

Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage

Gesamtsystem, Anlage 5 Schall

Das Urheberrecht an diesem Dokument und sämtlichen Beilagen verbleibt beim Ersteller.
Alle Rechte vorbehalten

1 Verteiler

Dieses Dokument wurde vom Fachausschuss Gesamtsystem zur Veröffentlichung freigegeben.

2 Änderungsübersicht

Datum der Freigabe: 15.02.2007, Weißdruck, Fachausschuss Gesamtsystem

3 Inhaltsverzeichnis

1	Verteiler.....	2
2	Änderungsübersicht.....	3
3	Inhaltsverzeichnis	4
4	Allgemeines	7
4.1	Zweck des Dokuments und Anwendungsbereich.....	7
4.2	MSB-Ausführungsgrundlagen.....	7
4.3	Abkürzungen, Definitionen und Symbole	8
4.4	Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien	10
4.5	Kennzeichnung und Verbindlichkeit von Anforderungen.....	11
5	Erstellung einer Prüfspezifikation	12
6	Durchführung der Messungen	13
6.1	Allgemeine Vorgaben für die Messungen.....	13
6.1.1	Anforderungen an den Mess- und Immissionsort.....	13
6.1.2	Anforderungen an die Fahrzeuge und deren Vorbeifahrten.....	14
6.1.3	Geschwindigkeitsstufung und Anzahl der Vorbeifahrten.....	14
6.1.4	Anforderungen an die Witterung.....	14
6.1.5	Messgröße und Messgeräte	15
6.2	Zusätzliche Messbedingungen bei der D_{Fz} -Bestimmung.....	15
6.3	Zusätzliche Messbedingungen bei der D_{Fb} -Bestimmung	15
6.4	Zusätzliche Messbedingungen bei der D_{Fb} -Bestimmung bei kurzen Einbaulängen des Fahrweg-Prüflings.....	16
6.4.1	Messverfahren mit Einzelmikrofonen bei reduziertem Messabstand.....	16
6.4.2	Messverfahren mit einem Mikrofon-Array.....	17
6.5	Dokumentation zur Durchführung der Messungen.....	19
7	Auswertung der Messdaten	20
7.1	Berechnung der Stundenmittelungspegel	20
7.2	Zusätzliche Vorgaben für die Auswertungen bei kurzen Einbaulängen des Fahrweg-Prüflings.....	21

Titel Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage
Gesamtsystem Anlage 5, Schall

Dok.-Nr.: 72963 Version Weißdruck Ausg. Datum 15.02.2007

Seite 4 von 38

7.2.1	Datenauswertung beim Messverfahren mit Einzelmikrofonen bei reduziertem Messabstand.....	21
7.2.2	Datenauswertung beim Array-Messverfahren	21
7.3	Dokumentation zur Auswertung der Messdaten.....	22
8	Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} und D_{Fb}	24
8.1	Bestimmung des D_{Fz,me^-} und des $D_{Fz,ae}$ -Werts.....	24
8.2	Bestimmung des D_{Fb} -Werts	26
8.3	Zusätzliche Vorgaben für die D_{Fb} -Bestimmung bei kurzen Einbaulängen des Fahrweg-Prüflings	28
8.4	Dokumentation zur Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} und D_{Fb}	28
9	Anhang.....	30
9.1	Beispiel für die Bestimmung der Pegeldifferenzen $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$	31
9.2	Beispiel für die Bestimmung der Pegeldifferenz D_{Fb}	32
9.2.1	Bestimmung der Hilfsgrößen $D_{FzH,me}$ und $D_{FzH,ae}$	32
9.2.2	Bestimmung des D_{Fb} -Werts für einen Fahrweg-Prüfling mit langer Erstreckung	34
9.2.3	Bestimmung des D_{Fb} -Werts für einen Fahrweg-Prüfling mit kurzer Einbaulänge	38

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Erläuterung von Messzeit T_M und Ereigniszeit T_E	20
Abbildung 2: Korrigierte Stundenmittlungspegel $L_{Am,1h,korr}$, Ausgleichspolynom $L_{Am,1h,korr}(v)$ und Gesamtbeurteilungspegel $L_r(v)$ auf Basis der mit dem Iterationsverfahren bestimmten DFz-Werte	31
Abbildung 3: Pegeldifferenz $\Delta L_{Diff}(v)$ von Gesamtbeurteilungspegel und Ausgleichspolynom aus Abbildung 2	32
Abbildung 4: Stundenmittlungspegel $L_{Am,1h,ref}$, Ausgleichspolynom $L_{Am,1h,ref}(v)$ und Gesamtbeurteilungspegel $L_r(v)$ auf Basis der mit dem modifizierten Iterationsverfahren bestimmten D_{FzH} -Werte	33
Abbildung 5: Pegeldifferenz $\Delta L_{Diff}(v)$ von Gesamtbeurteilungspegel und Ausgleichspolynom aus Abbildung 4	33
Abbildung 6: Stundenmittlungspegel $L_{Am,1h,prüf}$ und Ausgleichspolynom $L_{Am,1h,prüf}(v)$	35
Abbildung 7: Pegeldifferenz $\Delta L_{Am,1h}(v)$	36
Abbildung 8: Berechnete $D_{Fb,prüf}$ -Werte eines Fahrweg-Prüflings bei fiktiven Messungen an einem Prüfling mit „langer“ Erstreckung	37
Abbildung 9: Berechnete $D_{Fb,prüf}$ -Werte eines Fahrweg-Prüflings bei fiktiven Messungen an einem Prüfling mit „kurzer“ Einbaulänge	38

Verzeichnis der Tabellen und Gleichungen

Gleichungen (1a-1i)	24
Gleichung (2)	25
Gleichung (3)	25
Gleichung (4)	25
Gleichung (5)	27
Gleichung (6)	27

4 Allgemeines

4.1 Zweck des Dokuments und Anwendungsbereich

Das vorliegende Dokument definiert die Verfahren zur messtechnischen Bestimmung der Pegeldifferenzen $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$ für neue Fahrzeuge und D_{Fb} für neue Fahrwege als Grundlage für einen Nachweis im Sinne der Fußnotenregelung der /MSB-LSV/. Die Festlegung der in der Magnetschwebbahn-Lärmschutzverordnung aufgeführten Pegeldifferenzen bedarf gegebenenfalls einer zusätzlichen Nachweisführung bezüglich der Dauerhaftigkeit.

Die in der Magnetschwebbahn-Lärmschutzverordnung aufgeführten Tabellen für die „Pegeldifferenzen $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$ durch unterschiedliche Fahrzeugarten“ (/MSB-LSV/, Tabelle 3) und die „Pegeldifferenzen D_{Fb} durch unterschiedliche Fahrwegarten“ (/MSB-LSV/, Tabelle 4) enthalten jeweils Fußnoten mit dem Hinweis, dass bei dauerhaft nachgewiesener anderer Geräuschemission entsprechende Korrekturwerte, d. h. andere Werte für $D_{Fz,me}$, $D_{Fz,ae}$ und D_{Fb} , zu verwenden sind.

Bei der Definition der Nachweisverfahren für obige Pegeldifferenzen wird im Wesentlichen auf das Vorgehen im „Projektbegleitenden Ausschuss Schall 03/Schall-Transrapid“ zurückgegriffen, der die Vorlage der derzeitigen /MSB-LSV/ erarbeitet hat. Inhalt des vorliegenden Dokuments ist die detaillierte Beschreibung aller notwendigen Messungen und Auswertemethoden, anhand derer die Bestimmung der Pegeldifferenzen $D_{Fz,me}$, $D_{Fz,ae}$ und D_{Fb} durchgeführt werden muss. Das vorliegende Dokument ist als Basisdokument bei der Nachweisführung der Subsysteme Fahrzeug und Fahrweg anzuwenden.

Die vorliegende Ausführungsgrundlage gilt für eine Magnetschnellbahn gemäß Allgemeinem Magnetschwebbahngesetz /AMbG/.

4.2 MSB-Ausführungsgrundlagen

Dieses Dokument ist Bestandteil einer Dokumentation für Magnetschnellbahnen bestehend aus mehreren Ausführungsgrundlagen. Der Dokumentenbaum ist in Abbildung 1 /MSB AGGESAMTSYS/ dargestellt.

Die übergeordnete Ausführungsgrundlage Gesamtsystem und seine Anlagen gelten einheitlich für die gesamte Dokumentation:

- Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage Gesamtsystem, Dok.-Nr: 50630, /MSB AG-GESAMTSYS/, mit den Anlagen:
 - Anlage 1: Abkürzungen und Definitionen, Dok.-Nr: 67536, /MSB AG-ABK&DEF/
 - Anlage 2: Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien, Dok.-Nr: 67539, /MSB AG-NORM&RILI/
 - Anlage 3: Umwelt, Dok.-Nr: 67285, /MSB AG-UMWELT/
 - Anlage 4: Regeln für Betrieb und Instandhaltung, Dok.-Nr: 69061, /MSB AG-BTR/
 - Anlage 5: Schall, Dok.-Nr: 72963, /MSB AG-SCHALL/, (vorliegendes Dokument)

4.3 Abkürzungen, Definitionen und Symbole

Es gelten die in der /MSB AG-ABK&DEF/ angegebenen Abkürzungen und Definitionen.

Die nachfolgenden Abkürzungen und Definitionen stellen spezifische Abkürzungen und Definitionen der Ausführungsgrundlage Schall dar:

Symbol	Einheit	Bedeutung
C	dB(A)	Konstante in Gleichung (6)
$C_{\text{prüf}}$	dB(A)	Berücksichtigung von Schallausbreitungseinflüssen gemäß /MSB-LSV/ am Messort des Fahrweg-Prüflings
C_{ref}	dB(A)	Berücksichtigung von Schallausbreitungseinflüssen gemäß /MSB-LSV/ am Messort des Referenz-Betonfahrwegs
$D_{\text{BM,k}}$	dB(A)	Pegeldifferenz durch Boden- und Meteorologiedämpfung
D_{Fb}	dB(A)	Pegeldifferenz durch unterschiedliche Fahrwegarten
$D_{\text{Fb,prüf}}$	dB(A)	D_{Fb} -Wert des Fahrweg-Prüflings
$D_{\text{Fb,ref}}$	dB(A)	D_{Fb} -Wert des Referenz-Betonfahrwegs
D_{Fz}	dB(A)	Pegeldifferenzen durch unterschiedliche Fahrzeugarten
$D_{\text{Fz,me}}$	dB(A)	Pegeldifferenz durch unterschiedliche Fahrzeugarten, mechanischer Anteil
$D_{\text{Fz,ae}}$	dB(A)	Pegeldifferenz durch unterschiedliche Fahrzeugarten, aerodynamischer Anteil
D_{FzH}	dB(A)	Hilfsgröße bei der Bestimmung von D_{Fb}
$D_{\text{FzH,me}}$	dB(A)	Hilfsgröße bei der Bestimmung von D_{Fb} , mechanischer Anteil
$D_{\text{FzH,ae}}$	dB(A)	Hilfsgröße bei der Bestimmung von D_{Fb} , aerodynamischer Anteil
$D_{\text{L,k}}$	dB(A)	Pegeldifferenz durch Luftabsorption
$D_{\text{s,k}}$	dB(A)	Pegeldifferenz durch Abstand
L_{A}	dB(A)	A- und FAST-bewerteter Schalldruckpegel
$L_{\text{Am,E}}$	dB(A)	Ereignispegel durch Mittelung über die Ereigniszeit T_{E}
$L_{\text{Am,E,eFl}}$	dB(A)	Ereignispegel durch Mittelung über die Ereigniszeit $T_{\text{E,eFl}}$
$L_{\text{Am,E,r}}$	dB(A)	Ereignispegel durch Mittelung über die Ereigniszeit $T_{\text{E,r}}$
$L_{\text{Am,1h}}$	dB(A)	Stundenmittelungspegel für <u>eine</u> Fahrzeug-Vorbeifahrt pro Stunde
$L_{\text{Am,1h,eFl}}$	dB(A)	Stundenmittelungspegel für <u>eine</u> Fahrzeug-Vorbeifahrt pro Stunde (Array-Verfahren)
$L_{\text{Am,1h,korr}}$	dB(A)	anhand der Sektionsanzahl korrigierter Stundenmittelungspegel (Gleichung (2))
$L_{\text{Am,1h,r}}$	dB(A)	Stundenmittelungspegel für <u>eine</u> Fahrzeug-Vorbeifahrt pro Stunde (Einzelmikrofon-Verfahren bei reduziertem Messabstand)
$L_{\text{E,me}}$	dB(A)	mechanischer Anteil des Emissionspegels gemäß /MSB-LSV/
$L_{\text{E,ae}}$	dB(A)	aerodynamischer Anteil des Emissionspegels gemäß /MSB-LSV/
L_{r}	dB(A)	Gesamtbeurteilungspegel gemäß /MSB-LSV/
$\Delta L_{\text{Am,1h}}$	dB(A)	Differenz zwischen am Messort des Fahrweg-Prüflings und am Messort des Referenz-Betonfahrwegs

Titel Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlage
Gesamtsystem Anlage 5, Schall

Dok.-Nr.: 72963 Version Weißdruck Ausg. Datum 15.02.2007

Seite 8 von 38

Symbol	Einheit	Bedeutung
		renz-Betonfahrwegs gemessenem Stundenmittelungspegel (Gleichung (5))
ΔL_{Diff}	dB(A)	Differenz zwischen Gesamtbeurteilungspegel und korrigiertem Stundenmittelungspegel (Gleichung (4))
ΔL_k	dB(A)	Summe von Pegeldifferenzen beim Teilstückverfahren gemäß /MSB-LSV/
ΔL_{Sek}	dB(A)	Pegeldifferenz durch Anzahl der Fahrzeugsektionen
a, b, c	-	Koeffizienten eines Ausgleichspolynoms zweiten Grades (Gleichung (3))
k	-	Laufindex beim Teilstückverfahren gemäß /MSB-LSV/
l	m	Länge des Fahrzeugs zwischen Bug- und Heckspitze
l_k	m	Teilstücklänge
p	Pa	Schalldruck
R	m	Radius der Trasse
S	dB(A)	Korrekturpegel zur Berücksichtigung der Besonderheiten von Bahnen
t	s	Zeit
t_1	s	Zeitpunkt zu Beginn der Mittelungszeit T_E
$t_{1,eFl}$	s	Zeitpunkt zu Beginn der Mittelungszeit $T_{E,eFl}$ (Array-Verfahren)
$t_{1,r}$	s	Zeitpunkt zu Beginn der Mittelungszeit $T_{E,r}$ (Einzelmikrofon-Verfahren bei reduziertem Messabstand)
t_2	s	Zeitpunkt am Ende der Mittelungszeit T_E
$t_{2,eFl}$	s	Zeitpunkt am Ende der Mittelungszeit $T_{E,eFl}$ (Array-Verfahren)
$t_{2,r}$	s	Zeitpunkt am Ende der Mittelungszeit $T_{E,r}$ (Einzelmikrofon-Verfahren bei reduziertem Messabstand)
T_E	s	Mittelungszeit für den Ereignispegel
$T_{E,eFl}$	s	Mittelungszeit für den Ereignispegel (Array-Verfahren)
$T_{E,r}$	s	Mittelungszeit für den Ereignispegel (Einzelmikrofon-Verfahren bei reduziertem Messabstand)
T_M	s	Messzeit
v	km/h	Geschwindigkeit des Fahrzeugs
v_0	km/h	Bezugsgeschwindigkeit ($v_0 = 100 \text{ km/h}$)

Begriff/Abkürzung	Bedeutung
Emissionsort	Fahrwegoberkante in Fahrwegträgermitte im Messquerschnitt gemäß /MSB-LSV/
Immissionsort	Ort eines Mikrofons oder des Mikrofon-Arrays
kurze Einbaulänge	Fahrweg-Prüfling mit einer Einbaulänge > 24 m und < 250 m
Maximalpegel	maximaler Pegel im Zeitverlauf $L_A(t)$ bei der Vorbeifahrt des Fahrzeugs
Messort	näheres Umfeld im Bereich des Emissions- und des Immissionsorts
Messquerschnitt	Ebene durch den Immissionsort mit dem Fahrweg als Normale
Sektion	mit ca. 25 m Länge angenommene Fahrzeugeinheit
FO	Fahrwegoberkante
TVE	Transrapid-Versuchsanlage Emsland

4.4 Gesetze, Verordnungen, Normen und Richtlinien

Die in /MSB AG-NORM&RILI/ aufgeführten normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisung in den Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlagen zum Bestandteil der Magnetschnellbahn Ausführungsgrundlagen werden. Bei datierten normativen Dokumenten in /MSB AG-NORM&RILI/ gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments.

Der Stand der in einem MSB-Projekt zu berücksichtigenden Normen und Richtlinien muss projektspezifisch verbindlich festgelegt werden.

Die nachfolgenden Abkürzungen und Definitionen stellen spezifische Abkürzungen und Definitionen der Ausführungsgrundlage Schall dar:

In diesem Dokument wird insbesondere auf nachfolgend genannte Verordnungen und Normen verwiesen.

Abkürzung	Verordnungen und Normen
/MbBO/	Magnetschwebbahn – Bau- und Betriebsordnung – MbBO (Artikel 1 der Magnetschwebbahnverordnung)
/MSB-LSV/	Magnetschwebbahn – Lärmschutzverordnung (Artikel 2 der Magnetschwebbahnverordnung)
/DIN EN ISO 3095/	Akustik – Messung der Geräuschemission von spurgeführten Fahrzeugen

4.5 Kennzeichnung und Verbindlichkeit von Anforderungen

Bei der Erstellung des vorliegenden Dokuments wurden die Regelungen gemäß /DIN 820/ sinngemäß angewendet.

In den nachfolgenden Kapiteln dieses Dokuments sind

- Anforderungen in Standard-Schrift
- Erläuterungen, Richtwerte und Beispiele in *Kursiv-Schrift*

gekennzeichnet.

5 Erstellung einer Prüfspezifikation

Der für die Messungen und Datenauswertungen zur Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} eines neuen Fahrzeugs sowie der Pegeldifferenz D_{Fb} eines Fahrweg-Prüflings vorgesehene Auftragnehmer hat dem Auftraggeber eine Prüfspezifikation vorzulegen. Diese ist im Vorfeld der Messungen mit der zuständigen Aufsichts- und Genehmigungsbehörde bzw. mit einem durch diese benannten Sachverständigen abzustimmen. Die Prüfspezifikation muss folgende wesentliche Punkte enthalten:

- eine Aussage zur Übereinstimmung der Messbedingungen an den geplanten Messorten im Bereich des Referenz-Betonfahrwegs und des Fahrweg-Prüflings mit den Vorgaben von Kapitel 6, insbesondere die Einhaltung der Lage der Immissionsorte betreffend,
- eine Aussage zur Übereinstimmung des schalltechnischen Zustands des bei der Durchführung der Messungen zu verwendenden Fahrzeugs mit den Anforderungen nach Kapitel 6.1.2,
- die Vorlage eines Ablaufplans, der die Anzahl und Geschwindigkeiten der nach Kapitel 6.1.3 geforderten Fahrzeug-Vorbeifahrten je Messort gewährleistet,
- eine Aufstellung der voraussichtlich einzusetzenden Mess- und Datenerfassungsgeräte sowie
- einen Nachweis über die Kenntnis der in Kapitel 7 und vor allem Kapitel 8 beschriebenen Verfahren zur Datenauswertung und Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} und D_{Fb} .

Hinweis: Der vorgesehene Auftragnehmer hat insbesondere seine Kenntnisse über die zu verwendenden Mess- und Auswerteverfahren (siehe Kapitel 7 und 8) der Aufsichts- und Genehmigungsbehörde oder dem benannten Sachverständigen gegenüber ausführlich darzulegen, wobei eine ausreichende Messpraxis mit diesen Verfahren beim Auftragnehmer vorausgesetzt wird.

6 Durchführung der Messungen

Bei den in diesem Kapitel beschriebenen Messungen zur Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} , d. h. von $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$, sowie der Pegeldifferenz D_{Fb} sind allgemeine Vorgaben zu erfüllen, wie sie in Kapitel 6.1 aufgeführt sind. In den folgenden beiden Kapiteln werden weitere Messbedingungen genannt, die sich ausschließlich auf die Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} (Kapitel 6.2) bzw. die Bestimmung der Pegeldifferenz D_{Fb} (Kapitel 6.3) beziehen. Dabei soll der D_{Fb} -Wert eines Fahrweg-Prüflings grundsätzlich nur an einem Messort ermittelt werden, an dem die Trasse über eine „lange“ Erstreckung aus dem Fahrwegtyp des Prüflings besteht (siehe Kapitel 6.1.1). Ist dies im Ausnahmefall nicht möglich, da der Fahrweg-Prüfling als Prototypträger nur über eine „kurze“ Einbaulänge von typischerweise 25 bis 60 m verfügt, muss die D_{Fb} -Bestimmung mittels eines Einzelmikrofon-Verfahrens bei reduziertem Messabstand und mittels eines Verfahrens mit einem Mikrofon-Array erfolgen. Die diesbezüglichen gesonderten Messbedingungen sind in Kapitel 6.4 dargestellt. Des Weiteren sind in Kapitel 6.5 die für alle Messverfahren erforderlichen Punkte im Rahmen der Dokumentation der Messungen genannt.

6.1 Allgemeine Vorgaben für die Messungen

Bei Messungen an Fahrzeugen und Fahrwegen sind zum Nachweis der Schallemission die folgenden Anforderungen einzuhalten, die sich an /DIN EN ISO 3095/ anlehnen. Die allgemeinen Vorgaben an die Messungen gliedern sich in Anforderungen an den Mess- und Immissionsort, die Fahrzeuge und ihre Vorbeifahrten, deren Geschwindigkeitsstufung und Anzahl, die Witterungsbedingungen sowie in Angaben zur Messgröße und den Messgeräten.

6.1.1 Anforderungen an den Mess- und Immissionsort

Der Messort muss freies, ebenes Gelände aufweisen und zwar zumindest auf der Seite der Trasse, auf der die Schallimmission gemessen wird. Auf der abgewandten Seite ist auf möglichst geringe Reflexionen zu achten. Im Bereich zwischen Fahrweg und Immissionsort sollten sich Ackerland und/oder Wiesen befinden; niedriger Bewuchs ist zugelassen. Die Schallausbreitung störende Hindernisse und unzulässige, reflektierende Flächen sind in der Umgebung des Immissionsorts auf der Trassenseite der Messung bis zur dreifachen Messentfernung unzulässig.

Als Messorte dienen ausschließlich Streckenabschnitte, in denen die Trasse gerade verläuft ($R > 10.000$ m). Eine Querneigung des Fahrwegs von $\leq 2^\circ$ ist gestattet. Im Bereich des Messorts muss der Fahrweg über eine „lange“ Erstreckung aus dem identischen Fahrwegtyp aufgebaut sein. „Lange“ Erstreckung bedeutet, dass derselbe Fahrwegtyp mindestens 125 m beidseits des Messquerschnitts vorhanden ist.

Der Messort ist so auszuwählen, dass das Hintergrundgeräusch während aller Vorbeifahrten des Fahrzeugs vernachlässigt werden kann. Dafür muss der durch störende Schallquellen hervorgerufene A- und FAST-bewertete Schalldruckpegel mindestens 15 dB(A) unterhalb des während einer Vorbeifahrt gemessenen Maximalpegels liegen und ebenso müssen die für den Maximalpegel relevanten Terzpegel mindestens 15 dB(A) über denen des Hintergrundgeräuschs liegen. Kann die geforderte Pegeldifferenz von 15 dB(A) durch ein unvorhersehbares Schallereignis (z. B. Flugzeug-Überflug) während einer einzelnen Vorbeifahrt nicht eingehalten werden, so ist die betroffene Messung zu verwerfen und die Vorbeifahrt grundsätzlich zu wiederholen.

Der Messquerschnitt ist bei „langer“ Erstreckung des zu prüfenden Fahrwegtyps ausnahmslos in die Mitte zwischen zwei benachbarten Stützen zu legen. Die im Messquerschnitt senkrecht auf den Boden projizierte Messentfernung zwischen Fahrwegträgermitte und Immissionsort beträgt 25 m.

Die Höhe des Immissionsorts befindet sich:

- 3,5 m über Boden bei FO-Höhen von bis zu 7,0 m über Boden,
- 3,5 m unter FO bei FO-Höhen oberhalb von 7,0 m über Boden.

6.1.2 Anforderungen an die Fahrzeuge und deren Vorbeifahrten

Während der Messungen zur Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} muss sich das Fahrzeug in dem schalltechnischen Zustand befinden, der dem betrieblichen Anwendungsfall entspricht bzw. für den die Pegeldifferenzen D_{Fz} gemäß /MSB-LSV/ ermittelt werden sollen. Im Rahmen der Bestimmung der Pegeldifferenz D_{Fb} darf das Fahrzeug während der Messungen auch über einen anderen schalltechnischen Zustand verfügen, da im Vorfeld der D_{Fb} -Bestimmung die Hilfsgrößen D_{FzH} (siehe Kapitel 8.2) des aktuellen Fahrzeugs gemessen und sodann verwendet werden müssen. Die Länge bzw. die Sektionsanzahl der Fahrzeuge während der hier beschriebenen Messungen ist freigestellt.

Hinweis: Korrekturen bezüglich der Sektionsanzahl sind bei der D_{Fz} -Bestimmung in Kapitel 8 berücksichtigt.

Bei allen hier durchzuführenden Messungen sind Vorbeifahrten mit konstanter Geschwindigkeit im Bereich von jeweils 125 m zuzüglich der halben Fahrzeuglänge beidseits des Messquerschnitts erforderlich. Da nach bisheriger Erfahrung die Fahrtrichtung, die tatsächlich vorlaufende Sektion, die zugewandte Fahrzeugseite sowie der Beladungszustand des Fahrzeugs keinen Einfluss auf die am Immissionsort gemessenen Schalldruckpegel haben, lassen sich Fahrten unterschiedlicher Richtung und Beladung bei der D_{Fz} - und D_{Fb} -Bestimmung nutzen. Fahrtrichtung, vorlaufende Sektion, zugewandte Fahrzeugseite und Beladung sind aber gleichwohl zu dokumentieren.

Bei neuen Fahrzeugen ist (z. B. anhand von Konstruktionsunterlagen und/oder durch Messungen) zu prüfen, ob deren Schallemission zu beiden Fahrzeugseiten in gleichem Maße erfolgt. Bei unterschiedlicher Emission der Fahrzeugseiten sind die D_{Fz} -Werte des Fahrzeugs für die Fahrzeugseite mit der höheren Schallemission zu bestimmen. Bei unterschiedlicher Emission der Fahrzeugseiten ist die Hilfsgröße D_{FzH} gemäß Kapitel 8.2 und der D_{Fb} -Wert des Fahrwegs immer mit der gleichen Fahrzeugseite zu bestimmen.

6.1.3 Geschwindigkeitsstufung und Anzahl der Vorbeifahrten

Der jeweils erforderliche Geschwindigkeitsbereich zur Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} und D_{Fb} ist in Kapitel 6.2 bzw. 6.3 angegeben. In allen Fällen soll jedoch die Abstufung der Vorbeifahr-Geschwindigkeiten 10 km/h betragen. Bei jeder Geschwindigkeitsstufe sind zumindest zwei Fahrten zu vermessen. Bei maximaler Geschwindigkeit sind mindestens drei Messungen durchzuführen.

6.1.4 Anforderungen an die Witterung

Bei den Messungen dürfen am Immissionsort nur Windgeschwindigkeiten auftreten, die kleiner als 5 m/s sind. Es darf kein Schnee auf dem Boden im Bereich des Messorts liegen. Messungen bei Regen sollen vermieden werden.

6.1.5 Messgröße und Messgeräte

Messgröße ist der Schalldruck p am Immissionsort. Die Aufzeichnung der Messgröße hat entweder als zeitlicher Verlauf des Schalldrucks $p(t)$ oder als zeitlicher Verlauf des A- und FAST-bewerteten Schalldruckpegels $L_A(t)$ über eine jeweils ausreichende Messzeit T_M zu erfolgen. Gestartet wird die Messung, wenn das Vorbeifahrtgeräusch beginnt, sich deutlich vom Hintergrundgeräusch abzuzeichnen und endet, wenn das Vorbeifahrtgeräusch wieder vom Hintergrundgeräusch verdeckt wird. Die für die einzelnen Fahrzeug-Vorbeifahrten vorliegenden Zeitverläufe $p(t)$ bzw. $L_A(t)$ sind gemäß den Angaben von Kapitel 7 auszuwerten.

Die Anforderungen an die Messgeräte und ihre Kalibrierung entsprechen den Vorgaben in /DIN EN ISO 3095/. Pro Messtag muss vor und nach der Messung die gesamte Geräteketten bzw. der Schallpegelmessers kalibriert werden. Wird die Geräteketten modifiziert, so sind erneute Kalibrierungen vor und nach der Modifikation durchzuführen. Die Kalibriersignale sind zu speichern und der Kalibriervorgang ist zu dokumentieren.

6.2 Zusätzliche Messbedingungen bei der D_{Fz} -Bestimmung

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen an die Messungen nach Kapitel 6.1 sind bei den Messungen zur Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} noch die folgenden Messbedingungen einzuhalten:

- Die Fahrzeug-Vorbeifahrten müssen an einem Messort vermessen werden, an dem die Trasse aus dem Referenz-Betonfahrweg des 1. oder 2. Bauabschnitts der TVE besteht, d. h. vor 1989 gebaut wurde. Für diesen Fahrwegtyp ist in der /MSB-LSV/ ein D_{Fb} -Wert von 0 dB(A) festgelegt.
- Es müssen Vorbeifahrten im Geschwindigkeitsbereich von 130 bis mindestens 400 km/h vermessen werden, d. h. unter den Maßgaben von Kapitel 6.1.3 beträgt die Anzahl der Fahrten mindestens 57.

6.3 Zusätzliche Messbedingungen bei der D_{Fb} -Bestimmung

Zusätzlich zu den allgemeinen Anforderungen an die Messungen nach Kapitel 6.1 sind bei den Messungen zur Bestimmung der Pegeldifferenz D_{Fb} noch die folgenden Messbedingungen einzuhalten:

- Die Angabe des D_{Fb} -Werts eines Fahrwegtyps ist für beschränkte Geschwindigkeitsbereiche zulässig, nämlich bis einschließlich 300 km/h, von > 300 km/h bis einschließlich 400 km/h und von > 400 km/h bis zur Zulassungsgeschwindigkeit des Fahrwegs. Daher sind gegebenenfalls Vorbeifahrten auf dem Fahrweg-Prüfling nur in entsprechend beschränkten Geschwindigkeitsbereichen erforderlich. Von Fall zu Fall kann sich somit der Geschwindigkeitsbereich bei den Messungen zur D_{Fb} -Bestimmung von 130 bis 300 km/h, von 130 bis 400 km/h bzw. bis zur Zulassungsgeschwindigkeit des Fahrwegs erstrecken. Die jeweilige Mindestanzahl an Vorbeifahrten ergibt sich nach Kapitel 6.1.3.
- Die Bestimmung des D_{Fb} -Werts setzt die Kenntnis der Hilfsgrößen D_{FzH} , d. h. $D_{FzH,me}$ und $D_{FzH,ae}$ desjenigen Fahrzeugs voraus, mit dem die Vorbeifahrten auf dem Fahrweg-Prüfling stattgefunden haben. Die D_{FzH} -Werte lassen sich zwar aus bereits vorhandenen Messdaten dieses Fahrzeugs bei Messungen von Vorbeifahrten auf dem Referenz-Betonfahrweg berechnen, sie sind jedoch vorzugsweise zeitnah durch eine erneute vorgeschaltete Messung mit diesem Fahrzeug auf dem Referenz-Betonfahrweg (vgl. Kapitel 6.2) zu ermitteln. Wurden seit der letzten Messung für die Schallemission relevante Modifikationen am Fahrzeug durchgeführt, müssen die Hilfsgrößen D_{FzH} erneut bestimmt werden. Die D_{FzH} -Werte müssen sich unabhängig von einem eventuell beschränkten Geschwindigkeitsbereich bei der D_{Fb} -Bestimmung auf den Geschwindigkeitsbereich bis mindestens 400 km/h beziehen.

6.4 Zusätzliche Messbedingungen bei der D_{Fb} -Bestimmung bei kurzen Einbaulängen des Fahrweg-Prüflings

Beim Vorliegen eines Fahrweg-Prüflings mit „kurzer“ Einbaulänge ist der D_{Fb} -Wert mittels des Einzelmikrofon-Verfahrens bei reduziertem Messabstand und des Array-Verfahrens zu bestimmen, wobei die Durchführung dieser Messungen mit beiden Verfahren zeitgleich vorgeschrieben ist.

Von der Forderung, dass der Messquerschnitt genau in der Mitte zwischen zwei benachbarten Stützen liegt, soll geringfügig abgewichen werden, wenn sich ein reflektierender Gegenstand in der Mitte zwischen den Stützen befindet.

6.4.1 Messverfahren mit Einzelmikrofonen bei reduziertem Messabstand

Um bei „kurzer“ Einbaulänge des Fahrweg-Prüflings die Beeinflussung durch benachbarte Fahrwege abweichenden Typs bei der Messung mit einem Einzelmikrofon möglichst gering zu halten, ist der Messabstand zu reduzieren; und zwar beträgt der im Messquerschnitt senkrecht auf den Boden projizierte Messabstand zwischen Fahrwegträgermitte und Immissionsort 12,5 m, wenn die Einbaulänge des Prüflings ≥ 49 m und < 250 m ist, und 6,5 m, wenn die Länge des Prüflings > 24 m und < 49 m ist. Des Weiteren ist die vertikale Richtcharakteristik von Fahrweg und Fahrzeug durch simultanes Messen im erforderlichen Abstand an zwei unterschiedlich hohen Immissionsorten zu berücksichtigen, so dass zwei Schalldrucksignale $p(t)$ bzw. zwei Pegelverläufe $L_A(t)$ aufgezeichnet werden müssen. Die Höhen der Immissionsorte sind wie folgt festgelegt:

- der obere Immissionsort befindet sich auf FO-Höhe,
- der untere Immissionsort liegt 3,5 m unterhalb FO, jedoch mindestens 1,0 m über Boden.

Aufgrund der „kurzen“ Einbaulänge des Fahrweg-Prüflings vermindert sich der minimale Bereich konstanter Vorbeifahr-Geschwindigkeit des Fahrzeugs auf die tatsächliche Länge des Prüflings zuzüglich der halben Fahrzeuglänge vor und hinter dem Prüfling.

Da die Bestimmung des D_{Fb} -Werts in Kapitel 8.2 auf einer Vergleichsmessung am Referenz-Betonfahrweg beruht, müssen die Messungen an letzterem Messort im selben reduzierten Messabstand wie am Fahrweg-Prüfling in zwei Immissionshöhen entsprechend der FO-Höhe des Referenz-Betonfahrwegs stattfinden.

Hinweis: Da während der Vorbeifahrt des Fahrzeugs insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten im Bereich von Fahrzeugbug und -heck momentane Druckschwankungen entstehen, die an den Immissionsorten in 6,5 m Abstand zu Signalübersteuerungen führen können, wird empfohlen, für diesen Messabstand gegebenenfalls am Eingang der Signalverstärkung ein Hochpassfilter mit einer Grenzfrequenz von ca. 20 Hz einzufügen.

6.4.2 Messverfahren mit einem Mikrofon-Array

Zur Bestimmung des D_{Fb} -Werts eines Fahrweg-Prüflings mit „kurzer“ Einbaulänge ist neben dem Verfahren nach Kapitel 6.4.1 eine Messmethode mit einem Mikrofon-Array vorgeschrieben. Das Array-Verfahren dient dazu, den D_{Fb} -Wert vom Immissionsort in 25 m Abstand von Fahrwegträgermitte aus zu messen, und zwar in

- 3,5 m Höhe über Boden bei FO-Höhen von bis zu 7,0 m über Boden bzw.
- 3,5 m Höhe unter FO bei FO-Höhen oberhalb von 7,0 m über Boden.

Bei der Messung wird ein linienförmiges, folglich eindimensionales Array in horizontaler und zum Fahrweg paralleler Orientierung verwendet, dessen mittleres Mikrofon im Messquerschnitt liegt. Während die Schall-emissionen von angrenzenden Fahrwegen anderer Bauarten durch die starke horizontale Richtwirkung dieses Arrays ausgeblendet werden, besitzt ein solches Array in vertikaler Richtung Eigenschaften wie ein Einzelmikrofon, d. h. Einflüsse auf den Immissionspegel durch die vertikale Richtcharakteristik von Fahrweg und Fahrzeug sowie durch Bodenreflexionen werden bei der Messung korrekt wiedergegeben.

Seitliche und damit unerwünschte Schallanteile werden vom Array beim Empfang ausreichend vermindert, wenn bei Geradeaus-Fokussierung auf die Mitte zwischen zwei Stützen das Array-Auflösungsvermögen bzw. die Breite der Array-Hauptkeule in der Objektebene in 25 m Abstand maximal 5 m beträgt. Des Weiteren ist bei einem solchen Auflösungsvermögen zur Unterdrückung der Emissionen benachbarter Träger ein Abstand zwischen der Array-Hauptkeule und den Nebenkeulen, d. h. eine Array-Dynamik von mindestens 10 dB erforderlich, wie sie von einem Linien-Array auch ohne Shading erreicht wird.

Da das Auflösungsvermögen eines Arrays stark von der Frequenz abhängt und die Hauptkeulenbreite bei Geradeaus-Fokussierung im gesamten auszuwertenden Frequenzbereich gegenüber einem mittleren Wert um höchstens $\pm 20\%$ abweichen soll, wird als Konfiguration des Arrays hier ein so genanntes Schachtel-Array verwendet, d. h. ein Array, in dem sich eine Anzahl von Unter-Arrays befindet. Jedes Unter-Array ist für einen bestimmten Frequenzbereich ausgelegt, der jeweils ein mittleres Auflösungsvermögen von 4 m in der Objektebene in 25 m Abstand besitzt.

Als Realisierung eines den obigen Anforderungen genügenden Arrays ist hier die Verwendung des im Folgenden beschriebenen Arrays, des so genannten „WH10x-Arrays“, verbindlich festgelegt. Durch Mehrfachnutzung sind dessen insgesamt 27 Mikrofone in Gruppen für 10 Unter-Arrays aufgeteilt. Jedes Unter-Array enthält dabei sieben Mikrofone, nur das Unter-Array mit dem kleinsten Mikrofonabstand von 4 cm umfasst neun Mikrofone. Tabelle 3 listet die Mikrofonpositionen im WH10x-Array auf, wobei das Mikrofon mit der Nummer 14 die Array-Mitte darstellt.

Mikrofon-Nummer	Position [m]	Mikrofon-Nummer	Position [m]
1	3,52	15	-0,04
2	2,56	16	-0,08
3	1,92	17	-0,12
4	1,28	18	-0,16
5	0,96	19	-0,24
6	0,64	20	-0,32
7	0,48	21	-0,48
8	0,32	22	-0,64
9	0,24	23	-0,96
10	0,16	24	-1,28
11	0,12	25	-1,92
12	0,08	26	-2,56
13	0,04	27	-3,52
14	0	-	-

Tabelle 6-1: Mikrofonpositionen im WH10x-Array

Wie bei Messungen mit Einzelmikrofonen gelten für die Array-Mikrofone und deren Kalibrierung die Anforderungen, die in Kapitel 6.1.5 formuliert sind. Wegen des bei Array-Messungen eingeschränkten Frequenzbereichs (beim WH10x-Array 125 bis 8000 Hz, siehe Kapitel 7.2.2) müssen die Kriterien in Hinsicht auf Konstanz und Übereinstimmung der Amplituden- und Phasengänge der einzelnen Array-Mikrofone nur in diesem eingeschränkten Frequenzbereich erfüllt sein.

Aufgrund der simultanen Signalerfassung der 27 Mikrofone des WH10x-Arrays und zumindest eines weiteren Zeitsignals, das aufgrund eines Triggermechanismus (z. B. mittels einer Lichtschranke) Informationen zur Fahrzeugposition in Bezug auf die Zeitsignale der Array-Mikrofone sowie zur Fahrzeuggeschwindigkeit enthält, ist bei den Messungen ein wenigstens 28-kanaliges, d. h. üblicherweise 32-kanaliges Datenerfassungssystem zu benutzen. Bei einer durch die Array-Technik bedingten minimal erforderlichen Sampling-Frequenz von 25 kHz je Kanal ist die Speicherkapazität des Datenerfassungssystems so zu bemessen, dass Signale über eine Zeitspanne von bis zu 15 s kontinuierlich aufgezeichnet werden können. Die bei der A/D-Wandlung je Kanal notwendigen Tiefpassfilter sind zumindest als Filter 2. Ordnung mit einer Grenzfrequenz entsprechend der gewählten Sampling-Frequenz auszuführen.

Das Datenerfassungssystem muss die Möglichkeit einer Überprüfung der aufgezeichneten Signale unmittelbar nach jeder Messung, d. h. Fahrzeugvorbeifahrt, zulassen (Kontrolle auf Übersteuerung, Störgeräusche, ausreichende Vorlauf- und Nachlaufzeit bei der Fahrzeugvorbeifahrt, usw.), um gegebenenfalls eine Wiederholung der fraglichen Vorbeifahrt veranlassen zu können. Der Datenverlust maximal eines Kanals bzw. Mikrofon bei der Aufzeichnung kann toleriert werden, solange es sich nicht um das Mikrofon mit der Nummer 14 oder den Kanal mit dem Triggersignal handelt.

Wie schon beim Messverfahren in Kapitel 6.4.1 muss auch die Array-Messung sowohl am Messort mit dem Fahrweg-Prüfling als auch am Messort mit dem Referenz-Betonfahrweg durchgeführt werden, da die Vergleichsdaten für die D_{Fb} -Bestimmung nach Kapitel 8.2 benötigt werden.

6.5 Dokumentation zur Durchführung der Messungen

Die Durchführung der Messungen ist im Messbericht zu dokumentieren. Darin sind zumindest

- das Ziel der Messungen,
- der Messort mit seinen akustisch relevanten Randbedingungen (beidseits der Trasse),
- der Fahrwegtyp und dessen FO-Höhe über Boden im Messquerschnitt sowie die Erstreckung dieses Fahrwegtyps zu beiden Seiten des Messquerschnitts,
- die Lage des bzw. der Immissionsorte hinsichtlich der Entfernung zur Fahrwegträgermitte sowie die Höhe des bzw. die Höhen der Immissionsorte über Boden,
- das Fahrzeug, seine Sektionsanzahl und Länge, sein Beladungszustand und gegebenenfalls Angaben zu seinen akustisch relevanten Modifikationen,
- die zeitliche Abfolge der Messungen bzw. der Vorbeifahrten mit Angabe der Fahrzeug-Geschwindigkeit, der Fahrtrichtung, der vorlaufenden Sektion, der zugewandten Fahrzeugseite, der Beladung und der gegebenenfalls aufgetretenen Störungen,
- die meteorologischen Daten während der einzelnen Fahrzeug-Vorbeifahrten (Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und -richtung) sowie
- die eingesetzten Messgeräte, d. h. die Geräteketten von den Mikrofonen zum Datenaufzeichnungsgerät oder die Schallpegelmesser, mit Angaben zur Durchführung von Kalibrierungen und deren Zeitpunkte

zu beschreiben. Weitere Anforderungen an die Dokumentation enthalten Kapitel 7 in Bezug auf die Datenauswertung und Kapitel 8 in Bezug auf die D_{Fz} - und D_{Fb} -Bestimmung.

7 Auswertung der Messdaten

Nach Durchführung der Messungen gemäß Kapitel 6 liegen zur Bestimmung sowohl der Pegeldifferenzen D_{Fz} als auch der Pegeldifferenz D_{Fb} für jeweils bestimmte Anzahlen von Fahrzeug-Vorbeifahrten analog oder digital gespeicherte Zeitsignale des Schalldrucks $p(t)$ oder zeitliche Verläufe des Schalldruckpegels $L_A(t)$ über eine jeweils ausreichende Messzeit T_M vor (siehe Kapitel 6.1.5). Im vorliegenden Kapitel wird die Auswertung dieser Messdaten beschrieben.

7.1 Berechnung der Stundenmittlungspegel

Für jede vermessene Vorbeifahrt und für jeden Immissionsort ist der Stundenmittlungspegel $L_{Am,1h}$ zu berechnen. Durch Mittelung von $L_A(t)$ über die Mittelungszeit T_E wird zunächst der Ereignispegel $L_{Am,E}$ berechnet. Hierbei ist $T_E = t_2 - t_1$ die so genannte Ereigniszeit, die bezüglich einer Fahrzeug-Vorbeifahrt zum Zeitpunkt t_1 beginnt, wenn der Pegel L_A bei Annäherung des Fahrzeugs erstmalig 15 dB(A) unter dem Maximalpegel während der Fahrzeug-Vorbeifahrt liegt, und zum Zeitpunkt t_2 endet, wenn nach Durchfahrt des Fahrzeugs der Pegel L_A letztmalig um 15 dB(A) gegenüber dem Maximalpegel abgeklungen ist.

In Abbildung 1 sind die Messzeit T_M und die Ereigniszeit T_E mit den Zeitpunkten t_1 und t_2 am Beispiel eines typischen Pegelverlaufs $L_A(t)$ während einer Fahrzeug-Vorbeifahrt verdeutlicht.

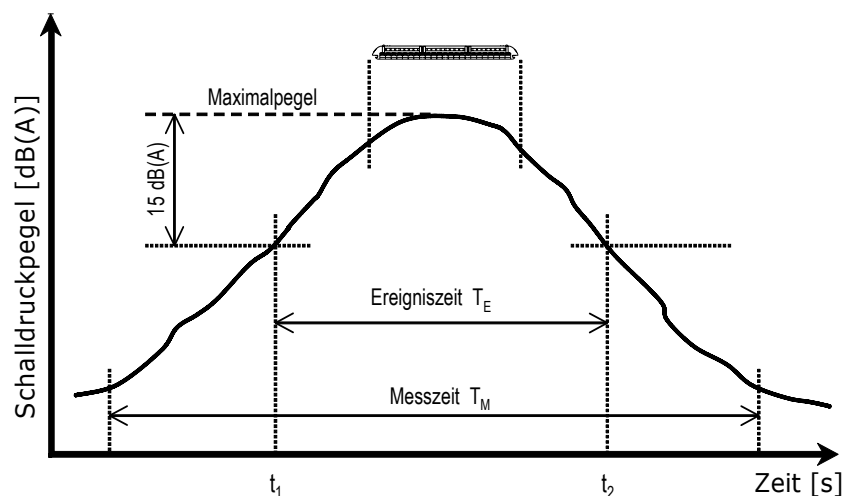


Abbildung 1: Erläuterung von Messzeit T_M und Ereigniszeit T_E

Der Stundenmittelungspegel folgt aus dem Ereignispegel $L_{Am,E}$ durch Addition des Terms $10\lg(T_E/3600 \text{ s})$, wobei das Ergebnis mathematisch auf eine Dezimalstelle zu runden ist. Die so berechneten Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h}$ für jeweils eine Vorbeifahrt pro Stunde stellen die Grundlage für die Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} und D_{Fb} in Kapitel 8 dar.

7.2 Zusätzliche Vorgaben für die Auswertungen bei kurzen Einbaulängen des Fahrweg-Prüflings

In Hinblick auf die Auswertung der beim Messverfahren mit Einzelmikrofonen bei reduziertem Messabstand nach Kapitel 6.4.1 und beim Array-Messverfahren nach Kapitel 6.4.2 aufgezeichneten Schalldrucksignale $p(t)$ oder Pegelverläufe $L_A(t)$ sind gesonderte Vorgaben zu beachten, wie sie in den folgenden beiden Kapiteln beschrieben werden.

7.2.1 Datenauswertung beim Messverfahren mit Einzelmikrofonen bei reduziertem Messabstand

Die Berechnung der Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h}$ erfolgt beim vorliegenden Messverfahren im Prinzip wie in Kapitel 7.1 beschrieben, jedoch wird hier eine reduzierte Ereigniszeit $T_{E,r} = t_{2,r} - t_{1,r}$ eingeführt. Dabei ist $t_{1,r}$ der Zeitpunkt, zu dem der Fahrzeugbug den Fahrweg-Prüfling erreicht, und $t_{2,r}$ der Zeitpunkt, zu dem das Fahrzeugheck den Prüfling verlässt. Diese Definition der Zeitpunkte $t_{1,r}$ und $t_{2,r}$ stellt sicher, dass während der Ereigniszeit zumindest ein Fahrzeugteil den Fahrweg-Prüfling befährt. Durch Mittelung über die Zeit $T_{E,r}$ wird zunächst der Ereignispegel $L_{Am,E,r}$, sodann der Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,r}$ durch Addition des Terms $10\lg(T_{E,r}/3600 \text{ s})$ und mathematische Rundung auf eine Dezimalstelle berechnet.

Für jede Fahrzeug-Vorbeifahrt müssen die Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,r}$ für den oberen und den unteren Immissionsort angegeben werden. Aus Gründen der Vergleichbarkeit sind die Stundenmittelungspegel am Messort mit dem Referenz-Betonfahrweg unter denselben geometrischen Verhältnissen zu ermitteln wie bei der Messung am Fahrweg-Prüfling, d. h. die Erstreckung des Referenz-Betonfahrwegs beidseits des Messquerschnitts ist als identisch mit der Erstreckung des Fahrweg-Prüflings zu beiden Seiten des Messquerschnitts anzunehmen. Daraus folgt, dass die Differenz $t_{2,r} - t_{1,r}$ und mithin die Ereigniszeit $T_{E,r}$ an beiden Messorten gleich sind. Die so am Referenz-Betonfahrweg und am Fahrweg-Prüfling berechneten Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,r}$ sind die Eingangsgrößen für die D_{Fb} -Bestimmung in Kapitel 8.2 bzw. 8.3.

7.2.2 Datenauswertung beim Array-Messverfahren

Die aufgezeichneten Signale der 27 Mikrofone des WH10x-Arrays sind ohne Benutzung von Shading-Faktoren mittels des „Delay-and-Sum Beamforming“-Algorithmus (siehe D. H. Johnson und D. E. Dudgeon, Array Signal Processing: Concepts and Techniques, P T R Prentice Hall, 1993) im Zeitbereich für jedes der 10 Unter-Arrays separat auszuwerten. Tabelle 7-1 enthält die Zuordnung der einzelnen Mikrofone zu den Unter-Arrays. Bei der Berechnung der Array-Summensignale sind die erforderlichen Abtastwerte der Mikrofonsignale durch lineare Interpolation der zeitnahen Signalabtastwerte zu generieren. Die Ergebnisse des Beamformings in den einzelnen Unter-Arrays gelten für die in Tabelle 7-1 angegebenen Frequenzbereiche. Folglich berücksichtigt das WH10x-Array den für die D_{Fb} -Bestimmung ausreichenden Gesamtfrequenzbereich von 125 bis 8000 Hz.

Unter-Array	Enthält Mikrofone mit der Nummer	Frequenzbereich [Hz]
WH128	1, 2, 4, 14, 24, 26, 27	125 - 250
WH096	2, 3, 5, 14, 23, 25, 26	250 - 355
WH064	3, 4, 6, 14, 22, 24, 25	355 - 500
WH048	4, 5, 7, 14, 21, 23, 24	500 - 710
WH032	5, 6, 8, 14, 20, 22, 23	710 - 1000
WH024	6, 7, 9, 14, 19, 21, 22	1000 - 1410
WH016	7, 8, 10, 14, 18, 20, 21	1410 - 2000
WH012	8, 9, 11, 14, 17, 19, 20	2000 - 2820
WH008	9, 10, 12, 14, 16, 18, 19	2820 - 4000
WH004	10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	4000 - 8000

Tabelle 7-1: Unter-Arrays des WH10x-Arrays mit zugehörigen Mikrofonen und Frequenzbereichen

Als Auswertemodus während des Beamformings ist ein ortsfester Fokus mit senkrechter Ausrichtung zur Mikrofonreihe zu wählen. Dabei muss sich der Fokuspunkt - gemäß der Positionierung des Arrays bei den Messungen - in 25 m Entfernung vom Array befinden. Die Datenauswertung ist bei jedem Unter-Array für Mess- bzw. Fokuspunkte in 1,0 m-Abständen entlang des vorbeifahrenden Fahrzeugs durchzuführen, d. h. in Zeitintervallen, die der Fortbewegung des Fahrzeugs um 1,0 m bei der aktuellen Fahrzeug-Geschwindigkeit entsprechen. Bei jedem dieser Messpunkte ist das Array-Summensignal wiederum über eine Zeit zu mitteln, die der Fortbewegung des Fahrzeugs um 5,0 m gleichkommt.

Die Datenauswertung soll ca. 100 m vor der Fahrzeugspitze beginnen und ca. 100 m hinter dem Fahrzeugheck enden. Zur Verknüpfung zwischen der Fahrzeugposition und den Schalldrucksignalen dient dabei das mit aufgezeichnete Triggersignal.

Die so für jedes Unter-Array in den Teilfrequenzbereichen von Tabelle 7-1 berechneten und zudem A-bewerteten Pegelverläufe sind daraufhin energetisch zu addieren und ergeben somit den für die jeweilige Fahrzeug-Vorbeifahrt mittels des WH10x-Arrays gemessenen zeitlichen Verlauf des Schalldruckpegels im Frequenzbereich von 125 bis 8000 Hz. Die Ermittlung des zugehörigen Ereignispegels ist beim Array-Verfahren mit der so genannten „erweiterten Fahrzeuglänge (eFl)“ verknüpft, d. h. mit der um 24,0 m vergrößerten Länge des Fahrzeugs: die Ereigniszeit $T_{E,eFl}$ beginnt zum Zeitpunkt $t_{1,eFl}$, zu dem sich die Fahrzeugspitze noch 12,0 m vor dem Messquerschnitt befindet, und endet zum Zeitpunkt $t_{2,eFl}$, zu dem sich nach Durchfahrt des Fahrzeugs dessen Ende um 12,0 m vom Messquerschnitt entfernt hat. Durch Mittelung über die Ereigniszeit $T_{E,eFl} = t_{2,eFl} - t_{1,eFl}$ wird zunächst der Ereignispegel $L_{Am,E,eFl}$, sodann der Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,eFl}$ durch Addition von $10\lg(T_{E,eFl}/3600 \text{ s})$ und mathematische Rundung auf eine Dezimalstelle berechnet.

Die so beschriebene Methode bei der Datenauswertung ist gleichermaßen für die Messungen am Fahrzeug-Prüfling als auch am Referenz-Betonfahrweg anzuwenden. Die jeweiligen Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,eFl}$ sind die Eingangsgrößen für die D_{Fb} -Bestimmung in Kapitel 8.2 bzw. 8.3.

7.3 Dokumentation zur Auswertung der Messdaten

Die Ergebnisse der gemäß Kapitel 7.1 und 7.2 durchgeführten Auswertung der Messdaten sind vollständig in tabellarischer Form im Messbericht zu dokumentieren, d. h. für jede vermessene Vorbeifahrt und für jeden Immissionsort sind die Fahrzeug-Geschwindigkeit, die Ereigniszeit T_E (bzw. $T_{E,r}$ oder $T_{E,eFl}$), der Ereignis-

pegel $L_{Am,E}$ (bzw. $L_{Am,E,r}$ oder $L_{Am,E,eFl}$) und der Stundenmittlungspegel $L_{Am,1h}$ (bzw. $L_{Am,1h,r}$ oder $L_{Am,1h,eFl}$) anzugeben, wobei die Fahrzeug-Geschwindigkeit die vom Betreiber der MSB-Strecke für den Messort mitgeteilte Geschwindigkeit ist. Ergebnisse von Vorbeifahrten, bei denen die berechneten Pegel wegen einer offensichtlichen Fehlmessung zweifelhaft erscheinen, sind dennoch in der Tabelle aufzuführen, dort aber hervorzuheben. Sie sind bei der D_{Fz} - bzw. D_{Fb} -Bestimmung in Kapitel 8 jedoch nicht zu berücksichtigen. Die Ursachen von Fehlmessungen sind zu beschreiben.

Neben obiger Dokumentation der Messergebnisse in Tabellenform sind außerdem für alle Vorbeifahrten und für jeden Immissionsort die Verläufe $L_A(t)$ in grafischer Form über die Dauer der Messzeit T_M darzustellen. In diesen Pegelschrieben sollen die Zeitpunkte t_1 bzw. $t_{1,r}$ und t_2 bzw. $t_{2,r}$ für die Berechnung des Ereignispegels gekennzeichnet werden. Im Falle der Messungen mit dem Mikrofon-Array sind als Pegelschriebe $L_A(t)$ die Zeitverläufe des nach Kapitel 6.4.2 berechneten Array-Summensignals mit den Zeitpunkten $t_{1,eFl}$ und $t_{2,eFl}$ zu dokumentieren. Die Darstellung letzterer Pegelschriebe kann sich anstelle der Messzeit T_M auf den Bereich ca. 100 m vor der Fahrzeugspitze bis ca. 100 m hinter dem Fahrzeugende beschränken.

Des Weiteren sollen Schalldruck-Terzspektren von der Terzmittenfrequenz 25 Hz bis zur Terzmittenfrequenz 10 kHz - beim Array-Verfahren jedoch nur für die Terzen von 160 bis 6300 Hz - in absoluten Pegeln erstellt werden. Hierfür ist die Auswertung je einer Fahrt mit 150, 200, 250, 300, sowie je nach erforderlichem Geschwindigkeitsbereich 350 und 400 km/h ausreichend. Für die Terzspektren ist das Zeitsignal $p(t)$ - beim Array-Verfahren das Summensignal der Zeitsignale $p(t)$ der Array-Mikrofone - über die Ereigniszeit der jeweiligen Vorbeifahrt auszuwerten. Die Darstellung von unbewerteten oder A-bewerteten Terzspektren ist zulässig; die entsprechende Wahl ist bei der Ordinatenbeschriftung deutlich zu machen. Jedes Terzspektrum muss außerdem die Angabe des „linearen“, d. h. unbewerteten, bzw. A-bewerteten Gesamtschallpegels als energetische Summe der oben genannten Terzpegel enthalten.

8 Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} und D_{Fb}

Die gemäß Kapitel 7.1 berechneten Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h}$ für die einzelnen Fahrzeug-Vorbeifahrten sind die Grundlage für die im Folgenden beschriebene Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} , d. h. von $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$, sowie der Pegeldifferenz D_{Fb} .

8.1 Bestimmung des $D_{Fz,me}$ - und des $D_{Fz,ae}$ -Werts

Zur Bestimmung des $D_{Fz,me}$ - und des $D_{Fz,ae}$ -Werts sind entsprechend Kapitel 6.2 ausschließlich die Messergebnisse bei den Vorbeifahrten auf dem Referenz-Betonfahrweg unter den ebenfalls in diesem Kapitel angegebenen Messbedingungen zu verwenden. Da nach Kapitel 6.1.2 die Länge des Fahrzeugs bzw. dessen Sektionsanzahl bei Messungen zur D_{Fz} -Bestimmung freigestellt ist, erwächst hieraus in Bezug auf die gemessenen Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h}$ eine notwendige Korrektur um Werte ΔL_{Sek} , die von der Sektionsanzahl und der Fahrzeug-Geschwindigkeit abhängen und unten für 2- bis 10-Sektionsfahrzeuge angegeben sind.

Hinweis: Bei der Erstellung der /MSB-LSV/ wurden gemessene Immissionspegel aus Vorbeifahrten des TR 07/1 bestehend aus zwei Sektionen zu Grunde gelegt. Werte für Mehrsektionsfahrzeuge wurden mit Hilfe von Modellrechnungen prognostiziert, die sich auf einer Schallquellenortung am TR 07/1 abstützten. Diese Prognosewerte wurden als Ersatz für die fehlenden Messungen bei Mehrsektionsfahrzeugen verwendet und zur Erstellung der Formeln (2.1) und (2.2) in der /MSB-LSV/ zur Berücksichtigung der Fahrzeuglänge genutzt. Innerhalb dieses Verfahrens lagen die Immissionspegel bei der Messung bzw. den Modellrechnungen unter den dann in der /MSB-LSV/ festgelegten Rechenwerten (um bis zu 1,2 dB(A) für ein 2-Sektionsfahrzeug bzw. um bis zu 2,1 dB(A) für ein 4-Sektionsfahrzeug). Diese Differenzen wurden als konservativer Ansatz akzeptiert und spiegeln sich in den Korrekturwerten ΔL_{Sek} wider.

Die Werte ΔL_{Sek} zur Korrektur der gemessenen Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h}$ ergeben sich aus den Gleichungen (1a-1i) und sind bei der folgenden Rechnung auf zwei Dezimalstellen mathematisch zu runden:

$$\Delta L_{Sek}(2 \text{ Sektionen}, v) = -2,7 + 16,5 \cdot \lg(v/v_0) - 17,9 \cdot (\lg(v/v_0))^2 \quad [\text{dB(A)}], \quad (1a)$$

$$\Delta L_{Sek}(3 \text{ Sektionen}, v) = -2,5 + 17,5 \cdot \lg(v/v_0) - 18,7 \cdot (\lg(v/v_0))^2 \quad [\text{dB(A)}], \quad (1b)$$

$$\Delta L_{Sek}(4 \text{ Sektionen}, v) = -2,4 + 18,4 \cdot \lg(v/v_0) - 19,6 \cdot (\lg(v/v_0))^2 \quad [\text{dB(A)}], \quad (1c)$$

$$\Delta L_{Sek}(5 \text{ Sektionen}, v) = -2,4 + 19,0 \cdot \lg(v/v_0) - 19,5 \cdot (\lg(v/v_0))^2 \quad [\text{dB(A)}], \quad (1d)$$

$$\Delta L_{Sek}(6 \text{ Sektionen}, v) = -2,4 + 19,5 \cdot \lg(v/v_0) - 19,4 \cdot (\lg(v/v_0))^2 \quad [\text{dB(A)}], \quad (1e)$$

$$\Delta L_{Sek}(7 \text{ Sektionen}, v) = -2,4 + 19,4 \cdot \lg(v/v_0) - 18,7 \cdot (\lg(v/v_0))^2 \quad [\text{dB(A)}], \quad (1f)$$

$$\Delta L_{Sek}(8 \text{ Sektionen}, v) = -2,3 + 19,3 \cdot \lg(v/v_0) - 18,0 \cdot (\lg(v/v_0))^2 \quad [\text{dB(A)}], \quad (1g)$$

$$\Delta L_{Sek}(9 \text{ Sektionen}, v) = -2,3 + 18,9 \cdot \lg(v/v_0) - 17,0 \cdot (\lg(v/v_0))^2 \quad [\text{dB(A)}], \quad (1h)$$

$$\Delta L_{Sek}(10 \text{ Sektionen}, v) = -2,2 + 18,5 \cdot \lg(v/v_0) - 16,0 \cdot (\lg(v/v_0))^2 \quad [\text{dB(A)}]. \quad (1i)$$

Gleichungen (1a-1i)

Hinweis: Die Gleichungen (1a-1i) basieren auf einer Sektionslänge von ca. 25 m. Weicht die Sektionslänge erheblich davon ab, so ist die Gleichung für die nächstliegende Fahrzeuglänge zu verwenden.

Demgemäß ergeben sich die korrigierten Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,korr}$ für die vermessenen Vorbeifahrten bei der jeweiligen Geschwindigkeit v mit ΔL_{Sek} für die Sektionsanzahl bei der Messung zu

$$L_{Am,1h,korr} = L_{Am,1h} + \Delta L_{Sek} \text{ [dB(A)]}. \quad (2)$$

Gleichung (2)

Als nächstes ist anhand der so korrigierten, von 130 bis mindestens 400 km/h in 10 km/h-Stufen vorliegenden Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,korr}$ ein Ausgleichspolynom zweiten Grades der Form

$$L_{Am,1h,korr}(v) = a + b \cdot \lg(v/v_0) + c \cdot (\lg(v/v_0))^2 \text{ [dB(A)]} \quad (3)$$

Gleichung (3)

zu bestimmen, wobei die Koeffizienten a , b und c entsprechend der Methode der kleinsten Fehlerquadrate berechnet werden und die Fahrzeug-Geschwindigkeiten der einzelnen Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,korr}$ die vom Betreiber der MSB-Strecke angegebenen Geschwindigkeiten sind. Das Polynom $L_{Am,1h,korr}(v)$ ist im Folgenden der Repräsentant der Messwerte. Es ist grundsätzlich nur im Bereich der gemessenen Geschwindigkeiten gültig. Auszunehmen ist jedoch der Geschwindigkeitsbereich unterhalb von 170 km/h, wo gemäß der Regelung in der /MSB-LSV/, Abschnitt 2.5, die Stundenmittelungspegel auf den Wert bei 170 km/h zu setzen sind. Des Weiteren dürfen in Fällen, in denen Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,korr}$ oberhalb der mit der höchsten Geschwindigkeit vermessenen Vorbeifahrt erforderlich sind, diese durch Verwendung des Polynoms bis zu Geschwindigkeiten extrapoliert werden, die maximal 5 % höher als die höchste vermessene Geschwindigkeit liegen.

Die Bestimmung der Werte von $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$ erfolgt im Rahmen des unten beschriebenen iterativen Verfahrens. Hierin werden die Pegel des Polynoms $L_{Am,1h,korr}(v)$ mit denjenigen des nach /MSB-LSV/ zu berechnenden Gesamtbeurteilungspegels $L_r(v)$ verglichen. Dazu ist der Gesamtbeurteilungspegel als energetische Summe aus mechanischem und aerodynamischem Beurteilungspegel für verschiedene Kombinationen von $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$ für die Dauer einer Stunde bei einer Vorbeifahrt in dieser Zeit mittels des Teilstückverfahrens für die geometrische Situation bei der Messung am Referenz-Betonfahrweg zu berechnen. Hierbei sind Teilstücke über eine Länge von mindestens 500 m zu beiden Seiten des Messquerschnitts einzubeziehen. Bei der Berechnung der Beurteilungspegel ist der Korrekturpegel S zur Berücksichtigung der Besonderheiten von Bahnen (siehe /MSB-LSV/) außer Acht zu lassen.

Das Iterationsverfahren umfasst die folgenden Teilschritte:

- 1) Berechnung des Gesamtbeurteilungspegels $L_r(v)$ für eine Kombination von $D_{Fz,me}$ - und $D_{Fz,ae}$ -Werten,
- 2) Berechnung der Pegeldifferenzen $\Delta L_{Diff}(v)$ zwischen dem berechneten Gesamtbeurteilungspegel $L_r(v)$ und dem Polynom $L_{Am,1h,korr}(v)$ im Geschwindigkeitsbereich von 170 km/h bis mindestens 400 km/h in Stufen von 1 km/h gemäß

$$\Delta L_{Diff}(v) = L_r(v) - L_{Am,1h,korr}(v) \text{ [dB(A)]}, \quad (4)$$

Gleichung (4)

- 3) mathematische Rundung der Werte von $\Delta L_{Diff}(v)$ auf eine Dezimalstelle,

- 4) Variation der $D_{Fz,me}$ - und $D_{Fz,ae}$ -Werte in 0,5 dB-Stufen zur Bestimmung derjenigen Wertekombination, bei welcher die beiden folgenden Bedingungen erfüllt sind:
- Die gerundeten Pegeldifferenzen $\Delta L_{Diff}(v) \geq 0$ für alle Geschwindigkeiten zwischen 170 km/h und der höchsten Geschwindigkeit (mindestens 400 km/h, siehe Kapitel 6.2); diese Bedingung ist in 1 km/h-Stufen zu überprüfen und stellt sicher, dass die prognostizierten Gesamtbeurteilungspegel stets über den Messwerten (repräsentiert durch die Werte des Polynoms $L_{Am,1h,korr}(v)$) liegen.
 - Im Bereich von 170 km/h bis zur höchsten Geschwindigkeit (mindestens 400 km/h, siehe Kapitel 6.2) ist die Summe der Quadrate der gerundeten Pegeldifferenzen $\Delta L_{Diff}(v)$ minimal. Bei der Berechnung dieser Summe beträgt die Abstufung wiederum 1 km/h.

Die nach Beendigung von Schritt 4 des Iterationsverfahrens gefundene Kombination der D_{Fz} -Werte stellt die für ein neues Fahrzeug gesuchten Werte für $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$ dar.

8.2 Bestimmung des D_{Fb} -Werts

Die Bestimmung des D_{Fb} -Werts setzt die Kenntnis der Hilfsgrößen D_{FzH} , d. h. von $D_{FzH,me}$ und $D_{FzH,ae}$, desjenigen Fahrzeugs voraus, mit dem die Vorbeifahrten auf dem Fahrweg-Prüfling stattgefunden haben, für den der D_{Fb} -Wert zu ermitteln ist. Dabei stellen die D_{FzH} -Werte im Prinzip die Pegeldifferenzen D_{Fz} dar; sie werden jedoch ohne die Korrekturen ΔL_{Sek} bezüglich der Sektionsanzahl ermittelt. Sie beruhen im Allgemeinen auf Vorausmessungen am Referenz-Betonfahrweg im zeitnahen Vorfeld der eigentlichen Messungen am Fahrweg-Prüfling.

Vorausmessungen und Datenauswertung zur Bestimmung der D_{FzH} -Werte

Die Vorausmessungen zur Bestimmung der D_{FzH} -Werte am Referenz-Betonfahrweg unterliegen den Anforderungen, wie sie in Kapitel 6 angegeben sind. Auch die Auswertung der Messdaten unterscheidet sich nicht von derjenigen bei der D_{Fz} -Bestimmung. Somit erfolgt die Ermittlung von $D_{FzH,me}$ und $D_{FzH,ae}$ sinngemäß anhand des Iterationsverfahrens von Kapitel 8.1. Vier Ausnahmen sind dabei jedoch zu beachten:

- Die Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h}$ werden nicht mit den Korrekturwerten ΔL_{Sek} beaufschlagt, so dass das Ausgleichspolynom von Gleichung (3) aus den tatsächlich gemessenen Werten für den Stundenmittelungspegel abgeleitet wird.
- Die Rundung von $\Delta L_{Diff}(v)$ in Schritt 3 des Iterationsverfahrens entfällt.
- Beim Schritt 4 des Iterationsverfahrens ist die Variation der $D_{FzH,me}$ - und $D_{FzH,ae}$ -Werte in 0,1 dB-Stufen vorzunehmen und
- die Bedingung $\Delta L_{Diff}(v) \geq 0$ entfällt.

Die nach Beendigung von Schritt 4 des Iterationsverfahrens gefundene Kombination der D_{FzH} -Werte stellt die gesuchten Werte für $D_{FzH,me}$ und $D_{FzH,ae}$ dar.

Bestimmung des D_{FB} -Werts auf der Basis der D_{FzH} -Werte

Zur Bestimmung des D_{FB} -Werts des Fahrweg-Prüflings ist zunächst die Differenzkurve $\Delta L_{Am,1h}(v)$ aus den am Messort mit dem Fahrweg-Prüfling gemessenen Stundenmittlungspegeln $L_{Am,1h,prüf}$ und den am Messort mit dem Referenz-Betonfahrweg gemessenen Pegeln $L_{Am,1h,ref}$ im an beiden Messorten gemeinsamen Geschwindigkeitsbereich zu bilden, nämlich

$$\Delta L_{Am,1h}(v) = L_{Am,1h,prüf}(v) - L_{Am,1h,ref}(v) \quad [\text{dB(A)}], \quad (5)$$

Gleichung (5)

wobei $L_{Am,1h,prüf}(v)$ und $L_{Am,1h,ref}(v)$ nach Gleichung (3) zu bestimmende Ausgleichspolynome sind. Der Kurvenverlauf $\Delta L_{Am,1h}(v)$ ist somit der Repräsentant der am Immissionsort mit dem Fahrweg-Prüfling gegenüber dem Immissionsort mit dem Referenz-Betonfahrweg in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit festgestellten Pegeldifferenz. Unter Kenntnis der Hilfsgrößen $D_{FzH,me}$ und $D_{FzH,ae}$ des aktuellen Fahrzeugs, d. h. desjenigen Fahrzeugs, mit dem die Vorbeifahrten auf dem Fahrweg-Prüfling stattgefunden haben, wird der D_{FB} -Wert des Fahrweg-Prüflings, d. h. $D_{FB,prüf}$, anhand Gleichung (6) berechnet:

$$D_{FB,prüf}(v) = 10 \lg \left(10^{(\Delta L_{Am,1h} - C)/10} + 10^{(\Delta L_{Am,1h} - C + L_{E,ae} - L_{E,me})/10} - 10^{(L_{E,ae} - L_{E,me})/10} \right) \quad [\text{dB(A)}] \quad (6)$$

Gleichung (6)

$$\text{mit} \quad L_{E,me} = 40 + D_{FzH,me} + 10 \lg(l/100 \text{ m}) + 20 \lg(v/v_0) + D_{FB,ref} \quad [\text{dB(A)}],$$

$$L_{E,ae} = 24 + D_{FzH,ae} + 10 \lg((0,6 \cdot l + 40)/100 \text{ m}) + 60 \lg(v/v_0) \quad [\text{dB(A)}],$$

$$D_{FB,ref} = 0$$

$$C = C_{prüf} - C_{ref} \quad [\text{dB(A)}],$$

$$\text{mit} \quad C_{prüf} = 10 \lg \sum_k 10^{\Delta L_{k,prüf}/10} \quad [\text{dB(A)}] \quad (\text{gemäß Teilstückverfahren der /MSB-LSV/),$$

$$C_{ref} = 10 \lg \sum_k 10^{\Delta L_{k,ref}/10} \quad [\text{dB(A)}] \quad (\text{gemäß Teilstückverfahren der /MSB-LSV/),$$

$$\text{mit} \quad \Delta L_{k,prüf} = 18 + 10 \lg(l_{k,prüf}) + D_{s,k,prüf} + D_{L,k,prüf} + D_{BM,k,prüf} \quad [\text{dB(A)}],$$

$$\Delta L_{k,ref} = 18 + 10 \lg(l_{k,ref}) + D_{s,k,ref} + D_{L,k,ref} + D_{BM,k,ref} \quad [\text{dB(A)}].$$

Hinweis: Die Terme $C_{prüf}$ und C_{ref} berücksichtigen unterschiedliche Höhen über Boden der Fahrwegoberkante und des Immissionsorts am Messort des Fahrweg-Prüflings und des Referenz-Betonfahrwegs. Sind die Höhen der Fahrwegoberkante an beiden Messorten gleich, wird die Differenz $C_{prüf} - C_{ref}$ zu Null, sodass der Term C in Gleichung (6) entfällt.

Gleichung (6) gilt ausdrücklich nur für die Randbedingungen, wie sie nach den Vorgaben in Kapitel 6 bei den Messungen einzuhalten sind. Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass in (6) im Rahmen des Teilstückverfahrens Teilstücke über eine Länge von mindestens 500 m zu beiden Seiten des Messquerschnitts einbezogen werden müssen.

Der nach Gleichung (6) im Geschwindigkeitsbereich ab 170 km/h bestimmte Maximalwert von $D_{Fb,prüf}$ ist in 0,5 dB-Stufen aufzurunden. Der daraus resultierende Wert stellt den gesuchten D_{Fb} -Wert des Fahrweg-Prüflings dar. Da nach Kapitel 6.3 die Angabe des D_{Fb} -Werts des Fahrweg-Prüflings in Geschwindigkeitsbereichen zulässig ist, nämlich bis einschließlich 300 km/h, von > 300 km/h bis einschließlich 400 km/h und im darüber liegenden Bereich, ist die D_{Fb} -Bestimmung mittels Gleichung (6) falls erforderlich getrennt in den einzelnen Geschwindigkeitsbereichen durchzuführen. Die so erhältlichen D_{Fb} -Werte sind bezüglich ihres Gültigkeitsbereichs zu kennzeichnen.

8.3 Zusätzliche Vorgaben für die D_{Fb} -Bestimmung bei kurzen Einbaulängen des Fahrweg-Prüflings

Als D_{Fb} -Wert des Fahrweg-Prüflings wird der aus dem Einzelmikrofon-Verfahren bei reduziertem Messabstand und dem Array-Verfahren jeweils ermittelte größere Wert festgelegt. Diese Regelung gilt für den gesamten Geschwindigkeitsbereich ab 170 km/h als auch separat für die nach Kapitel 6.3 möglichen Teilgeschwindigkeitsbereiche. Im Einzelnen ist noch folgendes anzumerken:

- Die D_{Fb} -Bestimmung mittels des Einzelmikrofon-Verfahren bei reduziertem Messabstand erfolgt prinzipiell wie in Kapitel 8.2 beschrieben. Jedoch werden für die Pegeldifferenz $\Delta L_{Am,1h}(v)$ in Gleichung (5) bei der Berechnung der Polynome $L_{Am,1h,prüf}(v)$ und $L_{Am,1h,ref}(v)$ nach Gleichung (3) sämtliche an einem Messort ermittelte Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,r}$, d. h. die Pegel aus beiden Immissionshöhen, zugleich einbezogen. Ist wegen der an beiden Messorten unterschiedlichen Höhen der Immissionsorte der Term C in Gleichung (6) zu berücksichtigen, so ist je Messort die für die Berechnung von $C_{prüf}$ und C_{ref} notwendige Höhe des Immissionsorts aus den beiden Immissionsorthöhen des jeweiligen Messorts zu mitteln.
- Die D_{Fb} -Bestimmung mittels des Array-Verfahrens erfolgt deckungsgleich wie in Kapitel 8.2 geschildert. Bei der Berechnung der Polynome $L_{Am,1h,prüf}(v)$ und $L_{Am,1h,ref}(v)$ nach Gleichung (3) sind die Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,eFl}$ zu verwenden.

Hinweis: Durch die Berücksichtigung der beim Einzelmikrofon-Verfahren in zwei Immissionsorthöhen gemessenen Stundenmittelungspegel wird bei der Polynomberechnung je Messort eine Mittelung erreicht, welche die durch die vertikale Richtcharakteristik von Fahrweg und Fahrzeug bedingten Fehler reduziert.

8.4 Dokumentation zur Bestimmung der Pegeldifferenzen D_{Fz} und D_{Fb}

Die Dokumentation bezüglich der für ein neues Fahrzeug mittels des Iterationsverfahrens in Kapitel 8.1 gefundenen Werte für $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$ umfasst zwei Diagramme, die die „beste“ Anpassung des nach /MSB-LSV/ zu berechnenden Gesamtbeurteilungspegels an die korrigierten am Referenz-Betonfahrweg gemessenen Stundenmittelungspegel verdeutlichen sollen. Im ersten Diagramm sind gegenüberzustellen:

- die einzelnen korrigierten Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,korr}$,
- das aus diesen Werten abgeleitete Ausgleichspolynom $L_{Am,1h,korr}(v)$ sowie
- der Verlauf des nach /MSB-LSV/ zu berechnenden Gesamtbeurteilungspegels $L_r(v)$.

Im zweiten Diagramm ist der Verlauf der Pegeldifferenz $\Delta L_{Diff}(v)$ nach (4) aufzutragen, der zum Abbruch des Iterationsverfahrens geführt hat.

Im Rahmen der Ermittlung des D_{Fb} -Werts für den Fahrweg-Prüfling ist zunächst in Analogie zur Bestimmung der D_{Fz} -Werte hinsichtlich der aus dem Iterationsverfahren nach Kapitel 8.2 resultierenden Werte für $D_{FzH,me}$ und $D_{FzH,ae}$ ein Diagramm zu erstellen, das

- die einzelnen gemessenen Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h}$,
- das aus diesen Werten abgeleitete Ausgleichspolynom $L_{Am,1h}(v)$ sowie
- den Verlauf des nach /MSB-LSV/ mit $D_{FzH,me}$ für $D_{Fz,me}$ und $D_{FzH,ae}$ für $D_{Fz,ae}$ zu berechnenden Gesamtbeurteilungspegels $L_r(v)$,

für den Fall der „besten“ Anpassung von zu berechnendem Gesamtbeurteilungspegel und gemessenen Stundenmittelungspegeln beinhaltet. Diese „beste“ Anpassung ist in einem weiteren Diagramm zu illustrieren, in dem der Verlauf der Pegeldifferenz $\Delta L_{Diff}(v)$ nach (4) aufgetragen wird, der zum Abbruch des Iterationsverfahrens geführt hat.

Des Weiteren sind die Messwerte am Fahrweg-Prüfling zu dokumentieren, und zwar in einer Grafik

- die einzelnen gemessenen Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,prüf}$ und
- das aus diesen Werten abgeleitete Ausgleichspolynom $L_{Am,1h,prüf}(v)$.

Zur Dokumentation des mittels Gleichung (6) bestimmten D_{Fb} -Werts sind zwei Grafiken anzufertigen, die

- die gemessene Pegeldifferenz $\Delta L_{Am,1h}$ als Funktion der Geschwindigkeit und
- die berechneten $D_{Fb,prüf}$ -Werte als Funktion der Geschwindigkeit

im Geschwindigkeitsbereich ab 170 km/h enthalten. Letztere Grafik verdeutlicht einerseits die Abhängigkeit der $D_{Fb,prüf}$ -Werte von der Geschwindigkeit des Fahrzeugs, andererseits zeigt sie auf, bei welcher Geschwindigkeit der maximale Wert von $D_{Fb,prüf}$ und damit letztendlich der D_{Fb} -Wert des Fahrweg-Prüflings ermittelt wurde.

9 Anhang

In diesem Anhang wird die Bestimmung von D_{FZ^-} , D_{FZH^-} und D_{Fb} -Werten sowie die Ergebnisdokumentation an Hand eines Beispiels verdeutlicht. Dazu sind in Tabelle 9-1 fiktive Stundenmittlungspegel $L_{Am,1h}$ aufgelistet, die unter Bedingungen gemäß Kapitel 6 am Referenz-Betonfahrweg gemessen und entsprechend den Vorgaben nach Kapitel 7 ermittelt worden sein sollen.

Im vorliegenden Beispiel werden nachfolgende Randbedingungen und fiktive Messwerte angenommen:

- einzelnes Mikrofon in 25 m Abstand von der Fahrwegträgermitte,
- „lange“ Erstreckung des Fahrwegs,
- Fahrwegoberkante im Messquerschnitt in 6,7 m Höhe über dem Boden,
- Fahrzeug mit einer Länge von 79,2 m.

v [km/h]	$L_{Am,1h}$ [dB(A)]	v [km/h]	$L_{Am,1h}$ [dB(A)]	v [km/h]	$L_{Am,1h}$ [dB(A)]
129,9	41,9	229,2	46,6	330,1	53,6
130,0	42,5	230,3	46,8	330,5	53,8
139,9	42,5	240,1	47,4	339,9	54,4
140,1	42,2	240,3	47,9	340,3	54,8
150,1	41,9	249,9	48,2	349,7	55,3
150,4	42,5	250,3	48,5	350,1	55,1
160,0	42,3	260,2	48,8	360,1	55,6
160,1	42,7	260,5	49,2	360,4	55,2
170,1	42,6	269,8	49,7	369,7	56,5
170,4	43,4	270,2	50,3	370,1	56,3
180,1	43,5	280,0	50,2	379,7	56,8
180,2	42,7	280,2	50,5	380,1	56,7
190,1	43,6	289,9	51,2	390,0	57,0
190,3	44,4	290,2	51,5	390,2	57,4
200,1	44,4	300,2	51,9	400,1	58,0
200,3	44,7	300,6	52,3	400,3	57,7
210,2	44,9	310,5	52,3	409,6	58,4
210,4	45,1	310,8	52,6	409,9	58,9
219,8	45,9	319,9	52,8	410,3	58,6
220,2	45,5	320,1	53,1	-	-

Tabelle 9-1: Am Messort mit dem Referenz-Betonfahrweg fiktiv ermittelte Stundenmittlungspegel

9.1 Beispiel für die Bestimmung der Pegeldifferenzen $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$

Die Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h}$ aus Tabelle 9-1 sind zunächst hinsichtlich der Sektionsanzahl des Fahrzeugs gemäß Gleichung (2) zu korrigieren. Die daraus resultierenden Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,korr}$ sind in Abbildung 2 eingetragen (entsprechend Kapitel 8.4). Aus den Pegeln $L_{Am,1h,korr}$ wird sodann gemäß Gleichung (3) das Ausgleichspolynom $L_{Am,1h,korr}(v)$ gebildet und der Abbildung 2 hinzugefügt (siehe Kapitel 8.4). Im vorliegenden Beispiel ergeben sich für die Koeffizienten des Ausgleichspolynoms die Werte $a = 38,90$, $b = 12,62$ und $c = 35,70$.

Durch Anwendung des in Kapitel 8.1 festgelegten Iterationsverfahrens werden die Werte $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$ bestimmt, welche die „beste“ Anpassung des nach /MSB-LSV/ zu berechnenden Gesamtbeurteilungspegels $L_r(v)$ an das Ausgleichspolynom $L_{Am,1h,korr}(v)$ liefern, wobei insbesondere zu beachten ist, dass der berechnete Gesamtbeurteilungspegel stets oberhalb des Ausgleichspolynoms liegen muss. In diesem Beispiel sind die bestimmten Werte $D_{Fz,me} = -0,5 \text{ dB(A)}$ und $D_{Fz,ae} = -0,5 \text{ dB(A)}$. Der Verlauf des Gesamtbeurteilungspegels für diese beiden Werte ist gleichfalls in Abbildung 2 eingetragen (siehe Kapitel 8.4).

Im Übrigen beträgt der bei der Berechnung des Gesamtbeurteilungspegels am Referenz-Betonfahrweg benötigte Wert für C_{ref} aufgrund der oben angegebenen geometrischen Verhältnisse und der über $\pm 500 \text{ m}$ beidseits des Messquerschnitts berücksichtigten Teilstücke $0,0218 \text{ dB(A)}$.

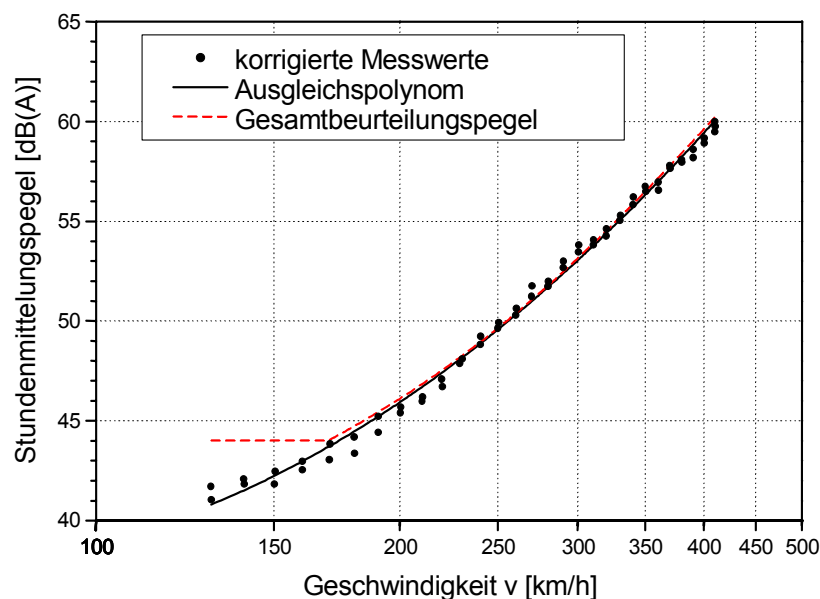


Abbildung 2: Korrigierte Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,korr}$, Ausgleichspolynom $L_{Am,1h,korr}(v)$ und Gesamtbeurteilungspegel $L_r(v)$ auf Basis der mit dem Iterationsverfahren bestimmten D_{Fz} -Werte

Entsprechend der Vorgabe von Kapitel 8.4 ist in Abbildung 3 der Verlauf der Pegeldifferenz ΔL_{Diff} gemäß Gleichung (4) als Differenz der Verläufe von Gesamtbeurteilungspegel und Ausgleichspolynom aus Abbildung 2 dargestellt. Abbildung 3 dient als Nachweis, dass bei der Bestimmung von $D_{Fz,me}$ und $D_{Fz,ae}$ die Bedingung $\Delta L_{Diff} \geq 0$ im gesamten Geschwindigkeitsbereich von 170 km/h bis zur höchsten Geschwindigkeit eingehalten wurde.

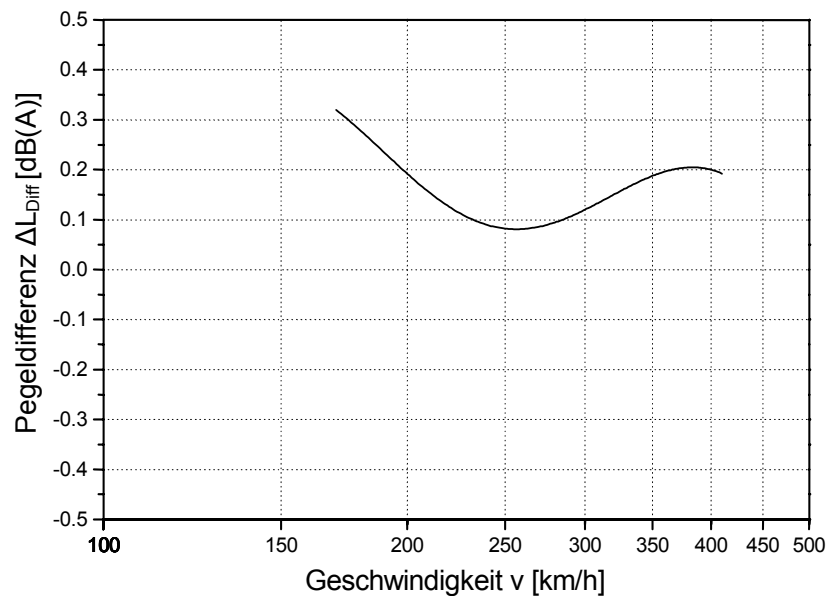


Abbildung 3: Pegeldifferenz $\Delta L_{\text{Diff}}(v)$ von Gesamtbeurteilungspegel und Ausgleichspolynom aus Abbildung 2

9.2 Beispiel für die Bestimmung der Pegeldifferenz D_{Fb}

In einem ersten Schritt sind durch Messungen am Referenz-Fahrweg die Hilfsgrößen $D_{\text{FzH,me}}$ und $D_{\text{FzH,ae}}$ für das Fahrzeug zu ermitteln, mit dem die Fahrten auf dem Fahrweg-Prüfling erfolgten. Anschließend wird aus der Differenz der am Fahrweg-Prüfling und am Referenz-Betonfahrweg gemessenen Stundenmittlungspegel die Pegeldifferenz D_{Fb} bestimmt.

9.2.1 Bestimmung der Hilfsgrößen $D_{\text{FzH,me}}$ und $D_{\text{FzH,ae}}$

Zunächst sind gemäß Kapitel 8.4 die am Referenz-Betonfahrweg ermittelten Stundenmittlungspegel $L_{\text{Am,1h}} = L_{\text{Am,1h,ref}}$ aus Tabelle 9-1 grafisch darzustellen (siehe Abbildung 4). Eine Korrektur hinsichtlich der Sektionsanzahl des Fahrzeugs findet nicht statt. An diese Werte ist mittels Gleichung (3) ein Ausgleichspolynom $L_{\text{Am,1h,ref}}(v)$ anzupassen und ebenfalls grafisch darzustellen (siehe Abbildung 4). Für die Koeffizienten dieses Ausgleichspolynoms ergeben sich für das Beispiel die Werte $a = 41,43$, $b = -4,81$ und $c = 54,38$.

Mittels des nach Kapitel 8.2 modifizierten Iterationsverfahrens sind durch die „beste“ Anpassung des nach /MSB-LSV/ zu berechnenden Gesamtbeurteilungspegels $L_r(v)$ an das Ausgleichspolynom $L_{\text{Am,1h,ref}}(v)$ die Hilfsgrößen $D_{\text{FzH,me}}$ und $D_{\text{FzH,ae}}$ zu bestimmen. Gemäß Kapitel 8.4 ist der mit den gefundenen Werten für $D_{\text{FzH,me}}$ und $D_{\text{FzH,ae}}$ prognostizierte Verlauf von $L_r(v)$ der Abbildung 4 hinzuzufügen. Beim vorliegenden Beispiel erbringt das Iterationsverfahren die Werte $D_{\text{FzH,me}} = -1,6$ dB(A) und $D_{\text{FzH,ae}} = -2,2$ dB(A). Für die so ermittelten D_{FzH} -Werte ist entsprechend Kapitel 8.4 in einer gesonderten Grafik (siehe Abbildung 5) der Verlauf der Pegeldifferenz ΔL_{Diff} gemäß Gleichung (4) als Differenz der Verläufe von Gesamtbeurteilungspegel und Ausgleichspolynom aus Abbildung 4 dargestellt.

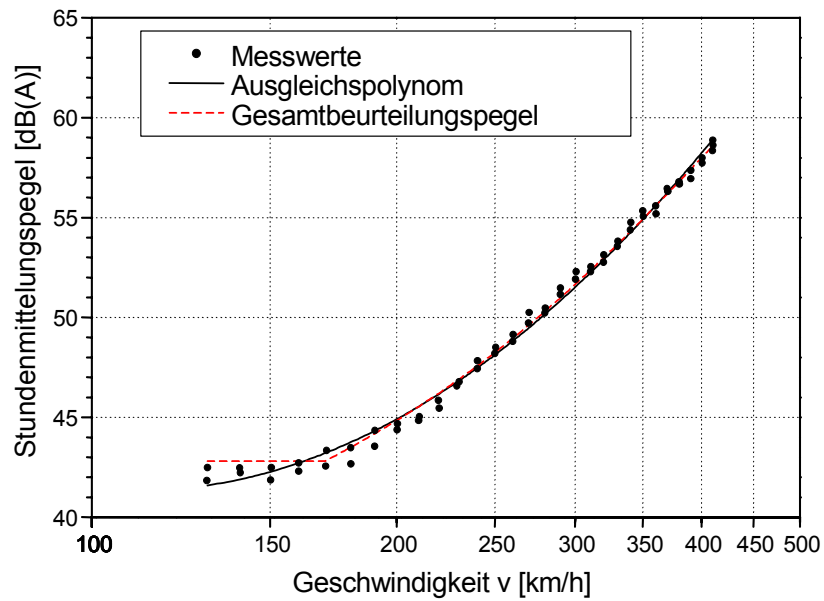


Abbildung 4: Stundenmittlungspegel $L_{Am,1h,ref}$, Ausgleichspolynom $L_{Am,1h,ref}(v)$ und Gesamtbeurteilungspegel $L_r(v)$ auf Basis der mit dem modifizierten Iterationsverfahren bestimmten D_{FzH} -Werte

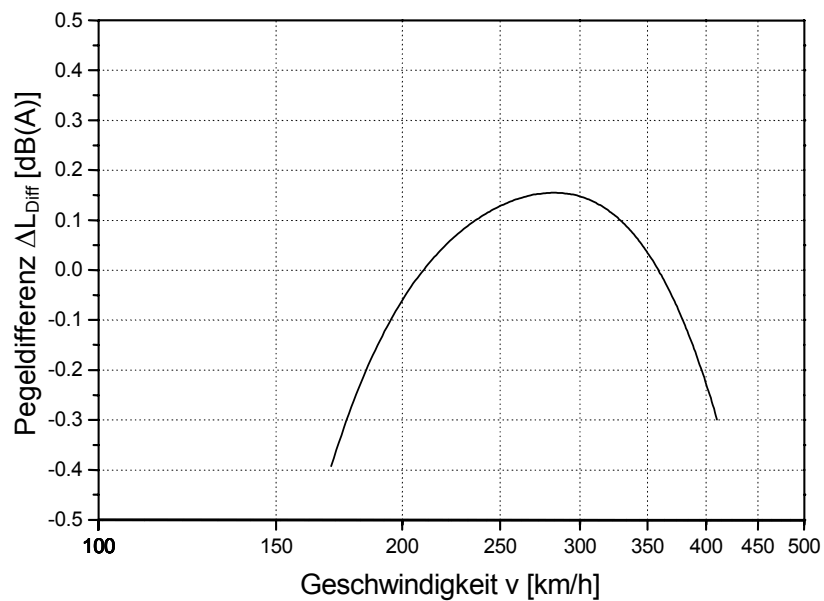


Abbildung 5: Pegeldifferenz $\Delta L_{Diff}(v)$ von Gesamtbeurteilungspegel und Ausgleichspolynom aus Abbildung 4

9.2.2 Bestimmung des D_{Fb} -Werts für einen Fahrweg-Prüfling mit langer Erstreckung

Nachdem nunmehr die Hilfsgrößen $D_{FZH,me}$ und $D_{FZH,ae}$ bestimmt sind, kann der D_{Fb} -Wert des Fahrweg-Prüflings anhand von Gleichung (6) berechnet werden. Dazu sind in Tabelle 9-2 fiktive Stundenmittlungspegel $L_{Am,1h}$ aufgelistet, die unter Bedingungen gemäß Kapitel 6 am Fahrweg-Prüfling gemessen und entsprechend den Vorgaben nach Kapitel 7 ermittelt worden sein sollen.

Im vorliegenden Beispiel werden nachfolgende Randbedingungen und fiktive Messwerte angenommen:

- einzelnes Mikrofon in 25 m Abstand von der Fahrwegträgermitte,
- „lange“ Erstreckung des Fahrwegs,
- Fahrwegoberkante im Messquerschnitt in 6,5 m Höhe über dem Boden.

v [km/h]	$L_{Am,1h}$ [dB(A)]	v [km/h]	$L_{Am,1h}$ [dB(A)]	v [km/h]	$L_{Am,1h}$ [dB(A)]
130,1	44,6	229,7	49,4	329,8	55,0
130,3	45,0	230,1	49,7	330,4	55,4
139,8	44,9	240,0	50,2	340,0	55,6
140,0	44,6	240,2	50,6	340,4	56,1
149,8	44,3	249,8	50,6	349,9	56,5
150,2	44,8	250,1	51,0	350,3	56,2
159,9	44,6	260,1	51,3	359,8	56,7
160,1	45,0	260,5	51,6	360,3	56,4
170,0	44,9	269,7	51,7	369,7	57,6
170,3	45,6	270,1	52,3	370,3	57,3
179,9	45,8	279,5	52,4	379,9	57,7
180,1	45,1	280,1	52,8	380,2	57,5
189,8	46,0	289,8	53,1	390,1	57,7
190,1	46,9	290,2	53,3	390,4	58,2
199,9	47,0	299,7	53,7	399,8	58,6
200,3	47,4	300,3	54,0	400,4	58,4
210,0	47,8	310,1	54,1	409,6	59,0
210,4	48,1	310,5	54,3	410,0	59,3
219,7	48,8	319,9	54,4	410,4	59,1
220,2	48,5	320,3	54,6	-	-

Tabelle 9-2: Am Messort mit dem Fahrweg-Prüfling fiktiv ermittelte Stundenmittlungspegel

Zunächst ist aus den Stundenmittelungspegeln $L_{Am,1h} = L_{Am,1h,prüf}$ der Tabelle 9-2 das Ausgleichspolynom $L_{Am,1h,prüf}(v)$ zu bilden und entsprechend Kapitel 8.4 zusammen mit den Pegeln $L_{Am,1h,prüf}$ darzustellen (siehe Abbildung 6). Beim vorliegenden Beispiel betragen die Werte für die Koeffizienten des Ausgleichspolynoms $a = 42,62$, $b = 6,06$ und $c = 34,69$.

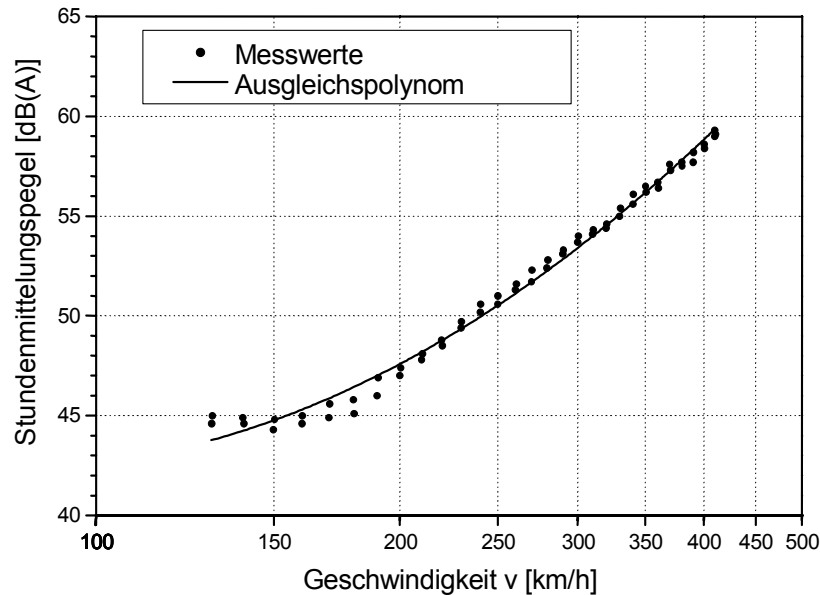
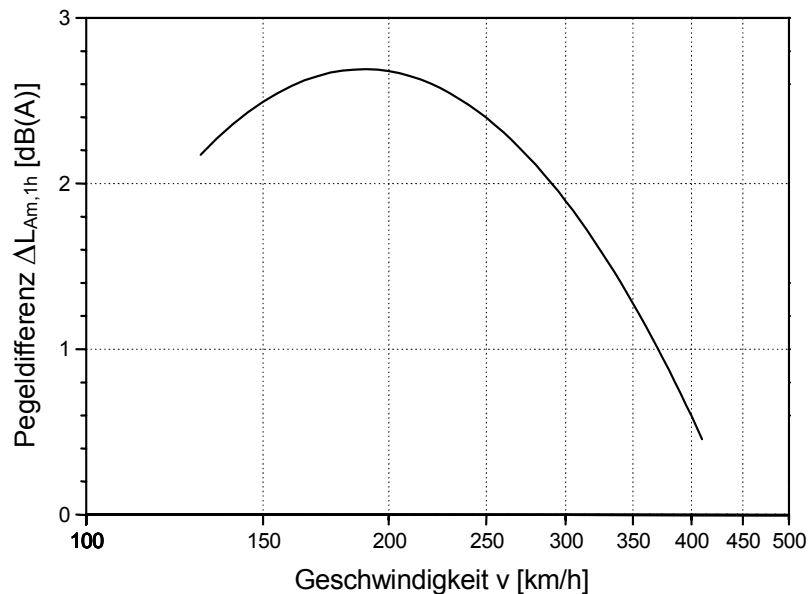


Abbildung 6: Stundenmittelungspegel $L_{Am,1h,prüf}$ und Ausgleichspolynom $L_{Am,1h,prüf}(v)$

Mit dem bereits oben berechneten Polynom $L_{Am,1h,ref}(v)$ folgt nach Gleichung (5) die Pegeldifferenz $\Delta L_{Am,1h}(v)$, die die aus den Messungen resultierende Eingangsgröße für Gleichung (6) darstellt. Der Verlauf von $\Delta L_{Am,1h}(v)$ ist als wichtige Zwischengröße bei der D_{Fb} -Bestimmung in einem gesonderten Diagramm gemäß Kapitel 8.4 zu veranschaulichen (siehe Abbildung 7).

Abbildung 7: Pegeldifferenz $\Delta L_{Am,1h}(v)$

Im nächsten Schritt ist aus $\Delta L_{Am,1h}(v)$ mittels Gleichung (6) $D_{Fb,prüf}(v)$ zu bestimmen. Dazu muss unter Beachtung der geometrischen Gegebenheiten an den beiden Messorten der Term $C = C_{prüf} - C_{ref}$ berechnet werden. Für C_{ref} wurde bereits in Kapitel 9.1 der Wert 0,0218 dB(A) bestimmt. Aufgrund der gegenüber dem Referenz-Betonfahrweg am Messort mit dem Fahrweg-Prüfling leicht geänderten geometrischen Situation (siehe oben) ergibt sich $C_{prüf} = 0,0144$ dB(A), sodass für C ein Wert von -0,0075 dB(A) folgt.

In Abbildung 8 sind als Ergebnis der Berechnungen mittels Gleichung (6) die Werte von $D_{Fb,prüf}(v)$ als Funktion der Fahrzeug-Geschwindigkeit aufgetragen. Der D_{Fb} -Wert des Fahrweg-Prüflings ergibt sich nun aus dem in 0,5 dB-Stufen aufgerundeten Maximalwert von $D_{Fb,prüf}$ entweder im gesamten Geschwindigkeitsbereich ab 170 km/h oder in den nach Kapitel 6.3 möglichen Teilbereichen. Im vorliegenden Beispiel sind dies:

- $D_{Fb} = 4,5$ dB(A) im gesamten Geschwindigkeitsbereich bis 410 km/h,
- $D_{Fb} = 4,5$ dB(A) im Teilbereich bis 300 km/h,
- $D_{Fb} = 4,5$ dB(A) im Teilbereich $300 < v \leq 400$ km/h,
- $D_{Fb} = 3,5$ dB(A) im Teilbereich $400 < v \leq 410$ km/h.

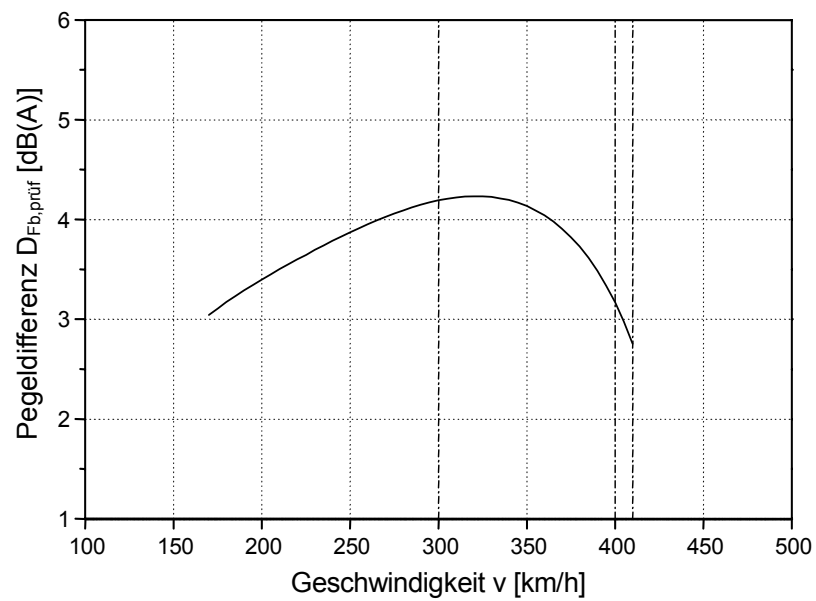


Abbildung 8: Berechnete $D_{Fb,prüf}$ -Werte eines Fahrweg-Prüflings bei fiktiven Messungen an einem Prüfling mit „langer“ Erstreckung

9.2.3 Bestimmung des D_{Fb} -Werts für einen Fahrweg-Prüfling mit kurzer Einbaulänge

Abbildung 9 zeigt schließlich für den Fall eines Fahrweg-Prüflings mit „kurzer“ Einbaulänge ein beispielhaftes Ergebnis der D_{Fb} -Bestimmung mittels des Einzelmikrofon-Verfahrens bei reduziertem Messabstand und des Array-Verfahrens, wobei die Vorgaben von Kapitel 8.3 zu beachten sind. Insbesondere ist dort festgelegt, dass als D_{Fb} -Wert des Fahrweg-Prüflings der größere der von beiden Verfahren ermittelten Werte sowohl im gesamten Geschwindigkeitsbereich ab 170 km/h als auch separat in den Teilgeschwindigkeitsbereichen zu gelten hat. Folglich beträgt der D_{Fb} -Wert im vorliegenden Beispiel nach dessen Aufrundung in 0,5 dB-Stufen

- $D_{Fb} = 6,0$ dB(A) im gesamten Geschwindigkeitsbereich bis 410 km/h, bestimmt aus der Einzelmikrofonmessung,
- $D_{Fb} = 4,0$ dB(A) im Teilbereich bis 300 km/h, bestimmt aus der Array-Messung,
- $D_{Fb} = 6,0$ dB(A) im Teilbereich $300 < v \leq 400$ km/h, bestimmt aus der Einzelmikrofonmessung,
- $D_{Fb} = 6,0$ dB(A) im Teilbereich $400 < v \leq 410$ km/h, bestimmt aus der Einzelmikrofonmessung.

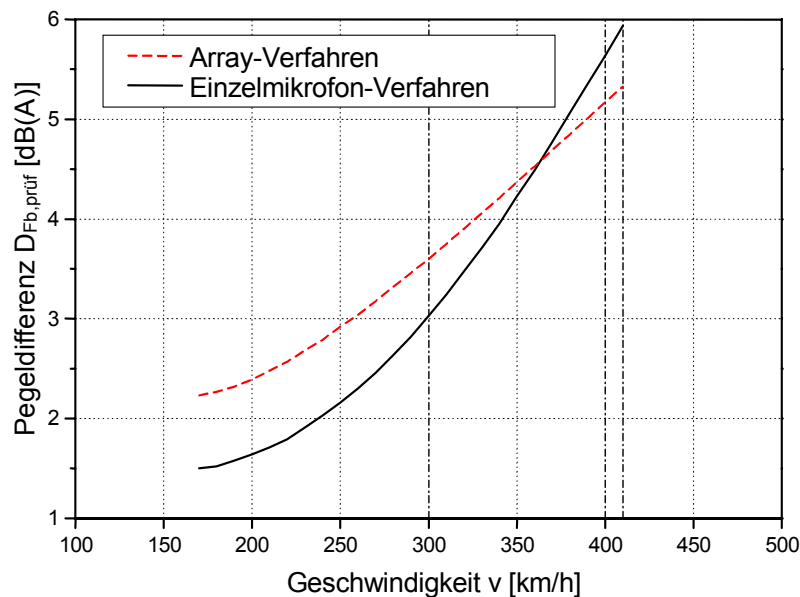


Abbildung 9: Berechnete $D_{Fb,prüf}$ -Werte eines Fahrweg-Prüflings bei fiktiven Messungen an einem Prüfling mit „kurzer“ Einbaulänge

Hinweis: Zu den recht unterschiedlichen Verläufen von $D_{Fb,prüf}$ als Funktion der Geschwindigkeit in Abbildung 8 und Abbildung 9 sei angemerkt, dass sich in Abbildung 8 ein möglicher Fall widerspiegelt, bei dem die erhöhte Schallemission des Fahrweg-Prüflings einzig auf einem mechanisch bedingten Zusatzanteil beruht. Im fiktiven Fall von Abbildung 9 hingegen sind sowohl mechanische als auch aerodynamische Ursachen für die größere Abstrahlung des Prüflings verantwortlich.