

Rapport V.2010.0966.03.R001

MER/OTB Aanleg 3^e spoor traject Zevenaar – Duitse grens

Onderzoek trillingen – fase A

Status: DEFINITIEF

Adviseurs voor bouw, industrie, verkeer, milieu en software

NL^{IND}INGENIEURS

info@dgm.nl
www.dgm.nl

Van Pallandtstraat 9-11, Postbus 153
NL-6800 AD Arnhem
T +31 (0)26 351 21 41
F +31 (0)26 443 58 36

Eisenhowerlaan 112, Postbus 82223
NL-2508 EE Den Haag
T +31 (0)70 350 39 99
F +31 (0)70 358 47 52

Morra 2, Postbus 671
NL-9200 AR Drachten
T +31 (0)512 52 23 24
F +31 (0)512 52 25 19

Geerweg 11, Postbus 640
NL-6130 AP Sittard
T +31 (0)46 411 39 30
F +31 (0)46 411 39 31



Colofon

Rapportnummer:	V.2010.0966.03.R001	
Plaats en datum:	Den Haag, 21 december 2010	
Versie:	003	Status: DEFINITIEF
Opdrachtgever:	ProRail Afdeling Projecten Postbus 2038 3500 GA UTRECHT	
Opdrachtnummer:	S-P02008 / SOIK-2200184	
Contactpersoon:	mevrouw drs. E. Waterman	
E-mail:	elly.waterman@prorail.nl	
Uitgevoerd door:	DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.	
Informatie:	ing. H. (Huub) Neuteboom	
E-mail:	hne@dgmr.nl	
Telefoon:	070 350 39 99	
Fax:	070 358 47 52	
Auteur(s):	ing. H. (Huub) Neuteboom ing. B. (Bart) van der Graaf	
Eindverantwoordelijke: Voor deze:	ing. J.J.A. (Hans) van Leeuwen ir. M.H.J. (Mark) Bakermans	
Verwerkt door:	BK LGU	

©DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. Alle rechten voorbehouden. Wilt u (delen van) dit rapport kopiëren of vermenigvuldigen, vraagt u dan schriftelijk toestemming daarvoor bij DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

Samenvatting

In opdracht van Prorail verricht DGMR, adviseurs voor bouw, industrie, verkeer, milieu en software onderzoek naar de effecten voor de omgeving ten aanzien van geluid, luchtkwaliteit en trillingen van de voorgenomen spooruitbreiding tussen Zevenaar en de Duitse grens.

De uitbreiding behelst het aanleggen van een extra spoor. Hiervoor bestaan twee alternatieven:

- noordelijke ligging van het 3^e spoor
- zuidelijke ligging van het 3^e spoor

Deze extra sporen worden globaal ten oosten van km 109.0 gerealiseerd. Daarnaast zijn er nog diverse wissels, die verwijderd dan wel toegevoegd worden in beide alternatieven.

In het kader van het Besluit MER dient voor dit project een MER/OTB opgesteld te worden om de milieueffecten in kaart te brengen. Voorafgaand aan de MER/OTB wordt door DGMR onderzoek verricht, dat de basis moet vormen voor de keuze van het voorkeursalternatief.

Dit rapport betreft het onderzoek naar trillingen. In deze eerste fase wordt de te verwachten trillingssterkte bepaald op basis van een empirisch rekenmodel zonder validatie op basis van metingen in situ. Omdat diverse parameters benodigd voor de prognose (bodemsamenstelling en funderingswijze gebouwen) op dit moment nog niet bekend zijn, zijn de prognoseberekeningen uitgevoerd op basis van 'worst case' aannamen. Wanneer in een volgende fase een voorkeursvariant gekozen is, dan zal de trillingsmissie in de huidige situatie op een aantal objecten langs het spoor door middel van metingen worden vastgesteld. Vervolgens zal hiermee het prognosemodel worden gepreciseerd en worden de prognoseresultaten voor alle objecten geactualiseerd.

Voor de bepaling van schade of hinder door trillingen bestaat geen wettelijk toetsingskader. In de praktijk wordt echter op basis van de 'meet- en beoordelingsrichtlijn Trillingen', opgesteld door de Stichting Bouwresearch (SBR), in ruimtelijke en milieubesluiten 'grenzen' gesteld aan de bij derden opgewekte trillingen. De delen A en B van deze richtlijn behandelen de deelaspecten 'schade aan gebouwen' respectievelijk 'hinder voor personen in gebouwen'. Door uitspraken van de Raad van State is inmiddels ruime jurisprudentie opgebouwd, met de SBR-richtlijn en de hierin gestelde streef- en grenswaarden. Ook ten aanzien van de uitbreiding van deze spoorlijn wordt deze richtlijn aangehouden, zoals nader verwoord in het Beleidskader trillingen van ProRail.

Op basis van de voorlopige prognose wordt geconcludeerd, dat er ten aanzien van het aspect trillingshinder voor personen in gebouwen geen voorkeursalternatief (Noord of Zuid) aangewezen kan worden. Aan beide zijden van het spoor zullen globaal drie woningen eenzelfde toename in trillingssterkte ondervinden bij de ligging van het 3^e spoor aan diezelfde zijde.

Binnen een afstand van 50 m van het spoor treedt bij alle woningen een overschrijding op van de richtwaarden en wordt vooralsnog niet voldaan aan het door Prorail gestelde toetsingskader. Omdat de prognoses vooralsnog een voorlopig karakter hebben, wordt nog geen verdere aandacht besteed aan maatregelen ter beheersing.

Voorop staat, dat er ter plaatse eerst trillingsmetingen worden uitgevoerd ten gevolge van regulier railverkeer in de bestaande situatie. Op basis van deze metingen in situ én actuele gegevens van de ondergrond ter plaatse, worden meer betrouwbare prognoseresultaten verkregen.

Inhoudsopgave	Pagina
1. INLEIDING.....	5
2. SITUATIE	6
3. UITGANGSPUNTEN.....	7
3.1 Ontbrekende informatie	7
3.2 Spooraanpassing	7
3.3 Kunstwerken	7
3.4 Verkeersintensiteiten en snelheden	8
3.5 Spoorgebruik.....	9
3.6 Toetsingskader	9
3.7 Bebouwing langs het spoor	9
3.8 Bodemopbouw.....	10
3.9 Rekenmodel	11
4. TOETSINGSKADER	12
4.1 Trillingen.....	12
4.1.1 <i>Algemeen</i>	12
4.1.2 <i>Schade aan gebouwen door trillingen</i>	12
4.1.3 <i>Trillingshinder voor personen</i>	14
4.2 Verstoring van processen	15
5. RESULTATEN	16
5.1 Schade aan gebouwen	16
5.1.1 <i>Realisatiefase</i>	16
5.1.2 <i>Gebruiksfase</i>	16
5.2 Hinder voor personen in gebouwen.....	16
5.2.1 <i>Resultaten</i>	16
5.2.2 <i>Toetsing</i>	18
5.2.3 <i>Variant spoorgebruik</i>	19
5.3 Resumé resultaten	20
5.4 Grensoverschrijdende effecten.....	20
6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	21
6.1 Schade aan gebouwen door trillingen.....	21
6.2 Hinder voor personen in gebouwen door trillingen	21
6.3 Aanbevelingen	22

Bijlage 1: overzicht afstanden woningen tot spoor

Bijlage 2: beleidskader trillingen van ProRail

Bijlage 3: prognoseresultaten en toetsing

1. Inleiding

In opdracht van Prorail verricht DGMR, adviseurs voor bouw, industrie, verkeer, milieu en software onderzoek naar de effecten voor de omgeving ten aanzien van geluid, luchtkwaliteit en trillingen van de voorgenomen spooruitbreiding tussen Zevenaar en de Duitse grens.

De uitbreiding behelst het aanleggen van een extra spoor. Hiervoor bestaan twee alternatieven:

- noordelijke ligging van het 3^e spoor
- zuidelijke ligging van het 3^e spoor

Deze extra sporen worden globaal ten oosten van km 109.0 gerealiseerd. Daarnaast zijn er nog diverse wissels, die verwijderd dan wel toegevoegd worden in beide alternatieven.

Voor het project dient een MER te worden opgesteld en zal de verkorte Tracéwetprocedure worden doorlopen. Deze procedure houdt in dat de minister van Infrastructuur en Milieu een ontwerp-Tracébesluit uitbrengt en vervolgens een Tracébesluit vaststelt. Het onderzoek hiervoor wordt in Fase B uitgevoerd. Voorafgaand aan de MER/OTB wordt door DGMR onderzoek verricht, dat de basis moet vormen voor de keuze van het voorkeursalternatief (Fase A).

Dit rapport betreft het aspect trillingen in fase A. Op basis van rekenmodellen kan inzicht verkregen worden in de verwachte trillingsmissies in de huidige en de toekomstige situatie (voor beide alternatieven) ten gevolge van railverkeer (herhaald voorkomende trillingen). Omdat gegevens aangaande exacte bodemsamenstelling en funderingswijze van de woningen nog niet bekend zijn, is in deze onderzoeksfase een voorlopige prognose opgesteld, uitgaande van de 'worstcase'-aannamen. In deze fase zijn de trillingsprognoses nog niet gevalideerd op basis van actuele metingen in de huidige situatie, dit gebeurt in een later stadium (MER/OTB). Deze voorlopige geprognosticeerde trillingsmissies worden in deze rapportage getoetst aan het Beleidskader trillingen van Prorail. Tevens wordt een kwalitatieve beoordeling gegeven van een variant op het toekomstig spoorgebruik.

Dit rapport is specifiek bedoeld voor de keuze van het voorkeursalternatief. De trillingen die op kunnen treden tijdens de uitvoering van het project zijn tijdelijk van aard. Aangezien aan beide kanten van het spoor de woningdichtheid nagenoeg gelijk is, is het aspect trillingen tijdens de uitvoering geen onderscheidende parameter.

Na het vaststellen van het voorkeursalternatief moeten ter ondersteuning van de Milieu Effect Rapportage (MER) en het Ontwerp Tracé Besluit (OTB) op een aantal objecten ook trillingsmetingen ter plaatse worden uitgevoerd. Deze metingen dienen dan als validatie van de trillingsprognose voor de huidige situatie en zullen leiden tot een bijgestelde, betrouwbaardere prognose en toetsing in fase B (MER/OTB).

2. Situatie

Het gehele plangebied ligt buiten de bebouwde kom ten zuidoosten van de gemeente Zevenaar, zie de luchtfoto in figuur 1, en strekt zich uit van km 107.5 tot km 111.03. Dit zijn feitelijk de punten waar:

- het spoor de Babberichseweg kruist (ten zuidoosten van de spooraftakking naar Doetinchem), èn
- het spoor de landsgrens met Duitsland passeert.



Figuur 1: luchtfoto van het plangebied (bron Google Earth)

3. Uitgangspunten

3.1 Ontbrekende informatie

Voor het prognosticeren van trillingsmissies zijn diverse parameters benodigd, die in deze fase van het onderzoek nog niet voorhanden zijn, te weten:

- exacte bodemsamenstelling in het onderzoeksgebied. In hoofdstuk 3.8 wordt een globale beschrijving van de bodemsamenstelling in het onderzoeksgebied weergegeven, zoals deze in dit onderzoek gehanteerd is. Gedetailleerde informatie is op te maken uit feitelijke sonderinggegevens en grondboringen tot circa 10 m diepte in het onderzoeksgebied. Deze zijn opgevraagd, maar momenteel nog niet voorhanden. De noodzaak van sonderingsgegevens wordt mede onderschreven door de gemeente Zevenaar in een e-mail van 23 september 2010. Hierin wordt opgemerkt, dat door de uitdroging van de eerste kleilaag er verzakkingen zijn gemeld. In de voorlopige 'worst case' prognose is uitgegaan van een stijve bodem;
- funderingswijze en constructie van de objecten binnen 50 m. van de spoorassen, weergegeven in hoofdstuk 3.7. In de voorlopige 'worstcase'-prognose is uitgegaan van op staal gefundeerde woningen, dun gestorte vloeren met overspanningen tot 8 m.

3.2 Spooraanpassing

De fysieke spooraanpassing betreft:

- Spooruitbreiding met een extra (3^e) doorgaand spoor, met als alternatieven qua ligging:
 - aan noordzijde vanaf km 109.0;
 - aan zuidzijde vanaf km 109.1;

Bij het aanleggen van een nieuw spoor zal de hartafstand tussen bestaand en nieuw spoor variëren tussen 4 en 11 m.

- Het realiseren van een middenspoor tussen km 108.7 en km 109.1.
- Vanaf het begin van het onderzoeksgebied tot km 109.0 is in de huidige situatie voldoende ruimte tussen de bestaande geluidsschermen, zodat het 3^e spoor hier gerealiseerd kan worden (voor zover nog niet aanwezig). Ten oosten van km 109.1 moeten de bestaande geluidsschermen worden afgebroken om ruimte te maken voor het 3^e spoor (de schermen aan de noordzijde bij het alternatief Noord en de schermen aan de zuidzijde bij het alternatief Zuid).

3.3 Kunstwerken

Op het traject bevinden zich de volgende kunstwerken:

1. Viaduct Babberichseweg
2. Fietstunnel Holthuiserpad
3. Voetgangersbrug Kloosterpad
4. Viaduct Beekseweg / N812
5. Fietstunnel Kwartiersdijk

Op basis van de verstrekte kaarten en luchtfoto's van het plangebied is geïnventariseerd op welke plaatsen sloop- en/of bouwwerkzaamheden kunnen plaatsvinden, waarbij het risico op schade vooraf niet is uitgesloten. De kunstwerken die onafhankelijk van het alternatief waarschijnlijk aangepast moeten worden, zijn de kunstwerken 3 en 5. Kunstwerk 4 moet bij het Noord-alternatief zeker en bij het Zuid-alternatief mogelijk aangepast worden.

Als gevolg van het extra spoor moeten bestaande geluidsschermen afgebroken en weer opgebouwd worden. Het is niet uitgesloten dat als gevolg van heiwerkzaamheden er een risico op schade aan dichtbijgelegen bebouwing is. Uiteraard is dit afhankelijk van het ingezette materieel. Tijdens de aanleg van de huidige schermen (intrillen buispalen) langs de Betuweroute in de bebouwde kom zijn, volgens het e-mailbericht aan de gemeente Zevenaar van 23 september 2010 (samenvatting van telefoongesprek tussen Bert van Dijk (infra-navigator) en de heer Gerritsen (gemeente Zevenaar), trillingsmetingen aan dichtbijgelegen woningen uitgevoerd. Omdat de rapportage van deze trillingsmetingen tot op heden nog niet ontvangen is, is een risico-inschatting van schade als gevolg van deze werkzaamheden op kortere afstand van de woningen vooralsnog niet te maken.

3.4 Verkeersintensiteiten en snelheden

Uitgangspunten in het prognoseonderzoek zijn:

- Als gevolg van de spooruitbreiding zijn er geen extra treinintensiteiten ten opzichte van de autonome ontwikkeling. De door Prorail aangeleverde treinintensiteiten voor de toekomstige situatie (2020) is een aantal treinpassages per etmaal, te weten 160 goederentreinen, 26 ICE's en 16 grensoverschrijdende reizigerstreinen (type Stadler of GTW Diesel). Het aantal passages per beoordelingsperiode is bepaald aan de hand van de verhouding van treinintensiteiten en het totaal aantal passages per etmaal, opgenomen in het uitgangspuntendocument. Uitgangspunt hierbij is dat het totaal aantal bakken per passage per beoordelingsperiode niet verschilt. Dit komt overeen met een gemiddeld aantal van 27, 5 en 8 bakken per passage voor respectievelijk goederentreinen, normaal reizigersmaterieel (cat. 8) en hogesnelheids reizigersmaterieel (cat. 9). Voor de bepaling van het aantal passages per periode in het peiljaar 2009 is dit gemiddeld aantal bakken per passage gecombineerd met het aantal bakken/uur/periode. Een overzicht van het gehanteerde aantal passages per periode is weergegeven in tabel 1.
- De passagetijd van een goederentrein bedraagt tussen de 30 en 45 sec. en de passagetijd van een reizigerstrein is minder dan 15 sec. De voor de prognose belangrijke parameter $v_{eff,max,i,30}$ (de maximaal optredende trillingssterkte v_{eff} in 30 sec.) wordt voor de bepaling van de V_{per} bij een passage van goederentreinen dan 2 x meegenomen, van de reizigerstrein 1 x.

De maximumrijnsnelheden per treinsoort zijn voor de huidige situatie en toekomstige alternatieven:

- goederentrein (cat. 4 en 11):
2009: 90 km/uur (gebaseerd op ASWIN)
toekomst: 100 km/uur (gebaseerd op opgave ProRail)
- ICE/reizigerstrein (cat. 8 en 9):
2009: 130 km/uur (gebaseerd op ASWIN)
toekomst: 140 km/uur (gebaseerd op opgave ProRail)

Tabel 1
 Aantal passages per rijrichting per periode

CAT	omschrijving rmv	2009 (huidig)			2020 autonoom / prognose		
		dag	avond	nacht	dag	avond	nacht
4	goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen	15.5	4.8	8.0	8.9	3.2	4.1
11	goederenmaterieel met K- of LL-blokremmen	0.0	0.0	0.0	35.7	13.0	16.2
	Totaal goederentreinen	ca. 28			80		
6	schijfgeremd dieselectrisch reizigersmaterieel	2.8	0.9	1.5			
8	schijfgeremd reizigersmaterieel				5.3	2.1	0.6
	Totaal grensoverschrijdende reizigerstreinen	ca. 5			8		
9	schijf+blokgeremd hogesnelheidsmaterieel	4.4	1.9	0.0	9.6	2.1	1.1
	Totaal hogesnelheidstreinen (ICE)	ca. 6			13		

3.5 Spoorgebruik

In de basisvariant rijden in de toekomstige alternatieven:

- goederentreinen (cat. 4 en 11) en regionale reizigerstreinen (cat. 8):
 - richting Duitsland: zuidelijk spoor
 - richting Nederland: noordelijk spoor
- ICE-treinen (cat. 9) in beide richtingen: middenspoor

Als variant op het spoorgebruik zijn in aanvulling op bovenstaande ook beschouwd:

- ICE-treinen richting Nederland over noordelijk spoor
- goederentreinen richting Nederland: 50% middenspoor, 50% noordelijk spoor

3.6 Toetsingskader

Als toetsingskader wordt de SBR meet- en beoordelingsrichtlijn Trillingen en het Beleidskader trillingen van ProRail aangehouden, zie bijlage 2. In hoofdstuk 4 wordt hierop nader ingegaan.

Op basis van DGMR-ervaring wordt voor deze voorlopige prognose een onderzoeksgebied aangehouden tot 50 m vanaf de hartlijn van het spoor (bestaande en gewijzigde situatie).

3.7 Bebouwing langs het spoor

Aan weerszijde van het spoor bevinden zich binnen 50 m van het (toekomstig) spoor losse woningen, enkele met bedrijfsgebouwen voor agrarische of aanverwante bedrijfsvoering. In bijlage 2 zijn per woning voor zowel de huidige situatie als de toekomstige alternatieven de afstanden tot de hartlijnen van de sporen weergegeven. In tabel 2 worden de woningen en de kortste afstand tot het dichtstbijzijnde spoor voor de verschillende alternatieven weergegeven.

Tabel 2
 Woningen binnen 50 m langs spoortracé Zevenaar-Duitsland
 inclusief ligging ten opzichte van alternatieven

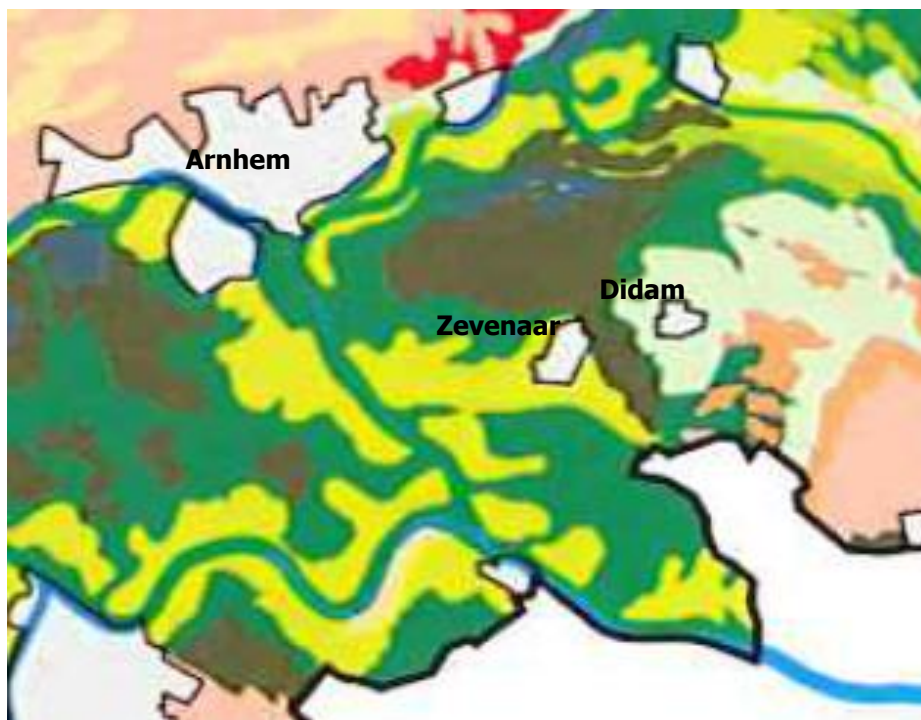
straatnaam	huisnr.	ligging t.o.v. hart spoor, afstand in [m]		
		huidig + autonoom	Noord- alternatief	Zuid- alternatief
zuidzijde spoor		45	45	45
• Paddestoel	4	35	35	35
• Paddestoel	6	35	35	35
• Paddestoel	5	46	46	46
• Uiversweg	6	29	29	29
• Maatjesweg	6	35	35	35
• Maatjesweg	12	30	30	27
• Maatjesweg	16	34	34	27
• Maatjesweg	18	47	47	36
noordzijde spoor		35	35	35
• Bernweg	5	39	39	39
• Sleeg	18/18a	31	20	31
• Sleeg	36/38	44	35	44
• Beekseweg	14	46	37	46
• Beekseweg	16	35	35	35

Noch op basis van de eerste verkenning noch de verstrekte gegevens door ProRail blijkt, dat er monumenten of in slechte staat verkerende gebouwen in het plangebied zijn gelegen.

Voor zover nu bekend, zijn er in het plangebied geen gebouwen gesitueerd, waarin trillingsgevoelige apparatuur dan wel processen opgesteld staan. Mogelijk dat zich in het besturings- /elektriciteitsgebied, gelegen aan de Kwartiersdijk op 15 m van het huidig spoor (ter hoogte van km 110.5), trillingsgevoelige apparatuur bevindt.

3.8 Bodemopbouw

Het spoortracé ligt op circa 6 km afstand van de huidige loop van de Rijn en circa 1.5 km van een Rijnstrang (oude loop). De grondlagen in het plangebied bestaan aan het oppervlak (tot circa 2 m onder maaiveld) voornamelijk uit rivierklei met zware tussenlaag of klei op grof zand, zie de lithologische kaart van de ondergrond in figuur 2. De diepere ondergrond, ooit gevormd in de ijstijden, betreft de aanzet tot de stuwwal Montferland. Daarin zijn door gletsjers 'tongen' glaciale bekkens (tot 100 m diep) gegraven, vanuit het noorden (de Veluwe) richting het zuidwesten, die globaal eindigen bij de huidige loop van de rivier de Rijn en het Pannerdenskanaal. Deze bekkens bestaan veelal uit kleileem.



Figuur 2: lithologische kaart plangebied (bron Bosatlas van de ondergronds Nederland, blz. 13, Noordhoff, Alterra)

Binnen de Zevenaarse bebouwde kom is er volgens de gemeente Zevenaar sprake van een eerste kleilaag. De bodemonderzoekskarten van het plangebied tonen, dat voor het noordwestelijk deel van het traject van km 107.5 tot km 108.8 hoofdzakelijk klei in de bovenlaag wordt aangetroffen. Vanaf km 108.8 tot aan de Duitse grens betreft het zand.

Voor een juiste inschatting van de bodemopbouw, die van belang is voor de trillingsoverdracht, zijn feitelijke sonderinggegevens en grondboringen tot circa 10 m diepte benodigd.

Aangezien de exacte gegevens nog niet bekend zijn, is in dit onderzoek uitgegaan van een 'worst case' benadering voor de bodemopbouw. Gelet op vorenstaande algemene kenmerken van de ondergrond wordt dit vooralsnog omschreven als een 'stijve' bodemopbouw.

3.9 Rekenmodel

De berekeningen van de trillingssterkten zijn in deze fase uitgevoerd met een empirisch model, dat in een latere fase van het onderzoek (MER/OTB) gevalideerd wordt met metingen. Bij dit model zijn de volgende invoergegevens gebruikt:

- intensiteiten/snelheden/treintypen: conform opgave ProRail;
- trillingsemissie treinen: spectra gebaseerd op ervaringsgetallen;
- afstand woningen tot spoorbaan: conform ontwerp alternatieven;
- bodemopbouw: worstcasebenadering (stijve bodem).

4. Toetsingskader

4.1 Trillingen

4.1.1 Algemeen

Voor trillingen van railverkeer (en ook van wegverkeer) bestaat geen wettelijk toetsingskader. Wel zijn er in diverse Koninklijke Besluiten (AMvB's) voor het toelaten van diverse soorten inrichtingen en activiteiten, voorschriften opgenomen gebaseerd op de 'meet- en beoordelingsrichtlijn Trillingen', opgesteld door de Stichting Bouwresearch (SBR)¹ Dit is weliswaar niet het geval niet voor trillingen afkomstig van railverkeer.

Ook nemen provincies en gemeenten in het kader van milieuvergunningen voorschriften op, waarin onder andere maximaal toelaatbare trillingssterkten bindend worden verklaard. Deze voorschriften baseren zich ook op de SBR richtlijn Trillingen. Deze richtlijn is onderverdeeld in drie delen gericht op de aandachtsgebieden:

- schade aan gebouwen (deel A)
- hinder voor personen in gebouwen (deel B)
- storing aan apparatuur (deel C)

Door uitspraken van de Raad van State is inmiddels ruime jurisprudentie opgebouwd, waarin de SBR-richtlijn en de hierin gestelde streef- en grenswaarden centraal staan.

Door ProRail is een beleidsdocument opgesteld aangaande trillingen. Dit is opgenomen in bijlage 2. In onderstaande paragrafen is de inhoud van dit beleidsdocument samengevat.

4.1.2 Schade aan gebouwen door trillingen

In de SBR-richtlijn Trillingen deel A (SBR-A) worden per gebouwcategorie grenswaarden gesteld aan trillingen met het oog op mogelijke schade.

De richtlijn onderscheidt voor de toetsing drie gebouwcategorieën die als volgt kunnen worden omschreven (voor de exacte formulering wordt verwezen naar de tekst van de richtlijn):

- cat. 1: gebouwen of onderdelen daarvan bestaande uit gewapend beton of hout;
- cat. 2: gebouwen of onderdelen daarvan bestaande uit metselwerk;
- cat. 3: onderdelen van oude en monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde of in slechte staat verkerende gebouwen uit metselwerk.

De grenswaarden nemen toe met oplopende trillingsfrequenties en richten zich op de optredende topwaarde van de trillingssnelheid V_{top} op stijve punten van de constructie (fundering en begane grond) in het frequentiegebied van 1 tot 100 Hz. Voor railverkeer is vooral het frequentiegebied tot 80 Hz van belang.

¹ SBR publicatie meet- en beoordelingsrichtlijnen Trillingen, uitgave augustus 2002, laatste herdruk juli 2006.

In tabel 3 staan de rekenwaarden (V_r) van de grenswaarden voor verschillende gebouwcategorieën. Hierbij is al rekening gehouden met de voor herhaald voorkomende trillingen (weg- en railverkeer) geldende veiligheidsfactor $\gamma_t = 1.5$.

Tabel 3

Rekenwaarden van de grenswaarde V_r (in mm/s) voor herhaald voorkomende trillingen

freq [Hz]		cat. 1	cat. 2	cat. 3	zetting
begane grond niveau	5 Hz	13.3	3.3	2	31.8
	10 Hz	13.3	3.3	2	15.9
	20 Hz	16.7	5	2.9	8
	30 Hz	20	6.7	3.7	5.3
	50 Hz	26.7	10	5.3	3.2
	80 Hz	26.7	10	5.3	3.2
hoogste verdieping en onderdelen		26.7	10	5.3	

Voor zettingsgevoelige gebouwen moet ook de laatste kolom beschouwd worden. Trillingen op de fundatie mogen deze waarden niet overschrijden om zetting te voorkomen. Voor onderdelen van gebouwen (wanden) en voor punten van de draagconstructie op de hoogste verdieping geldt de slotregel van tabel 1. Deze grenswaarden zijn echter frequentieonafhankelijk.

Een lichte overschrijding van de grenswaarden leidt volgens de SBR niet per se tot schade, omdat de kans op schade slechts geleidelijk toeneemt. De grenswaarden zijn gebaseerd op de als aanvaardbaar aangemerkte kans op schade van 1%. Opgemerkt moet worden, dat de grenswaarden voor trillingen slechts een afgeleide parameter zijn van de door trillingen opgewekte spanningen in een constructie. Primair liggen spanningswisselingen ten grondslag aan optredende scheuren in constructiedelen. Wanneer, door welke oorzaak dan ook, delen van de constructie al onder statische spanning staan, kan hierin al bij betrekkelijk lage trillingssterkten scheurinitiatie of verdere ontwikkeling plaatsvinden. Ook esthetische schades kunnen bij lagere trillingssterkten optreden.

Voor alle drie de categorieën zijn de toegestane trillingssterkten beduidend hoger, dan in het kader van trillingshinder is toegestaan. Zelfs in situaties waarin indirecte trillingsschade door gebouwzetting wordt beschouwd, liggen de frequentieafhankelijke grenswaarden ten minste een factor 2 hoger dan de grenswaarde voor trillingshinder. In situaties, waarbij het voorkomen van trillingshinder als uitgangspunt wordt genomen, hoeft het aspect schade door trillingen afkomstig van railverkeer daarom niet nader beschouwd te worden. Dit is in onderhavig project dan ook niet uitgevoerd.

Beleidskader trillingen van ProRail

ProRail stelt (in aanvulling op de SBR) dat voor heiwerkzaamheden en het intrillen van damwanden de afstand tot waar een risico op schade aan gebouwen zou kunnen ontstaan 50 m bedraagt. DGMR adviseert om reden van een mogelijke stijve bodem in het onderzoeksgebied (zie §3.7), voorsnog een afstand tot de kunstwerken te hanteren van 75 m.

4.1.3 Trillingshinder voor personen

4.1.3.1 Herhaald voorkomende trillingen

In de SBR-richtlijn Trillingen deel B 'Hinder voor personen' worden voor herhaald voorkomende trillingen gedurende lange tijd (weg- en railverkeer) streefwaarden gesteld. Deze richten zich op de optredende maximale trillingssterkte V_{max} en de langtijdgemiddelde effectieve waarde V_{per} in de vloer. De streefwaarden zijn benoemd als A1 en A2 (V_{max}) en A3 (V_{per}) en zijn afhankelijk van de gebruiksfunctie van het gebouw en de dagperiode (dag, avond en nacht). Welke van de beide parameters bij de toetsing maatgevend is, hangt af van de sterkte van de trillingsbron en de 'duur' of herhalingsfrequentie waarmee de trillingsbron actief is. De waarden uit tabel 4 gelden voor nieuwe situaties. Onder nieuwe situaties worden onder meer verstaan de bouw van een woning, de aanleg van een (spoor)weg of de aanleg van een verkeersdrempel of -plateau in een weg. Voor bestaande situaties zijn de waarden uit tabel 4 met een factor 2 te verhogen.

Tabel 4
 Streefwaarden (in mm/s) voor trillingen ter voorkoming van hinder, nieuwe situaties

gebouwfunctie	dag en avond			nacht		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
gezondheidszorg	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
wonen	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
onderwijs en kantoor	0.15	0.6	0.07	0.15	0.6	0.07
kritische werkruimte	0.1	0.1		0.1	0.1	

*A1 = onderste streefwaarde voor de trillingssterkte V_{max} ; A2 = bovenste streefwaarde voor de trillingsterkte V_{max} ;
 A3 = streefwaarde voor de gemiddeld effectieve waarde over de beoordelingsperiode V_{per} , indien $A1 < V_{max} < A2$.*

De SBR-richtlijn Trillingen deel B is gebaseerd op de DIN4150 Teil 2 en hanteert dezelfde laagfrequente weegcurve. Door de 'weegcurve' worden de trillingsterkte parameters dimensieloos. De DIN4150 kwalificeert de trillingssterkten in zogeheten KB-klassen en hanteert de volgende kwalificatie qua voelbaarheid voor de mens:

- $KB \geq 0.1$: juist voelbaar
- $KB \geq 0.4$: goed voelbaar
- $KB \geq 1.6$: sterk voelbaar

4.1.3.2 ProRail beleidskader trillingen

Het beleidskader trillingen van ProRail (zie bijlage 2) is ook gebaseerd op de SBR-richtlijn Trillingen en een advies van TNO met betrekking tot waarneembaarheid van veranderingen voor bewoners. In dit beleidskader wordt gesteld op blad 3 in de 2^e alinea, dat er in dit project sprake is van een 'gewijzigde situatie', wat gebaseerd moet zijn op de gewijzigde verkeersintensiteit en/of het extra spoor. Voor de beoordeling of al dan niet voldaan wordt aan de streefwaarde, wordt door ProRail de procedure als vermeldt in de SBR richtlijn paragraaf 10.5.3.4 gevolgd:

In lijn met de aanbeveling van de SBR richtlijn stelt ook ProRail dat de wijziging niet tot een verhoging van de reeds aanwezige trillingssterkte in ongewijzigde situatie mag leiden. Wordt de huidige streefwaarde voor bestaande situatie overschreden, dan moet ernaar gestreefd worden om na wijziging hier wel aan te kunnen voldoen.

Op blad 4 in de eerste alinea wordt de verwachting uitgesproken, dat de V_{per} altijd voldoet aan de A3 streefwaarde (bestaande situatie), waardoor alleen het toetsen van de V_{max} aan de A2 relevant geacht word. Uiteraard is dit afhankelijk van de (toename van) verkeersintensiteit en rijnsnelheid én de gemiddelde waarde (μ) van de $v_{eff,max,30r}$ conform de SBR richtlijn deel B.

Op blad 4 staat dat voldaan wordt, indien de trillingsimmissies in de toekomstige situatie voldoen aan de streefwaarden voor een 'nieuwe situatie'. Op blad 4 in de vijfde alinea introduceert ProRail het beginsel 'stand still', als nadere invulling van bijlage 5 van de SBR richtlijn deel B. Hieraan wordt volgens het ProRail beleidskader voldaan als de V_{max} na wijziging voldoet aan de 'streefwaarde bestaande situatie', of de gewijzigde V_{max} en V_{per} minder zijn dan 1.3 respectievelijk 1.2 maal de trillingsterkte in de situatie vóór wijziging. Tevens is een maximum gesteld aan V_{max} , zijnde 3.2 (overeenkomstig kwalificatie 'ernstige hinder').

Bij overschrijding van de streefwaarde nieuwe situatie en/ of het 'stand still' beginsel stelt ProRail, dat er maatregelen getroffen moeten worden binnen het ALARA principe.

4.2 Verstoring van processen

Dit deelaspect maakt geen onderdeel uit van dit onderzoek. Wel is er sprake van een compact bouwwerk (elektriciteit/bedieningsgebouw) ter hoogte van km 110.5, dat onderdeel is van de spoorbaanuitrusting. Het verdient aanbeveling om nader te inventariseren welke apparatuur hierin geplaatst is en de trillingsgevoeligheid te beoordelen in relatie tot de bouw- en sloopwerkzaamheden die op korte afstand zullen plaatsvinden.

5. Resultaten

5.1 Schade aan gebouwen

5.1.1 Realisatiefase

Om de uitbreiding te realiseren, moeten diverse kunstwerken worden uitgebreid, zie hoofdstuk 3.3. Voor de kunstwerken moet nagegaan worden of bouwwerkzaamheden kunnen leiden tot schade aan gebouwen, hinder voor personen in gebouwen en/of verstooring van trillingsgevoelige apparatuur. Dit hangt af van de keuze van de funderingswijze en het materieel dat hiervoor nodig is. Tabel 5 toont de objecten nabij de waarschijnlijk aan te passen kunstwerken met bijbehorende onderlinge afstand.

Tabel 5
Afstand tussen hart bestaand kunstwerk en dichtstbijzijnde bebouwing

nr.	kunstwerk	object	afstand in [m]
3	voetgangersbrug Kloosterpad	woning – Maatjesweg 18	35
4	viaduct N812	woning – Sleeg 36/38	40
5	Kwartiersdijk	woning – Kwartiersdijk 7 bedieningsgebouw	75 126

In een later stadium zal voor deze objecten een nadere analyse van de risico's moeten plaatsvinden, op basis van concrete ontwerpconcepten van de kunstwerken en te verwachten bouwmatieel.

5.1.2 Gebruiksfase

In de gebruiksfase is ook in de nieuwe situatie niet te verwachten, dat er schade door treinpassages zou kunnen optreden. De verwachte trillingssterkte, zie Tabel 6, is factoren lager dan de door de SBR richtlijn deel A gestelde grenswaarden voor kans op schade aan gebouwen.

5.2 Hinder voor personen in gebouwen

5.2.1 Resultaten

In bijlage 3 zijn de geprognosticeerde voorlopige trillingsimmissies (V_{\max} en V_{per}) per woning per periode voor de navolgende situaties en alternatieven weergegeven:

1. huidig (2009)
2. autonome ontwikkeling 2020
3. Noord-alternatief 2020
4. Zuid-alternatief 2020

Uit de berekeningen is te concluderen dat de passages van de goederentreinen maatgevend zijn voor de optredende trillingssterkten.

De vermelde voorlopige trillingsimmissiesterkten V_{\max} zijn gebaseerd op enkelvoudige treinpassages. Indien er meerdere treinen tegelijkertijd passeren kan de optredende V_{\max} hoger zijn. Dit zal slechts zeer incidenteel optreden en vormt daarom geen basis voor de prognose.

Wel is er rekening gehouden met de ligging van spoorwissels. In tabel 6 zijn de resultaten voor V_{\max} en V_{per} in de nachtperiode per situatie/alternatief samengevat.

Tabel 6
Samenvatting voorlopige 'worstcase'-prognoseresultaten
trillingsmissies V_{\max} en V_{per} in de nachtperiode per situatie/alternatief

locatie woningen	alternatief	V_{\max}			V_{per} in de nacht		
woningen zuid	2009	0.42	-	1.11	0.04	-	0.09
	2020 autonoom	0.45	-	1.16	0.06	-	0.13
	2020 noord	0.45	-	1.16	0.06	-	0.12
	2020 zuid	0.48	-	1.16	0.06	-	0.12
woningen noord	2009	0.45	-	0.79	0.04	-	0.06
	2020 autonoom	0.47	-	0.84	0.06	-	0.10
	2020 noord	0.53	-	0.87	0.07	-	0.11
	2020 zuid	0.47	-	0.87	0.06	-	0.10

Op basis van de voorlopige resultaten in bijlage 3 en de samenvattende tabel 6 kan het volgende worden gesteld:

V_{\max}

- bedraagt in de huidige situatie maximaal 1.11, veroorzaakt door de korte afstand en een dichtbijgelegen wissel in de huidige situatie;
- bedraagt in de situatie 2020 autonoom maximaal 1.16. Dit is een lichte stijging ten opzichte van de huidige situatie met maximaal 5%. Dit wordt veroorzaakt door de snelheidsverhoging op het traject;
- in de situatie 2020 Noord is er geen toename ten opzichte van 2020 autonoom, voor alle woningen aan de zuidzijde en aan de noordzijde, ten westen van km 109.0. Voor drie woningen aan de noordzijde van het spoor (Sleeg 36 en 38 en Beekseweg 14) is er een toename ten opzichte van 2020 autonoom en huidige situatie met maximaal 32%. Dit wordt veroorzaakt door deels de snelheidsverandering, maar grotendeels door de kortere afstand tot het nieuwe noordelijke spoor;
- in de situatie 2020 Zuid is er geen toename ten opzichte van 2020 autonoom, voor alle woningen aan de noordzijde en aan de zuidzijde ten westen van km. 109.0. Voor drie woningen aan de zuidzijde van het spoor ten oosten van km 109.0 (Maatjesweg 8, 16 en 18) is er een toename met maximaal 43%. Dit wordt veroorzaakt door deels de snelheidsverandering, maar grotendeels door het nieuwe zuidelijke spoor;
- bij zowel het noordelijk als zuidelijk alternatief is er een afname ter plaatse van Maatjesweg 6, dit als gevolg van het verplaatsen van de wissel, het meest zuidelijk gelegen spoor wijzigt hier niet ten opzichte van huidige situatie.

V_{per, nacht}

- bedraagt in de huidige situatie maximaal 0.09, veroorzaakt door de korte afstand en een dichtbijgelegen wissel in de huidige situatie;
- bedraagt in de situatie 2020 autonoom maximaal 0.13. Er is een toename van 45% tot 54% ten opzichte van de huidige situatie. Dit wordt met name veroorzaakt door de toename van voertuigbewegingen (factor 3 voor goederentreinen). De snelheidsverhoging levert slechts een beperkt effect;
- neemt zowel in het Noord- als Zuid-alternatief voor de woningen ten westen van km 109.0 niet toe ten opzichte van 2020 autonoom, doordat er geen fysieke wijziging van het spoor plaatsvindt;
- neemt in het Noord-alternatief voor drie woningen aan de noordzijde van het spoor toe, maximaal met 66% ten opzichte van de huidige situatie Dit wordt veroorzaakt door de snelheidsverhoging (beperkt), de toename van de verkeersintensiteit (factor 3 voor goederenverkeer) en het nieuwe spoor op kortere afstand tot de woningen. Ten opzichte van de 2020 autonoom is de toename 15%;
- neemt in het Zuid-alternatief voor 3 woningen aan de zuidzijde van het spoor, ten oosten van km 109.0, toe met maximaal 54% ten opzichte van de huidige situatie. Dit wordt veroorzaakt door de snelheidsverhoging (beperkt), de toename in verkeersintensiteit (factor 3 voor goederenverkeer) en het nieuwe spoor op kortere afstand tot de woningen. Ten opzichte van 2020 autonoom is de toename 7%.

5.2.2 Toetsing

In de bijlagentabellen 3-2, 3-3 en 3-4 is respectievelijk de toetsing aan de grenswaarde voor 'nieuwe situatie', 'bestaande situatie' en het 'stand still' beginsel van ProRail weergegeven.

Op basis van deze tabellen zijn onderstaande voorlopige conclusies te trekken.

Grenswaarden 'nieuwe situatie':

- in de huidige situatie en alle toekomstige situaties/alternatieven voldoet V_{max} niet aan grenswaarde A2 voor zowel de dag-, avond- en de nachtperiode;
- in de huidige situatie voldoet de V_{per} voor woningen die op een afstand liggen van 35 m of meer. Dit geldt zowel voor de dag-, avond als nachtperiode;
- in de toekomstige alternatieven 'autonoom', 'Noord' en 'Zuid' voldoet V_{per} niet aan de grenswaarden.

Voorlopig kan dus geconcludeerd worden, dat niet aan de streefwaarden voor 'nieuwe situatie' voldaan wordt.

Grenswaarden 'bestaande situatie'

- in de huidige situatie en alle toekomstige situaties/alternatieven voldoet V_{max} voor de woningen nabij een wissel niet aan de grenswaarde voor de dag- en avondperiode. De overige woningen voldoen wel aan de grenswaarde voor de dag- en avondperiode;
- in de huidige situatie en alle toekomstige situaties/alternatieven voldoet V_{max} voor alle woningen niet aan de grenswaarde in de nachtperiode;
- in de huidige situatie voldoet V_{per} voor alle woningen aan streefwaarden voor dag-, avond- en nachtperiode, behalve Maatjesweg 6;

- in alle toekomstige situaties/alternatieven voldoet V_{per} voor de woningen nabij een wissel niet aan de streefwaarde voor de dag- en avondperiode. Alle overige woningen voldoen wel aan deze streefwaarden;
- in alle toekomstige situaties/alternatieven voldoet V_{per} aan de streefwaarden voor de nachtperiode, echter met uitzondering van Maatjesweg 6.

Voorlopig kan dus geconcludeerd kan worden, dat niet voldaan wordt aan de streefwaarde voor 'bestaande situatie'.

Grenswaarden 'stand still'

- in de autonome situatie is er geen toename van V_{max} groter dan 30% ten opzichte van de huidige situatie;
- in het Noord-alternatief is er op twee woningen na (Sleeg 36/38) geen toename van V_{max} groter dan 30% ten opzichte van de huidige situatie;
- in het Zuid-alternatief is er op twee woningen na (Maatjesweg 18 en Beekseweg 8) geen toename groter dan 30% ten opzichte van de huidige situatie;
- in nagenoeg alle dagperioden zal er in zowel de autonome situatie, het Noord-alternatief en het Zuid-alternatief een toename van de V_{per} optreden groter dan 20% ten opzichte van de huidige situatie;
- voor alle situaties/alternatieven geldt, dat V_{max} lager is dan de maximaal toelaatbare waarde van 3.2.

Voorlopig kan dus geconcludeerd kan worden dat bij alle woningen niet aan het 'stand still' beginsel voldaan wordt.

5.2.3 Variant spoorgebruik

Bij de variant spoorgebruik (zie hoofdstuk 3.5) wordt voor de trillingsmissie verwacht dat:

- V_{max} in beide alternatieve spoorliggingen niet toeneemt ter plaatse van de woningen aan beide zijden van het spoor. Maatgevend voor V_{max} zijn namelijk de goederentreinpassages. Met de variant op het spoorgebruik blijven er goederentreinen rijden op het meest noordelijk en meest zuidelijk spoor;
- V_{per} zeer beperkt zal afwijken van de resultaten uit de basisvariant. De verwachte maximale reductie bij het Noord-alternatief voor woningen ten oosten van km 108.7 bedraagt circa 25%. Dit komt doordat de helft van de goederentreinen op het middenspoor gaat rijden, in plaats van op het noordelijk meest nabijgelegen spoor. De verwachte toename van V_{per} voor het Zuid-alternatief bedraagt circa 10%. Dit komt doordat de helft van de goederentreinen op het meest nabij gelegen middenspoor gaat rijden in plaats van op het noordelijk meest verafgelegen spoor.

Op basis van de voorlopige prognose wordt dan ook verwacht, dat de variant op het spoorgebruik niet leidt tot andere conclusies dan de basisvariant.

5.3 Resumé resultaten

Op basis van de uitgevoerde voorlopige prognose kan het volgende worden geconcludeerd:

- Als gevolg van snelheidstoename neemt V_{\max} in de toekomstige alternatieven toe met 5% ten opzichte van de huidige situatie.
- Als gevolg van de toename in verkeersintensiteit neemt de V_{per} toe met 45% tot 48% ten opzichte van de huidige situatie.
- Alternatieve spoorliggingen, toename van V_{\max} en V_{per} in de nachtperiode:
 - Noord-alternatief: bij drie woningen aan noordzijde maximaal 32% respectievelijk 67%.
 - Zuid-alternatief: bij drie woningen aan zuidzijde maximaal 43% respectievelijk 55%.Geen van de toekomstige alternatieven voldoet aan de streefwaarden 'nieuwe situatie'.
- Voor alle toekomstige situaties/alternatieven wordt voor V_{\max} verwacht:
 - Geen van de woningen voldoet aan de streefwaarden 'bestaande situatie' in de nachtperiode.
 - Geen van de woningen nabij een wissel voldoet aan de streefwaarde 'bestaande situatie' in de dag- en avondperiode.
 - Er is nagenoeg geen toename groter dan 30% ten opzichte van de huidige situatie. Uitgezonderd zijn echter één woning bij het Noord-alternatief en twee woningen bij het Zuid-alternatief.
 - Blijft bij alle woningen in alle situaties onder de maximale waarde 3.2 (ernstige hinder).
- Voor alle toekomstige situaties/alternatieven wordt voor V_{per} verwacht:
 - bij alle woningen een toename groter dan 20% ten opzichte van de huidige situatie.

Variant spoorgebruik

Verwacht wordt, dat met de variant op het spoorgebruik er een beperkte wijziging van de V_{per} zal optreden. De V_{\max} zal ongewijzigd blijven. Binnen het onderzoeksgebied, op minder dan 50 m van de buitenste spoorassen, zal dit spoorgebruik niet leiden tot andere conclusies dan de basisvariant.

5.4 Grensoverschrijdende effecten

De spoorlijn Zevenaar - Duitse grens loopt door over Duits grondgebied. Ook in Duitsland wordt een project voorbereid om een 3^e spoor aan te leggen, dat aansluit op het Nederlandse project. De trillingen van de spoorlijn in Nederland zal in Duitsland ondergeschikt zijn aan de trillingen van de Duitse spoorlijn en de uitbreiding daarvan, waarover in hetzelfde toekomstig jaar dezelfde aantallen treinen zullen gaan rijden, en vice versa. Langs het eerste spoorgedeelte op Duits grondgebied (circa 500 meter) liggen geen woningen of andere trillingsgevoelige objecten. Daarom zijn de trilingseffecten van dit project in Duitsland verwaarloosbaar.

6. Conclusies en aanbevelingen

6.1 Schade aan gebouwen door trillingen

Ten gevolge van de te verwachten werkzaamheden aan de kunstwerken om de spoorverbreding te realiseren, noch ten gevolge van de in de toekomst beoogde verkeersintensiteiten, wordt er een kans op schade verwacht. Funderingswerkzaamheden ten behoeve de bouw van nieuwe geluidsschermen nabij woningen op korte afstand tot het spoor, kunnen wel kans op schade opleveren als geen trillingsarme technieken worden gehanteerd. Zodra het type fundering en het materieel bekend zijn, zal er een nadere beoordeling moeten plaatsvinden.

6.2 Hinder voor personen in gebouwen door trillingen

In het vorige hoofdstuk is een resumé van deelconclusies en toetsing per situatie, toename van rijsnelheid en verkeersintensiteit, de alternatieven voor de ligging van het 3^e spoor en de variant met ander spoorgebruik gepresenteerd. Hierna worden per voorliggende onderzoeksvragen, zijnde spoor voorkeursligging en trillingsmissiesterkte, de conclusies gepresenteerd.

In onderstaande tabel zijn de drie woningen met de sterkste toename van de trillingsmissie ten opzichte van de autonome situatie bij respectievelijk een Noord- en Zuid-alternatief weergegeven.

Tabel 7
Locaties grootste toenames trillingsmissies

	alternatief Noord	alternatief Zuid
maximale toename trillingssterkte V_{max} t.o.v. autonome situatie	32%	43%
maximale toename trillingssterkte V_{per} t.o.v. autonome situatie	67%	55%
betreffende woningen	Sleeg 36 en 38 Beekseweg 14	Maatjesweg 8, 16 en 18

Gelet op deze voorlopige resultaten van het trillingsonderzoek kan dus geen voorkeur uitgesproken worden voor een van beide alternatieven: Noord- of Zuid-alternatief.

Op basis van de huidige voorlopige prognoses wordt geconcludeerd, dat binnen het onderzoeksgebied op 50 meter van de buitenste spoor assen geen enkele woning voldoet aan het toetsingskader, gesteld door ProRail. De streefwaarde voor 'gewijzigde situatie' wordt overschreden. Echter, ook aan de streefwaarden van het 'stand still' beginsel (geen merkbare toename mits stijging van de V_{max} en de V_{per} kleiner zijn dan 30% respectievelijk 20%) wordt niet voldaan. De grenswaarde voor ernstige hinder ($V_{max} = 3.2$) wordt echter niet overschreden.

In een dergelijke situatie moeten conform het Beleidskader trillingen van ProRail maatregelen beschouwd worden, gebaseerd op het ALARA-principe. Echter, in deze voorbereidingsfase wordt hier verder niet op ingegaan, omdat het een 'worst case' prognose betreft, doordat:

- er nog onvoldoende gegevens beschikbaar zijn aangaande sonderingen, funderingswijze en bouwkundige constructies;
- de prognose door middel van metingen in de bestaande situatie aan meerdere objecten gevalideerd dient te worden.

6.3 Aanbevelingen

Om te kunnen beoordelen of er in de gewijzigde situatie al dan niet een verhoging van de trillingssterkte ten opzichte van de bestaande situatie is opgetreden, is het noodzakelijk om de trillingssterkte in de ongewijzigde (bestaande) situatie door middel van metingen conform de SBR-richtlijn Trillingen objectief te laten vaststellen. Dit moet gebeuren voordat de wijziging plaatsvindt.

Hoewel verstoring van processen geen onderdeel uitmaakt van dit onderzoek, wordt in deze context toch gewezen op het compacte elektriciteits/bedieningsgebouw dat op km 110.9 op korte afstand tot de spoorbaan is gelegen.

Den Haag, 21 december 2010
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

Overzicht afstanden woningen tot spoorbaan

Ligging t.o.v. hart spoor																	
Nr. Geomilieu Straatnaam Huisnr.			huidig + autonoom				noordvariant				zuidvariant				Minimale afstanden		
			zuid spoor	middenspoor zuid	middenspoor noord	noord spoor	zuid spoor	middenspoor zuid	middenspoor noord	noord spoor	zuid spoor	middenspoor zuid	middenspoor noord	noord spoor	Huidig	Autonoom	Noordvariant
Zuidzijde spoor																	
46	Paddestoel	4	45	52	59	67	45	52	59	67	45	52	59	67	45	45	45
45	Paddestoel	6	35	39	44	51	35	39	44	51	35	39	44	51	35	35	35
43	Paddestoel	5	35	-	40	47	35	-	40	47	35	0	40	47	35	35	35
42	Uiversweg	6	46	-	51	59	46	-	51	59	46	-	51	59	46	46	46
40	Maatjesweg	6	29	nvt	nvt	42	29	nvt	34	42	29	nvt	34	42	29	29	29
37	Maatjesweg	12	35	nvt	nvt	48	35	nvt	40	48	35	nvt	40	48	35	35	35
34	Maatjesweg	16	30	nvt	nvt	37	30	nvt	35	43	27	nvt	32	37	30	30	27
87	Maatjesweg	18	34	nvt	nvt	39	34	nvt	39	47	27	nvt	35	39	34	34	27
141	Beekseweg	8	47	nvt	nvt	51	47	nvt	51	60	36	nvt	47	51	47	47	36
Noordzijde spoor																	
220	Bemweg	5	57*	50	40	35	56	50	42	35	56	50	42	35	35	35	35
204	Sleeg	18/18a	51	nvt	nvt	39	51	nvt	46	39	51	nvt	46	39	39	39	39
188	Sleeg	36/38	35	nvt	nvt	31	35	nvt	31	20	45	nvt	35	31	31	20	31
164	Beekseweg	14	48	nvt	nvt	44	48	nvt	44	35	56	nvt	48	44	44	35	44
165	Beekseweg	16	50	nvt	nvt	46	50	nvt	46	37	58	nvt	50	46	46	37	46

Beleidskader trillingen van ProRail

BIJLAGE – Beleidskader trillingen van ProRail

Voor trillingen zijn geen wettelijke normen vastgesteld. In het Tracébesluit wordt bij het vaststellen van mogelijke schade of trillingshinder als gevolg van de uitbreiding van de spoorlijn uitgegaan van de streefwaarden zoals deze zijn opgenomen in de Richtlijnen A (Schade aan gebouwen) en B (Hinder voor personen in gebouwen) van de Stichting Bouwresearch (SBR, augustus 2002).

SBR trillingsrichtlijn deel A (schade aan gebouwen)

Tijdens de realisatie van het project is er kans op schade aan gebouwen door werkzaamheden die trillingen veroorzaken. Werkzaamheden die eventuele schade kunnen veroorzaken zijn bijvoorbeeld het inheien van funderingspalen of het intrillen van damwanden.

De niveaus die passerende treinen veroorzaken zijn doorgaans niet zo hoog dat er schade aan gebouwen te verwachten is (richtlijn A)¹.

De SBR trillingsrichtlijn A wordt gebruikt om de toetsingswaarden ten aanzien van schade te bepalen.

Het trillingsniveau tijdens het inheien van de palen en het intrillen van damwanden is afhankelijk van de uitvoeringswijze. Gegevens van het toe te passen type heistelling of trilblok zijn op dit moment nog niet bekend. Daarom wordt voorafgaand aan de feitelijke start van de werkzaamheden bepaald welke woningen maar ook andere gebouwen een risico op schade lopen. Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

- tot een afstand van 50 m. van heiwerkzaamheden is er kans op schade aan gebouwen;
- tot een afstand van 50 m. van het intrillen van damwanden is er kans op schade aan gebouwen.

Bovengenoemde afstanden zijn gebaseerd op ervaringen uit het verleden.

Als er een kans bestaat op schade dan wordt er vóór aanvang van de werkzaamheden een zogenoemde 0-meting verricht voor de gebouwen/woningen waar deze kans bestaat.

SBR trillingsrichtlijn deel B (hinder voor personen in gebouwen)

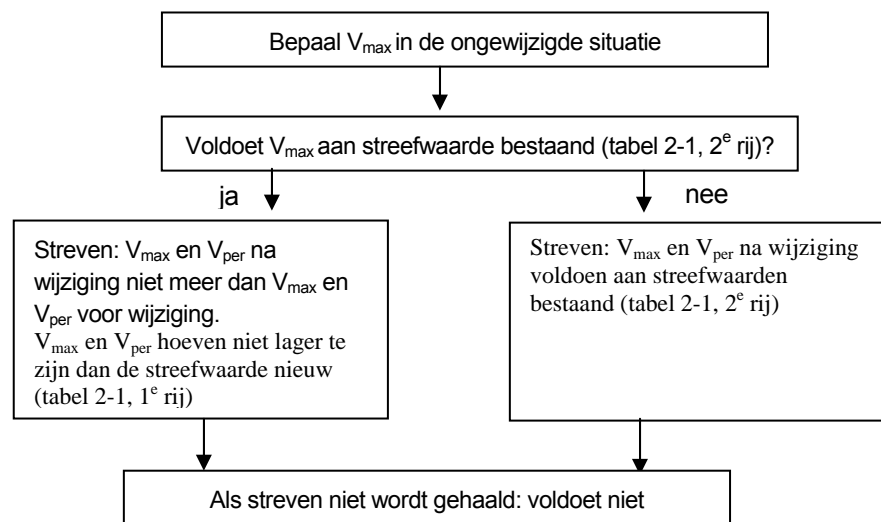
In het geval van trillingen langs spoorlijnen tijdens de gebruiksfase is richtlijn B (hinder voor personen in gebouwen) van belang.

De toetsing van de trillingsniveaus aan de SBR-richtlijn B betreft de zogenoemde V_{\max} en V_{per} . De V_{\max} betreft de maximale trillingssterkte die voorkomt. Deze wordt apart getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. De V_{per} betreft de gemiddelde trillingsterkte. Ook deze waarde wordt apart bepaald en getoetst voor de dag/avondperiode en de nachtperiode. Voor de exacte definitie en bepalingsmethode van deze toetswaarden wordt verwezen naar de SBR-richtlijn.

¹ In het Kennisdocument van het Kenniscentrum Spoorgeluid "Trillingen en LF Geluid 2008" wordt mogelijke schade ten gevolge van railverkeer aan de orde gesteld. In dit document wordt geconcludeerd dat schade vanwege railverkeer nauwelijks voorkomt. Daar waar klachten zijn wordt meestal aangetoond dat trillingsniveaus onder de SBR richtlijn, deel A blijven. Spoortrillingen kunnen voelbaar zijn terwijl ze dan nog niet schadelijk hoeven te zijn. Metselwerk bouwsels dicht bij het spoor (enkele meters) hebben kans op trillingsschade, deze zijn meestal in eigendom van de spoorbeheerder. In dit project staan geen gebouwen binnen enkele meters van het spoor en wordt geen schade verwacht.

De streefwaarden zijn er op gericht om hinder door trillingen te voorkomen of zoveel mogelijk te beperken. Overschrijding van deze streefwaarden dient dan ook zoveel mogelijk te worden vermeden. De situatie waaronder de te beoordelen trillingssterkte optreedt, is bij de afweging van de toe te laten trillingssterkte van belang. De SBR-richtlijn maakt daarbij onderscheid tussen een bestaande situatie, een nieuwe situatie en een gewijzigde situatie.

Voor de beoordeling van een gewijzigde situatie, zoals bij dit project, geldt als uitgangspunt dat de wijziging niet tot een verhoging van de reeds aanwezige trillingssterkte mag leiden. Dit betekent dat de trillingssterkte in de ongewijzigde situatie bekend moet zijn voordat de wijziging plaats vindt. Vervolgens dient het volgende schema gevolgd te worden.



Voor woningen gelden de volgende streefwaarden:

Tabel 2-1, Streefwaarden

situatie	dag en avond			nacht		
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₁	A ₂	A ₃
Nieuwe situatie	0.1	0.4	0.05	0.1	0.2	0.05
Bestaande situatie	0.2	0.8	0.1	0.2	0.4	0.1

Er wordt voldaan aan de streefwaarden als:

- de waarde van de maximale trillingssterkte in de ruimte (V_{max}) kleiner is dan A₁, of als
- de waarde van de maximale trillingssterkte van een ruimte (V_{max}) kleiner is dan A₂ waarbij de trillingssterkte over de beoordelingsperiode voor deze ruimte (V_{per}) kleiner is dan A₃.

De eerste regel met A₁ betreft de zogenoemde onderste streefwaarde. Als hieraan wordt voldaan dan is een nadere toetsing niet meer nodig. Dat wil dus niet zeggen dat als aan de

eerste regel niet wordt voldaan het project niet voldoet. Het wil alleen zeggen dat aan de tweede regel moet worden getoetst. Als aan de tweede regel wordt voldaan dan voldoet het project ook aan de SBR-streefwaarden. In dit onderzoek wordt feitelijk alleen aan de tweede regel getoetst. Daarbij wordt opgemerkt dat veel spoorprojecten, zo ook dit project, de waarde V_{per} altijd voldoet aan A3. Kort samengevat betekent dit dat voldaan wordt aan de streefwaarden indien V_{max} voldoet aan A2. De waarden A1 en A3 zijn dan verder niet meer relevant.

Afhankelijk van de omstandigheden dient een afweging te worden gemaakt of de te beoordelen trillingssterkte al dan niet acceptabel is. Voor deze beoordeling wordt in de SBR-richtlijn verwezen naar bijlage 5 van de SBR-richtlijn. Daarin is aangegeven dat bij overschrijding van de streefwaarden aanvullend gebruik kan worden gemaakt van de kwalificatie van hinder zoals is aangegeven in de navolgende tabel (uit SBR-richtlijn, bijlage 5).

Tabel 2-2 Hinderclassificatie

V_{max}	hinderkwalificatie
< 0,1	geen hinder
0,1- 0,2	weinig hinder (bestaande situaties)
0,2 – 0,8	matige hinder
0,8 – 3,2	hinder
> 3,2	ernstige hinder

Het accepteren van (matige) hinder door overschrijding van de streefwaarden kan onder meer afhankelijk zijn van de mate waarin trillingssterkte voorkomt, de aanwezigheid van andere trillingsbronnen (de achtergrondtrillingen), de mogelijkheid tot het treffen van trillingsreducerende maatregelen en de historie. In geval van mogelijke hinder dienen de betrokken partijen te overleggen. Ernstige hinder is niet toelaatbaar.

Invulling van de SBR-richtlijn

Zoals blijkt uit het voorgaande kunnen zich twee situaties voordoen:

1. de trillingsniveaus (na uitvoering van het project) voldoen aan de 'streefwaarden bestaand' (linkerdeel van eerder weergegeven schema);
2. de trillingsniveaus (na uitvoering van het project) voldoen niet aan de 'streefwaarden bestaand' (rechterdeel schema).

Ad. 1 Voldoet aan streefwaarde bestaand

Als de trillingsniveaus (na uitvoering van het project) voldoen aan de 'streefwaarden bestaand' dan voldoet het project in ieder geval wanneer de 'streefwaarden nieuw' niet worden overschreden. Daarnaast voldoet het project wanneer er geen toename is van de trillingsniveaus. Hierbij gaan we uit van het stand-still beginsel. Daarbij geven we bij dit project de volgende nadere invulling aan bijlage 5 van de SBR-richtlijn:

- a) Er wordt voldaan aan stand-still indien V_{max} , evenals in de situatie voor uitvoering van het project, onder de 'streefwaarde bestaand' blijft.

Of²

² Benadrukt wordt dat er tussen deze twee toetsregels de term "of" staat. Dat betekent dat een toename van het trillingsniveau V_{max} van onder naar boven de 'streefwaarde bestaand' nog steeds stand-still is wanneer voldaan wordt aan de tweede regel.

- b) Er wordt voldaan aan stand-still indien de waarde V_{\max} minder dan 30% toeneemt ten opzichte van de situatie voor de wijziging en V_{per} minder dan 20% toeneemt ten opzichte van de situatie voor de wijziging. Gebleken is namelijk dat wanneer de trillingstoename kleiner is dan deze waarden er geen merkbare toename is van het trillingsniveau.

Ad. 2 Voldoet niet aan streefwaarde bestaand

Indien na uitvoering van het project niet voldaan wordt aan de 'streefwaarde bestaand' dan geldt als doelstelling dat gestreefd moet worden om hieraan wel te voldoen. Conform bijlage 5 van de SBR-richtlijn speelt in deze afweging ook de mate waarin trillingshinder voor uitvoering van het project al voorkomt een rol. Bij deze afweging wordt het stand-still principe gevolgd. Uitgangspunt daarbij is dezelfde afweging als genoemd bij ad. 1 onder b. Aanvullend wordt, conform bijlage 5 van de SBR-richtlijn, gesteld dat ernstige hinder in ieder geval niet toelaatbaar is. Dat betekent dat een eventuele kleine toename, zoals hiervoor gedefinieerd, niet mag leiden tot een V_{\max} van meer dan 3,2.

Samenvatting toetsing

Samenvattend is het volgende toetschema uitgangspunt:

- "voldoet aan SBR-streefwaarden" indien:

$$V_{\max\text{-toekomst}} \leq (A1) \text{ of}$$

$$V_{\max\text{-toekomst}} \leq (A2) \text{ en } V_{\text{per}\text{-toekomst}} \leq (A3)$$

- "stand still" indien:

$$V_{\max\text{-toekomst}} > (A2) \text{ of } V_{\text{per}\text{-toekomst}} > (A3) \text{ maar}$$

$$V_{\max\text{-toekomst}} < 1,3 \cdot V_{\max\text{-huidig}} \text{ en}$$

$$V_{\text{per}\text{-toekomst}} < 1,2 \cdot V_{\text{per}\text{-huidig}}$$

- "voldoet niet" indien:

$$V_{\max\text{-toekomst}} > (A2) \text{ en } V_{\max\text{-toekomst}} \geq 1,3 \cdot V_{\max\text{-huidig}} \text{ of}$$

$$V_{\text{per}\text{-toekomst}} > (A3) \text{ en } V_{\text{per}\text{-toekomst}} \geq 1,2 \cdot V_{\text{per}\text{-huidig}} \text{ of}$$

$$V_{\max\text{-toekomst}} > 3,2$$

Dit wordt voor overdag/'s avonds en voor 's nachts apart beoordeeld.

ALARA

Bij overschrijding van de streefwaarde/stand-still dienen maatregelen te worden beschouwd. Daarbij geldt het ALARA-principe. Dit is in de SBR-richtlijn als volgt gedefinieerd:

"Bij de afweging omtrent de toelaatbaarheid van de trillingssterkte dient niet alleen rekening te worden gehouden met de functie van een ruimte of gebouw en de omstandigheden maar ook met het in redelijkheid kunnen treffen van maatregelen om de trillingssterkte te reduceren (ALARA-principe = As Low As Reasonably Achievable)."

Prognoseresultaten en toetsing

			Prognose																		
			2009			Autonoom				Noord alternatief				Zuid alternatief							
			Minimale afstanden			VMAX		VPER		VMAX		VPER		VMAX		VPER		VMAX		VPER	
			Huidig			dag		avond		dag		avond		dag		avond		dag		avond	
Nr.	Geomilieu	Straatnaam	Huisnr.	Autonoom	Noordvariant	Zuidvariant															
		Zuidzijde spoor																			
46		Paddestoel	4	45	45	45	0,6	0,06	0,06	0,05	0,7	0,09	0,09	0,07	0,7	0,09	0,09	0,07	0,7	0,09	
45		Paddestoel	6	35	35	35	0,9	0,08	0,08	0,07	1,0	0,13	0,13	0,11	1,0	0,13	0,13	0,11	1,0	0,13	
43		Paddestoel	5	35	35	35	0,9	0,09	0,09	0,08	1,0	0,14	0,15	0,12	1,0	0,14	0,15	0,12	1,0	0,14	
42		Uiversweg	6	46	46	46	0,5	0,05	0,05	0,04	0,5	0,07	0,08	0,06	0,5	0,07	0,08	0,06	0,5	0,07	
40		Maatjesweg	6	29	29	29	1,1	0,10	0,10	0,09	1,2	0,16	0,17	0,13	0,7	0,12	0,13	0,10	0,7	0,12	
37		Maatjesweg	12	35	35	35	0,6	0,06	0,06	0,05	0,6	0,09	0,10	0,08	0,6	0,09	0,10	0,08	0,6	0,09	
34		Maatjesweg	16	30	30	27	0,7	0,07	0,07	0,06	0,7	0,11	0,12	0,09	0,7	0,11	0,11	0,09	0,8	0,12	
87		Maatjesweg	18	34	34	27	0,6	0,07	0,07	0,06	0,6	0,10	0,11	0,09	0,6	0,10	0,10	0,08	0,8	0,11	
141		Beekseweg	8	47	47	36	0,4	0,05	0,05	0,04	0,4	0,08	0,08	0,06	0,4	0,07	0,08	0,06	0,6	0,08	
		Noordzijde spoor																			
220		Bemweg	5	35	35	35	0,8	0,08	0,08	0,07	0,8	0,13	0,14	0,11	0,8	0,13	0,14	0,11	0,8	0,13	
204		Sleeg	18/18a	39	39	39	0,6	0,06	0,06	0,05	0,6	0,09	0,09	0,07	0,6	0,09	0,09	0,07	0,6	0,09	
188		Sleeg	36/38	31	20	31	0,7	0,07	0,07	0,06	0,7	0,11	0,12	0,09	0,9	0,13	0,14	0,11	0,7	0,10	
164		Beekseweg	14	44	35	44	0,5	0,05	0,05	0,05	0,5	0,08	0,08	0,07	0,6	0,09	0,10	0,08	0,5	0,07	
165		Beekseweg	16	46	37	46	0,4	0,05	0,05	0,04	0,5	0,08	0,08	0,06	0,5	0,09	0,09	0,07	0,5	0,07	

			Nieuwe situatie																							
			A2		A3																					
			Dag/Avond	Nacht	Dag/Av.	0																				
			0,4	0,2	0,05																					
			2009			Autonoom			Noord alternatief			Zuid alternatief														
			Minimale afstanden			VPER			VPER			VPER														
			Huidig																							
Nr. Geomilieu	Straatnaam	Huisnr.	Autonoom	Noordvariant	Zuidvariant	VMAX D/A	VMAX N	dag	avond	nacht	VMAX D/A	VMAX N	dag	avond	nacht	VMAX D/A	VMAX N	dag	avond	nacht	VMAX D/A	VMAX N	dag	avond	nacht	
Zuidzijde spoor																										
46	Paddestoel	4	45	45	45	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
45	Paddestoel	6	35	35	35	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
43	Paddestoel	5	35	35	35	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
42	Uiversweg	6	46	46	46	X	X	OK	OK	OK	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
40	Maatjesweg	6	29	29	29	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
37	Maatjesweg	12	35	35	35	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
34	Maatjesweg	16	30	30	27	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
87	Maatjesweg	18	34	34	27	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
141	Beekseweg	8	47	47	36	X	X	OK	OK	OK	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Noordzijde spoor																										
220	Bemweg	5	35	35	35	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
204	Sleeg	18/18a	39	39	39	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
188	Sleeg	36/38	31	20	31	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
164	Beekseweg	14	44	35	44	X	X	X	X	OK	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
165	Beekseweg	16	46	37	46	X	X	OK	OK	OK	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

			"Bestaande situatie"																	
			A2	A2	A3															
			Dag/Avond	Nacht	Dag/Avond,															
			0,8	0,4	0,1															
			2009			0	Autonoom			Noord alternatief			Zuid alternatief							
Minimale afstanden			VMAX	VMAX	VPER	0	VMAX	VMAX	VPER	VMAX	VMAX	VPER	VMAX	VMAX	VPER					
Huidig			D/A	N			D/A	N		D/A	N		D/A	N						
Nr. Geomilieu	Straatnaam	Huisnr.	Autonoom	Noordvariant	Zuidvariant															
			dag	avond	nacht	0	dag	avond	nacht	dag	avond	nacht	dag	avond	nacht					
Zuidzijde spoor																				
46	Paddestoel	4	45	45	45	0	OK	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK				
45	Paddestoel	6	35	35	35	0	X	X	OK	OK	OK	X	X	X	X	X				
43	Paddestoel	5	35	35	35	0	X	X	OK	OK	OK	X	X	X	X	X				
42	Uiversweg	6	46	46	46	0	OK	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK				
40	Maatjesweg	6	29	29	29	0	X	X	X	OK	OK	X	X	OK	X	OK				
37	Maatjesweg	12	35	35	35	0	OK	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK				
34	Maatjesweg	16	30	30	27	0	OK	X	OK	X	OK	OK	X	X	OK	OK				
87	Maatjesweg	18	34	34	27	0	OK	X	OK	X	OK	OK	X	X	OK	OK				
141	Beekseweg	8	47	47	36	0	OK	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK				
Noordzijde spoor																				
220	Bemweg	5	35	35	35	0	OK	X	OK	OK	OK	X	X	X	X	X				
204	Sleeg	18/18a	39	39	39	0	OK	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK				
188	Sleeg	36/38	31	20	31	0	OK	X	OK	X	OK	X	X	X	X	OK				
164	Beekseweg	14	44	35	44	0	OK	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK				
165	Beekseweg	16	46	37	46	0	OK	X	OK	OK	OK	OK	X	OK	OK	OK				

"Stand still" principe Prorail
 voldoet als
 $V_{max,toekomst} < 1,3 * V_{max,huidig}$
 en $V_{per,toekomst} < 1,2 * V_{per,huidig}$

			Minimale afstanden			Autonoom			Noord alternatief				Zuid alternatief						
			Huidig			Vmax	VPER			Vmax	VPER			Vmax	VPER				
Nr.	Geomilieu	Straatnaam	Huisnr.	Autonoom	Noordvariant	Zuidvariant	0	dag	avond	nacht	0	dag	avond	nacht	0	dag	avond	nacht	
Zuidzijde spoor																			
46		Paddestoel	4	45	45	45	OK	X	X	X	OK	X	X	X	OK	X	X	X	
45		Paddestoel	6	35	35	35	OK	X	X	X	OK	X	X	X	OK	X	X	X	
43		Paddestoel	5	35	35	35	OK	X	X	X	OK	X	X	X	OK	X	X	X	
42		Uiversweg	6	46	46	46	OK	X	X	X	OK	X	X	X	OK	X	X	X	
40		Maatjesweg	6	29	29	29	OK	X	X	X	OK	X	X	OK	OK	X	X	OK	
37		Maatjesweg	12	35	35	35	OK	X	X	X	OK	X	X	X	OK	X	X	X	
34		Maatjesweg	16	30	30	27	OK	X	X	X	OK	X	X	X	OK	X	X	X	
87		Maatjesweg	18	34	34	27	OK	X	X	X	OK	X	X	X	X	X	X	X	
141		Beekseweg	8	47	47	36	OK	X	X	X	OK	X	X	X	X	X	X	X	
Noordzijde spoor																			
220		Bemweg	5	35	35	35	OK	X	X	X	OK	X	X	X	OK	X	X	X	
204		Sleeg	18/18a	39	39	39	OK	X	X	X	OK	X	X	X	OK	X	X	X	
188		Sleeg	36/38	31	20	31	OK	X	X	X	X	X	X	X	OK	X	X	X	
164		Beekseweg	14	44	35	44	OK	X	X	X	OK	X	X	X	OK	X	X	X	
165		Beekseweg	16	46	37	46	OK	X	X	X	OK	X	X	X	OK	X	X	X	