

**Sachbearbeitung:** Ernst Neukomm, Morystrasse 61 4125 Riehen  
Telefon: 061 702 22 78  
neukomm.ernst@bluewin.ch

## **Bericht**

**Gegenstand:**

**Einfaches Messverfahren zur Messung der Sprachverständlichkeit und der Wiedergabe-Lautstärke der akustischen Kundeninformationen im öffentlichen Verkehr**

**Auftraggeber:** Bundesamt für Verkehr, BAV  
Hanspeter Oprecht  
Mühlenstraße 6  
3063 Ittigen

**Verfasser:**

Ernst Neukomm  
31.3.2015

## **Bericht:**


### **Einfaches Messverfahren zur Messung der Sprachverständlichkeit und der Wiedergabe-Lautstärke der akustischen Kundeninformationen im öffentlichen Verkehr**

#### **Inhaltsverzeichnis**

1.0	Einleitung, Auftrag,.....	3
2.0	Ziel.....	4
3.0	Messverfahren für ausgebildete Spezialisten.....	5
4.0	Auswahl der externen Messmikrofone .....	6
5.0	Kalibrierung .....	7
6.0	Einspeisung der Messsignale am zu prüfenden Objekt .....	9
7.0	Akustischer-Mund .....	13
8.0	Audiomesssignale für die Ausspielung.....	15
9.0	Messparameter und die Zeitbewertung.....	19
10.0	Bewertungsfilter am Schallpegelmesser APP.....	19
11.0	Ohrsimulator.....	19
12.0	Aufgaben die im Projekt behandelt wurden.....	27
13.0	Schallpegelmessung, Frequenzanalyse, Pegelaufzeichnungs-APP.....	27
14.0	Bewertungsfilter am Schallpegelmesser APP.....	29
15.0	Zusammenfassung.....	30
16.0	Danksagung.....	31

---

---

	<b>Anhang „Handlungs-Verfahrensanleitung“ .....</b>	<b>32</b>
A.1.0	Ausrüstung, Mobil messen mittels Smartphones.....	33
A.2.0	Einspeisung der Messsignale am vorgesehenen Objekt.....	33
A.3.0	Wo und wie wird gemessen.....	33
A.4.0	Protokollieren.....	34
A.4.3	Protokoll Inhal.....	34
A.5.0	Störungsmeldung.....	35

---

## **1. Einleitung, Auftrag, Ziel**

### **1.1 Einleitung**

Seit dem 1. Januar 2004 ist das Behindertengleichstellungsgesetz (BehiG)<sup>1</sup> in Kraft. Es gilt gemäss Artikel 3, Buchstabe b auch für Kommunikationssysteme im öffentlichen Verkehr (öV). Artikel 15 BehiG hält fest, dass der Bundesrat Vorschriften über die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs erlässt. In Artikel 8 VböV<sup>2</sup> hat der Bundesrat diese Aufgabe an das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) delegiert.

<sup>1</sup> Behindertengleichstellungsgesetz (BehiG, SR 151.3)

<sup>2</sup> Verordnung über die behindertengerechte Gestaltung des öffentlichen Verkehrs (VböV, SR 151.34) 2 / 6

Nicht nur hörbehinderte Reisende beanstanden öfters die schlechte Sprachverständlichkeit der Kundeninformationen. Auch normal Hörende und ältere Kunden verstehen die Lautsprecher-Durchsagen oft schlecht oder gar nicht.

Auch die Lautstärkeunterschiede der Durchsagen werden von den Kunden beanstandet. Sowie der oft „zischenden“ Klang mit den überhöhten Konsonanten (s und z) wird oft als unangenehm beanstandet.

## **1.2 Auftrag**

- 1.2.1** Im Vertrag 634.0/2013-08-22/167 beauftragte das BAV, die Firma Neukomm-Elektroakustik, Riehn, eine einfache, praxisnahe und kostengünstige Messmethoden zu erarbeiten, welche dem Servicetechniker im Depot, beim Prüfen und Einpegeln der Lautsprecherwiedergabelautstärke in den Fahrzeugen eine mögliche einfache Messmethode gibt.
  
- 1.2.2** Auch bei den HotSpots auf den Perrons, sollen Möglichkeiten über eine einfache, praxisnahe Prüf- und Messmethode der Sprachverständlichkeitsmessung erarbeitet werden.
  
- 1.2.3** Es soll abgeklärt werden, wo und wie die Messsignale am Messobjekt für die HotSpots auf den Perrons und in den Fahrzeugen eingespeist werden können.
  
- 1.2.4** Die Verständlichkeitsmessungen sollen nach den letzten Normänderungen der EN 60268-16 (2011, Edition 4.0) zur Überprüfung von Evakuations-Systeme durchgeführt werden. Entsprechend der Norm VDE 0833 sollen drei bzw. sechs STI-PA Messungen am gleichen Standort gemessen werden.

## **2.0 Ziel**

- 2.1** Die Studie soll die Methode für ein einfaches, kostengünstiges, praktikables Messverfahren zur Beurteilung von Kunden-Information, Sprachverständlichkeit, Lautstärkemessungen und Klanganalysen an den HotSpots und in den Fahrzeugen beinhalten.
  
- 2.2** Mit den vorgeschlagenen einfachen Messsystemen, sollen auch Servicetechniker ohne vertieftes Fachwissen, Kontroll-Messungen durchführen können.

### 3.0 Messverfahren

Die im Handel erhältlichen Präzision-Hand-Schallpegelmesser sind für ausgebildete Spezialisten gedacht.



Präzisions-Universal-Schallpegel Messer XL2 der Firma NTI-Audio



Präzisions-Universal-Schallpegel M NOR140 der Firma Norsonic



Präzisions-Universal-Schallpegel Messer 2250 der Firma B+K Messtechnik

- 3.1** Neben den bekannten einfachen mobilen Universal-Handschallpegelmessern finden auch Smartphones mit den entsprechenden APP's, grosse Verbreitung. Dies führt dazu, dass solche Gerätekonfigurationen zur Schallanalyse eingesetzt werden.

Die Untersuchungen in dieser Studie wurde mit dem iPhones 5S von Apple, mit zwei externen Mikrofonen durchgeführt.

#### 4.0 Auswahl der externen Messmikrofonen

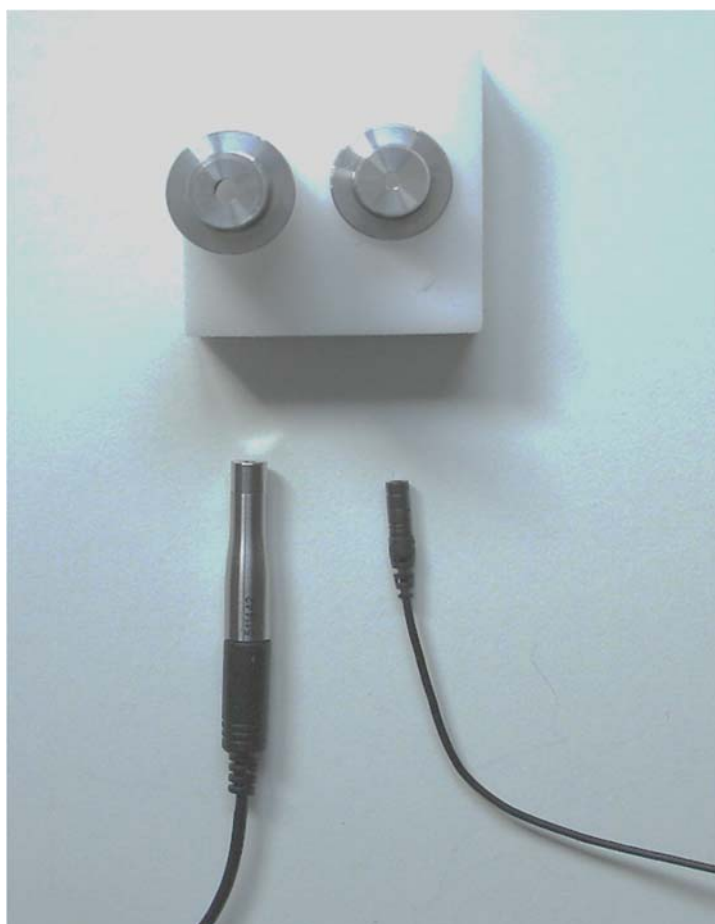
- 4.1 Es wurden zwei Mikrofone evaluiert, welche mit dem iPhone 5S von Apple kompatibel sind. Die Stecker-Abmessungen und die Speisebetriebsspannung passen auf das iPhones 5S.
- 4.2 Das **Miniatur-Aufsteckmikrofon i436** für iPhones eignet sich sehr gut.
- 4.3 Auch das **Professional Ansteck-Mikrofon der Firma RODE** ist bezüglich Frequenzgang und Richtcharakteristik sehr geeignet.
- 4.4 Beide Mikrofone sind sehr kostengünstig. Der Anschaffungspreis ist je Mikrofon bei ca. 100.-- SFr.
- 4.5 Mit dem **Interface iXZ** der Firma TASCAM kann jedes andere Messmikrofon, welches mit 48V Phantomspeisung funktioniert, betrieben werden.



Das iXZ ist ein Mikrofon-Vorverstärker für iPad, iPhone und iPod Touch von Apple. Das iXZ liefert Phantomspeisung für Kondensatormikrofone und verfügt über einen Regler zur Anpassung des Eingangspegels sowie einen Kopfhörerausgang.

## 5.0 Kalibrierung

- 5.1 Damit Reproduzierbare exakte Messresultate erreicht werden, ist die Kalibrierung der Messsysteme von zentraler Wichtigkeit.  
Zur Kalibrierung der Schallpegelmesser-APP's mit den entsprechenden externen Messmikrofonen, muss ein Calibrator (Eichgerät) zur Anwendung kommen.  
Auf dem Markt gibt es verschiedene Anbieter für Acoustical Calibratoren, z.B. B&K, Norsonic, NTI etc.
- 5.2 Damit die iPhones-Messmikrofone mechanisch in die ½ Zoll Eichgeräte passen, mussten dem Durchmesser entsprechend, unterschiedlich grosse Adapter hergestellt werden.



5.3 Die beiden Adapter sind aus Aluminium gedreht (oben im Bild), die externen Mikrofone i436 und RODE (unten im Bild).



**5.4 Das Mikrofon i436 mit dem eingesetzten Adapter für den Kalibrator der Firma B+K**



**5.5 Das Mikrofon RODE mit dem eingesetzten Adapter für den Kalibrator der Firma B+K**



## **6.0 Einspeisung der Messsignale am zu prüfenden Objekt**

**6.1** Es wurde abgeklärt, wo und wie die Audiomesssignale eingespeist werden können.  
Dabei wurden verschiedene Einspeisemöglichkeiten festgestellt, welche in der Folge erklärt werden.

### **6.2 Elektrische Einspeisung der Messsignale für die Fahrzeug- und Perrons Durchsagen über die Leitstellen und Durchsagezentralen.**

Die Perrons- und Fahrzeugdurchsagen werden in den meisten Fällen von den **Leitstellen** live oder ab Computer eingespielt.

Es ist auch möglich die Audio-Messsignale als Audio-Files auf den Rechner der Fahrzeuge zu übertragen. Diese Audio-Files können gezielt abgerufen werden.

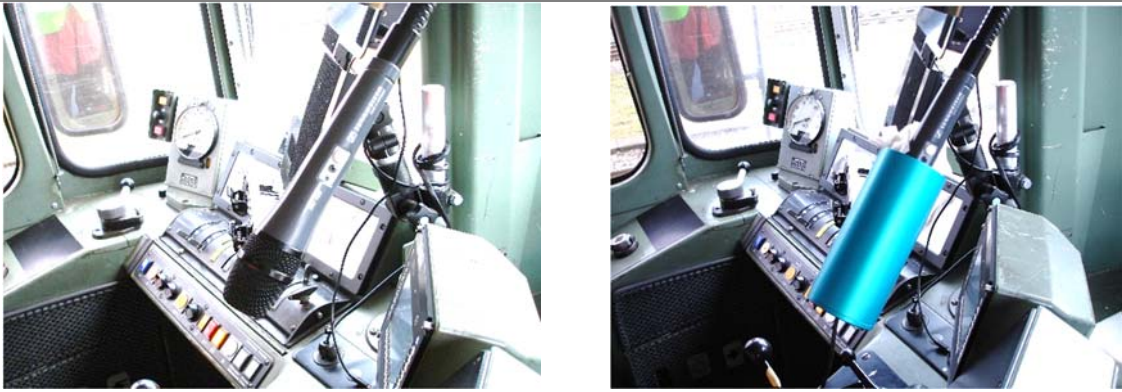
Es benötigt für jede Beschallungsanlage eine individuelle technische Abklärung über die Einspeisemöglichkeit.

### **6.3 Elektrische Einspeisung auf dem Rechner auf dem Fahrzeug**

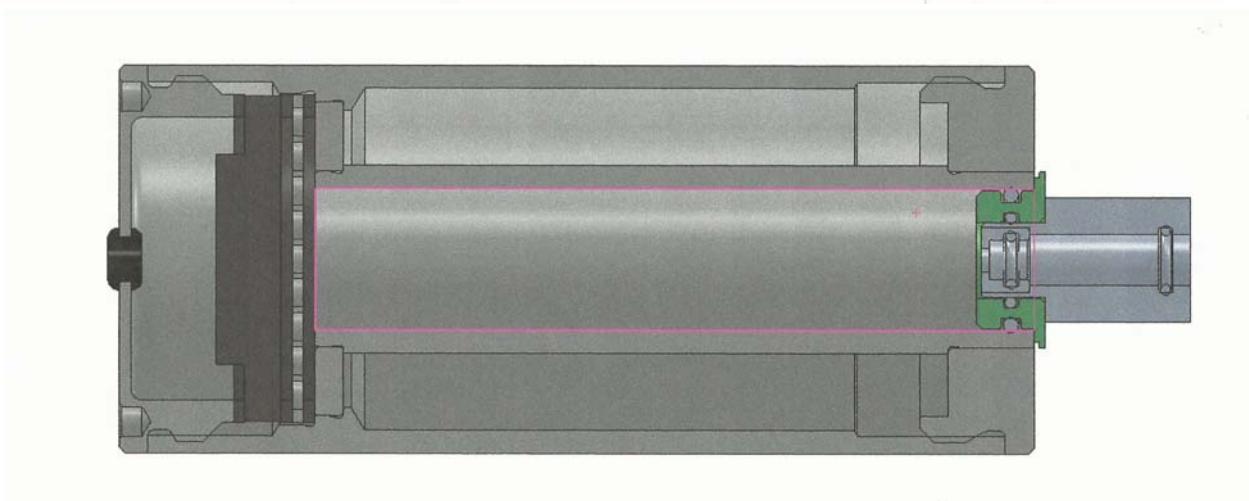
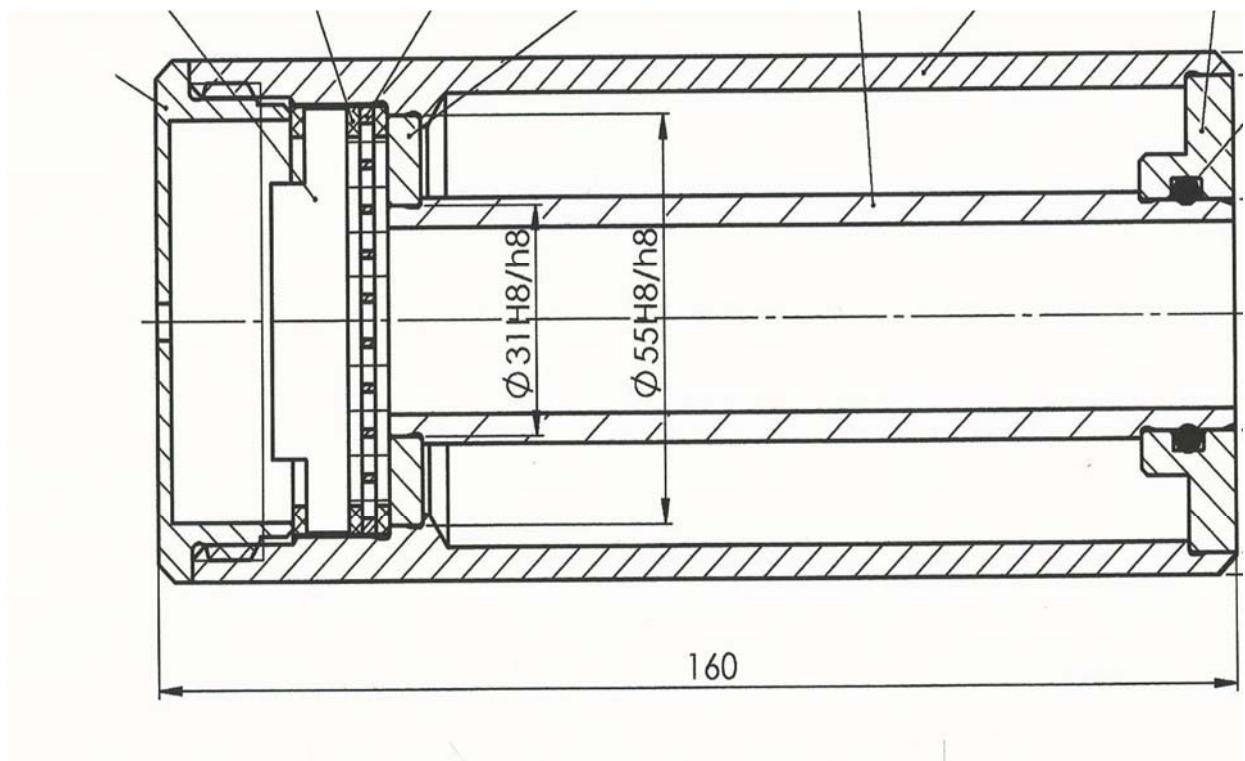
Auf den meisten Fahrzeugen gibt es eine Möglichkeit, auf dem **Rechner oder Audioverstärker**, ein analoges Audiosignal zu messzwecken einzuspielen.

### **6.4 Akustische Einspeisung mit dem Mikrophon-Akustik-Koppler beim Ansagemikrofon des Fahrzeugführers oder beim Zugbegleiter.**

Mit dem eigens entwickelten Mikrophon-Akustik-Koppler können verschieden grosse Sprecher-Mikrofontypen, ohne elektrischen Eingriff in die Beschallungsanlage, eingespeist werden.



**6.5 Durchsage-Mikrofon im Führerstand eines älteren Fahrzeugs, (linkes Bild) ohne und (rechtes Bild) mit eingesetzten Akustik-Koppler**



**6.6 Schematische Darstellung des Mikrofon-Akustik-Kopplers**



**6.7 Mikrofon-Akustik-Koppler mit geöffnetem Reduktionsstück für grössere Mikrofone und dem MP3-Player als mögliche Signalquelle.**

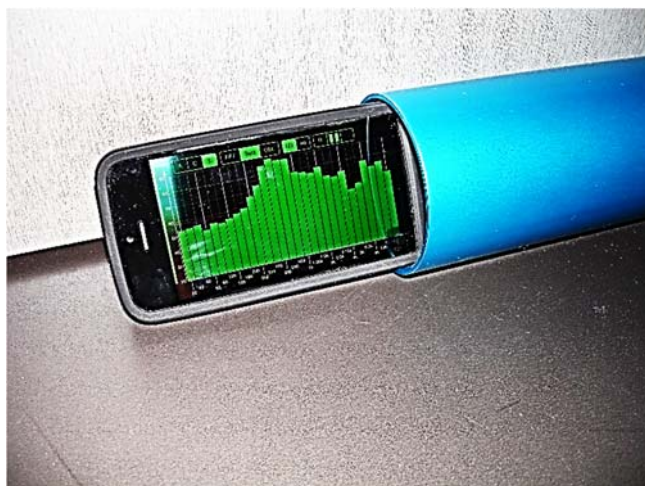


**6.8 Mikrofon-Akustik-Koppler mit eingeschraubter Reduzierung für kleinere Sprechmikrofone und dem MP-3 Player (iPod shuffle) als möglicher Speicher der Signalquelle, mit den aufgespielten Audiomesssignalen.**

**6.8 Der Mikrofon-Akustik-Koppler kann auch für die Messungen an den Schalter-Gegensprechstellen eingesetzt werden.**



**6.9 Der Akustik-Koppler kann auch zur direkten Kontrolle der Kalibrierung des iPhones eingesetzt werden.**



**6.10 Der Akustik-Koppler kann auch zur Kontrolle der Frequenzanalyse eingesetzt werden.**

**7.0 Akustische Messsignal-Einspeisung mit dem Akustischen-Mund beim Mikro-Tel. (Telefonhörer) des Fahrzeugführers oder beim Zugsbegleiter. Dabei wird der Akustische-Mund mechanisch über der Mikrofonskapsel des Mikro-Telefons befestigt.**

**7.1** Der **Akustische-Mund** wurde eigens entwickelt und ermöglicht ein Einfaches und schnelles ankoppeln an die verschiedenen Telefonhörern. Mit dem Akustischen-Mund werden die Audiomesssignale ohne elektrischen Eingriff auf die Beschallungsanlage übertragen.



**7.2 Akustischer-Mund mit dem geöffneten Fixier-Gummiband neben dem Mikro-Telefon-Hörer (MIKRO-TEL).**



**7.3 Akustischer-Mund ange-**  
**koppelt an ein Mikro-Tel.**

**7.3 Akustischer-Mund ange-**



**7.4 Akustischer-Mund angekoppelt an einen**  
**Telefonhörer oder an ein Funktelefon-Hörer.**



7.5 Akustischer-Mund angekoppelt an das Mikro-Tel im Führerstand.

## 8.0 Audiomesssignale für die akustische Ausspielung

Es wurde untersucht welche Arten Messsignale bei den Messungen angewendet werden müssen.

Als Audioausspielsignale werden folgende Messsignale zur Anwendung kommen:

8.1 **Farbiges Rauschen** (Pink-Noise-Signal) eignet sich für die Lautstärke- und die Frequenzgangmessung.

8.2 **Das STI-PA Signal** ist für die Verständlichkeitsmessungen.

8.3 **Das Sinussignal 1kHz** ist zum Kalibrieren der externen Messmikrofonen.

8.4 Zur Messung der objektiven Sprachverständlichkeit wird das **STIPA-Signal** und ein **1kHz Sinuston** ab einer CD oder dem Minirator-Tongenerator MR-PRO der Firma NTI geliefert.

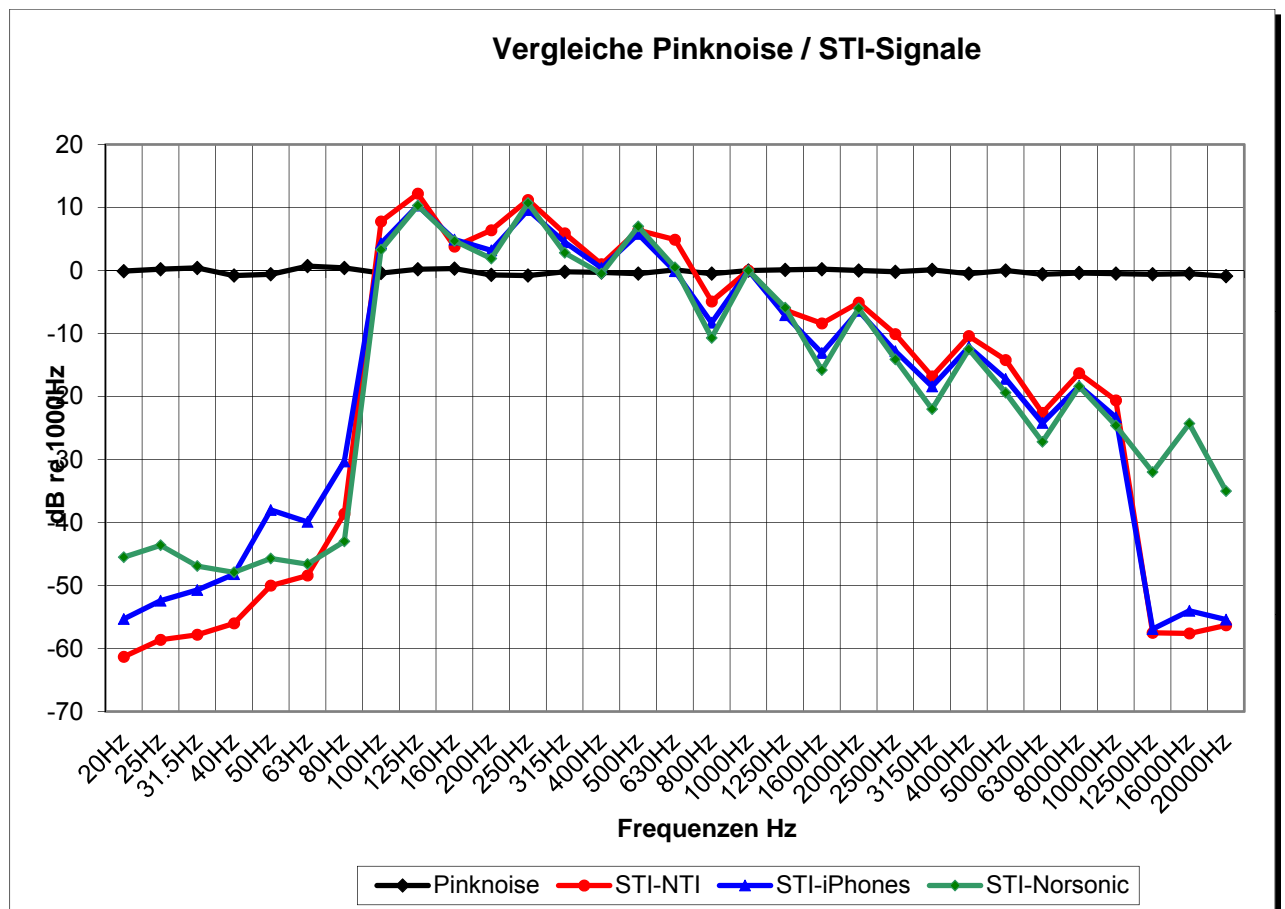
Zuerst wird der 1 kHz-Ton in die Anlage eingespeist um die Anlage auf den für die Durchsage erforderlichen Pegel einzustellen. Die Pegelüberprüfung erfolgt durch eine Schallpegelmessung.

Danach wird das STIPA-Signal in die Anlage eingespielt und der Mode „STIPA“ gestartet. Nach wenigen Sekunden Messzeit zeigt das Messgerät für diesen einen Messpunkt den gemessenen Sprachverständlichkeitsindex und den gemessenen Pegel an.

Die Sprachverständlichkeit von Durchsagen hängt zu einem wesentlichen Teil von dem vorherrschenden Grundgeräuschpegel und der Nachhallzeit ab.

Wenn zum Zeitpunkt der Messung, die Störgeräusche vorherrschend sind, als im normalen Betrieb, kann im Anschluss an die STIPA-Messung, mit den eingegebenen Störgeräuschspektren, der Sprachverständlichkeits-Index neu berechnet werden.

- 8.5** Andere Messsignale wie Sprachtests mit fließender Sprache, Durchsagestimme als Referenzstimme, Logatomen, Sprach-simulierendes Rauschen nach CCITT wurden untersucht. Diese Messsignale eignen sich zur objektiven Messung der Sprachverständlichkeit nicht. Es stehen produktebezogene STI-Messsignale zur Verfügung.

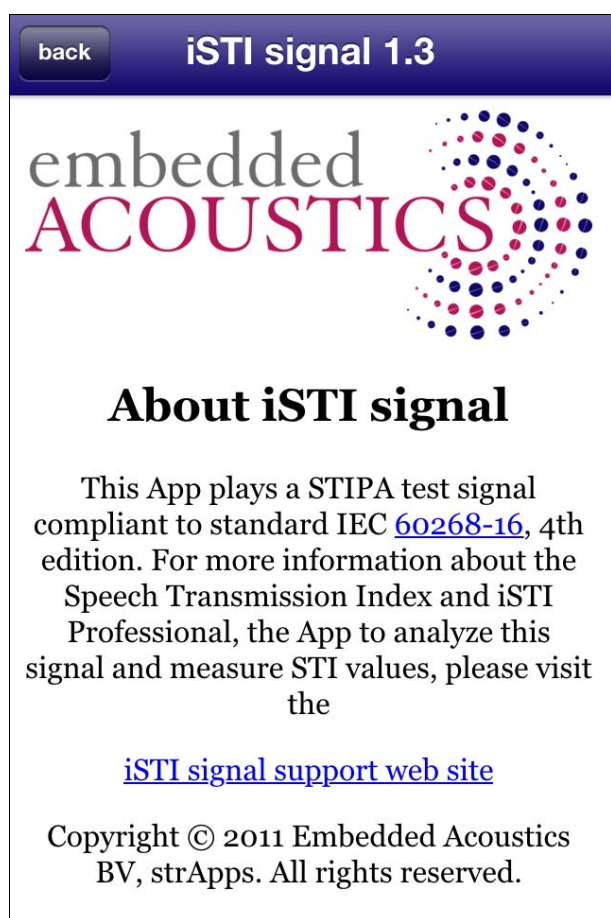


- 8.6** Die Untersuchungen zeigten Frequenzunterschiede zwischen den STI-Signalen der Firmen: „embedded ACUSTIK“. „Norsonic“ und „NTI“.



**8.7 Die Zuordnung der STI-Werte zur erzielten Sprachverständlichkeit ist wie folgt:  
STI-Werte (Bewertung nach der Norm für normal Hörende)**

<b>0,75-1,00</b>	<b>ausgezeichnet</b>
<b>0,60-0,75</b>	<b>gut</b>
<b>0,45-0,60</b>	<b>angemessen</b>
<b>0,30-0,45</b>	<b>schwach</b>
<b>0,00-0,30</b>	<b>schlecht</b>



**back** iSTI signal 1.3

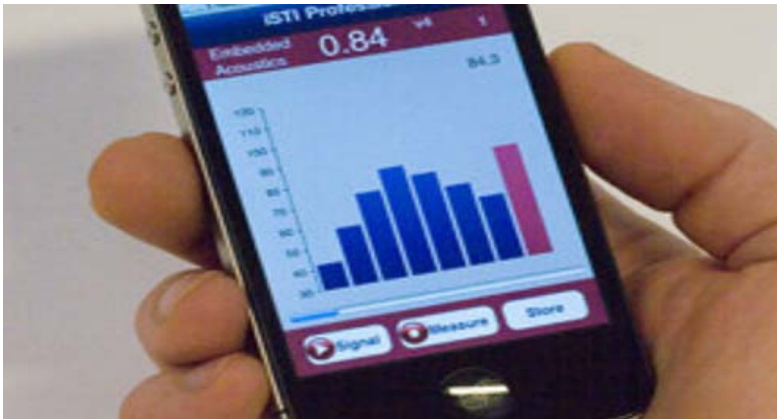
embedded  
**ACOUSTICS**

**About iSTI signal**

This App plays a STIPA test signal compliant to standard IEC [60268-16](#), 4th edition. For more information about the Speech Transmission Index and iSTI Professional, the App to analyze this signal and measure STI values, please visit the

[iSTI signal support web site](#)

Copyright © 2011 Embedded Acoustics BV, strApps. All rights reserved.



**8.8** Auf dem iTunes wurde, zur Zeit der Untersuchungen, nur dieses eine APP für die Sprachverständlichkeitsmessung angeboten.

**8.9** Zur Messung der objektiven Sprachverständlichkeit wird das STIPA-Signal und der 1kHz Sinuston vom diesem APP auf eine CD oder einem MP3 Player z.B. iPod-Nano von Apple überspielt. Oder sie werden direkt vom Minirator MR-PRO der Firma NTI eingespielt.



**iPod Nano von Apple**



**Minirator MR-PRO von NTI**

## **9.0 Messparameter und die Zeitbewertung**

- 9.1** Bei den meisten der geprüften Schallpegelmesser-APP's sind die Einstellungen dB(fast, slow, oder Leq) möglich.

## **10.0 Bewertungsfilter am Schallpegelmesser APP**

- 10.1** Es wurde untersucht mit welchen Bewertungsfiltern die Lautstärkemessung durchgeführt werden soll.

Das Bewertungsfilter dB(A) entspricht der gehörrihtigen Empfindung und wird am meisten angewendet.

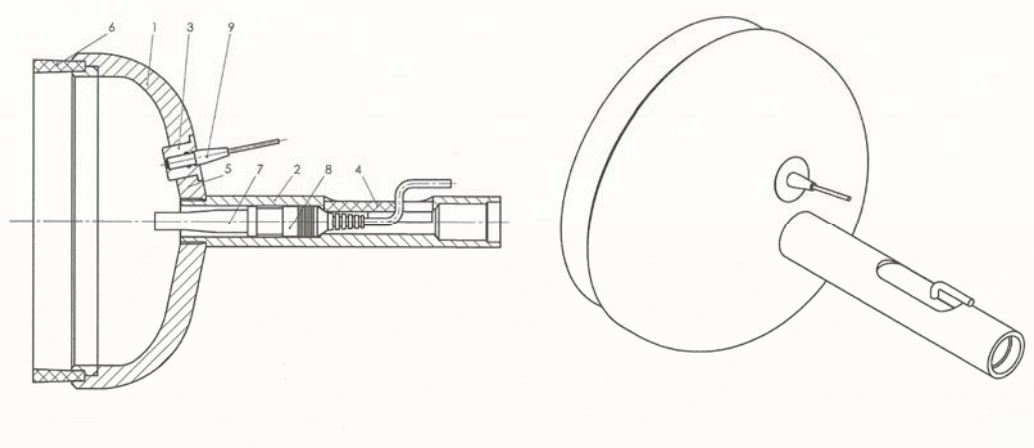
- 10.2** Das neue Bewertungsfilter der EBU128, welches von der UER/EBU als objektives Lautheitsfilter eingeführt wurde, ist als APP noch nicht erhältlich.

## **11.0 Ohrsimulator**

- 11.1** Damit die Lautstärke-Messungen nicht nur in einem akustisch stillen Raum durchgeführt werden kann, ist eigens ein Ohrsimulator konstruiert worden.

Mit diesem Hilfsmittel ist es möglich, in einem gegebenen definierten Abstand zur Schallquelle (Wiedergabelautsprecher) die Messung vorzunehmen.

Mit dem Ohrsimulator werden die Umgebungsgeräusche gedämmt.



### 11.2 Ohrsimulator, schematische Darstellung.

- Nr.7 Mikrofon i436 zentral in der Mitte platziert
- Nr.9 Mikrofon RODE seitlich platziert
- Nr.6 Abdichtungs-Gummi
- Nr.8 Eingedossene Kupplung zur Aufnahme des Mikrofons i436
- Nr.1,2 und 5 Gehäuse aus Aluminium gedreht.



11.3 Ohrsimulator seitlich gezeichnet mit den eingebauten Mikrofonen.



**11.4 Das Bild zeigt den Ohrsimulator mit der Stativstange im Bahnwagen, neben dem Lautsprecher gehalten.**



**11.5 Das Bild zeigt den Servicetechniker im Depot, während einer Messung mit dem iPhone und dem künstlichen Ohr vor dem Lautsprecher platziert.**

## 11.6 Messposition im diffusen Schallfeld

Es wurde untersucht an welchem Ort das Messmikrofon, ohne Ohrsimulator, bei der Lautstärkemessung im diffusen Schallfeld positioniert werden soll.

Sowohl das im iPhone eingebaute Mikrofon, wie auch das externe Messmikrofon, soll auf Ohr-Höhe, 125cm vom Boden, am Platz einer sitzenden Person positioniert werden.

Für die Diffus-Feld-Messung wird das externe Messmikrofon mit einer Mikrofonklammer, auf einem Mikrofon-Boden-Stativ montiert.



**11.7 Bei der Diffusfeldmessung soll mit einem definierten Mikrofonabstand, die Messung vorgenommen werden.**

Der Schallpegel wird an vier Positionen gemessen, die Mikrofonpositionen werden auf Ohr Höhe, 1.25m über dem Boden platziert.

Die vier Messergebnisse werden bei der Schallpegelmessung energetisch gemittelt.

Wird das Messmikrofon nicht auf Ohrhöhe platziert, so soll das iPhone mit dem eingebauten Mikrofon oder das externe Messmikrofon auf einem Stativ, mit einer Mikrofon-Klammer im Abstand von 10cm positioniert werden.



**11.8** Dieses Bild zeigt das Messmikrofon i436 mit einer Mikrofonklammer, vor dem Einspiellautsprecher positioniert.



**11.9** Das Messmikrofon i436 mit einer im Handel erhältlichen Mikrofonhalterung, vor dem Einspiellautsprecher positioniert.





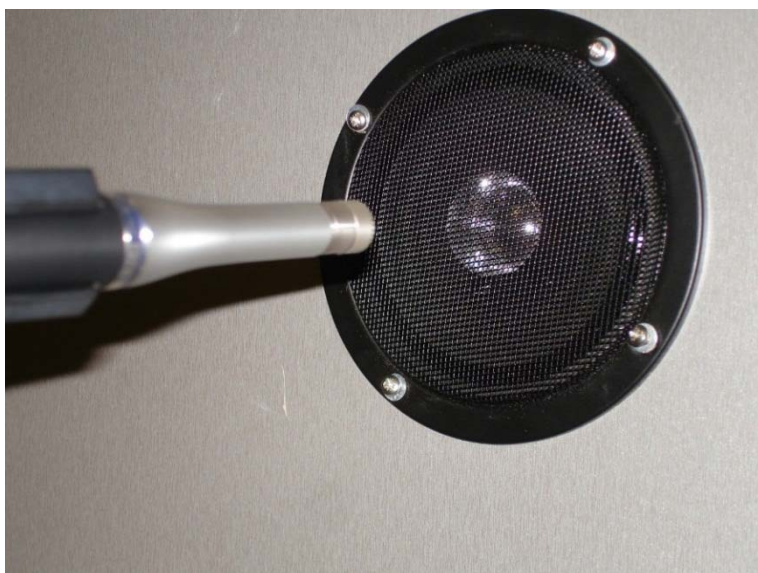
11.10 Das Bild zeigt das kleine Messmikrofon RODE mit einer Mikrofonklammer vor dem Einspiellautsprecher positioniert.



11.11 Das Bild zeigt das kleine Messmikrofon RODE mit einem Windschirm, eingebaut in ein eigens konstruiertes Aluminiumgehäuse und einer Mikrofonklammer vor dem Einspiellautsprecher positioniert.



**11.12 Das abgesetzte 1/2 Zoll Messmikrofon M2010 der Firma NTI-Audio mit einer Mikrofonklammer vor dem Einspiellautsprecher positioniert.**



**11.13 Das 1/2 Zoll Messmikrofon MA220 der Firma NTI-Audio, verbunden mit dem Schallpegelmessgerät XL2 vor dem Einspiellautsprecher positioniert.**

## **12.0 Aufgaben, die im Projekt behandelt wurden.**

- 12.1** Es soll eine einfache, praxisnahe und kostengünstige Messmethode erarbeitet werden, welche dem Servicetechniker beim Prüfen und Einpegeln der Lautsprecherwiedergabelautstärke in den Fahrzeugen ein mögliches Hilfsmittel gibt.
- 12.2** Auch soll bei den HotSpots auf den Perrons eine einfache, praxisnahe mögliche Anwendung zur Messung der Sprachverständlichkeit untersucht werden.

Es hat sich leider gezeigt, dass eine objektive Sprachverständlichkeitsmessungen mit vereinfachten Messverfahren in lärmiger Umgebung auf den Perrons nicht möglich ist.

Es müssen professionelle Messgeräte zum Einsatz kommen, mit welchen der Umgebungslärmpegel herausgerechnet werden kann. Oder die Messungen müssen in der Nacht bei vollkommener Ruhe durchgeführt werden.

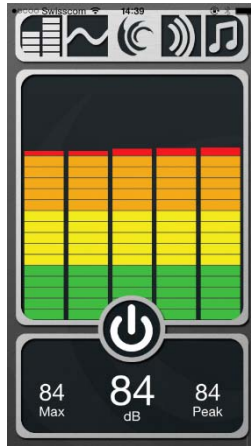
## **13.0 Eine grosse Anzahl Schallpegel-APP's; Frequenzanalyse-APP's und Pegelaufzeichnungs-APP's werden über iTunes angeboten.**

- 13.1** Der **Beschaffungspreis** je APP liegt zwischen 1.00 und 40.00 SFr. Bei der Auswahl der APP's ist darauf zu achten, dass die APP's kalibrierfähig sind. Die Messgenauigkeit und Qualität der angebotenen APP's sind teilweise sehr gut.
- 13.2** Die EMPA, Dübendorf hat im Auftrag des Bundesamt für Umwelt BAFU, Abteilung Lärm und NIS, Sektion Flug-, Industrie- und Schiesslärm, 3000 Bern, Messtechnische Untersuchungen im Projekt „Smartphone als Schallpegelmesser“ durch geführt. Die Resultate dieser Untersuchung zeigen, dass je nach Smartphone sehr gute Werte erreicht werden. Der **Untersuchungsbericht** hat die Nr. 5'215'001'633', int. 597.2590 und ist beim BAFU erhältlich.
- 13.3** Eine grosse Anzahl von APP's werden auf dem iTunes angeboten. Beinahe täglich kommen neue APP's hinzu.

Hier sind einige App's mit den Anbietern abgebildet.



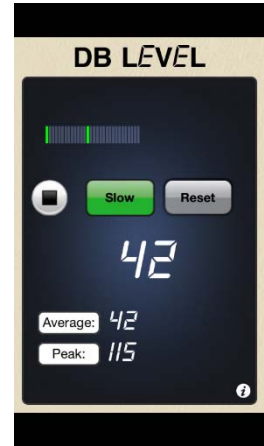
**db Volume/  
DSP Mobile**



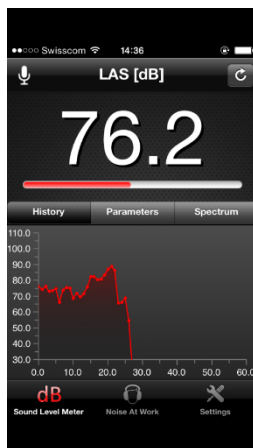
**Audio Suite  
Alex Withe**



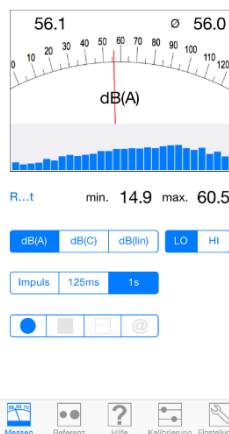
**Noise Meter  
HUNG HSEOK GOO**



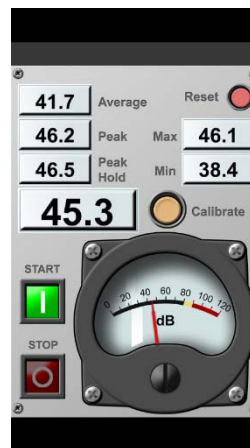
**dB Meter +  
Sensonet**



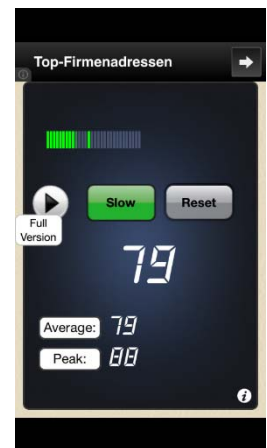
**NoiSee  
Noise Lab**



**Meter Pro  
Matthias Schorer**



**Volume Tester  
Darren Gates**



**dB METER  
Black box**



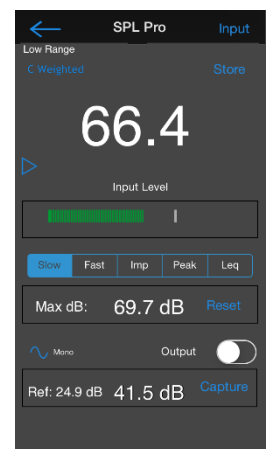
**SPLnFFT Noise**



**Decibel Meter +**



**SPL-Pro**



**Level**

**13.4** Bei den meisten der geprüften Schallpegelmesser-APP's ist die Einstellung LEQ(A) möglich.

**13.5** Mit dem APP von TASCAM steht ein **PCM-Recorder** zur Verfügung. Damit können analoge Schallpegel digital aufgezeichnet und später analysiert und dokumentiert werden. Für eine exakte Aufzeichnung wird ein externes kalibriertes Messmikrofon angeschlossen.



Tascam, AVR Remote/TEAC Corp

#### **14.0 Bewertungsfiler am Schallpegelmesser APP**

**14.1** Es wurde untersucht mit welchen Bewertungsfilern die Lautstärkemessung durchgeführt werden sollen. Das meist verwendete Bewertungsfiler dB(A) entspricht der gehörrichtigen Empfindung ist vorhanden.

**14.2** Das Bewertungsfilter der EBU128, welches von der UER/EBU als objektives Lautheitsfilter eingeführt wird, ist als APP noch nicht erhältlich. Das liegt offenbar daran, weil dieses Filter zweikanalig bewertet, jedoch die APP's immer monaural einkanalig sind.

## **15.0 Zusammenfassung**

**15.1** Im Rahmen des Projektes „Einfache Messmethoden und Kontrolle der Lautstärken und der Sprachverständlichkeit für Normalhörende und Hörbehinderte im öffentlichen Verkehr“ wurden durch Messungen der Sprachverständlichkeit von Kundeninformationen und deren Beurteilung die Sprachverständlichkeit in einer Problemanalyse unterzogen.

Die Ansagepegel wurden gemessen und bewertet. Wenn die Schallpegeldifferenz am Ort des Ohres zwischen dem Lautsprecher-Ansagepegel und dem Störschallpegel kleiner als ca. 12dB ist, wird die Sprachverständlichkeit erheblich gestört.

Die unterschiedlichen Hintergrundgeräusche maskieren die Sprachverständlichkeit erheblich, deshalb kann nur bei absoluten Ruhe gemessen werden.

Die Ton-Qualität und die Verständlichkeit der Durchsagen sind von unterschiedlicher Qualität. Eine sehr schlechte Qualität ist dann gegeben, wenn der Sprechende die Durchsagen selber ins Mikrofon spricht und dabei das Sprachtempo nicht der Situation anpasst. Die Sprachverständlichkeit wird verbessert wenn langsam und deutlich gesprochen wird. Auch die Sprechdistanz vom Mund zum Mikrofon ist zu beachten.

Mit einem Smartphone und dem entsprechenden Zubehör werden in Zukunft die Servicetechniker die Lautstärkeunterschiede messen und entsprechende Lautstärke-Pegelregelungen vornehmen können.

**15.2** Die **Prüfmethode der Lautstärkeeinstellung in den Fahrzeugen** bedarf einer Standardisierung. Die dazu nötigen einfachen Messeinrichtungen (Rauschgenerator-, Schallpegelmesser- und Frequenzanalysator-APP's) sollten in den Servicezentren zur Verfügung stehen. Die Lautstärke der einzelnen Durchsagensysteme von der Quelle bis zum Empfangsort der Kunden, sollte im Fahrzeug regelmässig kontrolliert werden.

## **16.0 Danksagung**

Ich möchte mich bei allen Beteiligten, welche mir in organisatorischen Fragen und bei den Entwicklungen und der Herstellung der speziellen mechanischen Hilfsmittel unterstützt haben, herzlich bedanken.

Ein besonderer Dank gebührt der

**Lehrwerkstätten für Mechaniker, Basel**  
[www.lwbasel.ch](http://www.lwbasel.ch)

Ewald Bader, Betriebsassistent  
Josiane Renck, Konstrukteurin  
Marvin Geiger, Lernender der Konstruktion

**Bei der Hilfestellung vor Ort**  
**SBB-Servicestandort Basel**

Martin Richiger, Leiter Servicestandort Basel  
Andreas Rickli, Servicetechniker AVOR

## ▶ Anhang „Handlungs-Verfahrensanweisung“

### A.1.0 ▶ Ausrüstung, Mobil messen mittels Smartphones.

Die Untersuchungen wurden mit einem iPhones 5 von Apple durchgeführt.

**Voraussetzung** für das korrekte Funktionieren des einfachen Messsystems, mit einem Smartphones, sind folgende Punkte zu beachten:

A.1.1 Wenn Messungen mit dem im Smartphones eingebauten Mikrofon durchgeführt wird, muss sichergestellt werden, ob das Gerät sich für Messungen eignet. Die Tauglichkeit kann durch Vergleichsmessungen mit einem geprüften und geeichten Schallpegelmessgerät akustisch durchgeführt werden. Werden Abweichungen festgestellt, sind diese als Korrekturfaktoren festzuhalten und in die künftigen Messungen einbezogen.

A.1.2 Es ist von Vorteil, wenn ein externes Mikrofon angewendet wird. Denn ein externes Messmikrofon kann mit einem geeichten Sound-Calibrator und dem dazu passenden mechanischen Adapter auf einfache Art durchgeführt werden.

A.1.3 Es werden APP's aus der in grossen Anzahl angebotenen APPs, über iTunes suchen, herunter geladen. **z.B Analyzer, DSP Mobile.**

Bei der Auswahl der APP's ist darauf zu achten, dass die Mikrofon-Empfindlichkeit regulier- und kalibrierbar ist.

A.1.4 Eine Kalibrierung ist unabdingbar, sollte keine eigene Kalibriermöglichkeit vorhanden sein, kann das Smartphone mit dem ausgewählten APP's zur Kalibrierung an Firma Neukomm-Elektroakustik, Morystrasse 61, 4125 Riehen, Tel: 061 702 22 78 gesendet werden.



## A.2.0 Einspeisung der Messsignale am zu messenden Objekt

- A.2.1 Die Signale mit denen gemessen werden soll, z.B. Sinuston, Pinknoise oder STI-Signal, müssen entweder von einem zweiten Smartphones oder von einem externen Signalgeber erzeugt werden.
- A.2.2 Im Weiteren muss abgeklärt werden, wann wo und wie die Messsignale in den zu messende Pfad eingespeist werden können.  
Dabei sind verschiedene Einspeisemöglichkeiten und Arten gegeben, siehe im Bericht Pos.6.
- Elektrische Einspeisung bei der Leitstelle oder den Durchsagezentren.
  - Elektrische Einspeisung auf den Rechner im Fahrzeug.
  - Akustische Einspeisung über das Kommandomikrofon oder das Funktelefon, mit dem Mikrofon-Akustik-Koppler, beim Fahrzeugführer oder Zugsbegleiter.
- A.2.3 Es ist abzuklären, ob die Einspeisung der Messsignale direkt elektrisch-galvanisch, oder akustisch erfolgen soll.

## A.3.0 Wo und wie wird gemessen

- A.3.1 Der Ort, wo das Messmikrofon platziert wird, ist in Pos.11.6 des Berichtes beschrieben. Für die Schallpegel- und Frequenzgangmessung wird das Pinknoise-Signal eingespeist.

Für die **Sprachverständlichkeitsmessungen** wird das STIPA-Signal mit 60dB Schallpegel eingespeist. Die Umgebung muss akustisch ruhig sein und das Messmikrofon muss auf der Höhe einer sitzenden Person 125cm über dem Boden platziert werden. Bei stehenden Personen auf den Perrons wird 180cm über dem Boden gemessen.

- A.3.2 Damit bei den **Schallpegelmessungen** die störenden Hintergrund-Geräusche abgeschwächt werden kann und der Abstand vom Messmikrofon zum Einspiel-lautsprecher immer der Gleiche ist, wird das künstliche Ohr (akustischer Mikrofon-Messteller) angewendet.

A.3.3 Werden die Messungen an einem akustisch ruhigen Ort durchgeführt, so soll der Abstand vom Lautsprecher zum Messmikrofon konstant auf ca.10 cm platziert werden (Mikrofon-Boden-Stativ verwenden).

A.3.4 Das Messmikrofon oder das Smartphones kann auch auf Ohr-Höhe, einer sitzenden Person 125cm über dem Boden platziert werden. Der zumessende Raum muss akustisch absolut ruhig sein, sonst wird die Messung durch das störende Umgebungsgeräusch verfälscht.

Für Messungen mit Umgebungsgeräuschen sind professionelle Messgeräte nötig. Um diese bedienen zu können braucht es eine Fachpersonen mit einer entsprechenden Ausbildung.

#### **A.4.0 Protokollieren**

A.4.1 Jede Messung muss auf einem Messprotokoll Dokumentiert werden.

A.4.2 Die Messungen müssen in einem regelmässigen Zeitabstand wiederholt und mit den Vorgaben verglichen werden.

#### **A.4.3 Protokoll Inhalt**

- Datum
- Objekt und Ort der Messung.
- Welches Messsignal wurde eingespielt.
- Wo und wie wurde das Messsignal eingespielen.
- Die Messungen müssen in einem regelmässigen Zeitabstand wiederholt und mit den Vorgaben der Messwerte kontrolliert und verglichen werden.
- Mit welchem Smartphones wurde gemessen.
- Wurde ein Externes Mikrofon verwendet, wenn ja, welcher Typ.
- Mit welchem APP's wurde gemessen.
- Hatte die Kalibrierung stattgefunden, mit welchem Pegel.
- Name und Unterschrift der Prüfenden Person.
- Bemerkungen.

## **A.5.0 Störungsmeldung**

- A.5.1 Bei Störungsmeldungen oder Beanstandungen von Kunden, muss ohne zeitliche Verzögerung, bei der nächsten Gelegenheit eine Analyse, Messung durchgeführt werden.
- A.5.2 Bei abweichenden Messergebnissen müssen sofort Massnahmen zur Behebung der Störung eingeleitet werden.
- A.5.3 Wenn bei den Messungen mit dem iPhones festgestellt wird, dass die STI-Werte absolut ungenügend sind, ist bei der verantwortlichen Stelle zu intervenieren. Dasselbe gilt bei Schallpegel- und Klangunterschiede.