



Rijkswaterstaat
Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Validatie van de Wehner/Schulze proef

Het ontwikkelen van instrumentarium ten behoeve van de risicobeheersing op het gebied van de stroefheidontwikkeling (Spoor 2)

21 oktober 2010

Colofon

Uitgegeven door: Dienst Verkeer en Scheepvaart

Informatie: DVS-loket
Telefoon: 088-7982555

Uitgevoerd door: P.M. Kuijper

Opmaak: Rekafa bv

Datum: 21 oktober 2010

Status: Definitief

Versienummer: 1.0

Inhoudsopgave

0	Samenvatting – 7
1	Inleiding – 11
1.1	Vraag- en probleemstelling – 11
1.2	Doel – 11
1.3	De Wehner/Schulzeproef – 12
1.4	Leeswijzer – 14
Deel 1	Validatie Wehner/Schulzeproef – 15
2.1	Hypothese – 17
2.2	Opzet van het onderzoek – 18
2.3	Materialen en monsters – 18
2.4	Uitvoering – 21
2.5	Resultaten en bespreking van de resultaten – 24
2.6	Discussie – 28
2.7	Conclusies – 34
2.8	Aanbevelingen – 35
Deel 2	Subdoelen van het onderzoek – 37
3.1	Hypothese – 38
3.2	Het onderzoek – 39
3.3	Resultaten en bespreking van de resultaten – 40
3.4	Discussie – 42
3.5	Conclusies – 46
4	Begrippenlijst – 49
5	Literatuurlijst – 51

0 Samenvatting

Met de nieuwe contractvormen die RWS hanteert krijgt de aannemer in principe meer vrijheid en verantwoordelijkheid bij de keuze van de producten die hij aanbiedt. RWS schrijft de functie van een bepaald product voor, maar beschrijft niet tot in detail hoe dat product er moet uitzien.

Ten aanzien van de functionele eis "Natte stroefheid wegdek bij openstelling" wordt in de Componenteisen Bovenbouw, versie 18 maart 2009 gesteld dat de deklaag van het open te stellen wegvak een natte stroefheid van ten minste 0,40 moet hebben. Gedurende de restlevensduur dient de natte stroefheid van dichte deklagen ten minste 0,39 te zijn, terwijl die van open deklagen tenminste 0,42 dient te bedragen.

Tot op heden wordt de weerstand tegen polijsten met behulp van de PSV-proef aangetoond. Aangenomen wordt dat een deklaag lange tijd aan de in de eerste alinea genoemde stroefheideisen zal voldoen, indien de PSV-waarde van het mineraalaggregaat van de fractie 8-10 minimaal 58 bedraagt. Dit met in acht neming van andere eisen zoals percentage gebroken/ongebroken en samenstelling waardoor ook de textuur wordt vastgelegd. De marktbenadering van RWS richt zich op het bieden van meer vrijheidsgraden aan de ondernemer bij het kiezen van oplossingen die moeten voldoen aan het gewenste resultaat op functioneel niveau. Om toch de lange termijn risico's te beheersen (immers de looptijd van contracten is vaak veel korter dan de levensduur van een verharding) wil RWS een bepaalde mate van zekerheid dat een product een bepaalde prestatie kan leveren. Het is daarom belangrijk om een testmethode te hebben, die op een hoger functioneel niveau dan het stellen van eisen aan samenstelling en steenslageigenschappen, een voorspellende waarde heeft voor de lange termijn stroefheid van deklagen. Dit rapport beschrijft de validatie van de Wehner/Schulze proef. Deze proef bepaalt de weerstand tegen polijsten van het gehele asfaltmengsel en niet alleen van een fractie van het mineraalaggregaat. Het rapport bestaat uit twee delen. In deel 1 wordt het hoofddoel behandeld, namelijk de validatie van de Wehner/Schulzeproef. In deel 2 worden een aantal subdoelen behandeld.

Hoofddoel van het onderzoek is het bepalen van de mogelijkheid om met de Wehner/Schulze proef een betrouwbare voorspelling te doen omtrent de stroefheidontwikkeling van asfaltdeklagen en bij een positief resultaat het vaststellen van richtwaarden voor de proef.

De validatie is uitgevoerd op zowel mengsels ZOAB 0/16 als mengsels DAB 0/16. In hoeverre deze validatie geldig is voor fijnere mengsels zal in een (eventueel) vervolgonderzoek bepaald moeten worden. De onderzoeksopzet gaat uit van de beproeving van vier goede en vier slechte ZOAB-mengsels en drie goede en drie slechte DAB-mengsels. Goede mengsels zijn mengsels met een hoge in situ stroefheid gekoppeld aan een lange levensduur bij een hoge verkeersintensiteit. De (geprognosticeerde) levensduur van deze wegvakken is minimaal 20 jaar. Op de in totaal 14 wegvakken is met drie verschillende meetsystemen (Nederlands, Duits en Frans) de actuele stroefheid van zowel het rechter rijspoor van de rechterrijstrook als de vluchtstrook gemeten. Vervolgens zijn uit elk van deze wegvakken 12 kernen geboord: 6 kernen uit het rijspoor en 6 kernen uit de vluchtstrook. Op deze kernen is de Wehner/Schulzeproef uitgevoerd en zijn de waarden voor PWS[0] t/m PWS[4] bepaald. Na beproeving is het mineraalaggregaat uit de kernen teruggewonnen en is de PSV-waarde bepaald.

Hoofddoel

Uit het onderzoek is gebleken, dat er een goede relatie is tussen de PWS[0] en de actuele stroefheid van de wegdekken, gemeten conform proef 150 van de Standaard RAW Bepalingen 2005.

Tevens is uit het onderzoek gebleken dat de Wehner/Schulzeproef onderscheid maakt tussen asfaltmengsels uit goede en uit slechte wegvakken. Asfaltmengsels uit slechte wegvakken (onderzocht op boorkernen uit niet bereiden vluchtstroken) hebben een significant lagere PWS[3] dan asfaltmengsels uit goede wegvakken. In het geval van de ontwikkeling van een Type Testing proef, zal deze proef worden uitgevoerd op proefstukken gemaakt van vers bereide asfaltmengsels. De uit de vluchtstrook genomen boorkernen worden bij dit onderzoek geacht de meeste overeenkomst te hebben met deze vers bereide proefstukken. Uit het onderzoek is gebleken dat de PWS[3] waarde van de boorkernen uit de vluchtstrook kan discrimineren tussen goede en slechte wegvakken. Deze kwalificatie in goed en slecht is gebaseerd op het verband tussen de leeftijd van het wegvak en de actuele stroefheid van het wegvak, gemeten in het rechter rijspoor van de rechter rijstrook.

Op basis hiervan worden tenslotte aanbevelingen gedaan voor richtwaarden voor de Wehner/Schulzeproef, die nieuwe mengsels kunnen onderscheiden in mengsels met een levensduurverwachting van ten minste 20 jaar enerzijds en minder dan 20 jaar anderzijds. Deze richtwaarden zijn hieronder weergegeven, waarbij er bij ZOAB onderscheid wordt gemaakt in wegvakken met een Gemiddelde Dagelijkse Verkeersintensiteit (GDV) van minimaal 20.000 voertuigen en wegvakken met een GDV tussen 10.000 en 20.000 voertuigen.

ZOAB-vakken met een GDV \geq 20.000

PWS[3]	:	$\geq 0,38$
--------	---	-------------

ZOAB-vakken met een GDV = 10.000 – 20.000

PWS[3]	:	$\geq 0,31$
--------	---	-------------

en

PWS[2] - PWS[3]	:	$\leq 0,15$
-----------------	---	-------------

DAB-vakken met een GDV \geq 20.000

PWS[3]	:	$\geq 0,36$
--------	---	-------------

Een andere aanbevelingen uit deel 1 is:

In internationaal verband de resultaten van het onderzoek te bespreken en af te stemmen met de onderzoekresultaten van de andere landen. Op basis hiervan de gemeenschappelijke doelen te bepalen die bereikt moeten worden om de Wehner/Schulzeproef geaccepteerd te krijgen als Type Testing proef. Op basis hiervan kan een gemeenschappelijk validatie onderzoekprogramma worden vastgesteld.

Aanbevelingen voor vervolgonderzoek kunnen zijn:

- De reservekernen gebruiken om de draft prEN 12697-49:2009 te valideren.
- De invloed van de proefstukbereiding op het proefresultaat te bepalen.
- In EN 12697-49 op te nemen dat bij een onderzoek aan drie kernen het verschil tussen de hoogste en de laagste waarde van PWS[3] niet meer dan 0,054 (3r) mag bedragen.
- Het onderzoek te herhalen op andere mengsels zoals SMA, Tweelaags-ZOAB, enz.

Subdoelen

Door de TU Berlin is aangegeven dat om voor drukbelaste wegen, dit zijn wegen met een Gemiddelde Dagelijkse Verkeersintensiteit (GDV) van minimaal 20.000 voertuigen, een PWS[3] van ten minste 0,42 aan te houden. In dit geval is de verwachting dat de betreffende weg zeker 3 jaar lang voldoende stroef blijft. De asfaltmengsels die in het kader van dit onderzoek zijn onderzocht, voldoen echter niet aan deze richtwaarde, ongeacht of het asfalt uit goede of uit slechte wegvakken afkomstig is. De Duitse richtwaarde is dus te hoog voor de Nederlandse asfaltmengsels.

Uit het onderzoek is gebleken, dat er (net als met de Nederlandse methode) een goede relatie is tussen de PWS[0] en de actuele stroefheid van de wegdekken, gemeten conform de Duitse en de Franse methode.

Tenslotte blijkt uit het onderzoek dat er voor ZOAB 0/16 een duidelijke relatie is tussen de PSV-waarde (polijstgetal) en de PWS[3]. Voor DAB 0/16 is deze relatie niet aangetoond, hetgeen een gevolg kan zijn van het feit dat alle onderzochte steenslag bij DAB nagenoeg dezelfde PSV waarde had. Geconcludeerd zou kunnen worden dat het dan voor ZOAB ook niet nodig is om over te stappen op de Wehner/Schulzeproef. Voor DAB is echter ondanks het feit dat de PSV-waarde ongeveer gelijk is, wel een onderscheid tussen goede en slechte vakken aangetoond, waardoor de Wehner/Schulzeproef een meerwaarde in zich heeft.

RWS vindt het belangrijk om een testmethode te hebben, die op een hoger functioneel niveau een voorspellende waarde heeft voor de lange termijn stroefheid van deklagen.

1 Inleiding

Binnen de DVS-productielijn "Wegenbouw" wordt o.a. instrumentarium ontwikkeld ten behoeve van de risicobeheersing op het gebied van de stroefheidontwikkeling. De ontwikkeling vindt plaats via drie sporen en een subspoor:

- Spoor 1: ontwikkelen van een instrument dat de stroefheidontwikkeling in relatie tot de kwaliteit van de steenslag kan voorspellen;
- Subspoor 1a: nagaan of het ontwikkelde instrument tevens geschikt is om de remvertraging bij aanvang te voorspellen;
- Spoor 2: validatie van de methode;
- Spoor 3: maken van een trendanalyse ten aanzien van de stroefheidontwikkeling van deklagen.

Dit rapport beschrijft het onderzoek en de resultaten van spoor 2. De overige sporen worden in separate rapporten beschreven.

1.1 Vraag- en probleemstelling

De aannemer krijgt meer vrijheid en verantwoordelijkheid bij de keuze van de producten die hij aanbiedt. Dit betekent dat Rijkswaterstaat in principe de functie van een bepaald product beschrijft en een en ander niet tot in detail uitwerkt. Ten aanzien van de functionele eis "Natte stroefheid wegdek bij openstelling" wordt in de Componenteisen Bovenbouw, versie 18 maart 2009 [2] gesteld dat de deklaag van het open te stellen wegvak een natte stroefheid van ten minste 0,40 moet hebben. Tevens gelden er harde normen voor de natte stroefheid van het wegdek gedurende de levensduur van de weg. Wanneer deze normen worden overschreden dienen er waarschuwings- en onderhoudsmaatregelen te worden genomen [7]. Er zijn echter geen instrumenten om vooraf op basis van laboratoriumproeven en voorspellende gedragsmodellen de stroefheidontwikkeling van de door de aannemer ontwikkelde en aangeboden wegdektypen te voorspellen. Tot op heden wordt de weerstand tegen polijsten met behulp van de PSV-proef aangetoond. Aangenomen wordt dat een deklaag lange tijd aan de stroefheideisen zal voldoen, indien de PSV-waarde van het mineraalaggregaat van de fractie 8-10 minimaal 58 bedraagt. Dit met in acht neming van andere eisen zoals percentage gebroken/ongebroken en samenstelling waardoor ook de textuur wordt vastgelegd. De marktbenadering van RWS richt zich op het bieden van meer vrijheidsgraden aan de ondernemer bij het kiezen van oplossingen die moeten voldoen aan het gewenste resultaat op functioneel niveau. Om toch de lange termijn risico's te beheersen (immers de looptijd van contracten is vaak veel korter dan de levensduur van een verharding, wil RWS een bepaalde mate van zekerheid dat een product een bepaalde prestatie kan leveren. Het is daarom belangrijk een testmethode te hebben, die op een hoger functioneel niveau dan het stellen van eisen aan samenstelling en steenslageigenschappen, een voorspellende waarde heeft voor de lange termijn stroefheid van deklagen. Binnen het deelproject "Stroefheid" van het project "Ontwikkeling instrumentarium risicobeheersing" uit de productielijn "Wegenbouw" is gewerkt aan het ontwikkelen van meetmethodes en gedragsmodellen m.b.t. schadeverschijnselen aan verhardingen op het gebied van stroefheid.

1.2 Doel

Uit spoor 1 [1] is gebleken dat de Wehner/Schulzeproof in staat is om een asfaltmengsel, waarin steenslag met een laag polijstgetal is verwerkt, te onderscheiden van een zelfde asfaltmengsel, maar dan één waarin steenslag met een hoog polijstgetal is verwerkt. Tevens geeft de proef verschillende waarden voor

asfaltmengsels met een open en een dichte structuur en asfaltmengsels met een grove en een fijne structuur. Hiermee heeft de proef de potentie om de stroefheidontwikkeling van bitumineuze deklagen te voorspellen. Het uiteindelijke doel van het onderzoek is om te komen tot een fundamentele proef voor de Type Testing van asfaltmengsels.

Het hoofddoel van het in dit rapport beschreven onderzoek is het valideren van de Wehner/Schulzeproef, uitgevoerd conform het indertijd geldende Duitse protocol (bijlage 1), door:

- Aan te tonen dat er een relatie is tussen de Wehner/Schulzeproef en de stroefheid, gemeten volgens proef 150 van de "Standaard RAW Bepalingen 2005";
- Aan te tonen dat met de Wehner/Schulzeproef onderscheid gemaakt kan worden tussen asfaltmengsels met een goed en een slecht gedrag in de tijd voor wat betreft de ontwikkeling van de stroefheid;
- Aan te tonen dat met de Wehner/Schulzeproef een voorspelling kan worden gedaan omtrent de te verwachten levensduur van een asfaltmengsel voor stroefheid;
- Na te gaan welke richtwaarden voor het proefresultaat gehanteerd kunnen worden om goede asfaltmengsels te onderscheiden van slechte asfaltmengsels voor de eigenschap stroefheid in de tijd.

Daarnaast kent het onderzoek een aantal subdoelen. Deze subdoelen zijn;

- Het beoordelen van onze mengsels aan de door de TU Berlin afgegeven richtwaarde voor de PWS[3];
- Nagaan of er een (eventueel betere) relatie is tussen Duitse en Franse stroefheidsmetingen op de weg en de Wehner/Schulzeproef;
- Nagaan of met de Wehner/Schulzeproef en de PSV-proef eenzelfde uitspraak ten aanzien van de levensduurvoorspelling wordt gedaan.

1.3 De Wehner/Schulzeproef

De Wehner/Schulzeproef wordt beschreven in bijlage 1. In de figuur 1 is de proefopstelling weergegeven.

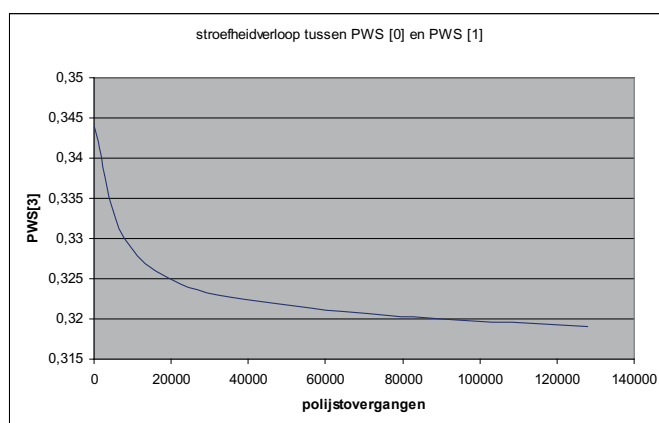


Figuur 1: Opstelling Wehner/Schulze proef

De proefopstelling kent drie duidelijk zichtbare onderdelen. Links bevindt zich het polijstgedeelte van het apparaat, in het midden bevindt zich een gedeelte waarmee de gepolijste kernen kunnen worden schoongespoeld en rechts bevindt zich het meetgedeelte. Met dit onderdeel wordt de stroefheid van de proefstukken gemeten. De meetwaarde wordt PWS [n] genoemd, waarin n het nummer van de belastingsstap is. De letters PWS staan voor Polierwert Wehner/Schulze.

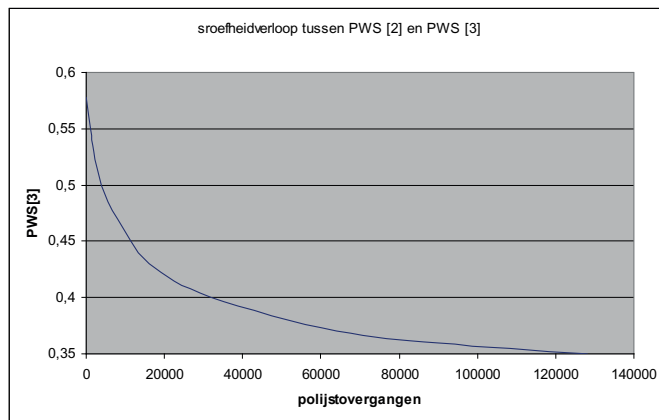
De proefuitvoering ten behoeve van de voorspelling van de stroefheidontwikkeling kent een vijftal belastingsstappen:

0. Belastingsstap 0: In deze stap wordt het oppervlak van het proefstuk, onder toevoeging van water, beproefd in de onbelaste uitgangstoestand. Het resultaat van deze stap wordt PWS [0] genoemd.
1. Belastingsstap 1: In deze stap wordt het oppervlak gedurende een uur door middel van drie polijstrollen en onder toevoeging van een polijstmiddel gepolijst. Daarna wordt op het oppervlak, onder toevoeging van water, een stroefheidmeting verricht. Het resultaat van deze meting wordt PWS [1] genoemd. Het verloop van de stroefheid tussen belastingsstap 0 en 1 volgt de in figuur 2 weergegeven trend:



Figuur 2: Trend stroefheidverloop tussen belastingsstap 0 en belastingsstap 1

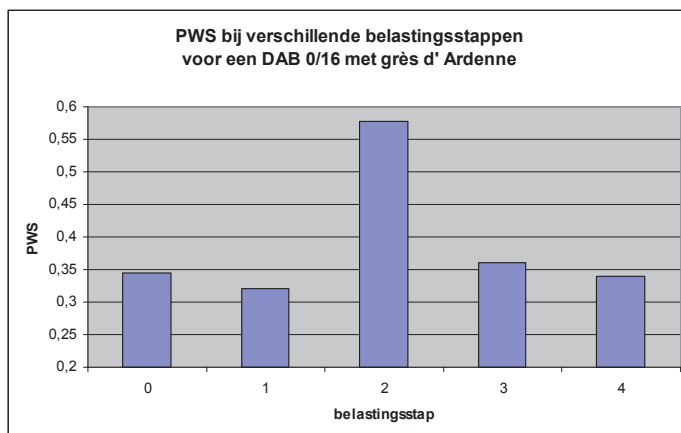
2. Belastingsstap 2: In deze stap wordt het oppervlak van het proefstuk opgeruwd door middel van zandstralen. In deze stap worden door deze handeling ook alle eventueel op het oppervlak achtergebleven bitumenresten verwijderd. Na het zandstralen wordt onder toevoegen van water de stroefheid van het oppervlak gemeten. Deze waarde wordt PWS [2] genoemd.
3. Belastingsstap 3: In deze stap wordt het oppervlak op dezelfde wijze als in belastingsstap 1 gepolijst. Het resultaat van de stroefheidmeting wordt PWS [3] genoemd. Gedurende de meting wordt water op het oppervlak toegevoegd. Voor deze waarde gelden in Duitsland richtlijnen. Het verloop van de stroefheid tussen belastingsstap 2 en 3 volgt de trend volgens figuur 3:



Figuur 3: Trend stroefheidverloop tussen belastingstap 2 en belastingstap 3

4. Belastingstap 4: In deze laatste stap worden, onder toevoeging van water, nog meer stroefheidmetingen op het proefstuk uitgevoerd tot een redelijk constante waarde wordt bereikt. Het verschil tussen twee opéénvolgende metingen mag niet meer dan 0,005 bedragen. Deze waarde wordt PWS [4] genoemd.

Het verband tussen de diverse belastingstappen is weergegeven in figuur 4.



Figuur 4: Verband tussen de verschillende belastingstappen

1.4

Leeswijzer

Het onderzoek wordt in twee delen beschreven.

Deel 1 (hoofdstuk 2) beschrijft het onderzoek naar het hoofddoel, namelijk de validatie van de Wehner/Schulzeproef. De conclusies en aanbevelingen ten aanzien van het hoofddoel worden aan het eind van deel 1 vermeld.

Deel 2 (hoofdstuk 3) beschrijft het onderzoek aan de subdoelen, namelijk de vergelijking van de buitenlandse metingen en de relatie met de PSV-proef. De conclusies en aanbevelingen ten aanzien van de subdoelen worden aan het eind van deel 2 vermeld.

In hoofdstuk 4 van dit rapport is een begrippenlijst opgenomen van veel gebruikte termen.

Deel 1

Validatie Wehner/Schulzeproef

2.1 Hypothese

De validatie van de Wehner/Schulzeproof wordt gedaan aan de hand van een drietal hypothesen. Indien deze hypothesen niet worden verworpen, dan wordt aangenomen dat de validatie van de proef is geslaagd. In dit hoofdstuk worden deze hypothesen beschreven en toegelicht. De analyses worden steeds separaat uitgevoerd voor de DAB-wegvakken en de ZOAB-wegvakken.

Indien met de Wehner/Schulzeproof de stroefheidontwikkeling op het Nederlandse hoofdwegennet voorspeld moet worden, dan dient er een relatie te zijn tussen de op de weg gemeten stroefheid conform proef 150 en de resultaten van de Wehner/Schulzeproof bij belastingstap 0. In beide meetmethoden wordt dan een stroefheid van het oppervlak bepaald.

De te toetsen hypothese is:

1. Er is een significant verband tussen de stroefheid bepaald volgens proef 150 van de "Standaard RAW Bepalingen 2005" (f_{70}) en de PWS [0] bepaald met de Wehner/Schulzeproof conform het Duitse protocol (bijlage 1).

Eén van de hoofddoelen van dit onderzoek is aan te tonen dat met behulp van de Wehner/Schulzeproof een voorspelling kan worden gedaan omtrent de stroefheidontwikkeling van asfaltmengsels. Uit Duits onderzoek [8] is gebleken dat belastingstap 3 de meeste zeggingskracht heeft omtrent het voorspellende vermogen ten aanzien van de stroefheidontwikkeling. In landen als Frankrijk en Engeland is men nog niet zover en wordt er, overigens net als nog steeds in Duitsland, volop geëxperimenteerd met de proef. Daarom is niet alleen het resultaat van belastingstap 3, maar zijn ook de resultaten van de belastingstappen 0, 1, 2 en 4 en de verschillen tussen de belastingstappen geanalyseerd.

Voor het onderzoek ten behoeve van deze hypothese is gebruik gemaakt van asfaltkernen uit goede en slechte wegvakken. Slechte vakken zijn (jonge) wegvakken met een relatief lage verkeersintensiteit en toch een geringe stroefheid. Dit betekent (uitgaande van de veronderstelling dat mengsels conform de relevante eisen zijn aangelegd) dat de mengsels een snelle achteruitgang in stroefheid laten zien. Goede vakken daarentegen zijn (oude) wegvakken met een relatief hoge verkeersintensiteit en met een stroefheid die nog steeds ruim boven de norm ligt. Bij deze vakken wordt verondersteld dat het aanwezige materiaal voldoende resistent is tegen krachten die leiden tot stroefheidsverlies. De volgende hypothese is getoetst:

2. Wanneer de resultaten van de Wehner/Schulzeproof gesorteerd worden op toenemende PWS-waarde, dan zal er een logische ordening ontstaan in kernen uit goede en slechte asfaltvakken.

Het laatste doel van het validatietraject is het bepalen van een richtwaarde voor het proefresultaat, waarmee goede en slechte asfaltmengsels kunnen worden onderscheiden. Hiertoe is in de eerste plaats de definitie van goede en slechte asfaltmengsels scherper gedefinieerd. Op basis van het stroefheidsvoorspellende model [6] is van de onderzochte wegvakken de initiële levensduur geschat. Onder initiële levensduur wordt de levensduur (op het gebied van voldoende stroefheid) verstaan, vanaf de dag van openstelling tot het moment dat de stroefheid onder de harde norm is gedaald. Het gevolg van deze aanscherping van de definitie heeft tot gevolg, dat alle goede wegvakken een initiële levensduur hebben van tenminste 20 jaar, terwijl alle slechte vakken een initiële levensduur hebben van minder dan 20 jaar. Deze kwalificatie staat los van de eventuele ontwerplevensduur van de

deklagen. Vooral deklagen met ZOAB bereiken gemiddeld het einde van de levensduur in circa 10 tot 12 jaar op basis van overmatige rafeling. Uiteindelijk dienen de resultaten vertaald te worden in een nieuwe Type Testing proef in het kader van de CE-normering van asfalt. In Nederland zal de proef (bij voorkeur) worden uitgevoerd op in het laboratorium vervaardigde proefstukken zoals dat voor alle andere eigenschappen geldt.. Voor dit onderzoek waren geen in het laboratorium vervaardigde proefstukken voorhanden, waarvan bekend is wat de (initiële) levensduur in de praktijk is. Daarom is ervoor gekozen om de bepaling van de richtwaarde uit te voeren op de kernen uit de vluchtstrook. Deze kernen zijn nagenoeg niet bereiden en zullen dus meer overeenkomsten met laboratoriumproefstukken vertonen dan kernen die uit het rijspoor van de rijstrook zijn genomen.

De volgende hypothese wordt getoetst:

3. Voor wegvakken met een Gemiddelde Dagelijkse Verkeersintensiteit van minimaal 20.000 voertuigen geldt dat de PWS-waarde van een in de vluchtstrook genomen asfaltmengsel (dat bij dit onderzoek representatief wordt geacht voor een in het laboratorium vervaardigd proefstuk) een onderscheid kan maken tussen goede en slechte wegvakken. Deze kwalificatie in goede en slechte wegvakken is gebaseerd op de voorspelling van de initiële levensduur van het mengsel met behulp van het stroefheidvoorspellende model.

Indien deze hypothese niet wordt verworpen is het mogelijk om richtwaarden en bijbehorende goed- en afkeurkansen te bepalen.

2.2 Opzet van het onderzoek

De relatie tussen de op de weg gemeten stroefheid conform proef 150 en de resultaten van de Wehner/Schulzeproef belastingstap 0 wordt vooral gezocht tussen de uit het rijspoor (van het meetinstrument) genomen kernen en de PWS-waarde bij belastingstap 0. Om de range van het onderzoek te vergroten, worden voor de proef zowel stroefheidmetingen op de rijstrook als de vluchtstrook uitgevoerd. Uit deze meetsporen worden kernen geboord ten behoeve van de Wehner/Schulzeproef. De achterliggende gedachte is dat de stroefheidmetingen op het materiaal in de vluchtstrook aanmerkelijk hoger zullen zijn dan de stroefheidmetingen in het rijspoor, waardoor de meetrange groter wordt.

Het validatieonderzoek is als volgt opgezet:

- Door DVS zijn zeven "goede" en zeven "slechte" vakken [9] op het Nederlandse Hoofdwegennet geselecteerd § 2.3.1;
- Van de geselecteerde vakken is met behulp van drie verschillende meetvoertuigen de momentane stroefheid in het rijspoor van zowel de rechter rijstrook als de vluchtstrook gemeten § 2.4.1;
- Uit de geselecteerde vakken zijn uit zowel de rechter rijstrook als de vluchtstrook zes kernen geboord § 2.4.2;
- Op de helft van deze kernen is de Wehner/Schulzeproef uitgevoerd § 2.4.3.

2.3 Materialen en monsters

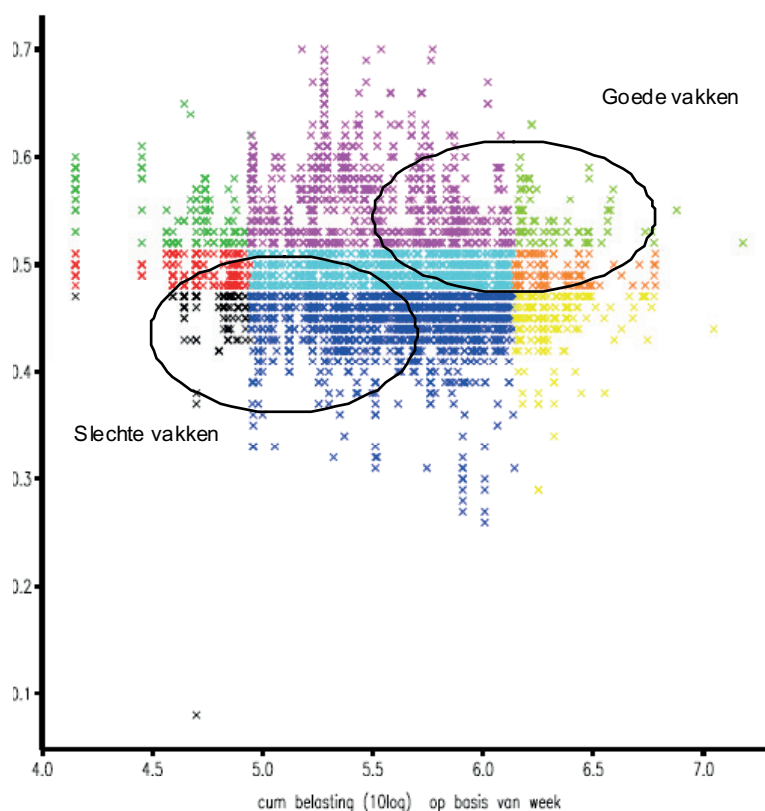
In deze paragraaf wordt de selectie besproken van zowel de potentieel bruikbare vakken als de uiteindelijke definitieve onderzochte vakken.

2.3.1 Voorselectie

Uit WINFRABase (database van RWS met daarin de aanwezige soorten deklagen en aanleg jaren van deze deklagen van het rijkswegennet) zijn een groot aantal vakken

geselecteerd die in aanmerking komen voor het onderzoek. Dit zijn DAB vakken en ZOAB vakken waarbij is gezocht naar jonge (weinig belaste) slechte (lage stroefheid) en oude (veel belaste) goede (hoge stroefheid) vakken. In de figuur 5 is de gemiddelde stroefheid van elk honderdmeter vak uitgezet tegen de cumulatieve verkeersintensiteit. De cumulatieve verkeersintensiteit is het product van het aantal voertuigpassages gedurende 1 etmaal (op basis van het weekgemiddelde) maal de levensduur (in jaren) van het wegvak op dat moment. De slechte vakken zijn gekozen uit de populatie linksonder in de grafiek, terwijl de goede vakken binnen de populatie rechtsboven in de grafiek zijn gezocht.

Opgemerkt wordt dat gebruik gemaakt is van de twee jaarlijkse stroefheidsmetingen op het hele wegennet met de ROAR (bij 70 km/h). In de meetprocedure voor de bepaling van de onderhoudstoestand van het wegennet diende in geval van twijfelachtige (ROAR)stroefheid de standaard meting conform proef 150 bij 50 km/h te worden gebruikt. Dit hield in dat er geen zeer goede vakken met 50 km/h metingen in data bestanden aanwezig waren. Gebleken is dat de ROAR een relatief grote spreiding geeft ten opzichte van de standaard proeven en daarom niet meer wordt ingezet. Overgegaan is naar een standaardmeting bij 70 km/h.



Figuur 5: Selectie goede (rechts boven) en slechte (links onder) vakken.

Na de selectie zijn de districten van RWS benaderd met de vraag om een controle van de gegevens en een controle naar de aanwezigheid van dezelfde deklaag op zowel de rechter rijstrook als de vluchtstrook te doen.

Na deze bureauselectie bleven er 49 potentieel bruikbare vakken over voor het onderzoek waarvan de stroefheid in het rechter wielspoor op de rechter rijstrook conform RAW proef 150 (70 km/h i.p.v. 50 km/h) is gemeten. In bijlage 2 is een

overzicht van de 49 gemeten vakken opgenomen. Het totale aantal gemeten vakken ligt veel hoger, dit komt doordat er meerdere 100 m vakken in één groot meetvak kunnen vallen. De meetvakken zijn aangepast aan de 100 m vakken waarbij zowel voor als na elk vak 300 m extra is gemeten.

2.3.2 *Metten van de voorgeselecteerde vakken*

De stroefheid van de 49 geselecteerde meetvakken is conform RAW proef 150 (maar bij 70 km/u i.p.v. 50 km/u) gemeten. Hierbij is één meting uitgevoerd waarbij de stroefheid in het rechter wielspoor van de rechter rijstrook is gemeten. De gemeten stroefheden zijn vergeleken met de gegevens uit WINFRABASE waarna de uiteindelijke definitieve selectie is gemaakt. In bijlage 2 getallen slopen zijn de vakken en de resultaten opgenomen.

2.3.3 *Definitieve vakken*

Op basis van de voorselectie en de verkennende stroefheidmetingen zijn de in tabel 1 vermelde definitieve vakken gekozen. In de kolom kwalificatie wordt onderscheid gemaakt naar slecht ZOAB (SZ), goed ZOAB (GZ), slecht DAB (SD) en goed DAB (GD).

Tabel 1: Definitieve meetvakken

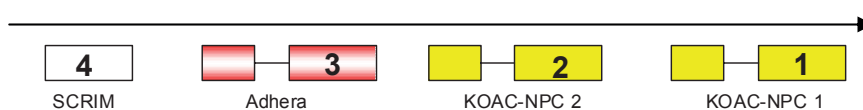
kwalificatie	vak	rijksweg	aanleg jaar	verkeers- intensiteit (aantal voertuigen per dag)	hectometrerings		Verkennde stroefheid meting KOAC.NPC
					Van	Tot	
SZ	1	A 15	2003	93.000	75,2	75,1	0,46
	2	A 16	2005	121.000	39,6	39,7	0,44
	5	A 15	2001	15.000	29,0	29,1	0,44
	13	A 27	2002	80.000	43,9	43,8	0,44
GZ	3	A 4	1994	14.000	106,7	106,8	0,55
	6	A 12	2004	36.000	47,7	47,6	0,58
	7	A 2	2001	117.000	70,4	70,5	0,57
	8	A 12	2000	109.000	64,2	64,3	0,51
SD	4	A 15	2004	204.000	59,4	59,5	0,36
	11	A 79	1990	36.000	3,9	3,8	0,44
	14	A 15	2004	81.000	101,3	101,2	0,43
GD	9	A 28	1986	117.000	1,2	1,3	0,57
	10	A 2	1986	64.000	214,3	214,4	0,51
	12	A 79	1990	36.000	3,4	3,3	0,59

2.4 Uitvoering

In deze paragraaf wordt besproken hoe de vakken zijn gemeten en de kernen zijn geboord. Tevens wordt de beproeving van de kernen uiteengezet.

2.4.1 Meten van de definitieve vakken

Voordat de definitieve stroefheidsmetingen zijn uitgevoerd is het oppervlak eerst twee keer gereinigd. Dit is gedaan door twee runs uit te voeren. Het reinigen is door de twee meetvoertuigen van KOAC-NPC uitgevoerd. De metingen zijn iedere keer in dezelfde meetvolgorde uitgevoerd. In ieder vak zijn vier runs uitgevoerd waarbij er steeds dezelfde volgorde is aangehouden (KOAC-NPC 1, KOAC-NPC 2, Adhera en als laatste de SKM (SCRIM)). Zie figuur 6 voor een overzicht.



Figuur 6: Overzicht van de meetvolgorde

Run 1: Rechter rijstrook

KOAC-NPC voertuigen reinigen, Adhera en de SKM meten.

Run 2: Rechter rijstrook

KOAC-NPC voertuigen, Adhera en de SKM meten.

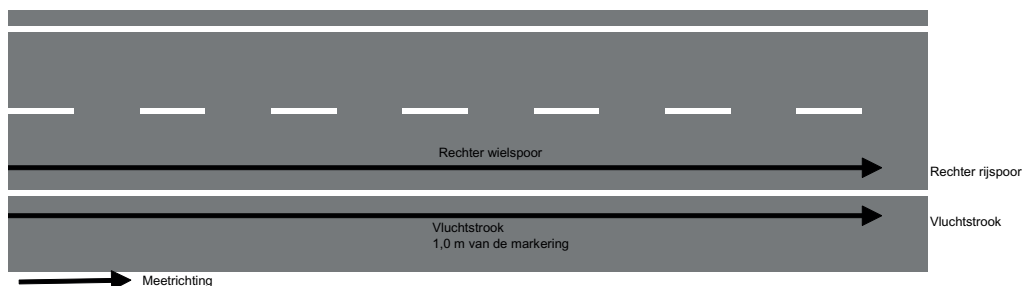
Run 3: Vluchtstrook

KOAC-NPC voertuigen reinigen, Adhera en de SKM meten.

Run 4: Vluchtstrook

KOAC-NPC voertuigen, Adhera en de SKM meten.

Zowel de rechter rijstrook als de vluchtstrook is door de drie instituten twee keer gemeten. In figuur 7 is de ligging van meetlijnen opgenomen.



Figuur 7: Ligging van de meetlijnen

De meetmethoden van de drie instituten verschillen. KOAC-NPC heeft gemeten conform Proef 150 (meetwiel in rijrichting met 86% vertraging) van de Standaard RAW 2005. Bij de metingen met de SKM is gemeten met een slip doordat het wiel 20° op de rijrichting staat gemonteerd. Zowel de metingen van KOAC-NPC als de metingen met de SKM zijn continue metingen. Met de Adhera is discontinu gemeten (meetwiel wordt steeds vastgezet). Er is steeds 20 m gemeten waarna het meetwiel 2 seconden wordt opgetild. Dit betekent dat er 2 of 3 metingen per run zijn uitgevoerd. Bij alle drie de methoden is nat (op een waterfilm) gemeten bij een snelheid van 70 km/h.

2.4.2

Boren van de kernen

Na het meten van de actuele stroefheid van de 14 definitieve vakken zijn kernen geboord. De kernen zijn geboord in "dezelfde" sporen als waarin gemeten is. Per wegvak zijn 12 kernen geboord:

- 6 kernen (kerndiameter 225 mm) uit het rechter wielspoor van de rechter rijstrook
- 6 kernen (kerndiameter 225 mm) uit de vluchtstrook op 1 meter rechts van de markering

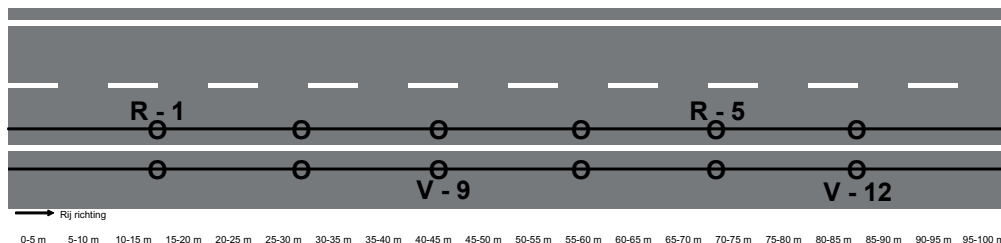
Deze boringen zijn voor elk vak op dezelfde afstanden vanaf het nulpunt geboord. De afstanden van de boorlocaties ten opzichte van het nulpunt zijn voor de rechter rijstrook en de vluchtstrook gelijk en wel:

- 15 m (onderzoek)
- 29 m (reserve)
- 43 m (onderzoek)
- 57 m (reserve)
- 71 m (onderzoek)
- 85 m (reserve)

De codering van de kernen (=proefstukken) is als volgt:

- Kernen zijn doorgenummerd (1 t/m 168)
- Kernen zijn naast een nummer ook voorzien van een strookcodering:
R = rechter rijstrook
V = vluchtstrook

In figuur 8 is een overzicht van de ligging van de boorlocaties opgenomen.



Figuur 8: Overzicht van de ligging en codering van de boorlocaties

Nadat de kernen waren aangeleverd bleek dat van de 14 vakken er twee (vak 6 en vak 11) niet over een zelfde deklaag op de rechter rijstrook en de vluchtstrook beschikten. Deze twee vakken worden niet geschikt geacht voor verder onderzoek. Dit houdt in dat er maar 12x12 (144) kernen beschikbaar zijn voor onderzoek. Per vak zijn drie kernen van de rechter rijstrook en drie kernen van de vluchtstrook gebruikt voor Wehner/Schulzeproeven en PSV-proeven (bepaling van de polijstwaarden). Dit zijn alle oneven kernen. Alle even kernen zijn reserve kernen voor eventueel aanvullend onderzoek.

2.4.3

Wehner/Schulzeproef

Na aanlevering van de kernen bij KOAC-NPC is geconstateerd dat er van verschillende ZOAB kernen steentjes op de boorsnede van het kernoppervlak zijn afgebroken. Het ontbreken van enkele steenstukjes op de buitenrand van het oppervlak is echter niet van invloed op de meting. De buitenste ring van het kernoppervlak wordt niet beproefd.

Alle even genummerde kernen zijn in opslag gegaan. Alle oneven kernen zijn getransporteerd naar de firma Asfalta in Berlijn. Voordat de kernen zijn getransporteerd zijn stroken kunststof om de kernen gebogen zodat het kernoppervlak niet kon beschadigen tijdens transport. In figuur 9 is een foto opgenomen van een voor transport geschikt gemaakte kern.



Figuur 9: Foto van een kern, klaar voor transport

De Wehner/Schulze proeven zijn uitgevoerd conform het TP Gestein-StB Teil 5.4.2 (2007). Er zijn geen verschillen in de uitvoering tussen het gebruikte voorschrift en het voorschrift "Prüfanweisung 2004".

De PWS-waarde is bepaald conform het Duitse protocol (bijlage 1) bij vijf belastingstappen (belastingstappen 0 t/m 4).

Belastingstap 0:

Directe beproeving zonder bewerking van het oppervlak.

De onderaannemer (Asfalta te Berlijn) heeft in eerste instantie van een aantal ZOAB-kernen uit de vluchtstrook belastingstap 0 niet uitgevoerd, omdat dat volgens hun interne voorschrift niet mogelijk was. Vanwege dit type oppervlak zou de slijtage van de rubbers te groot worden. Van de nog resterende ZOAB-kernen is belastingstap 0 wel bepaald.

Belastingstap 1:

Beproeving na polijsten (90.000 omwentelingen en polijstslurry)

Belastingstap 2:

Beproeving na zandstralen

Belastingstap 3:
Beproeving na polijsten (opnieuw 90.000 omwentelingen polijstslurry)

Belastingstap 4:
Beproeving tot "constante"waarde.

In totaal zijn 12 x 6 = 72 Wehner/Schulze proeven uitgevoerd.

2.5 Resultaten en bespreking van de resultaten

De resultaten van de door KOAC.NPC uitgevoerde stroefheidmetingen zijn weergegeven in de volgende tabel 2.

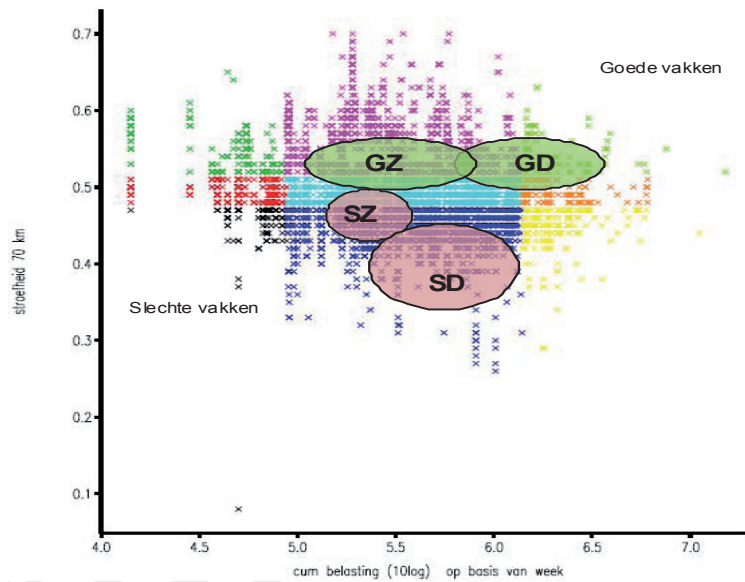
De in tabel 2 vermelde stroefheden zijn niet berekend over 100 m maar zijn de meetresultaten over een korte lengte direct bij de geboorde kern. Die waarde (over ca 3 meter) wordt in de analyse rechtstreeks gecorreleerd met de PWS[0].

Tabel 2: Overzicht boorkernen en stroefheidmetingen KOAC-NPC

vak	weg	baan	van	tot	stroef- heid rijspoor	stroef- heid vlucht- strook	kernen R	Kernen V
1	A15	HRL	75,2	75,1	0,47 0,47	0,65 0,68	1, 3, 6	7, 9, 11
2	A16	HRR	39,6	39,7	0,43 -	0,59 0,61	12, 15, 17	19, 21, 23
3	A4	HRR	106,7	106,8	0,50 0,51	0,62 0,65	25, 27, 29	31, 33, 35
4	A15	HRR	59,4	59,5	0,38 0,38	0,61 0,63	37, 39, 41	43, 45, 47
5	A15	HRR	29,0	29,1	0,42 0,45	0,60 0,62	49, 51, 53	55, 57, 59
6	A12	HRL	47,7	47,6	*	*	*	*
7	A2	HRR	70,4	70,5	0,50 0,52	0,64 0,66	73, 75, 77	79, 81, 83
8	A12	HRR	64,2	64,3	0,47 0,49	0,59 0,61	85, 87, 89	91, 93, 95
9	A28	HRR	1,2	1,3	0,49 0,52	0,66 0,67	97, 99, 101	103, 105, 107
10	A2	HRR	214,3	214,4	0,42 0,44	0,56 0,59	109, 111, 113	115, 117, 119
11	A79	HRL	3,9	3,8	*	*	*	*
12	A79	HRL	3,4	3,3	0,50 0,50	0,55 0,58	133, 135, 137	139, 141, 143
13	A27	HRL	43,9	43,8	0,39 0,41	0,56 0,58	145, 147, 149	151, 153, 155
14	A15	HRL	101,3	101,2	0,40 0,40	0,56 0,61	157, 159, 161	163, 165, 167

* Deze resultaten zijn vervallen, omdat de vluchtstrook en rijstrook verschillende asfaltmengsels bevatten.

In afbeelding 10 is de positie van deze vakken in de "wolk" van meetresultaten weergegeven



Figuur 10: Ligging goede en slechte vakken.

Uit de figuur blijkt dat er een onderscheid tussen goede en slechte vakken is op basis van de gemeten stroefheid en/of de cumulatieve verkeersbelasting.

De resultaten van de Wehner/Schulzeproef zijn vermeld in de tabellen 3 en 4 op de volgende bladzijden.

Tabel 3: Resultaat Wehner/Schulze proef, kernen rijstrook

vak	weg	baan	van	tot	kern	PWS [0]	PWS [1]	PWS [2]	PWS [3]	PWS [4]
GZ										
3	A4	HRR	106,7	106,8	R25	0,350	0,311	0,466	0,306	0,286
					R27	0,336	0,301	0,443	0,287	0,259
					R29	0,378	0,336	0,495	0,335	0,306
7	A2	HRR	70,4	70,5	R73	0,406	0,423	0,504	0,383	0,357
					R75	0,329	0,349	0,490	0,349	0,314
					R77	0,407	0,426	0,517	0,388	0,351
8		HRR	64,2	64,3	R85	0,305	0,306	0,470	0,353	0,316
					R87	0,319	0,350	0,481	0,384	0,346
					R89	0,308	0,330	0,486	0,374	0,329
SZ										
1		HRL	75,2	75,1	R1	0,363	0,380	0,477	0,354	0,318
					R3	0,273	0,293	0,478	0,325	0,296
					R5	0,339	0,319	0,467	0,344	0,307
2		HRR	39,6	39,7	R13	0,327	0,331	0,478	0,290	0,258
					R15	0,314	0,306	0,447	0,302	0,268
					R17	0,283	0,282	0,435	0,290	0,256
5		HRR	29,0	29,1	R49	0,305	0,339	0,460	0,312	0,260
					R51	0,286	0,275	0,492	0,340	0,309
					R53	0,310	0,333	0,450	0,317	0,285
13		HRL	43,9	43,8	R145	0,312	0,326	0,444	0,304	0,277
					R147	0,302	0,316	0,431	0,308	0,278
					R149	0,264	0,262	0,344	0,250	0,223
GD										
9		HRR	1,2	1,3	R97	0,449	0,363	0,550	0,342	0,307
					R99	0,427	0,342	0,540	0,320	0,292
					R101	0,450	0,369	0,462	0,306	0,281
10	A2	HRR	214,3	214,4	R109	0,384	0,339	0,532	0,330	0,300
					R111	0,353	0,302	0,502	0,320	0,295
					R113	0,365	0,331	0,526	0,332	0,300
12		HRL	3,4	3,3	R133	0,421	0,368	0,544	0,322	0,297
					R135	0,365	0,320	0,534	0,363	0,330
					R137	0,423	0,348	0,520	0,335	0,306
SD										
4		HRR	59,4	59,5	R37	0,347	0,332	0,451	0,292	0,268
					R39	0,346	0,302	0,471	0,293	0,269
					R41	0,362	0,314	0,497	0,331	0,300
14		HRL	101,3	101,2	R157	0,371	0,348	0,440	0,314	0,284
					R159	0,382	0,364	0,518	0,303	0,279
					R161	0,383	0,339	0,524	0,323	0,291
*										
6		HRL	47,7	47,6	*	*			*	*
11		HRL	3,9	3,8	*	*			*	*

GZ = Goede ZOAB; SZ = Slechte ZOAB; GD = Goede DAB; SD = Slechte DAB;

* = vervallen vakken

Tabel 4: Resultaat Wehner/Schulze proef, kernen vluchtstrook

vak	weg	baan	van	tot	kern	PWS [0]	PWS [1]	PWS [2]	PWS [3]	PWS [4]
GZ										
3	A4	HRR	106,7	106,8	V31	**	0,350	0,451	0,312	0,281
					V33	**	0,344	0,470	0,321	0,285
					V35	**	0,330	0,450	0,311	0,284
7	A2	HRR	70,4	70,5	V79	**	0,445	0,513	0,381	0,341
					V81	**	0,433	0,523	0,403	0,364
					V83	**	0,412	0,523	0,387	0,341
8	A12	HRR	64,2	64,3	V91	0,451	0,420	0,516	0,407	0,361
					V93	0,436	0,420	0,528	0,408	0,364
					V95	**	0,396	0,514	0,394	0,348
SZ										
1	A15	HRL	75,2	75,1	V7	0,411	0,366	0,493	0,350	0,308
					V9	**	0,326	0,478	0,316	0,288
					V11	**	0,334	0,485	0,330	0,307
2	A16	HRR	39,6	39,7	V19	**	0,373	0,501	0,315	0,276
					V21	**	0,362	0,502	0,338	0,293
					V23	**	0,330	0,475	0,292	0,258
5	A15	HRR	29,0	29,1	V55	**	0,369	0,496	0,322	0,294
					V57	**	0,394	0,492	0,327	0,296
					V59	**	0,379	0,471	0,312	0,290
13	A27	HRL	43,9	43,8	V151	0,454	0,393	0,470	0,333	0,295
					V153	0,436	0,372	0,518	0,337	0,301
					V155	0,454	0,379	0,522	0,352	0,313
GD										
9	A28	HRR	1,2	1,3	V103	0,580	0,468	0,582	0,355	0,312
					V105	0,597	0,436	0,598	0,367	0,328
					V107	0,607	0,486	0,549	0,373	0,341
10	A2	HRR	214,3	214,4	V115	0,508	0,424	0,582	0,384	0,343
					V117	0,483	0,428	0,585	0,370	0,330
					V119	0,472	0,423	0,580	0,384	0,352
12	A79	HRL	3,4	3,3	V139	0,507	0,424	0,593	0,373	0,334
					V141	0,471	0,377	0,565	0,342	0,316
					V143	0,461	0,363	0,570	0,385	0,352
SD										
4	A15	HRR	59,4	59,5	V43	0,516	0,405	0,367	0,358	0,328
					V45	0,568	0,437	0,598	0,415	0,371
					V47	0,509	0,386	0,577	0,354	0,323
14	A15	HRL	101,3	101,2	V163	0,540	0,423	0,499	0,333	0,302
					V165	0,553	0,425	0,572	0,344	0,312
					V167	0,530	0,419	0,471	0,334	0,309
*										
6	A12	HRL	47,7	47,6	*	*		*		*
11	A79	HRL	3,9	3,8	*	*		*		*

GZ = Goede ZOAB; SZ = Slechte ZOAB; GD = Goede DAB; SD = Slechte DAB

* = vervallen vakken, ** = niet gemeten; V45 = uitbijter

2.6

Discussie

In dit hoofdstuk zullen de in § 2.1 genoemde hypothesen worden getoetst.

Hypothese 1:

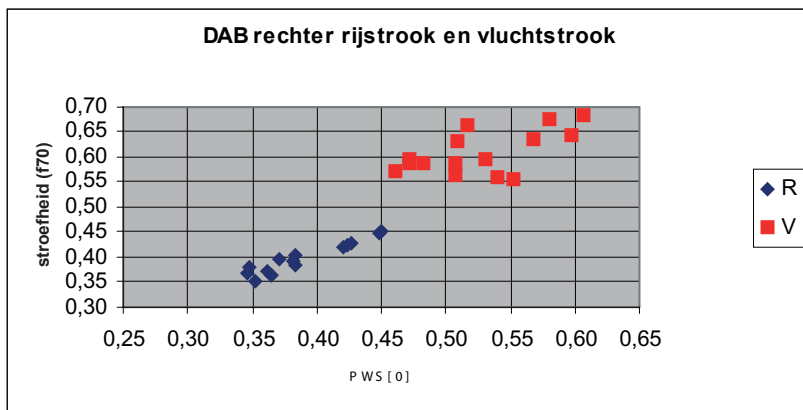
Er is een significant verband tussen de stroefheid bepaald volgens proef 150 van de "Standaard RAW Bepalingen 2005" (f_{70}) en de PWS [0] bepaald met de Wehner/Schulzeproef conform het Duitse protocol (bijlage 1).

De hypothese wordt niet verworpen:

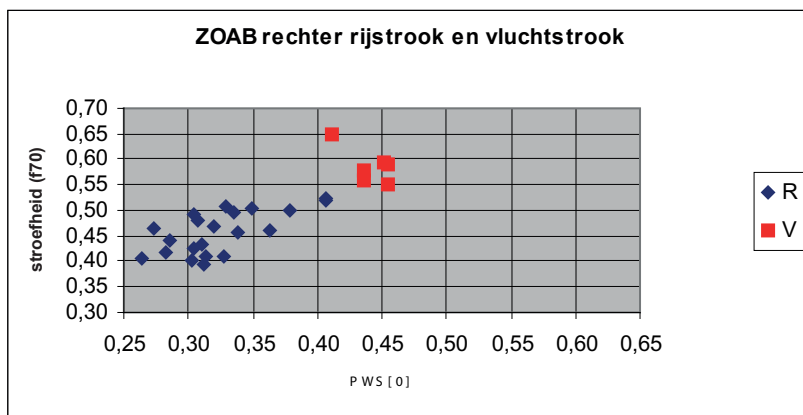
In de grafieken 11 en 12 is de op de weg gemeten stroefheid uitgezet tegen de PWS[0].

Uit deze figuren valt af te lezen dat er een duidelijke trend is in het verband tussen de PWS[0] en de volgens proef 150 gemeten stroefheid bij 70 km/uur. Hoe hoger de PWS[0] hoe hoger de f_{70} .

Aangezien het hier geen gepaarde waarnemingen betreft is uitsluitend gekeken naar de correlatie tussen de variabelen. De correlatiecoëfficiënt (R) bedraagt bij de metingen op DAB 0,94 en bij de metingen op ZOAB 0,85. De meetrange bij ZOAB is kleiner dan bij DAB omdat niet van alle uit de vluchtstrook geboorde ZOAB-kernen de PWS[0] is bepaald.



Figuur 11: Relatie PWS[0] en KOAC proef 150 op DAB (R=0,94)



Figuur 12: Relatie PWS[0] en KOAC proef 150 op ZOAB (R=0,85)

Omdat er een duidelijk verband is tussen de PWS [0] en de gemeten stroefheid volgens proef 150, wordt hypothese 1 dus niet verworpen.

Hypothese 2:

Wanneer de resultaten van de Wehner/Schulzeproef gesorteerd worden op toenemende PWS-waarde, dan zal er een logische ordening ontstaan in de kernen uit goede en slechte asfaltvakken.

Indien de hypothese wordt getoetst aan de resultaten van PWS[3], wordt de hypothese niet verworpen voor wegvakken met gemiddeld minimaal 20.000 voertuigen per etmaal. Uit de statistische analyse (op steeds drie kernen per wegvak) hierna blijkt dat de (geselecteerde) slechte vakken een lagere PWS[3] hebben dan de (geselecteerde) goede vakken en daardoor, bij sortering op oplopende PWS[3], steeds bovenaan worden geplaatst. De verschillen tussen de goede vakken en de slechte vakken zijn over het algemeen significant. De toetsing van de hypothese aan de resultaten van PWS [3] is gedaan, omdat daarmee aansluiting wordt gezocht bij de Duitse ideeën, waarin uitsluitend een richtwaarde wordt gehanteerd voor de PWS [3]. Ter informatie worden in bijlage 3 de resultaten voor de analyses op de overige belastingstappen en verschillen tussen belastingstappen vermeld. Deze analyses worden in de onderstaande tabel kort samengevat. De resultaten van belastingstap 2 (na zandstralen) zijn niet nader geanalyseerd, omdat daarvan op voorhand werd verwacht dat er geen relatie met de op de weg gemeten stroefheid zal zijn.

Tabel 5: Samenvatting van de resultaten uit bijlage 3.

wegdeel	Logische ordening in PWS (ja/nee)						
	[0]	[1]	[4]	[0]-[1]	[2]-[3]	[2]-[4]	[3]-[4]
ZOAB rijstrook	nee	nee	ja	ja	nee	nee	nee
ZOAB	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
DAB rijstroom	nee	nee	ja	ja	ja	ja	ja
DAB	nee	nee	ja	nee	ja	ja	ja

ZOAB 0/16, vluchtstrook			
			0,0002223 MS
vak	PWS [3]	GDV	10 df
SZ-A16-39.6-39.7	0,3150	121.000	0,0149 sr
SZ-A15-75.2-75.1	0,3320	93.000	0,0122 sed(3,3)
SZ-A27-43.9-43.8	0,3407	80.000	0,0271 LSD
GZ-A2-70.4-70.5	0,3903	117.000	
GZ-A12-64.2-64.3	0,4030	109.000	
Conclusies: er is een logische ordening in slechte en goede vakken veel vakken zijn niet onderling significant verschillend			
DAB 0/16, vluchtstrook			
			0,0001517 MS
vak	PWS [3]	GDV	9 df
SD-A15-101.3-101.2	0,3370	81.000	0,0123 sr
SD-A15-59.4-59.5	0,3560	204.000	0,0101 sed(3,3)
GD-A28-1.2-1.3	0,3650	117.000	0,0227 LSD
GD-A79-3.4-3.3	0,3667	36.000	
GD-A2-214.3-214.4	0,3793	64.000	
Conclusies: er is een logische ordening in slechte en goede vakken veel vakken zijn niet onderling significant verschillend			
Voor wegvakken met een GDV van 10.000 tot 20.000 voertuigen waren er onvoldoende data beschikbaar (slechts twee vakken) om een significante verschillen tussen goede en slechte vakken aan te tonen.			
ZOAB 0/16, vluchtstrook			
			0,0000443 MS
vak	PWS [3]	DTV	4 df
GZ-A4-106.7-106.8	0,3147	14.000	0,0067 sr
SZ-A15-29-29.1	0,3203	15.000	0,0054 sed(3,3) 0,0151 LSD
Conclusies: er is geen logische ordening in slechte en goede vakken de vakken zijn niet onderling significant verschillend			

Hypothese 3:

Voor wegvakken met een Gemiddelde Dagelijkse Verkeersintensiteit van minimaal 20.000 voertuigen geldt dat de PWS-waarde van een in de vluchtstrook genomen asfaltmengsel (dat bij dit onderzoek representatief wordt geacht voor een in het laboratorium vervaardigd proefstuk) een onderscheid kan maken tussen goede en slechte wegvakken. Deze kwalificatie in goede en slechte wegvakken is gebaseerd op de voorspelling van de initiële levensduur van het mengsel met behulp van het stroefheidvoorspellende model.

In [6] is het onderzoek naar de modellering van stroefheidverloop van wegen met een ZOAB wegdek en een DAB wegdek beschreven. Uit dit onderzoek blijkt dat het stroefheidverloop beschreven kan worden met het navolgende model:

$$\text{Str70} = a + b * {}^{10}\log(\text{totale intensiteit in mln/365})$$

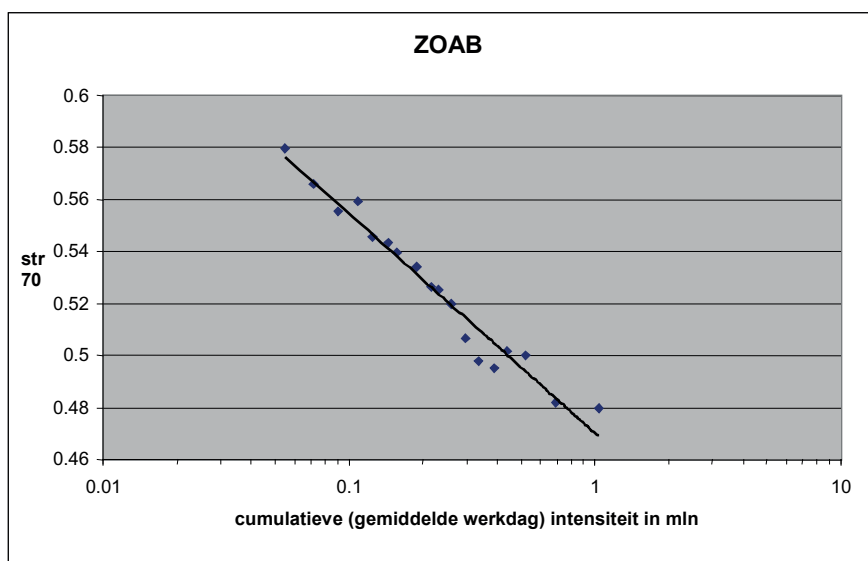
Hierin is:

Str70= gemiddelde stroefheid bij 70 km/uur en bij het 50% punt

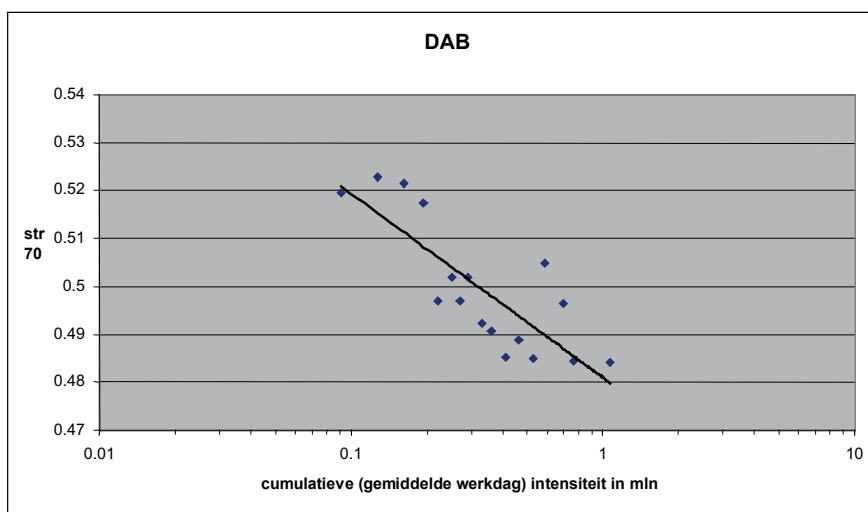
a = het intercept, afhankelijk van type asfalt en percentiepunt

b = de helling, afhankelijk van type asfalt

Het verband tussen de stroefheid en de verkeersintensiteit is weergegeven in de figuren 13 en 14.



Figuur 13: Relatie tussen stroefheid en verkeersintensiteit op ZOAB



Figuur 14: Relatie tussen stroefheid en verkeersintensiteit op DAB

Nu het model bekend is, kan op basis van de actuele stroefheid en de verkeersintensiteit ook de restlevensduur van het betreffende wegdek worden geschat. Dit gebeurt met de volgende formule:

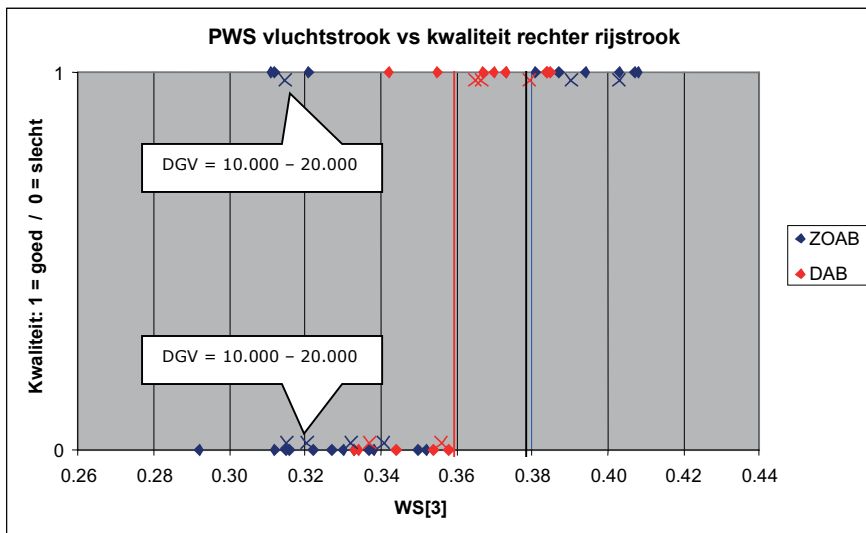
$$\Delta l = \frac{I_t}{i_t} \left(10^{\frac{(y_c - y_t)}{b}} - 1 \right), \text{ hierin is:}$$

- Δl = restlevensduur in jaren
- I_t = cumulatieve intensiteit op moment t
- i_t = intensiteit op moment t
- y_c = harde norm voor de stroefheidswaarde
- y_t = gemeten stroefheid op moment t
- b = helling van het lineaire verloop van de stroefheid met de log(cumulatieve intensiteit) (b bedraagt voor ZOAB -0,0845 en voor DAB -0,0384)

In bijlage 2, tabel 2-10 is de geschatte initiële levensduur berekend op basis van de gemeten stroefheden op de rechter rijstrook. De initiële levensduur is de som van de leeftijd van het betreffende wegvak gesommeerd met de met het model berekende restlevensduur.

Indien de met het stroefheidvoorspellende model de geschatte levensduur van een wegvak minder is dan 20 jaar krijgt dit vak de waarde 0 en indien de geschatte levensduur van het vak groter of gelijk aan 20 jaar is, dan krijgt het vak de waarde 1. Uit de tabel in bijlage 4 blijkt dat alle als "slecht" gekwalificeerde vakken de waarde "0" krijgen en alle als goed gekwalificeerde vakken de waarde "1". Deze waarden zijn vermeld in de voorlaatste kolom van de tabel in bijlage 4.

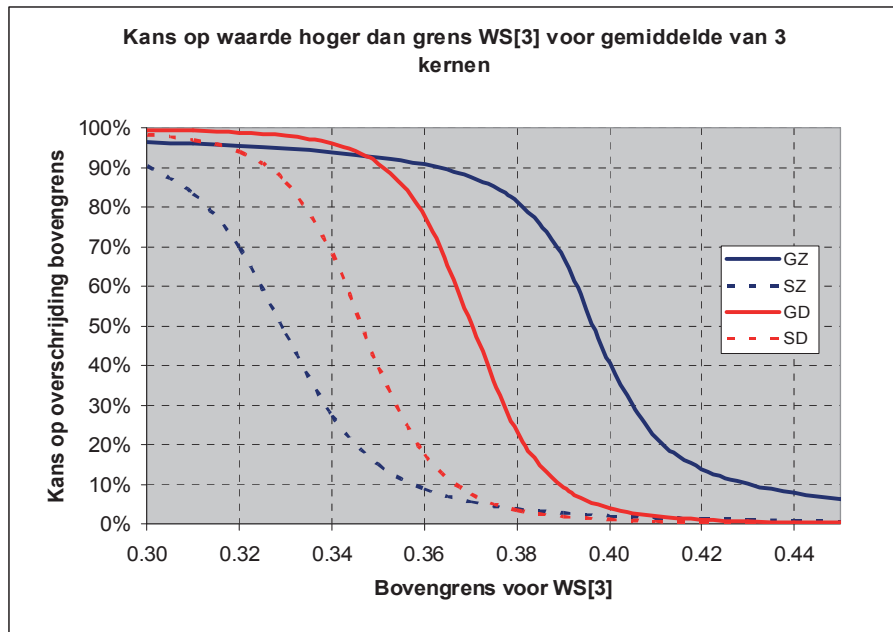
Vervolgens zijn de PWS [3] waarden van de uit de vluchtstrook genomen kernen uitgezet tegen de kwalificatie van het wegvak. Het resultaat is weergegeven in de grafiek in figuur 15. De resultaten van de individuele kernen zijn weergegeven met wybertjes. Met kruisjes zijn de vakgemiddelden weergegeven. Om de kruisjes goed zichtbaar te maken zijn ze in verticale richting iets verschoven.



Figuur 15: Relatie PWS[3] en kwaliteit wegvak

Hypothese 3 wordt niet verworpen. Indien met behulp van het stroefheidvoorspellende model wegvakken (met een Gemiddelde Dagelijkse Verkeersintensiteit van minimaal 20.000 voertuigen ($GDV \geq 20.000$)) gekwalificeerd worden in goede vakken met een levensduur van tenminste 20 jaar en slechte vakken met een levensduur van minder dan 20 jaar, dan blijkt dat voor DAB de goede vakken rechts van de lijn PWS [3] = 0,36 liggen. Voor ZOAB geldt dat de goede vakken rechts van de lijn PWS [3] = 0,38 liggen.

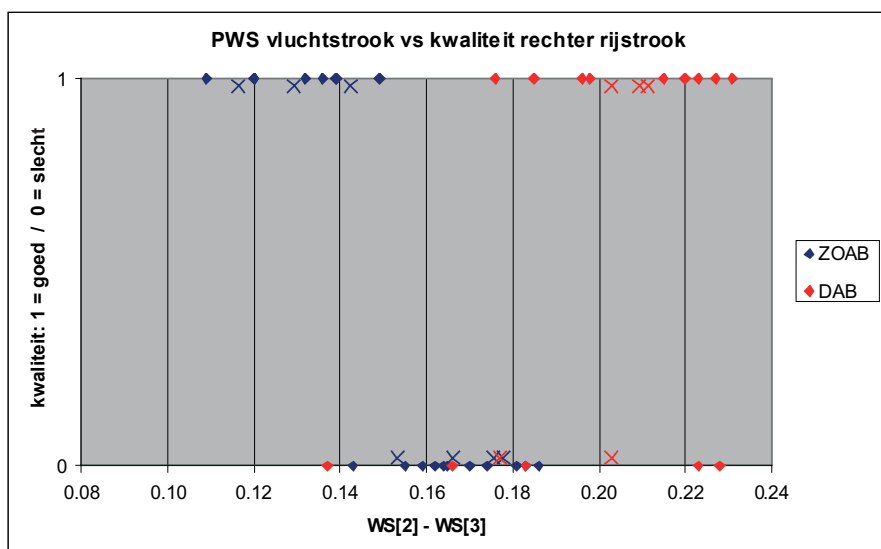
Uit het voorgaande is al gebleken dat op de 0-lijn alle "slechte" vakken liggen en op de 1-lijn alle "goede" vakken. Uit figuur 15 kan tevens worden afgeleid dat de vakgemiddelden van de goede ZOAB vakken een PWS [3] hebben van minimaal 0,39, terwijl de vakgemiddelden van de slechte ZOAB-vakken alle een PWS [3] hebben van minder dan 0,35. Voor goede en slechte DAB-vakken is de grens wat minder duidelijk. Belangrijk is dan ook om de juiste grenswaarde met de bijbehorende goed- en afkeurkansen te bepalen. In [10] is e.e.a. nader uitgewerkt. De volgende figuur 16 geeft de goed- en afkeurkansen weer voor wegvakken met een Gemiddelde Dagelijkse Verkeersintensiteit van tenminste 20.000 voertuigen:



Figuur 16: Goed- en afkeurkansen o.b.v. PWS[3] (GDV > 20.000)

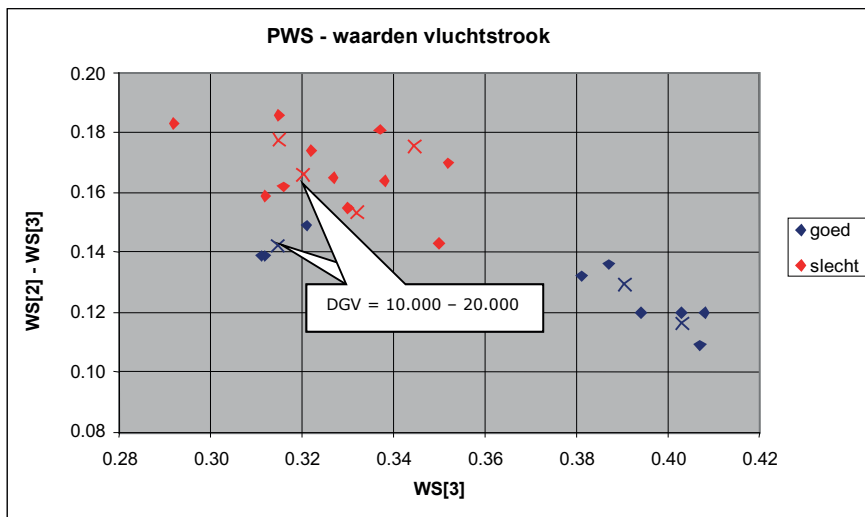
Uit dit figuur is af te lezen dat er voor DAB een redelijke grenswaarde is te bepalen. Bij een PWS[3] van 0,36 wordt bijna 80% van de goede mengsels (GD) geaccepteerd, maar zal ook een kleine 20% van de slechte mengsels (SD) worden geaccepteerd. Verder is uit deze figuur af te lezen dat er voor ZOAB een goede grenswaarde is te bepalen. Bij een PWS[3] van 0,38 wordt meer dan 80% van de goede mengsels (GZ) geaccepteerd. Van de slechte mengsels (SZ) wordt minder dan 5% geaccepteerd.

Een aanvullende analyse [10] is gedaan voor de resultaten van het verschil tussen de PWS[2] en de PWS[3] waarde. Het resultaat van deze verschillen is vermeld in bijlage 4, kolom WS23. De relatie tussen deze verschilmeting en de kwaliteit van de wegvakken is weergegeven in figuur 17.



Figuur 17: Relatie PWS[2]-PWS[3] en kwaliteit wegvak

In figuur 18 is voor ZOAB het verband tussen PWS[2]-PWS[3] en PWS[3] weergegeven. De vakken hebben alle een GDV van meer dan 20.000 met uitzondering van twee vakken met een GDV (Gemiddelde Dagelijkse Verkeersintensiteit) tussen 10.000 en 20.000 voertuigen. Uit deze figuur valt af te leiden dat door het uitsluitend stellen van een minimumeis aan de PWS[3] voor vakken met een geringe GDV geen goed onderscheid is te maken tussen de goede en slechte ZOAB-vakken: het goede ZOAB-vak heeft een lagere PWS[3] dan het slechte ZOAB-vak, maar deze verschillen zijn niet significant (bijlage 2, tabel 2-5c). Uit figuur 18 blijkt wel dat het verschil tussen PWS[2] en PWS[3] van het goede ZOAB kleiner is dan van het slechte ZOAB, maar ook deze verschillen wijken niet significant van elkaar af (bijlage 2, tabel 2-7). Een mogelijke eis zou kunnen zijn: $PWS[3] \geq 0,31$ en $PWS[2]-PWS[3] \leq 0,15$, maar deze eis kan door de beperkte dataset niet statistisch onderbouwd worden.



Figuur 18: Relatie PWS[2]-PWS[3] en PWS[3] bij ZOAB

2.7

Conclusies

Uit het validatieonderzoek van de Wehner/Schulzeproef worden de volgende conclusies getrokken:

- Er is een significant verband tussen de stroefheid bepaald volgens proef 150 van de "Standaard RAW Bepalingen 2005" (f_{70}) en de PWS [0] bepaald met de Wehner/Schulzeproef conform het Duitse protocol.
- Wanneer de resultaten van de Wehner/Schulzeproef van belastingstap 3 (PWS [3]) van uit de vluchtstrook geboorde kernen uit, wegvakken met minimaal 20.000 voertuigpassages per etmaal, gesorteerd worden op toenemende stroefheid, dan ontstaat er een logische ordening in de kernen uit goede en slechte asfaltvakken.
- Indien kernen uit de vluchtstrook representatief geacht worden voor (maagdelijke) laboratoriumproefstukken mag geconcludeerd worden, dat de PWS [3] voldoende discriminerend is om goede asfaltmengsels (met een te verwachten levensduur van tenminste 20 jaar ten aanzien van de parameter stroefheid) van slechte asfaltmengsels (met een te verwachten levensduur van minder dan 20 jaar ten aanzien van de parameter stroefheid) te onderscheiden.

- Voor vakken met een lagere verkeersintensiteit (tussen de 10.000 en 20.000 voertuigen per etmaal) waren onvoldoende data beschikbaar om een statistisch verantwoorde uitspraak te doen.

2.8 Aanbevelingen

In het kader van Type Testing van asfaltmengsels is het mogelijk om enkele richtwaarden te noemen. Deze richtwaarden zijn afhankelijk van het soort asfaltmengsel (DAB of ZOAB) en de te verwachten verkeersintensiteit.

Voor ZOAB-vakken met een GDV ≥ 20.000 geldt, dat door een richtwaarde te hanteren voor de PWS[3] een betrouwbare uitspraak gedaan kan worden of het geteste mengsel een levensduurverwachting heeft van minimaal 20 jaar. Voor ZOAB-vakken wordt de volgende richtwaarde aanbevolen:

PWS[3]	: $\geq 0,38$
--------	---------------

In dit geval wordt een kleine 80% van de goede mengsels geaccepteerd en 5 % van de slechte mengsels. Dit uitgaande van de beproeving van 3 kernen en het toetsen van de gemiddelde waarde.

Voor ZOAB-vakken met een GDV = 10.000 – 20.000 kan door de beperkte dataset geen statistisch verantwoorde richtwaarde worden opgesteld. Een mogelijke waarde zou kunnen zijn:

PWS[3]	: $\geq 0,31$
--------	---------------

PWS[2] – PWS[3]	: $\leq 0,15$
-----------------	---------------

Voor DAB-vakken met een GDV ≥ 20.000 geldt, dat door een richtwaarde te hanteren voor de PWS[3] een betrouwbare uitspraak gedaan kan worden of het geteste mengsel een levensduurverwachting heeft van minimaal 20 jaar. Voor DAB-mengsels wordt de volgende richtwaarde aanbevolen:

PWS[3]	: $\geq 0,36$
--------	---------------

In dit geval wordt bijna 80% van de goede mengsels geaccepteerd en 20% van de slechte mengsels.

Het in dit rapport beschreven validatieonderzoek is gebaseerd op het Duitse protocol (bijlage 1). Inmiddels is in de Europese werkgroep, die zich bezighoudt met de normering van de Wehner/Schulze proef, een conceptnorm (draft prEN 12697-49:2010) opgesteld (bijlage 6). Deze norm wijkt op een aantal punten af van het Duitse protocol. De meest opvallende wijzigingen zijn het laten vervallen van de belastingstappen 0 en 1. Er wordt gestart met belastingstap 2, waarbij de norm de keuze laat of gestopt moet worden na 90.000 of 135.000 polijstovergangen. Er is daarom in de norm een alternatief opgenomen waarin stapsgewijs wordt gepolijst en gemeten tot 270.000 polijstovergangen (bijlage 6, paragraaf 7.2). Reden voor deze optie is, dat zowel Duitsland als Frankrijk geen uitgesproken idee hebben

omtrent het aantal polijstovergangen waarbij een eis voor de PWS-waarde gehanteerd moet worden.

Verder is het gehele validatieonderzoek uitgevoerd op uit de weg geboorde asfaltkernen, waarbij is aangenomen dat de uit de vluchtstrook geboorde kernen representatief zijn voor in het laboratorium vervaardigde proefstukken. Indien de proef ingezet zal worden als Type Testingsproef is de kans groot dat er veelal in het laboratorium vervaardigde proefstukken worden gebruikt. Niet bekend is of het testen van in het laboratorium vervaardigde proefstukken andere resultaten geeft dan het testen van proefstukken van hetzelfde mengsel, maar dan aangebracht onder praktijkomstandigheden.

Uit het onderzoek blijkt verder, dat er soms grote verschillen in proefresultaat tussen de proefstukken van eenzelfde mengsel voorkomen. Uit [1] is gebleken dat de herhaalbaarheid (r) van de meting 0,015 is.

Het validatieonderzoek is uitgevoerd op grove DAB- en ZOAB-mengsels. Toepassen van zowel het model voor het stroefheidverloop als het voorspellende vermogen van de Wehner/Schulzeproef voor andere mengsels geeft vragen over de rechtsgeldigheid ervan.

Ten aanzien van deze punten wordt aanbevolen om in internationaal verband de doelen te bepalen die bereikt moeten worden om de Wehner/Schulzeproef geaccepteerd te krijgen als Type Testing proef. Pas wanneer deze doelen duidelijk zijn, kan bepaald worden welk verder onderzoek noodzakelijk is. Mogelijke aanbevelingen voor vervolgonderzoek zijn:

- De reservekernen gebruiken om de draft prEN 12697-49:2010 te valideren.
- De invloed van de proefstukbereiding op het proefresultaat te bepalen. Dit kan door monsters op laboratorium te vergelijken met monsters vanuit de weg.
- In EN 12697-49 op te nemen dat bij een onderzoek aan drie kernen het verschil tussen de hoogste en de laagste waarde van PWS[3] niet meer dan 0,045 (3r) mag bedragen.
- Het onderzoek te herhalen op andere mengsels zoals SMA, Tweelaags-ZOAB, enz.

Deel 2

Subdoelen van het onderzoek

Deel 2 beschrijft het onderzoek aan de subdoelen, namelijk de vergelijking van de buitenlandse metingen en de relatie met de PSV-proef.

3.1

Hypothese

Het onderzoek ten behoeve van de subdoelen wordt gedaan aan de hand van een drietal hypothesen. In dit hoofdstuk worden deze hypothesen beschreven en toegelicht.

Doot de TU Berlin wordt voor wegvakken met een Gemiddelde Dagelijkse Verkeersintensiteit (GDV) van minimaal 20.000 voertuigen een richtwaarde geadviseerd voor de PWS [3] van 0,42. Voor wegvakken met een GDV van 10.000 tot 20.000 voertuigen bedraagt de richtwaarde 0,37. Om na te gaan of deze richtwaarde toepasbaar is op Nederlandse asfaltmengsels is de volgende hypothese getoetst:

Hypothese 4:

Proefstukken, geboord uit de vluchtstrook (die bij dit onderzoek representatief worden geacht voor een in het laboratorium vervaardigd proefstuk) van goede wegvakken met een Gemiddelde Dagelijkse Verkeersintensiteit van minimaal 20.000 voertuigen, hebben een PWS [3] van ten minste 0,42. In het geval van een GDV van 10.000 tot 20.000 voertuigen bedraagt de PWS [3] van de kernen uit de vluchtstrook minimaal 0,37. De kwalificatie "goed wegvak" is gebaseerd op de voorspelling van de initiële levensduur van het mengsel met behulp van het stroefheidvoorspellende model op basis van de metingen van de actuele stroefheid in het rijspoor op de rijstrook.

Indien met de Wehner/Schulzeproof de stroefheidontwikkeling op het Nederlandse hoofdwegenet voorspeld moet worden, dan dient er een relatie te zijn tussen de op de weg gemeten stroefheid en de resultaten van de Wehner/Schulzeproof. Deze relatie wordt vooral gezocht tussen de uit het rijspoor (van het meetinstrument) genomen kernen en de PWS-waarde bij belastingstap 0. Om de range van het onderzoek te vergroten, zijn bij de proef zowel stroefheidmetingen op de rijstrook als de vluchtstrook uitgevoerd. Uit deze meetsporen zijn kernen geboord ten behoeve van de Wehner/Schulzeproof. De achterliggende gedachte is dat de stroefheidmetingen op het materiaal in de vluchtstrook aanmerkelijk hoger zullen zijn dan de stroefheidmetingen in het rijspoor, waardoor de meetrange groter wordt. Uit deel 1 van dit rapport is inmiddels gebleken, dat er een goede relatie is tussen de PWS [0], bepaald volgens het in bijlage 1 beschreven Duitse protocol en de conform de Nederlandse proef 150 uit de "Standaard RAW Bepalingen 2010" bepaalde stroefheidresultaten: hypothese 1 is niet verworpen. Bij aanvang van het onderzoek was echter niet duidelijk in hoeverre er een voldoende relatie zou worden aangetoond. Daarom is tegelijkertijd onderzoek uitgevoerd met twee buitenlandse meetssystemen, namelijk de SKM uit Duitsland en de Adhera uit Frankrijk. Doel was om na te gaan of, in het geval van een onvoldoende relatie tussen de Nederlandse stroefheidmeting en de Wehner/Schulzeproof, met deze buitenlandse methoden eventueel een betere relatie met de Wehner/Schulzeproof te vinden is.

De te toetsen hypothese is:

Hypothese 5:

Er is een significant verband tussen de stroefheid bepaald met de Duitse meetmethode (μ_{SKM80}) en de Franse meetmethode (LCM) en de PWS [0] bepaald met de Wehner/Schulzeproof conform het Duitse protocol (bijlage 1).

Naast het percentage ronde stukken speelt vooral het polijstgetal van het mineraalaggregaat een grote rol in de stroefheidontwikkeling van deklagen. In Nederland wordt vanaf 2004 voor deklagen een minimale PSV-waarde van 58 geëist, met uitzondering van DAB op 80-km wegen, waar een PSV-waarde van minimaal 53 wordt geëist. Om gevoel te krijgen bij de Wehner/Schulzeproef is gekeken naar het verband tussen de PWS-waarde na belastingstap 3 (PWS [3]) en het polijstgetal van de fractie 8-10 mm. De volgende hypothese is getoetst:

Hypothese 6:

Er is een significant verband tussen het polijstgetal, bepaald volgens NEN-EN 1097-8 en de PWS [3] bepaald met de Wehner/Schulzeproef conform het Duitse protocol (bijlage 1).

3.2 Het onderzoek

Voor de opzet van het onderzoek ten behoeve van de hypothesen 4 en 5 wordt verwezen naar hoofdstuk 2.2 van deel 1. Hetzelfde geldt voor de gebruikte materialen en monsters en de proefuitvoering. Hiervoor wordt verwezen naar de hoofdstukken 2.3 en 2.4.1 t/m 2.4.3 van deel 1.

Het onderzoek ten behoeve van hypothese 6 (Polijstgetal) wordt hierna beschreven. Per bruikbaar wegvak (12 stuks) zijn op drie geëxtraheerde fracties (6,3 - 8 mm, 8 - 10 mm, 10 - 12,5 mm) PSV-proeven (polished Stone Value) conform NEN-EN 1097-8 uitgevoerd (met dien verstande dat NEN-EN 1097-8 de fractie 8 - 10 mm specificeert, zodat de proeven op de andere fracties daarin dus van de norm afwijken).

In totaal zijn $12 \times 3 = 36$ PSV-bepalingen uitgevoerd. Hiervoor zijn maximaal zes (3x rijstrook en 3x vluchtstrook) kernen per vak beschikbaar. Het samenvoegen van de kernen bestaat altijd uit een even aantal: één cilinder uit de rechterrijstrook en één uit de vluchtstrook, twee uit rechterrijstrook en twee uit vluchtstrook of drie uit rechterrijstrook en drie uit vluchtstrook.

Vorbereidingen (alleen op de deklaag)

Doormidden gezaagde of geboorde steentjes evenals de aan het oppervlak gepolijste steentjes zijn uit de proefstukken verwijderd. Hiertoe wordt materiaal verwarmd tot circa 60°C. De gepolijste of gezaagde steentjes zijn verwijderd met een schroevendraaier of plamuurmes. Het overgebleven materiaal is geëxtraheerd (soxhlet) conform proef 65.1 van de Standaard RAW.

Het verkregen mineraal is conform NEN-EN 933-1 gezeefd in de benodigde fracties. Het materiaal is goed gespoeld zodat alle aanhangende stof is verdwenen. Alle platte stukken zijn verwijderd door de verkregen fracties te zeven over de sleuvenzeven:

Fractie 8 mm - 10 mm over S7,2

Fractie 6,3 mm - 8 mm over S5

Fractie 10 mm - 12,5 mm over S8

De sleuvenzeven S5 en S8 wijken af van de proefnorm NEN-EN 1097-8, omdat ook de fracties 6,3 - 8 mm en 10- 12,5 mm afwijken van deze norm.

De petrografische samenstelling (en homogeniteit daarvan) is per fractie visueel gecontroleerd. Dit is van belang om aan te kunnen geven of drie fracties van dezelfde steensoort worden beproefd, zodat PSV-verschillen tussen de fracties alleen zijn toe te schrijven aan de korrelgrootte.

Vervaardigen polijstplaatjes

De polijstplaatjes zijn vervaardigd conform NEN-EN 1097-8. Voor de fractie 8 - 10 mm van de vakken 4, 9, 10, 12 en 14 en voor de fractie 10 - 12,5 mm van de vakken 4 en 14 was het niet mogelijk om vier plaatjes te maken. Ondanks het feit dat voor deze wegvakken alle beschikbare zes kernen zijn gebruikt.

Polijsten

De polijstplaatjes zijn gepolijst conform NEN-EN 1097-8.
De hoeveelheid water en polijstmiddel is voor alle fracties gelijk.

3.3 Resultaten en bespreking van de resultaten

De resultaten van de door Schniering (SKM) en LCPC (Adhera) uitgevoerde stroefheidsmetingen zijn weergegeven in de tabellen 6 en 7 op de volgende bladzijden.

Tabel 6: Overzicht boorkernen en stroefheidsmetingen Schniering

vak	weg	baan	van	tot	stroef- heid rijspoor	stroef- heid vlucht- strook	kernen R	Kernen V
1	A15	HRL	75,2	75,1	0,537 0,540	0,932 0,875	1, 3, 5	7, 9, 11
2	A16	HRR	39,6	39,7	0,506 0,507	0,875 0,867	12, 15, 17	19, 21, 23
3	A4	HRR	106,7	106,8	0,614 0,614	0,897 0,879	25, 27, 29	31, 33, 35
4	A15	HRR	59,4	59,5	0,448 0,451	0,894 0,903	37, 39, 41	43, 45, 47
5	A15	HRR	29,0	29,1	0,479 0,483	0,861 0,863	49, 51, 53	55, 57, 59
6	A12	HRL	47,7	47,6	*	*	*	*
7	A2	HRR	70,4	70,5	0,653 0,650	0,953 0,964	73, 75, 77	79, 81, 83
8	A12	HRR	64,2	64,3	0,624 0,632	0,791 0,789	85, 87, 89	91, 93, 95
9	A28	HRR	1,2	1,3	0,693 0,691	0,895 0,891	97, 99, 101	103, 105, 107
10	A2	HRR	214,3	214,4	0,557 0,568	0,809 0,824	109, 111, 113	115, 117, 119
11	A79	HRL	3,9	3,8	*	*	*	*
12	A79	HRL	3,4	3,3	0,604 0,608	0,743 0,748	133, 135, 137	139, 141, 143
13	A27	HRL	43,9	43,8	0,475 0,474	0,861 0,869	145, 147, 149	151, 153, 155
14	A15	HRL	101,3	101,2	0,509 0,497	0,838 0,837	157, 159, 161	163, 165, 167

The file of results consists of the following entries:

STRASSE	Identification of the road
FS	Number of lane (0 – shoulder, 1 – main driving lane)
VON_BETKRM	from kilometre marker
BIS_BETKRM	to kilometre marker
MESSDATUM	Date of the test
SFC	Sideway force coefficient (unadjusted)
SFC60TARS	Sideway force coefficient at 60 km/h (speed and temperature adjusted)
SFC80TARS	Sideway force coefficient at 80 km/h (speed and temperature adjusted)
V_GRI	Test speed
TLU	Air temperature (°C)
TFA	Lane temperature (°C)
TWA	Water temperature (°C)

Tabel 7: Overzicht boorkernen en stroefheidsmetingen LCPC

vak	weg	baan	van	tot	stroef- heid	stroef- heid vlucht- strook	kernen R	Kernen V
1	A15	HRL	75,2	75,1	0,356	0,504	1	7
2	A16	HRR	39,6	39,7	0,339	0,495	12	19
3	A4	HRR	106,7	106,8	0,393	0,573	27	
4	A15	HRR	59,4	59,5	0,198	0,456		
5	A15	HRR	29,0	29,1	0,340	0,559	53	55
6	A12	HRL	47,7	47,6	*	*	*	*
7	A2	HRR	70,4	70,5	0,428	0,569	73, 77	83
8	A12	HRR	64,2	64,3	0,424	0,480		91
9	A28	HRR	1,2	1,3	0,373	0,452		103
10	A2	HRR	214,3	214,4	0,301	0,419		
11	A79	HRL	3,9	3,8	*	*	*	*
12	A79	HRL	3,4	3,3	0,347	0,377		139
13	A27	HRL	43,9	43,8	0,355	0,525	147	153
14	A15	HRL	101,3	101,2	0,242	0,335		163

De resultaten van het onderzoek naar het polijstgetal zijn vermeld in de onderstaande tabel 8.

Tabel 8: Resultaat polijstgetal

vak	weg	baan	van	tot	PSV-waarde 6,3 – 8 mm	PSV-waarde 8 – 10 mm	PSV-waarde 10 – 12,5 mm
GZ							
3	A4	HRR	106,7	106,8	54	53	54
7	A2	HRR	70,4	70,5	60	58	59
8	A12	HRR	64,2	64,3	60	59	58
SZ							
1	A15	HRL	75,2	75,1	54	55	53
2	A16	HRR	39,6	39,7	56	53	52
5	A15	HRR	29,0	29,1	54	54	53
13	A27	HRL	43,9	43,8	54	53	55
GD							
9	A28	HRR	1,2	1,3	55	55	55
10	A2	HRR	214,3	214,4	55	53	57
12	A79	HRL	3,4	3,3	56	55	56
SD							
4	A15	HRR	59,4	59,5	56	53	53
14	A15	HRL	101,3	101,2	55	55	54
*							
6	A12	HRL	47,7	47,6	*	*	*
11	A79	HRL	3,9	3,8	*	*	*

GZ=Goede ZOAB; SZ=Slechte ZOAB

GD=Goede DAB; SD=Slechte DAB

*=vervallen vakken

3.4

Discussie

Hypothese 4:

Proefstukken, geboord uit de vluchtstrook (die bij dit onderzoek representatief worden geacht voor een in het laboratorium vervaardigd proefstuk) van goede wegvakken met een Gemiddelde Dagelijkse Verkeersintensiteit van minimaal 20.000 voertuigen, hebben een PWS [3] van ten minste 0,42. In het geval van een GDV van 10.000 tot 20.000 voertuigen bedraagt de PWS [3] van de kernen uit de vluchtstrook minimaal 0,37. De kwalificatie "goed wegvak" is gebaseerd op de voorspelling van de initiële levensduur van het mengsel met behulp van het stroefheidvoorspellende model op basis van de metingen van de actuele stroefheid in het rijspoor op de rijstrook.

In de onderstaande schema's zijn de statistische analyses en de daaruit volgende conclusies weergegeven.

ZOAB 0/16, vluchtstrook, GDV \geq 20.000				0,0002223 MS
vak	t.o.v. 0,42	to.v. 0,37	GDV	10 df
SZ-A16-39.6-39.7	<	<	121.000	0,0149 sr
SZ-A15-75.2-75.1	<	<	93.000	0,0122 sed(3,3)
SZ-A27-43.9-43.8	<	>	80.000	0,0271 LSD
GZ-A2-70.4-70.5	<	>	117.000	
GZ-A12-64.2-64.3	<	>	109.000	0,0086 sem
				0,0156 eenzijdige marge tov eis
				0,42 eis
				0,4044 eis min marge
				0,4356 eis plus marge
Conclusies:				
alle vakken liggen significant onder de richtwaarde van 0,42				
slechte ZOAB vakken liggen significant onder de waarde van 0,37				
goede ZOAB vakken liggen significant boven de waarde van 0,37				
DAB 0/16, vluchtstrook, GDV \geq 20.000				0,0001517 MS
vak	t.o.v. 0,42	to.v. 0,37	GDV	9 df
SD-A15-101.3-101.2	<	<	81.000	0,0123 sr
SD-A15-59.4-59.5	<	<	204.000	0,0101 sed(3,3)
GD-A28-1.2-1.3	<	=	117.000	0,0227 LSD
GD-A79-3.4-3.3	<	=	36.000	
GD-A2-214.3-214.4	<	=	64.000	0,0071 sem
				0,0130 eenzijdige marge tov eis
				0,37 eis
				0,3570 eis min marge
				0,3830 eis plus marge
Conclusies:				
alle vakken liggen significant onder de richtwaarde van 0,42				
slechte DAB vakken liggen significant onder de waarde van 0,37				
goede DAB vakken verschillen niet significant van de waarde van 0,37				
ZOAB 0/16, vluchtstrook, GDV 10.000 tot 20.000				0,0000443 MS
vak	t.o.v. 0,37	GDV		4 df
GZ-A4-106.7-106.8	<	14.000		0,0038 sem
SZ-A15-29-29.1	<	15.000		0,0082 eenzijdige marge tov eis
				0,37 eis
				0,3618 eis min marge
				0,3782 eis plus marge
Conclusies:				
beide vakken liggen significant onder de eis van 0.37				

Uit het bovenstaande overzicht blijkt dat er in de bemonsterde vakken met een GDV van 20.000 voertuigen geen asfaltmengsel is verwerkt met een PWS [3] van ten minste 0,42. De PWS [3] van alle mengsels ligt significant lager dan 0,42. Voor de twee vakken met een GDV tussen 10.000 en 20.000 voertuigen blijkt dat de asfaltmengsels uit beide vakken een PWS [3] hebben die significant lager ligt dan 0,37. Hypothese 4 wordt dan ook verworpen. Dit betekent dat de door de TU Berlin aanbevolen richtwaarde voor de PWS [3] te hoog is voor de Nederlandse asfaltmengsels.

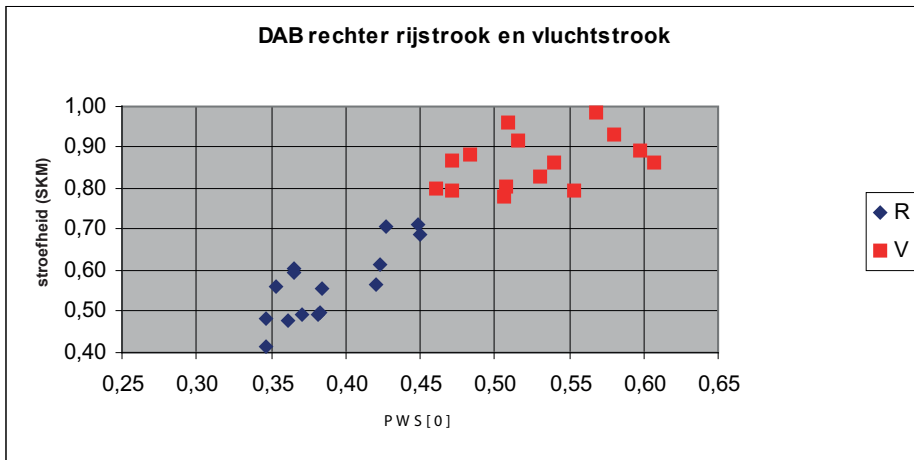
Hypothese 5:

Er is een significant verband tussen de stroefheid bepaald met de Duitse meetmethode (μ_{SKM80}) en de Franse meetmethode (LCM) en de PWS [0] bepaald met de Wehner/Schulzeproof conform het Duitse protocol (bijlage 1).

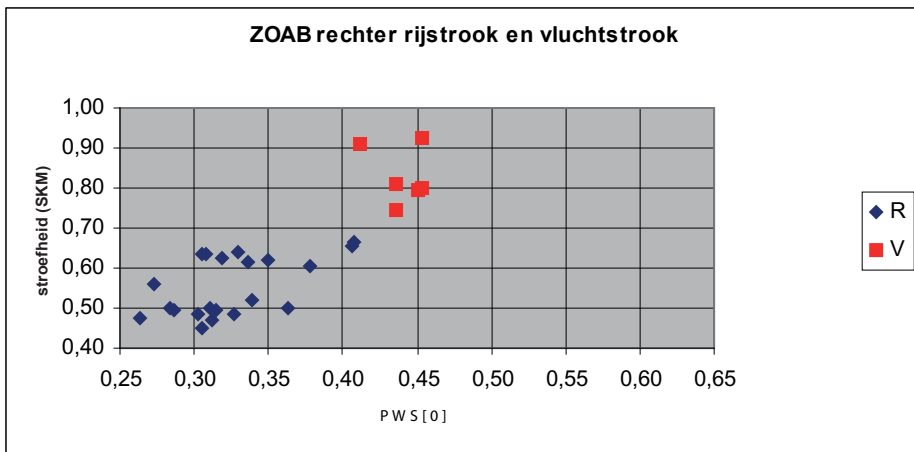
De hypothese wordt niet verworpen:

In de grafieken 19 tot en met 22 is de op de weg gemeten stroefheid uitgezet tegen de PWS[0].

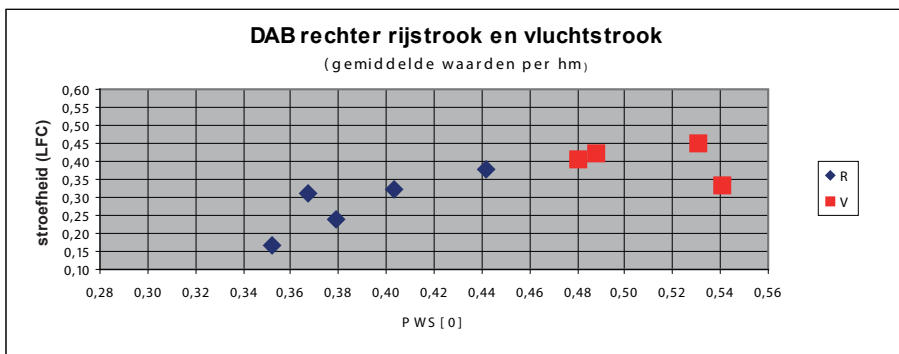
Aangezien het hier geen gepaarde waarnemingen betreft is uitsluitend gekeken naar de correlatie tussen de variabelen. De correlatiecoëfficiënt (R) bedraagt bij de Duitse stroefheidmetingen op DAB 0,90 en bij de metingen op ZOAB 0,83. Voor de Franse stroefheidmetingen geldt dat de correlatiecoëfficiënt (R) op DAB 0,82 en bij de metingen op ZOAB 0,87 bedraagt.



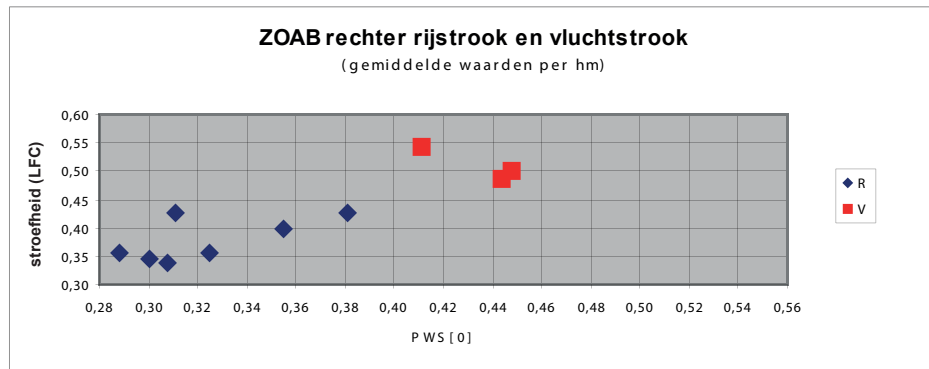
Figuur 19: Relatie PWS[0] en μ_{SKM80} op DAB (R=0,90)



Figuur 20: Relatie PWS[0] en μ_{SKM80} op ZOAB (R=0,83)



Figuur 21: Relatie PWS[0] en LCM op DAB (R=0,82)



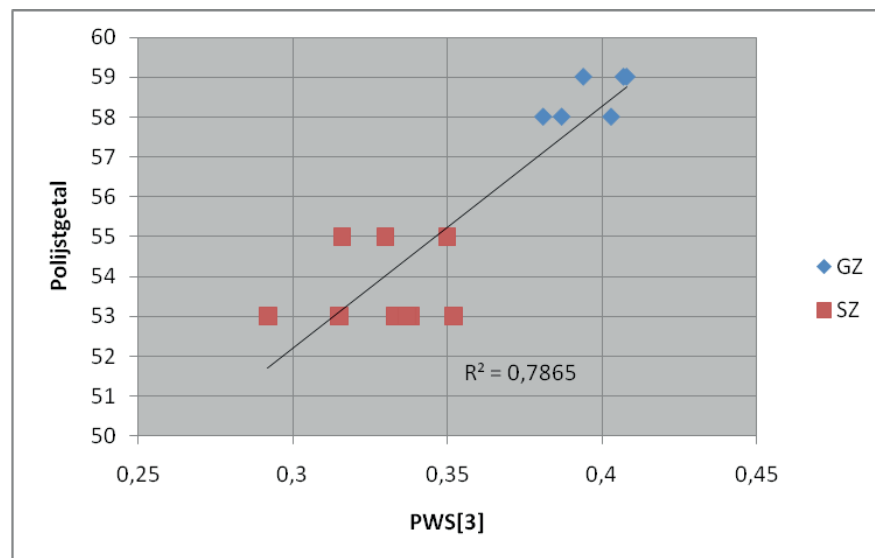
Figuur 22: Relatie PWS[0] en LCM op ZOAB (R=0,87)

In Duitsland wordt voor de stroefheidwaarde (μ_{SKM80}) een minimumeis gehanteerd van ten minste 0,43. In Frankrijk (LCM) geldt hiervoor een minimumwaarde van ten minste 0,21. In de tabellen 5 en 6 kan afgelezen worden dat het overgrote deel van de meetresultaten aan de per land geldende eisen voldoen. Zonder hier dieper op in te gaan geeft dit aan, dat de door de TU Berlin gehanteerde richtwaarde voor PWS[3] van 0,42 ook voor Duitsland en Frankrijk wellicht te hoog is. Beide landen zoeken dan ook nog naar de juiste eis.

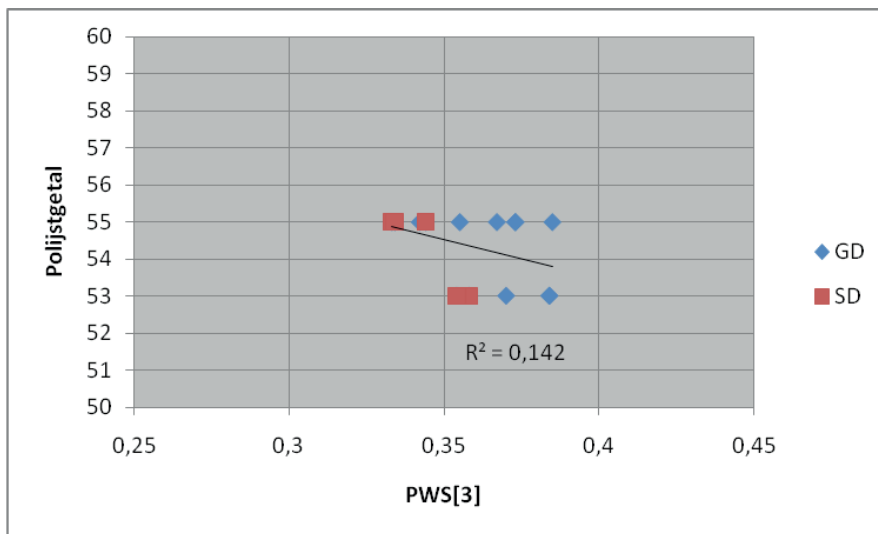
Hypothese 6:

Er is een significant verband tussen het polijstgetal, bepaald volgens NEN-EN 1097-8 en de PWS [3] bepaald met de Wehner/Schulzeproef conform het Duitse protocol (bijlage 1).

In de onderstaande figuren 23 en 24 is het verband tussen het polijstgetal en PWS[3] weergegeven.



Figuur 23: ZOAB 0/16: verband tussen PWS[3] en Polijstgetal



Figuur 24: DAB 0/16: verband tussen PWS[3] en Polijstgetal

De statistische analyse is weergegeven in bijlage 5. Voor ZOAB geldt dat 80,2% van de variantie in het polijstgetal wordt verklaard door de relatie met PWS[3]. De helling is sterk significant, en positief, dus er is een significante relatie tussen polijstgetal en PWS[3].

Voor DAB geldt dat slechts 7,1% van de variantie in het polijstgetal wordt verklaard door de relatie met PWS[3]. De helling is niet significant verschillend van 0, waaruit geconcludeerd wordt dat er geen significant verband is tussen het polijstgetal en PWS[3]. Opgemerkt moet worden dat bij het DAB 0/16 de populatie uitsluitend uit kiezelslag bestaat, waardoor de meetrange beperkter is dan bij ZOAB 0/16.

De hypothese wordt voor ZOAB niet en voor DAB wel verworpen.

Ten slotte blijkt uit tabel 8, dat er geen noemenswaardige verschillen zijn aangetroffen in de PSV-waarden van de verschillende fracties. Binnen het kader van dit onderzoek wordt hier verder niet nader op ingegaan.

3.5

Conclusies

Uit het verrichte onderzoek ten behoeve van de subdoelen worden de volgende conclusies getrokken:

- De door de TU Berlin gehanteerde richtwaarde voor de PWS[3] voor asfaltmengsels voor wegvakken met een GDV van minimaal 20.000 voertuigen is te hoog voor de Nederlandse asfaltmengsels. Alle bemonsterde wegvakken (goed en slecht) bevatten materiaal, waarvan de PWS[3] significant onder de Duitse richtwaarde van minimaal 0,42 ligt. Voor de twee vakken met een GDV tussen 10.000 en 20.000 voertuigen blijkt dat de asfaltmengsels uit beide vakken een PWS [3] hebben die significant lager ligt dan 0,37.
- Er is een significant verband tussen de stroefheid bepaald met de Duitse SKM (μ_{SKM80}) en de Franse Adhera (LCM) en de PWS [0] bepaald met de Wehner/Schulzeproef conform het Duitse protocol.
- Voor ZOAB 0/16 geldt dat er een significant verband is tussen het polijstgetal, bepaald volgens NEN-EN 1097-8 en de PWS[3] bepaald met de Wehner/Schulzeproef conform het Duitse protocol (bijlage 1).

- Voor DAB 0/16 geldt dat er geen significant verband is tussen het polijstgetal, bepaald volgens NEN-EN 1097-8 en de PWS[3] bepaald met de Wehner/Schulzeproef conform het Duitse protocol (bijlage 1). Dit heeft mogelijk te maken met het feit dat alle onderzochte mengsels in dezelfde PSV categorie vallen en er, rekening houdende met de reproduceerbaarheid van de proef, geen significante verschillen in PSV waarde zijn aangetoond in de mengsels.

4 Begrippenlijst

PWS-waarde	Polijstwaarde volgens Wehner/Schulze
PWS[0]	Polijstwaarde volgens Wehner/Schulze van het onbehandelde oppervlak
PWS[1]	Polijstwaarde volgens Wehner/Schulze na 90.000 polijstovergangen, uitgevoerd na PWS[0]
PWS[2]	Polijstwaarde volgens Wehner/Schulze na zandstralen, uitgevoerd na PWS[1]
PWS[3]	Polijstwaarde volgens Wehner/Schulze na nogmaals 90.000 polijstovergangen, uitgevoerd na PWS[2]
PWS[4]	Polijstwaarde volgens Wehner/Schulze na PWS[3] tot een constante waarde wordt bereikt
GDV	Gemiddelde Dagelijkse Verkeersintensiteit
f_{70}	Natte stroefheid gemeten bij 70 km/uur volgens proef 150 van de "Standaard RAW-Bepalingen"
SKM	Duitse versie van de Engelse SCRIM: Sideway-force Coefficient Routine Investigation Machine
μ_{SKM80}	Natte stroefheid gemeten bij 80 km/uur met behulp van de SKM
LCM	Natte stroefheid gemeten met de Adhera (Franse stroefheidsmeter)
PSV-waarde	Polijstgetal (Polished Stone Value)
"Goed" wegvak	Een wegvak dat ten aanzien van de stroefheidontwikkeling een verwachte levensduur heeft van tenminste 20 jaar.
"Slecht" wegvak	Een wegvak dat ten aanzien van de stroefheidontwikkeling een verwachte levensduur heeft van minder dan 20 jaar.

5 Literatuurlijst

1. Kuijper, P.M.: Stroefheidontwikkeling in relatie tot kwaliteit steenslag. Delft, 2010.
2. Dommelen, A.E.: Componenteisen bovenbouw. Delft, 2009.
3. E. Vos, E.: Normstelling natte stroefheid van rijkswegen. Delft, 2008.
4. Wit, B. de, Vos, E.: Normstelling stroefheid rijkswegen – herijking, aanpassing meetmethode en getalsmatige wijziging normwaarden. Delft, 2009.
5. Huschek, S.: Griffigkeitsprognose mit der Verkehrssimulation nach Wehner/Schulze. Berlijn, 2001
6. Kuijper, P.M.: Trendanalyse van de stroefheidontwikkeling in bitumineuze deklagen. Delft, 2010
7. Wit, B. de, Vos, E.: Normstelling stroefheid rijkswegen – herijking, aanpassing meetmethode en getalsmatige wijze normwaarden. Delft, 2009.
8. Dames, J., Lindner, J.: Griffigkeitsuntersuchungen auf der Splitt-Versuchsstrecke Bamberg A70, Straße und Autobahn, Heft 7, 2000
9. Schoen, E.: aantallen vakken. Delft, 2008
10. Telman, J: Grenswaarden voor Wehner-Schulze resultaten voor indeling in goede en slechte kwaliteit t.a.v. stroefheidsontwikkeling. Delft, 2009

Bijlagen

Bijlage 1

Prüfanweisung

„Prüfung mit dem Verfahren nach Wehner/Schulze“

Prüfanweisung

„Prüfung mit dem Verfahren nach Wehner/Schulze“

Stand: 12. Oktober 2004

1. Anwendungsbereich und Zweck

Mit dem von Wehner und Schulze entwickelten Verfahren wird der Polierwert PWS von Gesteinskörnungen durch eine zeitraffende Simulation der Verkehrseinwirkungen bestimmt. Mit diesem Verfahren sind auch Prüfungen zur Prognose der Griffigkeitsentwicklung von Fahrbahnoberflächen möglich, sowohl an Asphaltmischungen als auch an Bohrkernen aus Straßen.

2. Begriffe

Der Polierwert nach Wehner und Schulze, PWS, ist ein Maß für die Widerstandsfähigkeit von Gesteinskörnungen bzw. Asphaltmischungen gegen die polierende Wirkung von Fahrzeugreifen auf einer Straßenoberfläche.

3. Kurzbeschreibung des Verfahrens

Das Verfahren dient zur Ermittlung des von der Korngröße abhängigen Polierwertes PWS. Die dazu notwendige Gerätschaft besteht aus einem Poliergerät und einem Labor-Griffigkeitsmessgerät.

Die Bestimmung des Polierwertes erfolgt in zwei Teilschritten:

- 1.) Verkehrssimulation
- 2.) Griffigkeitsmessung

1. Teil: - Verkehrssimulation -

Mit dem Poliergerät wird zeitraffend eine Verkehrseinwirkung auf der zu prüfenden Oberfläche des Prüfkörpers im Labor simuliert. Dabei wird die polierende Wirkung durch drei, unter Schlupf laufende konische Gummirollen, die mit einem Querprofil versehen sind, nachgeahmt. Die Polierwirkung wird durch ein Wasser-Quarzmehl-Gemisch verstärkt, das während des Versuchs kontinuierlich auf die Prüfoberfläche gefördert wird.

Kennzahlen des Poliervorganges (informativ):

Mittlerer Kontaktdruck: ca. 0,40 N/mm²

Schlupf: <1%

Bahngeschwindigkeit: ca. 17 km/h

Drehzahl des Rollenkopfes: 500 U/min (d.h. 90.000 Überrollungen je Stunde)

Durchflussmenge des Wasser-Quarzmehl-Gemisches: 5,0 l/min \pm 10%

Temperatur: < 25 °C

2. Teil: - Griffigkeitsmessung -

Das Laborgriffigkeitsmessgerät stellt im Prinzip die Übertragung der Messmethode des blockierten Schlepprades („Stuttgarter Reibungsmesser“) ins Laboratorium dar. Es ist in Abstimmung mit dem Poliergerät für Messungen auf ebenen, kreisförmigen Prüfoberflächen, mit einem Durchmesser von 225 mm, eingerichtet. Drei mit einer Umfangsgeschwindigkeit von etwa 100 km/h rotierende Messgummis werden auf der bewässerten Oberfläche des Probekörpers abgebremst. Die Reibungskraft wird bis zum Stillstand aufgezeichnet. Der Polierwert PWS wird dann als Verhältnis zwischen Reibungskraft und Aufstandskraft der Messgummis bei einer bestimmten Geschwindigkeit (60 km/h) angegeben.

Kennzahlen der Griffigkeitsmessung (informativ):

mittlerer Kontaktdruck: 2.0 bar

Prüffläche: 82,0 cm²

Prüfbahnlänge: 565 mm je Messkopfumdrehung

Durchflussmenge: 20 l/min

Temperatur: 12 °C \pm 4 °C.

4. Geräte

4.1 Poliergerät

Wesentliche Teile:

- Einspannvorrichtung für einen Probekörper zur planparallelen Ausrichtung der Prüfoberfläche
- maschinenbetriebener Polierkopf mit drei Polierrollen, der auf eine Probefläche abgesenkt werden kann
- Auflastgewicht 392 N (40 kg)
- Mischbehälter mit Rührwerk für das Wasser-Quarzmehl-Gemisch
- Pumpe zur Aufbringung des Wasser-Quarzmehl-Gemisches auf die Prüfoberfläche
- Pumpenleistung: 5,0 l/min \pm 10 %.

4.2 Laborgriffigkeitsmessgerät

Wesentliche Teile:

- Einspannvorrichtung zur planparallelen Ausrichtung der Prüfoberfläche
- auskuppelbarer Messkopf mit drei Messgummis
- Antrieb für den Messkopf
- Wasseranschluss mit regelbarer Wassermenge
- Drehmomentenmeßsystem
- Messwerterfassung und Datenverarbeitung.

4.3 Polierrollen und Messgummis

Wegen der begrenzten Lagerfähigkeit sind nicht genutzte Polierrollen und Messgummis in Folie zu verpacken und im Kühlschrank zu lagern.

Polierrollen:

Die Rollen bestehen aus einem kreiskegelförmigen Metallträgergehäuse, auf dem eine 8,8 mm starke Gummischicht aufgebracht ist. In diese Gummischicht werden 8 Profilrillen von ca. 4,5 mm Tiefe und 3,5 mm Breite geschnitten.

Die äußeren Maße der Rollen betragen:

Durchmesser: 36 bzw. 80 mm

Höhe 56,3 mm,

Mantellinie $s = 60$ mm

Shorehärte: 65 ± 3

Die Lagerreibung der Polierrollen ist zu überprüfen.

Gleitschuhe zur Griffigkeitsmessung:

Diese bestehen aus einem kreisringssegmentförmigen Metallträger mit Einspannvorrichtung, auf dem eine 5 mm starke Gummischicht aufgebracht ist.

Die äußeren Maße eines Gleitschuhes betragen:

Breite: 14,5 mm

Dicke (inkl. Träger): 10 mm

mittlere Länge: 30 mm

Shorehärte: 65 ± 3 .

4.4 Poliermittel

Das Poliermittel besteht aus einem Gemisch aus Quarzmehl < 0,063 mm Typ Millisil W6 (Quarzwerke Frechen) und Wasser im Mischungsverhältnis 60 g Quarzmehl pro 1 Liter Wasser.

4.5 Plausibilitätskontrolle

Poliermaschine:

- Überprüfung der Leichtgängigkeit der Rollen des Polierkopfes von Hand bzw. Prüfung auf Rollgeräusche

Laborgriffigkeitsmessgerät:

- Als Kontrollplatte dienen: Wurzelblech aus Aluminium, Glasplatten oder andere geeignete Oberflächen mit gut reproduzierbaren Griffigkeitseigenschaften.

5. Mineralstoffproben

Aus der zu prüfenden Mineralstoffkörnung, Edelsplitt 8/11, 5/8 oder 2/5 oder Edelbrechsand 0/2 ist eine Durchschnittsprobe (Laboratoriumsprobe) nach EN 932-2 zu entnehmen. Von jeder zu prüfenden Körnung ist eine Probemenge von mindestens 10 kg erforderlich. Aus der Laboratoriumsprobe 8/11 ist die Prüfkörnung 8/11 mm auszusieben. Aus der Laboratoriumsprobe der Körnung 0/2 ist die Prüfkörnung 0,2/0,4 mm auszusieben.

Die Prüfkörnung ist sorgfältig zu waschen, von Schwebstoffen zu befreien und bei 105 °C im Ofen zu trocknen.

6. Herstellen der Probekörper

6.1 Mosaik-Auslageverfahren für Splitt > 8 mm

Die Prüfkörnung 8/11 mm muss staubfrei und trocken sein. Möglichst kubische Körner mit flachen Seiten werden ausgesucht. Sie werden mit ihrer flachsten Seite in eine ebene Form von 225 mm Durchmesser so eng wie möglich eingelegt. Gegebenfalls können auch die Kanten der Splitte mit der Zange korrigiert werden. Die Zwischenräume der Körner werden zu einem Drittel ihrer Höhe mit einem gleichkörnigen Feinsand ausgefüllt. Dieser Sand verhindert das Durchfließen des Kunststoffmörtels auf die Prüfoberfläche. Der Prüfkörper wird von der Rückseite mit zwei Lagen mit Kunststoffmörtel (Epoxydharz und Füller) verfüllt. Für die erste Lage wird beispielsweise ein Gemisch aus 63 g Harz, 21 g Härter, 160 g Quarzmehl und für die zweite Lage beispielsweise ein Gemisch aus 111 g Harz, 37 g Härter, 200 g Quarzmehl verwendet. Nach der Mörtelaushärtung (Dauer mind. 10 Stunden) wird der Prüfkörper aus der Form genommen und der lose Sand mit einer Wurzelbürste

entfernt. Es entsteht eine Prüffläche aus einer Vielzahl kleiner bruchrauer Splittflächen des zu prüfenden Mineralstoffes der Körnung 8/11 mm. Es ist darauf zu achten, dass kein Kunststoffmörtel zwischen den Körnern ausgetreten ist, da dies die Messergebnisse beeinflussen würde. Prüfkörper mit Kunststoffmörtel an der Oberfläche sind von der Messung auszuschließen.

Erforderliches Material und Geräte:

- Metallring mit einem Durchmesser von 225 mm ca. 18 mm hoch
- gleichkörniger Feinsand zum Füllen von Zwischenräumen
- Epoxydharz bestehend aus Harz und Härter im Mischverhältnis 3:1
- Füller (Füller < 0,063 mm)
- Kneifzange zum Bearbeiten der Splittkanten
- Wurzelbürste
- Laborwaage und Anrührbehälter.

6.2 Mastix-Eingussverfahren für Splitte 5/8 und 2/5 mm

Mit der Prüfkörnung 5/8 oder 2/5 mm wird im Eingussverfahren ein Prüfkörper wie folgt hergestellt:
Asphaltmastix bestehend aus:

70% Füller	z.B. 4200 g
30% B20/30	z.B. 1800 g
Mastix	<u>6000 g</u>

wird bei einer Temperatur von 200 °C hergestellt.

Die Prüfkörnung 5/8 oder 2/5 mm wird im Verhältnis 2,32 : 1 mit der Asphaltmastix gemischt (z. B. 5800 g Splitt mit 2500 g Asphaltmastix).

Die fertige, homogene Mischung wird in eine Metallform, 225 mm Innendurchmesser und mit geeigneter Höhe gespachtelt und mit Hilfe eines Rütteltisches oder des Walzsektor-Verdichtungsgerätes möglichst hohlraumarm verdichtet.

Nach dem Erkalten wird der Asphaltkörper in zwei etwa 40 bis 50 mm dicke Scheiben planeben geschnitten, nötigenfalls planeben geschliffen und gekühlt. Die Schnittflächen werden durch vorsichtiges Sandstrahlen (z. B. 2 Minuten bei einem Druck von 4 bis 6 bar mit einer Rundstrahldüse 6,3 mm, mit Korund 0,5/1 mm) von Asphaltmörtel soweit befreit, dass ein etwa 1 mm tiefes Oberflächenrelief entsteht. Hierbei ist darauf zu achten, dass eine homogene Oberfläche erzielt wird. Die Asphaltoberflächen sind vor dem Sandstrahlen so zu lagern, dass zum Zeitpunkt des Strahlens die Oberflächentemperatur $5\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ beträgt.

Erforderliches Material:

- Metallform mit einem Durchmesser von 225 mm und 80 bis 100 mm Seitenhöhe
- Verdichtungsgerät (Rütteltisch oder Walzsektor-Verdichter)
- Sandstrahlgerät mit Strahlmittel Korund 0,5/1mm
- Schneidgerät zum Teilen des Probekörpers
- Füller < 0,09 mm sowie als Bindemittel Bitumen B 20/30 zur Herstellung der Mastix.

6.3 Aufklebeverfahren für Sand

Die Prüfkörnung 0,2/0,4 mm wird auf eine Grundplatte mit 225 mm Durchmesser aufgebracht. Als Grundplatte ist z.B. eine mit Bootslack versiegelte Sperrholzplatte (Stärke 9 mm) geeignet. Die Plattenoberfläche wird mit einem geeigneten Harz oder Kleber dünn und gleichmäßig bestrichen und mit der Prüfkörnung bestreut. Die Prüfkörnung wird dann aus einem Sieb mit der Maschenweite 0,5 mm gleichmäßig aufgestreut und kräftig mit einer Handgummiwalze in Längs- und Querrichtung angewalzt. Nach der Aushärtung des Klebers werden die nicht gebundenen Körner abgebürstet. Es ist darauf zu achten, dass kein Kleber an die Prüfoberfläche getreten ist, dies könnte bei zu dick aufgetragenem Kleber vorkommen. Solche Oberflächen dürfen nicht geprüft werden. Nach einer Trocknungszeit von mindestens 10 Stunden wird die Sandplatte für den Poliervorgang auf eine Metallgrundplatte geschraubt.

Erforderliches Material:

- Grundplatte mit Durchmesser 225 mm (versiegelte Sperrholzplatte Stärke 9mm)
- Klebstoff (Epoxydharz bestehend aus Harz und Härter in Verhältnis 3:1)
- Sieb mit Maschenweite 0,5 mm
- Handgummiwalze zum Andrücken der Prüfkörnung
- Wurzelbürste
- Laborwaage
- Anrührbehälter und Pinsel zum Auftragen des Klebers.

6.4 Prüfoberflächen aus Asphalt (AB oder SMA)

Es können Oberflächen von Bohrkernen (225 mm Durchmesser) aus Fahrbahnen geprüft werden. Die Oberflächen müssen repräsentativ, sauber und eben sein.

Sollen (im Rahmen der Eignungsprüfung) Asphaltgemische untersucht werden, so sind diese gemäß der Arbeitsanleitung „Verfahren zum Herstellen von Asphaltprobeplatten im Laboratorium mit dem Walzsektorverdichtungsgerät (WSV)“ herzustellen. Dabei ist ganz besonders darauf zu achten, dass die Oberfläche repräsentativ, homogen und eben ist.

Die beim Einbau auf der Baustelle vorgesehene Abstreutechnik, ist beim Herstellen der Platten zu berücksichtigen.

Die Prüfoberflächen sollen wie unter 6.2 verlangt abgekühlt und entmörtelt werden.

6.5 Prüfoberflächen aus Zement/Sand-Mörtel

Die Herstellung einer Standardmischung und die Lagerung wird an der TU Berlin zur Zeit im Rahmen eines Forschungsauftrages erprobt.

7. Durchführung

7.1 Verkehrssimulation

Der Prüfkörper wird horizontal in der Einspannvorrichtung befestigt. Die Temperatur des Wasser-Quarzmehl-Gemisches soll maximal 25 °C betragen. Sie ist während des Versuches regelmäßig zu kontrollieren. Das Wasser-Quarzmehl-Gemisch wird durch den Abrieb der Oberfläche und der Rollengummis verunreinigt. Deshalb ist es nach spätestens zwölf Polierprüfungen komplett auszutauschen.

Die Oberfläche des Prüfkörpers wird bei 500 U/min eine Stunde lang poliert. Das entspricht 30.000 Umdrehungen des Rollenkopfes bzw. 90.000 Überrollungen durch die Gummirellen. Nach dem Polieren ist die Oberfläche gründlich von Poliermittel und Abrieb zu reinigen.

Der Polierrollenkopf und die Einspannvorrichtung sind nach jedem Poliervorgang sorgfältig von anhaftendem Quarzmehl zu reinigen. Die Rollenlager sind auf Leichtgängigkeit zu überprüfen und bei Schwergängigkeit oder Lagergeräuschen zu wechseln.

Die Rollengummis sind nach jedem Poliervorgang auf starken Abrieb Beschädigung zu überprüfen. Die Rollengummis sind auszutauschen, wenn sie beschädigt sind, wenn sie sich klebrig anfühlen, wenn ein starker Gummiabrieb zu erkennen ist, oder wenn sich auf der Prüfoberfläche dunkle Abriebspuren bilden.

Sandstrahlen [ist noch zu ergänzen!]

7.2 Griffigkeitsmessung

Vor Beginn muss das Messgerät mit der Kontrollplatte auf Funktionstüchtigkeit geprüft werden. Mit der Kontrollplatte wird ein vollständiger Messvorgang vor und nach der eigentlichen Messung durchgeführt. Die Griffigkeitseigenschaften der Kontrollplatte dürfen durch den Messvorgang nicht verändert werden. Als Kontrolloberflächen eignen sich texturierte Glasplatten, Wurzelblech aus Aluminium.

Bei der Funktionskontrolle muss der Sollwert innerhalb der Toleranz von $\pm 10\%$ des Messwertes erzielt werden.

Die zu prüfende Oberfläche muss frei von Poliermittelrückständen und Abrieb sein. Vor Messbeginn ist der gleichmäßige Wasserdurchfluss zu prüfen. Bei Messbeginn werden die Gleitschuhe zunächst im abgehobenen Zustand auf eine Umlaufgeschwindigkeit von 100 km/h beschleunigt und dann nach Abschalten des Antriebes auf die zu prüfende Oberfläche abgesenkt, wo sie in kurzer Zeit bis zum Stillstand abgebremst werden. Die abbremsende Reibungskraft wird über den gesamten

Geschwindigkeitsbereich bis zum Stillstand aufgezeichnet. Die Messgummis müssen nach jeder Messung auf mögliche Beschädigungen kontrolliert werden.

Der Verschleiß der Gleitschuhe ist von der Art der Prüfoberfläche (Sand, Splitt, Asphalt) abhängig. Es ist deshalb für jede Art von Prüfoberfläche jeweils ein gesonderter Satz Gleitschuhe zu verwenden.

Nach jeder Messung sind die Messgummis auf mechanische Beschädigung zu prüfen. Ist die Oberfläche der Messgummis verschlissen oder sind Verformungen (Schwanzbildung infolge Reibungswärme) erkennbar so sind die Gleitschuhe auszutauschen. Der Gleitschuhsatz ist zu erneuern wenn die Stärke der Messgummischicht nur noch 2 mm beträgt.

7.3 Prognoseprüfung

Für die Griffigkeitsprognose von Asphaltmischungen wird der unbeanspruchte Ausgangszustand (Beanspruchungsstufe [0]) erfasst. Dann wird der Körper durch 90.000 Überrollungen durch die drei Polierrollen beansprucht (d.h. 1 Stunde poliert) (Beanspruchungsstufe [1]). Im Anschluss wird eine Griffigkeitsmessung durchgeführt. Dann erfolgt ein dosiertes Aufrauen der Oberfläche durch ein Sandstrahlgerät mit anschließender Griffigkeitsmessung (Beanspruchungsstufe [2]). Dann wird der Probekörper nochmals mit 90.000 Überrollungen belastet (Beanspruchungsstufe [3]). Im Anschluss erfolgen weitere Griffigkeitsmessungen bis zum Erreichen einer Endgriffigkeit bzw. eines Grenzwertes (Beanspruchungsstufe [4]). Diese ist erreicht, wenn zwei aufeinander folgende Werte sich nicht um mehr als 0,005 ändern.

8. Auswertung

Als Messergebnis gilt der Reibungskoeffizient der ersten Messkurve bei 60 km/h. Dies ist dann der Polierwert nach Wehner/Schulze (PWS) der geprüften Oberfläche. Es müssen mindestens zwei Oberflächen hergestellt und geprüft werden. Das Prüfergebnis ist der Mittelwert aus mindestens zwei Einzelbestimmungen. Ist die Differenz zweier Einzelergebnisse größer als 0,03 ist die Prüfung ungültig und somit zu wiederholen.

- Sand
- Splitt
- **Prognoseprüfung [ist noch zu ergänzen!]**

9. Prüfbericht

Im Prüfbericht sind anzugeben:

- Herkunft und Bezeichnung der Probe
- Prüfkorngröße
- Messergebnis

[ist noch zu ergänzen: siehe Prüfnorm!]

10. Genauigkeit des Verfahrens

Die Untersuchung eines Kollektivs von 236 Prüfoberflächen aus Sand, Splitt 2/5 und 8/11 mm und Asphalt ergab für die Original Wehner/Schulze Prüfmaschine der TU Berlin eine Wiederholbarkeit von $r = 0,017$. Die PWS-Messwerte lagen hierbei in einem Bereich von 0,29 und 0,72.

Eine Vergleichsuntersuchung unter 9 neuen Wehner/Schulze Maschinen hat 2004 stattgefunden.

Bijlage 2

Overzicht van de vakken voor de inventariserende metingen

Overzicht van de vakken voor de inventariserende metingen

Meetdatum	RW	Aanleg	Belasting ¹⁾	Kilometrerings		Deklaag	Stroeffheid		Opmerkingen
				Totaal	Begin 100 m		Eind 100 m	Opgave	
10-01-2008	A15	2004	81.000	101,6 - 101,0	101.300,0	101.200,0	DAB	0,43	
10-01-2008	A15	2004	137.000	59,1 - 59,8	59.400,0	59.500,0	DAB	0,36	
10-01-2008	A15	2004	204.000	59,1 - 59,8	59.500,0	59.600,0	DAB	0,40	
10-01-2008	A3			3,6 - 2,6					Geen vluchtstrook
10-01-2008	A20	2004		17,7 - 17,1	17.400,0	17.300,0	ZOAB	0,49	
07-02-2008	A7	2006	40.156	55,5 - 56,3	55,8	55,9	DAB	0,40	
07-02-2008	A7	2006	40.156	55,5 - 56,3	55,9	56,0	DAB	0,40	
07-02-2008	A22	2006	36.618	16,6 - 15,7	16,3	16,2	ZOAB	0,60	
07-02-2008	A22	2006	36.618	16,6 - 15,7	16,2	16,1	ZOAB	0,61	
07-02-2008	A22	2006	36.618	16,6 - 15,7	16,1	16,0	ZOAB	0,61	
07-02-2008	A2	1998	1.722.554	43,1 - 42,4	42,8	42,7	DAB	0,46	
07-02-2008	A2	1993	2.117.286	37,9 - 37,2	37,6	37,5	ZOAB	0,47	
07-02-2008	A2	1999	1.496.980	49,2 - 50,0	49,5	49,6	DAB	0,37	
07-02-2008	A2	1999	1.496.980	49,2 - 50,0	49,6	49,7	DAB	0,38	
07-02-2008	A2	2001	586.471	69,2 - 70,8	69,5	69,6	ZOAB	0,53	
07-02-2008	A2	2001	586.471	69,2 - 70,8	69,6	69,7	ZOAB	0,49	
07-02-2008	A2	2001	586.471	69,2 - 70,8	69,8	69,9	ZOAB	0,49	
07-02-2008	A2	2001	586.471	69,2 - 70,8	69,9	70,0	ZOAB	0,53	
07-02-2008	A2	2001	586.471	69,2 - 70,8	70,0	70,1	ZOAB	0,52	
07-02-2008	A2	2001	117.000	69,2 - 70,8	70,4	70,5	ZOAB	0,57	
07-02-2008	A2	2001	527.036	73,6 - 74,3	73,9	74,0	ZOAB	0,53	
07-02-2008	A12	1999	767.343	64,9 - 65,6	64,6	64,5	ZOAB	0,43	
07-02-2008	A12	1999	1.052.404	48,2 - 47,5	47,9	47,8	ZOAB	0,45	
07-02-2008	A12	2000	657.722	63,5 - 64,6	63,8	63,9	ZOAB	0,46	
07-02-2008	A12	2000	657.722	63,5 - 64,6	63,9	64,0	ZOAB	0,50	
07-02-2008	A12	2000	109.000	63,5 - 64,6	64,2	64,3	ZOAB	0,51	
07-02-2008	A12	2000	657.722	66,0 - 66,7	66,3	66,4	ZOAB	0,44	
07-02-2008	A28	1986	2.579.790	0,7 - 1,8	1,0	1,1	DAB	0,55	
07-02-2008	A28	1986	2.579.790	0,7 - 1,8	1,1	1,2	DAB	0,56	
07-02-2008	A28	1986	117.000	0,7 - 1,8	1,2	1,3	DAB	0,57	
07-02-2008	A28	1986	2.579.790	0,7 - 1,8	1,3	1,4	DAB	0,56	
07-02-2008	A28	1986	2.579.790	0,7 - 1,8	1,4	1,5	DAB	0,56	
08-02-2008	A1	2007	94.728	45,0 - 45,7	45,3	45,4	ZOAB	0,52	
08-02-2008	A2	1985	1.573.542	254,1 - 254,8	254,4	254,5	DAB	0,54	Geen vluchtstrook
08-02-2008	A2	2006	71.666	183,1 - 182,3	182,8	182,7	ZOAB	0,51	
08-02-2008	A2	2006	71.666	183,1 - 182,3	182,7	182,6	ZOAB	0,52	
08-02-2008	A58	2006	77.353	21,0 - 20,3	20,7	20,6		0,53	
08-02-2008	A58	2006	90.506	38,1 - 41,1	38,4	38,5	ZOAB	0,52	
08-02-2008	A58	2006	90.506	38,1 - 41,1	39,1	39,2	ZOAB	0,51	
08-02-2008	A58	2006	81.224	38,1 - 41,1	40,7	40,8	ZOAB	0,52	
08-02-2008	A67	2006	47.480	49,9 - 49,2	49,6	49,5	ZOAB	0,51	
12-02-2008	A4	2001	84.926	106,2 - 107,0	106,5	106,6	ZOAB	0,58	
12-02-2008	A4	2001	84.926	106,2 - 107,0	106,6	106,7	ZOAB	0,58	
12-02-2008	A4	1994	14.000	106,2 - 107,0	106,7	106,8	ZOAB	0,55	
12-02-2008	A4	2006	47.480	240,6 - 241,3	240,9	241,0	ZOAB	0,45	240,935 rijizerovergang
12-02-2008	A4	2006	54.413	241,2 - 240,5	240,9	240,8	ZOAB	0,49	240,905 rijizer / 240,930 las
12-02-2008	A15	2001	15.000	28,6 - 29,5	28,9	29,0	ZOAB	0,44	
12-02-2008	A15	2001	15.000	28,6 - 29,5	29,0	29,1	ZOAB	0,44	
12-02-2008	A15	2001	15.000	28,6 - 29,5	29,1	29,2	ZOAB	0,44	
14-02-2008	A79	1990	641.762	4,2 - 3,5	3,9	3,8	DAB	0,44	
14-02-2008	A79	1990	36.000	3,8 - 3,0	3,5	3,4	DAB	0,55	
14-02-2008	A79	1990	36.000	3,8 - 3,0	3,4	3,3	DAB	0,59	
14-02-2008	A2	1988	1.085.540	211,6 - 212,3	211,9	212,0	DAB	0,51	
14-02-2008	A2	1999	601.985	213,1 - 213,8	213,4	213,5	DAB	0,51	
14-02-2008	A2	1986	64.000	214,0 - 214,7	214,3	214,4	DAB	0,51	
14-02-2008	A50	1989	890.825	133,9 - 133,1	133,6	133,5	DAB	0,56	
14-02-2008	A50	1989	890.825	133,9 - 133,1	133,5	133,4	DAB	0,56	
14-02-2008	A50	1989	890.825	136,1 - 134,8	135,8	135,7	DAB	0,54	
14-02-2008	A50	1989	841.335	136,1 - 134,8	135,2	135,1	DAB	0,54	
14-02-2008	A65	1989	614.201	11,2 - 9,8	10,9	10,8	DAB	0,57	
14-02-2008	A65	1989	614.201	11,2 - 9,8	10,6	10,5	DAB	0,57	
14-02-2008	A65	1989	614.201	11,2 - 9,8	10,4	10,3	DAB	0,57	
14-02-2008	A65	1989	614.201	11,2 - 9,8	10,3	10,2	DAB	0,56	
14-02-2008	A65	1989	614.201	11,2 - 9,8	10,2	10,1	DAB	0,57	
14-02-2008	A65	1989	614.201	13,1 - 12,3	12,8	12,7	DAB	0,56	
14-02-2008	A65	1989	614.201	13,1 - 12,3	12,7	12,6	DAB	0,55	
14-02-2008	A65	1989	614.201	10,6 - 11,3	10,9	11,0	DAB	0,57	Geen vluchtstrook
04-03-2008	A15	2005		92,9 - 94,5	93,2	93,3	ZOAB	0,50	
04-03-2008	A15	2005		92,9 - 94,5	94,1	94,2	ZOAB	0,35	
04-03-2008	A15	2007		117,6 - 118,6	117,9	118,0	ZOAB	0,46	
04-03-2008	A15	2007		117,6 - 118,6	118,0	118,1	ZOAB	0,46	
04-03-2008	A15	2007		117,6 - 118,6	118,2	118,3	ZOAB	0,46	
04-03-2008	A15	2001		97,9 - 97,1	97,6	97,5	ZOAB	0,47	las
04-03-2008	A15	2001		97,9 - 97,1	97,5	97,4	ZOAB	0,47	
04-03-2008	A15	2003		84,6 - 83,7	84,3	84,2	ZOAB	0,48	Las
04-03-2008	A15	2003		84,6 - 83,7	84,2	84,1	ZOAB	0,47	
04-03-2008	A15	2003		84,6 - 83,7	84,1	84,0	ZOAB	0,48	Las
04-03-2008	A15	2003		76,1 - 74,8	75,8	75,7	ZOAB	0,47	
04-03-2008	A15	2003		76,1 - 74,8	75,7	75,6	ZOAB	0,48	
04-03-2008	A15	2003		76,1 - 74,8	75,3	75,2	ZOAB	0,46	
04-03-2008	A15	2003	93.000	76,1 - 74,8	75,2	75,1	ZOAB	0,46	
04-03-2008	A16	2004		32,1 - 32,8	32,4	32,5	ZOAB	0,48	
04-03-2008	A16	2005	121.000	39,2 - 41,2	39,6	39,7	ZOAB	0,44	
04-03-2008	A16	1993		44,6 - 43,9	44,3	44,2	ZOAB	0,47	
04-03-2008	A16	2005		42,9 - 42,3	42,6	42,5	ZOAB	0,47	
04-03-2008	A16	2005		42,9 - 42,3	42,5	42,4	ZOAB	0,47	
04-03-2008	A16	2005		39,8 - 39,10	39,5	39,4	ZOAB	0,47	39,46 voeg, 39,47 voeg
04-03-2008	A16	2005		40,6 - 39,9	40,3	40,2	ZOAB	0,46	
04-03-2008	A16	2005		37,2 - 36,4	36,9	36,8	ZOAB	0,48	
04-03-2008	A16	2005		37,2 - 36,4	36,8	36,7	ZOAB	0,49	
04-03-2008	A27	2002	80.000	44,2 - 43,5	43,9	43,8	ZOAB	0,44	

¹⁾ Schatting van het cumulatieve aantal motorvoertuigen per dag

Bijlage 3

Statistische analyse, hypothese 2

Statistische analyse, hypothese 2

Hypothese 2:

Wanneer de resultaten van de Wehner/Schulzeproef gesorteerd worden op toenemende PWS-waarde, dan zal er een logische volgorde ontstaan in de kernen uit goede en slechte asfaltvakken.

Op de volgende bladzijden worden voor de vakken met een GDV van minimaal 20.000 voertuigen de statistische analyses ten aanzien van deze hypothese gepresenteerd:

bladzijde	onderzoek
61	PWS[0]
62	PWS[1]
63	PWS[4]
64	PWS[0] – PWS[1]
65	PWS[2] – PWS[3]
66	PWS[2] – PWS[4]
67	PWS[3] – PWS[4]

Bij deze analyses is het resultaat van kern V45 niet meegenomen, aangezien deze als een uitbijter wordt beschouwd. De analyse van het resultaat van PWS[3] is vermeld in paragraaf 2.6 van dit rapport. Voor de vakken met een GDV tussen de 10.000 en 20.000 voertuigen is uitsluitend het resultaat van PWS[3] geanalyseerd. Deze analyse is weergegeven in paragraaf 2.6 van dit rapport.

Statistische analyse, hypothese 2

1. ZOAB, rechter rijstrook

vak	WS[0]	aantal	DTV	0,0011810 MS 9 df
SZ-A27-43.9-43.8	0,2880	2	80.000	0,0344 sr
SZ-A16-39.6-39.7	0,3080	3	121.000	3 n1
GZ-A12-64.2-64.3	0,3107	3	109.000	3 n2
SZ-A15-75.2-75.1	0,3250	3	93.000	0,0281 sed(n1,n2)
GZ-A2-70.4-70.5	0,3807	3	117.000	0,0635 LSD

Conclusies:

er is geen logische ordening in slechte en goede vakken
veel vakken zijn niet onderling significant verschillend

2. ZOAB, vluchtstrook

vak	WS[0]	aantal	DTV	0,0001095 MS 3 df
SZ-A15-75.2-75.1	0,4110	1	93.000	0,0105 sr
GZ-A12-64.2-64.3	0,4435	2	109.000	2 n1
SZ-A27-43.9-43.8	0,4480	3	80.000	3 n2
				0,0096 sed(n1,n2)
				0,0304 LSD

Conclusies:

er is geen logische ordening in slechte en goede vakken
alle vakken zijn paarsgewijs niet onderling significant verschillend

3. DAB, rechter rijstrook

vak	WS[0]	aantal	DTV	0,0003244 MS 10 df
SD-A15-59.4-59.5	0,3517	3	204.000	0,0180 sr
GD-A2-214.3-214.	0,3673	3	64.000	3 n1
SD-A15-101.3-101	0,3787	3	81.000	3 n2
GD-A79-3.4-3.3	0,4030	3	36.000	0,0147 sed(n1,n2)
GD-A28-1.2-1.3	0,4420	3	117.000	0,0328 LSD

Conclusies:

er is geen logische ordening in slechte en goede vakken
de meeste vakken zijn niet onderling significant verschillend

4. DAB, vluchtstrook

vak	WS[0]	aantal	DTV	0,0002794 MS 9 df
GD-A79-3.4-3.3	0,4797	3	36.000	0,0167 sr
GD-A2-214.3-214.	0,4877	3	64.000	3 n1
SD-A15-59.4-59.5	0,5125	2	204.000	3 n2
SD-A15-101.3-101	0,5410	3	81.000	0,0136 sed(n1,n2)
GD-A28-1.2-1.3	0,5947	3	117.000	0,0309 LSD

Conclusies:

er is geen logische ordening in slechte en goede vakken
combinaties van vakken zijn niet onderling significant verschillend

Statistische analyse, hypothese 2

1. ZOAB, rechter rijstrook

vak	WS[1]	aantal	DTV	0,0013350 MS 9 df
SZ-A27-43.9-43.8	0,2940	2	80.000	0,0365 sr
SZ-A16-39.6-39.7	0,3063	3	121.000	3 n1
GZ-A12-64.2-64.3	0,3287	3	109.000	3 n2
SZ-A15-75.2-75.1	0,3307	3	93.000	0,0298 sed(n1,n2)
GZ-A2-70.4-70.5	0,3993	3	117.000	0,0675 LSD

Conclusies:

er is geen logische ordening in slechte en goede vakken
veel vakken zijn niet onderling significant verschillend

2. ZOAB, vluchtstrook

vak	WS[1]	aantal	DTV	0,0003065 MS 10 df
SZ-A15-75.2-75.1	0,3420	3	93.000	0,0175 sr
SZ-A16-39.6-39.7	0,3550	3	121.000	3 n1
SZ-A27-43.9-43.8	0,3813	3	80.000	3 n2
GZ-A12-64.2-64.3	0,4120	3	109.000	0,0143 sed(n1,n2)
GZ-A2-70.4-70.5	0,4300	3	117.000	0,0319 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
vakken zijn paarsgewijs niet onderling significant verschillend

3. DAB, rechter rijstrook

vak	WS[1]	aantal	DTV	0,0002523 MS 10 df
SD-A15-59.4-59.5	0,3160	3	204.000	0,0159 sr
GD-A2-214.3-214.	0,3300	3	64.000	3 n1
GD-A79-3.4-3.3	0,3453	3	36.000	3 n2
SD-A15-101.3-101	0,3503	3	81.000	0,0130 sed(n1,n2)
GD-A28-1.2-1.3	0,3580	3	117.000	0,0289 LSD

Conclusies:

er is geen logische ordening in slechte en goede vakken
de meeste vakken zijn niet onderling significant verschillend

4. DAB, vluchtstrook

vak	WS[1]	aantal	DTV	0,0003931 MS 9 df
GD-A79-3.4-3.3	0,3880	3	36.000	0,0198 sr
SD-A15-59.4-59.5	0,3955	2	204.000	3 n1
SD-A15-101.3-101	0,4223	3	81.000	3 n2
GD-A2-214.3-214.	0,4250	3	64.000	0,0162 sed(n1,n2)
GD-A28-1.2-1.3	0,4633	3	117.000	0,0366 LSD

Conclusies:

er is geen logische ordening in slechte en goede vakken
de meeste vakken zijn niet onderling significant verschillend

Statistische analyse, hypothese 2

1. ZOAB, rechter rijstrook

vak	WS[4]	aantal	DTV	0,0003689 MS 9 df
SZ-A27-43.9-43.8	0,2500	2	80.000	0,0192 sr
SZ-A16-39.6-39.7	0,2607	3	121.000	3 n1
SZ-A15-75.2-75.1	0,3070	3	93.000	3 n2
GZ-A12-64.2-64.3	0,3303	3	109.000	0,0157 sed(n1,n2)
GZ-A2-70.4-70.5	0,3407	3	117.000	0,0355 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
veel vakken zijn niet onderling significant verschillend

2. ZOAB, vluchtstrook

vak	WS[4]	aantal	DTV	0,0001532 MS 10 df
SZ-A16-39.6-39.7	0,2757	3	121.000	0,0124 sr
SZ-A15-75.2-75.1	0,3010	3	93.000	3 n1
SZ-A27-43.9-43.8	0,3030	3	80.000	3 n2
GZ-A2-70.4-70.5	0,3487	3	117.000	0,0101 sed(n1,n2)
GZ-A12-64.2-64.3	0,3577	3	109.000	0,0225 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
enkele vakken zijn paarsgewijs niet onderling significant verschillend

3. DAB, rechter rijstrook

vak	WS[4]	aantal	DTV	0,0001674 MS 10 df
SD-A15-59.4-59.5	0,2790	3	204.000	0,0129 sr
SD-A15-101.3-101	0,2847	3	81.000	3 n1
GD-A28-1.2-1.3	0,2933	3	117.000	3 n2
GD-A2-214.3-214.	0,2983	3	64.000	0,0106 sed(n1,n2)
GD-A79-3.4-3.3	0,3110	3	36.000	0,0235 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
de meeste vakken zijn niet onderling significant verschillend

4. DAB, vluchtstrook

vak	WS[4]	aantal	DTV	0,0001489 MS 9 df
SD-A15-101.3-101	0,3093	3	81.000	0,0122 sr
SD-A15-59.4-59.5	0,3255	2	204.000	3 n1
GD-A28-1.2-1.3	0,3270	3	117.000	3 n2
GD-A79-3.4-3.3	0,3340	3	36.000	0,0100 sed(n1,n2)
GD-A2-214.3-214.	0,3417	3	64.000	0,0225 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
de meeste vakken zijn niet onderling significant verschillend

Statistische analyse, hypothese 2

1. ZOAB, rechter rijstrook

vak	WS[0]-WS[1]	aantal	DTV	MS
GZ-A2-70.4-70.5	-0,0187	3	117.000	0,0001858 MS 9 df
GZ-A12-64.2-64.3	-0,0180	3	109.000	0,0136 sr 3 n1
SZ-A27-43.9-43.8	-0,0060	2	80.000	3 n2
SZ-A15-75.2-75.1	-0,0057	3	93.000	0,0111 sed(n1,n2)
SZ-A16-39.6-39.7	0,0017	3	121.000	0,0252 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
alle vakken zijn niet onderling significant verschillend

2. ZOAB, vluchtstrook

vak	WS[0]-WS[1]	aantal	DTV	MS
GZ-A12-64.2-64.3	0,0235	2	109.000	0,0000737 MS 3 df
SZ-A15-75.2-75.1	0,0450	1	93.000	0,0086 sr 3 n1
SZ-A27-43.9-43.8	0,0667	3	80.000	1 n2 0,0099 sed(n1,n2) 0,0316 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
vakken zijn paarsgewijs niet onderling significant verschillend

3. DAB, rechter rijstrook

vak	WS[0]-WS[1]	aantal	DTV	MS
SD-A15-101.3-101	0,0283	3	81.000	0,0001615 MS 10 df
SD-A15-59.4-59.5	0,0357	3	204.000	0,0127 sr 3 n1
GD-A2-214.3-214.	0,0373	3	64.000	3 n2
GD-A79-3.4-3.3	0,0577	3	36.000	0,0104 sed(n1,n2)
GD-A28-1.2-1.3	0,0840	3	117.000	0,0231 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
de meeste vakken zijn niet onderling significant verschillend

4. DAB, vluchtstrook

vak	WS[0]-WS[1]	aantal	DTV	MS
GD-A2-214.3-214.	0,0627	3	64.000	0,0002670 MS 9 df
GD-A79-3.4-3.3	0,0917	3	36.000	0,0163 sr 3 n1
SD-A15-59.4-59.5	0,1170	2	204.000	3 n2
SD-A15-101.3-101	0,1187	3	81.000	0,0133 sed(n1,n2)
GD-A28-1.2-1.3	0,1313	3	117.000	0,0302 LSD

Conclusies:

er is geen logische ordening in slechte en goede vakken
veel vakken zijn niet onderling significant verschillend

Statistische analyse, hypothese 2

1. ZOAB, rechter rijstrook

vak	WS[2]-WS[3]	aantal	DTV	MS	df
GZ-A12-64.2-64.3	0,1087	3	109.000	0,0003678	9
SZ-A27-43.9-43.8	0,1170	2	80.000	0,0192	sr
GZ-A2-70.4-70.5	0,1303	3	117.000		3 n1
SZ-A15-75.2-75.1	0,1330	3	93.000	0,0157	sed(n1,n2)
SZ-A16-39.6-39.7	0,1593	3	121.000	0,0354	LSD

Conclusies:

er is geen logische ordening in slechte en goede vakken
veel vakken zijn niet onderling significant verschillend

2. ZOAB, vluchtstrook

vak	WS[2]-WS[3]	aantal	DTV	MS	df
GZ-A12-64.2-64.3	0,1163	3	109.000	0,0001737	10
GZ-A2-70.4-70.5	0,1293	3	117.000	0,0132	sr
SZ-A15-75.2-75.1	0,1533	3	93.000		3 n1
SZ-A27-43.9-43.8	0,1627	3	80.000	0,0108	sed(n1,n2)
SZ-A16-39.6-39.7	0,1777	3	121.000	0,0240	LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
vakken zijn paarsgewijs niet onderling significant verschillend

3. DAB, rechter rijstrook

vak	WS[2]-WS[3]	aantal	DTV	MS	df
SD-A15-59.4-59.5	0,1677	3	204.000	0,0008671	10
SD-A15-101.3-101	0,1807	3	81.000	0,0294	sr
GD-A2-214.3-214.	0,1927	3	64.000		3 n1
GD-A79-3.4-3.3	0,1927	3	36.000	0,0240	sed(n1,n2)
GD-A28-1.2-1.3	0,1947	3	117.000	0,0536	LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
alle vakken zijn niet onderling significant verschillend

4. DAB, vluchtstrook

vak	WS[2]-WS[3]	aantal	DTV	MS	df
SD-A15-59.4-59.5	0,1160	2	204.000	0,0033570	9
SD-A15-101.3-101	0,1770	2	81.000	0,0579	sr
GD-A2-214.3-214.	0,2030	3	64.000		3 n1
GD-A79-3.4-3.3	0,2093	3	36.000	0,0473	sed(n1,n2)
GD-A28-1.2-1.3	0,2113	3	117.000	0,1070	LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
alle vakken zijn niet onderling significant verschillend

Statistische analyse, hypothese 2

1. ZOAB, rechter rijstrook

vak	WS[2]-WS[4]	aantal	DTV	0,0003595 MS 9 df
SZ-A27-43.9-43.8	0,1440	2	80.000	0,0190 sr
GZ-A12-64.2-64.3	0,1487	3	109.000	3 n1
GZ-A2-70.4-70.5	0,1630	3	117.000	3 n2
SZ-A15-75.2-75.1	0,1670	3	93.000	0,0155 sed(n1,n2)
SZ-A16-39.6-39.7	0,1927	3	121.000	0,0350 LSD

Conclusies:

er is geen logische ordening in slechte en goede vakken
veel vakken zijn niet onderling significant verschillend

2. ZOAB, vluchtstrook

vak	WS[2]-WS[4]	aantal	DTV	0,0001530 MS 10 df
GZ-A12-64.2-64.3	0,1617	3	109.000	0,0124 sr
GZ-A2-70.4-70.5	0,1710	3	117.000	3 n1
SZ-A15-75.2-75.1	0,1843	3	93.000	3 n2
SZ-A27-43.9-43.8	0,2003	3	80.000	0,0101 sed(n1,n2)
SZ-A16-39.6-39.7	0,2170	3	121.000	0,0225 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
vakken zijn paarsgewijs niet onderling significant verschillend

3. DAB, rechter rijstrook

vak	WS[2]-WS[4]	aantal	DTV	0,0008618 MS 10 df
SD-A15-59.4-59.5	0,1940	3	204.000	0,0294 sr
SD-A15-101.3-101	0,2093	3	81.000	3 n1
GD-A2-214.3-214.	0,2217	3	64.000	3 n2
GD-A79-3.4-3.3	0,2217	3	36.000	0,0240 sed(n1,n2)
GD-A28-1.2-1.3	0,2240	3	117.000	0,0534 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
alle vakken zijn niet onderling significant verschillend

4. DAB, vluchtstrook

vak	WS[2]-WS[4]	aantal	DTV	0,0035560 MS 9 df
SD-A15-59.4-59.5	0,1465	2	204.000	0,0596 sr
SD-A15-101.3-101	0,2047	3	81.000	3 n1
GD-A2-214.3-214.	0,2407	3	64.000	3 n2
GD-A79-3.4-3.3	0,2420	3	36.000	0,0487 sed(n1,n2)
GD-A28-1.2-1.3	0,2493	3	117.000	0,1101 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
alle vakken zijn niet onderling significant verschillend

Statistische analyse, hypothese 2

1. ZOAB, rechter rijstrook

vak	WS[3]-WS[4]	aantal	DTV	0,0000164 MS
SZ-A27-43.9-43.8	0,0270	2	80.000	9 df
GZ-A2-70.4-70.5	0,0327	3	117.000	0,0040 sr
SZ-A16-39.6-39.7	0,0333	3	121.000	3 n1
SZ-A15-75.2-75.1	0,0340	3	93.000	3 n2
GZ-A12-64.2-64.3	0,0400	3	109.000	0,0033 sed(n1,n2)
				0,0075 LSD

Conclusies:

er is geen logische ordening in slechte en goede vakken
veel vakken zijn niet onderling significant verschillend

2. ZOAB, vluchtstrook

vak	WS[3]-WS[4]	aantal	DTV	0,0000291 MS
SZ-A15-75.2-75.1	0,0310	3	93.000	10 df
SZ-A27-43.9-43.8	0,0377	3	80.000	0,0054 sr
SZ-A16-39.6-39.7	0,0393	3	121.000	3 n1
GZ-A2-70.4-70.5	0,0417	3	117.000	3 n2
GZ-A12-64.2-64.3	0,0453	3	109.000	0,0044 sed(n1,n2)
				0,0098 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
veel vakken niet onderling significant verschillend

3. DAB, rechter rijstrook

vak	WS[3]-WS[4]	aantal	DTV	0,0000178 MS
SD-A15-59.4-59.5	0,0263	3	204.000	10 df
SD-A15-101.3-101	0,0287	3	81.000	0,0042 sr
GD-A2-214.3-214.	0,0290	3	64.000	3 n1
GD-A79-3.4-3.3	0,0290	3	36.000	3 n2
GD-A28-1.2-1.3	0,0293	3	117.000	0,0034 sed(n1,n2)
				0,0077 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
alle vakken zijn niet onderling significant verschillend

4. DAB, vluchtstrook

vak	WS[3]-WS[4]	aantal	DTV	0,0000249 MS
SD-A15-101.3-101	0,0277	3	81.000	9 df
SD-A15-59.4-59.5	0,0305	2	204.000	0,0050 sr
GD-A79-3.4-3.3	0,0327	3	36.000	3 n1
GD-A2-214.3-214.	0,0377	3	64.000	3 n2
GD-A28-1.2-1.3	0,0380	3	117.000	0,0041 sed(n1,n2)
				0,0092 LSD

Conclusies:

er is een logische ordening in slechte en goede vakken
veel vakken zijn niet onderling significant verschillend

Bijlage 4

Statistische analyse, hypothese 3

Statistische analyse, hypothese 3

Hypothese 3:

Voor wegvakken met een gemiddelde dagelijkse verkeersintensiteit van minimaal 20.000 voertuigen geldt dat de PWS-waarde van een in de vluchtstrook genomen asfaltmengsel (dat bij dit onderzoek representatief wordt geacht voor een in het laboratorium vervaardigd proefstuk) een onderscheid kan maken tussen goede en slechte wegvakken. Deze kwalificatie in goede en slechte wegvakken is gebaseerd op de voorspelling van de initiële levensduur van het mengsel met behulp van het stroefheidvoorspellende model.

In de onderstaande tabel is in de voorlaatste kolom de kwalificatie van het wegvak (1 = goed en 0 is slecht) weergegeven.

WS-waarden per kern op de Vluchtstrook

geel = uitbijter verwijderd

vakcode	vaknr	type	kwat	kern	WS3	WS4	WS01	WS23	WS24	WS34	WS1	levensduur	
SZ-A15-75.2-75.1	1	Z	S	7	0,350	0,308	0,045	0,143	0,185		0,366	0	19,35
SZ-A15-75.2-75.1	1	Z	S	9	0,316	0,288		0,162	0,190	0,028	0,326	0	19,35
SZ-A15-75.2-75.1	1	Z	S	11	0,330	0,307		0,155	0,178	0,023	0,334	0	19,35
SZ-A16-39.6-39.7	2	Z	S	19	0,315	0,276		0,186	0,225	0,039	0,373	0	2,77
SZ-A16-39.6-39.7	2	Z	S	21	0,338	0,293		0,164	0,209	0,045	0,362	0	2,77
SZ-A16-39.6-39.7	2	Z	S	23	0,292	0,258		0,183	0,217	0,034	0,330	0	2,77
GZ-A4-106.7-106.8	3	Z	G	31	0,312	0,281		0,139	0,170	0,031	0,350	1	20,00
GZ-A4-106.7-106.8	3	Z	G	33	0,321	0,285		0,149	0,185	0,036	0,344	1	20,00
GZ-A4-106.7-106.8	3	Z	G	35	0,311	0,284		0,139	0,166	0,027	0,330	1	20,00
SZ-A15-29-29.1	5	Z	S	55	0,322	0,294		0,174	0,202	0,028	0,369	0	9,81
SZ-A15-29-29.1	5	Z	S	57	0,327	0,296		0,165	0,196	0,031	0,394	0	9,81
SZ-A15-29-29.1	5	Z	S	59	0,312	0,290		0,159	0,181	0,022	0,379	0	9,81
GZ-A2-70.4-70.5	7	Z	G	79	0,381	0,341		0,132	0,172	0,040	0,445	1	20,00
GZ-A2-70.4-70.5	7	Z	G	81	0,403	0,364		0,120	0,159	0,039	0,433	1	20,00
GZ-A2-70.4-70.5	7	Z	G	83	0,387	0,341		0,136	0,182	0,046	0,412	1	20,00
GZ-A12-64.2-64.3	8	Z	G	91	0,407	0,361	0,031	0,109	0,155	0,046	0,420	1	20,00
GZ-A12-64.2-64.3	8	Z	G	93	0,408	0,364	0,016	0,120	0,164	0,044	0,420	1	20,00
GZ-A12-64.2-64.3	8	Z	G	95	0,394	0,348		0,120	0,166	0,046	0,396	1	20,00
SZ-A27-43.9-43.8	13	Z	S	151	0,333	0,295	0,061			0,038	0,393	0	3,70
SZ-A27-43.9-43.8	13	Z	S	153	0,337	0,301	0,064	0,181	0,217	0,036	0,372	0	3,70
SZ-A27-43.9-43.8	13	Z	S	155	0,352	0,313	0,075	0,170	0,209	0,039	0,379	0	3,70

vakcode	vaknr	type	kwat	kern	WS3	WS4	WS01	WS23	WS24	WS34	WS1	levensduur	
SD-A15-59.4-59.5	4	D	S	43	0,358	0,328	0,111			0,030	0,405	0	1,73
SD-A15-59.4-59.5	4	D	S	45			0,131	0,183	0,227	0,044	0,437	0	1,73
SD-A15-59.4-59.5	4	D	S	47	0,354	0,323	0,123	0,223	0,254	0,031	0,386	0	1,73
GD-A28-1.2-1.3	9	D	G	103	0,355	0,312	0,112	0,227	0,270	0,043	0,468	1	20,00
GD-A28-1.2-1.3	9	D	G	105	0,367	0,328		0,231	0,270	0,039	0,436	1	20,00
GD-A28-1.2-1.3	9	D	G	107	0,373	0,341	0,121	0,176	0,208	0,032	0,486	1	20,00
GD-A2-214.3-214.4	10	D	G	115	0,384	0,343	0,084	0,198	0,239	0,041	0,424	1	20,00
GD-A2-214.3-214.4	10	D	G	117	0,370	0,330	0,055	0,215	0,255	0,040	0,428	1	20,00
GD-A2-214.3-214.4	10	D	G	119	0,384	0,352	0,049	0,196	0,228	0,032	0,423	1	20,00
GD-A79-3.4-3.3	12	D	G	139	0,373	0,334	0,083	0,220	0,259	0,039	0,424	1	20,00
GD-A79-3.4-3.3	12	D	G	141	0,342	0,316	0,094	0,223	0,249	0,026	0,377	1	20,00
GD-A79-3.4-3.3	12	D	G	143	0,385	0,352	0,098	0,185	0,218	0,033	0,363	1	20,00
SD-A15-101.3-101.2	14	D	S	163	0,333	0,307	0,117	0,166	0,192	0,026	0,423	0	5,74
SD-A15-101.3-101.2	14	D	S	165	0,344	0,312	0,128	0,228	0,260	0,032	0,425	0	5,74
SD-A15-101.3-101.2	14	D	S	167	0,334	0,309	0,111	0,137	0,162	0,025	0,419	0	5,74

Legenda:

- vakcode = codering van het vak: kwaliteit, type, weg, hectometrering
- vaknr = volgnummer, uitgegeven door KOAC.NPC tijdens de metingen
- type = type asfalt: Z = ZOAB, D = DAB
- kwat = kwaliteit van het vak: S = slecht, G = goed
- kern = nummer van de uit het vak geboorde kern(en)
- WS.. = belastingstap in de Wehner/Schulzproef, bijv. WS23 = PWS[2]-PWS[3]
- Levensduur = met het model berekende initiële levensduur van het vak, waarbij 20,00 staat voor een levensduur van ten minste 20 jaar.

Bijlage 5

Statistische analyse, hypothese 6

Bijlage 6

PrEN 12697-49:2010

Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 49: Determination of the laboratory skid resistance after polishing (Wehner- Schulze-Apparatus)

*Einführendes Element Asphalt — — Prüfverfahren für Heißasphalt — Teil 49: Teil 49: Messung in Labor der
Griffigkeit nach Polierung*

*Mélanges bitumineux — Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud — Partie 49 : Détermination
de l'adhérence en laboratoire après polissage (Appareil Wehner & Schulze)*

ICS:

Descriptors:

Document type: European Standard

Document subtype:

Document stage: Working Document

Document language: E

Contents	Page
1. Scope	79
2. Normative references	80
3. Terms and definitions.....	81
4. Principle.....	82
5. Equipment	83
5.1 <i>Test device</i>	83
5.1.1. Polishing device	83
5.1.2. Skid resistance measuring device	84
5.2 <i>Glass-plate</i>	86
5.3 <i>Sand-blasting-equipment</i>	86
6. Other materials.....	87
6.1 <i>Quartz-Filler</i>	87
6.2 <i>Water quartz mixture</i>	87
6.3 <i>Corundum</i>	87
7. Test method	88
7.1 <i>Preparation of the specimens</i>	88
7.1.1. Specimens prepared in the laboratory	88
7.1.2. Specimens taken from the site	88
7.2 <i>Polishing procedure</i>	88
7.3 <i>Laboratory skid resistance measurement</i>	89
7.3.1. Pre-test check of the measurement device	89
7.3.2. Skid resistance test	89
8. Calculation and expression of the results.....	90
8.1 <i>Friction force and friction coefficient</i>	90
8.2 <i>Laboratory skid resistance</i>	90
9. Test report	91
10. Precision.....	92

Annex A Example of polishing head and skid resistance measuring device 94

Foreword

This document (prEN 12697-49:2010) has been prepared by Technical Committee CEN/TC 227 “Road materials”, the secretariat of which is held by DIN.

This document is a working document.

This European Standard shall be given the status of a national standard, either by publication of an identical text or by endorsement, at the latest by **Month Year**, and conflicting national standards shall be withdrawn at the latest by **Month Year**.

This European Standard is one of a series of standards as listed below:

- EN 12697-1, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 1: Soluble binder content*
- EN 12697-2, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 2: Particle size distribution*
- EN 12697-3, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 3: Binder recovery: Rotary evaporator*
- EN 12697-4, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 4: Binder recovery: Fractionating column*
- EN 12697-5, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 5: Determination of the maximum density*
- EN 12697-6, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 6: Determination of bulk density of bituminous specimen by hydro-static method*
- EN 12697-7, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 7: Determination of bulk density of bituminous specimens by gamma rays*
- EN 12697-8, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 8: Determination of the air voids content of bituminous mixtures*
- EN 12697-9, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 9: Determination of the reference density, gyrator compactor*
- EN 12697-10, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 10: Compactibility*
- EN 12697-11, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 11: Determination of the affinity between aggregates and binders*
- EN 12697-12, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 12: Determination of the water sensitivity of specimen*
- EN 12697-13, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 13: Temperature measurement*
- EN 12697-14, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 14: Water content*
- EN 12697-15, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 15: Determination of the segregation sensitivity of bituminous mixtures*
- EN 12697-16, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 16: Abrasion by studded tyres*
- EN 12697-17, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 17: Particle loss of specimen*
- EN 12697-18, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 18: Binder drainage from porous asphalt*
- EN 12697-19, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 19: Permeability of specimen*
- EN 12697-20, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 20: Indentation using cube or Marshall specimen*
- EN 12697-21, *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 21: Indentation using plate*

specimen

EN 12697-22, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 22: Wheel tracking test
 EN 12697-23, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 23: Indirect tensile test
 EN 12697-24, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 24: Resistance to fatigue
 EN 12697-25, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 25: Dynamic creep test
 EN 12697-26, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 26: Stiffness
 EN 12697-27, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 27: Sampling
 EN 12697-28, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 28: Preparation of samples for

determining binder content, water content and grading

EN 12697-29, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 29: Determination of the dimensions of bituminous specimen

EN 12697-30, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 30: Preparation of specimen

by impact compactor

EN 12697-31, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 31: Specimen preparation,

gyratory compactor

EN 12697-32, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 32: Laboratory compaction of

bituminous mixtures by a vibratory compactor

EN 12697-33, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 33: Specimen preparation,

slab compactor

EN 12697-34, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 34: Marshall test

EN 12697-35, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 35: Laboratory mixing

EN 12697-36, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 36: Method for the determination of the thickness of a bituminous pavement

EN 12697-37, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 37: Hot sand test for the adhesivity of binder on pre-coated chippings for hot rolled asphalt

EN 12697-38, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 38: Common equipment and

calibration

EN 12697-39, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 39: Binder content by ignition

EN 12697-40, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 40: In-situ drainability of porous asphalt

EN 12697-41, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 41: Resistance to de-icing fluids

EN 12697-42, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 42: Amount of foreign matter

in reclaimed asphalt

EN 12697-43, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 43: Resistance to fuel

prEN 12697-44, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 44: Crack propagation by

semi-circular bending test

prEN 12697-45, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 45: Saturation ageing tensile

stiffness (SATS) conditioning test

prEN 12697-46, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 46: Low temperature cracking and properties

prEN 12697-47, *Bituminous mixtures* — Test methods for hot mix asphalt — Part 47: Determination of the ash content of Lake Asphalt

No existing European Standard is superseded.

According to the CEN/CENELEC Internal Regulations, the national standards organisations of the following countries are bound to implement this European Standard: Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania,

Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

1. Scope

This European Standard describes a test method to determine the Polishing Degree (μ_{PWS}) and the Laboratory Skid Resistance μ_m at 60 km/h of surfaces. The test applies on surfaces of bituminous mixtures samples. The samples used are either produced in a laboratory or are cores taken from the site. This procedure is known as Wehner & Schulze method.

2. Normative references

This European Standard incorporates by dated or undated reference, provisions from other publications. These normative references are cited at the appropriate places in the text and the publications are listed hereafter. For dated references, subsequent amendments to or revisions of any of these publications apply to this European Standard only when incorporated in it by amendment or revision. For undated references the latest edition of the publication referred to applies (including amendments).

ISO 7619-1 *Rubber, vulcanised or thermoplastic- Determination of indentation hardness- part 1*

EN 12697-27 , *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 27: Sampling*

EN 12697-33 *Bituminous mixtures — Test methods for hot mix asphalt — Part 33: Specimen preparation, slab compactor*

3. Terms and definitions

For the purposes of this European Standard, the terms and definitions at the following apply:

μ_{PWS}	Single result of the Laboratory Skid Resistance measurement
μ_{m}	Friction coefficient at 60 km/h
μ_{km}	mean value of the control plate before and after the Laboratory Skid Resistance measurement
μ_{ref}	known value of the Laboratory Skid Resistance of the control plate
PWS	Laboratory Skid Resistance measurement : average of two or more single results μ_{PWS}
\emptyset	Diameter in mm

4. Principle

The sample is polished and the friction force is measured. The polishing station, which is continuously supplied with a mixture of water and quartz powder, contains three polishing rollers that can be lowered and that move across the test surface at a predefined slip and contact pressure.

A measuring head with three rubber pads rotates declutched while it is lowered onto the test surface and water is being added. The braking torque generated by the contact between the pads and the surface is continuously measured and recorded until the measuring head comes to a standstill. The Laboratory Skid Resistance is calculated from the friction torque measured at 60 km/h.

5. Equipment

5.1 Test device

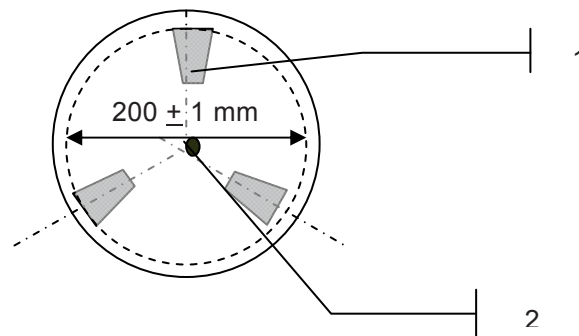
The test device consists in a part to polish the sample and a separate part to measure the polished surface for determining its laboratory skid resistance.

5.1.1. Polishing device

The Polishing device includes a polishing head with polishing rollers and a water-quartz mixture projection system:

a) Polishing head

- a polishing head equipped with three polishing rollers as indicated on figure 1, able to be lowered onto to test surface with loading force calibrated in static of 392 ± 3 N. The rotating head has to move down to the surface of the specimen during the polishing procedure and a rotation speed of (500 ± 5) r/min.



1 Polishing roller

2 Water quartz projection device

Figure 1 — Polishing head

- Polishing rollers

The rollers consist of a circular, cone-shaped metal carrier housing covered with an approximately 8,8 mm thick layer of rubber **at the start of the test**. Eight profile grooves with a depth of approximately 4,5 mm and a width of **approximately** 3,5 mm are cut into this rubber layer.

The external dimensions of the rollers are as follows:

- Diameter $D1$: (36 ± 1) mm and $D2$: (80 ± 1) mm
- Height H $(56,3 \pm 0,1)$ mm
- Shore hardness 65 ± 3 **according ISO 7619-1**

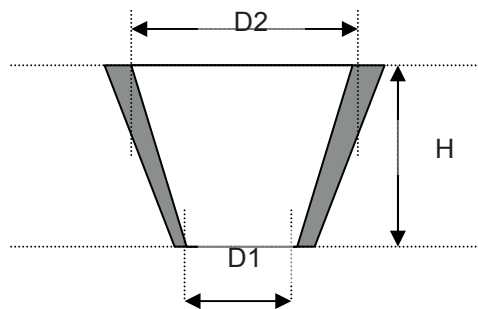


Figure 2 — Roller

The friction in the bearings of the polishing rollers should be checked.

Any polishing rollers not used should be packed in film and stored in a refrigerator.

When new polishing rollers have been fitted, they shall be conditioned using an (old) test sample and approximately 500 000 passes of the roller in the polishing unit. The polishing rollers will only stabilise once they have been subject to this load.

The roller linings shall be exchanged when they are worn, when they feel sticky, when they show strong signs of rubber wear or when dark traces of wear appear on the test surfaces

- At the bottom-plate a clamp which provides a proper fixation of the specimen with a diameter of at list 225 mm or parallelepiped samples with at least the following dimensions: 320 mm x 260 mm and a thickness of not more than 50 mm

b) Water-quartz-mixture projection device

The water-quartz-mixture projection device consists in:

- A bin with a stirrer to keep the water-quartz-mixture homogenous.
- A pump with a capacity of $(5,0 \pm 0,5)$ l/min to bring the water-quartz-mixture trough the centre of the polishing head to the surface of the specimen while the polishing action is going on.

5.1.2. Skid resistance measuring device

The Measuring device includes a declutching rotating head, as well with three static rubber-plates.

a) Rotating head

A rotating head equipped with 3 sliding blocks as indicated Figure 3, able to reach at least a rotation speed of 50 r/s and to apply a static force of (16400 ± 400) N. The inertia moment of the rotating head shall be $??,? \pm ?$ N.m

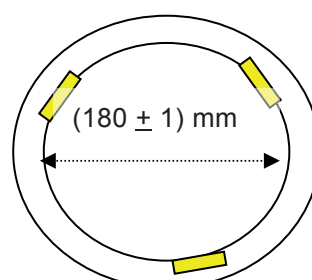


Figure 3 — Measuring head

b) Torque measuring system

The measuring head shall be equipped with a system able to measure the torque to ± 2 N.m during the breaking procedure.

c) Rotation speed measurement system

The measuring head shall be equipped with a system able to measure the speed of rotation to ± 2 r/s during the breaking procedure.

d) Sliding blocks for grip measuring

The sliding blocks consist of a ring segment-shaped metal carrier with a clamping device to which a rubber lining with a thickness between 2 mm and 5 mm has been applied.

The characteristics of a sliding block are as follows:

- Width ($14,5 \pm 0,1$)mm
- Average length ($30,0 \pm 0,1$) mm
- Shore hardness (65 ± 3) according ISO 7619-1
- Elasticity of the rubber (torque moment?)

The resilience and hardness of the slider rubber shall be verified using the criteria specified in Table 1. The certificate of conformity shall also state the date of manufacture.

Table 1 - Properties of the rubber of a sliding block

	Temperature				
	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C
Resilience (%) ^a	43 to 49	58 to 65	66 to 73	71 to 77	74 to 79
Hardness (IRHD) ^b	50 to 65	50 to 65	50 to 65	50 to 65	50 to 65
^a Lüpke rebound test in accordance with ISO 4662. ^b International rubber hardness in accordance with ISO 48.					

Verification is not necessary if the criteria are confirmed by a manufacturer's or supplier's certificate. If it is necessary to verify the resilience of the rubber, it should be noted that the Lüpke rebound test is not suitable for testing rubber sheet. The test specified in ISO 4662 is a suitable alternative. Store the sliding blocks and any sheet rubber in the dark at a temperature of (20 ± 5) °C. Record the date of first use of each sliding block.

If a sliding block is in use one year after the date of first use, either withdraw it from use or confirm that it continues to conform to the criteria specified in Table 1.

Shape of the rubber



Figure 4 — Sliding blocks

e) Water projection system

The skid resistance measuring device shall be equipped with a system able to spray water on the specimen during the breaking stage with a flow volume of (20 ± 2) l/min

5.2 Glass-plate

Glass control plate with a textured surface (ornamental wire glass 521 - 7 mm) with a known laboratory skid resistance μ_{ref} .

5.3 Sand-blasting-equipment

A sand blasting equipment for the preparation of the samples with a round nozzle of **approximately** 6,3 mm of diameter, able to blast corundum 0,5/1 mm with a compressed air at a pressure of $(6,0 \pm 0,3)$ bar.

The distance between the nozzle and the specimen shall be (70 ± 5) mm and the angle between the compressed air direction and the surface of the specimen shall be approximately 75° .

6. Other materials

6.1 Quartz-Filler

The type of the Quartz-Filler less than 0,063 mm is "Millisil W6" from Company "Quarzwerke Frechen".

6.2 Water quartz mixture

The water-quartz-flower mix consists of a mixture of quartz powder < 0,063 mm of the Millisil W6 type (from the Frechen quartz company) and water at a mixing ratio of (60 \pm 2) g quartz powder per litre of water.

6.3 Corundum

The sieve size of corundum shall be 0,5/1, complying with the grading specified in Table 2.

This shall be used only once.

Table 2- Grading requirements for corundum

Nominal width of sieve aperture mm	Total passing %
0,600	98 to 100
0,500	70 to 100
0,425	30 to 90
0,355	0 to 30
0,300	0 to 5

7. Test method

7.1 Preparation of the specimens

7.1.1. Specimens prepared in the laboratory

Asphalt test samples, produced in a laboratory, shall be prepared using a roller compactor in accordance with EN 12697-33. The test samples may either be used as plates or as a base for drill cores with a diameter \varnothing of about 225 mm or parallelepiped samples with the following approximate dimensions: 320 mm x 260 mm x 50 mm

The specimens shall be stored on a plane support at a temperature of $5\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$ during at least 60 min. The surface of the specimens shall be dried by blowing air over them.

Sandblast each of the surfaces with the sand blast system during 2 min to 4 min.

Sand blasting time shall be the same for all the specimens of the same series.

Any binder residue is then removed from the asphalt surface. Care shall be taken that the surface is evenly sand-blasted and that the blasting period is comparable for all specimens.

Store the specimens at room-temperature with the surface for testing on a plane glass-support with the surface for testing upwards.

7.1.2. Specimens taken from the site

Drill cores shall be removed according to EN 12697-27. The diameter of the drill cores shall be about 225 mm. When drilling and removing the drill cores from the drill hole, care shall be taken that the surface and especially the edges are not damaged, as any chipping can adversely affect the results.

The specimen upper 50 mm slide of the core shall be sawn to obtain an even thick specimen.

Drill cores taken from roads that have been subject to traffic for extended periods usually do not require preliminary treatment.

Store the specimen at room-temperature with the surface for testing on a plane glass-support with the surface for testing upwards.

7.2 Polishing procedure

The test sample is horizontally fastened in the clamping device of the polishing unit.

The polishing roller head and the clamping device shall be carefully cleaned to remove any quartz powder that may adhere to them. The roller bearings shall be checked for free movement and exchanged when movement becomes difficult or when there is friction in the bearings.

When new polishing rollers have been fitted, they shall be conditioned using an (old) test sample and approximately 500 000 passes of the roller in the polishing unit.

The roller linings shall be checked for strong wear and damage after each polishing process. The roller linings shall be exchanged when they are worn, when they feel sticky, when they show strong signs of rubber wear or when dark traces of wear appear on the test surfaces and at least after approximately 6 million passes of the roller.

The entire set of polishing rollers shall be exchanged at once.

The water/quartz powder mixture may be contaminated by the wearing of the surface and the rubber lining of the roller. The mixture shall be therefore be checked before testing and replaced if necessary and at least after every 5 samples.

The rotating head of the polishing device is lowered to the surface of the specimen with a load of $(392 \pm 3)\text{ N}$. Make the water-quartz-mixture projection device work. The maximum temperature of the water/quartz powder mixture shall be 25 °C and shall be regularly checked during the polishing process.

Start the polishing action with a velocity of $(500 \pm 10)\text{ r/min}$.

Stop the polishing action after 90 000, [135 000 other?] passes.

For other applications, the polishing procedure may be stopped at 4 500, 7 500, 15 000, 22 500, 30 000, 45 000, 135 000, 180 000, 225 000 and 270 000 passes and the procedure described in 7.3.2 should be applied after each stop. It has to be mentioned in the test report.

Clean the rubber-rollers and the specimen. Bring all the quartz sediments back to the bin with the water-quartz mix.

Each time a specimen has been polished, add about 70 g of quartz-filler into the bin.

7.3 Laboratory skid resistance measurement

7.3.1. Pre-test check of the measurement device

The rubber linings shall be checked for possible damage before starting the test.

If the surface of the rubber lining is worn or deformed (air bubbles, formation of points as a result of friction heat), the sliding blocks shall be exchanged. The set of sliding blocks shall be replaced when the rubber lining is 2 mm thick or less. The entire set of rubber linings shall be exchanged at once

The wearing of the sliding blocks depends on the type of test surface (asphalt, concrete). A separate set of sliding blocks should therefore be used for each type of test surface.

The surface to be tested for skid resistance shall be free from polishing agent residues and wear debris before measuring.

Before starting the test, the function of the measuring device shall be tested, using a control plate with a known skid resistance. The measuring result on the control plate shall not deviate from more than 10 %.

7.3.2. Skid resistance test

The surface to be tested shall be free of polishing agent residues and wear debris

The sliding blocks are first accelerated to a rotation speed of at least 100 km/h while still running freely.

The water projection device shall be working with a water temperature within 8°C and 16°C during the braking stage.

The measuring head is lowered to apply a static force of (16400 ± 400) N onto the surface and left there until they have come to a complete stop.

The friction torque is recorded to ± 2 N.m over the entire speed range until the blocks have come to a complete stop.

The control plate shall be tested. The measuring result on the control plate shall not deviate from more than 10 % in comparison with the initial measurement. At least two surfaces shall be tested.

8. Calculation and expression of the results

8.1 Friction force and friction coefficient

The friction force is calculated from the torque measurements and the friction coefficient is calculated by the ratio of the friction force to the vertical load.

A graph of the friction coefficient is fitted on the measured points by a n^{th} order polynomial fitting.

The mean value of the friction coefficient of the fitted graphs at 60 km/h shall be taken as the measuring result μ_m .

The measuring results obtained from the control plate before and after the friction measurement shall be averaged μ_{km} .

8.2 Laboratory skid resistance

The Laboratory skid resistance μ_{PWS} for the sample, corresponding to a control surface with a grip value of μ_{ref} , results in the following:

$$\mu_{PWS} = \mu_m - \mu_{km} + \mu_{ref}$$

The test result PWS is the average calculated from at least two individual measurements. If the difference between two individual results is greater than 0,03, the test is invalid and an additional sample shall be tested. This additional result shall be averaged with the closer initial result. The result PWS is given to an accuracy of two digits after the comma.

9. Test report

With reference to this European Standard, the test report shall include the following information:

- a) name and address of the testing laboratory;
- b) a unique serial number for the test report;
- c) name of the client;
- d) description and an identification of the sample, and the date of receipt;
- e) results of **pre-test check** of the measuring device with a glass-plate μ_{km} , μ_{ref} ;
- f) single results of the specimens μ_{PWS} and the mean value PWS
- g) the numbers of the rubber-sliders;
- h) the date and time of the test;
- i) signature of the person accepting technical responsibility for the test report;
- j) that the test has been carried out according to this method.

10. Precision

Table 3— Precision data

Number of observations (n)	Probability limits ($\mu \pm \rho_r$)	Appropriate range (d_r)
1	$\mu \pm 0,031$	---
2	$\mu \pm 0,022$	0,044
3	$\mu \pm 0,018$	0,053
4	$\mu \pm 0,016$	0,058

μ = Mean value of the measured values

ρ_r = Standard deviation

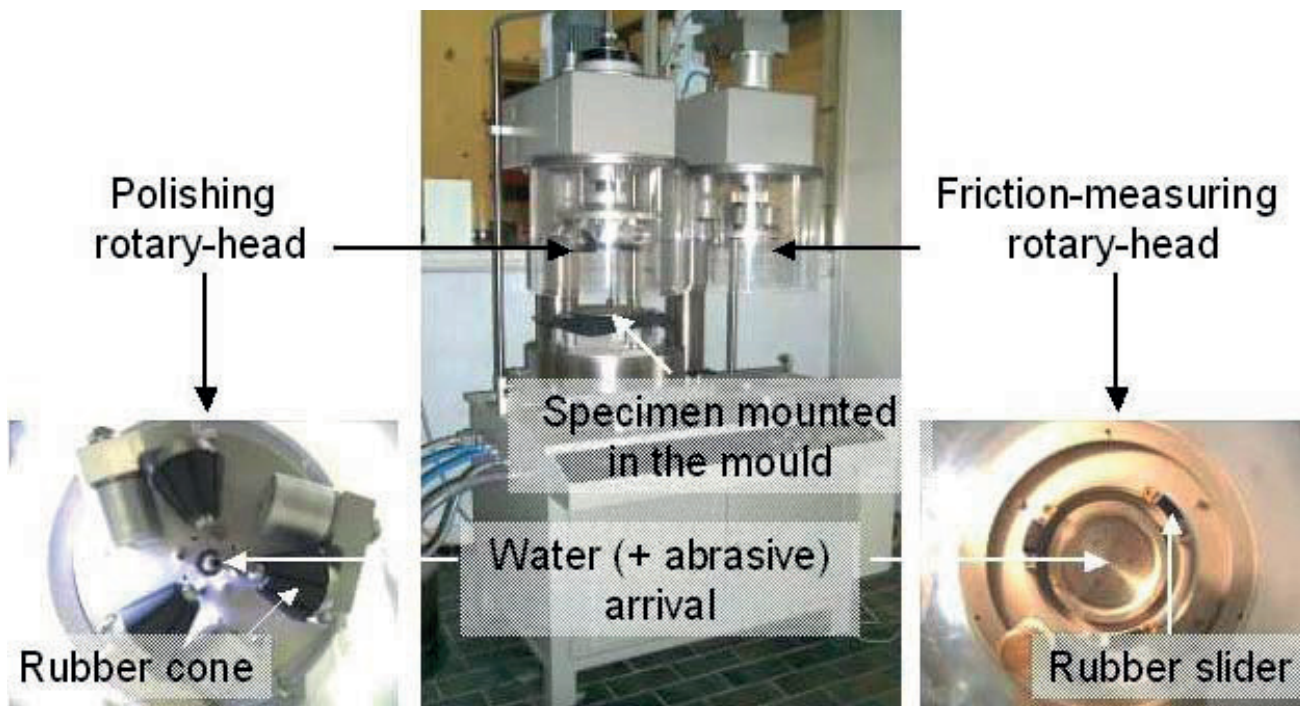
The precision data in Table 1 are independent of kind of aggregates, size of aggregates and velocity of the measuring part.

A 2008 interlaboratory test is currently still being evaluated.

Bibliography

Technical test specifications determining the grip development of surfaces by using the Wehner/Schulze test process (PWS)
Road and Traffic Research Association
[1] 2009 edition

Annex A Example of polishing head and skid resistance measuring device



Example of polishing head and skid resistance measuring device
Wehner and Schulze machine