van een dergelijk systeem vertoont grote verschillen over een veld. Deze verschillen zijn er de oorzaak van dat de stroomafnemer steeds in hoogte moet variëren en o.a. daardoor een wisselende kontaktdruk tussen stroomafnemer-sleepstuk en rijdraad veroorzaakt.

Een verkleining van deze verschillen, om daar-

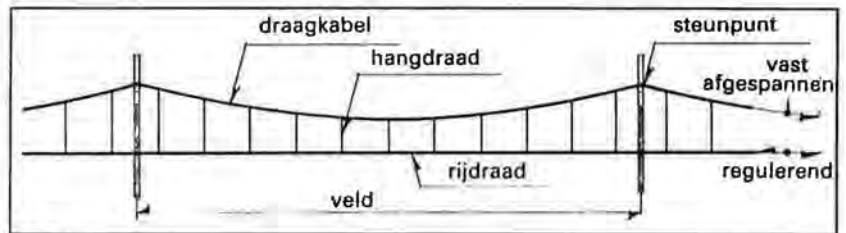


Fig. 1
Bovenleiding-systeem tot 100 km/h.

mee een betere stroomafnemerloop te bereiken, wordt verkregen door de toepassing van een hulpdraagkabel onder het steunpunt de zgn. Y-draad (fig. 2).

Door het aanbrengen van een Y-draad nadert de elasticiteit van de bovenleiding bij het steunpunt, die van het middenveld. Dit type bovenleiding laat snelheden toe tot ca. 140 km/h.

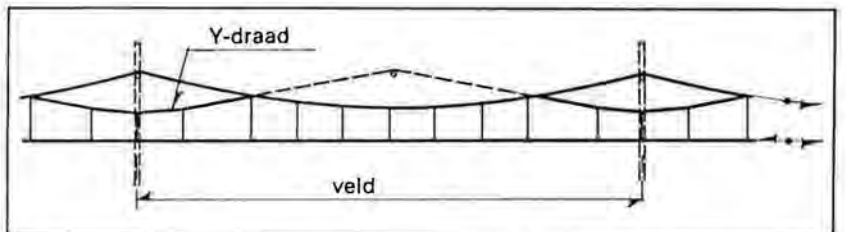


Fig. 2
Bovenleiding met Y-draad tot 160 km/h.

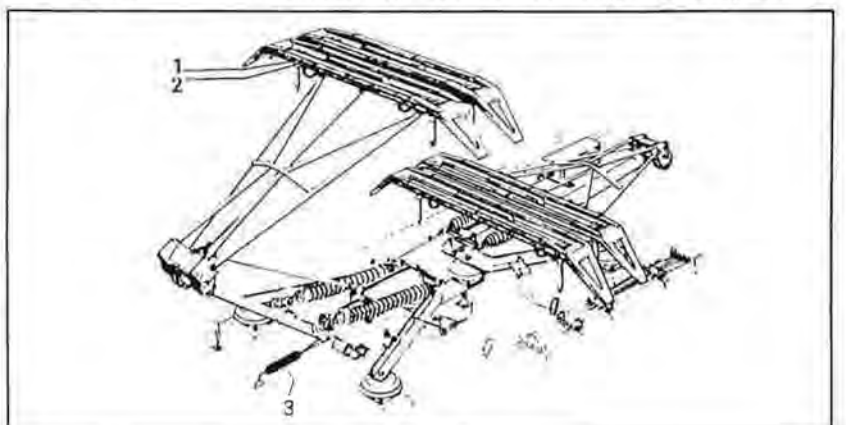
Het konventionele NS bovenleidingnet op de vrije baan bestaat in principe uit het systeem zoals in fig. 2 weergegeven en zou aldus geschikt kunnen zijn voor snelheden tot 140 km/h.

Uitgaande van de theoretische benadering van de kritische rijsnelheid gebaseerd op resonantie levert een snelheid van ca. 160 km/h op. Echter, zonder verdere voorzieningen, is een veilige bedrijfssnelheid aan te houden van 140 km/h.

Fig. 3
Stroomafnemer met dubbele schuit.
1. koolstrip
2. schuit
3. demper

3. Proefnemingen

Reeds in 1958 werden in het kader van ORE-studies op het NS-net vergelijkende proefne-



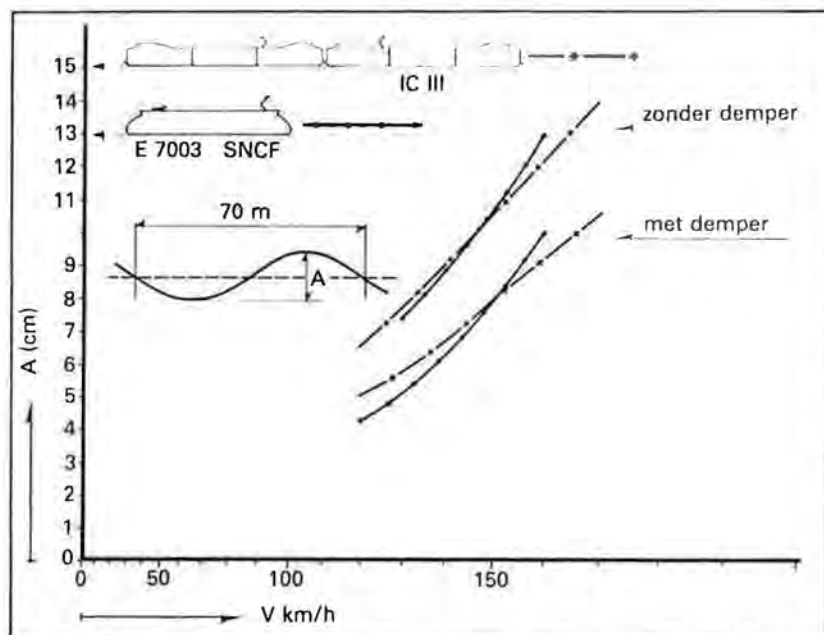


Fig. 4
Gem. stroomaf-
nemer amplituden als
functie van de rij-
snelheid met en
zonder demper
(vrije baan).

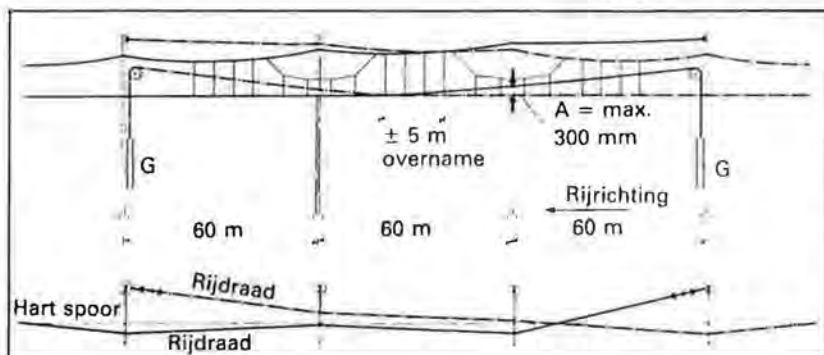


Fig. 5
Open spaninrichting
(traditioneel).

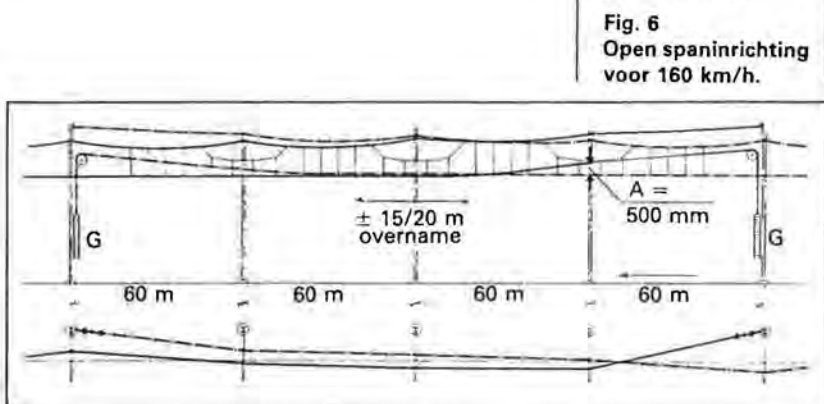


Fig. 6
Open spaninrichting
voor 160 km/h.

mingen uitgevoerd. Er waren op een baanvak, verschillende typen bovenleiding gemonteerd, welke met diverse stroomafnemers bereiden werden. Een der eindconclusies: de konventionele NS bovenleiding is wellicht met enige aanpassingen zoals het verhogen van de rijdraad trekspanning en het verkleinen van de hangdraad afstanden geschikt te maken voor snelheden tot 160 km/h.

In oktober 1976 werd met een SNCF Alstom, E-loc proefgereden op de baanvakken: Ut-Ah; Ah-Dv; Dv-Amf en Amf-Ut.

Op bepaalde trajecten van deze baanvakken werd met snelheden tot 170 km/h gereden. Er deden zich toen geen problemen voor met de stroomafname, hoewel de bovenleiding niet speciaal was aangepast. Hierbij dient wel vermeld te worden, dat de stroomafnemer was voorzien van een demper, welke normaal op de bij NS gebruikte stroomafnemers niet voorkomt terwijl de temperatuur voor dit systeem zeer gunstig was; ca. 15°C. Deze demper heeft tot taak de bewegingen van de stroomafnemer massa af te remmen.

Begin augustus 1977 werden met het nieuwe IC-materieel proefritten gehouden op het baanvak EHV-VI. Er werd met twee gekoppelde stellingen gereden, elk met één stroomafnemer (met dubbele schuit) op en voorzien van dempers, (fig. 3).

Snelheden tot 160 km/h werden ook bij deze ritten zonder problemen voor de bovenleiding en stroomafnemers doorstaan.

De uitgewerkte resultaten van deze proefritten toonden ook hier aan, dat de amplituden van de stroomafnemer-beweging bij deze snelheden met minimaal 20% werden gereduceerd ten gevolge van het toepassen van deze dempers. (fig. 4).

Echter tijdens proefritten met het IC-materieel eind november 1977 deden zich ernstige problemen voor met de bovenleiding, waarbij rijdraadbreek het gevolg was.

De problemen deden zich voor bij lage temperaturen, rond het vriespunt en wel in de open spaninrichtingen, (elektrische luchtscheiding in de bovenleiding). (Zie fig. 5).

Tengevolge van de lage temperatuur wordt de overname door de stroomafnemer van het ene bovenleidingnet op het andere veel kritischer. Dit manifesteert zich vooral bij punt A. (Zie fig. 5). Dit hangt onverbrekkelijk samen met de bovenleidingkonstruktie.

In de loop van 1978 werd mede aan de hand van 2

proefnemingen bezien, welke oplossingen denkbaar en uitvoerbaar waren. Hierbij werd zowel de bovenleiding als ook de stroomafnemer betrokken.

Voor de bovenleiding is dat in eerste instantie een gewijzigde open spaninrichting waarbij de lengte van de „overname” vergroot wordt (fig. 6) terwijl voorts ten gevolge van deze aanpassing de maat A van ± 300 mm vergroot kan worden tot ± 500 mm. Het effect zal duidelijk zijn; de bereiden draad zal thans in geen geval in aanraking komen met de niet bereiden draad, hetgeen voordien de oorzaak was van draadbreek.

Voor de stroomafnemer is bij wijze van proef een lichte stroomafnemer met enkele schuit toegepast.

Verder gaan de gedachten nog uit naar een verbeterde aerodynamische vormgeving van de stroomafnemer.

De kontaktdruk van de schuit tijdens het rijden is de sommatie van drie factoren en wel de statische-, de dynamische- en de aerodynamische druk.

De eerste twee factoren hebben nagenoeg vaststaande waarden, welke bepaald worden door de veerinstelling, afhankelijk van de stroomafnemer massa, het type bovenleiding en de benodigde stijfheid van het stangenstelsel van de stroomafnemer.

De aero-dynamische druk is een kwadratische functie van de wind- en rijnsnelheid en het omspoelde oppervlak. Tevens speelt de plaatsing op het dak een rol (fig. 7).

Inmiddels worden ook proefnemingen genomen met een aero-dynamisch aangepaste stroomafnemer; een stroomafnemer voorzien van windleischotjes; waardoor de opwaartse kracht op de rijdraad ongeveer gelijk blijft bij verandering van de snelheid in plaats van sterk met de snelheid toe te nemen. Op deze wijze blijft de rijdraadbeweging toch binnen de perken.

4. Resultaten proefnemingen

De resultaten van de hierboven omschreven proefnemingen met de aangepaste open

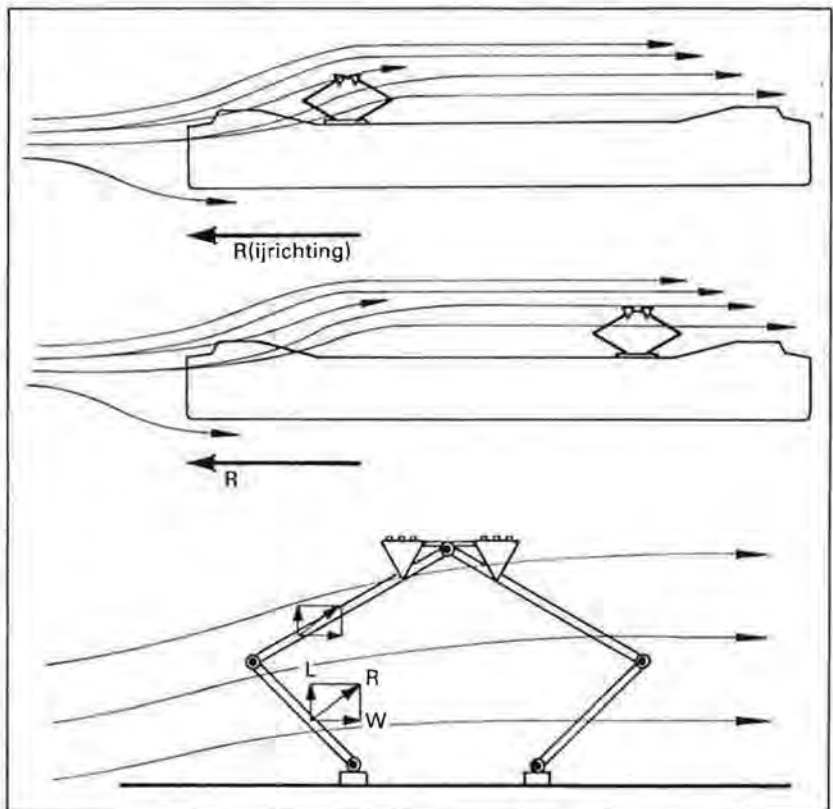
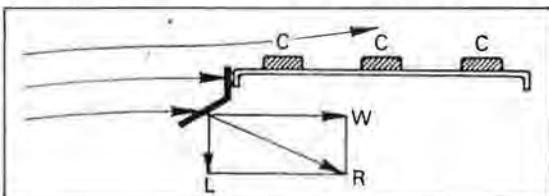


Fig. 7
Plaats van de
stroomafnemer
op
het dak.

Fig. 8
Stroomafnemer
schuit met windlei-
schotjes

C = koolstrippen
W = weerstand
L = lift (normaal-
kracht)
R = resultante

spaninrichting wijzen in de richting van een technisch maximale oplossing, echter de kosten verbonden aan een dergelijke ombouw zijn aanzienlijk; minimaal f 250.000,— per geval. De proefnemingen met de 'lichte' stroomafnemers zijn niet zo succesvol verlopen; gekonstateerd is een stijging van de koolstrip slijtage en daarmee tevens een toename van de onderhoudskosten.

Het onderzoek aan de aero-dynamisch aangepaste stroomafnemer is een gecompliceerde en tijdrovende zaak en is nog gaande.

5. De bovenleiding voeding

Stappen we nu over naar de voeding van de bovenleiding, dan ligt het voor de hand, dat ook hier maatregelen nodig zullen zijn.

Door de hogere eindsnelheid, wordt gedurende een langere tijd een hogere stroom gevraagd. Hierdoor moeten in een aantal gevallen, afhankelijk van de plaatselijke omstandigheden onderstations bijgebouwd worden.

Er zijn nog andere maatregelen denkbaar, zoals ombouw van schakelstations in onderstations, plaatselijke versterking van de voeding door kortere voedingskabels aan de 10 kV zijde of het bijplaatsen van gelijkrichter eenheden in bestaande onderstations.

Materieel voor hoge snelheid

door Ir. D. W. Venemans

1. Inleiding

Het nieuwe intercitymaterieel dat op het proefbaanvak Eindhoven-Venlo dienst deed tijdens het proefbedrijf 160 km/h, is niet dan met aarzeling materieel voor hoge snelheid te noemen. Daarvoor is de topsnelheid van 160 km/h bij de spoorwegen in Europa en daarbuiten te algemeen. De ervaringen elders leren dat deze snelheid nog geen buitengewone eisen stelt aan de techniek.

Hoog wil in dit verband eigenlijk zeggen: hoger dan algemeen gebruikelijk. Ruim een eeuw geleden leidde de invoering van de mechanische tractie door het vervallen van de beperkingen in trekkracht en vermogen van het paard, tevens tot hoge snelheid, alweer voor de begrippen van toen. Men denke aan de 'Catch Me Who Can' van Trevithick (45 km/h in 1808) en de beroemde locomotieftrace van Rainhill in oktober 1829, waar de 'Rocket' van vader en zoon Stephenson 47 km/h haalde met een 40 ton aan beladen wagens.

Later werden ook met elektrische tractie snelheidsrecords gevestigd (210 km/h met draaistroomvoeding in 1903 bij Berlijn, 331 km/h met gelijkstroomlocomotieven op 28 en 29 maart 1955 bij Morcenx ten Zuiden van Bordeaux). NS zelf heeft op 22 april 1940 tijdens een proefrit Utrecht-Groningen met de eerste DE-V 178 km/h gehaald. Als NS nu – naar intussen gebleken is, met enige moeite – 160 km/h heeft gereden, stelt dat in de ogen van de Ja-

panners met hun Nieuwe Tokaido-lijn met 210 km/h in een zeer intensieve dagelijkse dienst niets voor.

Hoe dan ook, bij NS is 160 km/h zeker niet algemeen gebruikelijk en dat is voldoende reden om hier met het Intercity-materieel verder te gaan. Het ICM (alias IC III) heeft geen revolutionair karakter. Het is ontworpen op grond van de ervaringen met het bestaande materieel, in het bijzonder met '64 (plan T en V) en natuurlijk SGM ('Sprinter'). Bij het vaststellen van de basiseisen stond de behoefte aan nieuw materieel speciaal bestemd voor de Intercity-diensten voorop; materieel dat t.z.t. de treinstellen met '54 en de getrokken rijtuigen plan E (uit 1952), waarmee nu de IC-diensten gereden worden, zal moeten vervangen.

Besproken wordt hoe de basiseis van 160 km/h voor ICM tot stand gekomen is en hoe daaraan wordt voldaan. Voorts wat er komt kijken bij materieel voor (echt) hoge snelheid.

2. Motivering van de maximum snelheid van het Intercity-materieel

De toekomstige Intercity-functie in al haar facetten is door de toenmalige Dienst van Onderzoek en Planning (Op) in opdracht van de Directie onderzocht (Hoofdrapport uitgegeven door Op 2 op 8 juni 1972). De resultaten van de studie van het Ned. Econ. Instituut, die concludeerde dat het rijden met hogere snelheden op grote delen van het Intercity-net een zinvolle propositie is, zijn in het rapport verwerkt. De Dienst van Onderzoek en Planning dacht daarbij aan een maximum van 160 km/h, omdat het inrichten van de bestaande infrastructuur voor nog hogere snelheden op voorhand te duur geacht werd. Men heeft dan ook de voor- en nadelen van de snelheden tussen 125 en 160 km/h vergeleken en de maximum snelheid van 160 km/h voor de Intercity-functie aanbevolen, mits op basis van de maatschappelijke baten financiële medewerking van de overheid zou kunnen worden verkregen.

De maatschappelijke baten bestaan uit minder milieubelasting, verkeerscongestie, verkeersongevallen enz., doordat de hogere treinsnelheid een gunstiger verdeling van de reizigers over trein en auto tot gevolg zou hebben,

Foto 1:
Interieur IC III.



Het advies hield o.m. in, dat 'Intercity-materieel geschikt voor deze snelheid, ware te ontwikkelen'. Het laatste hoeft in het licht van de historie gezien, geen verbazing te wekken. De maximum snelheid van het materieel dat thans de Intercity-diensten rijdt, bedraagt 140 km/h (alleen de elektrische locomotieven zijn voor 135 km/h ontworpen).

Het is bij NS altijd gewoonte geweest nieuw sneltreinmaterieel voor een wat hogere snelheid te bemeten dan de maximum snelheid van het bestaande materieel.

Wat de tractieprestaties betreft, gaat het rapport uit van een beschikbaar vermogen voor tractiedoeleinden van 4800 kw per trein en een treinlengte van ca. 8 rijtuigbakken. Op grond hiervan werd gedacht aan het bereiken van de 160 km/h van een beladen trein met een massa van 370 ton in een aanzetweg van 3389 m en een aanzettijd van 1,945' (rijtijden worden altijd opgegeven in minuten). Omdat naderhand bleek dat de massa per rijtuig ongeveer 4 ton hoger zou uitkomen en bovendien inmiddels tot 3 rijtuig-treinstellen was besloten, moest de beschikbare 4800 kw gebruikt worden voor 9 rijtuigen (beladen 456 ton). De bestekeis is uiteindelijk geworden: 160 km/h te bereiken binnen 4,33' (of 260'). De berekende aanzetweg zou dan 8250 m bedragen. Het intussen gebouwde Intercity-materieel voldoet ruimschoots aan deze eisen. (Zie fig. 1).

Om een indruk te geven van wat deze tractieprestaties voor de gewone dienst betekenen voor de rijtijd van Amsterdam naar Groningen zal deze met een maximum snelheid

van 160 km/h 117', dus praktisch 2 uur bedragen, aanzetten en remmen wel, de stationnementen niet meegerekend.

Materieel '54 heeft er met 125 km/h (alleen tussen Amersfoort en Zwolle 140) een tijd van 134' voor nodig.

Het is van het begin af de bedoeling geweest de 1200 m-remtabel aan te houden om bij de eventuele invoering van de 160 km/h als baanvak-snelheid een kostbare aanpassing van de seinafstand aan een andere remweg te voorkomen. Het bestek eist, rekening houdend met reactietijd e.d., een remweg van 160 km/h tot stilstand van 1100 m op een helling van 5%. Ook aan deze eis wordt voldaan.

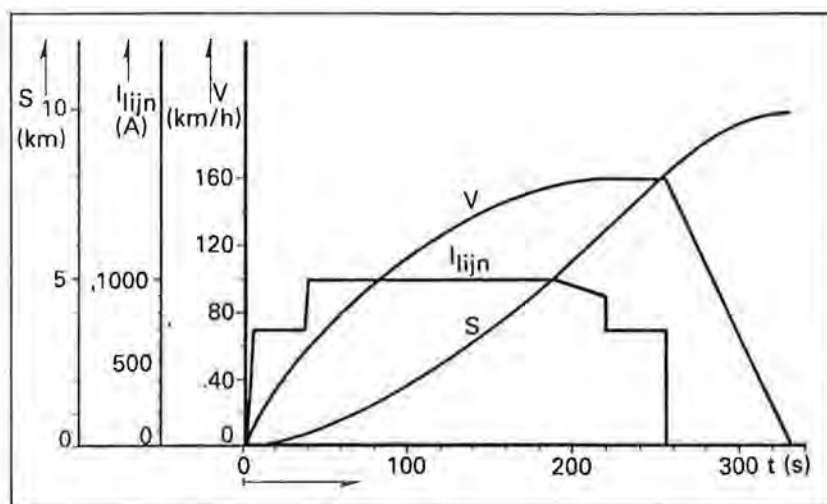
3. Beschrijving van het Intercity-materieel

Na het verschijnen van het rapport van Op 2 van 8 juni 1972 is binnen NS verder van gedachten gewisseld over de parksamenstelling. Een jaar later is de Directie akkoord gegaan met Intercity-materieel bestaande uit drierijtuigstellen. Op deze wijze ontstaat een uniform park, dat bij een gegeven exploitatiepatroon met zo min mogelijk rijtuigen uitkomt. Bovendien bleek dat slechts een derde van het aantal assen van een treinstel zou hoeven te worden aangedreven om aan de bestekeisen te voldoen. Elk treinstel bestaat dan ook uit een motorrijtuig en twee 'aanhangrijtuigen', waardoor de investering gerekend per zitplaats lager uitkomt dan bij een gemengd park viertjes en tweetjes met van nature 50% aangedreven assen. Ook heeft een treinstel van 3 rijtuigen de minimum omvang die nog zinvol in aanmerking komt voor een bediening door de Wagons-Lits uitgerust met de bekende minibar.

Verband met het laatste houdt de 'doorloopkop', die een doorloopmogelijkheid tussen de verschillende gekoppelde treinstellen biedt. De doorloopkop maakt een efficiëntere inzet van het treinpersoneel en de WL-bedienden met de minibar mogelijk. Bovendien vormt de aanwezigheid van een doorloopkop een wezenlijk element in de serviceverlening aan het reizende publiek bij verschillende bestemmingen van de delen van de gehele trein.

De doorloopkop leidt tot een hoog in het midden geplaatste machinistencabine: de ruimte in de neus is nodig voor de uitschuif- en draai-

Figuur 1
Traktiekaracteristieken Intercity-treinstel IC III.



bare delen van de doorlooptunnel. De hoge kop geeft het treinstel een grotere dwarsdoorsnede, wat op zich een hogere luchtweerstand oplevert: voor materieel voor hoge snelheid niet gunstig. Er is dan ook gezorgd voor een zo goed mogelijke stroomlijnvorm, o.m. door het verhoogde cabinedak een vloeiende uitloop te geven. Windtunnelproeven aan een schaalmodel hebben aangetoond, dat de luchtweerstandscoefficient van het IC-treinstel niet groter is dan die van het voor 140 km/h gebouwde mat '64 (plan T en V). De goede afronding van de kop is ook gunstig wat betreft de luchtdrukstoten op (smalle) perrons waar het ICM met volle snelheid langs rijdt.

Wegens het beschikbare tractievermogen per trein mogen niet meer dan 3 treinstellen gekoppeld worden (treinlengte 245 m); op uitdrukkelijk verzoek van de Dienst van Exploitatie is het technisch mogelijk gemaakt ook met 4 gekoppelde stellingen te rijden (treinlengte 327 m).

Door de relatief geringe luchtweerstand zijn de tractieprestaties van 4 gekoppelde stellingen samen toch niet minder dan die van een los treinstel.

De gemiddelde stopafstand op het huidige Intercity-net bedraagt rond 20 km. Omdat sommige IC-treinen uitlopen als stoptrein, is in het bestek een minimale gemiddelde stopafstand van 10 km geëist. De tractiemotorfabrikant heeft desgevraagd meegedeeld, dat op gedeelten van een lijn ook kleinere stopafstanden mogen voorkomen.

Dat het ICM op het proefbaanvak Eindhoven-Venlo juist voor de stoptreinen is ingezet, is voor het materieel geen probleem – de gemiddelde stopafstand is rond 10 km – en veeleer gunstig omdat het materieel zo stevig aan de tand gevoeld wordt.

De lijst van basiseisen vermeldt als hoogste asdruk 16 ton. De gebouwde treinstellen zijn gewogen.

De asbelastingen zijn als volgt:

	motorrijtuig		tussenrijtuig		stuurrijtuig	
leeg:	150	141	103	105	98	110 kN
max. beladen, incl. 96 staanplaatsen:	167	164	124	122	119	128 kN

Voorts is er een gekombineerde schijf- en blokkenrem toegepast. Bij lichte remmingen doet alleen de schijfrem dienst; bij sterke remming wordt automatisch de blokkenrem erbij ingeschakeld om het loopvlak van de wielbanden op te ruwen en zodoende doorglijden te voorkomen. Het bestek eist een remweg van 1000 m bij een snelremming van 160 km/h af.

Enkele basis- en besteisen betreffende het interieur. (zie foto 1).

Er is voor gezorgd dat de ramen goed gesloten kunnen worden om gefluit en geluidslekkage bij het rijden met hoge snelheid te voorkomen. Bij het opendraaien van de ramen komt er eerst een korte kier vrij, die op beheerste wijze extra ventilatie mogelijk maakt. Volledige 'air-conditioning' is niet toegepast. De kosten voor aanschaf, onderhoud en energie zijn voor NS, die in een gematigd klimaat werkt, te hoog. Het wordt in het buitenland wel geëist voor materieel voor hogere snelheden dan 160 km/h, omdat dan door open ramen te veel wind en te veel lawaai zouden binnenkomen. In het ICM is het later aanbrengen van air-conditioning niet bij voorbaat onmogelijk gemaakt. Er is gezorgd voor ruime ventilatie, 's zomers wordt extra veel lucht ingeblazen. Er is een proef genomen met een zgn. luchtdouche in een rijtuig die de reizigers het genot van een brede verkoelende luchtstroom geeft, die ze zelf kunnen regelen. De proef wordt op grotere schaal herhaald in 15 medio 1980 af te leveren getrokken 1e klasse-rijtuigen voor Intercity-verkeer.

4. Ervaringen met het rijden met 160 km/h met het ICM

Vrijwel alle proefritten met de nieuwe maximum snelheid zijn gereden op het proefbaanvak Eindhoven-Venlo tussen Helmond en Horst-Sevenum, waar de baanvak-snelheid tot 160 km/h verhoogd is.

Hoewel volgens de Spoorwegwet de snelheid bij proefritten onbeperkt is, valt het niet mee elders zonder gevaar met 160 km/h te rijden, nog afgezien van krappe bogen en kunstwerken. Het probleem zit in de overwegen. Onbeveiligde overwegen leveren voor alle proefritten een zeker risico op omdat de vaste gebruikers gewend zijn vooral te letten op de treinen van de gewone dienstregeling.

Sneller rijden bij een proefrit verhoogt dit risico. Beveiligde overwegen hebben een aankon-

digingsafstand die evenredig is aan de baan-vaksnelheid, op de meeste lijnen 130 km/h. Een hogere snelheid geeft een te korte aankondigingstijd en is dus uitgesloten. De overwegen liggen vrijwel overal zo dicht op elkaar dat de afstand ertussen niet voldoende is voor het aanzetten tot de gewenste snelheid en het tijdig afremmen.

Desondanks is in voldoende mate het materieel aan de tand gevoeld op het proefbaanvak tussen Helmond en Horst-Sevenum. Tijdens het proefbedrijf is gebleken dat de schijfrem van de vier motorassen te hoog belast kon worden. Door een andere afstelling is deze belasting verminderd, waarbij de snelrem-prestaties niet veranderd zijn.

De inrichting van de machinistencabine stemt in het algemeen tot tevredenheid. Het uitzicht op laag geplaatste seinen is in de ontwerpfase uitvoerig bestudeerd en ter beoordeling aan personeelsdelegaties voorgelegd. Het leverde dan ook geen verrassingen op. De hoge positie van de machinist is uiteraard gunstig voor het waarnemen van eventuele obstakels op grote afstand. De wijze van besturing, die grote gelijkenis vertoont met die van het SGM ('Sprinter'), heeft geen moeilijkheden opgeleverd. Nieuw is, dat de cabine tevens is ingericht als verblijf voor het treinpersoneel.

Bij het rijden met hoge snelheid blijkt het windgeruis te hoog te zijn, en de opbrengst van de speciale, onafhankelijk van de treinventilatie werkende cabine ventilatie te laag.

Deze onvolkomenheden zullen worden weg-gewerkt. Beide hebben te maken met de onvoorspelbare luchtwervelingen en drukverschillen rond de kop van het treinstel. De remedie bestaat in het aanbrengen van luchtgeleide-schoepen van de juiste vorm, die proefondervindelijk wordt bepaald. Wegens de enorme kosten moest worden afgezien van gedetailleerde windtunnelmetingen in de constructiefase.

Een voorlopige meting van het buitengeluid leverde op dat ICM met nieuwe wielbanden bij 160 km/h niet meer geluid maakt dan het bestaande materieel bij ca. 120 km/h. De geluidseisen gelden in het algemeen voor materieel met nieuwe wielbanden.

De deuren in de zijwand hebben voor onaangename verrassingen bij het rijden met de (toch

wel) hoge snelheid gezorgd. Ze zijn van hetzelfde type als in plan T, V en zijn in uitvoering vrijwel gelijk aan die in SGM ('Sprinter'). In de praktijk bleken de 1300 mm brede deuren van het eerste balcon, gezien in de rijrichting, te kunnen gaan kieren bij het passeren van een tegentrein. Soms bleven ze daarna in de kierende stand staan met het gevolg dat het lawaai en de sterke luchtstroom bij volle snelheid, schrik voor de reizigers opleverde. Door constructieve verbeteringen, o.m. het aanbrengen van borgplaatjes en zwaardere deurstangen, is het euvel afdoende verholpen. Gevaar heeft het kieren niet opgeleverd omdat het vergrendelingsmechanisme van de deuren bleef werken.

Een van de mogelijke oorzaken van het probleem is dat de spoorafstand op het proefbaanvak plaatselijk kleiner is dan de 4 m, die voor 160 km/h minimaal wenselijk wordt geacht. Indertijd werd voor de snelheid van 160 km/h een minimale spoorafstand van 4 m h.o.h. aanbevolen. De kleinere afstand van de sporen is voor het proefbaanvak geaccepteerd, ook al omdat eventuele problemen t.g.v. de drukstoten bij het elkaar passeren van snel rijdende treinen zo eerder zouden blijken. Welnu, dit was bij de deuren kennelijk het geval.

Ook het samenspel stroomafnemer – bovenleiding heeft te maken met de nieuwe maximum snelheid.

In het eerder genoemde rapport van de Dienst van Onderzoek en Planning met het advies omtrent de 160 km/h zijn de kosten van een nieuwe type bovenleiding, speciaal geschikt voor die snelheid, mede verwerkt. Bij de inrichting van het proefbaanvak is evenwel besloten het eens aan te zien en de standaard bovenleiding te handhaven, vooral om de hoge kosten van het wijzigen van het bestaande type bovenleiding te besparen. Tevens werd besloten om in de stroomafnemers van de protoserie Intercity-materieel dempers te monteren. Omdat het ICM een grotere stroom afneemt dan bij ander materieel met stroomafnemers met enkele schuitjes gebruikelijk is, zijn stroomafnemers met dubbele schuitjes toegepast, zoals de locomotieven en o.a. SGM die hebben. Zodra voldoende Intercity-materieel beschikbaar was, zijn in de loop van 1977 proefritten gereden met 1 en 2 en later met 3 en 4 gekoppelde treinstellen. De bewegingen van

bovenleiding en stroomafnemers bij 160 km/h bleken iets groter te zijn dan normaal met ander materieel, maar er was niets verontrustends. Een herhaling van de ritten met 3 gekoppelde stellingen bij koud weer (lichte vorst) – waardoor de draagkabel strakker en de rijdraad hoger komt te hangen – ging gepaard met enkele rijdraadbreuken die kennelijk met het rijden met 160 km/h met gekoppelde stellingen samenhangen. De oplossing van dit probleem is gevonden in plaatselijke verbeteringen van de bovenleidingconstructie en tijdelijke toepassing van een stroomafnemer met enkel schuifje, waardoor de bovenleiding minder sterk in beweging gebracht wordt.

Het bezwaar van de sterke slijtage van de koolstrippen van de enkele schuifjes kon bij het proefbedrijf op de koop toe worden genomen.

De loopeigenschappen worden door publiek en personeel zeer gewaardeerd. De technici werken nog aan vermindering van de soms optredende trillingen en aan het verkrijgen van een rustiger reactie op plaatselijke verstoringen in de ligging van het spoor.

5. Hoge snelheid in Europa

De afstanden in de grote landen van Europa brengen vanzelf de behoefte aan hoge snelheid mee. De ontwikkeling van spoorweg-materieel voor hoge snelheid is daar verder dan in Nederland.

West Duitsland kent sedert 1971 een Intercity-net met TEE-comfort. Voor dit net is speciaal Intercity-materieel ontwikkeld, de ET 403/404 met een maximum snelheid van 200 km/h. Een protoserie van 3 treinstellen, elk bestaande uit 2 stuur- en 2 motorrijtuigen, is in 1973 in dienst gesteld.

De ET 403/404 laat het ICM van NS qua tractie ver achter zich: het bereikt de 160 km/h in 1,25' en 1750 m en de 200 km/h binnen 2' en 4000 m.

Of DB hiermee te hoog gegrepen heeft is niet duidelijk. Wel is onlangs bekend geworden dat DB het (voorlopig?) bij de protoserie zal laten. Ook de verhoging van de baanvakssnelheid van 160 tot 200 km/h gaat voorzichtig verder. Op enkele trajecten doet men praktijkervaring op. Materieel voor 200 km/h is in de vorm van elektrische locomotieven (serie 103) en rijtuigen ruimschoots voorhanden.

Optimistischer is BR in Groot-Brittannië. Met

de **High Speed Train** wordt sinds kort op enkele lijnen daadwerkelijk 200 km/h gereden. De HST bestaat uit moderne getrokken rijtuigen, permanent gekoppeld met 2 diesellocomotieven. Intussen wordt hard gewerkt aan de **Advanced Passenger Train**, een elektrisch treinstel dat dank zij de kantelbaktechniek en enkele andere voorzieningen de bogen op het bestaande net sneller dan ander materieel zal kunnen passeren. In het najaar van 1979 denkt men zover te zijn dat enkele prototypes in de reizigersdienst kunnen worden ingezet, voorlopig met maximaal 160 km/h. Uiteindelijk zullen ze de afstand Londen-Glasgow (645 km) met 2 keer stoppen in 4 h 15 afleggen, met een maximum snelheid van 200 km/h.

Ook Frankrijk is zeer actief bezig met materieel voor hoge snelheid. De SNCF is al in de jaren 50 met de ontwikkeling begonnen.

Gezien de bovenleidingperikelen op het proefbaanvak van NS is het wel aardig de snelheidsrecords van 331 km/h van de SNCF van 28 en 29 maart 1955 in herinnering te brengen. Bij deze proefritten in de buurt van Morcenx ten Zuiden van Bordeaux werden aangepaste normale 1500 V-locomotieven gebruikt. De voornaamste aanpassingen aan de proefritlocomotieven betroffen een ander wielbandprofiel (1:40) en een provisorische stroomlijning (ook bij de aangehangen rijtuigen), de stroomafnemer en de tandwiel verhouding. Door de wijziging van de tandwielen kwam het maximum toerental van de tractiemotor met een veel hogere snelheid overeen. De trekkracht aan de wielomtrek wordt dan wel evenredig kleiner, zodat met een korte trein (3 rijtuigen, 103,5 ton) gereden moest worden.

Er werd met één stroomafnemer gereden omdat de twee stroomafnemers van een locomotief zo dicht bijeen staan dat ze elkaar bij hoge snelheid via de rijdraad wederzijds beïnvloeden en er van een goede stroomafname niets terecht komt.

De stroomafnemer was van windleischoppen voorzien om te zorgen dat de opwaartse kracht bij de gewenste zeer hoge snelheid niet te groot zou worden.

Een merkwaardig probleem was overigens het type bovenleiding op het proefbaanvak, dat nog van het bij de elektrificatie in 1927 gebruikelijke systeem was zonder nagespannen rijdraad. Verschillende proefritten moesten voortijdig worden afgebroken omdat door de hoge temperatuur van de buitenlucht de rijdraad ongelijk

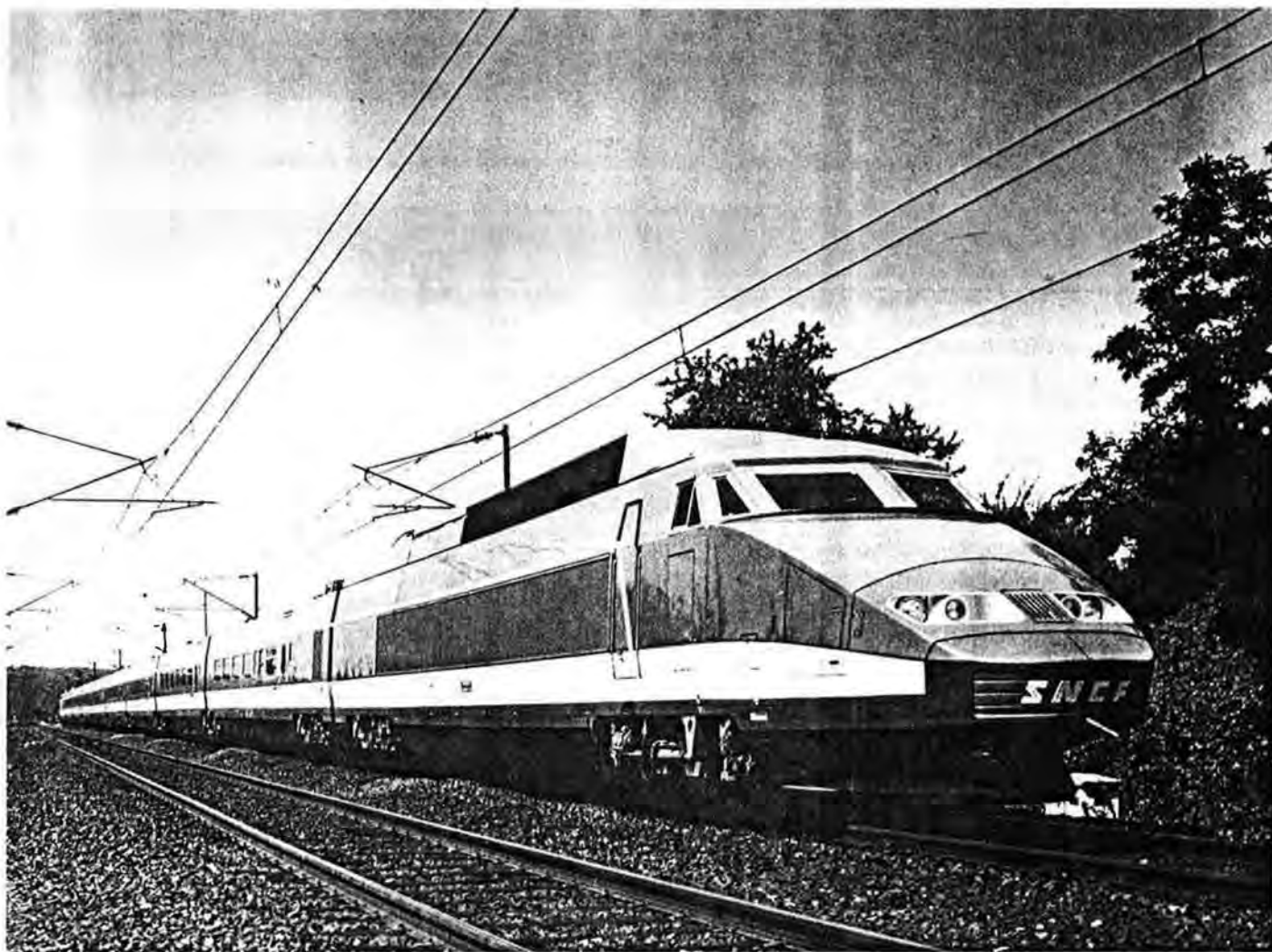


Foto 2:
De TGV.

hing. Op 28 maart 1955 werd met een 6-assige locomotief bij 12° C de snelheid van 331 km/h bereikt. Sneller ging niet omdat de schuitjes van de stroomafnemer intussen kapot gegaan waren.

De volgende dag mislukte een herhaling met een 4-assige locomotief bijna, doordat de schuitjes het al bij 290 km/h begaven; door ijlings opzetten van de voorste stroomafnemer lukte het toch weer 331 km/h te halen.

De SNCF heeft haar ervaringen bij deze ritten verwerkt in nieuwe series locomotieven voor hoge snelheid.

Na 1972 heeft de SNCF met het proeftreinstel TGV 001 met gasturbinetractie herhaald sneller dan 300 km/h gereden. Dit treinstel was de voorloper van een serie van 87 elektrische treinstellen TGV (zie foto 2) voor 260 (evt. 300) km/h, bestemd voor de nieuwe lijn Paris-Lyon, die oktober 1983 geheel in gebruik genomen zal zijn. Er zijn in de loop van 1978 al 2 treinstellen afgeleverd die uitvoerig worden beproefd. Elk treinstel heeft een lengte van 200 m en bestaat uit 10 rijtuigen, t.w. 2 kopmotorrijtuigen en 8 tussenrijtuigen, de laatste op gemeenschappelijke draaistellen. De tractieinstallatie heeft een vermogen van 6300 kW en wordt op de nieuwe lijn gevoed met wisselspanning 25 kV 50 Hz. De speciale stroomafnemers zijn opgebouwd uit een 'normaal' onderstuk en daar bovenop

een kleine stroomafnemer met geringe massa. Het rijden op bestaande lijnen met 1500 V gelijkspanning is ook mogelijk. Het vermogen is dan beperkt tot 4400 kW en de snelheid tot 200 km/h.

6. Nieuwe technieken voor (zeer) hoge snelheid

Een van de landen waar hard gewerkt wordt aan de ontwikkeling van nieuwe ondersteunings- en geleidingstechnieken, is Japan. Dit land had met de zeer intensieve dagelijkse dienst met 210 km/h op de in 1964 geopende nieuwe Tokaido-lijn tussen Tokyo en Osaka (515 km) al sterk de aandacht van de hele spoorwegwereld getrokken. Er wordt thans praktisch de gehele dag een starre dienst met 5 snel- en 5 stoptreinen per uur gereden.

Men is doende met de uitbreiding tot een landelijk net. De oudste rijtuigen, die na zo'n 5 miljoen km vermoeidheidsverschijnselen vertonen en bij het onderhoud steeds moeilijker goed luchtdicht te krijgen zijn, – van belang wegens de snelle luchtdrukwisselingen bij het passeren van tunnels –, zijn langzamerhand al aan vervanging toe.

De maximum capaciteit van de lijn, waarop nu uitsluitend met 400 m lange treinen gereden wordt, is evenwel bijna bereikt. Men denkt aan uitbreiding van de vervoerscapaciteit tussen

Tokyo en Osaka door de aanleg van nog een nieuwe lijn, ingericht voor de allernieuwste techniek.

In de jaren 60 is vooral in Frankrijk en Engeland druk geëxperimenteerd met luchtkussen-voertuigen. De lezer denke aan de studie van de Societé Bertin voor de Schiphollijn. Van de toepassing van deze techniek voor zeer hoge snelheid (300 à 500 km/h) is gaandeweg afgezien.

Tot dusver is wel de magnetische ondersteuningstechniek overeind gebleven, m.n. in West-Duitsland en Japan. Er zijn 2 systemen in onderzoek.

Bij het ene systeem hangt het voertuig met elektromagneten aan ijzeren rails. Een snelle regeling van de magnetiseringsstroom zorgt ervoor dat het voertuig niet naar beneden (op noodondersteuning) valt en ook niet met de magneten tegen de draagrails aanklapt, maar dat een luchtspleet van enkele cm gehandhaafd blijft. Voor dit systeem wordt langs de Ems (bij de Nederlandse grens) een proefbaan aangelegd.

Het andere systeem werkt met een zeer grote

gelijkstroom in een suprageleidende winding. Bij een temperatuur van enkele graden boven het absolute nulpunt verdwijnt de elektrische weerstand in het voertuig. Beweegt het voertuig met deze buitengewoon sterke magneet zich met voldoende snelheid over metalen platen of spoelen in de baan, dan wekt het daarin wervelstromen op. Deze zullen door hun afstotende werking het voertuig laten zweven. In Japan werkt men vooral aan het laatste systeem. De aandrijving gaat in alle gevallen met lineaire motoren.

De gedachte achter deze ontwikkelingen is, dat zeer hoge snelheid bij het transport over land wenselijk is, dat die alleen met geleiding van de voertuigen mogelijk is en dat metallisch contact bij de ondersteuning en geleiding vermeden moet worden. Of een van de genoemde systemen binnen afzienbare tijd technisch en economisch rijp is voor toepassing op grote schaal, moet worden betwijfeld. Daarvoor zijn de te verwachten moeilijkheden te groot. Van het materieel voor zeer hoge snelheid is dus niet veel te zeggen. We zullen voorlopig tevreden moeten zijn met spoorwegmaterieel voor hoge snelheid, waarbij NS zeker niet verder zal gaan dan 160 km/h.