



Retouradres:

De LFR / Ministerie van Binnenlandse Zaken en  
Koninkrijksrelaties  
T.a.v. Piet Verhage  
Postbus 7112  
2701 AC ZOETERMEER



## Onderwerp

Voorbeelden geluidssignalen voorrangsvoertuigen

Geachte heer Verhage,

Hierbij biedt TNO u twee voorbeeld geluidssignalen met bijbehorende beschrijving die voldoen aan de nieuwe regeling optische en geluidssignalen 2009 voor voorrangsvoertuigen. De geleverde voorbeelden zijn gemaakt door TNO in opdracht van de LFR, onderdeel van Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. Doel is voor het publiek, de betrokken hulpdiensten (politie, brandweer en ambulance) en de leveranciers duidelijk te maken hoe de geluiden volgens de nieuwe regeling klinken. Tevens worden de keuzevrijheden en aandachtspunten geschetst wat betreft het frequentiespectrum en gebruik van vibrato en stiltes tussen tonen.

## Motivatie keuze signalen

De regeling komen voort uit aanbevelingen door TNO en vertegenwoordiging van hulpdiensten en ministeries van Verkeer en Waterstaat en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. TNO baseert haar aanbevelingen op onderzoeken naar waarneembaarheid van voorrangssignalen; twee literatuur studies met enquêtes TM-98-C071 en TM-04-C0320) en een praktijktest met proefpersonen in een auto bij achtergrondlawaai (TNO DV 2006 C223).

## Beschrijving signalen

De gemaakte signalen zijn 1) een basis tweetoon en 2) een variatie hierop door het toevoegen van vibrato (lichte zweving van de grondtoon). Gekozen is voor het presenteren van twee signalen om te laten zien dat de regelgeving enige keuzevrijheid toelaat. We benadrukken dat dit slechts voorbeelden zijn. Uiteindelijk is de regeling leidend.

## Signaal formaat

Gekozen is voor blok golf signalen omdat deze in de praktijk vaak gebruikt worden in combinatie met versterkers gebaseerd op puls breedte modulatie (klasse D versterkers) en hoornluidsprekers. De signalen zijn gemaakt in matlab en geconverteerd naar audio wav files bij een sample rate van 48 kHz. De blok golf bestaat uit pulsen (met afwisselend waarde -1 en 1) waarvan de duur is afgestemd op de gewenste grondtoon.

Kampweg 5  
Postbus 23  
3769 ZG Soesterberg

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 34 635 62 11  
F +31 34 635 39 77  
[info-DenV@tno.nl](mailto:info-DenV@tno.nl)

## Datum

04 februari 2010

**Onze referentie**  
SB5-2010-00065

**Projectnummer**  
032.30448

**E-mail**  
[jaap.beintema@tno.nl](mailto:jaap.beintema@tno.nl)

**Doorkiesnummer**  
+31 34 635 63 68

**Doorkiesfax**  
+31 34 635 39 77

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals gedeponeerd bij de Rechtbank Den Haag en de Kamer van Koophandel Haaglanden; de Algemene Voorwaarden zullen op verzoek worden toegezonden.



**Datum**  
4 februari 2010

**Onze referentie**  
SB5-2010-00065

**Blad**  
2/4

Er is geen rekening gehouden met de traagheid waarmee een klasse D versterker de wisseling in spanning volgt. De output is dus een benadering van het signaal dat na versterking naar de luidspreker wordt gestuurd. Verder is geen overdracht van een typische hoornluidspreker gesimuleerd. Daarom zal bij het afspelen via een gewone audio luidspreker het geluid anders klinken dan in de praktijk via hoornluidsprekers.

### **Grondtoon**

De voorbeeld signalen zijn tweetonig signalen, waarbij een lage en een hoge toon elkaar afwisselen. Elk van deze tonen is opgebouwd uit een grondtoon met meerdere boventonen. Conform de nieuwe regeling, heeft de laagste toon een grondtoon van 375 Hz en de hoogste toon een grondtoon van 500 Hz.

### **Spectrale opbouw**

Bij het afspelen van een blok golf signaal via een luidspreker ontstaat een gepiekt spectrum. Een simpele blok golf, zoals bij deze twee voorbeelden, produceert harmonische boventonen bij oneven veelvoud van de grondfrequentie die in sterkte afnemen met hogere frequentie. Het uiteindelijke spectrum hangt af van de frequentie karakteristiek van de gebruikte hoornluidspreker, die zowel naar lage frequenties toe (met name de grondtoon) als naar de hoge frequenties toe sterk begrensd is.

In de regeling optische en geluidsignalen 2009 worden geen specifieke eisen gesteld aan de opbouw van het frequentiespectrum. TNO beveelt wel aan om signalen te gebruiken die het hoorbare frequentiespectrum breed vullen (zie TM-98-C071). Zie ook het eerste aandachtspunt hieronder.

### **Vibrato**

Voor het toevoegen van vibrato is de grondtoon gevarieerd met een herhalingsperiode van 100 ms. Voor de lage toon is de zweeping +/-3 Hz ten opzichte van de 375 Hz. Elke zweeping bestaat uit 50-ms periode signaal met grondtoon 378 Hz gevolgd door 50-ms signaal met grondtoon 372 Hz. Voor 500 Hz grondtoon is de zweeping +/-4 Hz.

### **Wisselfrequentie**

De wisselfrequentie waarmee elke toon wordt afgewisseld is 1.67 Hz. Daarmee ligt deze binnen de gestelde limieten van 0.5 en 5 Hz en biedt ruimte voor een verdubbeling ter verhoging van de urgentie. Ter verduidelijking, een wisselfrequentie van 1.67 Hz betekent dat elke toon een duur van 0.6 s heeft. De wisselfrequentie kan makkelijk verward worden met de herhalingsfrequentie voor een hele hoog-laag cyclus. De laatste is echter 0.83 Hz, namelijk twee keer zo langzaam als de wisselfrequentie.

### **Stiltes tussen tonen**

De voorbeeldsignalen bevatten geen stilte periodes tussen de tonen. Het gebruik van korte stilte periodes kan bijdragen aan lokalisatie van de geluidsbron.

In een praktijktest werd geen significant effect van 200-ms stiltes gevonden (zie rapport TNO DV 2006 C223). TNO heeft aanbevolen over het wel of niet gebruiken van stiltes geen eisen te stellen.



**Datum**  
4 februari 2010

**Onze referentie**  
SB5-2010-00065

**Blad**  
3/4

### **Snelheid van on- en offset**

Volgens de regeling hoort de on- en offset van elke toon tussen 1 en 10 dB/ms te liggen. Deze limieten zijn van toepassing indien er korte stiltes tussen opeenvolgende tonen vallen. De voorbeeld signalen bevatten echter geen stiltes. Daardoor is geen sprake van een on- en offset, behalve bij het aan of uitzetten van de sirene (zie aanbevelingen hierover in rapport TNO DV 2006 C223).

### **Aandachtspunten**

De huidige regeling laat enige vrijheid voor optimalisatie. In de praktijk spelen ook andere belangen, zoals de geluidsbelasting voor nabije voetgangers buiten op straat, de geluidsbelasting of het comfort van inzittenden van het voorrangvoertuig. We wijzen met name leveranciers en inbouwers van sirenes erop dat het doel van de geluidssignalen primair is om de automobilist te bereiken. Twee aandachtspunten noemen we hier expliciet.

- Indien gebruik wordt gemaakt van blokgolf signalen in combinatie met hoornluidsprekers beveelt TNO aan om gebruik te maken van simpele blokgolf (TNO DV 2006 C223). Bij complexere pulssequenties (bv. een herhaling van pulssequentie '11010100') ontstaan niet-harmonische boventonen (dit geluid wordt als schril ervaren) en verbreedt het spectrum zich naar hogere frequenties die beter kunnen worden weergegeven door een hoornluidspreker. Maar deze hogere frequenties gaan juist verloren voor de automobilist door geluidsdemping. In de praktijktest blijkt dat bij een gelijkblijvend dBA-gewogen geluidniveau buiten, een simpele blokgolf binnen voor de automobilist beter hoorbaar is dan een complexere blokgolf (TNO DV 2006 C223).
- Het gebruik van vibrato kan de attentiewaarde van het signaal verhogen. In een praktijk test werd geen significant effect van vibrato gevonden op detectiedrempels (TNO DV 2006 C223). TNO heeft aanbevolen om geen eisen te stellen aan het wel of niet gebruiken van vibrato. Comfort issues voor de bestuurder van het voorrangvoertuig zijn daarbij buiten beschouwing gelaten.

Hoogachtend,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P.A.J. Punte', is located below the text 'Hoogachtend,'.

Ir. P.A.J. Punte  
Afdelingsmanager Perception & Simulation



**Datum**  
4 februari 2010

**Onze referentie**  
SB5-2010-00065

**Blad**  
4/4

## Referenties

Alferdinck, J.W.A.M. & Drullman, R., Griffioen H.J. & Martens, M.H. (1998), *Licht- en geluidssignalen ten behoeve van de herkenbaarheid van voorrangsvoertuigen; een literatuurstudie*, (Rapport TM-98-C071). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.

Beintema, J.A. & van Balken, J.S. (2006), *Optimalisatie geluidssignalen voorrangsvoertuigen* (Rapport TNO-DV 2006 C22). Soesterberg: TNO Defensie en Veiligheid.

Drullman, R. & Alferdinck, J.W.A.M. (2004), *Voorrangssignalen opnieuw belicht*, (Rapport TM-04-C032). Soesterberg: TNO Technische Menskunde.