

Sachbearbeitung: Ernst Neukomm, Morystrasse 61 4125 Riehen
Telefon: 061 702 22 77 FAX: 061 702 22 77
neukomm.ernst@bluewin.ch

Bericht

Objekt: Verbesserung der Sprachverständlichkeit
für Hörbehinderte im öffentlichen Verkehr

Gegenstand: Sprachverständlichkeit der Kundeninformation
in Bahnwagen

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

Verfasser:

Ernst Neukomm
05.09.2009

Bericht: Sprachverständlichkeit der Kundeninformation in Bahnwagen**Inhaltsverzeichnis**

1	Einleitung und Ziel	4
1.1	Einleitung	4
1.2	Ziel und Zweck des Auftrages	4
1.3	Vorgaben	5
2	Zusammenfassung	7
2.1	Bestandsaufnahme	7
2.2	Zusammenfassung der Ergebnisse	8
2.2.1	Bahnwagen: IC 2000 DOSTO	8
2.2.2	Bahnwagen: FLIRT	9
2.2.3	Bahnwagen: DTZ	9
3	Allgemeine Beschreibung zur Durchführung der Messungen	10
3.1	Messmikrofonpositionen	10
3.2	STI- und RASTI-Messungen	10
3.3	STIPA-Messungen	11
3.3	Beispiel der NOR-Xfer 4.3 Transfersoftware	12
3.3.2	Beispiel der NOR 1034 STIPA Software Eingabemaske	13
4	Messung der Signalpegel	14
5	Grundgeräusch, Ansage- und Maskierungspegel	14
5.1	Frequenzanalyse von verschiedenen Fahrtgeräuschen	14
5.2	Diagramme der Frequenzanalysen von verschiedenen Fahrten mit DOSTO, DTZ und FLIRT	15
5.3	Ansagepegel	15
5.4	Maskierungsgeräusche	16
6	Mikrofon-Eichung	19
7	Nachhallmessungen	19
8	Hallradiusberechnung	20
9	Frequenzgangmessungen	20
10	Auswertung der Messungen	20
10.1	gemittelte Ergebnisse der Messungen im Bahnwagen IC 2000 DOSTO	20
10.2	gemittelte Ergebnisse der Messungen im Bahnwagen FLIRT	21
10.3	gemittelte Ergebnisse der Messungen im Bahnwagen DTZ	23

11	Nachhallzeitmessungen.....	24
11.1	Vergleich der Nachhallzeiten der Wagen DOSTO, FLIRT und DTZ.....	24
11.2	Diagrammdarstellung der Nachhallzeiten im Vergleich	24
12	Hallradius.....	25
12.1	Hallradiusvergleich der Wagen DOSTO, FLIRT und DTZ in Meter	25
12.2	Diagrammdarstellung des Hallradius im Vergleich	25
13	Frequenzgang elektrisch	26
13.1	Frequenzgang Vergleich der Wagen DOSTO, DTZ, FLIRT	26
13.2	Diagramm Frequenzgang in vergleichender Darstellung	27
14	Grundgeräuschpegel während der Fahrt auf der Strecke	27
15	Lautsprecher.....	28
16	Subjektive Beurteilung der Ansagequalität.....	29
17	Mess- und Prüfeinrichtung der nötigen Einspiellautstärken.....	30
18	Schlussbemerkung	30
18.1	Problemanalyse	30
18.2	MP2/MP3 Formate.....	30
18.3	Hot-Spots für Hörbehinderte.....	30
18.4	Lautsprecheranordnung bei der Beschaffung neuer Bahnwagen	30
18.5	Prüfmethode der Lautstärkeeinstellung in den Bahnwagen	30
18.6	Gegenüberstellung STI, RASTI und STIPA.....	30
19	Danksagung.....	31
A 1	Anhang	31
A 1.1	Gesamtübersicht der STI-Messungen	31
A 1.2	Nachhallzeitenmessungen in den Wagen DOSTO,FLIRT und DTZ.....	33
A 1.2.1	Nachhallzeiten über die Frequenz DOSTO	33
A 1.2.2	Nachhallzeiten über die Frequenz FLIRT	34
A 1.2.3	Nachhallzeiten über die Frequenz DTZ	34
A 1.3	Hallradiusberechnung der Fahrzeuge DOSTO, FLIRT und DTZ.....	34
A 1.3.1	Hallradiusberechnung Wagen DOSTO.....	34
A 1.3.2	Hallradiusberechnung Wagen FLIRT	35
A 1.3.3	Hallradiusberechnung Wagen DTZ	35
A 1.4	Glossar	36

1. Einleitung und Ziel

1.1 Einleitung

Seit dem 1. Januar 2004 ist das Behindertengleichstellungsgesetz (BehiG)¹ 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 VböV² hat der Bundesrat diese Aufgabe an das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) delegiert.

¹ Behindertengleichstellungsgesetz (BehiG, SR 151.3)

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

1.2 Ziel und Zweck des Auftrages

Die heutigen Vorschriften der VAböV³ halten lediglich fest, dass akustische Informationen im öV für Hörbehinderte gut verständlich sein müssen. Was "gut verständlich" genau heisst, wurde jedoch bislang nicht definiert. Diese Lücke soll mithilfe eines dreiteiligen Projektvorhabens geschlossen werden, unter anderem, damit die heute bestehende Rechtsunsicherheit beseitigt werden kann. Anhand der Ergebnisse des gesamten Projekts schlägt das BAV dem UVEK die nötigen Anpassungen der VAböV vor. Beim vorliegenden Bericht handelt es sich um Teil 2 des Projekts, der exemplarischen Bestandsaufnahme der Sprachverständlichkeit in ausgewählten, typischen SBB-Bahnwagen. Teil 1 beinhaltet die exemplarische Bestandsaufnahme auf Perrons von ausgewählten, typischen SBB-Bahnhöfen. Im dritten Teil sollen die möglichen Massnahmen für Höreingeschränkte evaluiert werden.

Erarbeitung eines Berichts zur Verbesserung der Sprachverständlichkeit für Hörbehinderte im öffentlichen Verkehr. Gegenstand: Sprachverständlichkeit der Kundeninformation in Bahnwagen

Das Projekt soll – gemäss Beschreibung – Messungen der Sprachverständlichkeit von Kundeninformationen in typischen Bahnwagen sowie deren Beurteilung beinhalten. Aus diesen sollen in einem Bericht Empfehlungen für die Anforderungen hörbehinderter Reisender – gegebenenfalls an so genannten Hot Spots in den Wagen – abgeleitet werden.

Derzeit ist völlig unklar, welcher Unterschied (Δ STI) hinsichtlich der objektiven Sprachverständlichkeit STI im Hot-Spot-Bereich von ausgewählten Sitzplätzen realisiert werden muss, um das gesteckte Ziel zu erreichen. Dabei wird der zu fordernde Δ STI-Wert zum einen vom STI-Niveau abhängen, das derzeit in den Bahnwagen vorhanden ist. Zum anderen werden die Art der Hörschädigung und das Alter der Personen den notwendigen Δ STI-Wert mitbestimmen.

1.3 Vorgaben

Für die Messungen und deren Analyse gelten folgende Vorgaben:

a. Messpunkte sind die Sitzplätze

Die Anzahl der zu messenden Sitzplätze richtet sich nach der Platzierung der eingebauten Lautsprecher. Die Messmikrophone sollen auf Ohrhöhe einer sitzenden Person, 1.25m über dem Boden, positioniert sein.

b. Raumakustik

- Nachhallzeitenmessungen in den nicht besetzten Wagen.

c. Lautsprecheranlage

- Frequenzgangmessung vom Audioeingang bis zum Lautsprecher
- Schalldruckverteilung für Direkt- und Indirektschallanteil, Hallradius.

e. Ermittlung der Pegelanpassung zwischen Geräuschpegel und Durchsagelautstärke bezüglich der Sprachverständlichkeit

- Sprachverständlichkeitsmessungen (ungekürztes STI-Verfahren)
- Sprachverständlichkeitsmessungen RASTI-Verfahren (optional)
- Sprachverständlichkeitsmessungen STIPA-Verfahren (optional)
- Sprachverständlichkeitsmessungen mit relevanten Geräuschpegeln

Es ist in stehenden Bahnwagen zu messen.

Die Grundgeräuschmessungen, welche während Fahrten mit digitalen Tonspeichern aufgezeichnet worden sind, werden bezüglich Frequenzspektrum und Schallpegel analysiert.

Subjektive Beurteilung der Klang- und Schallortungsqualität der Beschallungsanlage an den Messpunkten.

Es sind Messungen in den Kundenbereichen der folgenden Rollmaterial-Typen im unbelegten Zustand vorzunehmen: IC 2000 DOSTO (unteres Deck), FLIRT und DTZ (unteres Deck).



IC 2000 DOSTO (unteres Deck)
Dieser Doppelstockzug wird im nationalen Fernverkehr eingesetzt



DTZ (unteres Deck)
Dieser Doppelstocktriebzug wird auf dem Netz der S-Bahn Zürich eingesetzt



FLIRT

Dieser Zug wird mehrheitlich im nationalen Nahverkehr eingesetzt, teilweise auch im nationalen Fernverkehr

2. Zusammenfassung

Im Rahmen des Projektes „Verbesserung der Sprachverständlichkeit für Hörbehinderte im öffentlichen Verkehr“ wurden durch Messungen der Sprachverständlichkeit von Kundeninformationen und deren Beurteilung die Sprachverständlichkeit in typischen Bahnwagen einer Problemanalyse unterzogen.

2.1 Bestandsaufnahme:

Für die Verbesserung der Sprachverständlichkeit von Kundeninformationen für Hörbehinderte wurde im Sinne einer Bestandsaufnahme die Sprachverständlichkeit der Beschallungsanlagen in Form des STI-Wertes (Speech Transmission Index) in unterschiedlichen Bereichen dreier verschiedener Bahnwagen ermittelt. Diese Ermittlung dient als Grundlage für weitere Projektschritte, in denen nötigenfalls spezielle Bereiche in öffentlichen Verkehrsräumen – wie hier in Bahnwagen – eingerichtet werden müssen, die hörbehinderten Personen jeden Alters eine bestmögliche Sprachverständlichkeit gewährleisten.

Die Messungen zur Bestandsaufnahme wurden in den folgenden Bahnwagen durchgeführt:

- **IC 2000 DOSTO (unteres Deck)**
- **DTZ (unteres Deck)**
- **FLIRT**

Die Sprachverständlichkeitswerte STI (Speech Transmission Index) sind für ca. 95 Prozent der normal hörenden Personen zutreffend.

Die Zuordnung der STI-Werte zur erzielten Sprachverständlichkeit ist wie folgt:

STI-Werte (Bewertung nach der Norm für normal Hörende)

0,75-1,00	ausgezeichnet
0,60-0,75	gut
0,45-0,60	angemessen
0,30-0,45	schwach
0,00-0,30	schlecht

Bei den Messungen zur Bestimmung der „objektiven“ Sprachverständlichkeit wurden darüber hinaus die folgenden wichtigen elektroakustischen Größen erfasst:

- elektrischer Frequenzgang der Beschallungsanlage in jedem Bahnwagentyp
- Nachhallzeiterfassung und Hallradiusberechnung in unbesetzten Bahnwagen
- Störgeräuschsituation (Fahrtgeräusche) in den fahrenden Bahnwagen

Die Sprachverständlichkeit wurde ohne und mit verschiedenen lauten Fahrtgeräuschen in 10dB Stufen in stehenden Bahnwagen gemessen. Die Fahrtgeräusche wurden von CD über den diffus strahlenden Hochleistungslautsprecher „Dodekaeder“ von Norsonic abgespielt.

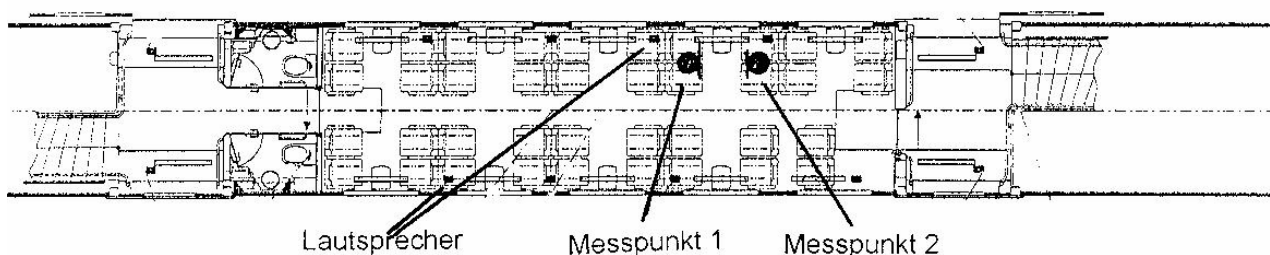
2.2 Zusammenfassungen der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Messungen in den drei Bahnwagen fallen erwartungsgemäss nicht sehr unterschiedlich aus. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

2.2.1 Bahnwagen: IC 2000 DOSTO (unteres Deck)

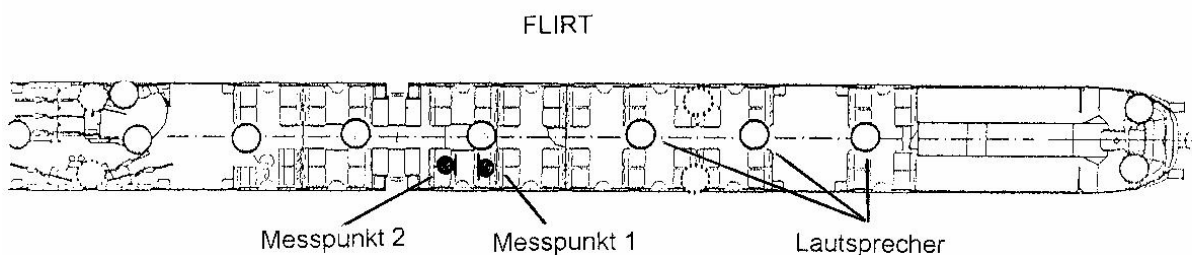
In den Lautsprecherbereichen aller Sitzplätze ist die Sprachverständlichkeit beim IC 2000 DOSTO mit und ohne Störgeräusch durchwegs gut bis ausgezeichnet. Mit zunehmendem Störgeräuschniveau nimmt die Sprachverständlichkeit jedoch erheblich ab. Die Werte der gemessenen Nachhallzeiten und der Hallradius sind bei diesem Wagentyp am besten. Die Oberflächen der Innenauskleidung sind mit schallabsorbierenden Materialien ausgelegt, auch die Fahrtgeräusche sind bei diesem Wagentyp am leisesten. Der Hörabstand zwischen den Lautsprechern und den einzelnen Plätzen ist geringfügig unterschiedlich.

IC 2000 DOSTO (Unterdeck)



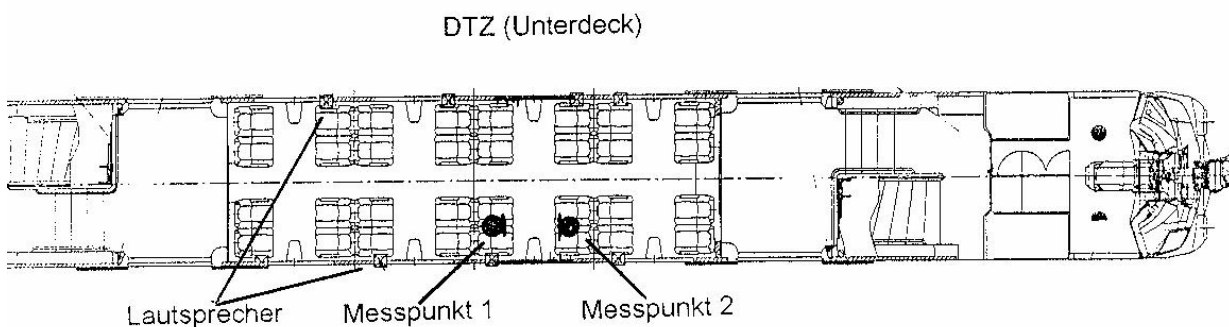
2.2.2 Bahnwagen: FLIRT

In den Lautsprecherbereichen aller Sitzplätze (inklusive der Plätze für Behinderte) ist die Sprachverständlichkeit mit und ohne Störgeräusch durchweg gut bis ausgezeichnet. Mit steigendem Störgeräuschniveau nimmt die Sprachverständlichkeit jedoch erheblich ab. Die Werte der gemessenen Nachhallzeiten und auch der Hallradius sind bei diesem Wagentyp nicht optimal. Der Fahrgastbereich ist sehr hallig und das Fahrgeräusch im Bereich der Antriebsmotoren auffallend laut. Die Lautsprecher sind an der Decke im Lichtband eingelassen. Die Verteilung der Lautsprecher ist nicht für alle Sitzplätze optimal. Der Hörabstand zwischen den Lautsprechern und den einzelnen Plätzen ist unterschiedlich. Dies wirkt sich negativ auf die Verständlichkeit aus.



2.2.3 Bahnwagen: DTZ (unteres Deck)

In den Lautsprecherbereichen aller Sitzplätze ist die Sprachverständlichkeit mit und ohne Störgeräusch durchwegs gut bis ausgezeichnet. Mit zunehmendem Störgeräuschniveau nimmt die Sprachverständlichkeit jedoch erheblich ab. Die Werte der gemessenen Nachhallzeiten und der Hallradius sind bei diesem Wagentyp nicht sehr gut. Das Fahrgeräusch ist in Abhängigkeit vom Ort der Beurteilung relativ laut. Die Lautsprecherverteilung ist ziemlich regelmässig. In einer Vierer-Sitzgruppe ist jedoch der Fahrgast im Vorteil, der am nächsten beim Lautsprecher sitzt. Auf den übrigen drei Plätzen, die vom Lautsprecher weiter entfernt sind, ist die Verständlichkeit schlechter.

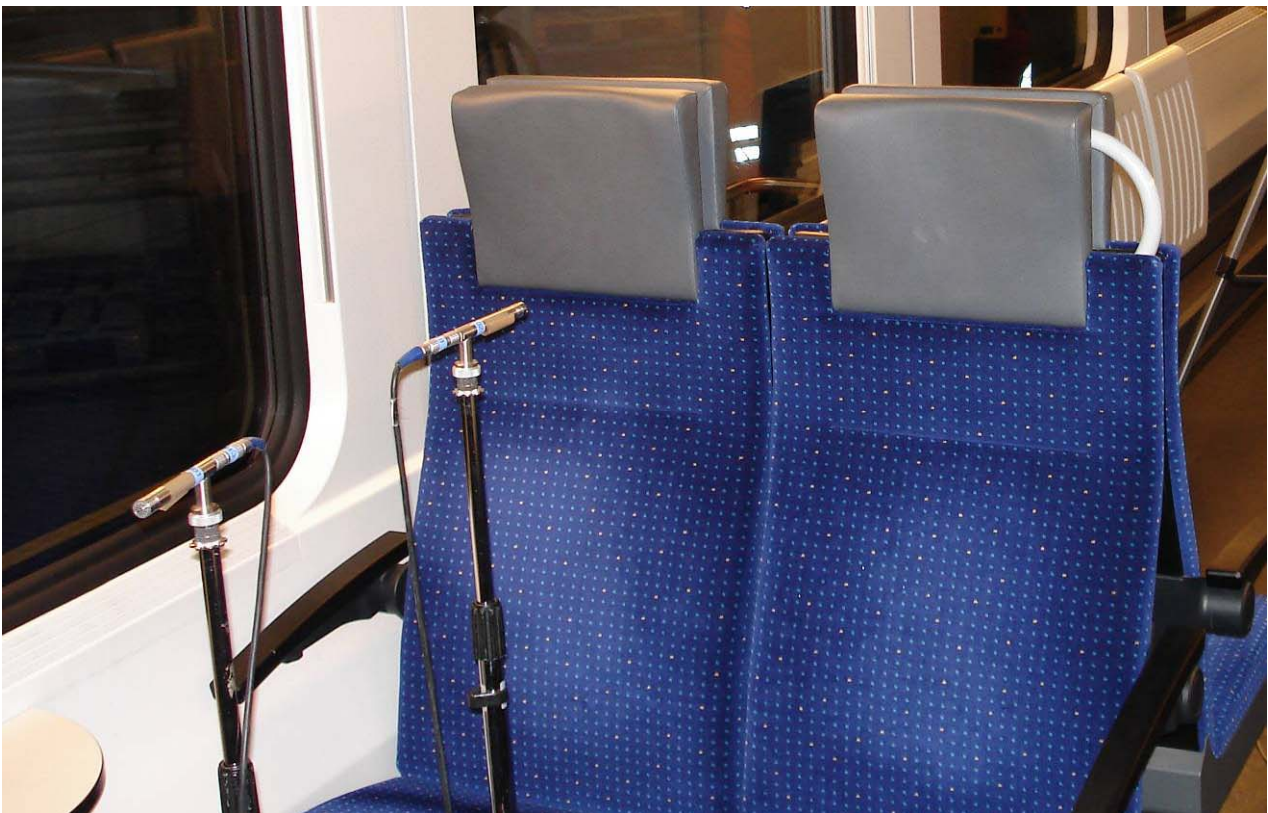


3. Allgemeine Beschreibung zur Durchführung der Messungen

Nachfolgend wird erläutert, in welcher Weise die Messungen gemäss dem Projektabschnitt der Ausschreibung durchgeführt wurden.

3.1 Messmikrofonpositionen

Bei allen Messungen waren die Mikrofone in einer Höhe von 1.25 m über dem Boden (Ohrhöhe einer sitzenden Person) zwischen zwei Sitzen positioniert.



3.2 STI- und RASTI- Messungen

Die breitbandigen STI- (Speech Transmission Index) und RASTI- (Rapid Speech Transmission Index) Werte wurden mit der PC-Software „Symphonie“ gemessen und vor Ort ausgewertet. Die Messungen wurden mit zwei Messmikrofonen durchgeführt. Dadurch konnten zwei Messungen gleichzeitig in unterschiedlicher Distanz zu den eingebauten Lautsprechern durchgeführt werden. (siehe auch Glossar)



Messcomputer mit der Software „Symphonie“ und dem Musikkoffer zum Einspeisen der Messsignale in das Beschallungsnetz der Wagen.

3.3 STIPA-Messungen

Die STIPA-Werte (Speech Transmission Index for Public Address Systems) wurden mit dem NOR 1034-Programm und dem integrierten Präzisionsschallpegelmesser Norsonic 140 der Klasse 1 gemessen. Die STIPA-Werte konnten während der Messung am Schallpegelmesser abgelesen und gespeichert werden.

Es gibt mehrere Hersteller, die Geräte für STIPA-Messungen (siehe auch Glossar) anbieten (z. B. NTI und Norsonic).

Mit der Transfersoftware NOR-Xfer 4.3 können die im Schallpegelmesser „Norsonic 140“ gespeicherten Daten zur STIPA Auswertungssoftware NOR 1034 übertragen werden.

3.3.1 Beispiel der NOR-Xfer 4.3 Transfersoftware, mit der die Daten der STIPA Messung aus dem Schallpegelmesser Norsonic 140 in die Auswertungssoftware NOR 1034 übertragen werden.

STIPA			
Octave	Mod.freq.	m	Speech Ls(dB)
125Hz			59.9
250Hz			52.9
	1 Hz	0.35	
	5 Hz	0.5	
500Hz			67.5
	0.63 Hz	0.9	
	3.15 Hz	0.87	
1.0kHz			56.1
	2 Hz	0.85	
	10 Hz	0.39	
2.0kHz			49.7
	1.25 Hz	1.01	
	6.3 Hz	0.6	
4.0kHz			42.1
	0.8 Hz	0.93	
	4 Hz	0.71	
8.0kHz			24.6
	2.5 Hz	0.51	
	12.5 Hz	0.29	
A			64.9
STI			0.67
		Good	

3.3.2 Beispiel der NOR 1034 STIPA Software Eingabemaske

Octave	Mod [Hz]	m	Ls [dB]	Ln [dB]
125 Hz			62.7	-20
250 Hz			56.8	-20
	1	0.7		
	5	0.6		
500 Hz			65.9	-20
	0.63	0.88		
	3.15	0.74		
1 kHz			57.6	-20
	2	0.93		
	10	0.51		
2 kHz			50.3	-20
	1.25	0.9		
	6.3	0.35		
4 kHz			43.4	-20
	0.8	0.91		
	4	0.66		
8 kHz			27.4	-20
	2.5	0.42		
	12.5	0.14		

Male

STIr = 0.65

**Bahnwagen
Flirt
2009-06-22**

Die Auswertungssoftware NOR 1034 besitzt eine offene Architektur, dadurch können alle relevanten Parameter wie Nachhall, Grundgeräuschpegel und psychoakustische Modelle mit den Hörkurven auf einfache Art verändert werden.

4. Messung der Signalpegel

Die zur Messung benötigten Audiosignale wurden über die Audioschnittstellen der verschiedenen Systeme der Bahnwagen eingespeist.

Die maximal Leistung und somit maximale Lautstärke der einzelnen Bahnwagenverstärkeranlagen waren bei diesen Untersuchungen nicht von Bedeutung, da die in den Bahnwagen eingebauten Leistungsverstärker und Lautsprecher genügend grosse Reserven aufweisen.

Beim FLIRT sind zur automatischen Lautstärkeregelung der Durchsagen zwei Mikrofone fest installiert. Diese verändern je nach Höhe des Fahrtgeräuschpegels die Lautstärke der Wiedergabe der Durchsagen. Diese Mikrofone wurden während den Messungen ausgeschaltet.

Der Lautstärke der Zuspielpegel der Sendesignale betrug bei allen Messsystemen an den Messpunkten jeweils L_{max} . 60dB(A,S).

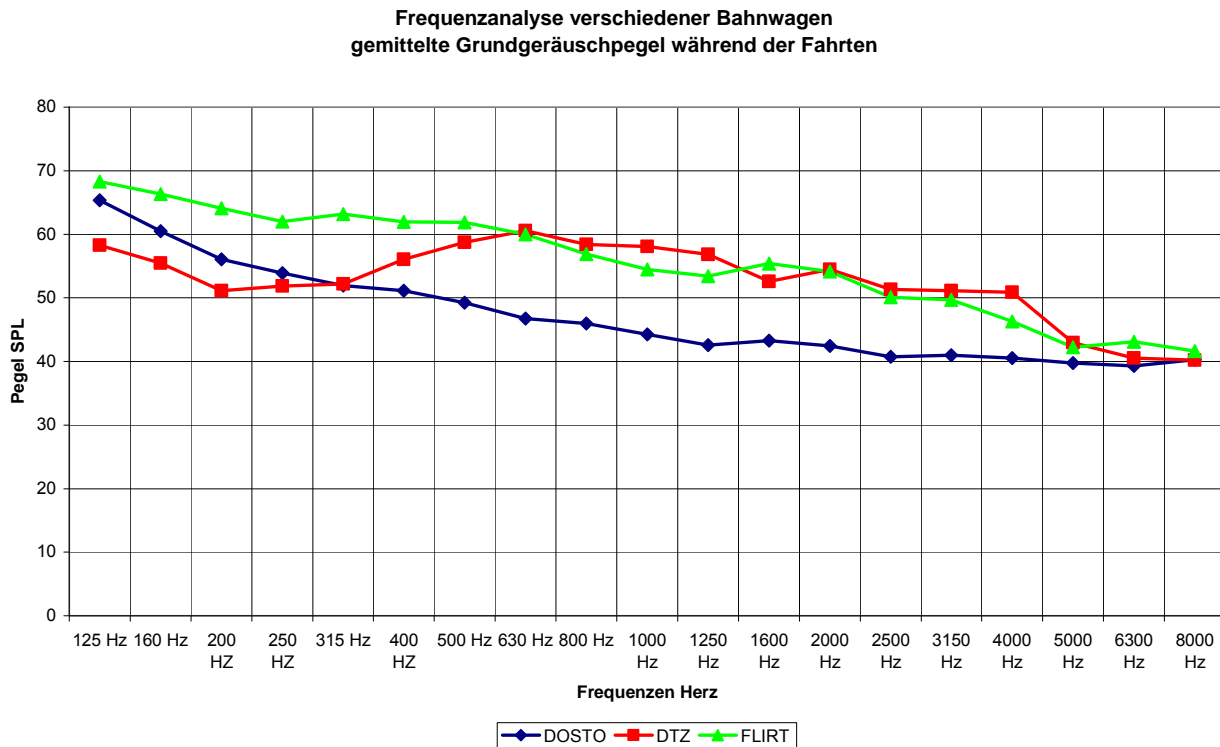
5. Grundgeräusch, Ansage- und Maskierungspegel

5.1 Frequenzanalysen von verschiedenen Fahrtgeräuschen

Vergleichstabelle der Geräuschpegel während verschiedener Fahrten, gemittelt

	DOSTO	DTZ	FLIRT
125 Hz	65.3	58.2	68.2
160 Hz	60.5	55.4	66.3
200 HZ	56.0	51.1	64.1
250 HZ	53.9	51.8	62.0
315 Hz	51.9	52.2	63.1
400 HZ	51.1	56.0	61.9
500 Hz	49.2	58.7	61.8
630 Hz	46.7	60.5	60.0
800 Hz	45.9	58.4	56.9
1000 Hz	44.2	58.0	54.5
1250 Hz	42.5	56.8	53.4
1600 Hz	43.2	52.6	55.4
2000 Hz	42.4	54.5	54.1
2500 Hz	40.7	51.3	50.0
3150 Hz	41.0	51.1	49.7
4000 Hz	40.5	50.8	46.3
5000 Hz	39.7	42.9	42.2
6300 Hz	39.2	40.5	43.0
8000 Hz	40.2	40.2	41.6

5.2 Diagramme der Frequenzanalysen von verschiedenen Fahrten mit DOSTO, DTZ und FLIRT



5.3. Ansagepegel

Die Ansagepegel wurden auf Fahrten in verschiedenen Bahnwagen aufgezeichnet, gemessen und bewertet. Ist die Schallpegeldifferenz zwischen dem Ansagepegel und dem Störschallpegel kleiner als ca. 12dB wird die Sprachverständlichkeit erheblich gestört.

Beispiele:

Der gemittelte Schallpegel der Testansage aus dem Rechner im FLIRT betrug L_{max} 66 dB(A, S). Bei den Wagen DOSTO und DTZ konnten während der Messungen in den Unterhaltszentren keine Testansagen vom Rechner aus abgespielt werden.

Im **DOSTO-Wagen** wurde der Ansagepegel bei stehendem Zug mit folgendem Text gemessen:

„Das Zugteam der SBB begrüsst Sie im Interregio nach Stein-Säckingen, Frick, Brugg, Zürich Hauptbahnhof und wünscht Ihnen eine angenehme Reise. Nächster Halt: Rheinfelden.“

Anschliessend wurde der gleiche Text in Französisch von einer anderen Sprecherin gesprochen. Der Pegel der deutschen Ansage betrug L_{max} 72.8 dB(A, S), der Pegel der französischen Ansage am selben Sitzplatz L_{max} 83.9 dB(A, S).

Die französische Ansage war deutlich lauter und hatte mehr Höhen- und Präsenzanteile als die deutsch gesprochene Ansage.

Bei einer anderen Stationsansage am selben Sitzplatz betrug der Pegel L_{max} 70.9 dB(A, S).
„Nächster Halt: Rheinfelden“.

Bei einer Fahrt im **DTZ** betrug der Ansagepegel L_{max} 70.0 dB(A, S).
„Nächster Halt: Neuenhof“.

5.4 Maskierungsgeräusche

Die Maskierungsgeräusche wurden vor den eigentlichen Messungen bei verschiedenen Bahnfahrten digital mit einem DAT-Recorder aufgezeichnet. Diese wurden dann mit der Audio-Bearbeitungs-Software „ADOBE AUDITION 3“ in Tonsequenzen umgewandelt und auf CD gebrannt.



Linker Sitz: Musikeinspielkoffer der SBB, rechter Sitz: CD-Spieler „Revox“ und Leistungsverstärker zur Einspielung der Maskierungsgeräusche



Einspeiseanschluss für den Musikkoffer der SBB, Steckerbelegung nach UIC Kodex 568 VE. Dieser Anschluss ist im IC 2000 DOSTO und im FLIRT vorhanden. Beim DTZ fehlt er.



Während der Messungen wurden die Fahrtgeräusche über den diffusen Messlautsprecher „Dodekaeder“ von Norsonic abgespielt. Die Kalibrierung der Einspiellautstärke wurde mit dem geeichten Schallpegelmessgerät „Norsonic 140“ vorgenommen.

6. Mikrofon-Eichung

Alle Messmikrofone wurden vor den Messungen mit dem geeichten „Pistophon-Norsonic“ kalibriert.

7. Nachhallmessungen

Die Messung der Nachhallzeit erfolgte gemäss DIN EN ISO 3382-2 mit Hilfe der Raumanregung durch eine separate Schallquelle. Dabei kam die Methode MLS aus der Impulsantwort mit der Schroederschen Rückwärtsintegration zum Einsatz.



Die Anregung erfolgte über den Hochleistungslautsprecher „Dodekaeder“ von Norsonic. Die Messungen und Auswertungen erfolgten mit Hilfe des PC-Programms von „Symphonie“.

8. Hallradiusberechnung

Der Hallradius wurde ohne Berücksichtigung des Bündelungsmasses der Lautsprecher jeweils auf Grund der gemessenen Nachhallzeiten berechnet.

9. Frequenzgangmessungen

Der Frequenzgang der Anlage wurde mit dem Grafik-Pegelschreiber „Neutrik 3302“ mit gleitendem Sinuston gemessen. Für eine exakte STI-Messung wird eine Frequenz- und Dynamik-Linearität der Wiedergabeanlage verlangt.

10. Auswertung der Messungen

Detaillierte Gegenüberstellungen der STI-Werte siehe Anhang A1.1

10.1 Gemittelte Ergebnisse der Messungen im Bahnwagen IC 2000 DOSTO

DOSTO ohne Fahrtgeräusch gemittelt	
DOSTO ohne Fahrtgeräusch	
STI	0.75
Zuordnung	ausgezeichnet
DOSTO ohne Fahrtgeräusch	
RASTI	0.75
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet
DOSTO ohne Fahrtgeräusch	
STIPA	0.78
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet

DOSTO mit Fahrtgeräusch gemittelt	
DOSTO mit Fahrtgeräusch 53 dB(A,S)	
STI	0.74
Zuordnung der STI-Werte	gut
DOSTO mit Fahrtgeräusch 53 dB(A,S)	
RASTI	0.75
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet

DOSTO mit Fahrtgeräusch 63 dB(A,S)	
STI	0.71
Zuordnung der STI-Werte	gut
DOSTO mit Fahrtgeräusch 63 dB(A,S)	
RASTI	0.73
Zuordnung der STI-Werte	gut

DOSTO mit Fahrtgeräusch 73 dB(A,S)	
STI	0.63
Zuordnung der STI-Werte	gut
DOSTO mit Fahrtgeräusch 73 dB(A,S)	
RASTI	0.64
Zuordnung der STI-Werte	gut

DOSTO mit Fahrtgeräusch 53 dB(A,S)	
STIPA	0.77
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet

DOSTO mit Fahrtgeräusch 62 dB(A,S)	
STIPA	0.73
Zuordnung der STI-Werte	gut

10.2 Gemittelte Ergebnisse der Messungen im Bahnwagen FLIRT

FLIRT ohne Fahrtgeräusch gemittelt	
FLIRT ohne Fahrtgeräusch	
STI	0.73
Zuordnung	gut

FLIRT ohne Fahrtgeräusch	
RASTI	0.75
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet

FLIRT ohne Fahrtgeräusch	
STIPA	0.67
Zuordnung der STI-Werte	gut

FLIRT mit Fahrtgeräusch gemittelt	
FLIRT mit Fahrtgeräusch 53 dB(A,S)	
STI	0.74
Zuordnung der STI-Werte	gut
FLIRT mit Fahrtgeräusch 53 dB(A,S)	
RASTI	0.75
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet
FLIRT mit Fahrtgeräusch 53 dB(A,S)	
STIPA	0.65
Zuordnung der STI-Werte	gut
FLIRT mit Fahrtgeräusch 63 dB(A,S)	
STI	0.67
Zuordnung der STI-Werte	gut
FLIRT mit Fahrtgeräusch 63 dB(A,S)	
RASTI	0.76
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet
FLIRT mit Fahrtgeräusch 63 dB(A,S)	
STIPA	0.67
Zuordnung der STI-Werte	gut
FLIRT mit Fahrtgeräusch 73 dB(A,S)	
STI	0.64
Zuordnung der STI-Werte	gut
FLIRT mit Fahrtgeräusch 73 dB(A,S)	
RASTI	0.75
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet
FLIRT mit Fahrtgeräusch 73 dB(A,S)	
STIPA	0.67
Zuordnung der STI-Werte	gut

10.3 Gemittelte Ergebnisse der Messungen im Bahnwagen DTZ

DTZ ohne Fahrtgeräusch gemittelt	
DTZ ohne Fahrtgeräusch	
STI	0.84
Zuordnung	ausgezeichnet
DTZ ohne Fahrtgeräusch	
RASTI	0.82
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet
DTZ ohne Fahrtgeräusch	
STIPA	0.68
Zuordnung der STI-Werte	gut

DTZ mit Fahrtgeräuschen gemittelt	
DTZ mit Fahrtgeräusch 50 dB (A,S)	
STI	0.82
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet
DTZ mit Fahrtgeräusch 60 dB (A,S)	
STI	0.76
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet
DTZ mit Fahrtgeräusch 70 dB(A,S)	
STI	0.67
Zuordnung der STI-Werte	gut

DTZ mit Fahrtgeräusch 50 dB(A,S)	
RASTI	0.83
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet
DTZ mit Fahrtgeräusch 60 dB(A,S)	
RASTI	0.83
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet
DTZ mit Fahrtgeräusch 70 dB(A,S)	
RASTI	0.81
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet

DTZ mit Fahrtgeräusch 50 dB(A,S)	
STIPA	0.64
Zuordnung der STI-Werte	gut
DTZ mit Fahrtgeräusch 60 dB(A,S)	
STIPA	0.64
Zuordnung der STI-Werte	gut
DTZ mit Fahrtgeräusch 70 dB(A,S)	
STIPA	0.44
Zuordnung der STI-Werte	schwach

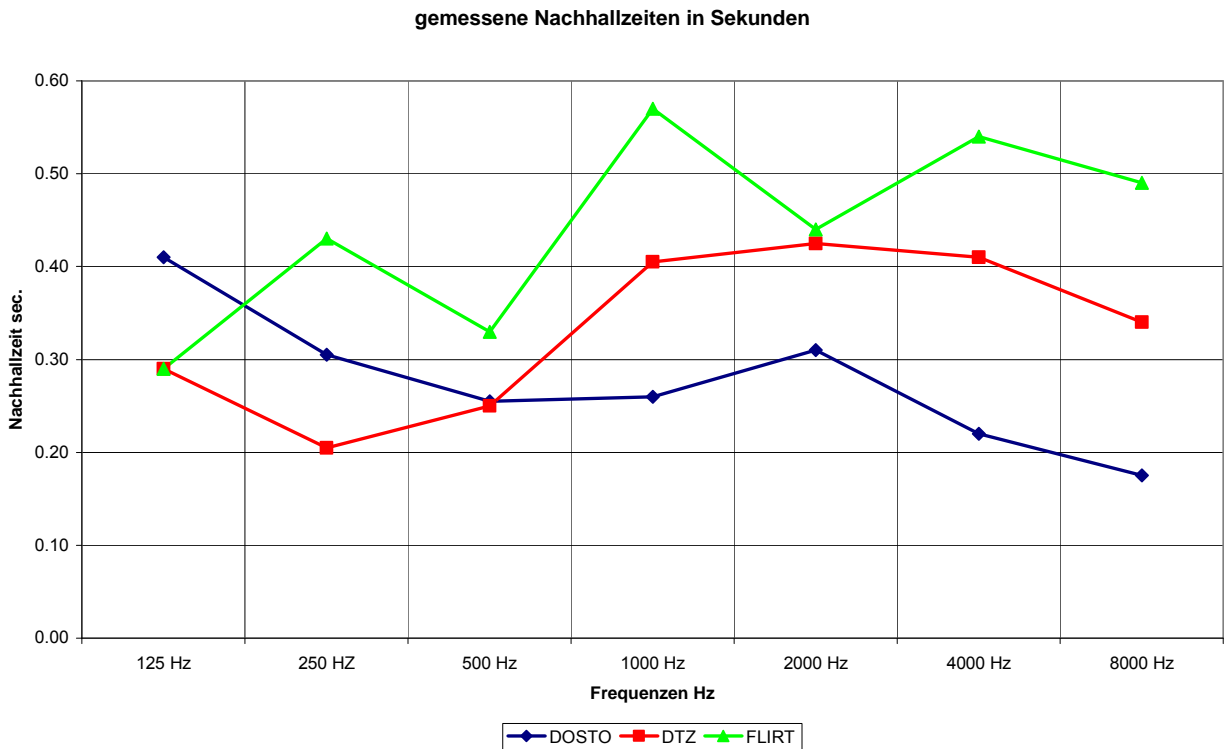
11. Nachhallzeitmessungen

Detaillierte Ergebnisse der Messpositionen 1 und 2 siehe Anhang A1.2

11.1 Vergleich der Nachhallzeiten der Wagen DOSTO, FLIRT, DTZ in S

	DOSTO	FLIRT	DTZ
125 Hz	0.41	0.29	0.29
250 HZ	0.31	0.43	0.21
500 Hz	0.26	0.33	0.25
1000 Hz	0.26	0.57	0.41
2000 Hz	0.31	0.44	0.43
4000 Hz	0.22	0.54	0.41
8000 Hz	0.18	0.49	0.34

11.2 Diagrammdarstellung der Nachhallzeiten im Vergleich



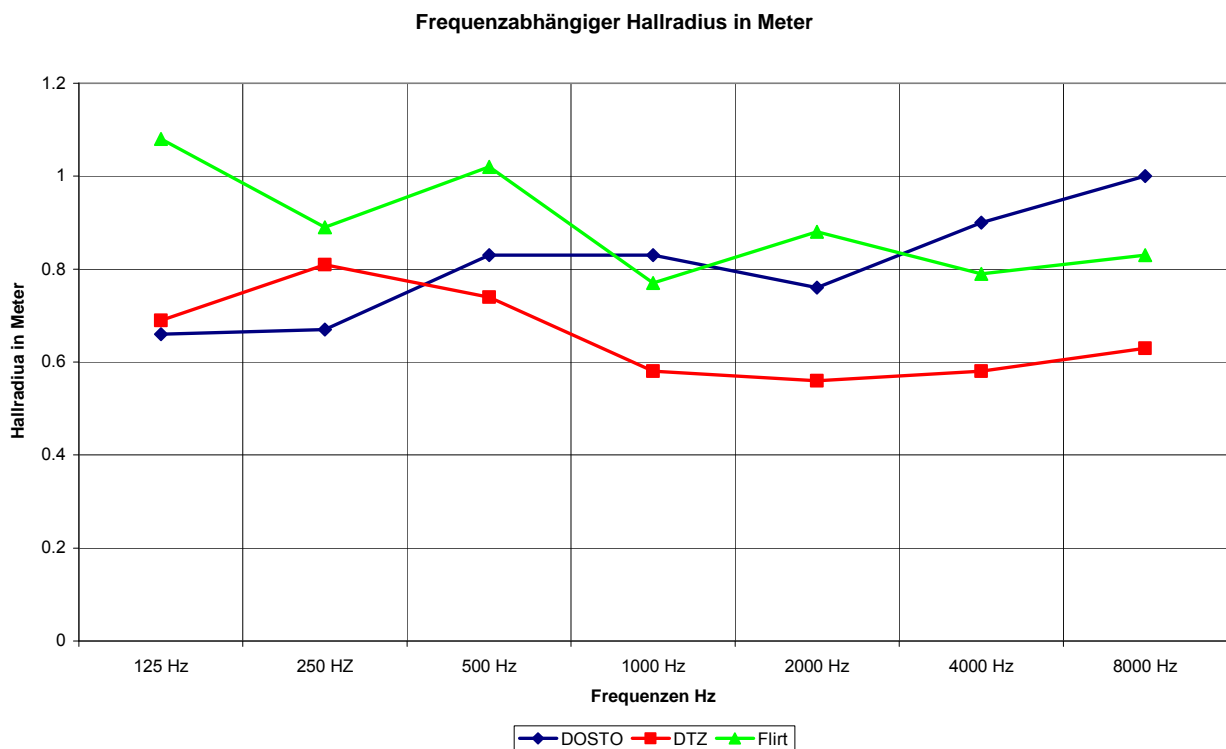
12. Hallradius

Detaillierte Ergebnisse der Messpositionen 1 und 2, siehe Anhang A1.3

12.1 Hallradiusvergleich der Wagen DOSTO, FLIRT und DTZ in Meter

	DOSTO	FLIRT	DTZ
125 Hz	0.66	1.08	0.69
250 HZ	0.67	0.89	0.81
500 Hz	0.83	1.02	0.74
1000 Hz	0.83	0.77	0.58
2000 Hz	0.76	0.88	0.56
4000 Hz	0.9	0.79	0.58
8000 Hz	1	0.83	0.63

12.2 Diagrammdarstellung des Hallradius im Vergleich

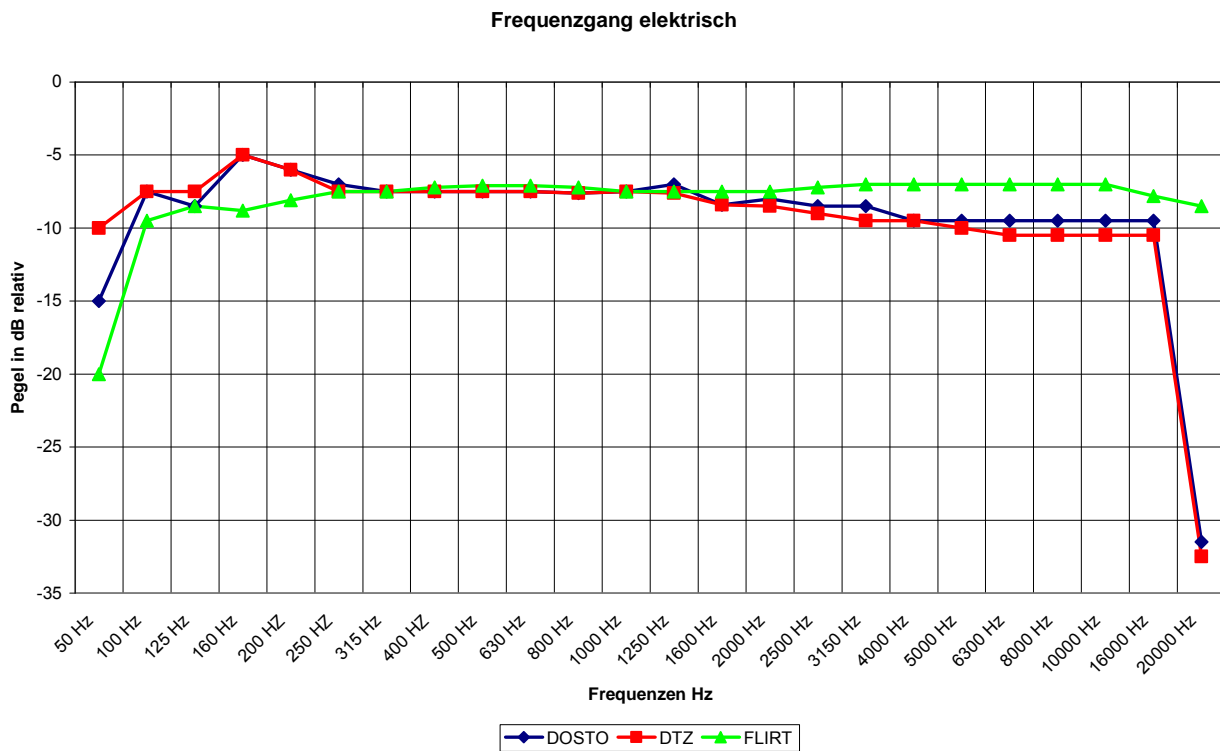


13. Frequenzgang elektrisch

13.1 Frequenzgang Vergleich der Wagen DOSTO, DTZ, FLIRT

	DOSTO	DTZ	FLIRT
50 Hz	-15.0	-10.0	-20.0
100 Hz	-7.5	-7.5	-9.5
125 Hz	-8.5	-7.5	-8.5
160 Hz	-5.0	-5.0	-8.8
200 HZ	-6.0	-6.0	-8.1
250 HZ	-7.0	-7.5	-7.5
315 Hz	-7.5	-7.5	-7.5
400 HZ	-7.5	-7.5	-7.2
500 Hz	-7.5	-7.5	-7.1
630 Hz	-7.5	-7.5	-7.1
800 Hz	-7.6	-7.6	-7.2
1000 Hz	-7.5	-7.5	-7.5
1250 Hz	-7.0	-7.6	-7.5
1600 Hz	-8.4	-8.4	-7.5
2000 Hz	-8.0	-8.5	-7.5
2500 Hz	-8.5	-9.0	-7.2
3150 Hz	-8.5	-9.5	-7.0
4000 Hz	-9.5	-9.5	-7.0
5000 Hz	-9.5	-10.0	-7.0
6300 Hz	-9.5	-10.5	-7.0
8000 Hz	-9.5	-10.5	-7.0
10000 Hz	-9.5	-10.5	-7.0
16000 Hz	-9.5	-10.5	-7.8
20000 Hz	-31.5	-32.5	-8.5

13.2 Diagramm Frequenzgang in vergleichender Darstellung



14. Grundgeräuschpegel während der Fahrt auf der Strecke (keine Weichenüberfahrten)

Grundgeräuschpegel während der Fahrt auf gerader Strecke, gemittelt

DOSTO	62.4 dB (A)S
DTZ	64.0 dB (A)S
FLIRT	67.7 dB (A)S

15. Lautsprecher

Die in den Wagen eingebauten Lautsprecher sind offen und verfügen nur über geringe akustische Massnahmen. Die Lautsprecher-Chassis sind nicht staubgeschützt, so dass die Klangqualität durch Verschmutzung im Laufe der Jahre immer weiter abnimmt. Auf Lautsprechern und Beleuchtungsverkleidungen liegt grundsätzlich sehr viel Staub, was die Sprachverständlichkeit beeinträchtigt. Der SBB wird daher empfohlen, entweder Staubschutzelemente zu montieren oder aber periodisch (z.B. halbjährlich) eine gründliche Reinigung der Lautsprecheranlagen vorzunehmen.

Trotz zum Teil sehr kleiner Schallöffnungen ist die Abstrahlleistung ausreichend. Die untere Grenzfrequenz liegt bei ca. 125 Hz – dies genügt für die Wiedergabe einer Frauenstimme. Für die Wiedergabe einer Männerstimme müsste die untere Grenzfrequenz bei ca. 80 Hz liegen, für die Wiedergabe einer tiefen Männerstimme wäre eine solche Frequenzeinengung problematisch.



Lautsprecher im IC 2000 DOSTO (nicht Staubgeschützt)



Lautsprecher im DTZ mit Schlitzabdeckung (mechanisch geschützt)

16. Subjektive Beurteilung der Ansagequalität

Die Qualität der Ansagen ist nicht konstant optimal. Abweichungen in der Qualität sind jedoch nicht auf Fehler bei der Originaltonaufnahme der Sprache zurückzuführen. Diese werden in einem professionellen Tonstudio mit grosser Sorgfalt aufgenommen und anschliessend in CD-Qualität (Wav-Dateien) zur weiteren Verarbeitung an die SBB geliefert. Die SBB-Dienststelle (Division Personenverkehr, Abteilung Operating) kopiert und codiert die Tonaufnahmen mit den Fahrtdaten. Diese werden mittels Flashcard im datenreduzierten Format MP2/MP3 zu den Fahrzeugen übertragen.

Die festgestellten Tonqualitätseinbussen sind auf die datenreduzierten Systeme zurückzuführen.

Die Lautstärke- und Klangunterschiede zwischen den deutschen und den französischen Ansagen sind sehr störend (siehe 5.3). Allerdings sind die technischen Voraussetzungen vorhanden, um die deutschen Ansagen generell lauter einzuspielen. Dies würde zu einem besseren Verstehen der Kundeninformationen auch bei älteren, noch nicht schwerhörigen Menschen beitragen.

Eine sehr schlechte Qualität ist dann gegeben, wenn der Zugführer die Durchsagen selber sprechen muss. Ihm steht nur ein Telefonhörer (Mikrotel) mit einem minderwertigen Mikrofon zur Verfügung. Die deutlich hörbaren Griffgeräusche sowie die Luftgeräusche bei der Übertragung von Explosivlauten (P, Q, T, K) sind besonders störend. Sollten in Zukunft vermehrt Durchsagen durch den Zugführer erfolgen, müssten gründliche sprecherische Ausbildungen durchgeführt und technische Voraussetzungen verbessert werden.

17. Mess- und Prüfeinrichtung der nötigen Einspiellautstärken

In den Servicecentern der SBB stehen keine professionellen Audio-Messeinrichtungen für Tests zur Verfügung. Ansagelautstärke und Qualitätskontrolle werden nach Gehör auf ihre Funktionstauglichkeit getestet. Als kostengünstige Massnahme, die weitaus professionellere Ergebnisse erzielen würde, sei der SBB empfohlen, die Rechner, auf denen die Audiodaten abgespielt werden, ein farbiges oder Sprache simulierendes Rauschen wiedergeben zu lassen und die Pegel mit einem einfachen preisgünstigen Schallpegelmessgerät zu messen.

18. Schlussbemerkung

- 18.1 Grundsätzlich hat die **Problemanalyse** gezeigt, dass die Hardware (Beschallungsanlagen) in den gemessenen Wagen in ihrer Qualität für normal hörende Kunden gut bis ausgezeichnet ist.
- 18.2 Verbesserungen sind bei der Verarbeitung und der Übertragung von Audiodaten auf die datenreduzierten **MP2/MP3 Formate** möglich. Es bleibt zu hoffen, dass sich in Zukunft die Speicherkapazitäten weiter erhöhen, sodass keine Datenreduktion mehr erforderlich ist.
- 18.4 Wie sich die jetzige Situation auf schwerhörige Menschen auswirkt, wird in einem der nächsten Projektschritte untersucht. Ob es sinnvoll ist, in Bahnwagen **Hot-Spots für Hörbehinderte** einzurichten, wird sicher ein Teil dieser Untersuchungen sein.
- 18.5 **Bei der Beschaffung neuer Bahnwagen** sollte ein Konzept für die **Lautsprecheranordnung** im Pflichtenheft grundsätzlich enthalten sein.
- 18.6 Die **Prüfmethode der Lautstärkeinstellung in den Bahnwagen** bedarf einer Standardisierung. Die dazu nötigen einfachen **Messeinrichtungen (Rauschgenerator, Schallpegelmessgerät und Messvorschrift)** sollten in den Unterhaltszentren zum Einsatz kommen. Die Lautstärke der einzelnen Lautsprecher sollte regelmässig geprüft werden.
- 18.7 Die **Gegenüberstellung** der Messverfahren **STI** (Breitband-Speech Transmission Index), **RASTI** (Room Acoustic Speech Transmission Index) und **STIPA** (Speech Transmission Index for Public Address Systems) zeigten nur kleine Unterschiede. Das RASTI-Verfahren wird heute nur noch bei der Deutschen Bahn angewendet. Es handelt sich jedoch um ein veraltetes Verfahren. Besser und einfacher wäre es, in Zukunft nur noch das **STIPA-Verfahren** anzuwenden.

19. Danksagung

Ich möchte mich bei allen Beteiligten, welche mir in organisatorischen Fragen und mit Fachauskünften zur Verfügung standen, herzlich bedanken.

Ein besonderer Dank gebührt den Servicetechnikern der Unterhaltszentren Reiseverkehr (UZR) der SBB, welche mit grossem Einsatz und Fachwissen zum guten Gelingen der Messungen beigetragen haben. Dies betrifft Noah Kellerhals, Basel, und Martin Christen, Winterthur, sowie Christoph Kündig und Markus Chmiel von der Firma Siemens. Anton Scheidegger, Schweizerische Fachstelle Behinderte und öffentlicher Verkehr, BÖV und Martin Sutter, EMIcon GmbH, Basel.

A 1 Anhang

A 1.1 Gesamtübersicht der STI-Messungen

DOSTO ohne Fahrtgeräusch	MP 1	MP 2	MP 1	MP2
STI	0.74	0.75	0.74	0.75
Zuordnung	gut	ausgezeichnet	gut	ausgezeichnet
DOSTO ohne Fahrtgeräusch	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2
RASTI	0.74	0.75	0.74	0.75
Zuordnung der STI-Werte	gut	ausgezeichnet	gut	ausgezeichnet
DOSTO ohne Fahrtgeräusch	MP 1	MP 1	MP 2	MP 2
STIPA	0.79	0.78	0.78	0.78
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet
DOSTO ohne Fahrtgeräusch	MP 2	MP 2		
STIPA	0.78	0.78		
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet	ausgezeichnet		

DOSTO mit Fahrtgeräusch	HGR 53 dB(A) MP1	HGR 53 dB(A) MP2	HGR 53 dB(A)/2 MP1	HGR 53 dB(A) MP2
STI	0.74	0.75	0.73	0.74
Zuordnung der STI-Werte	gut	ausgezeichnet	gut	gut
DOSTO mit Fahrtgeräusch	HGR 53 dB(A)	HGR 53 dB(A)	HGR 53 dB(A)/2	HGR 53 dB(A)
RASTI	0.74	0.75	0.74	0.75
Zuordnung der STI-Werte	gut	ausgezeichnet	gut	ausgezeichnet
DOSTO mit Fahrtgeräusch	HGR 63dB(A) MP 1	HGR 63dB (A) MP 2	HGR 63dB (A) MP 1	HGR 63dB (A) MP 2
STI	0.7	0.71	0.7	0.71
Zuordnung der STI-Werte	gut	gut	gut	Gut

DOSTO mit Fahrtgeräusch	HGR 63dB(A)	HGR 63dB (A)	HGR 63dB (A)	HGR 63dB (A)
RASTI	0.72	0.73	0.72	0.73
Zuordnung der STI-Werte	gut	gut	gut	Gut

DOSTO mit Fahrtgeräusch	HGR 73dB (A)	HGR 73dB (A)
	MP 1	MP 2
STI	0.63	0.62
Zuordnung der STI-Werte	gut	gut
DOSTO mit Fahrtgeräusch	HGR 73dB (A)	HGR 73dB (A)
RASTI	0.63	0.65
Zuordnung der STI-Werte	gut	gut

STIPA mit Fahrtgeräusch	HGR 53 dB(A)	HGR 53 dB(A)	HGR 62 dB (A)	HGR 62 dB (A)
	0.76	0.77	0.69	0.77
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet	ausgezeichnet	gut	ausgezeichnet

FLIRT ohne Fahrtgeräusch	HGR 46 dB(A)	HGR 46 dB(A)	Lüftung	
	MP 1	MP 2		
STI	0.73	0.72		
Zuordnung	gut	gut		
FLIRT ohne Fahrtgeräusch	MP 1	MP 2		
RASTI	0.75	0.75		
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet	ausgezeichnet		
FLIRT ohne Fahrtgeräusch	MP 3	MP 3	MP 3	MP 3
STIPA	0.67	0.69	0.65	0.66
Zuordnung der STI-Werte	gut	gut	gut	gut

FLIRT mit Fahrtgeräusch	HGR 53 dB(A)	HGR 63 dB(A)	HGR 63 dB(A)/2	HGR 73 dB(A)
	MP1	MP1	MP1	MP1
STI	0.74	0.66	0.67	0.64
Zuordnung der STI-Werte	gut	gut	gut	gut
FLIRT mit Fahrtgeräusch	HGR 53 dB(A)	HGR 63 dB(A)	HGR 63 dB(A)/2	HGR 73 dB(A)
	MP1	MP1	MP1	MP1
RASTI	0.75	0.75	0.76	0.75
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet
FLIRT mit Fahrtgeräusch	HGR 53 dB(A)	HGR 63 dB(A)	HDG 73 dB(A)	
	MP 1	MP 1	MP 4 Behindertensitz	
STIPA	0.65	0.67	0.62	
Zuordnung der STI-Werte	gut	gut	gut	

DTZ ohne Fahrtgeräusch	HGR 40 dB(A)	HGR 40 dB(A)	HGR 40 dB(A)	HGR 40 dB(A)
	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2
STI	0.84	0.84	0.83	0.84
Zuordnung	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet
DTZ ohne Fahrtgeräusch	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2
RASTI	0.82	0.83	0.82	0.82
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet
DTZ ohne Fahrtgeräusch	MP 1	MP 2	MP 1	MP 2
STIPA	0.68	0.67	0.7	0.66

Zuordnung der STI-Werte	gut	gut	gut	gut
-------------------------	------------	------------	------------	------------

DTZ mit Fahrtgeräusch	HGR 50 dB(A)	HGR 50 dB(A)	HGR 60 dB(A)	HGR 60 dB(A)
	MP1	MP2	MP1	MP2
STI	0.82	0.82	0.76	0.75
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet
DTZ mit Fahrtgeräusch	HGR 70 dB(A)	HGR 70 dB(A)		
	MP 1	MP 2		
STI	0.67	0.66		
Zuordnung der STI-Werte	gut	gut		
DTZ mit Fahrtgeräusch	HGR 50 dB(A)	HGR 50 dB(A)	HGR 60 dB(A)	HGR 60 dB(A)
	MP1	MP2	MP1	MP2
RASTI	0.83	0.82	0.83	0.82
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet	ausgezeichnet
DTZ mit Fahrtgeräusch	HGR 70 dB(A)	HGR 70 dB(A)		
	MP 1	MP 2		
RASTI	0.81	0.81		
Zuordnung der STI-Werte	ausgezeichnet	ausgezeichnet		
DTZ mit Fahrtgeräusch	HGR 50 dB(A)	HGR 50 dB(A)	HGR 60 dB(A)	HGR 60 dB(A)
	MP1	MP2	MP1	MP2
STIPA	0.63	0	0.64	0
Zuordnung der STI-Werte	gut	0	gut	0
DTZ mit Fahrtgeräusch	HGR 70 dB(A)	HGR 70 dB(A)		
	MP 1	MP 2		
STIPA	0.44	0		
Zuordnung der STI-Werte	schwach	0		

A 1.2 Nachhallzeitenmessungen in den Fahrzeugen DOSTO, FLIRT und DTZ

A 1.2.1 Nachhallzeiten über die Frequenz DOSTO

	DOSTO Pos.1	DOSTO Pos.2	DOSTO gemittelt
125 Hz	0.40	0.42	0.41
250 Hz	0.30	0.31	0.31
500 Hz	0.25	0.26	0.26
1000 Hz	0.26	0.26	0.26
2000 Hz	0.31	0.31	0.31
4000 Hz	0.23	0.21	0.22
8000 Hz	0.18	0.17	0.18

A 1.2.2 Nachhallzeiten über die Frequenz FLIRT

	FLIRT Pos. 1	FLIRT Pos. 2	FLIRT gemittelt
125 Hz	0.30	0.28	0.29
250 HZ	0.44	0.42	0.43
500 Hz	0.33	0.33	0.33
1000 Hz	0.57	0.57	0.57
2000 Hz	0.44	0.44	0.44
4000 Hz	0.54	0.54	0.54
8000 Hz	0.49	0.49	0.49

A 1.2.3 Nachhallzeiten über die Frequenz DTZ

	DTZ Pos. 1	DTZ Pos. 2	DTZ gemittelt
125 Hz	0.24	0.34	0.29
250 HZ	0.24	0.17	0.21
500 Hz	0.26	0.24	0.25
1000 Hz	0.42	0.39	0.41
2000 Hz	0.43	0.42	0.43
4000 Hz	0.41	0.41	0.41
8000 Hz	0.34	0.34	0.34

A 1.3 Hallradiusberechnung der Fahrzeuge, DOSTO, FLIRT und DTZ

A 1.3.1 Hallradiusberechnung Wagen DOSTO

Hallradius DOSTO		Meter
125 Hz		0.66
250 HZ		0.76
500 Hz		0.83
1000 Hz		0.83
2000 Hz		0.76
4000 Hz		0.90
8000 Hz		1.00
Berechnung aus den mittleren Nachhallzeiten		0.80

A 1.3.2 Hallradiusberechnung Wagen FLIRT

Hallradius FLIRT		Meter
125 Hz		1.08
250 HZ		0.89
500 Hz		1.02
1000 Hz		0.77
2000 Hz		0.88
4000 Hz		0.79
8000 Hz		0.83
Berechnung aus den mittleren Nachhallzeiten		0.88

A 1.3.3 Hallradiusberechnung Wagen DTZ

Hallradius DTZ		Meter
125 Hz		0.69
250 HZ		0.81
500 Hz		0.74
1000 Hz		0.58
2000 Hz		0.56
4000 Hz		0.58
8000 Hz		0.63
Berechnung aus den mittleren Nachhallzeiten		0.64

Glossar

Eine Anhebung des **Schallpegels um 6 dB** entspricht der Verdopplung des **Schalldrucks**.

Eine Erhöhung des **Schallpegels um 3 dB** entspricht der Verdopplung der **Schallintensität**.

Eine Erhöhung des **Lautstärkepegels um 10 dB** soll der Empfindung **doppelter Lautstärke** entsprechen.

Die subjektiv **empfundene "Lautstärke"** bzw. der "Lautstärkepegel" und der Kunstbegriff "Lautheit" sind als Empfindungsgrösse des menschlichen Hörempfindens nicht mit der objektiven Messgrösse „Schalldruck“ zu vergleichen.

Wenn die **Schallpegeldifferenz** zwischen dem **Nutzschallpegel** und dem **Störschallpegel** kleiner ist als ca. 12dB, wird die Sprachverständlichkeit erheblich gestört.

Um die Messungen von Schall unserem Gehör anzupassen, wurden verschiedene Filter entwickelt. Diese Filter korrigieren die Messwerte in einem gewissen Frequenzbereich, um damit der Empfindlichkeit des Ohrs besser gerecht zu werden. Der **A-Filter** schwächt beispielsweise Bässe und Höhen ab. Dadurch sieht ein A-bewertetes Messergebnis ähnlich aus wie eine Phon-Kurve. Weitere Filter wurden mit B, C, und D bezeichnet. Alle diese Filter wurden für einen bestimmten Bereich der Dezibelskala optimiert – der A-Filter für kleine Schallpegel, der D-Filter für sehr grosse.

Durch den Einsatz eines solchen Filters stimmt der angegebene Messwert eher mit unseren Empfindungen überein und kann relativ einfach gemessen werden. Um Handhabung und Vergleichbarkeit zu erhöhen, wird heute bei Messungen fast ausschliesslich der A-Filter verwendet, egal ob es sich um laute oder leise Schallvorgänge handelt. Die A-Bewertung des Schallpegels wird in **dB(A)** angegeben, kann ansonsten aber wie dB-Werte gehandhabt und addiert werden.

Äquivalenter Dauerschallpegel (**Leq**). Diese Grösse heisst energieäquivalenter Dauerschallpegel Leq, auch Mittelungspegel oder Intensitätsmittel genannt. „Energieäquivalent“ bedeutet "die gleiche Energie enthaltend", "der gleichen Energie entsprechend". Im Prinzip entspricht die Schallenergie des (konstanten) Leq-Pegels genau der durchschnittlichen Schallenergie des schwankenden Schallereignisses. Das Gerät misst also während einer Zeitspanne den Schallpegel, berechnet daraus die Energie des Schalls und summiert diese Energiewerte auf. Am Ende des Messzeitraumes wird die Gesamtenergie gemittelt und als Leq in dB ausgegeben.

Bei der Beurteilung von Geräuschpegeln werden verschiedene Komponenten in Betracht gezogen. Nicht nur die Intensität des Lärms, sondern auch seine Dauer und Häufigkeit sind wichtig. Die Spitzenpegel werden besonders berücksichtigt. Beim **äquivalenten Dauerschallpegel (Leq)** wird der über eine bestimmte Zeit an einem bestimmten Ort gemessene Lärm auf ein vergleichbares Dauergeräusch umgerechnet. Der Leq wird in dB(A) ausgedrückt und ist ein weltweit anerkanntes Mass.

Vertiefte Erklärungen der Fachausdrücke, siehe den Bericht AAC-TAC-696-08

Projekt zur „Verbesserung der Sprachverständlichkeit für Hörbehinderte im öffentlichen Verkehr“
Teil 1 der Firma TAC – Technische Akustik, Prof. Dr.-Ing. Alfred Schmitz, Mühlenstraße 123,
D-41352 Korschenbroich

<http://www.bav.admin.ch/mobile/01241/01249/01261/index.html?lang=de&download=M3wBUQC u/8ulmKDu36WenojQ1NTTjaXZnqWfVpzLhmfhnappmmc7Zi6rZnqCkkIN3gHZ7bKbXrZ2lhtTN34al3p6YrY7P1oah162apo3X1cjYh2+hoJVn6w==&.pdf>

Nk 05.09.2009