

Stevin: 6-05-8

Meetbare geluidseisen en geluidsarme oplossingen voor enkelvoudige voegovergangen

Oktober 2005

ir. R.J.M. Pijpers



Voorwoord

In opdracht van de Bouwdienst Rijkswaterstaat, contactpersoon de heer J.N. Booij, is een inventarisatie gedaan naar geluidsaspecten bij de toepassing van voegovergangconstructies. Dit rapport gaat in op geluidswetgeving, geluidsmetingen, geluidsarme toepassingen en brengt een advies uit voor geluidseisen aan voegovergangen met bijbehorend meetprotocol.

In het kader van dit project zijn geluidsmetingen uitgevoerd door M+P Raadgevende ingenieurs bv, contactpersoon de heer J. Hooghwerff. De heer W.J. van Vliet van de Dienst Weg- en Waterbouw heeft advies uitgebracht tijdens de inventarisatie.

Delft, oktober 2005,

R.J.M. Pijpers

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	1
1.1 Voegovergangen.....	1
1.2 Geluid.....	1
1.3 Innovatieprogramma geluid [1].....	1
1.4 Doelstelling.....	2
1.5 Opbouw rapport.....	2
2. Geluidaspecten.....	3
2.1 Inleiding.....	3
2.2 Geluidsgrootheden [2].....	3
2.3 Hinder.....	4
2.4 Geluidparameters.....	5
2.5 Conclusies.....	6
3. Nationale en Europese regelgeving (toetscriteria).....	7
3.1 Inleiding.....	7
3.2 Wetgeving Nederland.....	7
3.2.1 Wet Geluidhinder [2]/[15].....	7
3.2.2 Reken- en meetvoorschrift verkeerslawaai [8].....	8
3.2.3 Bouwbesluit.....	9
3.2.4 Beleidsdocumenten [9].....	10
3.3 Wetgeving Europa.....	10
3.3.1 Emissienormen wegverkeer.....	10
3.3.2 Immissienormen wegverkeer.....	10
3.3.3 Reken- en Meetvoorschriften.....	11
3.4 Geluidsverwijzingen in algemene voorschriften voegovergangen.....	11
3.5 Geluidsregelgeving aan referentieprojecten/ Analogieën.....	12
3.5.1 Stille stalen bruggen [3].....	12
3.5.2 Stiller wegdek [2].....	12
3.5.3 Metingen aan dynamische bewegwijzering.....	13
3.5.4 Leiser Verkehr, BAST.....	13
3.5.5 Industrielawaai.....	13
3.5.6 Railverkeer.....	13
3.6 Conclusies.....	14
4. Geluidsmetingen.....	15
4.1 Inleiding.....	15
4.2 Meetmethoden.....	15
4.2.1 Standaard meetvoorschrift RMW2002, bijlage III.....	15
4.2.2 SPB-methode.....	15
4.2.3 CPB-methode.....	16
4.2.4 CPX-methode.....	16
4.2.5 Frans meetvoorschrift voegovergangen.....	16
4.2.6 Prüfstand fahrzeug/fahrbahn (PFF) [BAST].....	16
4.2.7 Meting volgens handleiding industrielawaai.....	16
4.2.8 Pulsgeluidmetingen.....	16
4.3 Reeds uitgevoerde metingen aan voegovergangen.....	17
4.3.1 Inleiding.....	17
4.3.2 BAST- in situ (Duitsland).....	18
4.3.3 BAST- testterrein (Duitsland).....	18
4.3.4 FIGE (Duitsland).....	19
4.3.5 Maurer, Müller-BBM (Duitsland).....	19
4.3.6 VHFL, Müller-BBM (Duitsland).....	20
4.3.7 Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Duitsland).....	20

4.3.8 Mageba, Interakustik (Zwitserland).....	21
4.3.9 psiA-Consult (Oostenrijk).....	21
4.3.10 RSAG (Zwitserland).....	21
4.3.11 ALGA (Italië).....	22
4.4 Metingen M+P (Nederland).....	23
4.4.1 Inleiding.....	23
4.4.2 Verloop metingen en voorlopige conclusies.....	23
4.4.3 Vervolgonderzoek.....	24
4.5 In buitenland geplande metingen.....	24
4.6 Conclusies.....	24
5. Inventarisatie voegovergangen en geluidsarme oplossingen.....	25
5.1 Inleiding.....	25
5.2 Geluidsarme voegovergangen.....	25
5.2.1 Overzicht geluidskwaliteit.....	25
5.2.2 Randprofielvoegen.....	26
5.2.3 Vingervoegen.....	27
5.2.4 Mattenvoegen.....	28
5.2.5 Flexibele voegen, verborgen voegen en overige typen voegovergangen.....	28
5.3 Geluidsarme oplossingen.....	29
5.4 Conclusies.....	30
6. Meetbare geluidseisen en meetcondities.....	31
6.1 Inleiding.....	31
6.2 Meetbare geluidseisen.....	31
6.2.1 Aantoonmethoden.....	31
6.2.2 Concept Geluidseis voegovergangen korte termijn.....	32
6.2.3 Advies geluidseis lange termijn.....	32
6.3 Meetprotocol.....	33
6.4 Conclusies.....	33
7. Conclusies en aanbevelingen.....	35
7.1 Conclusies.....	35
7.2 Aanbevelingen.....	36

Bronnen

Bijlagen

1. Inleiding

In opdracht van Bouwdienst Rijkswaterstaat dienst Inspectie en Onderhoud Tilburg wordt onderzoek gedaan naar geluidsemissie in de nabijheid van enkelvoudige voegovergangen. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het kader van het project ‘verbetervoorstellen enkelvoudige voegovergangen’ en het landelijk opgezette innovatieprogramma geluid.

1.1 Voegovergangen

Wegens temperatuurverschillen, thermische effecten en o.a. verkeersbelasting moeten brugdelen de mogelijkheid hebben om te bewegen. Voegovergangen maken deze bewegingen, vaak in meerdere dimensies, mogelijk. Zij functioneren als brug in een brugconstructie door het overspannen van de dilatatiespleten. Zo zorgen de voegovergangen voor een continu wegdek, terwijl zij de brugbewegingen faciliteren. Enkelvoudige voegovergangen overspannen spleten tot 80 mm, meervoudige voegovergangen spleten groter dan 80 mm.

1.2 Geluid

Rond voegovergangen treedt soms ernstige geluidshinder op in de vorm van laagfrequent contact- en/of puls geluid. In stedelijke gebieden liggen woningen vaak op kleine afstand van kunstwerken. Vanwege het laagfrequente karakter van het geluid zal ook de hinderbeleving binnenshuis groot zijn.

In het kader van IPG (Innovatie Programma Geluid) wordt asfalt ontwikkeld en toegepast met nog hogere geluidsreducties dan de huidige ZOAB toepassingen. Wordt dit de toekomstige uitvoeringspraktijk, dan zullen de geluidspiekbelastingen nog veel meer geluidshinder geven.

Geluidsschermen minimaliseren weliswaar het geluid op de autosnelweg, doch niet de geluidshinder onder de kunstwerken. Dit probleem is ingebracht in IPG, doch omdat het meet- en rekenvoorschrift in de wet geluidshinder het effect van piekbelastingen niet meeneemt, zal het project IPG daar geen actie op ondernemen.

Noodzakelijkerwijs worden in dat soort gevallen vaak geluidsarme bitumineuze voegovergangen toegepast. Deze hebben in de huidige praktijk echter een beduidend kortere levensduur (1 tot 5 jaar) dan de ZOAB deklagen (12 tot 16 jaar). Het onderhoud en vervangen brengt hoge kosten met zich mee en levert veel verkeershinder op. De vermindering van het verkeerslawaai door de toepassing van geluidsschermen in combinatie met ZOAB leidt steeds vaker tot klachten van omwonenden over geluidshinder door voegovergangen.

1.3 Innovatieprogramma geluid [1]

De geluidsproblematiek in Nederland wordt, ondanks de inspanningen van de afgelopen jaren, eerder groter dan kleiner. Door de groei van het weg- en het spoorverkeer groeit ook de geluidshinder. De huidige standaard maatregelen voor geluidsreductie stuiten steeds meer op maatschappelijke bezwaren. Bovendien rijzen de kosten van deze maatregelen de pan uit. Er is dringend behoefte aan alternatieven, die kosteneffectiever zijn en die bovendien op minder maatschappelijke bezwaren stuiten. De mogelijkheden van innovatieve maatregelen moeten optimaal worden benut.

Het Innovatieprogramma geluid bestaat uit een uitgebalanceerde set van projecten. Deze leiden tot invoering van een reeks nieuwe samenhangende maatregelen en methoden voor reductie van weg- en railverkeersgeluid. Hierbij komen niet alleen nieuwe technische maatregelen in beeld die deels al “op de plank liggen”, maar ook de noodzakelijke aanpassingen van regelgeving en manieren van werken.

1.4 Doelstelling

Als onderdeel van het project ‘Verbetervoorstellen Enkelvoudige Voegovergangen’ en op basis van een inventarisatie van wetgeving en geluidsemisatie van voegtypen, wordt in dit rapport een onderbouwd advies geformuleerd voor de toepassing van meetbare geluidseisen en geluidsarme oplossingen.

1.5 Opbouw rapport

In hoofdstuk 2 zal een algemene uiteenzetting gegeven worden van geluidsaspecten en geluidsgrootheden, een relatie naar geluidshinder worden gelegd met beoordelingsniveaus en worden parameters gegeven die van invloed kunnen zijn op het ontstaan van geluid bij een voegovergang.

Hoofdstuk 3 beschrijft nationale en internationale regelgeving omtrent geluid. Reken- en meetvoorschriften worden gepresenteerd. Bovendien worden waar mogelijk geluidsnormen aangegeven die relevant zijn voor voegovergangsconstructies. Daarnaast worden analogieën aangegeven voor voegovergangen, namelijk constructies waarbij eveneens geluidhinder optreedt.

Er zijn in het verleden al veel metingen uitgevoerd aan voegovergangen. Op basis van meetrapporten wordt in hoofdstuk 4 een korte beschrijving en de belangrijkste resultaten gegeven van deze, met name in het buitenland, uitgevoerde metingen. Onlangs is in het kader van dit project aan bureau M+P Raadgevende ingenieurs bv opdracht gegeven geluidsmetingen uit te voeren aan de IJsselbrug te Deventer en aan de Maasbrug te Heumen. In het kort wordt de meetprocedure en de voorlopige resultaten besproken.

Geluidsarme toepassingen van voegovergangen worden in hoofdstuk 5 gepresenteerd, waarna in hoofdstuk 6 een advies wordt gegeven voor meetbare geluidseisen aan voegovergangen met bijbehorende meetcondities.

In hoofdstuk 7 worden de conclusies van dit onderzoek geformuleerd en aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

2. Geluidaspecten

2.1 Inleiding

Geluid is dat wat door het menselijk oor waargenomen kan worden. Fysisch gesproken bestaat geluid uit kleine, relatief snelle veranderingen van de atmosferische luchtdruk, die zich golfvormig door een medium (bv lucht) voortplanten. Dit wordt de geluidsdruk genoemd met als eenheid Pascal (Pa). Wanneer deze veranderingen regelmatig optreden kan een toon worden waargenomen met een toonhoogte die gerelateerd is aan het aantal trillingen per seconde (=frequentie, uitgedrukt in Hertz). In ruisachtig geluid, zoals wind, zijn de trillingen minder regelmatig.

In dit hoofdstuk zal een overzicht gegeven worden van geluidsgrootheden, een relatie gelegd worden naar geluidhinderniveaus en aangegeven worden welke parameters van invloed zijn op de geluidsproductie nabij een voegovergang.

2.2 Geluidsgrootheden [2]

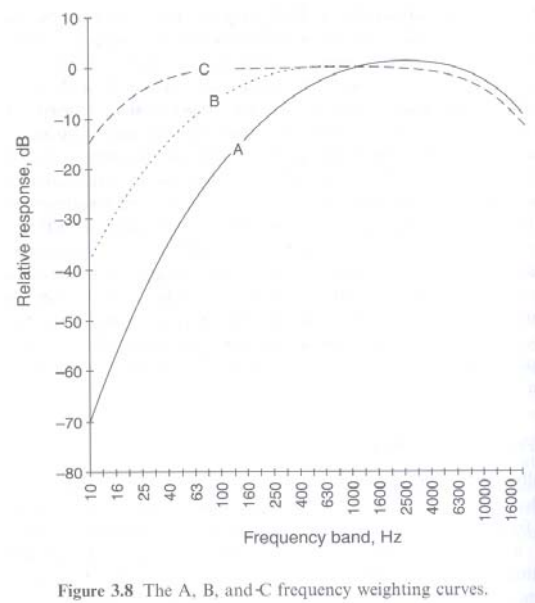
De sterkte waarmee de luchtdrukvariaties optreden bepaalt het geluidniveau. Het oor kan zeer kleine tot relatief zeer grote luchtdrukvariaties registreren. Tussen de kleinst waarneembare (gehoordrempel) en grootst te verdragen (pijngrens) luchtdrukvariaties zit energetisch een factor 25.000.000.000.000 verschil. Dergelijke verschillen zouden communicatie over geluidniveaus lastig maken. Vandaar dat gekozen is geluidniveaus uit te drukken in decibels (dB). Rekenkundig betekent dit dat de logaritme van de verhouding tussen de energie van de heersende luchtdrukvariaties en de energie van de luchtdrukvariaties bij de gehoordrempel berekend wordt, vermenigvuldigd met 10.

Omdat de geluidsintensiteit evenredig is met het kwadraat van de geluidsdruk, kunnen we het geluidsniveau uitdrukken in de geluidsdruk:

$$L = 20 \cdot \log(p/p_0) \text{ [dB]}$$

Daarin is de referentiedruk p_0 de gehoordrempel, waarvan internationaal is afgesproken dat deze 20 μPa bedraagt. Het geluidsniveau van hoorbaar geluid heeft daarmee een bereik van 0 dB (gehoordrempel) tot ca. 140 dB (pijngrens). Omdat het oor voor sommige frequenties gevoeliger is dan voor andere is in de geluidwetgeving gekozen geluidmetingen hiervoor te corrigeren met de zogenaamde A-weging. Deze weging brengt de invloed van frequenties tussen 500 en 2000 Hz zwaarder in rekening.

Geluidsniveaus dB(B) en dB(C) kunnen gebruikt worden om lagere geluidsfrequenties zwaarder mee te wegen. Deze niveaus zijn tegenwoordig minder gebruikt dan de A-weging. Dit komt voornamelijk door het feit dat de meeste geluidsniveaus op dB(A) worden bepaald en er daarom meer vergelijkingsmateriaal is.



Figuur 2.1, A-,B-, en C-gewogen frequentierespons [13]

Tabel 2.1 laat een opsomming zien van de verschillende geluidsgrootheden die in dit rapport gebruikt zullen worden.

Tabel 2.1, Opsomming geluidsgrootheden [16]

Geluidsniveau	het gemeten of berekende momentane geluidsniveau, uitgedrukt in dB(A)
Equivalent geluidsniveau (L_{aeq})	het energetisch gemiddelde van de fluctuerende niveaus van het ter plaatse in de loop van een bepaalde periode optredende geluid.
Etmaalwaarde (L_{etmaal})	de hoogste van de volgende drie waarden van het equivalente geluidsniveau; - de waarde over de periode 07.00-19.00 uur (dag); - de met 5 dB(A) verhoogde waarde over de periode 19.00-23.00 uur (avond); - de met 10 dB(A) verhoogde waarde over de periode 23.00-07.00uur (nacht).
Day-evening-night (L_{den})	energetisch gemiddelde geluidniveau van dag, avond- en nachtwaarde
Maximaal geluidsniveau (L_{max})	het maximaal te meten geluidsniveau, meterstand 'fast' gecorrigeerd met de meteorcorrectieterm C_m .
Single event level ($L_{\text{A,E}}$)	het energetisch gemiddelde van een enkele gebeurtenis, teruggerekend naar de duur van 1 seconde.
Referentieniveau (L_{95})	hoogste waarde van het niveau van - of het omgevingsgeluid, dat 95% van de tijd overschreden wordt, - of het L_{Aeq} van het wegverkeer min 10 dB.
Impulsgeluid	geluid, dat bestaat uit één of meer geluidstoten die minder dan één seconde duren.
Laagfrequent geluid	(lf-geluid) is geluid met frequenties beneden circa 100 Hz

2.3 Hinder

Tabel 2.2 geeft een indicatie van de perceptie van geluidsniveaus voor verschillende perioden op de dag. In de bijlagen III en IV staan meer voorbeelden. Opgemerkt dient te worden dat de niveaus in de tabel betrekking hebben op een situatie buitenshuis.

Tabel 2.2, Perceptie van omgevingsgeluid [16]

Cat.	Perceptie	Equivalent geluidsniveau (L_{Aeq}) in dB(A)		
		Dag (07-19 u.)	Avond (19-23 u.)	Nacht (23-07 u.)
1	Zeer stil	<=40	<=35	<=30
2	Stil	41-45	36-40	31-35
3	Rustig	46-50	41-45	36-40
4	Hoorbaar	51-55	46-50	41-45
5	Rumoerig, druk	56-60	51-55	46-50
6	Lawaaiig	61-65	56-60	51-55
7	Zeer lawaaiig	>=66	>=61	>=56

Regelmatig zijn er in Europa hinderenquêtes uitgevoerd door verschillende onderzoeksinstanties, die erop gericht zijn een percentage gehinderden te bepalen voor een bepaald equivalent geluidsniveau, d.w.z. een gemiddeld geluidsniveau over lange tijd. Dit heeft geleid tot het vaststellen van hinderwaarden en maximale waarden afhankelijk van het type verblijfsgebied.

Zowel in voorschriften voor bepaling van verkeerslawaai als voor industrielawaai zijn voorbeelden te vinden van grenswaarden voor geluidsniveaus. Hoofdstuk 3 zal verder ingaan op regelgeving voor verkeerslawaai. In tabel 2.3 staan ter indicatie van hinderbescherming mogelijke grenswaarden voor industrielawaai.

Tabel 2.3, Mogelijke geluidsgrenswaarden voor industrielawaai [16]

Nr.	Omschrijving gebied	Grenswaarde L_{dag} in dB(A)		
		dag	avond	nacht
1	Stille landelijke gebieden Gebieden voor extensieve recreatie	40	35	30
2	Landelijk gebied met veel agrarische activiteiten	45	45	35
3	Stille woonwijk, weinig verkeer	45	40	35
4	Rustige woonwijk in stad	50	45	40
5	Gemengde woonwijk, combinaties van wonen en lichte bedrijfsactiviteiten	55	45	40
6	Woonwijk nabij een drukke verkeersweg (auto en rail)	55	50	45
7	Woonwijk nabij gezoneerd industriegebied	55	50	45
8	Woonwijk in stadscentrum	55	55	45
9	In zone rond industrieterrein	zie Wgh: zone, MTG's*, hogere waarden		
10	Op industrieterrein (zie paragraaf 5.9)	≤ 65	≤ 60	≤ 55

* MTG's hoogst toelaatbare waarde van de geluidsbelasting, ten gevolge van het industrieterrein, nabij de gevels van woningen; artikel 72 Wgh

Een theoretische methode om hinder in kaart te brengen is ontwikkeld door Zwicker; voor meer informatie over deze methode wordt verwezen naar literatuur.

2.4 Geluidparameters

Er zijn veel factoren die van invloed zijn op het ervaren van geluidhinder ten gevolge van geluid bij een voegovergang. In tabel 2.4 is geprobeerd een overzicht te maken van deze parameters, met daarbij een inschatting van de grootte van de invloed en de mate van bekendheid met de parameter.

Aangezien een decibel is een logaritmische grootte is kunnen decibellen niet zomaar bij elkaar opgeteld of van elkaar afgetrokken kunnen worden. Bij een equivalent geluidsniveau levert een verdubbeling van het aantal bronnen een toename van het geluid op met 3 dB, een halvering een afname van 3 dB. Evenzo levert een halvering van de afstand tussen de bron en de ontvanger een toename op van het geluidsniveau met 3 dB bij vrije geluidsuitbreiding (d.w.z. zonder obstakels tussen bron en ontvanger). Bij pulsmatig geluid, zoals bij voegovergangen, waarbij duidelijk een piekniveau te onderscheiden is over een korte tijd (s), wordt aangenomen dat het geluidsniveau met 6 dB afneemt bij een verdubbeling van de afstand tot de bron.

Naast het weten van het totale geluidsniveau is het vaak zinvol om de spreiding van het geluid over verschillende frequenties te weten. Door metingen uit te voeren een kleine resolutie kunnen de geluidsniveaus uitgezet over frequentiebanden, zogenaamde frequentiespectra. Hiervoor kunnen octaafbanden (63, 125, 250, 500 Hz etc.) worden gebruikt. Een nauwkeurigere verdeling wordt verkregen door gebruik te maken van 1/3-octaafbanden, ofwel tertsbanden (50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 400, 500 Hz etc.). Door het maken van geluidsspectra kan inzicht verkregen worden in de dominante frequenties bij geluidsmetingen. Bij voegovergangen zullen de verwachte dominante frequenties laag zijn (laag frequent geluid < 1000 Hz).

Tabel 2.4, Parameters van invloed op ervaring van geluid bij voegovergang

	Bekendheid Invloed			Relevantie Invloed		
	Goed	Matig	Slecht	Groot	Middel	Klein
Belasting						
- Type voertuig		X		X		
- Hoeveelheid verkeer		X		X		
- Voertuigklasse		X		X		
- Motorgeluid en uitlaatgeluid	X				X	
- Versnellen/afremmen		X			X	
- Snelheid	X			X		
- Bandengeluid		X		X		
- Rijrichting		X		X		
- Aërodynamisch geluid	X					X
Algemene Condities						
- Dag /avond/nacht		X		X		
- Temperatuur		X			X	
- Wind		X			X	
Globale Geometrie Weg-Omgeving						
- Omgeving		X		X		
- Aanwezigheid geluidsschermen	X				X	
- Fysieke/ ruimtelijke kenmerken overdrachtspad	X			X		
- Aanwezigheid hellingen	X			X		
- Aanwezigheid kruispunten stoplichten	X			X		
Lokale Geometrie Voeg /Weg/ Brug						
- Trillingen brugconstructie			X	X		
- Materiaalgebruik			X	X		
- Type wegdek.	X			X		
- Soort voegovergang/ constructie		X		X		
- Openingsstand voeg	X			X		
- Hoogteverschil voeg-weg		X		X		
- Hoek met weg		X			X	
- Aantal lamellen (wasbordeffect)		X		X		
- Klankkastwerking			X	X		
- Reflectie			X		X	
- Gladheid, Air-Pumping		X			X	
- Spoorvorming			X			X
- Gevoeligheid voor verkeerde inbouw			X		X	
Hinder						
- Geluidsdruk, dB(A)/ dB (B), dB (C)		X		X		
- Type geluid: equivalent/puls		X		X		
- Tijdsduur geluid	X			X		
- Afstand bron- ontvanger		X		X		
- Horizontale geluidsuitbreiding		X		X		
- Verticale geluidsuitbreiding		X		X		
- Bovenkant of onderkant brug/ klankkastwerking		X		X		
- Frequentiespectra	X			X		

2.5 Conclusies

In dit hoofdstuk is aangegeven wat geluid is en wanneer hinder optreedt. Bij voegovergangen treedt impulsmatig geluid op, waarbij zogenaamde geluidspieken zijn te horen bij voertuigpassages die boven een equivalent, gelijkmatig geluidsniveau liggen. Bovendien is kwalitatief aangegeven welke parameters van invloed zijn op het ontstaan van geluid bij een voegovergang. Afhankelijk van de afstand tot de voegovergang kan de geluidspiek als hinderlijk worden ervaren. Belangrijkste parameters zijn het type voeg en wegdek, type verkeer en de afstand tot bebouwing.

3. Nationale en Europese regelgeving (toetscriteria)

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt nationale en Europese geluidsregelgeving besproken. In het algemeen kan gesteld worden dat op nationaal niveau immissienormen worden bepaald, d.w.z. het geluidsniveau vanaf 7.5 m tot een geluidsbron. Op Europees niveau worden emissienormen gesteld, d.w.z. regels voor het geluidsniveau binnen 7.5 tot een geluidsbron. Bovendien worden op Europees niveau beleidsdocumenten bepaald voor de afstemming/harmonisatie van immissieregels in afzonderlijke landen.

Naast algemene geluidsregelgeving en regelgeving voor voegovergangen zullen referenties/analogieën worden gegeven van projecten waarbij geluidsemisatie een rol speelt.

3.2 Wetgeving Nederland

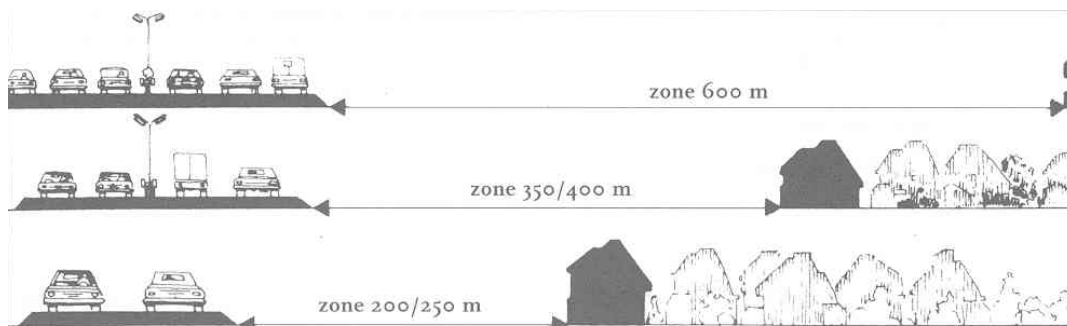
Sinds het einde van de jaren zeventig vormt de Wet Geluidhinder (Wgh) het juridische kader voor het Nederlandse geluidsbeleid. Meer gedetailleerde uitwerking van de Wet Geluidhinder vormen reken- en meetvoorschriften en het bouwbesluit.

3.2.1 Wet Geluidhinder [2]/[15]

In Nederland worden voor wegverkeerslawaai regels gesteld door de Wet Geluidhinder (Wgh). Doel van de Wgh is het voorkomen danwel beperken van geluidhinder. Voor de geluidhinder vanwege wegverkeerslawaai wil de wet dit bereiken door:

- het bevorderen van stiller verkeer (bronmaatregelen);
- te voorkomen dat nieuwe geluidknelpunten ontstaan (preventie);
- te voorkomen dat bij reconstructie van wegen de geluidhinder toeneemt (stand-still beginsel);
- maatregelen te treffen bij bestaande situaties met een hoge geluidbelasting.

Wet geluidhinder stelt eisen voor toestellen, industrielawaai en wegverkeerslawaai. Bij wegverkeerslawaai wordt er onderscheid gemaakt in een nieuwe weg in bestaande wijk, nieuwe woningen aan bestaande weg of nieuwe woningen aan een nieuwe weg. [9]. Voorkeurswaarden en grenswaarden gelden uitsluitend in de geluidszones waarin verplicht aandacht moet worden besteed aan geluidsoverlast. Iedere weg heeft van rechtswege een zone, waarbuiten in het algemeen geen geluidsniveaus voorkomen groter dan voorkeurswaarde 50 dB, zie figuur 3.1. Deze waarde van het geluidsniveau is bepaald als het gemiddelde over een bepaalde periode. Zie voor meer details van de Wgh bijlage I en bijlage II.



Figuur 3.1, Zonering volgens wet geluidhinder [15]

Artikel 102 van de Wgh stelt dat een akoestisch onderzoek aan de geluideffecten van wegverkeer dient te voldoen aan het Reken- en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaai 2002 (RMW 2002). Dit RMW 2002 is de opvolger van het Reken- en Meetvoorschrift Verkeerslawaai 1981.

Volgens artikel 103 van de Wgh mag op de berekende of gemeten geluidsbelasting een aftrek worden toegepast, voordat toetsing aan de in de Wet Geluidhinder gestelde normen ten aanzien van de optredende equivalente geluidsbelasting op de gevel plaatsvindt. Deze aftrek is gebaseerd op de verwachting dat het wegverkeer op de (middel)lange termijn stiller wordt. De aftrek die mag worden toegepast, bedraagt voor wegen waar in het akoestisch onderzoek een snelheid voor de verschillende categorieën motorvoertuigen gehanteerd wordt van 70 km/h of meer (buiten bebouwde kom), 2 dB(A). Voor de wegen waar in het akoestisch onderzoek een snelheid voor de verschillende categorieën motorvoertuigen een lagere snelheid dan 70 km/h wordt gehanteerd (bebouwde kom), bedraagt de aftrek 5 dB(A).

3.2.2 Reken- en meetvoorschrift verkeerslawaai [8]

Het RMW 2002 bestaat uit twee rekenmethodes: Standaard Rekenmethode I (SRMI) en Standaard Rekenmethode II (SRMII). Eerstgenoemde is een vereenvoudigde methode met een beperkt toepassingsgebied. De tweede methode verschilt hierin dat de geluidoverdracht spectraal berekend wordt, d.w.z. door gebruik te maken van verschillende frequentiegebieden, wat op grotere afstanden en bij reflecties essentieel voor een nauwkeurige berekening is. Bovendien wordt een meetmethode voor de bepaling van het geluidsniveau voorgeschreven.

Geluidniveaus (RMV2002)

Het RMW 2002 geeft regels voor de bepaling van het langtijdig A-gewogen equivalente geluidsniveau (L_{Aeq}) binnen nader aan te geven perioden van het etmaal (de dag of de nacht). De grootte waarin de wettelijke geluidsnormen zijn gesteld, de geluidsbelasting, kan vervolgens aan de hand van het per periode bepaalde L_{Aeq} worden berekend. De wijze waarop de geluidsbelasting wordt afgeleid uit de L_{Aeq} -waarden per etmaalperiode is geen onderdeel van het RMW 2002, maar is vastgelegd in artikel 1, eerste lid, van de wet.

In het ontwerp van de richtlijn van het Europese Parlement en de Raad van de Europese Unie betreffende de evaluatie en de beheersing van omgevingslawaai is het begrip geluidsbelasting anders gedefinieerd (de zogenoemde “day-evening-night noise indicator”, afgekort L_{den}). Deze definitie gaat echter nog wel uit van L_{Aeq} waarden per etmaalperiode. Daardoor is het in het RMW 2002 opgenomen voorschrift eveneens geschikt voor de bepaling van de geluidsbelasting volgens de komende Europese definitie.

- De etmaalwaarde (L_{ctm}) geeft de maximale waarde van drie equivalente geluidniveaus: het geluidniveau overdag (7.00-19.00), het gemiddelde niveau 's avonds +5 dB(A) (19.00-23.00) en het gemiddelde niveau 's nachts +10 dB(A) (23.00-7.00).
- De nieuwe Europese maat L_{den} (day-evening-night) neemt niet het maximum van deze drie waarden, maar neemt het energetisch gemiddelde geluidniveau van dag, avond- en nachtwaarde. Ook hierbij wordt het avondniveau met 5 dB, en het nachtniveau met 10 dB verhoogd. Er wordt met een recent wetsvoorstel ernaar gestreefd om in 2005 in Nederland over te gaan op de L_{den} als geluidsnorm.
- Naast de L_{den} is de L_{night} , het equivalent geluidniveau over de nachtperiode, de maatgevende maat voor de geluidhinder 's-nachts

Bij L_{ctmaal} is dat de maximale waarde van de drie etmaalperioden (de hoogste van de drie dus), bij L_{den} is dat een energetische middeling van de drie etmaalperioden.

Rekenvoorschrift

Voor de toepassing van deze regeling worden de volgende categorieën motorvoertuigen onderscheiden:

- categorie lv (lichte motorvoertuigen): motorvoertuigen op drie of meer wielen, met uitzondering van de in categorie mv en categorie zv bedoelde motorvoertuigen;
- categorie mv (middelzware motorvoertuigen): gelede en ongelede autobussen, alsmede andere motorvoertuigen die ongeleed zijn en voorzien van een enkele achteras waarop vier banden zijn gemonteerd;
- categorie zv (zware motorvoertuigen): gelede motorvoertuigen, alsmede motorvoertuigen die zijn voorzien van een dubbele achteras, met uitzondering van autobussen.

Bij de bepaling van het equivalente geluidsniveau vanwege een weg, wordt rekening gehouden met verkeersintensiteiten, snelheden, wegdektypen, geometrische verzwakkingen, absorptie, bodeminvloed en meteorologische invloeden. Bovendien worden in berekeningen de effecten meegenomen van hellingen, kruispunten, snelheidsbepalende maatregelen, reflecties en afschermingen.

Meetvoorschrift

Een meting van het equivalente geluidsniveau van wegverkeer kan slechts zelden plaatsvinden bij de maatgevende verkeersintensiteiten zoals bedoeld in artikel 1, tweede lid. Een geluidsmeting dient daarom altijd samen te gaan met een telling van het verkeer, dat behoort tot de in artikel 1, tweede lid, genoemde voertuigcategorieën. Met behulp van de term ΔE wordt dan het gemeten equivalente geluidsniveau genormeerd naar het equivalente geluidsniveau bij de maatgevende verkeersintensiteiten.

Aangezien het meettechnisch gezien beter is om te meten bij meewindcondities, is een meteocorrectie (de term C_m) nodig om tot het equivalente geluidsniveau L_{Aeq} voor meteorologisch gemiddelde omstandigheden te komen. Het genoemde minimum aantal voertuigen dat tijdens een meting moet passeren is vereist om te kunnen spreken van een statisch verantwoorde steekproef uit de betreffende voertuigcategorie. Bij dit minimum aantal voertuigen moet bedacht worden dat de verdeling over de verschillende voertuigcategorieën zodanig is, dat de normering met de term ΔE statisch voldoende betrouwbaar is. Dit betekent in het algemeen dat het minimum aantal gemeten (middel)zware motorvoertuigen tenminste gelijk moet zijn aan 100 x het percentage van de (middel)zware motorvoertuigen in de maatgevende periode.

Bij de meteorologische randvoorwaarden is geen waarde aangegeven voor de maximale windsnelheid, maar is bepaald dat het windgeruis minder dan 10 dB(A) onder het te meten geluidsniveau moet liggen. Hiermee wordt voldaan aan de algemene eis dat stoorgeluiden het meetresultaat niet zodanig mogen beïnvloeden dat een afwijking van 0,5 dB(A) of meer optreedt.

Bijlage III van het reken- en meetvoorschrift stelt nadere eisen aan de meetmethode, apparatuur, meteorologische randvoorwaarden, meetplaats en meetprocedure. Bijlage IV van het reken- en meetvoorschrift stelt nadere eisen aan akoestisch onderzoek en rapport.

3.2.3 Bouwbesluit

Het bouwbesluit schrijft regelgeving betreffende geluidsniveaus binnen gebouwen voor. Waarden hiervoor zijn afhankelijk van onder andere type bebouwing, afstand tot bron en scheidingswaarden. Het bouwbesluit stelt dat het geluidsniveau binnenshuis voor nieuwbouw 35 dB niet mag overschrijden en bij bestaande bouw 40-45 dB, wat eisen stelt aan gevelconstructies.

3.2.4 Beleidsdocumenten [9]

Naast concrete geluidswetgeving zijn er door verschillende ministeries de volgende beleidsdocumenten opgesteld:

- MIG, Modernisering instrumentarium Geluidsbeleid

Herzieningen op algemene geluidswetgeving;

- Nationale Milieubeleidsplan 4 [NMP4, VROM]

Stelt algemene milieudoelstellingen voor 30 jaar, waaronder voor het aspect geluid.

- Nota Mobiliteit [NOMO, V&W]:

De Nota Mobiliteit geeft de hoofdlijnen van het nationale verkeers- en vervoersbeleid voor de komende decennia. Invoering geluidsproductie plafonds, 2006-2007 met concretere te handhaven maximum waarden voor geluid.

3.3 Wetgeving Europa

Naast de Nederlandse geluidswetgeving worden op Europees niveau richtlijnen en normen op het gebied van geluid vastgesteld. Nederland is verplicht deze richtlijnen in de eigen wetgeving op te nemen. Momenteel wordt onder meer gewerkt aan de implementatie van de EU-richtlijn Omgevingslawaai in de Nederlandse wetgeving en het maken van nieuwe wetgeving op het gebied van geluidshinder.

3.3.1 Emissienormen wegverkeer [9]

Met betrekking tot de geluidsemissie van motorvoertuigen zijn binnen de Europese ontwikkelingen met name de volgende punten van belang:

- In Europees verband vindt een voortschrijdende aanscherping van de typekeuringseisen ten aanzien van geluid plaats.
- Er wordt gewerkt aan een nieuwe typekeuringsmethode die beter dan voorheen een verband zal leggen tussen de typekeuringsresultaten en de geluidemissie op de weg.
- Momenteel vindt de implementatie plaats van de EU-richtlijn voor bandengeluid (Richtlijn nr. 2001/43/EG van 27 juni 2001 (PbEGL.211)).
- Binnen het Innovatieprogramma wordt gewerkt aan maatregelen om reeds vooruitlopend op of verdergaand dan de EU-eisen ten aanzien van motorvoertuigen en banden het gebruik van stillere uitvoeringen in Nederland te stimuleren.

3.3.2 Immissienormen wegverkeer

Op Europees niveau is de 'Richtlijn voor omgevingslawaai' vastgesteld [VROM]. De richtlijn omgevingslawaai geeft aan dat, ter bestrijding van de schadelijke gevolgen, de volgende instrumenten moeten worden toegepast:

- Vaststellen van de blootstelling aan omgevingslawaai door middel van geluidsbelastingkaarten;
- Vaststellen van actieplannen op basis van de resultaten van de geluidsbelastingkaarten;
- Voorlichting aan het publiek over omgevingslawaai en de aanpak daarvan.
- Introductie van de Europees geharmoniseerde dosismaat L_{den}

Geluidsgrootte L_{den} (day, evening, night) is de energetische som van de geluidsniveaus dag, avond, nacht:

$$L_{den} = 10 \cdot \log(12/24 \cdot 10^{L_{dag}/10} + 4/24 \cdot 10^{(L_{avond}+5)/10} + 8/24 \cdot 10^{(L_{nacht}+10)/10}) \text{ dB}$$

L_{night} is een maat voor de slaapverstoring.

In bijlage V en bijlage VI zijn waarden voor de maximale immissie opgenomen voor de verschillende Europese landen

3.3.3 Reken- en Meetvoorschriften

In het buitenland zijn soortgelijke reken- en meetvoorschriften als het Nederlandse RMV2002 opgesteld. Ook in deze methoden is het effect van voegovergangen niet meegenomen, met uitzondering van een Franse meetnorm, die een methode voorschrift om aan voegovergangen te meten, op basis van een SPB-meting, zie par. 4.2.2.

Rekenmethoden [9]:

- Richtlijnen für den Lärmschutz an Strassen, RLS-90; Duitsland (Bundesministerium für Verkehr, 1990)
- RVS 3.02, Lärmschutz, Oostenrijk
- Calculation of Road Traffic Noise, CRTN; Groot Brittannië (Department of Transport 1988)
- Guide du Bruit des transports Terrestres, GdB; Frankrijk (Ministère de l'environnement et du cadre de vie et Ministère des Transports Direction générale des transports intérieurs, 1980)

Meetmethoden:

- ISO norm 111819-1 "Acoustics; Measurements of the influence of road surfaces on traffic noise"
- ÖNORM S 5004 Noise immission measurement, 1998; Oostenrijk
- XP P98-095 Test relative to roadway expansion joints of road bridges - Methodology for in situ characterisation of acoustic emergence, 2002; Frankrijk

3.4 Geluidsverwijzingen in algemene voorschriften voegovergangen

Verwijzingen naar geluid in algemene voorschriften voor voegovergangen zijn slechts kwalitatief. Hieronder staan enkele voorschriften met indien van toepassing citaten verwijzend naar het geluidaspect bij voegovergangen.

- NBD 00710, 'Requirements for expansion joints
"Voegen die worden toegepast in een stedelijke omgeving moeten zodanig zijn uitgevoerd dat de geluidsproductie wordt geminimaliseerd."
- RVS 15.45
„Derzeit ist in der RVS 15.45 „Übergangskonstruktionen“ zwar ein Passus enthalten, der festlegt, dass Fahrbahnübergängen möglichst lärmarm ausgeführt werden sollen, ein Verfahren, welches das akustische Verhalten der einzelnen Konstruktionen objektiviert darstellen kann, fehlt allerdings.“
- ZTV-K 'Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen für Kunstbauten'
„0.3.1 1996: Die übergangskonstruktionen sind so zu konstruieren, dass beim Befahren möglichst geringe Stosseinwirkungen und Geräuschemissionen entstehen.“
- TL/TP FÜ 92, BAST
„2.3: Es sind möglichst geräuscharme Fahrbahnübergänge erwünscht. Die Massnahmen, die zur Beschränkung der Schallemission am Fahrbahnübergang vorgesehen sind, sind zu erläutern.“
Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 15/2002; Fahrbahnübergänge; Einsatzkriterien für lärmgeminderte Fahrbahnübergänge mit Regelprüfung nach den Technischen Liefer- und Prüfvorschriften für wasserundurchlässige Fahrbahnübergänge von Straßen- und Wegbrücken; Ausgabe 1992 (TL/TP-FÜ 92)
- Eurocode 3, 1993-2
EN 1993, Eurocode 3 (part 2): Design of steel structures
Annex B, technical specifications for expansion joints for road bridges.
Geen geluidsverwijzingen

3.5 Geluidsregelgeving aan referentieprojecten/ Analogieën

Naast de geluidsproblematiek aan voegovergangen wordt er gewerkt aan andere geluidsbronnen. De bronnen die analogieën vertonen met voegovergangsconstructies zullen in deze paragraaf aan de orde worden gesteld.

3.5.1 Stille stalen bruggen [3]

Binnen de DWW is het project Stille stalen bruggen gestart, dat als doel heeft geluidhinder rond bestaande en nieuwe stalen bruggen te verminderen. Hinder treedt voornamelijk op door het ontstaan van laagfrequent geluid.

Het volgende plan van aanpak zal worden gevolgd:

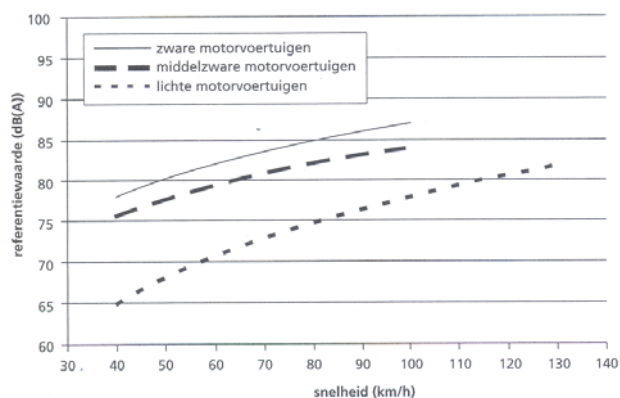
1. Inventarisatie geluidhindersituatie rond bestaande bruggen
2. Opnemen stalen bruggen in de modellering van het akoestisch onderzoek, RMW
3. Ontwikkelen rekenmodel ter beoordeling van constructieve maatregelen
4. Opstellen ontwerprichtlijn voor stille stalen verkeersbruggen
5. Pilot project stille stalen brug

Het project stille stalen brug is nog in een opstarttraject. Gezien de aanwezigheid van voegovergangen in stalen bruggen zal er kennisuitwisseling plaatsvinden met de betrokkenen van het project stille stalen bruggen [DWW, Van Vliet].

3.5.2 Stiller wegdek [2]

Nationale innovatieprogramma's als Wegen naar de Toekomst en het Innovatieprogramma Geluid (IPG) tillen de stand der techniek op stille wegdekgebied naar een hoger niveau. In het IPG werken de ministeries van VROM en V&W samen aan nieuwe bronmaatregelen om het geluid van rijkswegen en spoorwegen te reduceren. Hierbij krijgt ook de ontwikkeling van stille wegdekken een sterke impuls.

Inmiddels is op basis van een groot aantal metingen een rekenmethode opgezet waarbij de geluidsreductie van wegdek rekenkundig kan worden bepaald middels het zogenaamde reken- en meetvoorschrift RMW2002. Voorbeelden van stille wegdekken zijn enkellaags en tweelaags ZOAB.



Figuur 1. Geluidsniveaus van lichte, middelzware en zware motorvoertuigen op het referentiewegdek, op een meetafstand van 7,5 m en een meethoogte van 5 m

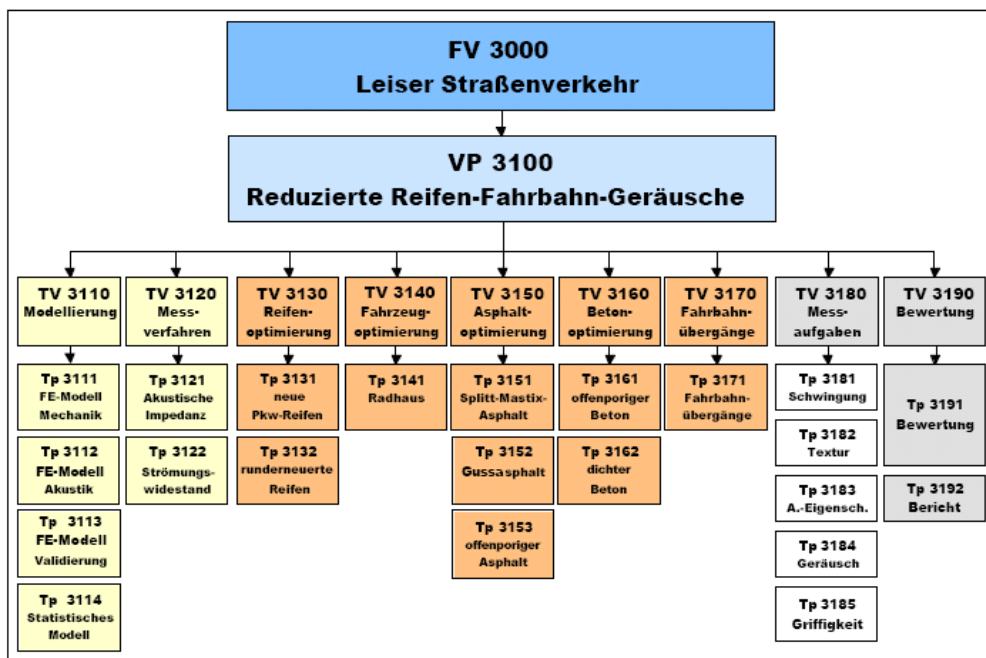
Figuur 3.2, Geluidsniveaus van lichte, middelzware en zware motorvoertuigen op het referentiewegdek oopen meetafstand van 7,5 m en 5 m hoogte

3.5.3 Metingen aan dynamische bewegwijzering

In Nederland wordt door M+P Raadgevende ingenieurs bv in opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouw metingen uitgevoerd aan dynamische bewegwijzering, wat eveneens als voegovergangen direct bereden wegonderdelen zijn en geluidshinder kunnen veroorzaken.

3.5.4 Leiser Verkeer, BASt

Een Duitse tegenhanger van het IPG in Nederland is het Duitse onderzoeksprogramma ‘Leiser Verkehr’, uitgevoerd door het Bundesamt für Strassenverkehr (BASt). Binnen dit programma wordt aandacht besteed aan voegovergangsconstructies en zijn inmiddels al een groot aantal metingen verricht.



Figuur 3.3, Projectschema „Leiser Verkehr“ [BASt]

3.5.5 Industrielawaai

Gezien het pulsmatige karakter van geluid nabij voegovergangsconstructies is het raadzaam een link te leggen naar de invloed van Industrielawaai op geluidshinder, dat eveneens pulsmatige belastingen kent. Voor de bepaling van hinder door Industrielawaai wordt gebruik gemaakt van reken- en meetvoorschriften Industrielawaai, die een analogie vertonen met het reken- en meetvoorschrift verkeerlawaaai.

3.5.6 Railverkeer

Railgeluid is een belangrijke hinderbron. Vooral bij de aanleg van de HSL is het geluidsaspect nauwkeurig beschreven in relatie tot hinder voor omwonenden. Functionele eisen geluidshinder kunnen worden afgeleid uit de handleiding Reken -en meetvoorschrift railverkeer. In de versie 2004 staan de correctie factoren beschreven voor voegloos- en voegspoor. Een directe meetmethode voor rails is niet beschreven, wel is in de versie 2004 de Europese norm prEN 3095 opgenomen, die een meetmethode voor de trein incl. rails beschrijft.

3.6 Conclusies

Dit hoofdstuk geeft een opsomming van geluidswetgeving algemeen en specifiek voor voegovergangsconstructies. In het algemeen geldt in Nederland de wet geluidhinder. Voor de bepaling van geluidsniveaus wordt het reken- en meetvoorschrift verkeerslawaai toegepast. Hierin worden veel geluidseffecten rond verkeerswegen meegenomen maar niet die van voegovergangen. Internationaal gezien geldt er regelgeving voor geluidsemisatie en zijn er beleidsdocumenten voor de afstemming van immissienormen, eenheden en meetmethoden. Verwijzingen naar voegovergangen in voorschriften zijn slechts kwalitatief: 'voegen dienen geluidsarm uitgevoerd te worden'. In Frankrijk is een conceptnorm ontwikkeld die voorschrijft bij voegovergangen maximale geluidsniveaus te meten in plaats van de gebruikelijke equivalente geluidsniveaus, zodat die een goede basis kan vormen voor in de toekomst uit te voeren metingen aan voegovergangen. Wetgeving aan industrielawaai kan houvast bieden voor het beschouwen van voegovergangsgeluid vanwege overeenkomsten in het impulsmatige karakter van het geluid.

4. Geluidsmetingen

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden diverse methoden beschreven om te meten aan geluid, waarna een samenvatting wordt gegeven van literatuuronderzoek betreffende meetresultaten van reeds gedane geluidsmetingen aan voegovergangen in het buitenland. Daarna wordt ingezoomd op tussenresultaten van metingen recent uitgevoerd aan voegovergangen bij de IJsselbrug in Deventer en de Maasbrug bij Heumen.

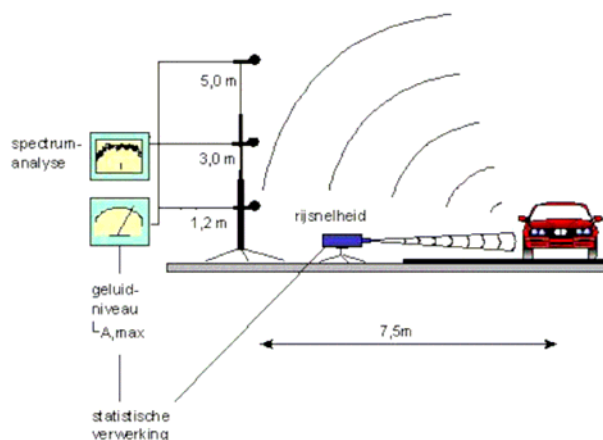
4.2 Meetmethoden

4.2.1 Standaard meetvoorschrift RMW2002, bijlage III

Het Standaard meetvoorschrift RMW2002, bijlage III geeft basisregels op basis waarvan equivalente geluidsmetingen kunnen worden gedaan, bijvoorbeeld aan de gevels van woningen om de invloed van dagelijks wegverkeer te bepalen. Hierbij zijn procedures aangegeven welke in acht genomen moeten worden bij het uitvoeren en rapporteren van metingen en meetresultaten (zie ook par. 3.1.2).

4.2.2 SPB-methode [2]

De Statistical Pass-by (SPB) methode wordt gebruikt om de geluidtechnische eigenschappen van een wegdek voor lichte, middelzware en zware motorvoertuigen vast te stellen. De SPB-methode is vastgelegd in de ISO standaard 11819-1 "Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise - part 1: The Statistical Pass-by method". In deze standaard wordt een microfoon op 7,5 m uit het hart van de rijbaan en op 1,2 m hoogte geplaatst. Het is echter bekend dat bij deze microfoonhoogte het overdrachtsgebied een ongewenste invloed heeft op het meetresultaat. Daarom wordt in Nederland in het algemeen voor een microfoonhoogte van 5,0 m gekozen.



Bij iedere voertuigpassage worden het maximale A-gewogen geluidniveau en de voertuigsnelheid in km/u geregistreerd. Per voertuigcategorie worden de resultaten verwerkt in een scatterdiagram waarin het maximale geluidniveau van een passage als functie van de logaritme van de snelheid staat weergegeven. Uit dit scatterdiagram wordt vervolgens de best-passende lineaire functie bepaald. Naast het meten van het maximale geluidniveau tijdens iedere voertuigpassage wordt ook in minimaal 10% van de passages de spectrale verdeling gemeten.

Figuur 3.4, SPB-meetopstelling [18]

4.2.3 CPB-methode

Deze is voor een groot deel gelijk aan de SPB-methode, maar dan met gestandaardiseerde voertuigen in tegenstelling tot klassen voertuigen.

4.2.4 CPX-methode

Het doel van de Close-Proximity (CPX) methode is de homogeniteit van een wegdek te beoordelen. Een voorlopige opzet voor de standaardisatie van deze methode is weergegeven in ISO-draft 11819-2. De CPX-methode is ontworpen om de invloed van de wegdekeigenschappen op verkeerslawaaai te evalueren op verschillende secties van een wegdek. Het rolgeluid van een viertal nauwkeurig gespecificeerde referentiebanden wordt bemeaten met microfoons die dichtbij het band/wegdek contactvlak zijn gemonteerd. Met een meetaanhanger wordt over een willekeurig of een gedefinieerd deel van een weg gereden. De verkregen resultaten worden genormaliseerd op standaard snelheden behorende bij de categorie van de weg. Deze methode kan worden ingezet om wegen in grotere gebieden te monitoren op hun geluidreductie en de staat van het onderhoud aan deze wegdekken.

4.2.5 Frans meetvoorschrift voegovergangen

Het Franse meetvoorschrift XP P98-095 'Test relative to roadway expansion joints of road bridges - Methodology for in situ characterisation of acoustic emergence' is een meetnorm gebaseerd op de SPB-methode met extra eisen voor metingen aan voegovergangen. Belangrijkste wijziging met de gebruikelijke SPB-methode is het meten van L_{amax} -niveaus (geluidspieken) in plaats van het bepalen van equivalente geluidsniveaus (lange tijd-gemiddelden).

4.2.6 Prüfstand fahrzeug/fahrbahn (PFF) [BASt]

BASt heeft voor speciale onderzoeken aan bandrolgeluid een installatie, PFF, een magnetisch aangestuurde, open cilinder. Op de binnenring van de cilinder zijn stukken wegdek en voegovergangen te modelleren. Op diverse afstanden tot het model kan de geluidsterkte bepaald worden. Metingen worden uitgevoerd bij 4 typen banden bij snelheden van 60, 80, 100 en 120 km/u.

4.2.7 Meting volgens handleiding industrielawaai

De handleiding meten en rekenen industrielawaai vertoont grote overeenkomsten met het reken- en meetvoorschrift verkeerslawaaai. In de handleiding meten en rekenen industrielawaai wordt echter speciale aandacht besteed aan het meten van impulsachtig geluid, o.a. door het meten van maximale geluidsniveaus (L_{amax}) en door het bepalen van toeslagfactoren voor pulsmatig geluid.

4.2.8 Pulsgeluidmetingen

Bij pulsgeluidmetingen wordt de zogenaamde 'Impulse' stand gebruikt bij het bepalen van de geluidsniveaus. Relatie met Industrielawaai en schietlawaaai.

4.3 Reeds uitgevoerde metingen aan voegovergangen

4.3.1 Inleiding

Deze paragraaf geeft samenvattingen van Europese geluidsonderzoeken aan voegovergangen; globaal zal de meetopstelling besproken worden. In bijlage VII is een tabel opgenomen die waar mogelijk de resultaten weergeeft van deze onderzoeken. De resultaten van de onderzoeken zijn moeilijk te vergelijken door de diversiteit in meetmethode, afstand tot bron, etc. De resultaten van metingen die volgens gelijke methode zijn uitgevoerd zijn bij elkaar gezet. Bovendien zijn meetresultaten waar mogelijk teruggerekend naar een referentieniveau op 5 m hoogte. Op 5 m hoogte zijn veel gegevens van wegdekken bekend en is een referentiewegdek bepaald voor verschillende voertuigen bij variabele snelheid, zie 3.5.2. Daarom kunnen op die hoogte geluidsniveaus met elkaar vergeleken worden. Opgemerkt dient te worden dat berekende waarden kunnen afwijken van exacte waarden, vanwege onzekerheden.

Van de metingen is zo veel mogelijk informatie vastgelegd; tabel 4.1 geeft een overzicht van de verzamelde gegevens, met waar nodig enige toelichting.

Tabel 4.1, Overzicht gegevens geluidmetingen; toelichten op tabellen in bijlage VII

Algemeen	Opdrachtgever	-
	Meetinstantie	-
	Meetlocatie	-
	Datum	Uitgevoerde meting
Voegtype	Voegsoort	Familienaam
	Merk	-
	Type	-
	Variant	Geluidsreducerende oplossing
Meetcondities	Openingsstand	Dilatatie bij meting
	Hoogte rijbaan boven voeg	Gemeten ter plaatse
	Conditie voeg	Algemene beschrijving
	Wegdektype	Type wegdek naast voeg
	Weersomstandigheid	Temperatuur, weertype
	Rijrichting	-
	Soort brug	Type brug
	Opm.	Algemene opmerkingen bij meting
	Hoogte meting	Gemeten vanaf rijbaan
	Afstand tot midden rijbaan	Gemeten vanaf meetpunt
	Afstand tot ref. punt	Afstand meetpunt voeg en meetpunt wegdek
	Resultaten	$L_{af,max}$ voeg
$L_{af,max}$ wegdek		Piekniveau [dB] wegdek
$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)		Verschilniveau voeg en wegdek
Afstand meetpunt-meetpunt 5 m		-
$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)		Verschilniveau meting en referentie 5m
$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte		Piekniveau [dB] referentiemeetpunt
$L_{af,max}$ referentiewegdek 5m		Piekniveau [dB] referentiewegdek
$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])		Verschilniveau referentiepunt voeg en referentiewegdek
$L_{af,max}$ onder brug		Piekniveau [dB] onder voeg
$L_{a,eq}$ voeg		Equivalent niveau [dB] voeg
$L_{a,eq}$ wegdek		Equivalent niveau [dB] wegdek
$\Delta L_{a,eq}$ (voeg-wegdek)		Verschil equivalent niveau [dB] voeg-wegdek
$L_{a,eq}$ onder brug		Equivalent niveau [dB] onder voeg
tijdseenheid [ms]		Tijdsduur meting equivalent niveau
Type voertuig		LV = personenauto, MV = middelzwaar voertuig, ZV = zwaar voertuig
Aantal voertuigen		Aantal representatieve voertuigen
Snelheid voertuig [km/u]		-

Belangrijke meetgegevens zijn absolute waarden van piekgeluidniveau (L_{amax}) aan de voegovergang en aan het wegdek. Daarnaast is het van belang het verschil in geluidsniveau te weten tussen de niveaus aan de voegovergangen en aan het wegdek (ΔL_{amax}). Equivalente (L_{aeq}) geluidsniveaus geven informatie over de mate van hinder die verwacht kan worden in relatie tot de gemeten piekgeluidwaarden; daarom is het ook interessant de equivalente geluidsniveaus te bepalen.

4.3.2 BAST- in situ (Duitsland) [12]

De eerste geluidsmetingen zijn in 1986 in opdracht van de BAST uitgevoerd aan een mattenvoeg bij de 'Rheinbrohlbrücke' in Duitsland, volgens de cpb-methode.

In 1997 zijn metingen uitgevoerd aan de 'Rodenkirchener Rheinbrücke' naar aanleiding van klachten van geluid onder brug. Op 4 meetpunten boven en onder de brug is het equivalente geluidsniveau bepaald over periodes van 1.5 uur. Verschillende openingsstanden van de voeg 28-32 mm zijn onderzocht. Door de kleinere openingsstand werd direct onder de brug een terugname van 4 dB gemeten, voor de overige meetpunten was de terugname beperkt. Bovendien is voor het geluid onder de brug een spectrale verdeling bepaald.

In 1997 zijn opnieuw metingen uitgevoerd aan de Rodenkirchener Rheinbrücke om een betere verklaring te vinden voor het laagfrequente geluid onder de brug. Hiervoor zijn emissie en immissiemetingen gedaan aan de 4 lamellenvoegen bij de brug op 8 m vanaf rijbaanmidden, bij de voeg en 70 m ervoor en onder de brug. Van deze metingen zijn alleen de frequentiespectra gepubliceerd.

Resonantiefrequenties zijn gevonden bij 63, 125, en 400-600 Hz (trillingen constructie). Er zijn trillingsmetingen aan de brug uitgevoerd om een verklaring te vinden voor de geluidsfrequenties onder de brug. Verwacht wordt dat de lage frequenties door trillingen van onderdelen van de stalen brug, met grote plaatdelen, worden veroorzaakt.

Bovendien is het wegprofiel in kaart gebracht, om een relatie te vinden van de homogeniteit van het wegdek en de voeg. Er zijn geen uitspraken gedaan over de invloed van oneffenheden op het geluidsniveau. Bij de immissiemetingen zijn de maximale geluidsniveaus, L_{amax} bepaald. DIN45645 beschrijft een methode om de waarden 'fast' te corrigeren voor impulswaarden, waar optredend geluid een pulsmatig karakter heeft. Voor een aantal meetpunten is een zogenaamde impuls-toeslag K bepaald, die het verschil aangeeft tussen een 'impulse'-meting en een 'fast'-meting.

In 1990 is door FIGE een "rollverschluss" bemeten. Voor vergelijk is in 1999 opnieuw een rollverschluss bemeten door BAST, volgens de SPB-methode op 1.2 m hoogte en 3.6 m vanaf rijbaanmidden. Er zijn geen piekfrequenties te zien in de frequentiespectra.

Bij een SPB-meting in Suben is het effect onderzocht van de toepassing van een zandlaag op lamellen. Uit de metingen blijkt de zandlaag niet het geluid te reduceren, integendeel, zelfs te verhogen.

4.3.3 BAST- testterrein (Duitsland)

[12]

In 1999 zijn in de PFF lamellenvoegen gesimuleerd met geluidsreducerende oplossingen, met meetpunten direct naast de opstelling op 1 m, onder hoeken van 45° , en op een afstand van 7.5 m. Opgemerkt dient te worden dat in de PFF voegen gesimuleerd zijn en dat dus niet originele constructies zijn beproefd. De gesimuleerde lamellenvoeg zonder maatregelen is 10 dB luider dan de referentie, een gesimuleerd betonnen wegdek met 'jutedoektextuur'.

De volgende geluidsverminderende oplossingen zijn onderzocht in de PFF (met name gericht tegen het 'wasbordeffect' van lamellenvoegen):

- Toplaag van lamellen bedekt met schuurpapier (tegen air-pumpinggeluid)
- Opvullen van dilatatiespleten met 'moosgummi'

- Sinusplaten op lamellen

Bij de metingen zijn naast de geluidsniveaus frequentiespectra bepaald. Geluiden boven 1000 Hz, veroorzaakt door air pumping, worden weggedempt door de sinus-bekleding.

[27]

In 2001 zijn in opdracht van de firma Sollinger Hütte effecten bestudeerd van geluidsverminderende oplossingen aan lamellenvoegen. De bedoeling was proeven te doen aan de PFF, wegens het tijdelijk niet beschikbaar zijn van de PFF is uitgeweken naar het testterrein van de FTVA (Fahrzeugtechnischen Versuchsanlage, BAST), waarbij de voegen nagebootst zijn in het wegdek, met verschillende voegvullingen en toplagen van lamellen. Er zijn vervolgens CPB-metingen uitgevoerd. Uit de resultaten blijkt een sinus-toplaag van de lamellen het geluidsniveau met ongeveer 5-4 dB te verlagen. Een smalle voegafsluiting blijkt het niveau rond 5 dB te verlagen; een brede voegafsluiting blijkt het niveau rond 6 dB te verlagen.

[17]

In het kader van BAST-project Leiser Verkehr, deelproject 'reduzierte Reifen-Fahrbahn-Geräusche' zijn in 2003 door Müller-BBM CPB-metingen verricht aan diverse typen voegovergangen en geluidsarme oplossingen op testterrein Sperenberg. Diverse parameters die van invloed zijn op het geluidsniveau nabij de voegovergang zijn in gecontroleerde omstandigheden getest en beschreven. Voor de testen zijn 2 soorten personenauto's en 1 soort vrachtauto gebruikt.

Op acht plaatsen nabij de voeg zijn microfoons geplaatst. Meetpunt 1, 40 m voor de voegovergang, jutedoekbeton, meetpunt 2, 20 m voor de voegovergang, jutedoekbeton, meetpunt 3, voegovergang, meetpunt 4, 40 m achter de voegovergang jutedoekbeton. Bij alle meetpunten zijn zowel ten noorden als ten zuiden van de voertuigpassage microfoons geplaatst. Geluid onder de voeg is hiermee niet bepaald, maar horizontale richtingsuitstraling is in kaart gebracht. Bovendien zijn de effecten van diverse openingsstanden van voegen gemeten. Bij alle metingen zijn L_{amax} -waarden en geluidsspectra bepaald.

4.3.4 FIGE (Duitsland) [12/13]

In 1990 zijn in opdracht het 'Forschungsinstitut Geräusche und Erschütterungen' 4 lamellen en een rollverschluss getest. Hiervoor zijn CPB metingen verricht op 1.2 m hoogte, 7.5 m afstand tot midden rijbaan, waarbij verschildmetingen zijn bepaald van passage aan de voegovergang en aan omliggend wegdek, 'gussasfalt'. De resultaten uitgevoerd achter geleiderails zijn gecorrigeerd voor een situatie met vrije geluidsuitbreiding.

4.3.5 Maurer, Müller-BBM (Duitsland) [24]

In 1992 zijn er in opdracht van firma Maurer Söhne aan diverse typen voegen CPB-metingen uitgevoerd op 3 m vanaf midden rijbaan, op 1.5 m hoogte aan de voeg en aan een referentiepunt op 25 m. Er is voor testvoertuigen gekozen omdat de verwachte afwijking van meetresultaten zo beperkt wordt, t.o.v. metingen aan normaal verkeer (SPB). Opgemerkt wordt dat de bepaalde L_{amax} door bepaling 'fast' 2 dB lager kan zijn dan het impuls geluidsniveau dat in werkelijkheid optreedt. Uit de meetgegevens blijkt de volgende relatie tussen voertuigsnelheid en geluidsniveau: $L_{\text{amax}}(v) = L_{\text{amax}}(80 \text{ km/h}) + 24 \log(V/80 \text{ km/h})$.

Geluidsreducerende maatregelen aan bovenkant van lamellen blijken effectief tegen geluidsstraling aan de bovenkant te zijn. Inkasten van de voeg aan de onderkant blijkt effectief te zijn voor de geluidsstraling aan de onderkant.

In 1996 zijn de effecten van enkele geluidsverminderende oplossingen onderzocht i.s.m. BAST met als doelstelling geen piekgeluiden te verkrijgen nabij voegen.

- De volgende alternatieven voor inkastingen aan de onderkant van de voegen:
 - neopreenophangingen
 - roestvaststaalbakken met inliggende mineraalwol
 - platen op dragers met mineraalwol
- Er is een eerste aanzet gedaan voor de effecten van enkel en dubbelzijdige geluidswanden bij voegen;

- Een straat als tunnel is getest;
- Afdekkingen aan de bovenkant van lamellen om een geleidelijker contactvlak van banden aan lamellen te verkrijgen. Deze afdekkingen kregen de vorm van een sinus en ruiten;
- Bitumineuze voegen en vingervoegen zijn beproefd;
- De toepassing van een elastomeerprofiel, dat de gehele dilatatiespleet vult tot aan de bovenkant, om een vlakke rijbaan te verkrijgen;
- De effenheid van de aansluiting van voegovergang en rijbaan is bestudeerd.

In 2000 zijn opnieuw aan de Inntalbrug bij Suben metingen verricht om een vergelijking te maken tussen de toepassing van nieuwe ruitenvoegen en oude lamellenvoegen waaraan in 1999 metingen zijn verricht door Müller-BBM in opdracht van VHFL. Emissiewaarden zijn bepaald m.b.v. CPB-methode. Bovendien is er een microfoon onder de voeg geplaatst. Naast geluidsniveaus zijn er resultaten van frequentiespectra.

4.3.6 VHFL, Müller-BBM (Duitsland) [24]

In opdracht van de VHFL (Vereinigung der Hersteller von Fahrbahnübergängen und (Brücken)Lagern) zijn door Müller-BBM CPB-metingen verricht aan diverse voegtypen tussen 1998 en 1999. Metingen zijn uitgevoerd direct aan de voegen en aan een referentiewegdek op 30 m. Naast geluidsniveaus zijn ook frequentiespectra bepaald. Geluidsniveaus zijn teruggerekend naar bronniveau, d.w.z. emissiewaarden. De richtingswerking van de geluidsafstraling van de voeg is bepaald, recht voor voeg blijkt het niveau 9 dB hoger te liggen vergeleken met het niveau direct naast de voeg.

Er is nog onduidelijkheid over richtingsafhankelijke geluidsstraling van voegovergangen. Deze is anders voor een zijkant of de achterkant. Achterkant is hoger. De pff kan hierover meer duidelijkheid verschaffen. De resultaten van de test-personenauto uit 1999 kan worden vergeleken worden met metingen aan de Inntalbrug bij Suben in 2000; er is echter een ander type vrachtwagen gebruikt.

Bij het onderzoek zijn de volgende conclusies getrokken:

- Richtingswerking dient nader vastgesteld te worden;
- Er is een voorkeur voor het gebruik van testwagens; geen variatie in snelheden, bandtypen en belastingen;
- Immissieberekeningen uitvoeren voor uitbreiding van geluid;
- Door berekeningen of door metingen omgevingsgeluid bepalen;
- Indien $L_{aeq} > L_{amax} + 10$ voeg, voeg niet kritisch.

Aan de hand van bovenstaande conclusie is een concept geluidseis geformuleerd:

In woongebieden aan nieuwe of veranderde straten geldt een maximale immissiewaarde van 49 dB; dit betekent een net waarneembaar voeggeluid van 40 dB, waaruit een toegestane emissiewaarde van 90 dB geldt voor een voeg bij een woning op 100 m afstand en een waarde van 110 dB bij een woning op 600 m afstand. Bij kleinere afstanden zijn extra maatregelen te nemen.

4.3.7 Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (Duitsland) [14]

In 1998 en 1999 zijn in opdracht van het Bayerisches Landesamt für Umweltschutz diverse in situ metingen aan lamellenvoegen, vingervoegen, randprofielvoegen en een rollverschluss uitgevoerd. Metingen vonden plaats op 1.5 m hoogte, 5.9-6.3 m afstand tot midden rijbaan, vóór en na de voeg op 10 m afstand. Voor 3 typen voertuigen zijn maximale geluidsniveaus gemeten in stand 'fast' (125 ms) en 'impulse' (40 ms). Ook het effect van inkasten van de voeg aan de onderkant is bestudeerd

Bij het bepalen van het geluidsniveau van de voeg wordt rekening gehouden met invloed van een toevallige passage op 10 op afstand. Daarom wordt voor de bepaling van het geluidsniveau van de voeg de waarde bij de referentie op 10 m energetisch afgetrokken:

$$L_{AFmax, \text{voeg}, 0} = 10 \log [10^{0,1 * L_{AFmax, \text{voeg}}} - 10^{0,1 * L_{AFmax, \text{weg}}}]$$

$$\Delta L = L_{AFmax, \text{voeg}, 0} - L_{AFmax, \text{weg}}$$

Bovendien is de richtingswerking van het geluid bestudeerd: in rijrichting $\Delta L = 5-6$ dB, tegen rijrichting in: $\Delta L = 7-9$ dB

'Impulshaltigheid', het effect van impuls karakter van het voeggeluid is onderzocht, hiervoor zijn rekenmethoden vergeleken, die ook worden gebruikt bij het bepalen van impuls geluid bij schietterreinen. Op basis van metingen en berekeningen wordt voorgesteld per type voeg een afstand tot bebouwing aan te geven waarvoor geen extra maatregelen ter bescherming van het geluid genomen hoeven te worden.

4.3.8 Mageba, Interakustik (Zwitserland) [23]

In 2003 is door de firma Mageba de opdracht gegeven de invloed op het geluidsniveau van sinusplaten op lamellen te onderzoeken. Hiervoor zijn SPB metingen uitgevoerd op 1.5 m hoogte, 4 m afstand tot midden rijbaan bij de voeg en op een referentiepunt op 30 m van de voeg. De resultaten van dit onderzoek worden vergeleken met resultaten van Müller-BBM aan lamellenvoegen zonder sinus-platen.

4.3.9 psiA-Consult (Oostenrijk) [10]

In 2004 zijn in opdracht van de ÖSAG (Österreichische Autobahnen- und Schnellstraßen-Aktiengesellschaft) een lamellenvoeg en een vingervoeg onderzocht. Metingen zijn allereerst uitgevoerd aan de lamellenvoeg, die later vervangen is door een vingervoeg. Hierdoor zijn de resultaten van de geluidsniveaus goed met elkaar te vergelijken. Opgemerkt dient te worden dat niet alleen de voeg is vervangen maar dat ook een nieuw asfalt is gelegd bij het plaatsen van de vingervoeg.

Er zijn SPB-metingen verricht op 1.3 m hoogte, op 3 m afstand tot de voeg en op een referentie op 30 m afstand. Bij de eerste meting zijn meerdere meetpunten bepaald, waarvan enkele geen toegevoegde waarden bleken te hebben. Bij de tweede meting zijn uiteindelijk 3 meetpunten aangenomen. De metingen zijn gebaseerd op de Franse norm voor metingen aan voegovergangen. Bij de metingen is echter niet alleen het geluidsniveau L_{amax} , maar ook de SEL bepaald. Ook het niveau onder de brug is bepaald.

- Het verschil tussen SEL en $L_{\text{A,max}}$ is bij het referentieasfalt ± 2 dB, bij de voeg ± 5 dB.
- Vrachtwagens hebben waarschijnlijk voor de voeg geremd, wat in verhouding dus lagere emissie bij voeg oplevert.
- Het geluidsniveaoverschil tussen de voeg en het asfalt bleek bij de vingervoeg lager dan bij de lamellenvoeg (maar de referentiewaarde was ook wel hoger)
- Het meetpunt onder de lamellenvoeg gaf ongeveer 12 dB lagere niveaus in vergelijking met het referentiepunt, waarbij er geen onderscheid bleek te zijn in het niveaus ten gevolge van verschillende voertuigen
- Het meetpunt onder de vingervoeg gaf ongeveer 17 dB lagere niveaus in vergelijking met het referentiepunt.

4.3.10 RSAG (Zwitserland) [28]

In 1998 en 2000 zijn aan twee typen voegovergangsconstructies metingen verricht, een DEMAG-voeg in de oude situatie en het type SILENT-JOINT 900 die voor de DEMAG-voeg in de plaats is gekomen. Er zijn SPB metingen verricht waarbij L_{amax} , L_1 en L_{aeq} is bepaald bij voeg en referentiepunt.

Er is boven de brug een merkbare reductie van piekniveaus. De equivalente geluidsniveaus zijn nauwelijks afgenomen. De vervanging van de voeg heeft ertoe geleid dat onder de brug geen merkbare invloed van de voegovergang wordt waargenomen.

4.3.11 ALGA (Italië)

In 1992 zijn aan een Demag-voeg en aan een Algaflex-voeg CPB-metingen verricht. Er wordt geconcludeerd dat de geluidsniveaus van de Algaflexvoeg lager liggen dan die van de Demag-voeg.

4.4 Metingen M+P (Nederland)

4.4.1 Inleiding

In de IJsselbrug te Deventer bevindt zich een lamellenvoeg die in de toekomst vervangen zal worden door een vingervoeg. Om een beeld te krijgen van de geluidsemisatie en om een vergelijking te maken tussen beide typen voegovergangen is voorgesteld metingen te verrichten aan de lamellenvoeg, voordat deze uitgebouwd wordt en op latere termijn aan de vingervoeg.

Op basis van voorlopige resultaten van dit onderzoek is onderstaande meetprocedure voorgesteld die in grote lijnen overeen komt met metingen uitgevoerd door psiA-Consult, zie 4.3.9.

Meetvoorwaarden akoestisch onderzoek aan voegovergangen

Dit meetonderzoek zal worden uitgevoerd ter bepaling van de invloed van voegovergangen op geluidsemisatie bij snelwegen. De meetprocedure zal moeten afwijken van de standaard SPB-methode (ISO 11819-1). De noodzaak voor de afwijking van SPB-methode is om op basis van extra meetgegevens een vergelijking te kunnen maken tussen geluidsniveaus op locaties met en zonder voegovergangen. Bovendien dient de invloed van geluid aan de onderzijde van de brug in kaart te worden gebracht.

Meeteisen

Algemeen

- Eisen volgens RMV 2002, bijlage III

Specificatie artikel 3.4 'Meetplaats' :

Metingen zijn gevraagd op 5 locaties:

- MP1+2: Aan de voegovergang, op 7.5 meter afstand van midden rijbaan, 1.2 m hoogte en 3m hoogte (Harmonoise meethoogte);
- MP3+4: Referentiepunt op 30 m afstand van de voegovergang, mits zelfde type wegdek, op 7.5 meter afstand van midden rijbaan, 1.2 m hoogte en 3m hoogte (Harmonoise meethoogte);
- MP5: Meten onderzijde brug, op minimaal 1 m van de constructie.

Gevraagde geluidsniveaus per meetlocatie

- $L_{A,eq}$ over hele meting
- $L_{AF,max}$ individuele voertuigpassage; 125 ms

Akoestisch rapport en analyse

Algemeen

- Eisen RMV 2002, bijlage IV
- Bepaling verschillen in geluidsniveaus tussen referentiepuntmeting en overige meetplaatsen voor drie afzonderlijke geluidseenheden; waarbij bovendien de invloed van snelheid en voertuigtype inzichtelijk wordt gemaakt.

Eind augustus en begin september 2005 zijn door M+P Raadgevende ingenieurs bv metingen verricht. Niet alleen aan de IJsselbrug in Deventer, maar ook aan de Maasbrug in Heumen is gemeten, waar zich naast een Maurer lamellenvoeg een Maurer XL voeg bevindt, een lamellenvoeg met geluidreducerende ruiten aan de bovenkant.

Uitgevoerde metingen:

22-08-05: Meting uitgevoerd aan IJsselbrug, Maurer balkroostervoeg

01-09-05: Meting uitgevoerd aan brug Heumen, Maurer XL-voeg en Maurer 'schwenktraversevoeg'.

4.4.2 Verloop metingen en voorlopige conclusies

Op enkele punten is afgeweken van de voorgestelde meetmethode. Belangrijkste wijziging is het meten van de geluidsniveaus op 5 m hoogte in plaats van 1.2 m. Bovendien zijn equivalente geluidsniveaus bepaald over een tijdsduur van 10 tot 15 minuten en zijn geen maximale geluidsniveaus onder het kunstwerk bepaald, maar equivalente niveaus. Het was lastig te meten aan de zoab; zodra het equivalente geluid laag is kan er gauw stoorgeluid optreden. Daarom kan het raadzaam zijn metingen 's avonds uit te voeren, mits er voldoende representatieve voertuigen gemeten zullen worden. Door 's avonds te meten zijn er relatief meer voertuigpassages geschikt voor de meting.

Het wordt geadviseerd meetresultaten te vergelijken ten opzichte van een harde referentie. Hiervoor kan het referentiewegdek beschreven in 3.5.2 worden gebruikt.

Bij de lamellenvoeg in Heumen bevindt zich een drempel, die een invloed zal hebben op het ontstaan van de geluidspiek. Daarom is de meting aan deze lamellenvoeg niet representatief. De voorlopige resultaten van het onderzoek zijn opgenomen in de tabel in de bijlage VII.

4.4.3 Vervolgonderzoek [18]

Metingen aan onderkant brug

Onder de brug is laagfrequent geluid dominant. Er is nog weinig inzicht in de geluidsuitbreiding onder en naast de brug. Het wordt geadviseerd nader onderzoek te doen op basis van extra metingen uitgevoerd aan de A73, zuidzijde om een exacte meetlocatie vast te stellen aan de onderzijde van een kunstwerk, als voorspeller van de hinder van omwonenden.

Vingervoeg Deventer

Bovendien zullen er aan de IJsselbrug in Deventer opnieuw metingen uitgevoerd worden, wanneer de nieuwe vingervoeg is ingebouwd en het verkeersbeeld zich tot een representatief niveau heeft hersteld.

4.5 In buitenland geplande metingen

In Duitsland en Oostenrijk zal de komende jaren onderzoek worden uitgevoerd naar voegovergangsgeluid. Naast metingen in situ wordt voorgesteld metingen te verrichten op een proefterrein. Het overkoepelende onderzoekskader van de BASt is het 'Leiser Verkehr 2'-programma, dat mede in samenwerking zal zijn met Maurer Söhne en RW-Sollinger Hütte. Doel van het project is een kwantitatieve geluidseis vast te stellen voor voegovergangen met bijbehorende meetmethode, precies zoals het er hier in Nederland aan ontbreekt.

Ook in Oostenrijk zal in de loop van 2006/2007 een onderzoek gestart worden waarin eenduidige voorstellen worden gedaan voor metingen op proefterreinen en in situ-metingen [11]. Hiervoor wordt een representatief testvoertuig vastgesteld, zullen aan alle voegenfamilies metingen worden verricht, zal vastgesteld worden in hoeverre meetresultaten in situ en op een testterrein vergeleken kunnen worden, zal het effect van spoorvorming getest worden en voorstellen gedaan worden voor geluidsvoorschriften en classificering van voegovergangstypes.

4.6 Conclusies

In dit hoofdstuk zijn metingen beschreven die in het verleden aan diverse voegovergangsconstructies zijn uitgevoerd. Resultaten zijn moeilijk te vergelijken vanwege de diversiteit aan meetmethoden die zijn toegepast voor het bepalen van het geluidsniveau. Naast het bepalen van verschillende soorten niveaus is gebruik gemaakt van in-situ gegevens bij SPB en CPB methoden. Daarnaast is op testterreinen gemeten en onder laboratoriumomstandigheden. In het kader van dit project zijn door M+P raadgevende ingenieurs bv metingen uitgevoerd aan de IJsselbrug in Deventer en aan de Maasbrug in Heumen.

Globaal liggen meetresultaten van L_{\max} bij de voegovergang op 7.5 m van midden rijbaan tussen 85 en 95 dB. De piekwaarden bij voegovergangen zijn tot 10 dB hoger dan het omliggende wegdek. Gemiddeld liggen equivalente geluidsniveaus (L_{aeq}) bij de voegovergang op 7.5 m van midden rijbaan tot 2 dB hoger dan het omliggende wegdek.

5. Inventarisatie voegovergangen en geluidsarme oplossingen

5.1 Inleiding

In hoofdstuk 4 zijn achtergronden en resultaten beschreven van in Nederland en in buitenland uitgevoerd geluidsonderzoek aan voegovergangen. Op basis van deze resultaten is een inschatting te maken van geluidsarme typen voegovergangen en van geluidsreducerende maatregelen bij voegovergangen. In dit hoofdstuk zullen deze geluidsarme oplossingen worden gepresenteerd en vergeleken worden. Opgemerkt dient te worden dat meeste geluidsmetingen zijn verricht aan meervoudige voegen (met name lamellenvoegen). In dit rapport ligt echter de nadruk op enkelvoudige voegovergangen, waar dus nog weinig meetresultaten van bekend zijn.

5.2 Geluidsarme voegovergangen

5.2.1 Overzicht geluidskwaliteit

In tabel 5.1 is een overzicht gegeven van de voegovergangsfamilies (randprofielvoegen, vingervoegen, mattenvoegen, flexibele voegen, verborgen voegen, overige typen voegovergangen) met types en een kwalitatieve waardering van het te verwachten geluidskwaliteit van de voeg. Er zijn te weinig metingen verricht aan onderstaande types om een goed onderbouwde vergelijking te maken. De waarden in de tabel zijn gebaseerd op ruwe schattingen. Het is zinnig in de toekomst metingen te verrichten aan deze voegen om de geschatte kwalitatieve waarden te kunnen vervangen door geluidsniveaueverschillen ΔL_{\max} tussen de voegovergang en een referentiewegdek. Over het algemeen geldt dat de stilste voegovergangen de beste aansluiting bieden met het omliggende asfalt en een continue aansluiting realiseren met de wielen van voertuigen die er overheen rijden. Aangezien deze studie gericht is op enkelvoudige voegovergangen worden lamellenvoegen niet meegenomen in deze inventarisatie, de meeste lamellenvoegen zouden het predikaat 'zeer luidruchtig' krijgen.

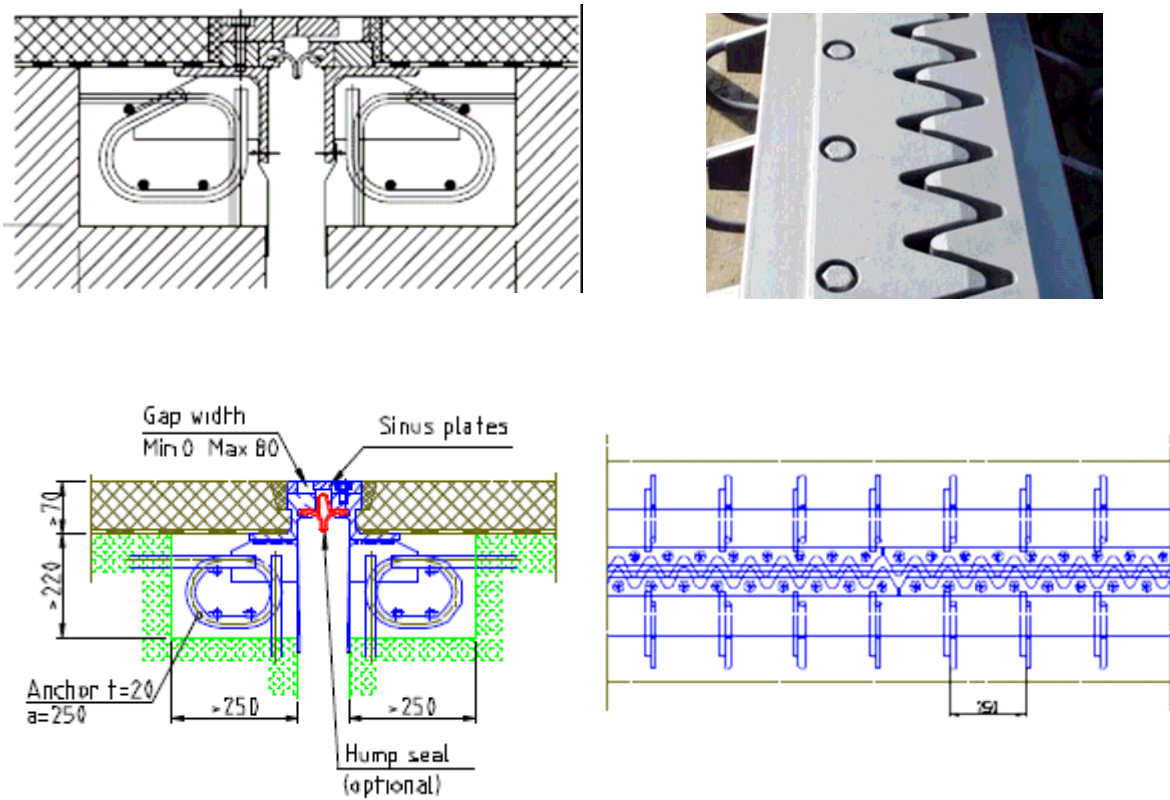
Tabel 5.1, Kwalitatieve geluidsbeoordeling voegovergangsfamilies

Familie	Type		Innovatie	
1. Randprofielvoegen (nosing joints)	1.1 rijroosters met stalen randprofielen en ingeklemde voegprofielen	-	nvt	nvt
	1.2 stalen randprofielen met ingeklemde voegprofielen in verankerde in de onderbouw van de constructie voegovergangsbalken	--	Sinusvormige platen/getande platen	++
	1.3 stalen randprofielen met ingeklemde voegprofielen in verankerde voegovergangsbalken van staalvezelbeton/kunsthars	--	nvt	nvt
	1.4 stalen randprofielen met ingeklemde voegprofielen en boutverankering/voorspanstaven	--	nvt	nvt
	1.5 stalen randprofielen met ingeklemde voegprofielen in onverankerde voegovergangsbalken van polymerebeton	--	nvt	nvt
	1.6 in verankerd staalvezelbeton/kunsthars gelijkde voegprofielen	-	nvt	nvt
2. Vingervoegen	2.1 uitkragende voegen	++	nvt	nvt
	2.2 ondersteunde voegen	--	nvt	nvt
3. Mattenvoegen	3.1 gewapende voegen	-	nvt	nvt
	3.2 geperforeerde voegen	++	nvt	nvt
	3.3 gewelfde voegen	-	nvt	nvt
4. Flexibele voegen	4.1 bitumineuze voegen	+++	Silent joint	+++
	4.2 flexivoegen	+++	nvt	nvt
5. Verborgene voegen (komen in Nederland niet voor)		nvt	nvt	nvt
6. Andere	6.1 Ooms voegen	+++	nvt	nvt

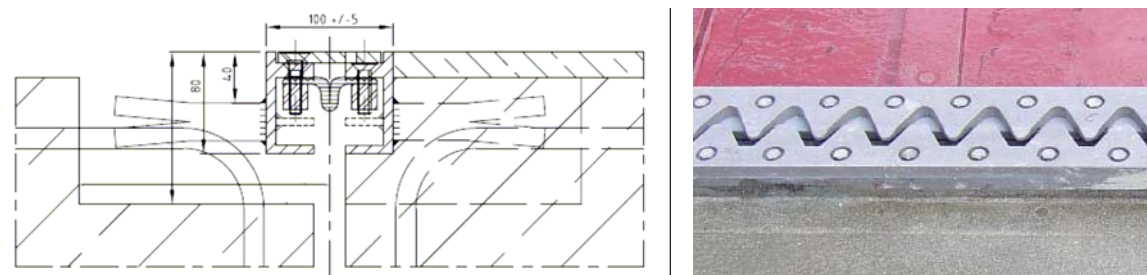
+++ zeer stil ++ stil + matig stil – luidruchtig -- zeer luidruchtig

5.2.2 Randprofielvoegen

De voegfabrikanten van randprofielvoegen bieden allemaal de mogelijkheid de randprofielen te bedekken met getande elementen, verbonden d.m.v. voorgespannen bouten. De getande elementen zorgen ervoor dat het wielcontact met de voeg geleidelijker plaatsvindt, waardoor de klap die ontstaat bij het berijden van een reguliere randprofielvoeg, loodrecht op de rijrichting, beduidend wordt verminderd. Dit is reeds aangetoond bij enkele metingen. Geluidsarme oplossingen zijn de Maurer XL voeg en de Mageba RS voeg, zie fig. 5.1. De Mageba RB voeg, verankerd in kunsthars kan eveneens met getande elementen bedekt worden.



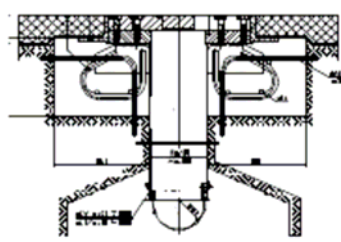
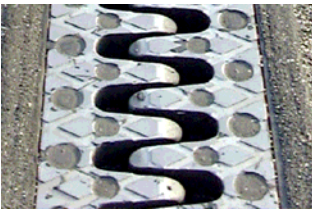
Figuur 5.1b, Mageba RS voeg



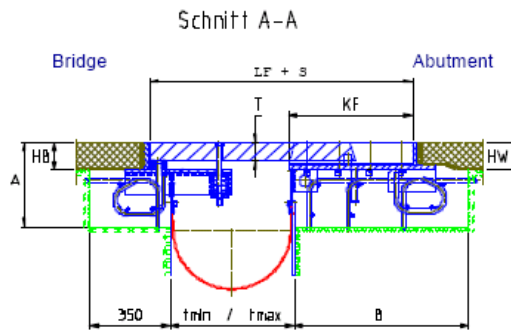
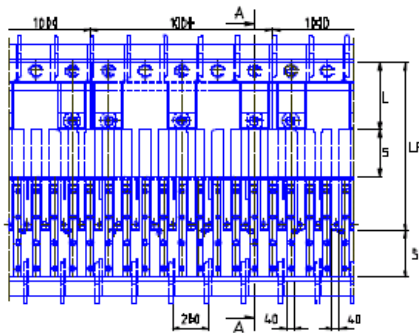
Figuur 5.1c, Mageba RB voeg

5.2.3 Vingervoegen

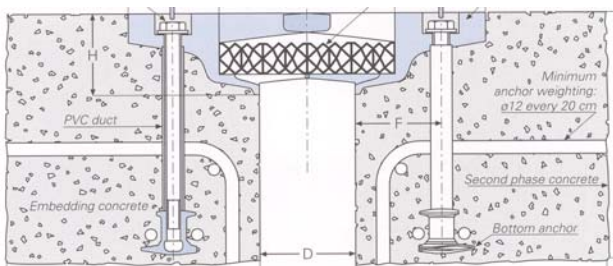
Vingervoegen worden over het algemeen aangemerkt als zeer stille voegovergangen. Indien ze waterdicht uitgevoerd worden kunnen ze door hun grote dilatatiemogelijkheid een goed alternatief zijn voor lamellenvoegen. Bij ondersteunde vingervoegen kan echter geluid ontstaan door het klapperen van de ondersteuningsveer. Enkele voorbeelden van vingervoegen zijn de Mageba RSFD-voeg en de GF sliding finger, de Cipeq WP voeg en de RW Sollinger Hütte vingervoeg, zie fig. 5.2.



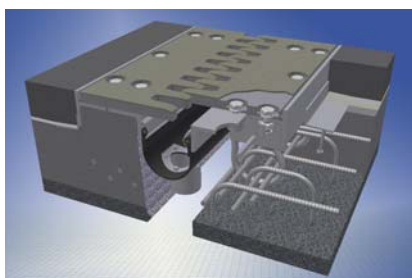
Figuur 5.2a, Mageba RSFD



Figuur 5.2b, Mageba GF Sliding Finger (supported)



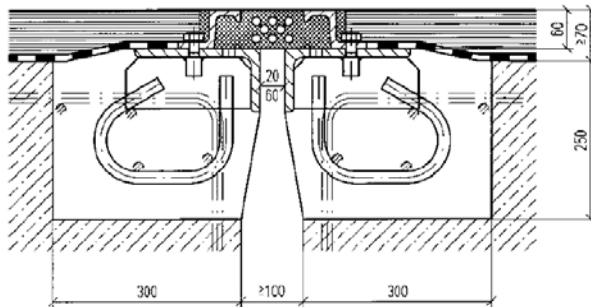
Figuur 5.2c, Cipeq/Freyssinet WP vingervoeg



Figuur 5.2d, RW Sollinger Hütte

5.2.4 Mattenvoegen

Mattenvoegen zijn door hun over hun algemeen goede aansluiting met de weg stiller dan de randprofielvoegen. RW-Sollinger Hütte heeft übe-achtige mattenvoeg ontwikkeld, de T voeg, zie fig. 5.3.



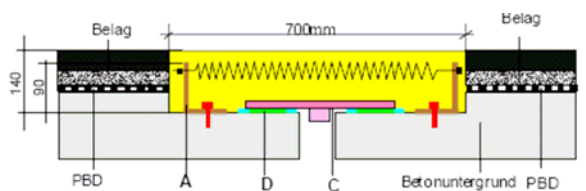
Figuur 5.3, RW Sollinger Hütte T40

Voor overige typen mattenvoegen wordt verwezen naar het overzicht voegovergangen (RWS, mei 2004).

5.2.5 Flexibele voegen, verborgen voegen en overige typen voegovergangen

Het te verwachten niveauverschil tussen bitumineuze voegovergangen en omliggend wegdek is minimaal, vanwege de effenheid van het rijdek. Over het algemeen is de levensduur van bitumineuze voegen niet hoog. Het geluidsniveau aan de onderkant kan daarom vrij hoog worden indien een bitumineuze voegovergang kapot gaat.

Een innovatie op het gebied van bitumineuze voegovergangen is de silent-joint van RSAG uit Zwitserland, zie fig. 5.4. Bij dit type voeg worden veren aangebracht in de bitumineuze laag, waardoor de spanningsverdeling in de voeg gunstiger zal zijn. De silent jointvoegen tonen een aanmerkelijk hogere levensduur dan de reguliere bitumineuze voegovergangen. In Oost-Nederland is onlangs een silent-joint geplaatst. Deze zal gemonitord worden. Het is verstandig in deze monitoring ook het geluidaspect aan bod te laten komen.



Figuur 5.4, RSAG Silent Joint

Aangezien verborgen en flexibele voegen een minimaal niveauverschil en onderbrekingen met het omliggende wegdek realiseren is het te verwachten geluidsniveau aan de bovenkant en onderkant minimaal.

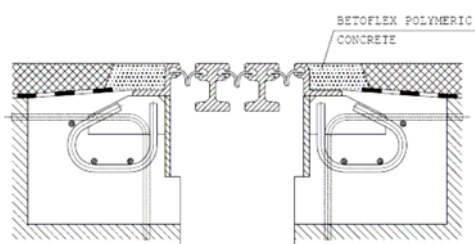
5.3 Geluidsarme oplossingen

Naast de toepassing van geluidsarme voegtypen zijn er een aantal algemene maatregelen te beschrijven die het voeggeluid kunnen terugdringen. Deze maatregelen betreffen o.a. effenheid van de voeg en het omliggende wegdek verbeteren, inpakken van de onderkant van de voeg bij het landhoofd.

Effenheid

Zowel door oneffenheden in horizontale richting als in verticale richting ontstaat geluid bij een voegovergang. Een qua geluidsemissie optimale voegoplossing is het niet toepassen van voegovergangen, zoals bij een integraalbrug en het toepassen van verborgen voegen.

Bij uitvoering dient gecontroleerd te worden dat het hoogteverschil van de voeg en het wegdek maximaal 3 mm is. Bovendien kan bij inbouw van voegovergangen kan ervoor gekozen worden naast de randen van de voeg een strook polymerebeton toe te passen voor een betere hechting en daardoor een continuer wegdek. Maurer biedt de mogelijkheid betoflex toe te passen.

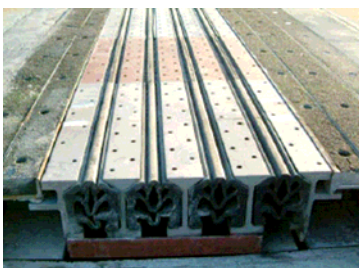


Figuur 5.6, Goede aansluiting tussen voeg en asfalt vermindert geluid

Ook de toepassing van sinusvormige of getande elementen aan de bovenzijde garandeert een continue contactvlak tussen wiel en voeg, wat geluidsreducerend werkt. De toepassing van getande platen boven de voegovergangen is al in par. 5.2 aan bod gekomen. Enkele opmerkingen bij de toepassing van deze tanden in vergelijking met reguliere randprofielvoegen zijn de volgende:

- Let op mogelijkheid van uitwisselen rubberprofielen
- Door de toepassing van de tanden kan een grotere dilatatiespleet overbrugd worden, wat dit voegtype effectiever maakt.
- Schoonmaken van de dilatatiespleet is lastiger.

Een andere ontwikkeling is de toepassing van een voegvullend elastomeerprofiel, zoals te zien is op figuur 5.7, RW Sollinger Hütte WSG Noisekill Opvullen spleten met groter elastomeerprofiel, - voegvulling, elastomeerprofiel, -4dB op 7.5 m, maar deze is nog in ontwikkeling



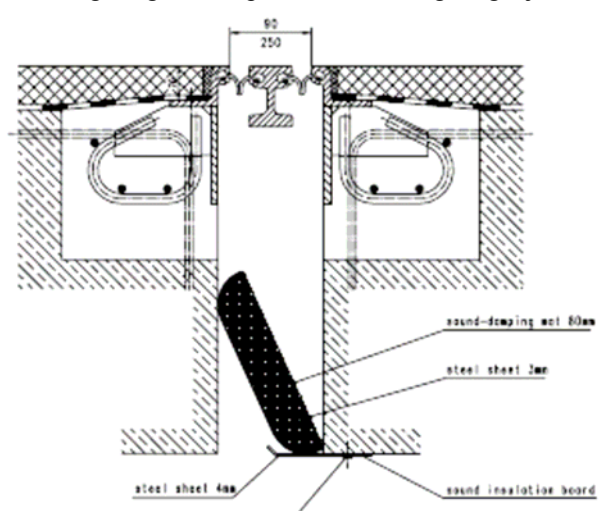
Figuur 5.7, RW Sollinger Hütte WSG Noisekill

In het verleden is ernaar gekeken de bovenkant van voegovergangen op te ruwen om hiermee air-pumping geluid te reduceren. Deze geluidsreductie bleek weinig effectief.

Inpakken voeg aan onderzijde (landhoofd)

Een mogelijkheid om het geluid van de voeg aan de onderzijde van een kunstwerk terug te dringen is het inpakken van de voeg bij het landhoofd. Het geluid kan hierdoor effectief teruggedrongen worden, maar bij deze toepassing dienen enkele kanttekeningen geplaatst te worden:

- Het inpakken is alleen zinvol als alleen het voeggeluid wordt teruggedrongen en er geen dominant bruggeluid aanwezig is[12];
- Er zijn slechte ervaringen met inkasten in Nederland; bij de Maas brug Ravenstein is corrosie opgetreden;
- Er is geen goede inspectie van de voeg mogelijk.



Figuur 5.8, inpakken van landhoofd [Maurer]

Overige oplossingen

- Voeg onder hoek plaatsen levert geluidsreductie, dient nader onderzocht te worden;
- Trillingsdempende maatregelen zullen met name bij meervoudige voegen en ondersteunde vingervoegen voeggeluid en bruggeluid reduceren;
- Toepassing van schermen verlaagt het algemene geluidsniveau met name aan de bovenkant van de voeg, maar er zijn dan nog steeds hinderlijke geluidspieken te onderscheiden aan de onderkant;
- Snelheidsbeperkende maatregelen zullen geluidsniveau bij voeg en wegdek verlagen.

5.4 Conclusies

In dit hoofdstuk zijn geluidsarme voegovergangstypen gepresenteerd. Aangezien aan enkele voegenfamilies nog weinig metingen verricht zijn kan nog slechts een kwalitatieve vergelijking worden gemaakt. Naast de voegtypes zijn geluidsarme oplossingen en innovaties beschreven die zich mogelijk in de toekomst als geluidsarm kunnen bewijzen.

6. Meetbare geluidseisen en meetcondities

6.1 Inleiding

In voorgaande hoofdstukken zijn geluidswetgeving en geluidsmetingen besproken. In dit hoofdstuk zullen op basis van deze informatie concrete geluidseisen worden geformuleerd voor nieuw toe te passen voegovergangsconstructies met een bijbehorend meetprotocol. Hierbij wordt een verschil gemaakt tussen op korte termijn en op lange termijn te realiseren eisen.

6.2 Meetbare geluideisen

6.2.1 Aantoonmethoden

De Bouwdienst Rijkswaterstaat heeft voor het bepalen van de geschiktheid van constructies een algemene procedure vastgesteld, die na enige omwerking de volgende vorm heeft voor het bepalen van de geschiktheid van een voeg op het geluidsaspect:

1. Door middel van berekeningen¹ dient te worden aangetoond dat de voegconstructie voldoet aan de gestelde geluidseis;
2. Indien berekeningen niet in voldoende mate kunnen aantonen dat de maximale geluidssterkte niet overschreden wordt, moeten testresultaten worden gebruikt als alternatief. De testomstandigheden en randvoorwaarden dienen de ingebouwde omstandigheden op een representatieve manier te simuleren;
3. Indien methoden 1 en 2 niet kunnen worden toegepast, dan kan een ingebouwde constructie worden geëvalueerd aan de hand van de praktijkomstandigheden. De ondergane gemeten belastingen en omstandigheden worden als referentie genomen; deze kunnen worden vergeleken met nieuwe situaties. Op grond van de gemeten geluidsniveaus en het waargenomen omgevingsparameters dient een betrouwbare voorspelling te kunnen worden gedaan omtrent de te verwachten geluidshinder.

Tabel 6.1 geeft een overzicht van de mogelijke aantoonmethoden voor geluidskwaliteit en de aspecten die daarbij een rol spelen.

Tabel 6.1 Aantoonprocedures geschiktheid voegovergangen

Procedure	Methode	Aspecten	Kwaliteit
Expliciet	1. Analyse	n.v.t.	n.v.t.
	2. Geluidsproeven op gestandaardiseerd testterrein	Geometrie Belasting Randvoorwaarden Representatief proefstuk	Normen, specificaties en kwaliteitssysteem evt. met externe toetsing. Proefstukkwaliteit is referentie.
Impliciet	3. Evaluatie praktijkervaring	Belastingmodel Constructie-eigenschappen Randvoorwaarden in situ opstelling (referentie)	Normen, specificaties en kwaliteitssysteem evt. met externe toetsing In situ opstelling is referentie

¹ Berekeningsparameters voor voegovergangsconstructies zijn te complex en er is te weinig onderzoek gedaan om een betrouwbaar beeld te geven van te verwachten geluidsniveaus op basis van berekeningen.

6.2.2 Concept geluidseis voegovergangen korte termijn

Bovenzijde kunstwerk

De geluideis komt neer op het feit dat het geluid van voertuigen die de voegovergang passeren geen excessieve extra hinder mag opleveren voor omwonenden. Dit betekent dat het geluidsbeeld van voertuigen die de voegovergang passeren zich niet sterk mag onderscheiden van een voertuigpassage over het wegdek zonder voegovergang.

De maximale toename L_{Amax} (Fast) die wordt toegestaan ten opzichte van het geluid als gevolg van voertuigpassages over het wegdek is 5 dB(A). De geluideis voor bovenzijde wegdek is afhankelijk van het type wegdek dat ter plaatse is toegepast. De hinder ontstaat namelijk door de toename van het maximale geluidniveau bij de voeg (verschilmaat). De maximale toename L_{Amax} (Fast) die wordt toegestaan is 5 dB(A)

Bovendien mag het hoogteverschil van de voegovergang met het aansluitende wegdek mag maximaal 5mm bedragen over de gehele lengte van de voegovergang, alle rijstroken.

Onderzijde kunstwerk

Bij kunstwerken in een weg met verhoogde ligging houdt de eis in dat voegconstructies die hoorbaar impuls geluid opleveren aan de onderzijde van het kunstwerk niet zijn toegestaan.

Metingen conform de “Handleiding Industrielawaai” voor hinder onderzijde kunstwerk

- Duidelijk hoorbaar impuls geluid levert een straffactor van 5 dB(A) op de geluidbelasting.
- Eis L_{amax} (Fast) < 65 dB(A) in de nachtperiode; de meting dient plaats te vinden direct naast het kunstwerk op ca 2 meter beneden onderzijde kunstwerk.

6.2.3 Advies geluidseis lange termijn

Voor de langere termijn wordt geadviseerd een tabel te maken die geluidseisen definieert op basis van piekniveau-geluidsverschillen, rekening houdend met de omgevingssituatie van de voeg. Dat wil zeggen dat er een relatie moet worden gelegd naar omliggende bebouwing en naar het type snelweg en type wegdek. Bovendien dient er een onderscheid gemaakt te worden tussen geluid boven de brug en geluid onder de brug.

Bovenzijde kunstwerk

Een voorbeeld van de voorgestelde geluidseisen voor de lange termijn is te zien in tabel 6.2, waar maximale niveaoverschillen staan aangegeven tussen voegovergang en omliggend wegdek (L_{amax} , piekniveaus). De getallen zijn fictief, en zullen in nader onderzoek vastgesteld moeten worden.

Tabel 6.2, Concept-geluidseisen voor voegovergang: ΔL_{amax} , afhankelijk van type wegdek en afstand tot bebouwing (fictieve getallen)

Type wegdek	Afstand		
	50	100	200 etc.
ZOAB	2	3	4
DAB	3	4	5
BETON	4	5	6

Onderzijde kunstwerk

Er dient nader onderzoek gedaan te worden naar de geluidsuitbreiding van de brug naar de onderzijde en de invloed en uitbreiding van het laagfrequente geluid over een afstand. In principe kan een gelijke eis worden gesteld als geformuleerd in 6.2.2. De meetlocatie en het maximale geluidsniveau dienen nader gespecificeerd te worden.

6.3 Meetprotocol

Voor metingen op een testterrein dienen nadere specificaties in Europees verband te worden afgestemd.

Bij de in situ-metingen dienen de volgende aandachtspunten te worden nagelopen:

Bovenzijde kunstwerk

- Metingen conform SPB (Statistical Pass By) op twee locaties. Beoordeling dient plaats te vinden op basis van geluidsmetingen op 2 locaties langs de weg op minimaal 50m onderlinge afstand met een gelijkwaardige dwarsdoorsnede.
- Bij elke meting dienen L_{amax} ; L_{aeq} te worden bepaald;
- Bovenzijde kunstwerk op 5 m +; metingen bij voegovergang en bij wegdek op 7,5 m afstand tot midden buitenste rijbaan;
- Om afzettingen te voorkomen dienen slechts effecten de buitenste rijstrook te worden bepaald;
- Raadpleeg voor metingen aan de bovenkant van de voeg algemene meetvoorschriften volgens het RMV2002;
- Omliggend wegdektype noteren;
- Openingsstand voeg noteren;
- Hoogteverschillen voeg-wegdek noteren;
- Bijzonderheden staat voeg noteren.

Onderzijde kunstwerk

- Raadpleeg voor metingen aan de onderkant van de voeg algemene meetvoorschriften volgens de handleiding industriewelawaai;
- Onderzijde kunstwerk op 2 m vanaf onderkant brugdek;
- Bij elke meting dienen L_{amax} – en L_{aeq} –waarden te worden bepaald.

6.4 Conclusies

Op basis van een evaluatie van de concept-resultaten van de metingen van M+P, een studie naar de in het verleden uitgevoerde metingen in Nederland en buitenland en een inventarisatie van geluidswetgeving worden in hoofdstuk 6 aanbevelingen gedaan voor meetbare geluidseisen aan voegovergangsconstructies en bijbehorende meetmethoden. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen metingen aan de bovenkant van de voeg en aan de onderkant.

7. Conclusies en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Het doel van dit onderzoek, als onderdeel van het project ‘Verbetervoorstellen Enkelvoudige Voegovergangen’, is om op basis van een inventarisatie van wetgeving en geluidsemissie van voegtypen, een onderbouwd advies te formuleren voor de toepassing van meetbare geluidseisen en geluidsarme oplossingen.

In hoofdstuk 2 is aangegeven wat geluid is en wanneer hinder optreedt. Bij voegovergangen treedt impulsmatig geluid op, waarbij zogenaamde geluidspieken zijn te horen bij voertuigpassages die boven een equivalent, d.w.z. gelijkmatig geluidsniveau liggen. Bovendien is kwalitatief aangegeven welke parameters van invloed zijn op het ontstaan van geluid bij een voegovergang. Afhankelijk van de afstand tot de voegovergang kan de geluidspiek als hinderlijk worden ervaren. Belangrijkste parameters zijn het type voeg en wegdek, type verkeer en de afstand tot bebouwing.

Hoofdstuk 3 geeft een opsomming van geluidswetgeving algemeen en specifiek voor voegovergangsconstructies. In het algemeen geldt in Nederland de wet geluidhinder. Voor de bepaling van geluidsniveaus wordt het reken- en meetvoorschrift verkeerslawaai toegepast. Hierin worden veel geluidseffecten rond verkeerswegen meegenomen maar niet die van voegovergangen. Internationaal gezien geldt er regelgeving voor geluidsemissie en zijn er beleidsdocumenten voor de afstemming van immissienormen, eenheden en meetmethoden. Verwijzingen naar voegovergangen in voorschriften zijn slechts kwalitatief: ‘voegen dienen geluidsarm uitgevoerd te worden’. In Frankrijk is een conceptnorm ontwikkeld die voorschrijft bij voegovergangen maximale geluidsniveaus te meten in plaats van de gebruikelijke equivalente geluidsniveaus, zodat die een goede basis kan vormen voor in de toekomst uit te voeren metingen aan voegovergangen. Wetgeving aan industriellawaai kan houvast bieden voor het beschouwen van voegovergangsgeluid vanwege overeenkomsten in het impulsmatige karakter van het geluid.

In hoofdstuk 4 zijn metingen beschreven die in de loop der tijd aan diverse voegovergangsconstructies zijn uitgevoerd. Resultaten zijn moeilijk te vergelijken vanwege de diversiteit aan meetmethoden die zijn toegepast voor het bepalen van het geluidsniveau. Naast het bepalen van verschillende soorten niveaus is gebruik gemaakt van in-situ gegevens bij SPB en CPB methoden. Daarnaast is op testterreinen gemeten en onder laboratoriumomstandigheden. In het kader van dit project zijn door M+P raadgevende ingenieurs bv metingen uitgevoerd aan de IJsselbrug in Deventer en aan de Maasbrug in Heumen. Globaal liggen meetresultaten van L_{max} bij de voegovergang op 7.5 m van midden rijbaan tussen 85 en 95 dB. De piekwaarden bij voegovergangen zijn tot 10 dB hoger dan het omliggende wegdek. Gemiddeld liggen equivalente geluidsniveaus (L_{aeq}) bij de voegovergang op 7.5 m van midden rijbaan tot 2 dB hoger dan het omliggende wegdek.

In hoofdstuk 5 worden geluidsarme voegovergangstypen gepresenteerd. Aangezien aan enkele voegenfamilies nog weinig metingen verricht zijn kan nog slechts een kwalitatieve vergelijking worden gemaakt. Naast de voegtypes worden geluidsarme oplossingen en innovaties beschreven die zich mogelijk in de toekomst als geluidsarm kunnen bewijzen.

Op basis van een evaluatie van de concept-resultaten van de metingen van M+P, een studie naar de in het verleden uitgevoerde metingen in Nederland en buitenland en een inventarisatie van geluidswetgeving worden in hoofdstuk 6 aanbevelingen gedaan voor meetbare geluidseisen aan voegovergangsconstructies en bijbehorende meetmethoden. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen metingen aan de bovenkant van de voeg en aan de onderkant. Aan de bovenkant is het van belang het verschil in geluidsniveau te bepalen tussen een passage over de voeg en over het omliggende wegdek. Geadviseerd wordt de eis op te nemen dat de maximale toename L_{Amax} (Fast) die wordt toegestaan aan de voeg ten opzichte van het geluid als gevolg van voertuigpassages over het wegdek 5 dB(A) bedraagt.

Aan de onderkant van een kunstwerk overheerst in het algemeen laagfrequent geluid. Geadviseerd wordt te meten conform de “Handleiding Industrielawaai” voor hinder onderzijde kunstwerk. Duidelijk hoorbaar impulsgeluid levert een straffactor van 5 dB(A) op de geluidbelasting. De geadviseerde eis geldt dat het maximale geluidsniveau (L_{amax} (Fast)) kleiner dient te zijn dan 65 dB(A) in de nachtperiode; de meting dient plaats te vinden direct naast het kunstwerk op ca 2 meter beneden onderzijde kunstwerk.

De bovenstaand geformuleerde eisen zijn een eerste aanzet voor de toepassing van geluidseisen aan voegovergangen. Er dient nader onderzoek gedaan te worden naar de geluidsuitbreiding van voeggeluid, zowel aan de bovenkant als aan de onderkant van het kunstwerk. Zodra er meer gegevens bekend zijn over de invloed van omgeving, afstand bebouwing tot voegovergang en het type wegdek op de te verwachten hinder ten gevolge van voeggeluid kunnen eisen gesteld worden voor de voeg die ook deze effecten in beschouwing nemen.

7.2 Aanbevelingen

- Verricht metingen volgens het in par. 6.3 omschreven protocol aan de in tabel 5.1 genoemde voegovergangsfamilies, om vervolgens de kwalitatieve beoordeling te kunnen vervangen door een kwantitatieve.
- Maak in Europees verband afspraken over metingen op testterreinen, waarbij voegovergangen gecertificeerd kunnen worden op geluidsprestatie. Hiervoor is het noodzakelijk in EOTA verband kennis uit te wisselen over de geluidsproblematiek, waarbij rekening gehouden moet worden met meetresultaten in situ, gebruikservaringen en onderzoeken naar parameters die van invloed op het ontstaan van geluid bij voegen. In het algemeen dient de beoordelingssystematiek voor het geluid van voegovergangen geharmoniseerd te worden in Europees verband.
- Doe nader onderzoek naar de geluidsuitbreiding van geluid boven- en onder een kunstwerk. Aan de onderzijde van de brug dient hierbij het laagfrequente karakter van het geluid beter inzichtelijk te worden gemaakt, waarbij het mogelijk kan zijn andere geluidsweging dan dB(A) toe te passen, bijvoorbeeld eisen in dB(B).
- Doe nader onderzoek op basis van de gegevens van deze inventarisatie naar geluidsuitbreiding volgens tabel 6.2, en voorziet de concept-geluidseisen van realistische waarden.

Bronnen

- [1] Hooghwerff, Janssen, Waterman, Innovatieprogramma Geluid: Reprografie V&W; Ministerie van Verkeer en Waterstaat, juni 2002
- [2] www.stillerverkeer.nl
- [3] Vliet van, W.J., Projectomschrijving Stille Stalen Brug: DWW, Delft 2005
- [4] ISO 111819-1, "Acoustics; Measurements of the influence of road surfaces on traffic noise"
- [5] ÖNORM S 5004 Noise immission measurement, 1998; Oostenrijk
- [6] ARS 15/02 Fahrbahnübergänge; Einsatzkriterien für lärmgeminderte Fahrbahnübergänge mit Regelprüfung nach den Technischen Liefer- und Prüfvorschriften für wasserundurchlässige Fahrbahnübergänge von Straßen- und Wegbrücken; Ausgabe 1992 (TL/TP-FÜ 92) 2002
- [7] XP P98-095 Test relative to roadway expansion joints of road bridges - Methodology for in situ characterisation of acoustic emergence, 2002; Frankrijk
- [8] Reken- en meetvoorschrift verkeerslawaai 2002, internetuitgave
- [9] Nijland, H.A., Dassen, A.G.M., Verkeerslawaai in Europa: RIVM rapport; Bilthoven, 2002
- [10] Kalivoda, M., Jaksh, M., Huber, F., Schallemission zweier Fahrbahnübergangskonstruktionen auf der A9/Murbrücke: psiA-Consult; ÖSAG, Wenen 2004
- [11] Kalivoda, M., Forschungsantrag „Lärm von Fahrbahnübergangskonstruktionen“ Kurzbeschreibung: psiA-Consult, Wenen 2005
- [12] Hemmert-Halswick, A., Ullrich, S., Untersuchungen an Fahrbahnübergängen zur Lärminderung: BAST; Heft B44, Bergisch-Gladbach 2003
- [13] Fahy, F., Walker J., Fundamentals of Noise and Vibration: E&FN Spon; London, 1998
- [14] Thaler, P., Bohny, H.M., Schallemissionen und -immissionen von Brückenübergangskonstruktionen: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz; Augsburg 2000
- [15] VROM, De wet geluidhinder in hoofdlijnen, Den Haag 1997
- [16] handleiding industrielawaai en vergunningverlening
- [17] Beckenbauer, Th., Spiegler, P., Messung der Vorbeifahrtgeräusche von Fahrbahnübergangskonstruktionen: Teilprojekt TP 3184; BAST, München 2003
- [18] Hooghwerff, J., Moppes van, R.K.F., Geluidmetingen aan voegovergangen bij Deventer en Heumen [concept] ; M+P Raadgevende ingenieurs, Vught 2005
- [19] Projektgruppe Leiser Strassenverkehr, Verbundprojekt Leiser Strassenverkehr, Reduzierte Reifen-Fahrbahngeräusche: BAST; Heft S37, Bergisch-Gladbach 2004
- [20] Maurer Söhne GmbH & CO Kg, info 20, München 2001
- [21] Maurer Söhne GmbH & CO Kg, info 24, München 2001
- [22] Sliwa, N., Verbundprojekt Leiser Strassenverkehr, Reduzierte Reifen-Fahrbahngeräusche: Strasse + Autobahn; BAST, Bergisch-Gladbach 2004
- [23] Homes, Schallmessung Fahrbahnübergang Tallbrücke Albrechtsgraben A71: Interakustik GmbH/Mageba GmbH, Bad Vilbel 2003
- [24] Kurze, U.J., Martner, O., Nürnberger, H., Beurteilung der Geräusche von Fahrbahnübergängen: Müller –BBM, München 1999
- [25] Kurze, U.J., Martner, O., Rautenbleche am Fahrbahnübergang Inntalbrücke Autobahn Passau Suben: Müller –BBM, München 2000
- [26] Vrom, Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai: internetuitgave 2004
- [27] Ullrich, S., Glaeser, K.P., Messung der Geräuschemission lärmgeminderter Lamellen-Fahrbahn-Übergänge der Firma Federal-Mogul Sollinger Hütte: BAST 2001
- [28] Gisi, Th., Akustische Verbesserung des Fahrbahnübergangs der Monbijoubrücke in Bern: Amt für Umweltschutz, Bern 2002

www.vrom.nl

www.maurer-soehne.de

www.rw-engineering.de

www.rwsh.de

www.mageba.ch

www.rsag-schweiz.ch

Bijlagen

Bijlage I

Onderstaande tabel illustreert de grenswaarden voor verkeerslawaai aan de gevel in nieuwe situaties volgens de wet geluidhinder.

Grenswaarden wegverkeerslawaai in nieuwe situaties

situatie: -nieuwe woning/ bestaande weg	voorkeur grenswaarde	hoogst toelaatbare gevelbelasting met ontheffing	hoogst toelaatbaar binnenniveau
NIEUW TE BOUWEN WONINGEN	50 dB(A)	STEDELIJK: 65 dB(A) BUITENSTEDELIJK 55 dB(A)	35 dB(A)
NIEUW TE BOUWEN AGRARISCHE BEDRIJFSWONING	50 dB(A)	STEDELIJK: n.v.t. BUITENSTEDELIJK 60 dB(A)	35 dB(A)
VERVANGENDE NIEUWBOUW	50 dB(A)	STEDELIJK: 70 dB(A) BUITENSTEDELIJK n.v.t.	35 dB(A)

situatie: bestaande woning/ nieuwe weg aanleg	voorkeur grenswaarde	hoogst toelaatbare gevelbelasting met ontheffing	hoogst toelaatbaar binnenniveau
BESTAANDE WONINGEN	50 dB(A)	STEDELIJK: 65 dB(A) BUITENSTEDELIJK 60 dB(A)	35 dB(A)
GELIJKTIJDIG MET DE WEGAANLEG TE BOUWEN WONING	50 dB(A)	STEDELIJK: 60 dB(A) BUITENSTEDELIJK 55 dB(A)	35 dB(A)

Bijlage II

Onderstaande tabel illustreert de grenswaarden voor verkeerslawaai in bestaande situaties (sanering) en bij reconstructies volgens de wet geluidhinder.

Schema grenswaarden wegverkeer in bestaande situaties (sanering) en bij reconstructies

situatie woning/weg	voorkeur grenswaarde	hoogst toelaatbare gevelbelasting met ontheffing	hoogst toelaatbaar binnenniveau
HEERSENDE GELUIDBELASTING <50	50 dB(A)	–	35 dB(A)
EERDER IS EEN HOGERE WAARDE VASTGESTELD O.G.V. ART 83 WGH OF ART 84 LID 2 WGH (ZOALS VOOR 1 SEPT 1991 GOLD)	LAAGSTE VAN: -HEERSENDE WAARDE VÓÓR RECONSTRUCTIE -HOGERE VASTGESTELDE WAARDE	STEDELIJK: 65 dB(A) BUITENSTEDELIJK: 60dB(A)	35 dB(A)
NIET EERDER IS EEN HOGERE WAARDE VASTGESTELD EN HEERSENDE GELUIDBELASTING < 55 dB(A)	HEERSENDE WAARDE VÓÓR RECONSTRUCTIE	STEDELIJK: 65 dB(A) BUITENSTEDELIJK: 60 dB(A)	35 dB(A)
EERDER IS EEN HOGERE WAARDE VASTGESTELD IN HET KADER VAN SANERING (ART 90 WGH)	HOGERE VASTGESTELDE WAARDE	STEDELIJK: 70 dB(A) BUITENSTEDELIJK: 70 dB(A)	35 dB(A)
NIET EERDER IS EEN HOGERE WAARDE VASTGESTELD EN HEERSENDE GELUIDBELASTING > 55 dB(A)	55 dB(A)	STEDELIJK: 70 dB(A) BUITENSTEDELIJK: 70 dB(A)	45 dB(A)

Bijlage III

Drempelwaarden voor omgevingsgeluid in relatie tot de omgeving en de te verwachten gezondheidseffecten volgens de WHO (Berglund et al. 1999) [9]

	Critical health effect(s)	L _{Aeq} [dB(A)]	Time base [hours]	L _{Amax} fast [dB]
Outdoor living area	Serious annoyance, daytime and evening	55	16	-
	Moderate annoyance, daytime and evening	50	16	-
Dwelling, indoors	Speech intelligibility & moderate annoyance, daytime & evening	35	16	45
Inside bedrooms	Sleep disturbance, night-time	30	8	-
Outside bedrooms	Sleep disturbance, window open (outdoor values)	45	8	60
School class rooms & pre-schools, indoors	Speech intelligibility, disturbance of information extraction, message communication	35	during class	-
Pre-school bedrooms, indoor	Sleep disturbance	30	sleeping-time	45
School, playground outdoor	Annoyance (external source)	55	during play	-
Hospital, ward rooms, indoors	Sleep disturbance, night-time	30	8	40
	Sleep disturbance, daytime and evenings	30	16	-
Hospitals, treatment rooms, indoors	Interference with rest and recovery	#1		
Industrial, commercial shopping and traffic areas, indoors and outdoors	Hearing impairment	70	24	110
Ceremonies, festivals and entertainment events	Hearing impairment (patrons:<5 times/year)	100	4	110
Public addresses, indoors and outdoors	Hearing impairment	85	1	110
Music and other sounds through headphones/ earphones	Hearing impairment (free-field value)	85 #4	1	110
Impulse sounds from toys, fireworks and firearms	Hearing impairment (adults)	-	-	140
	Hearing impairment (children)	-	-	#2
Outdoors in parkland and conservation areas	Disruption of tranquillity	#3		120 #2

Bron: WHO, Berglund et al., 1999

#1: As low as possible.

#2: Peak sound pressure (not LAF, max) measured 100 mm from the ear.

#3: Existing quiet outdoor areas should be preserved and the ratio of intruding noise to natural background sound should be kept low.

#4: Under headphones, adapted to free-field values.

Bijlage IV

Lange termijn gezondheidseffecten van geluidblootstelling [9]

	situatie	Waarnemings niveau		
		dosismaat	waarde in dB(A)	binnen/buiten
Voldoende Bewijs				
- gehoorschade	werk	$L_{Aeq,8hr}$	75	binnen
	sport	$L_{Aeq,24hr}$	70	binnen
- bloeddruk	werk	$L_{Aeq,8hr}$	<85	binnen
	huis	$L_{Aeq,6-22hr}$	70	buiten
- ischaemische hartziekten	huis	$L_{Aeq,6-22hr}$	70	buiten
- hinder	huis	L_{dn}	42	buiten
- ontwaken	slaap	SEL	55*)	binnen
- slaap stadia	slaap	SEL	35	binnen
- zelf gerapporteerde slaapkwaliteit	slaap	$L_{Aeq,nacht}$	40	buiten
- schoolprestatie	school	$L_{Aeq,dag}$	70	buiten
Beperkt bewijs				
- geboortegewicht				
- immuun systeem				
- psychiatrische stoornissen				
Gebrekkig bewijs				
- aangeboren afwijkingen				
- immuun systeem	slaap			

Bron: Geluid en Gezondheid, Gezondheidsraad, september 1994

*) Aangepast iom Advies GR van 1997. Was 60.

De hier genoemde geluidniveaus zijn drempelwaardes: beneden deze waarden wordt in de literatuur geen effect aangetoond. Daarboven bestaat meer of minder bewijs dat een effect optreedt.

Bijlage V

Dosismaten en immissienormen wegverkeer (vereenvoudigd) [9]

	index	type immissie waarde	dag	avond	nacht
Australië	L _{10, 18 h}	Streefwaarde nieuwe wegen	60		55
		Maatregelen bestaande wegen	68		
Oostenrijk	L _{aeq}	Streefwaarde nieuwe wegen	50-55		40-45
		Grenswaarde nieuwe federale wegen	60		50
		Maatregelen federale wegen	65		55
Canada	L _{aeq}	Streefwaarde nieuwe wijken	55		50
Denemarken	L _{aeq, 24 h}	Streefwaarde nieuwe wegen en wijken	55	55	55
Duitsland	L _{aeq}	Streefwaarde nieuwe wijken	50-55		40-45
		Grenswaarde nieuwe en gewijzigde wegen	59		49
		Grenswaarde voor maatregelen federale wegen	70		60
Engeland	L _{aeq}	Streefwaarde nieuwe woningen	55		42
		Limietwaarde nieuwe woningen	63		57
	L _{10, 18 h}	Maatregelen nieuwe wegen	68		
Frankrijk	L _{aeq}	Grenswaarde nieuwe wegen	60-65		55-57
Hong Kong	L ₁₀	Streefwaarde nieuwe wijken	65		
Ierland	L ₁₀	Grenswaarde nieuwe wegen	65-68	65-68	65-68
Japan	L ₅₀	Streefwaarde wegen	55-60	50-55	45-50
Korea	L _{aeq}	Streefwaarde	65		55
Nederland	L _{aeq}	Grenswaarde nieuwe wegen	55		45
Portugal	L ₅₀	Grenswaarde nieuwe wegen	65		55
Spanje	L _{aeq}	Grenswaarde nieuwe wegen	60		50
		Grenswaarde bestaande wegen	65		55
USA	L _{aeq}		65	65	65
Zweden	L _{aeq, 24 h}	Streefwaarde nieuwe wegen	55	55	55
Zwitserland	L _{aeq}	Streefwaarde nieuwe wegen	55		45
		Grenswaarde woningen	60		50
		Saneringswaarde	70		65

Bron: Gottlob, 1995

Bijlage VI

Resultaten inventarisatie geluidsnormen in Europa [EOTA]

Country	National regulation about noise generated by expansion joints	National regulation about noise generated by traffic on roads	Comments
Austria	On national level, it is not considered as a product characteristic related to the approval procedure.	The assessment of road-traffic noise is determined either by measurement or calculation of property of noise levels but there is no specification of limit values.	
Belgium	No national regulation about noise generated by expansion joints	No regulations concerning noise generated by traffic on roads	
France	There is a standard method of measurement of noise generated by expansion joint on site. The increase of noise on expansion joint compared with adjacent surfacing is recommended (<5dBA) but not regulated.	The assessment of road-traffic noise is determined either by measurement or calculation of property of noise levels but there is no specification of limit values. There is a law for noise on building facades.	
Germany	It is recommended that expansion joint should be as silent as possible	Guideline for noise protection at roads.	
Italy	No regulation about noise generated by expansion joints	No regulation concerning noise generated by traffic on roads	
Latvia	No national regulation determining noise emission of bridges structures	Regulation for estimation of motor roads regarding noise emission.	
Norway	No national regulation related directly to expansion joints	The national building regulations have requirements concerning maximum indoor sound levels caused by traffic and other external noise sources.	
Poland	There is no national regulation about the noise generated by expansion joints.	There is a national regulation of noise generated by traffic on the roads. The acceptable level of noise in the facades concerned by roads should be fulfilled.*	

Slovakia	There is no national regulation about noise generated by expansion joints	General requirements of level of noise.	
Slovenia	There are no requirements on this subject in our regulations.	There are no requirements on this subject in our regulations.	
Spain	There is no specific regulation about the noise generated by expansion joints.	There is a new noise law under development, which will include requirements about the noise generated by traffic on the roads. The acceptable level of noise in the facades concerned by roads should be fulfilled: * 65 dBA (during the day) * 55 dBA (during the night)	
Sweden	There are recommendations: expansion joints over bridges ought to be designed so that generation of noise is minimized	Roads shall be designed so that noise generated and spread to the surroundings through usage of the road is minimized.	
Switzerland	No regulation about the noise generated by expansion joints	No regulation concerning noise generated by traffic on roads	
UK	No specific national regulation about noise generated by expansion joints	No regulation concerning noise generated by traffic on roads	

Bijlage VII

Resultaten metingen aan voegovergangen

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype					Meetconditie					Resultaten																						
soort	Opdrachtgever	Meetsanctie	Meelocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	L_{ref} voeg	L_{ref} wegdek	ΔL_{ref} (voeg-wegdek)	L_{ref} onder brug	tijdsceenheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	6-11-2003	Vingervoeg	Sollinger Huette	F320		70		Jutedoekbeton	5				1,2	7,5		84	79	4,1	3,80	5,80	77,70	78	0,20							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	6-11-2003	Vingervoeg	Sollinger Huette	F320		38		Jutedoekbeton	4-2				1,2	7,5		84	80	4,4	3,80	5,80	78,20	78	0,70							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	7-11-2003	Vingervoeg	Sollinger Huette	F320		5		Jutedoekbeton	5				1,2	7,5		85	80	5,1	3,80	5,80	79,30	78	1,80							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruit	38		Jutedoekbeton	18-20			normaal	1,2	7,5		86	80	5,5	3,80	5,80	79,70	78	2,20							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	1-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruit	70		Jutedoekbeton	19			spoor 1m v	1,2	7,5		86	80	5,8	3,80	5,80	80,20	78	2,70							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	1-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruit	70		Jutedoekbeton	15-19			normaal	1,2	7,5		86	80	5,9	3,80	5,80	80,10	78	2,60							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruit	5		Jutedoekbeton	17-15			normaal	1,2	7,5		86	80	6	3,80	5,80	80,20	78	2,70							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	9-11-2003	mat	T160					Jutedoekbeton	23-22				1,2	7,5		86	80	6	3,80	5,80	80,20	78	2,70							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruit	5		Jutedoekbeton	19-17			spoor 1m v	1,2	7,5		86	80	6,1	3,80	5,80	80,30	78	2,80							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruit	38		Jutedoekbeton	18-21			spoor 1m v	1,2	7,5		86	80	6,1	3,80	5,80	80,40	78	2,90							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		5		Jutedoekbeton	24-21			normaal	1,2	7,5		86	80	6,2	3,80	5,80	80,20	78	2,70							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		5		Jutedoekbeton	23-21			spoor 1m v	1,2	7,5		87	80	7,1	3,80	5,80	81,20	78	3,70							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		70		Jutedoekbeton	25-26			spoor 1m v	1,2	7,5		88	80	7,8	3,80	5,80	81,90	78	4,40							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	11-11-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	elastomeer	38		Jutedoekbeton	5-7				1,2	7,5		88	80	7,9	3,80	5,80	82,20	78	4,70							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		70		Jutedoekbeton	24-26			normaal	1,2	7,5		88	80	8,1	3,80	5,80	82,10	78	4,60							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		38		Jutedoekbeton	28			spoor 1m v	1,2	7,5		89	80	8,6	3,80	5,80	82,70	78	5,20							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		38		Jutedoekbeton	28			normaal	1,2	7,5		89	80	9,1	3,80	5,80	83,20	78	5,70							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	11-11-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	elastomeer	70		Jutedoekbeton	7-5				1,2	7,5		90	81	9,2	3,80	5,80	84,20	78	6,70							mercedes	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	6-11-2003	Vingervoeg	Sollinger Huette	F320		70		Jutedoekbeton	5				1,2	7,5		83	80	2,7	3,80	5,80	77,00	78	-0,50							Polo	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	6-11-2003	Vingervoeg	Sollinger Huette	F320		38		Jutedoekbeton	4-2				1,2	7,5		83	80	2,9	3,80	5,80	77,20	78	-0,30							polo	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	1-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruit	70		Jutedoekbeton	15-19			normaal	1,2	7,5		84	81	3,1	3,80	5,80	78,10	78	0,60							polo	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruit	38		Jutedoekbeton	18-20			normaal	1,2	7,5		84	81	3,5	3,80	5,80	78,20	78	0,70							polo	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	7-11-2003	Vingervoeg	Sollinger Huette	F320		5		Jutedoekbeton	5				1,2	7,5		85	81	3,7	3,80	5,80	78,70	78	1,20							polo	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	1-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruit	70		Jutedoekbeton	19			spoor 1m v	1,2	7,5		85	81	4	3,80	5,80	79,20	78	1,70							polo	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruit	38		Jutedoekbeton	18-21			spoor 1m v	1,2	7,5		85	81	4,2	3,80	5,80	79,30	78	1,80							polo	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruit	5		Jutedoekbeton	17-15			normaal	1,2	7,5		85	80	4,9	3,80	5,80	79,00	78	1,50							polo	100	
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	9-11-2003	mat	T160					Jutedoekbeton	23-22				1,2	7,5		85	80	4,9	3,80	5,80	79,20	78	1,70							polo	100	

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen					Voegtype					Meetconditie					Resultaten																					
soort	Opdrachtgever	Meetinstatie	Meetlocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	$L_{af,max}$ onder brug	tijdsleenheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	11-11-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	elastomeer	38		Jutedoekbeton	5-7				1,2	7,5		86	81	4,9	3,80	5,80	80,10	78	2,60							polo		100
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		5		Jutedoekbeton	24-21			normaal	1,2	7,5		85	80	5	3,80	5,80	79,20	78	1,70							polo		100
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruiten	5		Jutedoekbeton	19-17			spoor 1m v	1,2	7,5		86	81	5,4	3,80	5,80	80,20	78	2,70							polo		100
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		5		Jutedoekbeton	23-21			spoor 1m v	1,2	7,5		86	80	5,8	3,80	5,80	80,20	78	2,70							polo		100
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	11-11-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	elastomeer	70		Jutedoekbeton	7-5				1,2	7,5		88	81	6,3	3,80	5,80	81,70	78	4,20							polo		100
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		70		Jutedoekbeton	25-26			spoor 1m v	1,2	7,5		87	80	6,5	3,80	5,80	80,70	78	3,20							polo		100
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		38		Jutedoekbeton	28			spoor 1m v	1,2	7,5		87	80	6,5	3,80	5,80	80,90	78	3,40							polo		100
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		70		Jutedoekbeton	24-26			normaal	1,2	7,5		87	80	6,8	3,80	5,80	81,00	78	3,50							polo		100
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		38		Jutedoekbeton	28			normaal	1,2	7,5		87	80	7	3,80	5,80	81,20	78	3,70							polo		100
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	1-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruiten	70		Jutedoekbeton	19			spoor 1m v	1,2	7,5		81	80	0,5	3,80	5,80	74,70									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	6-11-2003	Vingervoeg	Sollinger Huette	F320		38		Jutedoekbeton	4-2				1,2	7,5		82	82	0,6	3,80	5,80	76,60									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	7-11-2003	Vingervoeg	Sollinger Huette	F320		5		Jutedoekbeton	5				1,2	7,5		83	82	0,8	3,80	5,80	77,20									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	11-11-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	elastomeer	38		Jutedoekbeton	5-7				1,2	7,5		83	82	1	3,80	5,80	77,20									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	6-11-2003	Vingervoeg	Sollinger Huette	F320		70		Jutedoekbeton	5				1,2	7,5		83	82	1	3,80	5,80	76,70									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruiten	5		Jutedoekbeton	17-15			normaal	1,2	7,5		83	82	1,5	3,80	5,80	77,20									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruiten	38		Jutedoekbeton	18-20			normaal	1,2	7,5		83	81	1,6	3,80	5,80	77,00									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	1-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruiten	70		Jutedoekbeton	15-19			normaal	1,2	7,5		83	81	1,7	3,80	5,80	77,10									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruiten	38		Jutedoekbeton	18-21			spoor 1m v	1,2	7,5		81	79	1,8	3,80	5,80	75,20									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		5		Jutedoekbeton	24-21			normaal	1,2	7,5		83	81	1,9	3,80	5,80	77,20									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		5		Jutedoekbeton	23-21			spoor 1m v	1,2	7,5		81	79	1,9	3,80	5,80	75,20									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		38		Jutedoekbeton	28			normaal	1,2	7,5		84	82	2	3,80	5,80	77,70									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	2-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	ruiten	5		Jutedoekbeton	19-17			spoor 1m v	1,2	7,5		82	80	2,1	3,80	5,80	76,30									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	9-11-2003	mat	T160					Jutedoekbeton	23-22				1,2	7,5		84	82	2,4	3,80	5,80	78,10									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		38		Jutedoekbeton	28			spoor 1m v	1,2	7,5		82	79	2,6	3,80	5,80	76,00									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		70		Jutedoekbeton	24-26			normaal	1,2	7,5		85	82	2,8	3,80	5,80	78,70									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	11-11-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320	elastomeer	70		Jutedoekbeton	7-5				1,2	7,5		85	82	2,9	3,80	5,80	79,20									vracht wage		80
1	cpb1	BAST	Mueller BBM	Sperenberg	8-9-2003	lamellen	Sollinger Huette	WSG 320		70		Jutedoekbeton	25-26			spoor 1m v	1,2	7,5		83	79	3,9	3,80	5,80	77,20									vracht wage		80

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype										Meetconditie										Resultaten														
soort	Opdrachtgever	Meetinstansie	Meetlocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	Meetconditie	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	$L_{af,eq}$ voeg	$L_{af,eq}$ wegdek	$\Delta L_{af,eq}$ (voeg-wegdek)	$L_{af,eq}$ onder brug	tijdsceenheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]	
3	cpb2	BaST	Brücke Reinbrohl (B42)	1986	Mat	?																	6,5	9,01	9,55	-9,55										Perso nenu		
3	cpb2	BaST	Brücke Reinbrohl (B42)	1986	Mat	?		rubber									met gummiafdekking						6,6	9,01	9,55	-9,55									Perso nenu			

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype					Meetconditie										Resultaten																	
soort	Opdrachtgever	Meestantite	Meelocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	$L_{af,max}$ onder brug	tijdsceheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]
9	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Inntalbrücke A3 Suben	24-10-2000	Lamellen	Maurer	8	ruiten	39	2-10		10-14 gr.	Passau	beton	NU MET RAUTENAfr. A9,A10	1	1	+28	105	103	2	7,63	17,65	87,35	75	12,35							Personeel	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Innbrücke Kraiburg	1992?	Lamellen	Maurer	D400						Kraiburg				3	25	85	81	4	6,73	8,28	76,82	78	-0,68							Personeel	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Donaubrücke Donaustauf	1992?	Lamellen	Maurer	DS400						Donaustauf				3	25	89	85	4,1	6,73	8,28	81,02	78	3,52							Personeel	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Innbrücke Kraiburg	1992?	Lamellen	Maurer	D400						Trostburg				3	25	93	89	4,1	6,73	8,28	85,02	78	7,52							Personeel	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Donaubrücke Donaustauf	1992?	Lamellen	Maurer	DS400						Barbing				3	25	84	79	4,5	6,73	8,28	75,62	78	-1,88							Personeel	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	BAB A96 Obere Argen	1992?	Lamellen	Maurer	DS1200						München	staal-beton			4,5	25	90	86	4,6	5,83	7,66	82,54	78	5,04							Personeel	80	
10	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Murrthalbr. Backnang	1992?	Mat	SHW	Transflex T 100/5						Stuttgart				3	25	93	88	4,6	6,73	8,28	84,42	78	6,92							Personeel	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Innsbruck Autobahnausf.	1992?	Mat	SHW	Transflex T 230						West				3	25	88	83	4,7	6,73	8,28	79,62	78	2,12							Personeel		
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	BAB A3 Pilsachtalbr.	1992?	Rollverschlus sbauweise								Regensburg	staal			3	25	90	85	4,9	6,73	8,28	82,02	78	4,52							Personeel		
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Inntal-Autobahn Steinbuchbr.	1992?	Mat	SHW	Transflex T 50						Brenner		Widerlager Innsbruck		3	25	85	80	4,9	6,73	8,28	76,52	78	-0,98							Personeel		
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Inntal-Autobahn Steinbuchbr.	1992?	Mat	SHW	Transflex T 50						Brenner		1 Trennpfeiler		3	25	85	80	4,9	6,73	8,28	76,92	78	-0,58							Personeel		
4	cpb3	BaST		FTVA	27-3-2001	lamellen				30			5-15			niet echte voeg	1,2	7,5		83			3,80	5,80	77,60	75	2,60							Personeel	2*8	80
4	cpb3	BaST		FTVA	27-3-2001	lamellen				30			5-15			niet echte voeg	1,2	7,5		84			3,80	5,80	78,20	75	3,20							Personeel	2*8	80
4	cpb3	BaST		FTVA	27-3-2001	lamellen				30			5-15			niet echte voeg	1,2	7,5		84			3,80	5,80	78,30	75	3,30							Personeel	2*8	80
4	cpb3	BaST		FTVA	27-3-2001	lamellen				30			5-15			niet echte voeg	1,2	7,5		85			3,80	5,80	78,70	75	3,70							Personeel	2*8	80
4	cpb3	BaST		FTVA	27-3-2001	lamellen				30			5-15			niet echte voeg	1,2	7,5		89			3,80	5,80	83,40	75	8,40							Personeel	2*8	80
10	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Traunbrücke St. Georgen	1992?	Randprofiel	Maurer	D80						Traunreut				3	25	86			6,73	8,28	77,52	78	0,02							Personeel	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Inntal-Autobahn Mentelbergbr.	1992?	Vingervoeg	VT							Arlberg		Fluisterasfalt		3	25	84	84		6,73	8,28	76,12	78	-1,38							Personeel		
9	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Inntalbrücke A3 Suben	24-10-2000	Lamellen	Maurer	8	ruiten	39			10-14 gr.	Passau	beton	NU MET RAUTENAfr. A9,A10	1	1	+28	113	115	-2	7,63	17,65	95,35	83	12,85							vrachtwagen	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Innbrücke Kraiburg	1992?	Lamellen	Maurer	D400						Trostburg				3	25	96	93	3,7	6,73	8,28	88,12	83	5,62							vrachtwagen	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Donaubrücke Donaustauf	1992?	Lamellen	Maurer	DS400						Barbing				3	25	95	91	3,8	6,73	8,28	86,22	83	3,72							vrachtwagen	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Donaubrücke Donaustauf	1992?	Lamellen	Maurer	DS400						Donaustauf				3	25	98	94	3,8	6,73	8,28	89,42	83	6,92							vrachtwagen	80	
10	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Traunbrücke St. Georgen	1992?	Randprofiel	Maurer	D80						Traunreut				3	25	96	92	3,8	6,73	8,28	87,92	83	5,42							vrachtwagen	80	
10	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Murrthalbr. Backnang	1992?	Mat	SHW	Transflex T 100/5						Stuttgart				3	25	96	92	3,9	6,73	8,28	87,62	83	5,12							vrachtwagen	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	BAB A96 Obere Argen	1992?	Lamellen	Maurer	DS1200						München	staal-beton			4,5	25	94	90	4	5,83	7,66	85,84	83	3,34							vrachtwagen	80	
8	cpb3	Maurer	Müller-BBM	Innbrücke Kraiburg	1992?	Lamellen	Maurer	D400						Kraiburg				3	25	91	91		6,73	8,28	83,02	83	0,52							vrachtwagen	80	

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype					Meetconditie					Resultaten																						
soort	Opdrachtgever	Meestantite	Meelocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	$L_{af,max}$ onder brug	tijdsceenheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Remstalbrücke B14	26-11-98/30-01-99	Vingervoeg	SHW			-5-0				Stuttgart	beton	Vinger in uiterste rijbaan ca. 10 haks op rijrichting; Afr. A13,A14	1	1	30	107		1,8	7,63	17,65	89,35	78	11,85							Personeel	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Amperbrücke A96 Eching	24-9-1998	Lamellen	Maurer	2	34	3				Lindau	staal	Voeg gezuiverd, veel verkeer, Afr. A11,A12	1	1	30	106		2,2	7,63	17,65	88,35	78	10,85							Personeel	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Neckarbrücke A81 Horb	25-11-1998	Rollverslusbauweise	SHW			0-18				Stuttgart	staal	Afr. A5,A6	1	1	30	109		4,6	7,63	17,65	91,35	78	13,85							Personeel	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Rheinbrücke A4 Rodenkirchen	22-10-98/18-12-98/25-01-99	Lamellen	Glacier-Sollinger	10	37	6-8				Aachen	staal	veel verkeer, afr. A1,A2	1	1	30	104		5,7	7,63	17,65	86,35	78	8,85							Personeel	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Umgehung Schorndorf B29 Ost	30-1-1999	Lamellen	SHW	8	39	0				Beide	beton	Afr. A9,A10	1	1	30	111		6,6	7,63	17,65	93,35	78	15,85							Personeel	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Umgehung Schorndorf B29 West	26-11-1998	Lamellen	SHW	8	38	0				Aalen	beton	Voeg vergoten, afr. A7,A8	1	1	30	111		6,6	7,63	17,65	93,35	78	15,85							Personeel	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Inntalbrücke A3 Suben	17-12-1998	Lamellen	Maurer	8	39	2-10				Passau	beton	Afr. A9,A10	1	1	30	113	104	8,9	7,63	17,65	95,35	78	17,85							Personeel	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Ahrtalbrücke A61	22-10-98/26-01-99	Lamellen	Maurer	5	36	0-8				Koblenz	beton	Afr. A3,A4	1	1	30	112		9,3	7,63	17,65	94,35	78	16,85							Personeel	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Neckarbrücke A81 Horb	25-11-1998	Rollverslusbauweise	SHW							Stuttgart	staal	Afr. A5,A6	1	1	30	115		5,3	7,63	17,65	97,35	83	14,85							Vrachtwagen	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Remstalbrücke B14	26-11-98/30-01-99	Vingervoeg	SHW							Stuttgart	beton	Vinger in uiterste rijbaan ca. 10 haks op rijrichting; Afr. A13,A14	1	1	30	110		-0,8	7,63	17,65	92,35	83	9,85							Vrachtwagen	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Amperbrücke A96 Eching	24-9-1998	Lamellen	Maurer	2	34					Lindau	staal	Voeg gezuiverd, veel verkeer, Afr. A11,A12	1	1	30	113		-0,6	7,63	17,65	95,35	83	12,85							Vrachtwagen	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Pleissetalbrücke A4 Ost	10-12-1998	Lamellen	Glacier-Sollinger	6	Onder met KSV-Stenen	<5				Erfurt	beton	Onder met KSV-Stenen afgesloten, Afr. A15-A17	1	1	30	114		2	7,63	17,65	96,35	83	13,85							Vrachtwagen	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Umgehung Schorndorf B29 Ost	30-1-1999	Lamellen	SHW	8	39					Beide	beton	Afr. A9,A10	1	1	30	112		3	7,63	17,65	94,35	83	11,85							Vrachtwagen	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Umgehung Schorndorf B29 West	26-11-1998	Lamellen	SHW	8	38					Aalen	beton	Voeg vergoten, afr. A7,A8	1	1	30	112		3	7,63	17,65	94,35	83	11,85							Vrachtwagen	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Rheinbrücke A4 Rodenkirchen	22-10-98/18-12-98/25-01-99	Lamellen	Glacier-Sollinger	10	37					Aachen	staal	veel verkeer, afr. A1,A2	1	1	30	117		6,8	7,63	17,65	99,35	83	16,85							Vrachtwagen	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Inntalbrücke A3 Suben	17-12-1998	Lamellen	Maurer	8	39					Passau	beton	Afr. A9,A10	1	1	30	115		7	7,63	17,65	97,35	83	14,85							Vrachtwagen	80	
14	cpb4	VHFL	Müller-BBM	Ahrtalbrücke A61	22-10-98/26-01-99	Lamellen	Maurer	5	36					Koblenz	beton	Afr. A3,A4	1	1	30	115		8,2	7,63	17,65	97,35	83	14,85							Vrachtwagen	80	

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype										Meetconditie										Resultaten													
soort	Opdrachtgever	Meetinstansie	Meetlocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	Meetconditie	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	$L_{af,max}$ onder brug	tijdsceenheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]
8	cpb5	FIGE	Jagsttal, A6;Brohtal, A61	1990	Lamellen	Maurer	D420						Gussasphalt				FE-project	1,2			90	83	6,6	8,41	9,25	80,25	78	2,75							Personeel		100
8	cpb5	FIGE	Zingsheim	1990	Rollverslusbauweise	Sollinger Huette	VPS 300						Gussasphalt				FE-project	1,2			87	80	6,6	8,41	9,25	77,25	78	-0,25							Personeel		100
8	cpb5	FIGE	Vinxtbachtal	1990	Lamellen	Stalko	ST 600						Gussasphalt				FE-project	1,2			86	79	6,7	8,41	9,25	76,75	78	-0,75							Personeel		100
8	cpb5	FIGE	Zingsheim	1990	Rollverslusbauweise	Sollinger Huette	VPS 300						Gussasphalt				FE-project	1,2			92	85	6,8	8,41	9,25	82,75	83	0,25							vrachtwagen		80
8	cpb5	FIGE	Jagsttal, A6;Brohtal, A61	1990	Lamellen	Maurer	D420						Gussasphalt				FE-project	1,2			93	86	6,9	8,41	9,25	83,75	83	1,25							vrachtwagen		80
8	cpb5	FIGE	Vinxtbachtal	1990	Lamellen	Stalko	ST 600						Gussasphalt				FE-project	1,2			93	86	7	8,41	9,25	83,75	83	1,25							vrachtwagen		80

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype					Meetconditie										Resultaten																	
soort	Opdrachtgever	Meetinstansie	Meetlocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	L_{ref} voeg	L_{ref} wegdek	ΔL_{ref} (voeg-wegdek)	L_{ref} onder brug	tijdsceheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]
2	equil	BaST	A46, Hückelhofen	1-10-1997	Lamellen	Mageba?	3		28				19			mp2	1,8	65	18			0						56				1.5u	Alle			
2	equil	BaST	A46, Hückelhofen	1-10-1997	Lamellen	Mageba?	3		28				19			mp4	-3	0	2			0						64				1.5u	Alle			
2	equil	BaST	A46, Hückelhofen	26-11-1997	Lamellen	Mageba?	3		32				8			mp4	-3	0	2			0						60				1.5u	Alle			
2	equil	BaST	A46, Hückelhofen	1-10-1997	Lamellen	Mageba?	3		28				19			mp1	4	65	18			7	57,51					58				1.5u	ALL E			
2	equil	BaST	A46, Hückelhofen	26-11-1997	Lamellen	Mageba?	3		32				8			mp1	4	65	18			7,3	57,51					54				1.5u	ALL E			
2	equil	BaST	A46, Hückelhofen	26-11-1997	Lamellen	Mageba?	3		32				8			mp2	1,8	65	18			7,6						55				1.5u	ALL E			
2	equil	BaST	A46, Hückelhofen	1-10-1997	Lamellen	Mageba?	3		28				19			mp3	-7,8	0	21			7,6						61				1.5u	ALL E			
2	equil	BaST	A46, Hückelhofen	26-11-1997	Lamellen	Mageba?	3		32				8			mp3	-7,8	0	21			7,7						61				1.5u	ALL E			

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype						Meetconditie										Resultaten																
soort	Opdrachtgever	Meetinstansie	Meetlocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	$L_{af,eq}$ voeg	$L_{af,eq}$ wegdek	$\Delta L_{af,eq}$ (voeg-wegdek)	$L_{af,eq}$ onder brug	tijdsceenheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]
9	equi2	Maurer	Müller-BBM	Inntalbrücke A3 Suben	24-10-2000	Lamellen	Maurer	8	ruiten	39			10-14 gr.	Passau	beton	NU MET RAUTENAfr. A9,A10	-3,4					6,4											68	vrachtwage	80	

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype							Meetconditie										Resultaten															
soort	Opdrachtgever	Meetinstansie	Meetlocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	$L_{af,eq}$ voeg	$L_{af,eq}$ wegdek	$\Delta L_{af,eq}$ (voeg-wegdek)	$L_{af,eq}$ onder brug	tijdsleenheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]
13	equi3	RWS	M+P	Brug Maas Noord Heumen, A73	1-9-2005	lamellen	Maurer	XL500?				DAB	24 (lucht), 28 (weg)		Beton	onder b -2	5	7,5										82	81	0,2	66	15 min	Alle			
13	equi3	RWS	M+P	Brug Maas Noord Heumen, A73	1-9-2005	lamellen	Maurer	XL500?				DAB	24 (lucht), 28 (weg)		Beton	onder b -2	3	7,5										82	82	0,3	66	15 min	Alle			
13	equi3	RWS	M+P	Brug Maas Zuid Heumen, A73	7-9-2005	lamellen	Maurer	D320?	ruiten			DAB/betonplaten fijgeb. Beton	26 (lucht), 31 (weg)		Beton	onder b -2	5	7,5										84	83	0,5	69	15 min	Alle			
13	equi3	RWS	M+P	Brug Maas Zuid Heumen, A73	7-9-2005	lamellen	Maurer	D320?				DAB/betonplaten fijgeb. Beton	26 (lucht), 31 (weg)		Beton	onder b -2	3	7,5										84	84	0,5	69	15 min	Alle			
13	equi3	RWS	M+P	Ijsselburg Deventer, A1	22-8-2005	lamellen	Maurer	D480?		?		ZOAB	19		Beton	onder b -2	5	7,5	100										82	80	1,9	67	15 min	Alle		
13	equi3	RWS	M+P	Ijsselburg Deventer, A1	22-8-2005	lamellen	Maurer	D480?		?		ZOAB	19		Beton	onder b -2	3	7,5	100										83	81	2,2	67	15 min	Alle		

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype					Meetconditie										Resultaten																	
soort	Opdrachtgever	Meetinstantie	Meetlocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	$L_{af,max}$ onder brug	tijdsceenheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]
5	pf	BaST	PFF	1999	Lamellen			sinus	48			betondecke mit jutetextur				0, ±45°		7,5				0	5,00	6,99			0,00							4	proef	
5	pf	BaST	PFF	1999	Lamellen				48			betondecke mit jutetextur				0, ±45°		7,5				8,2	5,00	6,99	-6,99	78								4	proef	100
5	pf	BaST	PFF	1999	Lamellen			oppervlakken met	48			betondecke mit jutetextur				0, ±45°		7,5				8,2	5,00	6,99	-6,99									4	proef	
5	pf	BaST	PFF	1999	Lamellen			opvullen met moosgummi	48			betondecke mit jutetextur				0, ±45°		7,5				8,6	5,00	6,99	-6,99									4	proef	
5	pf	BaST	PFF	1999	Lamellen				48			betondecke mit jutetextur				0, ±45°		1				8,7	8,20	9,14	-9,14									4	proef	
5	pf	BaST	PFF	1999	Lamellen			oppervlakken met	48			betondecke mit jutetextur				0, ±45°		1				8,9	8,20	9,14	-9,14									4	proef	
5	pf	BaST	PFF	1999	Lamellen			sinus	48			betondecke mit jutetextur				0, ±45°		1				8,9	8,20	9,14	-9,14									4	proef	
5	pf	BaST	PFF	1999	Lamellen			opvullen met moosgummi	48			betondecke mit jutetextur				0, ±45°		1				9,1	8,20	9,14	-9,14									4	proef	

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype					Meetconditie					Resultaten																							
soort	Opdrachtgever	Meetsanctie	Meelocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	$L_{af,max}$ onder brug	tijdsleenheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]	
11	spb	OSAG	psiA-consult	12-10-2004	vingervoeg	?						SMA	8, hochnebel				1,3	3	30	84	83	1	5,83	7,65	76,35	73	3,35	69	82	82	0		1	LV	136	70	
13	spb	RWS	M+P	Brug Maas Noord Heumen, A73	1-9-2005	lamellen	Maurer	XL500?				DAB	24 (lucht), 28 (weg)		Beton		5	7,5		83	80	2,8	0,00	0,00	82,80	79	3,70						LV	94	110		
6	spb	BaST		Suben, A3	2000	Vingervoeg	Reisner&Wolff					splittmastikasphalt					1,2	7,5				2,9	3,80	5,80	-5,80	78							LV		100		
6	spb	BaST		Suben, A3	2000	Lamellen	Maurer	XL	ruiten			splittmastikasphalt					1,2	7,5				3,2	3,80	5,80	-5,80	78							LV		100		
9	spb	Mageba	Interakustik	Talbrücke Albrechtsgraben A71, Meiningen	28-10-2003	Lamellen	Mageba	LR9	sinus					Meiningen		met sinusbl.	1,5	4	30	84	81	3,3	4,95	6,95	76,85	78	-0,65						LV				
9	spb	Mageba	Interakustik	Talbrücke Albrechtsgraben A71, Erfurt	28-10-2003	Lamellen	Mageba	LR9	sinus					Erfurt		met sinusbl.	1,5	4	30	88	85	3,4	4,95	6,95	81,45	78	3,95							LV			
13	spb	RWS	M+P	Brug Maas Zuid Heumen, A73	7-9-2005	lamellen	Maurer	D320?				DAB/betonplaten ffigeb. Beton	26 (lucht), 31 (weg)		Beton		5	7,5		89	84	4,2	0,00	0,00	88,60	79	9,50						LV	108	110		
6	spb	BaST		Suben, A3	<2000	Lamellen						splittmastikasphalt		oostenrijk			1,2	7,5		85	80	5,8	3,80	5,80	79,60	78	2,10						LV		100		
6	spb	BaST		Suben, A3	<2000	Lamellen		met zand afgedekt				splittmastikasphalt		regensburg			1,2	7,5		87	80	7,7	3,80	5,80	81,50	78	4,00							LV		100	
6	spb	BaST		schalding, A3	1999	Rollverschlussbauweise						splittmastikasphalt		noord			3,6	7,5	?	88	82	7,8	1,40	1,46	86,34	78	8,84						LV		100		
11	spb	OSAG	psiA-consult	Murbrücke, A9, St. Michael (O)	22-4-2004	lamellen	Sollinger Huette?	3				drainasphalt	25, lv 70%, 0.5 m/s				1,3	3	30	88	79	8,5	5,83	7,65	79,85	73	6,85	76	84	79	5,5		1	LV	122	70	
13	spb	RWS	M+P	Ijsselburg Deventer, A1	22-8-2005	lamellen	Maurer	D480?	?			ZOAB	19		Beton		5	7,5	100	88	78	10,1	0,00	0,00	88,40	79	9,30						LV	52	110		
13	spb	RWS	M+P	Brug Maas Noord Heumen, A73	1-9-2005	lamellen	Maurer	XL500?				DAB	24 (lucht), 28 (weg)		Beton		5	7,5		87	87	0,1	0,00	0,00	87,00	85	2,00						ZV	43	80		
9	spb	Mageba	Interakustik	Talbrücke Albrechtsgraben A71, Meiningen	28-10-2003	Lamellen	Mageba	LR9	sinus					Meiningen		met sinusbl.	1,5	4	30	93	90	3,3	4,95	6,95	85,95	85	0,95							ZV		80	
9	spb	Mageba	Interakustik	Talbrücke Albrechtsgraben A71, Erfurt	28-10-2003	Lamellen	Mageba	LR9	sinus					Erfurt		met sinusbl.	1,5	4	30	91	88	3,5	4,95	6,95	84,25	85	-0,75							ZV		80	
11	spb	OSAG	psiA-consult	12-10-2004	vingervoeg	?						SMA	8, hochnebel				1,3	3	30	88	86	2	5,83	7,65	80,35	81	-0,65	86	86	0			1	MV	30	70	
6	spb	BaST		Suben, A3	<2000	Lamellen						splittmastikasphalt		oostenrijk			1,2	7,5		89	85	4,6	3,80	5,80	83,30	83	0,80							MV		80	
11	spb	OSAG	psiA-consult	Murbrücke, A9, St. Michael (O)	22-4-2004	lamellen	Sollinger Huette?	3				drainasphalt	25, lv 70%, 0.5 m/s				1,3	3	30	92	85	7,5	5,83	7,65	84,35	81	3,35	89	83	5,5			1	MV	31	70	
6	spb	BaST		schalding, A3	1999	Rollverschlussbauweise						splittmastikasphalt		noord			3,6	7,5	?	89	86	8	1,40	1,46	87,84	83	5,34							MV		80	
11	spb	OSAG	psiA-consult	12-10-2004	vingervoeg	?						SMA	8, hochnebel				1,3	3	30	93	92	1	5,83	7,65	85,35	81	4,35	90	90	0				1	ZV	70	70
13	spb	RWS	M+P	Brug Maas Zuid Heumen, A73	7-9-2005	lamellen	Maurer	D320?				DAB/betonplaten ffigeb. Beton	26 (lucht), 31 (weg)		Beton		5	7,5		91	88	3,1	0,00	0,00	91,10	85	6,10						ZV	34	80		
6	spb	BaST		Suben, A3	2000	Lamellen	Maurer	XL	ruiten			splittmastikasphalt					1,2	7,5				3,3	3,80	5,80	-5,80	85							ZV		80		
6	spb	BaST		Suben, A3	2000	Vingervoeg	Reisner&Wolff					splittmastikasphalt					1,2	7,5				3,4	3,80	5,80	-5,80	85							ZV		80		
6	spb	BaST		Suben, A3	<2000	Lamellen						splittmastikasphalt		oostenrijk			1,2	7,5		92	87	4,9	3,80	5,80	86,20	85	1,20							ZV		80	
13	spb	RWS	M+P	Ijsselburg Deventer, A1	22-8-2005	lamellen	Maurer	D480?	?			ZOAB	19		Beton		5	7,5	100	89	82	7,2	0,00	0,00	89,20	85	4,20							ZV	59	80	
6	spb	BaST		Suben, A3	<2000	Lamellen		met zand afgedekt				splittmastikasphalt		regensburg			1,2	7,5		95	87	7,7	3,80	5,80	89,00	85	4,00							ZV		80	
6	spb	BaST		schalding, A3	1999	Rollverschlussbauweise						splittmastikasphalt		noord			3,6	7,5	?	93	88	8	1,40	1,46	91,44	85	6,44							ZV		80	

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype										Meetconditie										Resultaten															
	soort	Opdrachtgever	Meetinstantie	Meetlocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	Meetconditie	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	$L_{af,eq}$ voeg	$L_{af,eq}$ wegdek	$\Delta L_{af,eq}$ (voeg-wegdek)	$L_{af,eq}$ onder brug	tijdsceenheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]	
11	spb	OSAG	psiA-consult	Murbrücke, A9, St. Michael (O)	22-4-2004	lamellen	Sollinger Huette?	3						drainasphal	25, lv 70%, 0.5 m/s					1,3	3	30	97	86	11	5,83	7,65	89,35	81	8,35		94	86	8		1	ZV	73	70

Resultaat metingen aan voegovergangen

Algemeen				Voegtype										Meetconditie										Resultaten													
soort	Opdrachtgever	Meetinstantie	Meetlocatie	Datum	Voegsoort	Merk	Type	Variant	Openingsstand	Meetconditie	hoogte rijbaan boven voeg	Conditie	Wegdektype	Weersomstandigheid	Rijrichting	Soort brug	Opm.	hoogte meting	Afstand tot midden rijbaan	Afstand tot ref. punt	$L_{af,max}$ voeg	$L_{af,max}$ wegdek	$\Delta L_{af,max}$ (voeg-wegdek)	Afstand meetpunt-meetpunt 5 m	$\Delta L_{af,max}$ (meetpunt - referentiemeetpunt 5m)	$L_{af,max}$ meetpunt 5 m hoogte	$L_{af,max}$ referentiemeetpunt 5m	$\Delta L_{af,max}$ (voeg - wegdek [5m hoogte])	$L_{af,max}$ onder brug	$L_{af,eq}$ voeg	$L_{af,eq}$ wegdek	$\Delta L_{af,eq}$ (voeg-wegdek)	$L_{af,eq}$ onder brug	tijdsceenheid [ms]	Type voertuig	Aantal voertuigen	snelheid voertuig [km/u]
7	spb2	BMU	TUV SD Bau und	Innbrücke A3,Neuhaus bei Passau ;hier: mit Belag	16.10.97	Lamellen		8	beschicht	40					Passau Brückenende	Beton	Lamellen mit Splittmaterial beschicht	1,5	6,25	10	97,5	84,6	12,9	3,72	5,70	91,80	85	6,80				16,6		ZV		80	