

# **Analyse der akustischen Kommunikation in Klassenräumen im realen Unterrichtsbetrieb**

Masterarbeit

durchgeführt von

**Rafael Philip LUDWIG, BSc**

Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation  
der Technischen Universität Graz

Leiter: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gernot Kubin

Begutachter: Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerhard Graber

Betreuerin: Dipl.-Ing. Jamilla Balint

Graz, im Juni 2015



## EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

Graz, am 11.06.2015

  
.....  
(Unterschrift)



## **Zusammenfassung**

Häufig beklagen sich Lehrkräfte darüber, dass der Lärmpegel während des Unterrichts zu laut ist. Um herauszufinden, wie sehr die Lärmsituation in Klassenräumen von der Raumakustik abhängt, wurde die vorliegende Arbeit verfasst. Die Grundlage dieser Arbeit bildet ein zweiwöchiger Mehrkanalmitschnitt, für den eine Woche der Unterricht in einem Klassenzimmer mit einer langen Nachhallzeit und eine Woche der Unterricht in einem Klassenzimmer mit einer kurzen Nachhallzeit aufgenommen wurde, wobei der Stundenplan in beiden Räumen identisch war. Anhand dieser Aufnahmen wurde das Schallfeld in den beiden Räumen analysiert und miteinander verglichen. Auf den Verlauf von Stimm Aufwand, Grundgeräuschpegel und Signal-Stör-Abstand während der Vormittage wird im Laufe der Auswertung genau eingegangen. Des Weiteren wird die Abhängigkeit der Lärmsituation von der Unterrichtsform untersucht. Außerdem wird herausgearbeitet, wie sehr die Anzahl der SchülerInnen das Schallfeld beeinflusst und es wird der Tageslärmaxpositionspegel angesprochen. Da die Auswertung auf einem Mehrkanalmitschnitt basiert, werden darüber hinaus die räumlichen Unterschiede der jeweiligen Parameter analysiert.

## **Abstract**

In many cases, teachers complain that the noise level during class is too loud. To discover how much the noise situation in classrooms is depending on the room acoustics, the present thesis was done. The basis of this work is a two-week multichannel recording. Class was recorded for one week in a classroom with a long reverberation time and for one week in a classroom with a short reverberation time. The schedule was the same in both rooms. The sound field in both rooms is analyzed and compared with each other on the basis of these recordings. The trend of the vocal effort, the background noise level and the signal-to-noise ratio during the mornings is explained in detail. In addition, the dependency of the teaching method on the noise environment is investigated. Moreover, it is analyzed how much the sound field is influenced by the number of pupils and the daily noise exposure level is discussed. As the analysis is based on a multichannel recording, the spatial differences of the particular parameters are evaluated as well.



## Danksagung

Zu Beginn möchte ich allen Personen danken, die durch Ihre Unterstützung maßgeblich an der Entstehung dieser Arbeit beteiligt waren.

Prof. Gerhard Graber, vielen Dank für die Idee, die dieser Masterarbeit zugrunde liegt und ohne die diese Arbeit nie entstanden wäre. Sie haben für mich immer ein offenes Ohr und eine offene Tür gehabt, wenn ich Ihren Rat oder Ihre Unterstützung gebraucht habe. Außerdem möchte ich Ihrem Ideenreichtum danken, ohne den diese Arbeit nicht so umfangreich geworden wäre und ohne den das gesamte Toningenieurstudium an der TU Graz nicht so vielseitig wäre.

Dipl. Ing. Jamilla Balint, vielen Dank für die Betreuung dieser Masterarbeit. Auch Du hast mit deinen Ideen maßgeblich dazu beigetragen, dass diese Arbeit so vielseitig geworden ist. Bei Fragen oder Problemen konnte ich stets auf Deine schnelle Hilfe zählen.

Mag. Franz Riegler und die Schulfamilie des BRG Kepler, vielen Dank dafür, dass ich zwei Wochen lang bei Ihnen die Aufnahmen durchführen durfte. Erst dadurch konnte diese Arbeit überhaupt realisiert werden. Danke für die Unterstützung, die Sie mir von Anfang an entgegengebracht haben.

Das Institut für nichtinvasive Diagnostik, vielen Dank für die Bereitstellung der Herz-Kreislauf-Messgeräte. Besonders möchte ich Dipl. Ing. Gerhard Prossliner danken. Du bist mir in dieser Zeit bei allen Problemen und Fragen bezüglich der Herz-Kreislauf-Messungen mit Rat und Tat beiseite gestanden.

Meinen Eltern möchte ich dafür danken, dass sie es waren, die mir dieses Studium erst ermöglicht haben. Aber auch dafür, dass Ihr mich auf meinem Weg immer bedingungslos unterstützt habt und nie an mir gezweifelt habt.

Bei meinem Bruder Patrik möchte ich mich bedanken, weil Du dich für das Korrekturlesen dieser Arbeit immer wieder bedingungslos bereit erklärt hast.

Eva-Katharina Kokol und Michael Sonnleitner, vielen Dank, dass es Euch in den Monaten, in denen ich mich mit dieser Arbeit beschäftigt habe, immer wieder gelungen ist, mich auch mal auf andere Gedanken zu bringen. Ihr seid die besten Freunde, die man sich nur wünschen kann.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Die Problematik „Klassenraumakustik“</b>	<b>14</b>
1.1	Einleitung .....	14
1.2	Kapitelübersicht .....	15
<b>2</b>	<b>Grundlagen und Grundbegriffe</b>	<b>17</b>
2.1	Relevante Inhalte der DIN 18041 .....	17
2.2	Relevante Inhalte der Verordnung Lärm und Vibration (VOLV) .....	19
2.3	Weitere relevante Schalldruckpegel .....	20
2.4	Der Lombard Effekt .....	21
<b>3</b>	<b>Überarbeitung des Noise Level Analyzers</b>	<b>22</b>
3.1	Überblick über die Bedienelemente .....	22
3.2	Die überarbeitete Spektralanalyse .....	24
3.3	Der zeitliche Perzentilenverlauf .....	27
3.4	Der Tageslärnexpositionspegel und die Lärmdosis .....	29
3.5	Die Auswahlfunktion .....	29
<b>4</b>	<b>Erläuterung der Messungen</b>	<b>31</b>
4.1	Ablauf der Messungen .....	31
4.2	Geräteliste für die Mehrkanalaufzeichnung .....	36
4.3	Herausforderungen während der Aufzeichnung .....	36
<b>5</b>	<b>Erhebung des raumakustischen Zustands der Klassenräume</b>	<b>38</b>
5.1	Geräteliste für die Nachhallzeitmessung .....	38
5.2	Akustische Gütemaße im nicht sanierten Raum .....	39
5.3	Akustische Gütemaße im sanierten Raum .....	41
5.4	Grundgeräuschpegel und Nebengeräusche in den leeren Räumen .....	42
5.5	Vergleich von Nachhallzeit und Sprachverständlichkeit der beiden Räume .....	44
<b>6</b>	<b>Vergleich der Schallpegelsituation der korrespondierenden Tage</b>	<b>48</b>
6.1	Die Schallpegelsituation an Tag 1 <sub>ns</sub> und Tag 6 <sub>s</sub> .....	48
6.1.1	Die Analyseergebnisse von Tag 1 <sub>ns</sub> .....	48
6.1.2	Die Analyseergebnisse von Tag 6 <sub>s</sub> .....	50

6.1.3 Vergleich von Tag 1 <sub>ns</sub> und Tag 6 <sub>s</sub> .....	51
6.2 Die Schallpegelsituation an Tag 2 <sub>ns</sub> und Tag 7 <sub>s</sub> .....	55
6.2.1 Die Analyseergebnisse von Tag 2 <sub>ns</sub> .....	55
6.2.2 Die Analyseergebnisse von Tag 7 <sub>s</sub> .....	56
6.2.3 Vergleich von Tag 2 <sub>ns</sub> und Tag 7 <sub>s</sub> .....	58
6.3 Die Schallpegelsituation an Tag 3 <sub>ns</sub> und Tag 8 <sub>s</sub> .....	61
6.3.1 Die Analyseergebnisse von Tag 3 <sub>ns</sub> .....	61
6.3.2 Die Analyseergebnisse von Tag 8 <sub>s</sub> .....	62
6.3.3 Vergleich von Tag 3 <sub>ns</sub> und Tag 8 <sub>s</sub> .....	64
6.4 Die Schallpegelsituation an Tag 5 <sub>ns</sub> und Tag 10 <sub>s</sub> .....	67
6.4.1 Die Analyseergebnisse von Tag 5 <sub>ns</sub> .....	67
6.4.2 Die Analyseergebnisse von Tag 10 <sub>s</sub> .....	68
6.4.3 Vergleich von Tag 5 <sub>ns</sub> und Tag 10 <sub>s</sub> .....	69
6.5 Die allgemeine Schallpegelsituation im nicht sanierten und im sanierten Klassenzimmer.....	72
6.5.1 Das nicht sanierte Klassenzimmer .....	72
6.5.2 Das sanierte Klassenzimmer .....	73
6.5.3 Vergleich des nicht sanierten und des sanierten Klassenzimmers .....	74
6.6 Die Streuung der Werte.....	77
6.7 Umfragen am BRG Kepler.....	78
6.8 Zusammenfassung.....	79
<b>7 Analyse des StimmAufwands</b> .....	<b>80</b>
7.1 Der $L_{(A)33,3}$ als StimmAufwand .....	80
7.1.1 Auswertung kurzer Lehrervortragsabschnitte .....	80
7.1.2 Auswertung längerer Lehrervortragsabschnitte .....	85
7.2 StimmAufwand der Lehrkraft während des Vormittags .....	87
7.2.1 StimmAufwand im nicht sanierten Raum .....	88
7.2.2 StimmAufwand im sanierten Raum .....	90
7.2.3 Vergleich des StimmAufwands im nicht sanierten Raum mit dem im sanierten Raum .....	91
<b>8 Grundgeräuschpegel in der Ober- und Unterstufe</b> .....	<b>94</b>
8.1 Grundgeräuschpegelverlauf am Vormittag in der Oberstufe .....	94
8.1.1 Grundgeräuschpegelverlauf im nicht sanierten Raum .....	94
8.1.2 Grundgeräuschpegelverlauf im sanierten Raum .....	96
8.1.3 Vergleich des Grundgeräuschpegelverlaufs in der Oberstufe .....	97
8.2 Grundgeräuschpegelverlauf am Vormittag in der Unterstufe .....	99
8.2.1 Grundgeräuschpegelverlauf im nicht sanierten Raum .....	99
8.2.2 Grundgeräuschpegelverlauf im sanierten Raum .....	100
8.2.3 Vergleich des Grundgeräuschpegelverlaufs in der Unterstufe .....	102
8.3 Vergleich des Grundgeräuschpegels zwischen Oberstufe und Unterstufe .....	103
8.4 Unterschiede bei der räumlichen Verteilung des Grundgeräuschpegels.....	104

8.5 Zusammenfassung.....	106
<b>9 Verlauf des SNR während der Vormittage</b>	<b>107</b>
9.1 Analyse von Tag 1 <sub>ns</sub> und Tag 6 <sub>s</sub> .....	108
9.1.1 Der SNR an Tag 1 <sub>ns</sub> .....	108
9.1.2 Der SNR an Tag 6 <sub>s</sub> .....	109
9.1.3 Vergleich des SNR von Tag 1 <sub>ns</sub> und Tag 6 <sub>s</sub> .....	110
9.2 Vergleich des SNR von Tag 2 <sub>ns</sub> und Tag 7 <sub>s</sub> .....	111
9.3 Vergleich des SNR von Tag 3 <sub>ns</sub> und Tag 8 <sub>s</sub> .....	112
9.4 Vergleich des SNR von Tag 5 <sub>ns</sub> und Tag 10 <sub>s</sub> .....	114
9.5 Zusammenfassung.....	115
<b>10 Untersuchung der Schallpegelsituation während verschiedener Unterrichtsformen und Unterrichtssituationen</b>	<b>117</b>
10.1 Frontalunterricht.....	118
10.1.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	119
10.1.2 Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	120
10.1.3 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert.....	121
10.1.4 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert.....	121
10.1.5 Zusammenfassung.....	122
10.2 Lehrervortrag.....	122
10.2.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	123
10.2.2 Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	124
10.2.3 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert.....	124
10.2.4 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert.....	125
10.2.5 Zusammenfassung.....	125
10.3 Einzelarbeit – Arbeitsaufträge.....	126
10.3.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	127
10.3.2 Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	128
10.3.3 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert.....	128
10.3.4 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert.....	129
10.3.5 Zusammenfassung.....	129
10.4 Einzelarbeit – Lesen.....	130
10.4.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	130
10.4.2 Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	131
10.4.3 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert.....	132
10.4.4 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert.....	132
10.4.5 Zusammenfassung.....	133
10.5 Partner- und Gruppenarbeit.....	133
10.5.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	134
10.5.2 Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	134
10.5.3 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert.....	135
10.5.4 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert.....	135
10.5.5 Zusammenfassung.....	136
10.6 Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen.....	136

10.6.1	Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	137
10.6.2	Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert.....	137
10.6.3	Zusammenfassung.....	138
10.7	Schularbeitenrückgabe .....	138
10.8	Audiovisuelle Vorführungen .....	140
10.8.1	Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	141
10.8.2	Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	142
10.8.3	Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert.....	143
10.8.4	Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert.....	143
10.8.5	Zusammenfassung.....	144
10.9	Abfragen.....	144
10.9.1	Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert.....	145
10.9.2	Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert.....	146
10.9.3	Zusammenfassung.....	146
10.10	Referat .....	147
10.11	Schriftliche Prüfung .....	148
10.12	Zusammenfassung.....	148
<b>11</b>	<b>Stimmaufwand, Arbeitsgeräuschpegel, Grundgeräuschpegel und SNR in Abhängigkeit von der Anzahl der SchülerInnen</b>	<b>153</b>
11.1	Der Stimmaufwand in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl.....	153
11.2	Der Arbeitsgeräuschpegel in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl.....	154
11.3	Der Grundgeräuschpegel in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl .....	155
11.4	Der SNR in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl .....	155
11.5	Zusammenfassung .....	156
<b>12</b>	<b>Tageslärnexpositionspegel während der Vormittage</b>	<b>157</b>
<b>13</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>159</b>
<b>14</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>162</b>
<b>15</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>164</b>
<b>16</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>172</b>
<b>17</b>	<b>Anhang A: Fotos des Messaufbaus</b>	<b>178</b>
17.1	Messaufbau im nicht sanierten Klassenraum .....	178
17.2	Messaufbau im sanierten Klassenraum .....	179

<b>18</b>	<b>Anhang B: Stimmaufwandstabelle nach ÖNORM EN ISO 9921</b>	<b>181</b>
<b>19</b>	<b>Anhang C: Messergebnisse der Nachhallzeitmessungen</b>	<b>182</b>
<b>20</b>	<b>Anhang D: Fragebogen zur Erhebung der Lärmsituation in Klassenräumen</b>	<b>184</b>
<b>21</b>	<b>Anhang E: Ergänzung zu Kapitel 8: Tabellen des <math>L_{(A)95.0}</math> in der Ober- und Unterstufe</b>	<b>186</b>
21.1	$L_{(A)95.0}$ Tag 2 <sub>ns</sub> Stunde 2 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	186
21.2	$L_{(A)95.0}$ Tag 7 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	188
21.3	$L_{(A)95.0}$ Tag 5 <sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	189
21.4	$L_{(A)95.0}$ Tag 10 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	190
21.5	$L_{(A)95.0}$ Tag 5 <sub>ns</sub> Stunde 2, MP 1 bis 8 .....	191
21.6	$L_{(A)95.0}$ Tag 10 <sub>s</sub> Stunde 2, MP 1 bis 8 .....	193
<b>22</b>	<b>Anhang F: Ergänzung zu Kapitel 9: Tabellen von <math>L_{(A)33.3}</math>, <math>L_{(A)95.0}</math> und SNR während der Vormittage</b>	<b>195</b>
22.1	$L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 1 <sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	195
22.2	$L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 6 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	197
22.3	$L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 2 <sub>ns</sub> Stunde 2 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	199
22.4	$L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 7 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	201
22.5	$L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 3 <sub>ns</sub> Stunde 1 bis 5, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	203
22.6	$L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 8 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	205
22.7	$L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 5 <sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	207
22.8	$L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 10 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8 .....	209
<b>23</b>	<b>Anhang G: Ergänzung zu Kapitel 11: Tabellen von <math>L_{(A)33.3}</math>, <math>L_{(A)eq}</math>, <math>L_{(A)95.0}</math> und SNR in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl</b>	<b>211</b>

# 1 Die Problematik „Klassenraumakustik“

## 1.1 Einleitung

Wird eine Lehrkraft gefragt, was sie an ihrem Beruf am meisten stört, werden viele zweifelsohne antworten, dass der Lärmpegel in Klassenzimmern zu hoch ist. Oftmals wird dieses Problem einseitig auf das Sozialverhalten und die Erziehung der SchülerInnen zurückgeführt. Diese allzu vereinfachende Analyse lässt jedoch zahlreiche, ebenso wichtige Einflussfaktoren außer Acht. Entscheidenden Einfluss auf die Lärmsituation im Klassenzimmer hat neben dem Verhalten der SchülerInnen auch die Raumakustik. Die erste Norm, die die Raumakustik in Klassenzimmern thematisierte, erschien im Jahr 1968<sup>1</sup>. Eigentlich könnte angenommen werden, dass innerhalb dieser Zeitspanne von fast 50 Jahren alle Klassenräume, die heute noch in Betrieb sind, an diesen Standard angepasst wurden. Das entspricht aber nicht der Realität. Vielmehr gibt es auch heute noch zahlreiche Schulgebäude, die zu Beginn des letzten Jahrhunderts fertiggestellt wurden, immer noch in Betrieb sind und sich in demselben akustischen Zustand befinden, in dem sie auch zum Zeitpunkt der Eröffnung waren. Dabei kommt es nicht selten vor, dass die Klassenzimmer solcher Schulgebäude die erforderliche Nachhallzeit um mehr als 250 % überschreiten (beispielsweise 1.5 Sekunden statt 0.6 Sekunden). In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts waren solch hohe Nachhallzeiten zumeist überhaupt kein Problem, da die Unterrichtssituation zu dieser Zeit eine ganz andere war als heute. Damals war die am meisten verbreitete Unterrichtsform der Lehrervortrag. Interaktive Unterrichtsformen, wie Einzel- oder Gruppenarbeit, waren unüblich. Das und die Tatsache, dass die Disziplin viel strenger war, führten zu deutlich geringeren Lärmpegeln. Heutzutage sind die SchülerInnen viel weitreichender in das Unterrichtsgeschehen integriert und werden viel öfter zu individueller Arbeit aufgefordert. Mag dieses geänderte pädagogische Konzept viele Vorteile für die Nachhaltigkeit des Lernens mit sich bringen, stellen doch die alten Räume mit ihrer schlechten Akustik das Lehrpersonal vor enorme lärmbedingte Herausforderungen.

Das Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation der Technischen Universität Graz ist eine von vielen Forschungseinrichtungen, die sich seit mehreren Jahren mit den Themen „Lärm in Schulen“ und „Klassenraumakustik“ beschäftigt. Angefangen bei einer Literaturrecherche aus dem Jahr 2009,<sup>2</sup> die die gegenwärtige Situation untersucht hat, wurden zuletzt mehrere Anwendungen entwickelt,<sup>3</sup> die die Auswertung der Lärmsituation in Klassenzimmern mit neuen, erweiterten Methoden ermöglichen. Zwei dieser Anwendungen werden in dieser Masterarbeit für die Auswertung verwendet – der sogenannte *File Cutter* und der

---

<sup>1</sup> [DIN 18041 1968]

<sup>2</sup> [MÜLLER]

<sup>3</sup> [LUDWIG]

*Noise Level Analyzer*. Mit diesen Anwendungen ist es sowohl möglich, die gewünschten Parameter räumlich verteilt zu analysieren, als auch eine Analyse anzustellen, die die Lärmsituation in Abhängigkeit der Unterrichtsform auf einfache Weise darstellt.

Der Grundstein dieser Arbeit beruht auf der Idee, in einer Schule einige Tage lang den Unterricht mit mehreren Mikrofonen, die im Raum verteilt sind, aufzunehmen. Die Aufnahmen sollten einerseits in einem Klassenraum mit einer langen Nachhallzeit und andererseits in einem Klassenraum mit einer kurzen Nachhallzeit erfolgen, sodass letztendlich ein Vergleich zwischen den Lärmsituationen in den beiden Räumen angestellt werden kann. Außerdem sollte untersucht werden, ob das Alter der SchülerInnen Auswirkungen auf die Lärmsituation in einem Klassenraum hat. Da der Auswertung ein Mehrkanalmitschnitt zugrunde liegt, erfolgt die Auswertung erst im Nachhinein. Der Vorteil gegenüber einem gewöhnlichen Schallpegelmessgerät ist der, dass das gesamte Analysematerial als wave-Datei verfügbar ist und nicht nur ein Schalldruckpegelverlauf abgespeichert wird. Somit kann beispielsweise bei ungewöhnlichen Pegelverläufen stets nachvollzogen werden, wieso dieser Verlauf entstanden ist, wengleich die Auswertung aufwendiger ist. Da die Aufnahme als Mehrkanalmitschnitt erfolgt, kann ebenfalls die räumliche Verteilung der Parameter analysiert werden. Bei der Auswahl einer geeigneten Schule fiel die Wahl auf das BRG Kepler in Graz, da bereits mehrere Jahre eine enge Zusammenarbeit zwischen der Schule und der Technischen Universität Graz bei der akustischen Optimierung von Klassenräumen besteht. Darüber hinaus fanden während der Zeit der Aufnahmen raumakustische Sanierungsmaßnahmen statt, wodurch es möglich war, einen identischen Stundenplan einmal in einem akustisch nicht sanierten Raum mit einer langen Nachhallzeit und einmal in einem akustisch sanierten Raum mit einer kurzen Nachhallzeit zu unterrichten und das Unterrichtsgeschehen aufzunehmen. Die vorliegende Masterarbeit fasst nun die Ergebnisse der Auswertung zusammen.

## 1.2 Kapitelübersicht

Kapitel 2 liefert einen kurzen Überblick über die relevanten Inhalte der gültigen Normen und erläutert einige Begriffe, die in dieser Arbeit immer wieder verwendet werden.

Kapitel 3 stellt einige zusätzliche Analysemethoden vor, um die der *Noise Level Analyzer* im Laufe der Auswertung ergänzt worden ist.

Kapitel 4 enthält eine genaue Beschreibung des Messablaufs und des Messaufbaus. Am Ende werden einige Herausforderungen besprochen, die während der Aufnahmen entstanden sind.

Kapitel 5 fasst die Ergebnisse der Nachhallzeitmessungen zusammen, die in den beiden Räumen durchgeführt wurden, und vergleicht die raumakustischen Gegebenheiten miteinander. Außerdem wird erläutert, wieso es schwierig war, den Grundgeräuschpegel der leeren Räume zu bestimmen.

Kapitel 6 liefert einen Überblick über die Messergebnisse, die für die einzelnen Tage ermittelt wurden und vergleicht die Tage miteinander, an denen derselbe Stundenplan in den beiden Räumen unterrichtet wurde.

Kapitel 7 befasst sich mit dem Stimmaufwand. Dieses Kapitel zeigt zunächst, dass der  $L_{(A)33.3}$ , also der Schalldruckpegel, der in 33.3 % der Messzeit überschritten wird, als Stimmaufwand einer Lehrkraft betrachtet werden kann. Im Anschluss daran wird der Stimmaufwand einer

Lehrkraft ausgewertet, die jeweils einen gesamten Vormittag in dem nicht sanierten Klassenzimmer und in dem sanierten Klassenzimmer unterrichtet hat.

Kapitel 8 geht auf die Änderung des Grundgeräuschpegels im Laufe der Vormittage ein. Dabei wird sowohl ein Vergleich zwischen dem nicht sanierten und dem sanierten Klassenzimmer angestellt als auch die Änderungen betrachtet, wenn sich entweder eine Oberstufenklasse oder eine Unterstufenklasse ganztags in demselben Raum befindet.

Kapitel 9 beschäftigt sich mit dem Verlauf des Signal-Stör-Abstands während der Vormittage.

Kapitel 10 untersucht die Lärmsituation bei verschiedenen Unterrichtsformen in Abhängigkeit der Raumakustik. Dabei werden neben Grundgeräuschpegel und Arbeitsgeräuschpegel die wichtigsten Pegel besprochen, die bei der jeweiligen Unterrichtsform von Bedeutung sind. Außerdem wird genau auf die räumliche Verteilung der Schalldruckpegel eingegangen. Auch hier werden Ober- und Unterstufe getrennt behandelt.

Kapitel 11 enthält eine Analyse, die die Abhängigkeit von Stimmaufwand, Arbeitsgeräuschpegel, Grundgeräuschpegel und SNR von der SchülerInnenanzahl berücksichtigt.

Kapitel 12 schließlich fasst die Tageslärmmexpositionspegel zusammen, die während der einzelnen Vormittage gemessen wurden.

## 2 Grundlagen und Grundbegriffe

In diesem Kapitel werden zunächst die Vorgaben, die in Klassenräumen Anwendung finden müssen, und relevante Größen, die bei Berechnungen in dieser Arbeit regelmäßig verwendet werden, erläutert.

### 2.1 Relevante Inhalte der DIN 18041<sup>4</sup>

Die DIN 18041 ist eine Norm des deutschen Normungsinstituts, die im Jahre Jahr 1968 eingeführt und 2004 zuletzt bearbeitet wurde und Kriterien für die Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen festlegt. Das Pendant des Österreichischen Normungsinstituts mit identischen Inhalten bildet die ÖNORM B 8115-3<sup>5</sup>. Als maximales Raumvolumen, bis zu welchem diese Norm Anwendung findet, sind etwa 5000 m<sup>3</sup> vorgeschrieben. Somit ist sie maßgeblich für Klassenräume, die ein typisches Raumvolumen von etwa 250 m<sup>3</sup> haben.

Der Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche darf laut dieser Norm in Räumen, in denen die verwendete Sprache eine Fremdsprache ist oder in denen sich Personen mit Hörverlusten verständigen müssen, maximal 30 dB(A) betragen. Da in praktisch jedem Klassenraum (Fachräume ausgenommen) Fremdsprachenunterricht stattfindet, ist dieses Kriterium besonders für Klassenräume einzuhalten. Der Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche beschreibt dabei Störgeräusche, deren Ursache sich sowohl außerhalb des Klassenraums befindet, wie beispielsweise Verkehrslärm von angrenzenden Straßen oder Lärm vom Gang, als auch Geräusche, die von Geräten im Klassenraum erzeugt werden, wie zum Beispiel von einem Overheadprojektor oder Beamer.

Der volumenabhängige Sollwert der Nachhallzeit laut Norm ist Abb. 2.1 zu entnehmen, wobei für Klassenräume die Kurve *Unterricht* anzuwenden ist.

---

<sup>4</sup> [DIN 18041 2004]

<sup>5</sup> [ÖNORM B 8115-3]

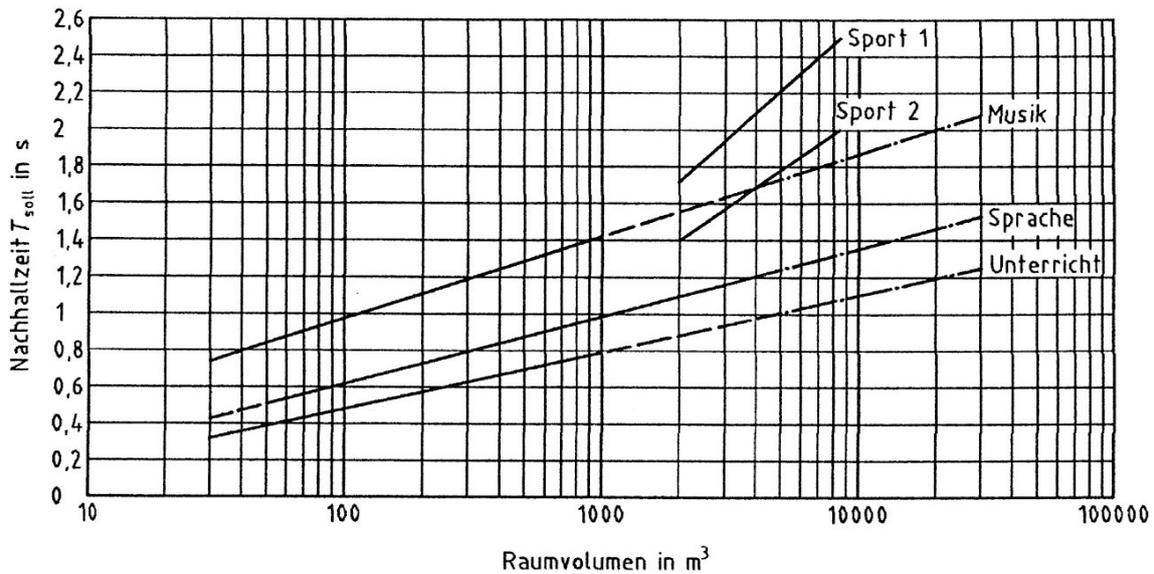


Abb. 2.1: volumenabhängiger Sollwert der Nachhallzeit  $T_{soll}$  für unterschiedliche Nutzungsarten<sup>6</sup>

Abb. 2.1 ist zu entnehmen, dass die Nachhallzeit bei mittleren Frequenzen in Klassenräumen von typischerweise 250 m³ 0.6 Sekunden betragen soll. Dieser Wert soll dabei im besetzten Zustand erreicht werden. Dies lässt sich mit der folgenden Formel berechnen:

$$T_{soll} = \left( 0.32 \log\left(\frac{V}{m^3}\right) - 0.17 \right) [s]$$

Für diese Sollnachhallzeit wird wiederum ein frequenzabhängiges Toleranzband angegeben, welches in den Oktavbändern von 250 Hz bis 2000 Hz eine Schwankung von +/- 20 % erlaubt und in den Oktavbändern 125 Hz und 4000 Hz eine Toleranz von +20 % und -34 % zulässt (siehe Abb. 2.2).

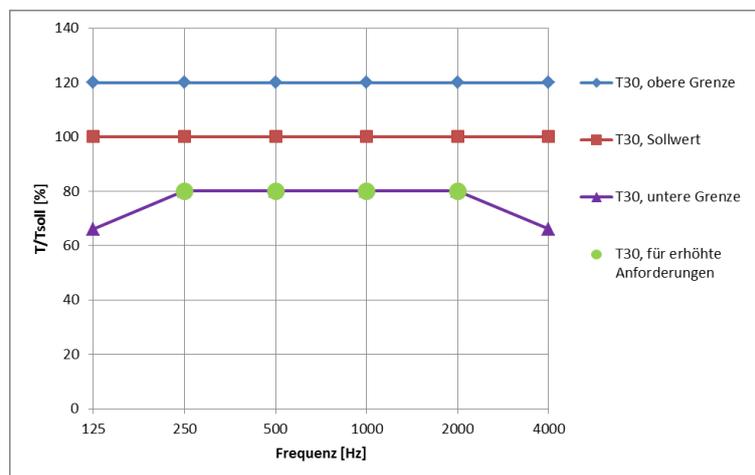


Abb. 2.2: Toleranzband der Sollnachhallzeit

In Abb. 2.2 ist zudem die Nachhallzeit für erhöhte Anforderungen dargestellt (grüne Punkte). Diese Kurve sollte angestrebt werden, um eine optimale Sprachverständlichkeit bei Fremdsprachenunterricht und für SchülerInnen mit eingeschränktem Hörvermögen sicherzustellen.

<sup>6</sup> Vgl. [DIN 18041 2004, S. 14.]

Des Weiteren ist es für SchülerInnen mit z. B. einer Konzentrationsstörung oder Leistungsschwäche leichter, dem Unterricht bei geringeren Nachhallzeiten zu folgen.

## 2.2 Relevante Inhalte der Verordnung Lärm und Vibration (VOLV)<sup>7</sup>

Die Verordnung Lärm und Vibration ist eine Arbeitsstättenverordnung und legt unter anderem Grenzwerte für die Lärmexposition fest, denen ArbeitnehmerInnen am Arbeitsplatz ausgesetzt sein dürfen. Diese Verordnung beinhaltet einerseits einen Grenzwert für den zulässigen Lärm auf Baustellen und in der Industrie. Der Grenzwert für derartige Tätigkeiten liegt bei 85 dB(A). Bei einer Überschreitung dieses Pegels würde das Gehör irreversibel geschädigt. Andererseits enthält sie aber auch Grenzwerte für die maximale Lärmeinwirkung in weiteren Arbeitsbereichen. So liegt der Grenzwert für störenden Lärm in Räumen, die überwiegend für geistige Tätigkeiten genutzt werden, bei 50 dB(A). Typische Räume sind Einzelbüros. Der Grenzwert für Räume, in denen Büroarbeiten oder ähnliches getätigt werden, beträgt 65 dB(A). Dieser Wert muss beispielsweise in Großraumbüros eingehalten werden. Diese Grenzwerte schließen Lärm ein, der seine Ursache sowohl außerhalb als auch innerhalb des Gebäudes hat.

Da Lehrkräfte sich häufig darüber beklagen, dass es in Klassenräumen zu laut ist und dass sie sich durch Lärm in ihrem Wohlbefinden beeinträchtigt fühlen, werden gewisse Inhalte dieser Verordnung ebenfalls in dieser Arbeit berücksichtigt. Da die Geräuschkulisse in Klassenräumen der in Großraumbüros ähnelt, in denen mehrere Personen gleichzeitig arbeiten und verschiedenste Geräte Lärm erzeugen, wird der Grenzwert von 65 dB(A) ebenfalls für Klassenräume herangezogen. Da dieser Grenzwert mithilfe des energieäquivalenten Dauerschallpegels  $L_{(A)eq}$  berechnet wird, beinhaltet dieser Pegel nicht nur den Grundgeräuschpegel der SchülerInnen in einem Klassenraum, sondern ebenfalls den Stimmumfang einer Lehrkraft. In Klassenräumen ist ein SNR von 15 dB(A) anzustreben (siehe Kapitel 2.4). Wird dieser Zusammenhang berücksichtigt, darf der Stimmumfang einer Lehrkraft also maximal 65 dB(A) und der Grundgeräuschpegel höchstens 50 dB(A) betragen, damit der Grenzwert von 65 dB(A) eingehalten und gleichzeitig eine optimale Sprachverständlichkeit garantiert werden kann. Darüber hinaus ist es einem Sprecher möglich, über längere Zeit hinweg mit einem Stimmumfang von 60 bis 65 dB(A) zu sprechen. Laut Stimmumfangstabelle<sup>8</sup> ist das ein *normaler* Stimmumfang. Bei 66 dB(A) allerdings erhöht sich der Stimmumfang um eine Stufe auf *erhoben*. Mit einem *erhobenen* Stimmumfang ist es deutlich schwieriger, längere Zeit ununterbrochen zu reden.

Allgemein entspricht der Lärmexpositionspegel  $L_{(A),EX,8h}$  dem energieäquivalenten Dauerschallpegel  $L_{(A)eq}$ , der über einen Beurteilungszeitraum von acht Stunden betrachtet wird. Schwankt dieser Pegel von Tag zu Tag sehr stark, kann auch ein Beurteilungszeitraum von einer Arbeitswoche mit 40 Stunden herangezogen werden. Soll ein  $L_{(A)eq}$ , der beispielsweise lediglich über vier Stunden ermittelt wurde, auf einen Beurteilungszeitraum von acht Stunden umgerechnet werden, kann dies mit folgender Formel erreicht werden:

---

<sup>7</sup> [VOLV]

<sup>8</sup> Siehe Anhang B: Stimmumfangstabelle nach ÖNORM EN ISO 9921

$$L_{(A),EX,8h} = L_{(A)eq,Te} + 10 \log\left(\frac{T_e}{8}\right) \text{ [dB]}$$

$T_e$ ... tatsächliche Expositionsdauer [h]

Setzt sich die Lärmeinwirkung während eines Tages aus mehreren Anteilen zusammen, kann der entsprechende energieäquivalente Gesamtdauerschallpegel mit der folgenden Formel gefunden werden:

$$L_{(A)eq,Te} = 10 \log\left[\frac{1}{T_e} \sum_{i=1}^n 10^{0.1 * L_{(A)eq,Te,i} * T_{e,i}}\right] \text{ [dB]}$$

$T_{e,i}$ ... Teilexpositionsdauer [h]

$T_e$ ... Gesamtexpositionsdauer [h]

$L_{(A)eq,Te,i}$ ... Teildauerschallpegel [dB]

Eine weitere Größe, die eng mit dem Lärmexpositionspegel zusammenhängt, aber nicht in der VOLV enthalten ist, ist die Lärmdosis  $D$ . Der festgelegte Expositionsgrenzwert von beispielsweise 65 dB(A) entspricht dabei einer Lärmdosis von 100 %. Eine Erhöhung des Lärmexpositionspegels um 3 dB hat eine Verdopplung der Lärmdosis zur Folge. Unter Einbeziehung des Lärmexpositionspegels lässt sich die Lärmdosis mit folgender Formel berechnen:<sup>9</sup>

$$D = 10 \left( \frac{L_{(A),EX,8h,gem} - L_{(A),EX,8h,zul}}{Q} \right) * 100 \%$$

$L_{(A),EX,8h,gem}$ ... gemessener Lärmexpositionspegel [dB]

$L_{(A),EX,8h,zul}$ ... zulässiger Lärmexpositionspegel

$Q$ ... festgelegter Halbierungsparameter von 3 dB(A)

## 2.3 Weitere relevante Schalldruckpegel

- $L_{(A)eq}$ : A-bewerteter, energieäquivalenter Dauerschallpegel. Dieser Pegel wird im Weiteren in Anlehnung an Oberdörster<sup>10</sup> als Arbeitsgeräuschpegel bezeichnet.
- $L_{(A)95.0}$ : A-bewerteter Schalldruckpegel, der in 95.0 % der Messzeit überschritten wird. Dieser Pegel wird in dieser Arbeit nach ÖNORM S 5004<sup>11</sup> als Grundgeräuschpegel des besetzten Raumes verwendet.
- $L_{(A)33.3}$ : A-bewerteter Schalldruckpegel, der in 33.3 % der Messzeit überschritten wird. Dieser Pegel wird in dieser Arbeit als Stimmaufwand der Lehrkraft verwendet. Eine Auswertung, die erläutert, weshalb der  $L_{(A)33.3}$  als Stimmaufwand angenommen werden kann, erfolgt in Kapitel 7.1.

<sup>9</sup> Vgl. [NISTELBERGER, S. 10f.]

<sup>10</sup> Vgl. [OBERDÖRSTER2]

<sup>11</sup> Vgl. [ÖNROM S 5004, S. 7.]

- $L_{(A)0.1}$ : A-bewerteter Schalldruckpegel, der in 0.1 % der Messzeit überschritten wird. Dieser Pegel wird im Folgenden auch als Spitzenpegel bezeichnet.
- SNR: Differenz von  $L_{(A)33.3}$  und  $L_{(A)95.0}$ . Dieser Wert beschreibt den Signal-Stör-Abstand von Lehrerstimme zu Grundgeräuschpegel.

## 2.4 Der Lombard Effekt

Der Lombard Effekt beschreibt die Abhängigkeit zwischen der Sprechlautstärke eines Sprechers und des Grundgeräuschpegels und ist nach seinem Entdecker Etienne Lombard benannt.<sup>12</sup> Dieser stellte fest, dass Testpersonen, die mit Kopfhörern auf beiden Ohren beschallt wurden, zu schreien anfangen. Müller<sup>13</sup> hat einige Studien zusammengefasst, die den Anstieg des Stimmaufwands in Abhängigkeit des Geräuschpegels untersucht haben. Dabei wurde festgestellt, dass ein Sprecher seinen Stimmaufwand stets an den Grundgeräuschpegel anpasst. Steigt dieser an, erhöht ein Sprecher seinen Stimmaufwand und sinkt der Grundgeräuschpegel, verringert ein Vortragender seinen Stimmaufwand. Zwei unterschiedliche Studien belegen, dass der Stimmaufwand bei Lehrern bei 1 dB(A) Geräuschpegelanstieg um 1 dB(A) bzw. um 0.72 dB(A) steigt. Um in einem Klassenraum eine optimale Sprachverständlichkeit zu garantieren, sollte der Stimmaufwand den Grundgeräuschpegel an jedem Sitzplatz um 15 dB(A) überragen. Einige Studien besagen, dass ein SNR von 13 dB(A) erlaubt ist.<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup> Vgl. [MÜLLER, S. 114ff.]

<sup>13</sup> Vgl. [MÜLLER, S. 117f.]

<sup>14</sup> Vgl. [MÜLLER, S. 113.]

# 3 Überarbeitung des Noise Level Analyzers

Da während der praktischen Arbeit mit dem *Noise Level Analyzer* Ideen für einige Änderungen entstanden, wurde dieser im Laufe der Arbeit an einigen Stellen im Hinblick auf die Benutzerfreundlichkeit überarbeitet und um einige neue Analyseoptionen erweitert, die in diesem Kapitel vorgestellt werden. Die neue Benutzeroberfläche der Anwendung ist in Abb. 3.1 zu sehen.

## 3.1 Überblick über die Bedienelemente

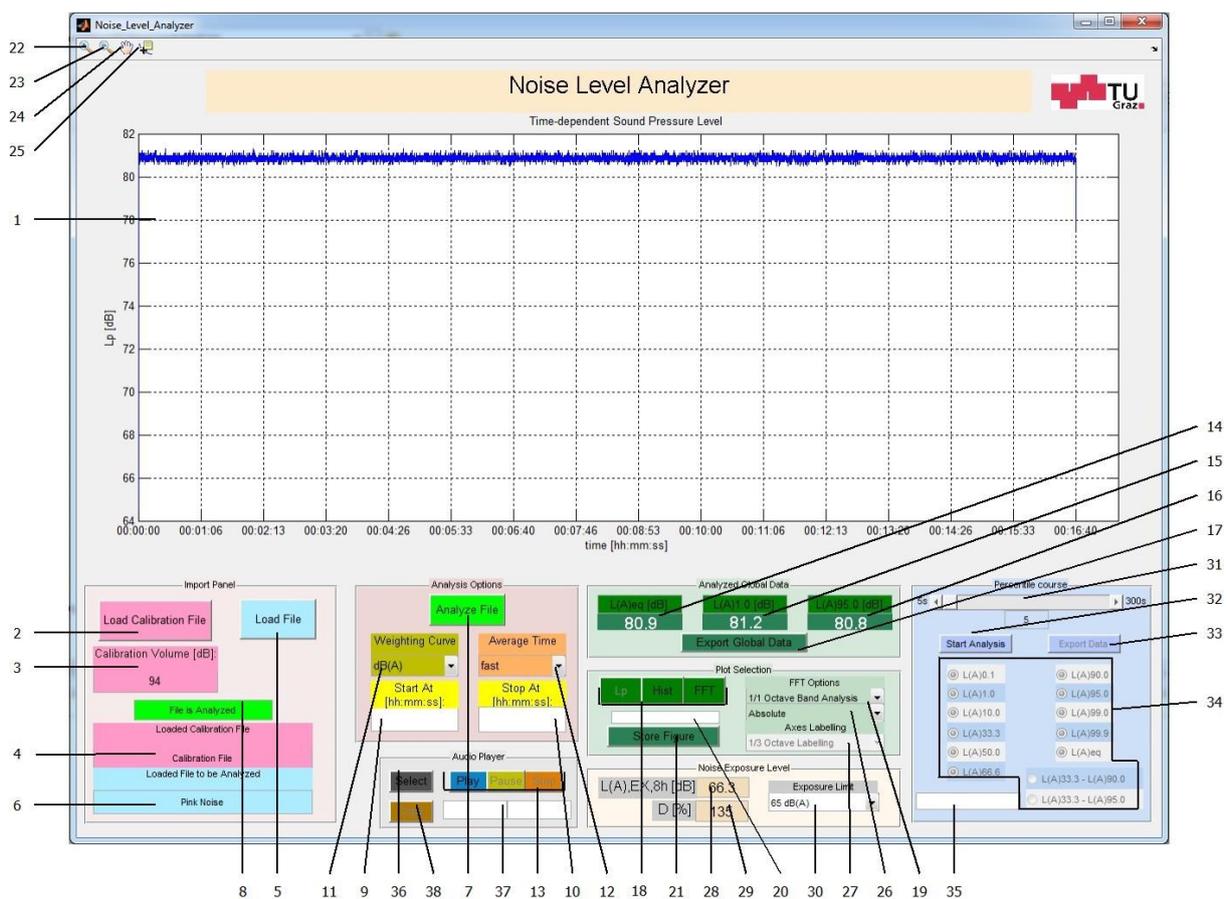


Abb. 3.1: überarbeitete Benutzeroberfläche des *Noise Level Analyzers*

1	Plot-Fenster	Hier wird der zeitliche Schalldruckpegelverlauf, dessen Histogramm oder die FFT dargestellt.
2	Schaltfläche <i>Load Calibration File</i>	Lädt die Datei, die das Signal des Kalibrators enthält.
3	Eingabefenster <i>Calibration Volume</i>	Eingabefenster für den Schalldruckpegel des verwendeten Kalibrators (standardmäßig 94 dB)
4	Informationsfenster 1	Zeigt den Namen der Kalibrierungsdatei an.
5	Schaltfläche <i>Load File</i>	Durch Drücken kann die Datei geladen werden, die analysiert werden soll.
6	Informationsfenster 2	Zeigt den Namen der Datei an, die analysiert werden soll.
7	Schaltfläche <i>Analyze File</i>	Durch einen Klick auf diese Schaltfläche wird der zeitliche Schalldruckpegelverlauf der Datei berechnet; für mögliche Analyseoptionen siehe (9), (10), (11), (12).
8	Informationsfenster 3	Gibt Rückmeldung über den Fortschritt beim Laden und Analysieren der Dateien.
9	Eingabefenster <i>Start At</i>	Optional kann hier eine Startzeit eingegeben werden, ab der die Datei analysiert werden soll (standardmäßig: 00:00:00).
10	Eingabefenster <i>Stop At</i>	Optional kann hier eine Endzeit eingegeben werden, bis zu der die Datei analysiert werden soll (standardmäßig: Ende der Datei).
11	Popup-Menü <i>Weighting Curve</i>	Auswahl einer Frequenzbewertungskurve (standardmäßig: dB(A))
12	Popup-Menü <i>Average Time</i>	Auswahl einer Zeitbewertung (standardmäßig: fast)
13	Audio Player	Spielt die analysierte Datei ab.
14	Ausgabefenster <i>Leq</i>	Hier wird der energieäquivalente Dauerschallpegel angezeigt.
15	Ausgabefenster <i>L1.0</i>	Hier wird der Schalldruckpegel, der in 1 % der Messzeit überschritten wird, angezeigt.
16	Ausgabefenster <i>L95.0</i>	Hier wird der Schalldruckpegel, der in 95 % der Messzeit überschritten wird, angezeigt.
17	Schaltfläche <i>Export Global Data</i>	Speichert die Daten, die bei der Analyse ermittelt wurden, in einer Textdatei sowie in einer xls-Datei.
18	Schaltflächen <i>Lp, Hist, FFT</i>	Hier kann ausgewählt werden, ob in (1) der Schalldruckpegelverlauf, dessen Histogramm oder die FFT der analysierten Datei dargestellt werden soll.
19	Popup-Menü <i>FFT Options</i>	Bei der FFT ist es möglich, eine Oktavband-, Terzband- oder Zwölftel-Oktavbandanalyse auszuwählen.
20	Informationsfenster 4	Zeigt den Fortschritt der Berechnung an, die mit (18) ausgewählt wurde.
21	Schaltfläche <i>Store Figure</i>	Speichert die aktuelle Oberfläche des GUI als jpeg-Datei ab.
22	Zoom in	Vergrößert die Abbildung in (1).
23	Zoom out	Verkleinert die Abbildung in (1).
24	Pan	Bewegt die Abbildung in (1) nach links, rechts, oben und unten.
25	Data Cursor	X- und Y-Koordinate eines in (1) ausgewählten Punktes werden angezeigt.
26	Popup Menü <i>FFT Options</i>	Hier kann ausgewählt werden, ob die FFT als gewöhnlicher <i>Barplot</i> mit einem Balken pro Frequenzband angezeigt werden soll oder ob anstelle dessen der Minimal-, Maximal- und Mittelwert des jeweiligen Frequenzbandes dargestellt werden soll.
27	Popup Menu <i>Axes Labelling</i>	Wurde mit (19) die Zwölftel-Oktavbandanalyse ausgewählt, kann hier die X-Achsenbeschriftung von einer Drittel- zu einer Zwölftel-Oktavfrequenzbandbeschriftung geändert werden.
28	Ausgabefenster <i>L(A),EX,8h</i>	Wurde in (11) die dB(A)-Frequenzgewichtung gewählt, wird hier der Lärmexpositionspegel für einen Beurteilungszeitraum von acht Stunden angegeben.
29	Ausgabefenster <i>D</i>	Wurde in (11) die dB(A)-Frequenzgewichtung gewählt, wird hier die Lärmdosis angezeigt.
30	Popup Menu <i>Exposure Limit</i>	Für die Berechnung der Lärmdosis kann hier ausgewählt werden, ob der zulässige Grenzwert 65 dB(A) oder 85 dB(A) betragen soll.

31	Schieberegler / Eingabefenster <i>Percentile Course</i>	Mit dem Schieberegler kann die zeitliche Länge des Intervalls bestimmt werden, für das bei der Berechnung des zeitabhängigen Perzentilenverlaufs eine gemeinsame Perzentilenstatistik erstellt wird. Alternativ kann die Länge auch in das darunterliegende Eingabefenster eingegeben werden.
32	Schaltfläche <i>Start Analysis</i>	Durch einen Klick auf diese Schaltfläche wird der zeitliche Perzentilenverlauf berechnet und das Ergebnis in (1) dargestellt.
33	Schaltfläche <i>Export Data</i>	Durch Drücken dieser Schaltfläche werden alle Perzentilenstatistiken, die mit (19) berechnet wurden, in eine xls-Datei exportiert.
34	Auswahlfelder	Mit diesen Auswahlfeldern lassen sich die einzelnen Kurven in der Darstellung des Perzentilenverlaufs in (1) wahlweise ein- und ausblenden.
35	Informationsfenster 5	Zeigt den Fortschritt der Berechnung des Perzentilenverlaufs an.
36	Schaltfläche <i>Select</i>	Durch einen Klick auf diese Schaltfläche kann in (1) – sofern dort der Schalldruckpegelverlauf angezeigt wird – ein Bereich ausgewählt werden, der über den Audio Player (13) wiedergegeben werden soll.
37	Informationsfenster 6	Zeigt den Start- und Endzeitpunkt des Abschnitts an, der mit (35) ausgewählt wurde.
38	Schaltfläche <i>Copy</i>	Durch einen Klick auf diese Schaltfläche wird der Start- und Endzeitpunkt des Abschnitts, der mit (35) ausgewählt wurde, in (9) und (10) kopiert, sodass lediglich dieser Bereich analysiert werden kann.

**Tabelle 3.1:** Überblick über die Bedienelemente des *Noise Level Analyzers*

Die genaue Funktionsweise des *Noise Level Analyzers* kann in Ludwig<sup>15</sup> nachgelesen werden. Im Folgenden werden lediglich die neu implementierten Funktionen genauer erläutert.

## 3.2 Die überarbeitete Spektralanalyse

Die Möglichkeit der spektralen Analyse einer geladenen Datei war bereits in die erste Version der Anwendung implementiert. In der ersten Version bot die Spektralanalyse die Möglichkeit, das Frequenzspektrum in Oktav-, Terz- oder Zwölftel-Oktavbandauflösung darzustellen. Dabei wurde für jedes Frequenzband der prozentuelle Anteil im gesamten Spektrum angezeigt.

Die zweite Version des *Noise Level Analyzers* berechnet und stellt das Frequenzspektrum der geladenen Datei in Dezibel dar, wobei wieder zwischen einer Oktav-, Terz- oder Zwölftel-Oktavbandauflösung gewählt werden kann. Die gewünschte Auflösung kann im oberen Popup Menü der *FFT Options* (19) ausgewählt werden. Eine exemplarische Darstellung für eine Terzbandauflösung kann in Abb. 3.3 gefunden werden. Die notwendigen Rechenschritte werden im Folgenden erläutert. Ein Blockschaltbild des Signalfusses ist in Abb. 3.2 dargestellt. Die kursiv geschriebenen Namen bezeichnen die Variablennamen in den Matlab-Dateien.

Nachdem die Kalibrierungsdatei (*kin*) geladen worden ist und gegebenenfalls ins Monoformat konvertiert wurde (*k*), wird der Effektivwert (*keff*) des Kalibrierungssignals berechnet (siehe Abb. 3.2 Block 1). Parallel dazu wird der Schalldruckpegel des eingegebenen Referenzschalldruckpegels (*kvol*) in Pascal umgerechnet (siehe Abb. 3.2 Block 2). Der Effektivwert des Kalibrierungssignals (*keff*) wird daraufhin durch den Referenzschalldruckpegel (*kvol*) dividiert (siehe Abb. 3.2 Block 3). Das Ergebnis dieser Division (*k\_fac*) ist der Divisionsfaktor, durch

<sup>15</sup> Vgl. [LUDWIG, S. 32ff.]

den die geladene Datei ( $x_2$ ), die analysiert werden soll, dividiert werden muss, um ihre Samples in Pascal umzurechnen.<sup>16</sup>

Nachdem die zu analysierende Datei ( $x_1$ ) geladen und gegebenenfalls ins Monoformat umgewandelt wurde ( $x_2$ ) (siehe Abb. 3.2 Block 4), wird diese durch den Divisionsfaktor ( $k_{fac}$ ) dividiert.<sup>17</sup> Daraufhin liegt die geladene Datei ( $x_2$ ) in Pascal vor (siehe Abb. 3.2 Block 5). Im nächsten Schritt wird die geladene Datei in den Frequenzbereich transformiert ( $xf$ ) und mit der ausgewählten Frequenzbewertung gewichtet ( $xfweight$ ) (siehe Abb. 3.2 Block 6). Wurde als Frequenzbewertung dB(Z) gewählt, wird dieser Schritt übersprungen.<sup>18</sup> Nachdem das Signal in den Zeitbereich zurücktransformiert wurde ( $xweight$ ), wird einerseits der zeitliche Schalldruckpegelverlauf berechnet und andererseits das Frequenzspektrum analysiert. Die weitere Vorgangsweise für die Schalldruckpegelberechnung ist in Ludwig<sup>19</sup> genau beschrieben. Im Folgenden werden lediglich die Berechnungsschritte der Frequenzanalyse erklärt.

Das frequenzgewichtete Zeitsignal ( $xweight$ ) wird daraufhin wieder in den Frequenzbereich transformiert. Nach der Transformation liegt das Frequenzspektrum in Pascal vor ( $y$ ) (siehe Abb. 3.2 Block 7). Im Anschluss wird der Absolutwert des Spektrums berechnet ( $yabs$ ) (siehe Abb. 3.2 Block 8). Danach wird das Spektrum mit dem Faktor 2 multipliziert, da bei der weiteren Berechnung lediglich das Spektrum links der halben Abtastfrequenz berücksichtigt wird (siehe Abb. 3.2 Block 9). Dieses Spektrum wird daraufhin durch den Faktor  $\sqrt{2}$  dividiert, um die Effektivwerte der einzelnen Spektrallinien zu erhalten ( $yeff$ ) (siehe Abb. 3.2 Block 10). Diese Effektivwerte werden quadriert ( $p_{yeff}$ ) (siehe Abb. 3.2 Block 11). Dieses quadrierte Spektrum ist eine leistungsproportionale Größe.<sup>20</sup> Um das Spektrum in Oktav-, Terz- oder Zwölftel-Oktavauflösung zu erhalten, werden im quadrierten Spektrum nun die Werte von der jeweiligen unteren bis zur oberen Grenzfrequenz der einzelnen Frequenzbänder aufsummiert (siehe Abb. 3.2 Block 12). Grenzfrequenzen und Anzahl der Summationen variieren je nach gewählter Frequenzbandauflösung.<sup>21</sup> Diese Frequenzspektren ( $spect$ ) liegen in der Einheit Pascal zum Quadrat vor. Danach wird überprüft, ob der Wert eines Frequenzbandes die quadrierte Ruhehörschwelle unterschreitet. Falls dies der Fall ist, wird der entsprechende Wert gleich der quadrierten Ruhehörschwelle gesetzt, um ein negatives Frequenzspektrum zu vermeiden.<sup>22</sup> Dass die quadrierte Ruhehörschwelle herangezogen wird, hat den Grund, dass das Spektrum ebenfalls in der Einheit Pascal zum Quadrat vorliegt. Am Ende müssen die Spektren durch die quadrierte Ruhehörschwelle ( $p_0^2$ ) dividiert, logarithmiert und mit dem Faktor 10 multipliziert werden (siehe Abb. 3.2 Block 13). Daraufhin liegen die Schallpegel der einzelnen Frequenzbänder ( $spect_{dB}$ ) in Dezibel vor.<sup>23</sup>

---

<sup>16</sup> Siehe Matlab-Datei `analyze_calibration.m`, Zeile 32-38.

<sup>17</sup> Siehe Matlab-Datei `Noise_Level_Analyzer_V2.m`, Zeile 1035.

<sup>18</sup> Siehe Matlab-Datei `sound_pressure_level.m`, Zeile 46-187.

<sup>19</sup> Vgl. [LUDWIG, S.53ff.]

<sup>20</sup> Siehe Matlab-Datei `fft_analysis_V2.m`, Zeile 39-52.

<sup>21</sup> Siehe Matlab-Datei `fft_analysis_V2.m`, Zeile 88-451.

<sup>22</sup> Siehe Matlab-Datei `fft_analysis_V2.m`, Zeile 454-458.

<sup>23</sup> Siehe Matlab-Datei `fft_analysis_V2.m`, Zeile 460.

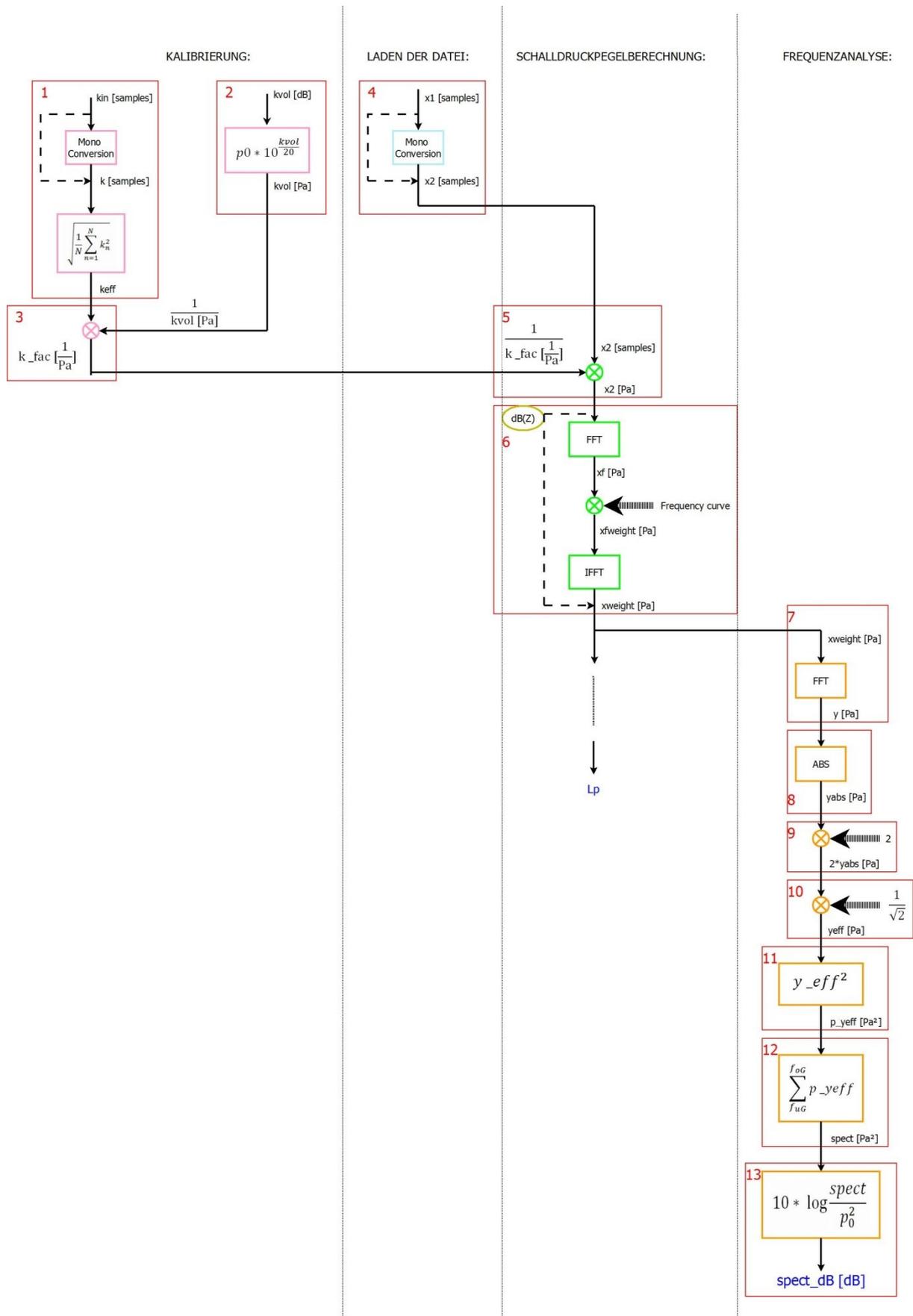


Abb. 3.2: Signalfluss des Noise Level Analyzers bei der Frequenzbandanalyse

Es ist zudem möglich, das Frequenzspektrum der geladenen Datei abschnittsweise zu analysieren. Dafür muss im unteren Popup Menü der *FFT Options* (26) anstelle von *Absolute* die Option *Distribution* ausgewählt werden. Dabei wird die geladene Datei abschnittsweise in den Frequenzbereich transformiert, wobei ein einzelner Abschnitt knapp zwölf Sekunden lang ist. Für jeden dieser Abschnitte wird ein separates Spektrum berechnet. Nachdem die Analyse für die gesamte Datei abgeschlossen ist, wird der Minimal-, Maximal- und Mittelwert von jedem Frequenzband bestimmt und dargestellt (siehe Abb. 3.4).

Ist im unteren Popup Menü der *FFT Options* (26) anstelle von *Distribution* die Option *Absolute* gewählt, wird die gesamte Datei simultan in den Frequenzbereich transformiert und es wird eine Darstellung wie in Abb. 3.3 berechnet.

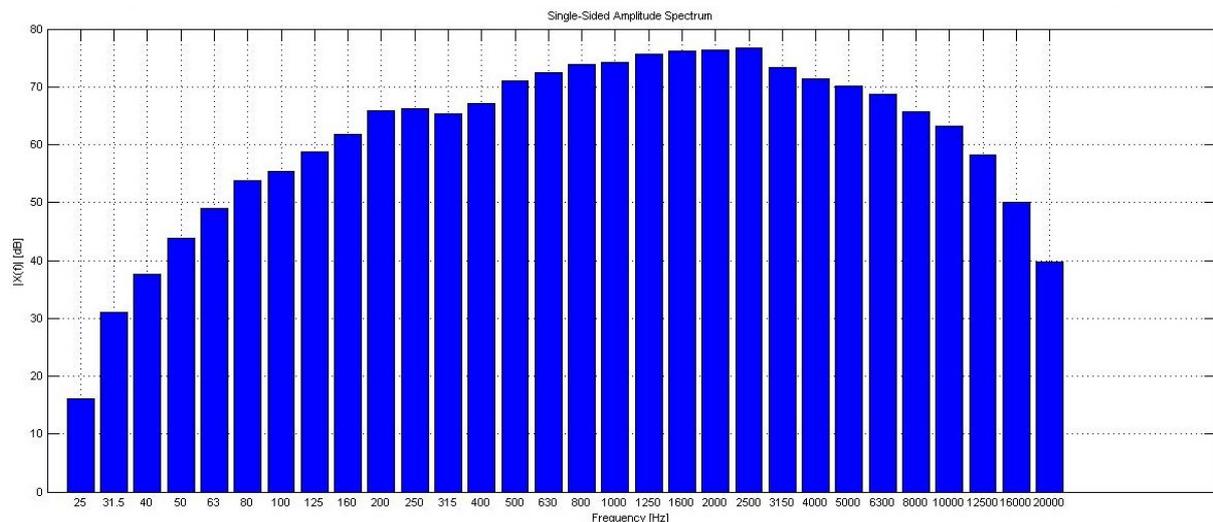


Abb. 3.3: spektrale Terzbandanalyse, wobei die gesamte Datei simultan transformiert wurde

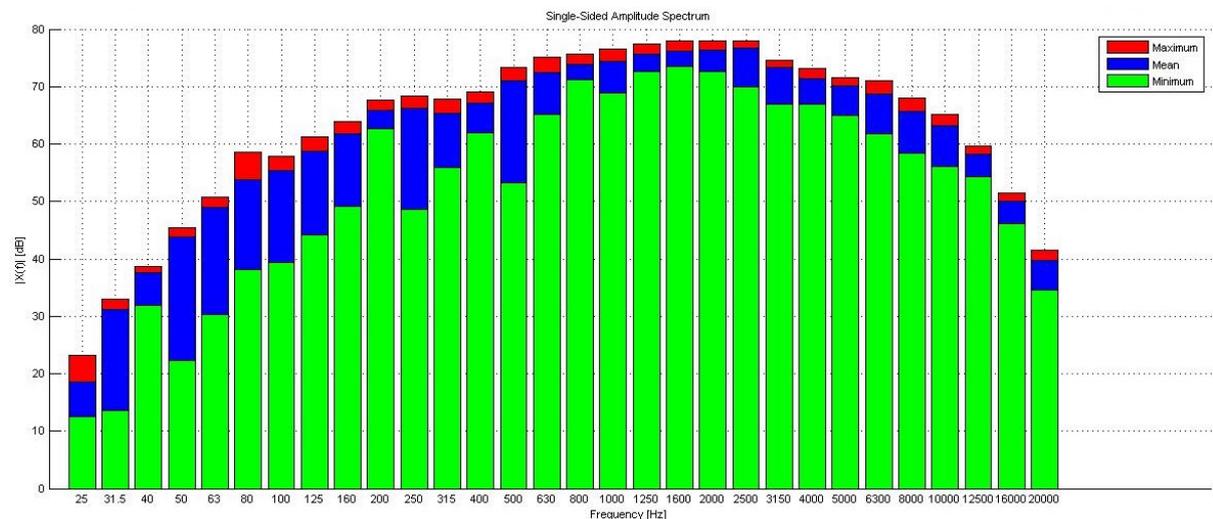


Abb. 3.4: spektrale Terzbandanalyse, wobei die gesamte Datei abschnittsweise transformiert wurde

### 3.3 Der zeitliche Perzentilenverlauf

Die erste Version des *Noise Level Analyzers* bot die Möglichkeit, eine Pegelstatistik der geladenen Datei als Textdatei zu exportieren, welche den  $L_{eq}$ ,  $L_{0.1}$ ,  $L_{1.0}$ ,  $L_{10.0}$ ,  $L_{33.3}$ ,  $L_{50.0}$ ,  $L_{66.6}$ ,

$L_{90,0}$ ,  $L_{95,0}$ ,  $L_{99,0}$  sowie den  $L_{99,9}$  enthält. Diese Pegelstatistik wird nun zusätzlich als xls-Datei exportiert. Darüber hinaus ermöglicht die zweite Version die Berechnung des zeitlichen Verlaufs dieser statistischen Schalldruckpegel. Dafür muss mit (31) zunächst die Länge des Intervalls festgelegt werden, für welches eine gemeinsame Pegelstatistik ermittelt werden soll. Dies erfolgt entweder über den Schieberegler oder durch eine direkte Eingabe in das darunterliegende Eingabefenster. Die minimale Intervalllänge beträgt dabei fünf Sekunden und die maximale Intervalllänge ist auf fünf Minuten (300 Sekunden) beschränkt. Wählt man beispielsweise zehn Sekunden, wird die gesamte geladene Datei in Zehn-Sekunden-Abschnitte unterteilt. Für jeden dieser Abschnitte wird eine separate Pegelstatistik erstellt, welche die oben genannten Werte beinhaltet. Nachdem die Berechnung abgeschlossen ist, wird das Ergebnis in (1) dargestellt. Die Werte auf der Zeitachse bezeichnen dabei stets den zeitlichen Anfangspunkt des jeweiligen Intervalls. Ein exemplarischer Perzentilenverlauf kann in Abb. 3.5 gefunden werden. Die Kurven einzelner Werte können wahlweise über die entsprechenden Auswahlfelder (34) aus- und eingeblendet werden. Mit den Auswahlfeldern  $L_{33,3} - L_{90,0}$  bzw.  $L_{33,3} - L_{95,0}$  kann die Differenz der jeweiligen Werte angezeigt werden. Dabei wird angenommen, dass der  $L_{95,0}$  und der  $L_{90,0}$  jeweils den Grundgeräuschpegel repräsentieren und der  $L_{33,3}$  den Stimmaufwand eines Sprechers darstellt, wodurch die jeweilige Differenz der beiden Werte den Signal-Stör-Abstand abbildet. In der Literatur werden sowohl der  $L_{95,0}$ <sup>24</sup> als auch der  $L_{90,0}$ <sup>25</sup> als Grundgeräuschpegel herangezogen, sodass es mit dem *Noise Level Analyzer* möglich ist, den Signal-Stör-Abstand mit diesen beiden Häufigkeitspegeln als Grundgeräuschpegel zu berechnen. Eine Auswertung, die zeigt, dass der  $L_{33,3}$  den Stimmaufwand eines Sprechers repräsentiert und daher als Signalpegel verwendet werden kann, erfolgt in Kapitel 7.1 dieser Arbeit.

Soll der Signal-Stör-Abstand dargestellt werden, werden diese Kurven in einem separaten Plot dargestellt. Um im Anschluss wieder zur Darstellung des zeitlichen Perzentilenverlaufs zurückzukehren, müssen lediglich die beiden SNR-Kurven mit dem jeweiligen Auswahlfeld abgewählt werden. Durch einen Klick auf die Schaltfläche (21) kann die Benutzeroberfläche des *Noise Level Analyzers* und somit der zeitliche Verlauf als jpeg-Datei abgespeichert werden. Hierbei muss beachtet werden, dass der individuelle Dateiname nicht die Namen aller abgebildeten Werte, sondern nur das gewählte Zeitintervall und die Analyseoptionen enthält. Ein exemplarischer Dateiname wäre also „*Dateiname* Percentile Course 10 sec dB(A) fast 00 00 00 - 00 21 06.jpg“. Sollen unterschiedliche Häufigkeitswerte in separaten Dateien abgespeichert werden, ist es nötig, bereits existierende Dateien manuell umzubenennen oder zu verschieben, um zu vermeiden, dass eine bereits vorhandene Datei überschrieben wird.

Die Pegelstatistiken der einzelnen Zeitintervalle können ebenfalls durch Drücken der Schaltfläche (33) in Form einer xls-Datei exportiert werden. Ein Dateiname solch einer Datei wäre beispielsweise „*Dateiname* Percentile Table 10 sec dB(A) fast 00 00 00 - 00 21 06.xls“.

---

<sup>24</sup> Vgl. [OBERDÖRSTER, S. 569.] und [ÖNORM S 5004, S. 7.]

<sup>25</sup> Vgl. [SHIELD, S. 735.]

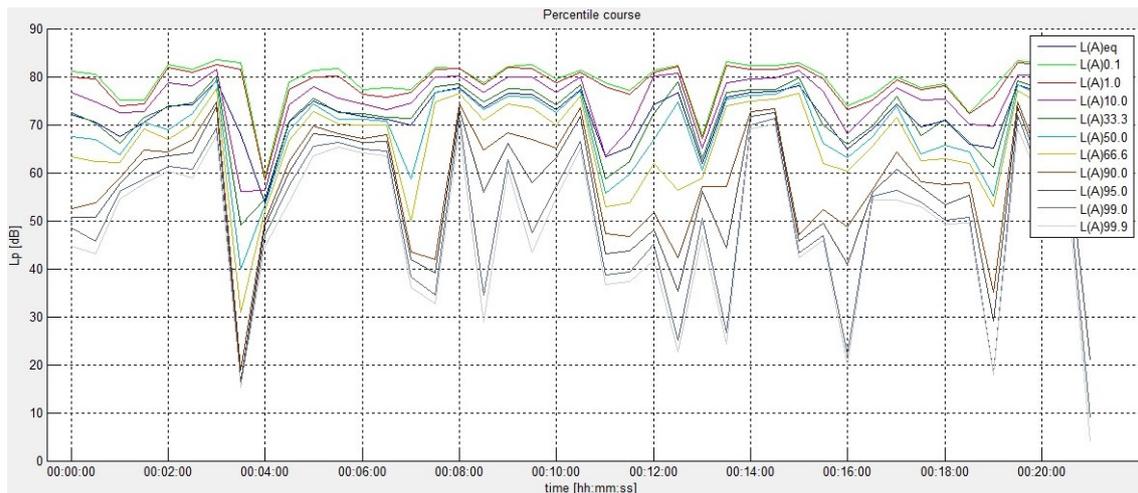


Abb. 3.5: zeitlicher Perzentilenverlauf; Intervalllänge: 30 s

### 3.4 Der Tageslärnexpositionspegel und die Lärndosis

Eine weitere Ergänzung stellt die Berechnung des Lärnexpositionspegels  $L_{(A),EX,8h}$  und der Lärndosis  $D$  dar (siehe Abb. 3.6). Diese Werte werden in den Ausgabefenstern (28) und (29) angezeigt und werden lediglich berechnet, wenn als Frequenzbewertung die dB(A)-Bewertung gewählt wurde, da diese Werte für die übrigen Bewertungskurven nicht bzw. mit anderen Grenzwerten definiert sind. Eine genaue Erläuterung dieser Werte inklusive der Formeln ist in Kapitel 2.2 zu finden. Zudem ist es für die Berechnung der Lärndosis möglich, zwischen zwei verschiedenen Expositionsgrenzwerten zu unterscheiden. Das erfolgt über das Popup Menü *Exposure Limit* (30). Der Expositionsgrenzwert von 65 dB(A) muss laut Verordnung<sup>26</sup> in Räumen, die für Büroarbeit oder ähnliche Tätigkeiten vorgesehen sind, eingehalten werden. In diese Kategorie fallen auch Klassenräume. Der Expositionsgrenzwert von 85 dB(A) ist der Grenzwert, der üblicherweise in der Industrie herangezogen wird. Würde dieser Wert überschritten, käme es zu einer irreversiblen Schädigung des Gehörs.

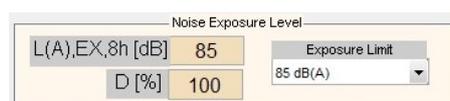


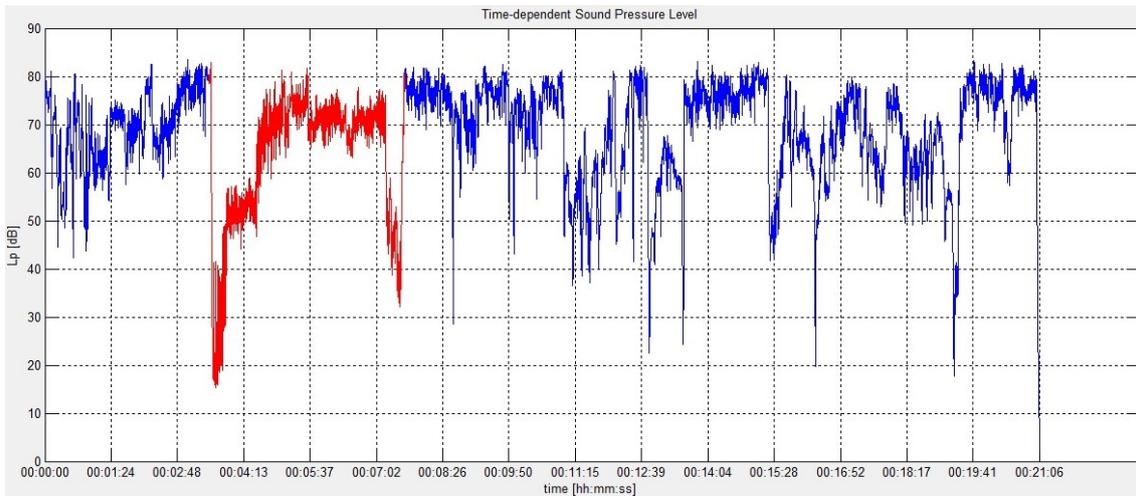
Abb. 3.6: Tageslärnexpositionspegel und Lärndosis

### 3.5 Die Auswahlfunktion

Zuletzt ist es mit dieser Version des *Noise Level Analyzers* möglich, einen bestimmten Bereich in (1) auszuwählen, wenn der Schalldruckpegelverlauf angezeigt wird. Die Auswahl erfolgt mit der Schaltfläche *Select* (36). Nach der Auswahl ist der selektierte Bereich rot markiert (siehe Abb. 3.7). Start- und Endpunkt werden zusätzlich in Informationsfenster 6 (37) angezeigt. Dieser selektierte Bereich kann daraufhin über den Audio Player (13) wiedergegeben werden. Zudem ist es durch einen Klick auf die Schaltfläche *Copy* (38) möglich, den zeit-

<sup>26</sup> Vgl. [VOLV, S. 2.]

lichen Start- und Endpunkt des gewählten Abschnitts in die Eingabefenster *start at* (9) bzw. *stop at* (10) zu kopieren, um den ausgewählten Bereich separat zu analysieren.



**Abb. 3.7:** Auswahl eines bestimmten Bereichs

## 4 Erläuterung der Messungen

Für die Durchführung dieser Messungen wurden zwei Klassenräume im BRG Kepler in Graz ausgewählt. Die Messungen fanden deswegen am BRG Kepler statt, da seit mehreren Jahren eine enge Zusammenarbeit zwischen der Schule und dem Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation der TU Graz im Bereich der Klassenraumakustikoptimierung besteht. Des Weiteren fanden an der Schule zur selben Zeit raumakustische Sanierungsmaßnahmen statt, wobei etwa die Hälfte der Klassenräume bereits saniert war und sich die restlichen Räume in etwa demselben akustischen Zustand befanden wie zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Schulgebäudes zu Beginn des 20. Jahrhunderts.

### 4.1 Ablauf der Messungen

Die Grundidee der Messung bestand darin, möglichst identisches Unterrichtsgeschehen einmal in einem Raum mit einer schlechten Raumakustik und einmal in einem Raum mit einer guten Raumakustik aufzunehmen, um anschließend den Einfluss der Raumakustik auf das Schallfeld im Raum analysieren und miteinander vergleichen zu können. Die beiden Räume sollten dabei einen möglichst ähnlichen Grundriss haben. Hierfür wurde ein Stundenplan entworfen, der die Analyse der folgenden Szenarien zulässt:

- Veränderung des Stimmaufwands des Lehrers, wenn er den gesamten Vormittag im selben Raum unterrichtet
- Veränderung des Grundgeräuschpegels, wenn sich dieselbe Klasse über den gesamten Vormittag im selben Raum aufhält
- Abhängigkeit des Grundgeräuschpegels von der Anzahl der SchülerInnen im Raum
- Abhängigkeit der Lärmsituation von der Unterrichtsform
- Abhängigkeit des Alters der SchülerInnen; Differenzierung zwischen Ober- und Unterstufe

Um alle Szenarien abzudecken, wurde ein viertätiger Stundenplan entworfen, der je eine Woche in dem nicht sanierten Klassenzimmer und in dem sanierten Klassenzimmer unterrichtet wurde. In der ersten Woche wurde der Stundenplan im nicht sanierten Raum unterrichtet und in der zweiten Woche im sanierten Raum. Ein Tag in jeder Woche blieb dabei frei, um eventuelle Stundenplanänderungen auf diesen verschieben zu können. Einige Abweichungen von Woche zu Woche ließen sich schließlich dennoch wegen Supplierstunden oder Schularbeiten nicht vermeiden. Beim nicht sanierten Raum handelte es sich um ein Klassenzimmer, welches die Lehrkräfte subjektiv als eines mit der schlechtesten Akustik beurteilten und mit keinen speziellen Akustikelementen ausgestattet war. Das sanierte Klassenzimmer enthielt eine Akustikdecke und einen Lochabsorber an der Rückwand. Die Ergebnisse der Nachhallzeit-

messungen in beiden Räumen werden in Kapitel 5 behandelt. Eine detaillierte akustische Bestandsaufnahme beider Klassenzimmer kann in Fasching<sup>27</sup> gefunden werden.

Der Stundenplan, der schließlich während der zweiwöchigen Messung unterrichtet wurde, gestaltete sich folgendermaßen:

nicht sanierter Raum					
	Tag 1 Montag 17. 11. 2014	Tag 2 Dienstag 18. 11. 2014	Tag 3 Mittwoch 19.11.2014	Tag 4 Donnerstag 20.11.2014	Tag 5 Freitag 21.11.2014
	dieselbe Lehrkraft ganztags im selben Raum	dieselbe Oberstufenklasse ganztags im selben Raum	verschiedene Klassen mit unterschiedlich vielen Schülern wechseln	fehlendes Set vom Mittwoch	dieselbe Unterstufenklasse ganztags im selben Raum
1. Stunde 07:40 - 08:30	OSt 16 Schülerinnen Mathe	OSt 22 Schülerinnen (Supplierstunde)	OSt 11 Schülerinnen Deutsch		USt 23 Schülerinnen Englisch
2. Stunde 08:35 - 09:25	USt 27 Schülerinnen Mathe	OSt 22 Schülerinnen Englisch	OSt 20 Schülerinnen Englisch	USt 17 Schülerinnen Englisch	USt 23 Schülerinnen Deutsch
3. Stunde 09:30 - 10:20	USt 23 Schülerinnen Mathe	OSt 22 Schülerinnen Mathe	OSt 27 Schülerinnen Deutsch		USt 23 Schülerinnen Mathe
große Pause 10:20 - 10:35					
4. Stunde 10:35 - 11:25	USt 27 Schülerinnen Mathe	OSt 12 Schülerinnen Latein	USt 27 Schülerinnen GWK		USt 13 Schülerinnen Religion (Supplierstunde)
5. Stunde 11:30 - 12:20	OSt 28 Schülerinnen Musik	OSt 11 Schülerinnen Religion	USt 21 Schülerinnen Englisch		USt 23 Schülerinnen GWK
6. Stunde 12:25 - 13:15	USt 20 Schülerinnen Musik	OSt 22 Schülerinnen Psychologie			USt 23 Schülerinnen Musik
sanierter Raum					
	Tag 6 Montag 24.11.2014	Tag 7 Dienstag 25.11.2014	Tag 8 Mittwoch 26.11.2014	Tag 9 Donnerstag 27.11.2014	Tag 10 Freitag 28.11.2014
	dieselbe Lehrkraft ganztags im selben Raum	dieselbe Oberstufenklasse ganztags im selben Raum	verschiedene Klassen mit unterschiedlich vielen Schülern wechseln		dieselbe Unterstufenklasse ganztags im selben Raum
1. Stunde 07:40 - 08:30	OSt 19 Schülerinnen Mathe	OSt 22 Schülerinnen GWK	OSt 9 Schülerinnen Deutsch		USt 22 Schülerinnen Englisch
2. Stunde 08:35 - 09:25	USt 27 Schülerinnen Mathe	OSt 22 Schülerinnen Englisch	OSt 19 Schülerinnen Englisch (Supplierstunde)		USt 22 Schülerinnen Deutsch
3. Stunde 09:30 - 10:20	USt 24 Schülerinnen Mathe	OSt 22 Schülerinnen Mathe Schularbeit	OSt 27 Schülerinnen Deutsch		USt 20 Schülerinnen Mathe
große Pause 10:20 - 10:35					
4. Stunde 10:35 - 11:25	USt 26 Schülerinnen Mathe	OSt 22 Schülerinnen Mathe Schularbeit	USt 26 Schülerinnen GWK		USt 12 Schülerinnen Religion
5. Stunde 11:30 - 12:20	OSt 28 Schülerinnen Musik	OSt 12 Schülerinnen Religion	USt 21 Schülerinnen Biologie (Supplierstunde)		USt 20 Schülerinnen GWK
6. Stunde 12:25 - 13:15	USt 22 Schülerinnen Musik	OSt 18 Schülerinnen Psychologie	USt 16 Schülerinnen Englisch		USt 20 Schülerinnen Musik

**Abb. 4.1:** Stundenplan während den Messungen

<sup>27</sup> Vgl. [FASCHING, S. 69ff und S. 81ff.]

Am ersten und sechsten Tag unterrichtete dieselbe Lehrkraft ganztags in beiden Räumen, um so einen detaillierten Vergleich des Stimmaufwands der Lehrkraft an beiden Tagen anfertigen zu können. An Tag 2 und Tag 7 wurde eine Oberstufenklasse in beiden Räumen während des gesamten Vormittags unterrichtet, damit der Verlauf des Grundgeräuschpegels ausgewertet werden kann. An Tag 3 und Tag 8 wurde der Unterricht verschiedener Klassen und verschiedener LehrerInnen aufgezeichnet. Dabei variierte jeweils die Anzahl und das Alter der SchülerInnen in den Klassen, um herausfinden zu können, um wieviel Dezibel bestimmte Pegel pro zusätzlicher Schülerin oder zusätzlichem Schüler ansteigen. Da an Tag 3 der geplante Unterricht in Stunde 6 entfiel, wurde diese Stunde an Tag 4 in der zweiten Stunde mit derselben Lehrkraft und dem gleichen Unterrichtsfach nachgeholt. Die SchülerInnenanzahl blieb dabei in etwa gleich, allerdings war die Klasse eine andere. An Tag 5 und Tag 10 wurde dieselbe Unterstufenklasse ganztägig im selben Raum unterrichtet. Somit kann der Grundgeräuschpegelverlauf separat für die Unterstufe untersucht werden. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird den jeweiligen Messtagen ein tiefgestelltes *ns* hinzugefügt, wenn die Tage im nicht sanierten Raum stattfanden und ein tiefgestelltes *s*, wenn es sich um den sanierten Raum handelt. Diese Nomenklatur dient der besseren Übersichtlichkeit.

Der Unterricht selbst wurde mit neun Mikrofonen aufgezeichnet. Ein Mikrofon war ein Miniatur-Ansteckmikrofon, welches die jeweilige Lehrkraft an ihrem Kragen trug, die übrigen Mikrofone waren Messmikrofone, die im Raum verteilt aufgestellt waren. Die Innovation dieser Messung lag dabei in der Idee, die Lärmsituation nicht mit einem einzelnen Schallpegelmessgerät während des Unterrichts auszuwerten, sondern einen Mehrkanalmitschnitt aufzunehmen, der im Nachhinein ausgewertet wird. Der Vorteil der Mehrkanalaufzeichnung besteht darin, dass das Schallfeld an mehreren verschiedenen Punkten im Raum simultan ausgewertet werden kann und somit die räumlichen Unterschiede der zu untersuchenden Parameter ebenfalls analysiert werden können. Ein weiterer Vorteil der Mehrkanalaufzeichnung liegt darin, dass nicht ausschließlich eine Schalldruckpegelkurve abgespeichert wird, sondern der Schalldruckpegelverlauf aus der Aufnahme berechnet wird. Somit ist es möglich, bei auffälligen Ereignissen im Schalldruckpegelverlauf die Aufzeichnung an dieser Stelle erneut anzuhören und somit leicht auf die Ursache schließen zu können. Da die Auswertung erst im Nachhinein geschieht, ist diese Methode zwar aufwendiger, die Ergebnisse sind aber viel detaillierter und nachvollziehbarer. Des Weiteren kann dasselbe Unterrichtsgeschehen mit unterschiedlichen Zeit- und Frequenzbewertungen analysiert werden, womit zusätzliche Informationen gewonnen werden können.

Die Messmikrofone waren in beiden Räumen möglichst gleich aufgestellt. Die Mehrkanalaufzeichnung selbst erfolgte mit einem Laptop. Das Aufnahmeequipment war in beiden Räumen in der hinteren linken Ecke des Raums aufgebaut. Das einzige Gerät des Equipments, welches einen Lüfter eingebaut hatte, war der Laptop, sodass sichergestellt war, dass die Aufzeichnung nicht durch Geräusche der Aufzeichnungsgeräte verfälscht würde. Eine detaillierte Geräteliste kann in Kapitel 4.2 gefunden werden. Ein Blockschaltbild des Messaufbaus ist in Abb. 4.4 dargestellt. Die Pläne in Abb. 4.2 und Abb. 4.3 liefern sowohl die Raumabmessungen als auch die Positionen der Messmikrofone.

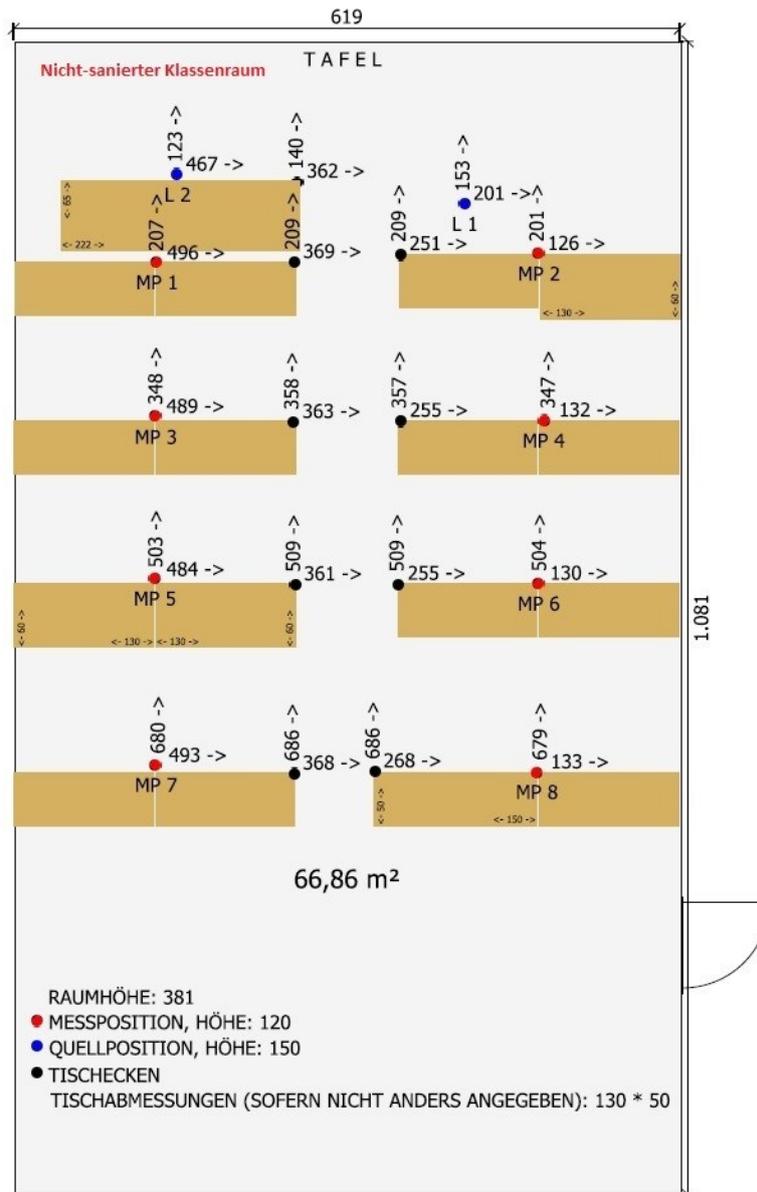


Abb. 4.2: Plan des nicht sanierten Raums 203 inkl. der Quellpositionen für die T30-Messung [cm]

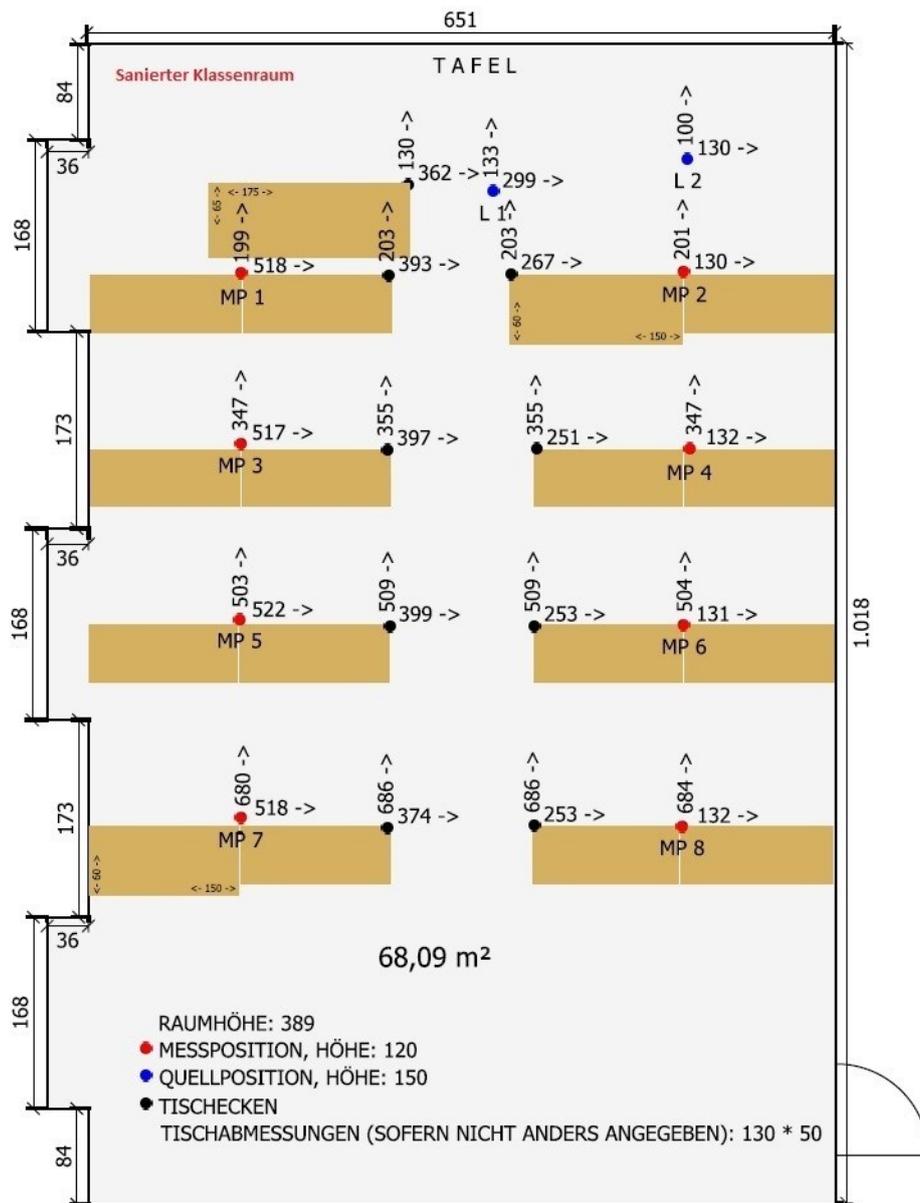


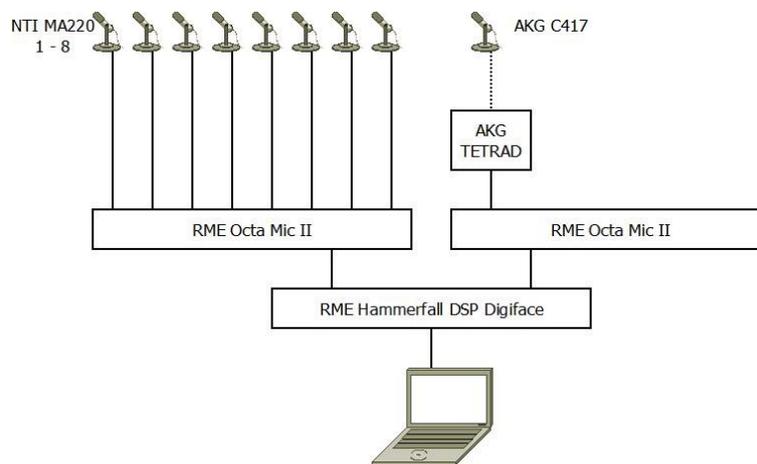
Abb. 4.3: Plan des sanierten Raums 012 inkl. der Quellpositionen für die T30-Messung [cm]

Die Messpositionen 1, 3, 5 und 7 befanden sich jeweils in der Mitte vor den Tischreihen an der Fensterseite des Raums. Dementsprechend wurden die Messpositionen 2, 4, 6 und 8 in der Mitte vor den Tischreihen an der Türseite gesetzt. Fotos des Messaufbaus sind in Kapitel 17 ab Seite 178 enthalten.

Neben der akustischen Aufzeichnung wurden ebenfalls Herz-Kreislauf-Aufzeichnungen durchgeführt. Diese dienen dem Zweck, den Einfluss der Raumakustik auf die Konzentration und die Erschöpfung von SchülerInnen und LehrerInnen untersuchen zu können. Dafür wurde an Tag 1<sub>ns</sub> und an Tag 6<sub>s</sub> die Lehrkraft, da sie sich ganztags im Raum befand, mit dem Herz-Kreislauf-Messgerät *ChronoCord* ausgerüstet, das die Herz-Kreislauf-Aktivität während des Vormittags aufgezeichnet hat. Außerdem wurden an Tag 2<sub>ns</sub>, 5<sub>ns</sub>, 7<sub>s</sub> und 10<sub>s</sub> auch die SchülerInnen mit solchen Messgeräten ausgestattet, um die Herz-Kreislauf-Aktivität während des Vormittags aufzuzeichnen. Diese Daten wurden zwar aufgezeichnet, die Auswertung erfolgt jedoch in einer Folgearbeit.

## 4.2 Geräteliste für die Mehrkanalaufzeichnung

- Laptop: 1x Lenovo T500 ThinkPad; TU Graz-Inventarnummer: 0116956
- Audio-Interface: 1x RME Hammerfall DSP Digiface; TU Graz-Inventarnummer: 0060784
- A/D-Wandler: 2x RME Octa Mic II; TU Graz-Inventarnummer: 0110661, 0119657
- Messmikrofone: 8x NTI MA220; Inventar der Kunstuniversität Graz, ohne Inventarnummer
- Miniatur-Ansteckmikrofon: 1x AKG C417; Inventar der Kunstuniversität Graz, Inventarnummer: 61100394-0000
- Funkstrecke: 1x AKG TETRAD Performer Set; Inventar der Kunstuniversität Graz, ohne Inventarnummer
- Kalibrator: 1x Brüel & Kjaer Bauart 4231; TU Graz-Inventarnummer: 0106865
- Lautsprecher: 1x Genelec 1030; TU Graz-Inventarnummer: 0006860
- Schallpegelmesser: 1x NTI Audio XL2; TU Graz-Inventarnummer: 0104784  
1x NTI MA220 Messmikrofon; TU Graz-Inventarnummer: 0106917



**Abb. 4.4:** Blockschaltbild des Messaufbaus während der Aufnahmen

Die Kalibrierung des Ansteckmikrofons gestaltete sich recht aufwendig. Hierfür wurde über den Lautsprecher ein Sinuston mit der Frequenz 1 kHz wiedergegeben. Das Ansteckmikrofon wurde währenddessen vor den Lautsprecher gehalten, wobei es am Kragen befestigt war, um somit mögliche Reflexionen zu berücksichtigen. Neben das Ansteckmikrofon wurde gleichzeitig das Mikrofon des Schallpegelmessers gehalten, an dem der Referenzschalldruckpegel abgelesen wurde.

## 4.3 Herausforderungen während der Aufzeichnung

Mit der Funkstrecke und dem Ansteckmikrofon kam es während der Aufnahme zu mehreren Problemen, weshalb dieser Kanal bei den Auswertungen schließlich nicht mehr berücksichtigt wurde. Ursprünglich sollte das Ansteckmikrofon in erster Linie dazu dienen, den Stimmaufwand der LehrerInnen zu bestimmen. Allerdings wurde der Übertragungsweg der Funkstrecke häufig durch Interferenzen gestört. Traten diese während der Aufnahme auf, konnten bei der

Auswertung keine vernünftigen Schalldruckpegel mehr berechnet werden. Ein weiteres Problem war, dass der Stimmaufwand eines Sprechers laut Norm<sup>28</sup> in einem Meter Abstand vor dem Mund gemessen werden soll. Da der Abstand zwischen Mikrofon und Mund allerdings von Lehrkraft zu Lehrkraft stark variierte, war es bei der Auswertung nicht zweifelsfrei möglich, den Schalldruckpegel in einem Meter Entfernung zu berechnen. Selbst fünf Zentimeter Unterschied beim Abstand zwischen Mund und Mikrofon verursachen in diesem Fall bereits einen Unterschied von 3 dB(A). Zu guter Letzt wird bei einer Funkstrecke die Information während der Übertragung komprimiert. Da nicht sichergestellt werden konnte, dass die am Sender ankommende Information völlig fehlerfrei wiederhergestellt werden kann, wurden die Daten, die dieser Kanal aufzeichnete, bei der Auswertung schließlich nicht mehr berücksichtigt.

Vereinzelt kam es zudem zu Berührungen zwischen Stühlen bzw. Tischen und den Stativen der Messmikrofone im Raum. Dies führte immer wieder zu zufälligen Schallpegelspitzen, die allerdings bei der weiteren Verarbeitung der Daten statistisch vernachlässigbar waren.

---

<sup>28</sup> Siehe Anhang B: Stimmaufwandstabelle nach ÖNORM EN ISO 9921

## 5 Erhebung des raumakustischen Zustands der Klassenräume

Dieses Kapitel fasst die Ergebnisse der Nachhallzeitmessungen zusammen, die im Vorfeld der Aufnahmen in beiden Räumen durchgeführt wurden. Kapitel 5.1 enthält eine Geräteliste und ein Blockschaltbild des Messaufbaus. Im Anschluss werden in Kapitel 5.2 die Messergebnisse und räumlichen Unterschiede von Nachhallzeit, STI und  $Al_{\text{cons}}$  im nicht sanierten Klassenraum erläutert. Daraufhin erfolgt in Kapitel 5.3 dieselbe Betrachtung für den sanierten Klassenraum. Kapitel 5.4 erläutert den Einfluss von Verkehrslärm und anderen Faktoren auf den Grundgeräuschpegel der leeren Räume. Zum Schluss wird in Kapitel 5.5 die Nachhallzeit des nicht sanierten und des sanierten Raums mit der laut Norm erforderlichen Sollnachhallzeit verglichen. Außerdem wird die Sprachverständlichkeit in beiden Räumen gegenübergestellt und gezeigt, wie sich der Grundgeräuschpegel auf die Sprachverständlichkeit auswirkt.

### 5.1 Geräteliste für die Nachhallzeitmessung

- Schallquelle: 1x Norsonic Nor 276 Dodekaederlautsprecher; Seriennummer: 2765675; TU Graz-Inventarnummer: 0138945
- Verstärker: 1x Norsonic Nor 280 Power Amplifier; TU Graz-Inventarnummer: 0138943
- Messmikrofon: 1x NTI MA220; Inventar der Kunstuniversität Graz, ohne Inventarnummer
- Kalibrator: 1x Brüel & Kjaer Bauart 4231; TU Graz-Inventarnummer: 0106865
- Laptop: 1x Lenovo T500 ThinkPad; TU Graz-Inventarnummer: 0116956
- Software: ARTA, Version 1.8.0
- Audio-Interface: 1x RME Fireface 800; TU Graz-Inventarnummer: 0116925

Als Anregungssignal wurde ein Sinussweep verwendet, der eine Länge von 256000 Samples hatte. Die Abtastfrequenz betrug 48 kHz und pro Messposition wurden jeweils drei Messungen gemittelt.

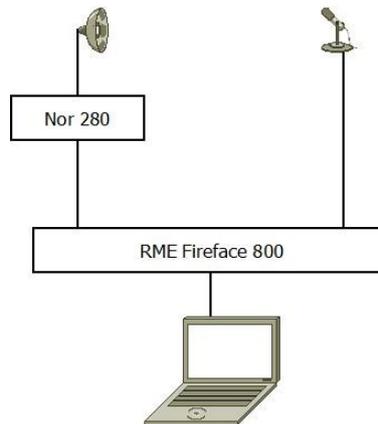


Abb. 5.1: Blockschaltbild des Messaufbaus für die Nachhallzeitmessung

## 5.2 Akustische Gütemaße im nicht sanierten Raum

Die Nachhallzeitmessung im nicht sanierten Klassenzimmer, das mit keinen nennenswerten Akustikelementen ausgestattet war, wurde für zwei verschiedene Quellpositionen mit acht verschiedenen Messpositionen durchgeführt. Die Messpositionen waren dabei mit den Mikrofonpositionen während des Mehrkanalmitschnitts identisch, um an genau diesen Stellen auch die Nachhallzeit beurteilen zu können. Als Quellpositionen wurden zwei Punkte im vorderen Teil des Raums gewählt, weil sich die LehrerInnen dort am häufigsten aufhalten. Die genauen Koordinaten der Quell- und Messpositionen können Abb. 4.2 entnommen werden. Der Abstand zwischen der Quellposition 1 und der Messposition 2 war dabei sehr gering, weshalb während dieser Messung zwischen Lautsprecher und Mikrofon eine Winterjacke als Schallschirm gehängt wurde, um zu starken Direktschalleinfluss zu vermeiden. Das Raumvolumen beträgt  $255 \text{ m}^3$ , woraus eine Sollnachhallzeit von 0.60 Sekunden resultiert (siehe Kapitel 2.1). Abb. 5.2 zeigt die Messergebnisse. Kapitel 19 enthält die Messergebnisse in Tabellenform.

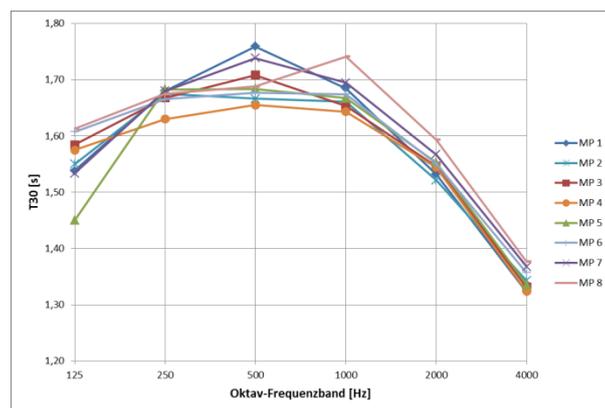


Abb. 5.2: Ergebnisse der Nachhallzeitmessung im nicht sanierten Raum

Im Frequenzband von 125 Hz können zwischen verschiedenen Raumpunkten Nachhallzeitunterschiede von fast 0.2 Sekunden beobachtet werden. Ab 250 Hz ist der räumliche Unterschied der Kurven nicht mehr allzu groß. In der Regel ist der Unterschied kleiner als 0.1 Sekunden. Ab 1 kHz nehmen alle Kurven kontinuierlich ab. Im Mittel beträgt die Nachhallzeit in dem nicht sanierten Raum in den Frequenzbändern von 125 Hz bis 4 kHz 1.60 Sekunden im leeren Zustand.

Die folgenden Abbildungen illustrieren die örtlichen Unterschiede von STI (Abb. 5.3) und Artikulationsverlust (Abb. 5.4):

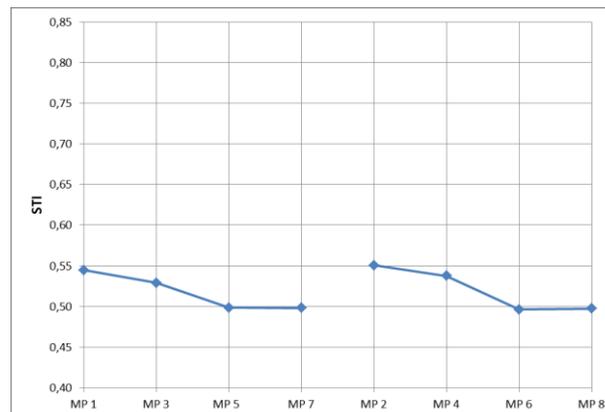


Abb. 5.3: räumliche Unterschiede des STI im nicht sanierten Raum

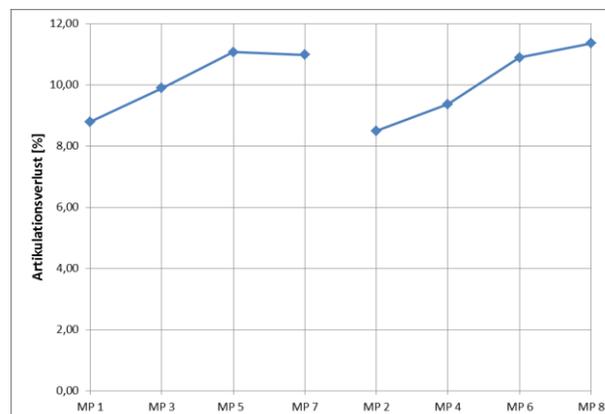


Abb. 5.4: räumliche Unterschiede des  $AI_{\text{cons}}$  im nicht sanierten Raum

Mit einem durchschnittlichen Wert von 0.52 befindet sich der STI im *angemessenen* Bereich. Der Artikulationsverlust beträgt im Mittel 10.10 % und ist somit *befriedigend*. Bewertungsskalen für STI und Artikulationsverlust können Tabelle 5.1 entnommen werden. Anhand Abb. 5.3 und Abb. 5.4 ist gut zu erkennen, dass sich die Werte leicht verschlechtern, je weiter hinten sich die Position im Raum befindet. Dies ist schlüssig, da sich die Sprachverständlichkeit mit wachsendem Abstand von Hörer zu Sprecher generell verschlechtert. In den Tischreihen 3 und 4 bleiben die Werte in etwa gleich. Allerdings darf nicht außer Acht gelassen werden, dass sich diese Ergebnisse lediglich auf den leeren Raum beziehen. Befinden sich Personen in dem Raum, verschlechtern sich diese Werte aufgrund des höheren Grundgeräuschpegels. Seine Auswirkung auf die Sprachverständlichkeit wird in Kapitel 5.5 genauer erläutert.

STI		$AI_{\text{cons}} [\%]$	
Skala	Bewertung	Skala	Bewertung
1.0...0.75	Sehr gut	0.0 %...2.0 %	Ideal
0.75...0.60	Gut	2.1 %...7.0 %	Gut
0.60...0.45	Angemessen	7.1 %...20.0 %	Befriedigend
0.45...0.30	Schwach	20.1 %...100.0 %	Unbrauchbar
0.30...0.00	Schlecht		

Tabelle 5.1: Bewertungsskalen für STI<sup>29</sup> und  $AI_{\text{cons}}$ <sup>30</sup>

### 5.3 Akustische Gütemaße im sanierten Raum

Bei der Nachhallzeitmessung im sanierten Raum, welcher mit einer Akustikdecke und einem Lochabsorber an der Rückwand ausgestattet war, wurden als Messpositionen ebenfalls die Mikrofonpositionen der Mehrkanalaufzeichnung verwendet. Die Koordinaten der beiden Quellpositionen sowie die der Messpunkte können Abb. 4.3 entnommen werden. Da die Lautsprecherposition 2 und der Messpunkt 2 hier ähnlich nahe beieinanderliegen, wurde auch bei der Messung an diesen beiden Punkten eine Winterjacke als Schallschirm verwendet. Das Volumen dieses Raums beträgt 265 m<sup>3</sup> und ist mit 10 m<sup>3</sup> nur gering höher als das Volumen des nicht sanierten Raums. Die Sollnachhallzeit beträgt für diesen Raum 0.61 Sekunden (siehe Kapitel 2.1). Abb. 5.5 illustriert wiederum die Ergebnisse der Messung, eine tabellarische Darstellung der Messergebnisse kann in Kapitel 19 gefunden werden.

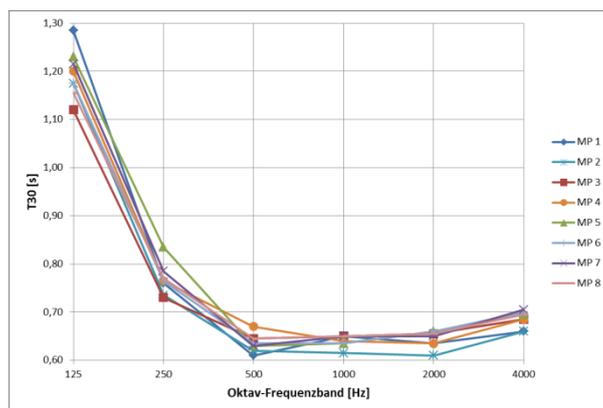


Abb. 5.5: Ergebnisse der Nachhallzeitmessung im sanierten Raum

Wie im nicht sanierten Klassenzimmer sind die räumlichen Unterschiede bei 125 Hz mit 1.1 bis 1.3 Sekunden etwas größer als im restlichen Verlauf. Dort belaufen sich die Unterschiede auf weniger als 0.1 Sekunden. Bei 250 Hz fällt die Nachhallzeit auf 0.7 bis 0.8 Sekunden ab und verläuft ab 500 Hz relativ gleichmäßig zwischen 0.6 und 0.7 Sekunden. Im Mittel beträgt die Nachhallzeit etwa 0.75 Sekunden im leeren Zustand.

Die folgenden beiden Abbildungen zeigen die räumlichen Unterschiede von STI (Abb. 5.6) und Artikulationsverlust (Abb. 5.7):

<sup>29</sup> Vgl. [ÖNORM EN 60268-16, S. 25.]

<sup>30</sup> Vgl. [GRABER, S.105f.]

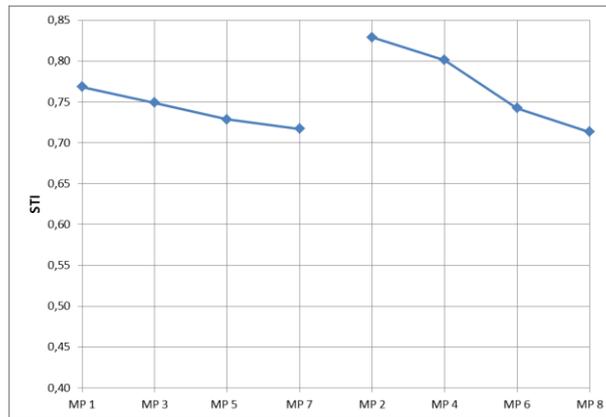


Abb. 5.6: räumliche Unterschiede des STI im sanierten Raum

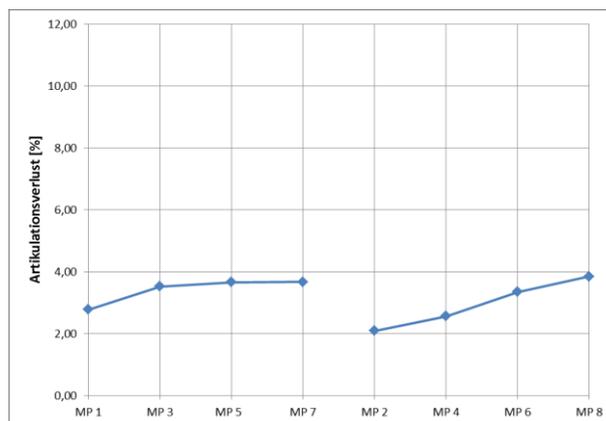


Abb. 5.7: räumliche Unterschiede des  $AI_{\text{cons}}$  im sanierten Raum

Im Mittel beträgt der STI 0.76 und ist somit *sehr gut* (siehe Tabelle 5.1). Der Artikulationsverlust hat einen durchschnittlichen Wert von 3.18 % und ist daher *gut* (siehe Tabelle 5.1). Abb. 5.6 und Abb. 5.7 ist zu entnehmen, dass auch im sanierten Raum die Sprachverständlichkeit nach hinten leicht abnimmt, da der STI kleiner und der  $AI_{\text{cons}}$  größer wird. Interessanterweise sind im Gegensatz zum nicht sanierten Raum Unterschiede zwischen den Sitzreihen an der Fensterseite und an der Türseite erkennbar. An den Messpositionen in den ersten beiden Reihen der Fensterseite liefert die Messung schlechtere Ergebnisse als an den Positionen der Türseite. Das liegt an den recht großen Vertiefungen, in denen die Fenster eingebaut sind (vgl. Abb. 4.3). Denn diese behindern die Ausbreitung der seitlichen Schallreflexionen. Aber da die Unterschiede beim Artikulationsverlust kleiner als 1 Prozentpunkt sind und beim STI maximal 0.05 betragen, hat das keine relevanten Auswirkungen auf die Sprachverständlichkeit.

## 5.4 Grundgeräuschpegel und Nebengeräusche in den leeren Räumen

Am Morgen jedes Aufnahmetages wurde der Grundgeräuschpegel der leeren Räume gemessen. Dafür wurde ein Schallpegelmesser etwa in der Mitte des Raums platziert, der den  $L_{(A)eq}$  über zwei Minuten berechnet hat. Folgende Grundgeräuschpegel wurden im nicht sanierten und leeren Raum gemessen:

---

-	17.11.2014	06 <sup>55</sup> Uhr bis 06 <sup>57</sup> Uhr:	35.4 dB(A)
-	18.11.2014	06 <sup>54</sup> Uhr bis 06 <sup>56</sup> Uhr:	46.8 dB(A)
-	19.11.2014	06 <sup>07</sup> Uhr bis 06 <sup>09</sup> Uhr:	51.1 dB(A)
-	20.11.2014	07 <sup>58</sup> Uhr bis 08 <sup>00</sup> Uhr:	38.5 dB(A)
-	21.11.2014	06 <sup>34</sup> Uhr bis 06 <sup>36</sup> Uhr:	34.0 dB(A)

Hierbei wird deutlich, dass der Grundgeräuschpegel des leeren Klassenraums sehr stark schwankt. Der Mittelwert der Messwerte liegt bei 44 dB(A). Die Schwankungen liegen in erster Linie daran, dass das Klassenzimmer an einer Hauptverkehrsstraße liegt. Der Verkehrslärm hat daher den größten Einfluss auf den Grundgeräuschpegel im Klassenzimmer.

Weitere potenzielle Lärmquellen außerhalb des nicht sanierten Klassenzimmers, die den Grundgeräuschpegel des leeren Raums beeinflussen konnten aber bei den oberen Messwerten keine Rolle spielten, waren Geräusche vom Gang. Innerhalb des Klassenzimmers befanden sich zudem eine analoge Uhr und ein Overheadprojektor. Außerdem knarzte der Boden relativ laut, wenn man darüber ging und die Tür bewegte sich bei Luftzügen. Ruft man sich in Erinnerung, dass der Störschalldruckpegel bauseitiger Geräusche, der in Kapitel 2.1 eingeführt wurde, maximal 30 dB(A) betragen darf, ist ersichtlich, dass der Grundgeräuschpegel von durchschnittlich 44 dB(A) für ein Klassenzimmer viel zu hoch ist, wofür der Verkehrslärm maßgeblich verantwortlich ist. Da der Verkehrslärm den Grundgeräuschpegel des leeren Raums wesentlich beeinflusste, wird vermutet, dass das Schalldämmmaß der Fenster nicht hoch genug ist.

Mit demselben Verfahren wie oben beschrieben wurden im sanierten Klassenzimmer folgende Grundgeräuschpegel gemessen:

-	22.11.2014	18 <sup>00</sup> Uhr bis 18 <sup>02</sup> Uhr:	34.7 dB(A) (an diesem Abend wurde das Messequipment im sanierten Raum aufgebaut)
-	24.11.2014	07 <sup>03</sup> Uhr bis 07 <sup>05</sup> Uhr:	28.5 dB(A)
-	25.11.2014	06 <sup>52</sup> Uhr bis 06 <sup>54</sup> Uhr:	33.4 dB(A)
-	26.11.2014	06 <sup>53</sup> Uhr bis 06 <sup>55</sup> Uhr:	28.2 dB(A)
-	28.11.2014	06 <sup>54</sup> Uhr bis 06 <sup>56</sup> Uhr:	33.8 dB(A)

Der Mittelwert der gemessenen Werte beträgt 32 dB(A). Dieser Mittelwert übersteigt den erlaubten Störschalldruckpegel um lediglich 2 dB(A). Allerdings liegen die einzeln gemessenen Werte auch zweimal unter den erlaubten 30 dB(A). Der akustische Vorteil dieses Raumes besteht in der Ausrichtung der Fenster zu der von der Straße abgewandten Seite, sodass im Gegensatz zum nicht sanierten Raum fast keine Verkehrsgereusche den Grundgeräuschpegel beeinflussen.

Neben vereinzelt Verkehrsgereuschen war lediglich der Lärm von einzelnen Personen auf dem Schulhof eine potenzielle Lärmquelle außerhalb des Schulgebäudes. Innerhalb des Schulgebäudes wirkte der Lärm vom Gang auf den Grundgeräuschpegel ein und innerhalb des Raums waren wiederum eine analoge Uhr, knarzender Parkettfußboden und der Overheadprojektor mögliche Lärmquellen. Die oberen Messergebnisse wurden aber auch hier nicht von den potenziellen Lärmquellen beeinflusst, die sich innerhalb des Schulgebäudes befanden, sondern nur von denen, die außerhalb des Schulgebäudes waren.

## 5.5 Vergleich von Nachhallzeit und Sprachverständlichkeit der beiden Räume

Die folgenden Abbildungen vergleichen die Messergebnisse des nicht sanierten Klassenzimmers mit denen des sanierten Klassenzimmers. Die folgenden Vergleiche wurden mit der Excel-Anwendung *IntKlaSim* angefertigt, welche am Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation der TU Graz entwickelt wurde. Genauere Informationen zu dieser Anwendung sind in den Arbeiten von Reithner<sup>31</sup>, Flohrschütz<sup>32</sup> und Ludwig<sup>33</sup> zu finden.

nicht sanierter Raum - Nachhallzeit im leeren Zustand							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert
T30 [s]	1,60	1,70	1,70	1,70	1,60	1,30	1,60

nicht sanierter Raum - Nachhallzeit im besetzten Zustand							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert
T30 [s]	1,24	1,24	1,15	1,06	0,96	0,87	1,09

sanierter Raum - Nachhallzeit im leeren Zustand							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert
T30 [s]	1,20	0,80	0,60	0,60	0,60	0,70	0,75

sanierter Raum - Nachhallzeit im besetzten Zustand							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert
T30 [s]	1,01	0,66	0,54	0,53	0,52	0,54	0,63

Obere Grenze für Tsoll nach DIN 18041							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert
T30 [s]	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72

Untere Grenze für Tsoll nach DIN 18041							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert
T30 [s]	0,40	0,48	0,48	0,48	0,48	0,40	0,45

Tsoll feA nach DIN 18041							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert
T30 [s]		0,48	0,48	0,48	0,48		0,48

Tabelle 5.2: Vergleich der Nachhallzeitmessung im nicht sanierten und im sanierten Raum

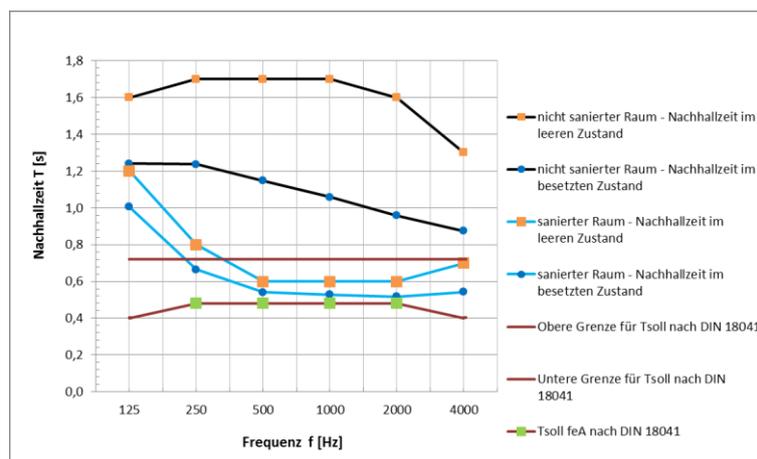


Abb. 5.8: Vergleich der Nachhallzeitmessung im nicht sanierten und im sanierten Raum

<sup>31</sup> Vgl. [REITHNER, S. 84ff.]

<sup>32</sup> Vgl. [FLOHRSCHÜTZ, S. 8.]

<sup>33</sup> Vgl. [LUDWIG, S. 13ff.]

In Tabelle 5.2 und Abb. 5.8 werden die Ergebnisse der Nachhallzeitmessungen im nicht sanierten und sanierten Raum im leeren Zustand sowie die simulierten Ergebnisse für einen Besetzungszustand mit 21 SchülerInnen miteinander verglichen. Bei der Schülerzahl wurden 21 Personen gewählt, da dies die durchschnittliche Anzahl war, die sich während den Messungen im Raum befand. In Abb. 5.8 ist erkennbar, dass die Nachhallzeit des nicht sanierten Raums im besetzten Zustand, welches der eigentliche Besetzungszustand ist, deutlich niedriger als im leeren Zustand ist, weil die SchülerInnen als zusätzliche äquivalente Absorptionsfläche dienen. Allerdings ist die Nachhallzeit mit durchschnittlich 1.09 Sekunden immer noch zu hoch und kann die laut Norm geforderte Sollnachhallzeit von 0.60 Sekunden nicht einhalten. Die Messung im nicht sanierten und leeren Raum ergab eine mittlere Nachhallzeit von 1.60 Sekunden.

Die Nachhallzeitkurve des sanierten Raums liegt im leeren Zustand von 500 Hz bis 4 kHz innerhalb des Toleranzbands. Der Mittelwert beträgt 0.75 Sekunden. Die simulierte Kurve des sanierten Raums im besetzten Zustand befindet sich von 250 Hz bis 4 kHz innerhalb des Toleranzbands. Nur der Wert des 125 Hz-Oktavbands verfehlt die Vorgaben. Die Nachhallzeit für erhöhte Anforderungen kann nicht erreicht werden. Mit einem Mittelwert von 0.63 Sekunden liegt die Nachhallzeit des besetzten Raums im Bereich der Sollnachhallzeit von 0.61 Sekunden.

Im Folgenden wird die Sprachverständlichkeit der beiden Räume sowohl im leeren als auch im simulierten besetzten Zustand miteinander verglichen und der Einfluss des Grundgeräuschpegels gezeigt.

STI			Skala		
leer	besetzt		von	bis	Bewertung
nicht saniert					
ohne $L_N$	ohne $L_N$	mit $L_N$			
0,52	0,66	0,29			
saniert					
0,76	0,80	0,41			
			0,75	1	Sehr gut
			0,6	0,75	Gut
			0,45	0,6	Angemessen
			0,3	0,45	Schwach
			0	0,3	Schlecht

Abb. 5.9: Vergleich des STI im nicht sanierten und im sanierten Raum

In Abb. 5.9 ist der STI zunächst im leeren Raum und anschließend im besetzten Raum mit und ohne Einfluss des Grundgeräuschpegels zu sehen. Der STI beträgt im nicht sanierten und leeren Raum im Schnitt 0.52, im besetzten Zustand dagegen 0.66. Das bedeutet eine Verbesserung des STI um eine Stufe von *angemessen* auf *gut*. Im leeren und sanierten Raum beträgt der STI 0.76 und im besetzten Zustand ohne Grundgeräuschpegel 0.80. Beide Werte sind *sehr gut*. Vergleicht man die jeweiligen Ergebnisse vom nicht sanierten und sanierten Raum miteinander, ist zu sehen, dass der Unterschied im leeren Raum mit einer Differenz von 0.24 deutlich höher ist als im besetzten Zustand mit einer Differenz von 0.14. Allerdings hat der Grundgeräuschpegel einen wichtigen Einfluss auf die Sprachverständlichkeit. Bis jetzt ist er in keinem dieser Vergleiche berücksichtigt worden. Beim Vergleich im leeren Raum werden lediglich die Messergebnisse der Nachhallzeitmessung miteinander verglichen. Beim Vergleich des STI im besetzten Raum wird nur die zusätzliche äquivalente Absorptionsfläche be-

rücksichtigt, die die SchülerInnen erzeugen. Die angenommene äquivalente Absorptionsfläche eines Schülers ist in Tabelle 5.3 enthalten.

Äquivalente Absorptionsfläche eines Schülers						
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
A [m <sup>2</sup> ]	0,32	0,41	0,55	0,68	0,78	0,78

Tabelle 5.3: äquivalente Absorptionsfläche eines Schülers

Werden nun beim simulierten besetzten Zustand, was der eigentliche Betriebszustand eines Klassenzimmers ist, der Grundgeräuschpegel des leeren Raums und der zusätzliche Lärm der SchülerInnen miteinbezogen, fallen die Ergebnisse deutlich schlechter aus. Im nicht sanierten Raum beträgt der STI dann nur noch 0.29 und im sanierten Raum erreicht der STI immerhin noch den Wert 0.41. Im sanierten Raum ist der STI zwar um 0.12 besser als im nicht sanierten Raum, allerdings sind beide Ergebnisse *schwach*.

Im nicht sanierten Klassenzimmer wurde als Grundgeräuschpegel der Mittelwert der im leeren Raum gemessenen Grundgeräuschpegel (44 dB(A), siehe Kapitel 5.4) verwendet, dem pro zusätzlicher Schülerin oder zusätzlichem Schüler 1 dB(A)<sup>34</sup> hinzuaddiert wurde. Im Schnitt waren im Klassenraum ständig 21 SchülerInnen anwesend. Dadurch ergibt sich für den nicht sanierten Raum ein simulierter Lärmpegel von 65 dB(A), der die Sprachverständlichkeit enorm verschlechtert. Auf dieselbe Art wurde auch der Grundgeräuschpegel des sanierten Raums in die Simulation miteinbezogen, wobei der Mittelwert der gemessenen Grundgeräuschpegel im sanierten Raum 32 dB(A) betrug (Siehe Kapitel 5.4) und ebenfalls durchschnittlich 21 SchülerInnen anwesend waren. Somit beträgt der simulierte Lärmpegel im sanierten Klassenraum 53 dB(A).

Auch beim Artikulationsverlust verschlechtern sich die Werte sehr stark, wenn der simulierte Grundgeräuschpegel des besetzten Raumes miteinbezogen wird.

%Alcons			Skala		
leer	besetzt		von	bis	Bewertung
nicht saniert					
ohne L <sub>N</sub>	ohne L <sub>N</sub>	mit L <sub>N</sub>			
10,10%	4,84%	35,09%			
saniert					
3,18%	2,24%	18,73%			
			20,1%	100,0%	Unbrauchbar
			7,1%	20,0%	Befriedigend
			2,1%	7,0%	Gut
			0,0%	2,0%	Ideal

Abb. 5.10: Vergleich des Al<sub>cons</sub> im nicht sanierten und im sanierten Raum

Der Al<sub>cons</sub> beträgt im nicht sanierten und leeren Raum 10.10 %. Im nicht sanierten und besetzten Raum ohne Lärmpegel verbessert sich der Al<sub>cons</sub> auf 4.84 %, was einer Verbesserung um eine Stufe von *befriedigend* auf *gut* entspricht. Im sanierten und leeren Raum beträgt der Artikulationsverlust 3.18 % und im besetzten Zustand 2.24 %. Beide Werte sind *gut*. Vergleicht man auch hier die jeweiligen Zustände im nicht sanierten und sanierten Raum miteinander,

<sup>34</sup> Vgl. [MÜLLER, S. 22.]

ergibt sich im leeren Zustand eine Differenz von 6.92 Prozentpunkten und im besetzten Zustand ohne Grundgeräuschpegel eine Differenz von 2.60 Prozentpunkten. Wird der Lärmpegel mitberücksichtigt, beträgt der  $AI_{\text{cons}}$  im nicht sanierten und besetzten Raum 35.09 %, was einen *unbrauchbaren*  $AI_{\text{cons}}$  darstellt. Im sanierten und besetzten Raum beträgt der  $AI_{\text{cons}}$  18.73 %, was ein *befriedigender* Wert ist und eine Verbesserung von etwa 16 Prozentpunkten gegenüber dem nicht sanierten Raum bedeutet.

Hierbei ist nun deutlich geworden, dass eine kürzere Nachhallzeit die Sprachverständlichkeit deutlich verbessert. Allerdings darf der Einfluss des Grundgeräuschpegels und die Anzahl der SchülerInnen nie außer Acht gelassen werden, da diese beiden Faktoren die Sprachverständlichkeit enorm beeinflussen.

Dieses Kapitel analysierte die raumakustischen Zustände, in denen sich die beiden Klassenräume zum Zeitpunkt der Messungen befunden haben. Dabei ist deutlich geworden, dass die Nachhallzeit im sanierten Klassenzimmer im leeren Zustand mit 1.60 Sekunden halb so lang ist wie die Nachhallzeit im nicht sanierten Klassenzimmer (0.75 Sekunden). Im besetzten Zustand ist die Nachhallzeit des sanierten Raums mit 0.63 Sekunden um 0.46 Sekunden kürzer als im nicht sanierten Raum, in dem die Nachhallzeit im besetzten Zustand bei 1.09 Sekunden liegt. Außerdem sind sowohl STI als auch Artikulationsverlust im sanierten Klassenzimmer unabhängig vom Besetzungszustand in der Regel um eine Stufe besser als im nicht sanierten Klassenzimmer. Das folgende Kapitel präsentiert nun die ersten Analyseergebnisse und vergleicht die Lärmsituation der Tage miteinander, an denen derselbe Stundenplan einmal im nicht sanierten Raum und einmal im sanierten Raum unterrichtet wurde.

## 6 Vergleich der Schallpegelsituation der korrespondierenden Tage

Dieses Kapitel liefert einen allgemeinen Vergleich der Schallpegelsituation zwischen den korrespondierenden Messtagen im nicht sanierten und sanierten Raum. Die Ergebnisse des ersten Tages werden also mit den Ergebnissen des sechsten Tages verglichen, die des zweiten Tages mit denen des siebten Tages, etc. Der Stundenplan des jeweiligen Tages kann Abb. 4.1 entnommen werden. Die Ergebnisse wurden generiert, indem für jede einzelne Stunde eine Pegelstatistik pro Messposition berechnet wurde. Die Pegel, die für jeweils eine Stunde angegeben sind, stellen den Mittelwert der Schalldruckpegel dar, die an den Messplätzen 1 bis 8 gemessen wurden. Im Rahmen dieses Kapitels wird der Verlauf des Spitzenpegels ( $L_{(A)0.1}$ ), des Arbeitsgeräuschpegels ( $L_{(A)eq}$ ), des Stimm-aufwands ( $L_{(A)33.3}$ ), des Grundgeräuschpegels des besetzten Raums ( $L_{(A)95.0}$ ) und des SNR ( $L_{(A)33.3} - L_{(A)95.0}$ ) näher besprochen. Zunächst werden die zusammengehörigen Tage getrennt voneinander besprochen und anschließend miteinander verglichen. Als Zusammenfassung beinhaltet Kapitel 6.5 einen allgemeinen Vergleich der Lärmsituation im nicht sanierten und im sanierten Klassenzimmer. Hierfür wurden die Messergebnisse der gleichen Stunden im nicht sanierten Raum und die Messergebnisse der gleichen Stunden im sanierten Raum gemittelt. Beispielsweise werden in diesem Kapitel also die Arbeitsgeräuschpegel, die an Tag  $1_{ns}$ ,  $2_{ns}$ ,  $3_{ns}$  und  $5_{ns}$  in der ersten Stunde im nicht sanierten Klassenraum gemessen wurden, zu einem Mittelwert zusammengefasst.

### 6.1 Die Schallpegelsituation an Tag $1_{ns}$ und Tag $6_s$

#### 6.1.1 Die Analyseergebnisse von Tag $1_{ns}$

Perzentilenwert	Mittelwert 1 - 6	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5	Stunde 6
$L_{(A)eq}$ [dB]	71,5	67,3	70,1	73,1	69,7	73,5	73,5
$L_{(A)0.1}$ [dB]	86,2	79,7	83,9	89,4	83,5	87,7	89,1
$L_{(A)33.3}$ [dB]	69,9	66,4	68,9	70,6	68,3	71,7	72,1
$L_{(A)95.0}$ [dB]	53,2	49,5	54,5	52,0	52,6	54,4	55,2
$L_{(A)33.3} - L_{(A)95.0}$ [dB]	16,7	16,9	14,4	18,6	15,7	17,3	16,9
Jahrgangsstufe		OSt	USt	USt	USt	OSt	USt
#Schüler	24	16	27	23	27	28	20

Tabelle 6.1: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag  $1_{ns}$

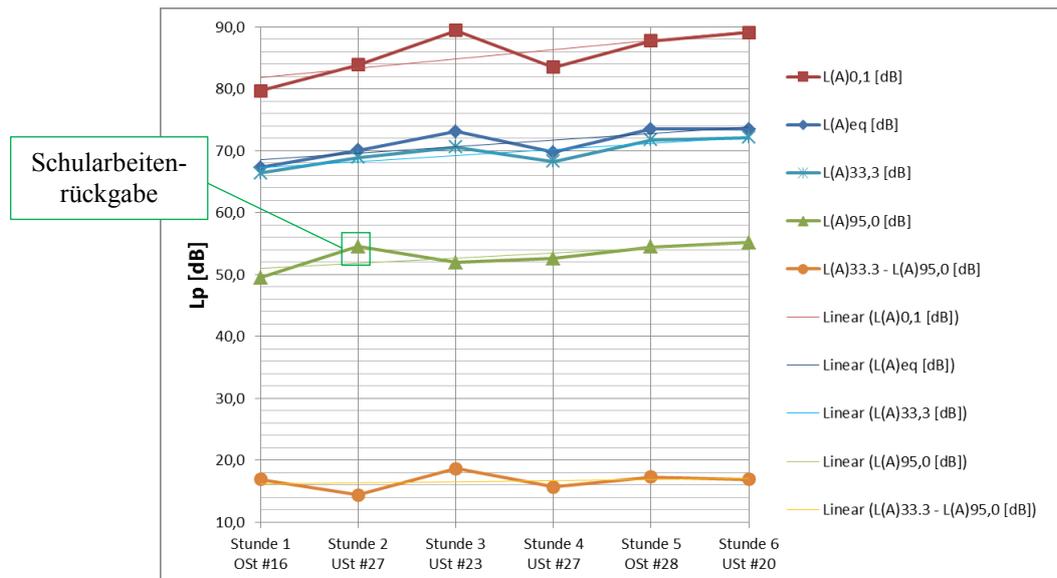


Abb. 6.1: Verlauf von  $L_{(A)0,1}$ ,  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR während Tag 1<sub>ns</sub>

In Abb. 6.1 ist zu sehen, dass alle Pegel mit Ausnahme des SNR über den gesamten Vormittag klar ansteigen. Da an diesem Tag dieselbe Lehrkraft den gesamten Vormittag in dem nicht sanierten Raum unterrichtete, ist hier der Verlauf des Stimmaufwands besonders interessant. Dieser steigt von 66.4 dB(A) in der ersten Stunde auf 72.1 dB(A) in der sechsten Stunde an. Der Stimmaufwand lässt sich anhand einer Tabelle, die in Kapitel 18 gefunden werden kann, klassifizieren. 54 dB(A) stellen dabei einen *entspannten* Stimmaufwand dar. Mit 6 dB(A)-Schritten nimmt der Stimmaufwand bei dieser Klassifizierung um jeweils eine Stufe zu. Das Maximum stellen 78 dB(A) dar, was einem *sehr lauten* Stimmaufwand entspricht. Eine Stimmaufwandszunahme von 66.4 dB(A) zu 72.1 dB(A) entspricht laut dieser Einteilung einer Steigerung von einer Stufe, nämlich von *erhoben* zu *laut*. Allgemein nimmt der Stimmaufwand um 6 dB(A) zu, was einem durchschnittlichen Anstieg von 1 dB(A) pro Stunde entspricht. Lediglich von der dritten zur vierten Stunde ist ein Abfall von 2.3 dB(A) erkennbar. Dies liegt an der Tatsache, dass zwischen diesen beiden Stunden die große Pause lag, in der die Lehrkraft Gelegenheit hatte, sich kurz zu erholen. Dass die Lehrkraft nach der Pause leiser redet, obwohl sich der Grundgeräuschpegel im Vergleich zur vorangegangenen Stunde erhöht und vier SchülerInnen mehr anwesend sind, spricht ebenfalls für diese These. Da der Stimmaufwand während des restlichen Vormittags stets anwächst, ist es der Lehrkraft offensichtlich überhaupt nicht bzw. nicht ausreichend möglich, sich ebenfalls in den fünfminütigen Unterbrechungen zwischen den restlichen Stunden, in denen die SchülerInnen die Klassenräume wechseln, kurzzeitig auszuruhen.

Arbeitsgeräuschpegel und Spitzenpegel nehmen, wie der Stimmaufwand, den ganzen Vormittag über zu. Nur nach der großen Pause ist ein Rückgang zu sehen. Der Arbeitsgeräuschpegel steigt über den gesamten Vormittag von 67.3 auf 73.5 dB(A) an. Der Spitzenpegel dagegen, der durch zufällig auftretende, laute Ereignisse, wie beispielsweise Husten oder herabfallende Sachen beeinflusst wird, steigt von 79.7 dB(A) in Stunde 1 auf 89.1 dB(A) in Stunde 6 deutlich stärker an und hat in Stunde 3 mit 89.4 dB(A) den größten Wert. Der Grundgeräuschpegel wächst ebenfalls mit einer Ausnahme von der zweiten zur dritten Stunde über den gesamten Vormittag an. Der laute Grundgeräuschpegel in der zweiten Stunde kann aber dadurch erklärt werden, dass die SchülerInnen während dieser Stunde sehr unruhig waren, da am Ende der Stunde eine Schularbeit zurückgegeben wurde. Generell steigt der Grundgeräuschpegel über den gesamten Vormittag von 49.5 dB(A) auf 55.2 dB(A) an. Beim SNR ist eine gegen-

läufige Bewegung zum Grundgeräuschpegel zu erkennen. Wenn also der Grundgeräuschpegel zunimmt, wird der SNR schlechter. Im Schnitt beträgt er während des ersten Tages 16.7 dB(A). Da der SNR an jedem Sitzplatz mindestens 15 dB(A) betragen soll, um eine optimale Sprachverständlichkeit zu gewährleisten, stellen 16.7 dB(A) SNR einen durchaus guten Wert dar (siehe Kapitel 2.4). Die Lehrkraft ist also während des gesamten Vormittags dazu in der Lage, den Grundgeräuschpegel stimmlich zu übertönen, wenngleich dies einem hohen Stimmaufwand geschuldet wird.

### 6.1.2 Die Analyseergebnisse von Tag 6<sub>s</sub>

Perzentilenwert	Mittelwert 1 - 6	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5	Stunde 6
L(A)eq [dB]	65,9	61,6	66,3	65,5	67,1	67,6	66,1
L(A)0,1 [dB]	82,6	76,7	85,7	82,0	83,9	82,9	82,0
L(A)33,3 [dB]	63,0	59,3	62,7	62,5	64,1	65,0	63,6
L(A)95,0 [dB]	46,0	42,1	45,0	45,3	44,8	50,2	46,6
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	17,3	17,2	17,7	17,2	19,2	14,8	17,0
Jahrgangsstufe		OST	USt	USt	USt	OST	USt
#Schüler	24	19	27	24	26	28	22

Tabelle 6.2: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 6<sub>s</sub>

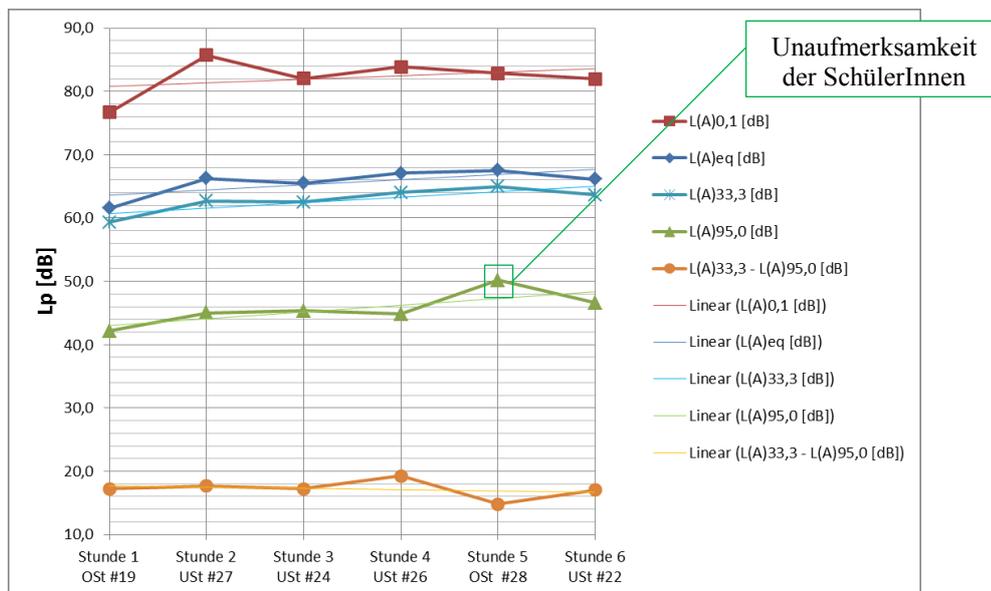


Abb. 6.2: Verlauf von  $L_{(A)0,1}$ ,  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR während Tag 6<sub>s</sub>

Auch am sechsten Tag steigen alle Pegel mit Ausnahme des SNR im Verlauf des Vormittags an. An diesem Tag unterrichtete wieder dieselbe Lehrkraft, die schon an Tag 1<sub>ns</sub> unterrichtete, den gesamten Vormittag in diesem Raum, um einen validen Vergleich des Stimmaufwands gewährleisten zu können. Der Stimmaufwand steigt dabei von 59.3 dB(A) in Stunde 1 auf 63.6 dB(A) in Stunde 6. Wirft man einen Blick in die Stimmaufwandstabelle in Kapitel 18, bewegen sich die Werte an diesem Tag im *entspannten* und *normalen* Bereich. An diesem Tag ist keine Abnahme des Stimmaufwands nach der großen Pause zwischen dritter und vierter Stunde erkennbar. Der Stimmaufwand ist allerdings während des gesamten Vormittags nicht besonders hoch und es kommt von Stunde 2 zu Stunde 3 sowie von Stunde 5 zu Stunde 6 zu Rückgängen beim Stimmaufwand. Dies spricht dafür, dass sich die Lehrkraft im Gegensatz zum ersten Tag auch zwischen den Stunden während der fünfminütigen Pause kurz erholen kann bzw. dass sich die Lehrkraft überhaupt nicht erholen muss, da sie ohnehin nicht allzu laut spricht. Der Verlauf des Arbeitsgeräuschpegels entspricht dem des Stimmaufwands,

allerdings ist der Arbeitsgeräuschpegel in etwa um 3 dB(A) lauter. Dieser steigt während des gesamten Vormittags von 61.6 dB(A) in Stunde 1 auf 66.1 dB(A) in Stunde 6 an. Der Spitzenpegel folgt von Stunde 1 bis 4 dem Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)33,3}$  und nimmt schließlich von Stunde 4 bis Stunde 6 wieder ab. Ein derartiger Verlauf ist jedoch nicht verwunderlich, da der Spitzenpegel, wie in Kapitel 6.1.1. beschrieben, durch zufällige, laute Schallereignisse beeinflusst wird. Solche Vorfälle ereignen sich von Stunde zu Stunde unregelmäßig oft, wodurch der Spitzenpegel über mehrere Stunden hinweg abnehmen kann. Der Grundgeräuschpegel nimmt von Stunde 1 bis 3 zu, fällt von Stunde 3 zu Stunde 4 leicht ab, nimmt danach von Stunde 4 zu Stunde 5 wieder zu und wird schließlich von Stunde 5 zu Stunde 6 wieder leiser. Allgemein steigert er sich während des Vormittags von 42.1 dB(A) in der ersten Stunde zu 46.6 dB(A) in Stunde 6. Der höchste Wert an diesem Vormittag wurde allerdings mit 50.2 dB(A) in Stunde 5 gemessen. In dieser Stunde war die anwesende Klasse nämlich unaufmerksam und die Lehrkraft musste die SchülerInnen mehrmals ermahnen, dem Unterricht zu folgen. An diesem Vormittag ist der Lombard Effekt deutlich zu erkennen, da die Lehrkraft ihren Stimmumfang stets an den Grundgeräuschpegel anpasst. Nimmt der Grundgeräuschpegel zu, steigt auch die Sprechlautstärke an. Analog nimmt die Sprechlautstärke ab, wenn von Stunde 5 zu Stunde 6 der Grundgeräuschpegel abfällt. Von Stunde 1 bis 3 nimmt der Stimmumfang sogar in etwa um dieselben Werte zu, um die der Grundgeräuschpegel ansteigt. Diese Beobachtung bestätigt Müllers Rechercheergebnis<sup>35</sup>, das besagt, dass der Stimmumfang pro 1 dB(A) Grundgeräuschpegelanstieg um 1 dB(A) bzw. um 0.72 dB(A) zunimmt. Durch die Anpassung des Stimmumfangs an den Grundgeräuschpegel bleibt der SNR von Stunde 1 bis Stunde 3 in etwa gleich. Der durchschnittliche Wert an diesem Vormittag liegt bei 17.3 dB(A).

### 6.1.3 Vergleich von Tag 1<sub>ns</sub> und Tag 6<sub>s</sub>

Nun werden die entsprechenden Schalldruckpegelverläufe der beiden Tage miteinander verglichen.

$L_{(A)0,1}$ :

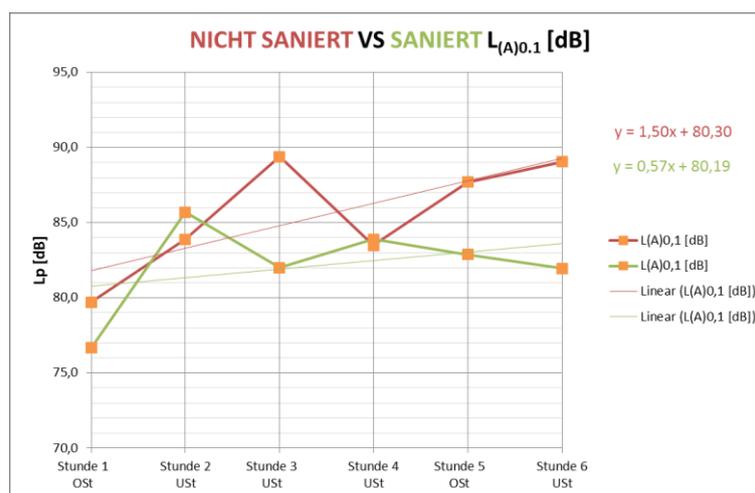


Abb. 6.3: Vergleich des  $L_{(A)0,1}$  von Tag 1<sub>ns</sub> mit dem von Tag 6<sub>s</sub>

<sup>35</sup> Vgl. [MÜLLER, S. 117f.]

Anhand Abb. 6.3 wird deutlich, dass der Spitzenpegel an Tag 6<sub>s</sub> mit durchschnittlich 82.6 dB(A) unter dem von Tag 1<sub>ns</sub> liegt (86.2 dB(A)) (vgl. Tabelle 6.1 und Tabelle 6.2). Im Schnitt ist der Spitzenpegel an Tag 1<sub>ns</sub> um 3.6 dB(A) leiser als an Tag 6<sub>s</sub>. Eine einzelne Ausnahme ist in Stunde 2 zu sehen, in welcher der Spitzenpegel an Tag 6<sub>s</sub> lauter ist als an Tag 1<sub>ns</sub>. Im sanierten Raum nimmt dieser deutlich weniger über den gesamten Vormittag zu. Wird der stündliche Anstieg mit den Trendlinien beurteilt, steigt der Spitzenpegel im nicht sanierten Raum mit 1.5 dB(A) pro Stunde an. Die Trendlinie des sanierten Raums dagegen hat eine deutlich geringere Geradensteigung von gerade einmal 0.6 dB(A) pro Stunde. Bei der Kurve des ersten Tages ist zudem ein deutlicher Pegelabfall nach der großen Pause zu erkennen.

$L_{(A)eq}$ :

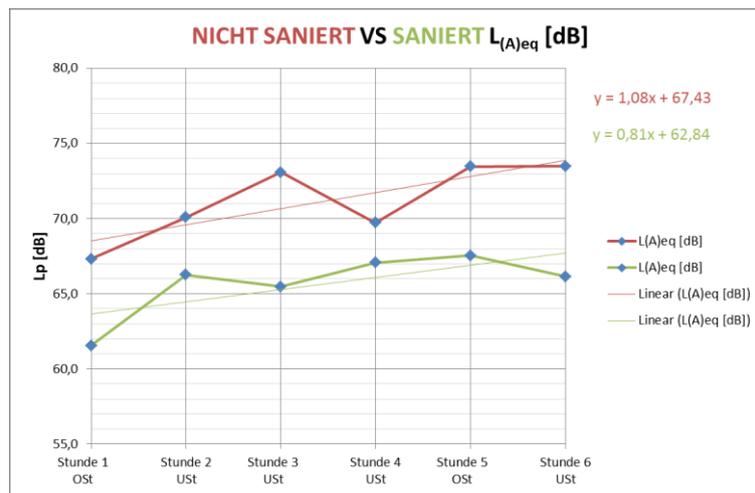


Abb. 6.4: Vergleich des  $L_{(A)eq}$  von Tag 1<sub>ns</sub> mit dem von Tag 6<sub>s</sub>

Im Schnitt ist der Arbeitsgeräuschpegel am ersten Tag mit 71.5 dB(A) um 5.6 dB(A) lauter als am sechsten Tag, an dem er 65.9 dB(A) beträgt. An beiden Tagen ist in Abb. 6.4 ein Anstieg des Arbeitsgeräuschpegels über den gesamten Vormittag zu sehen. Dieser ist mit durchschnittlich 0.8 dB(A) pro Stunde am sechsten Tag niedriger als am ersten Tag, an dem der Arbeitsgeräuschpegel mit ca. 1.1 dB(A) pro Stunde ansteigt. Die Kurve des sechsten Tages liegt dabei immer deutlich unter der des ersten Tages. Erneut ist an Tag 1<sub>ns</sub> ein deutlicher Rückgang nach der großen Pause zu sehen. Dies ist an Tag 6<sub>s</sub> nicht der Fall, allerdings fällt der Arbeitsgeräuschpegel von Stunde 2 zu Stunde 3 und von Stunde 5 zu Stunde 6 ab.

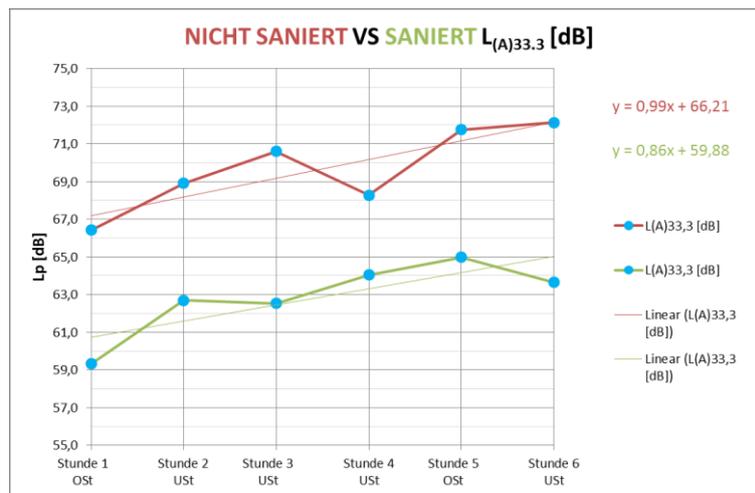
$L_{(A)33,3}$ :

Abb. 6.5: Vergleich des  $L_{(A)33,3}$  von Tag 1<sub>ns</sub> mit dem von Tag 6<sub>s</sub>

Beim Stimmaufwand fällt sofort auf, dass dieser am sechsten Tag deutlich geringer ist. Im Schnitt spricht die Lehrkraft 6.9 dB(A) leiser (63.0 dB(A) anstatt 69.9 dB(A)), was einer Reduktion einer ganzen Stimmaufwandsstufe von *erhoben* zu *normal* entspricht. Wird eine energetische Betrachtung des Stimmaufwands angeführt, bei der eine Zunahme von 6 dB(A) eine Vervierfachung der Schallenergie bedeutet, wird hier deutlich, dass die Lehrkraft an Tag 6<sub>s</sub> mit einem Stimmaufwand redet, dessen Energie um den Faktor 4 geringer ist als bei dem Stimmaufwand, mit dem sie an Tag 1<sub>ns</sub> spricht. Der Anstieg über den gesamten Vormittag ist an Tag 1<sub>ns</sub> nur leicht höher als am sechsten Tag, denn die Trendlinien in Abb. 6.5 prognostizieren am ersten Tag einen Anstieg von 1 dB(A) pro Stunde und am sechsten Tag von ca. 0.9 dB(A) pro Stunde. An Tag 1<sub>ns</sub> ist auffällig, dass der Stimmaufwand nach der großen Pause abfällt. Während der Pause hatte die Lehrkraft offensichtlich Gelegenheit dazu, sich zu erholen und sprach daher in der nächsten Stunde wieder leiser, obwohl sowohl der Grundgeräuschpegel um 0.6 dB(A) als auch die Schülerzahl um 4 Personen anstieg (vgl. Tabelle 6.1). Dieser Rückgang blieb im sanierten Raum aus. Allerdings sind hier von Stunde 2 zu Stunde 3 und von Stunde 5 zu Stunde 6 Rückgänge des Stimmaufwands zu sehen. Dies spricht dafür, dass sich die Lehrkraft während den fünfminütigen Pausen zwischen den restlichen Stunden kurz erholen kann, da sie generell fast 7 dB(A) leiser spricht als im nicht sanierten Raum, somit nicht derartig erschöpft ist wie nach dem Unterricht im nicht sanierten Raum und sich daher in der großen Pause am sechsten Tag nicht nennenswert erholen muss. Deshalb kann im sanierten Raum mehr als eine Stimmaufwandsstufe leiser gesprochen werden.

Eine detaillierte Stimmaufwandsauswertung, die die Messergebnisse dieser beiden Tage heranzieht, folgt in Kapitel 7.2. Die Erläuterung der Abhängigkeit des Stimmaufwands von dem Grundgeräuschpegel erfolgte bereits in den Kapiteln 6.1.1 und 6.1.2.

$L_{(A)95,0}$ :

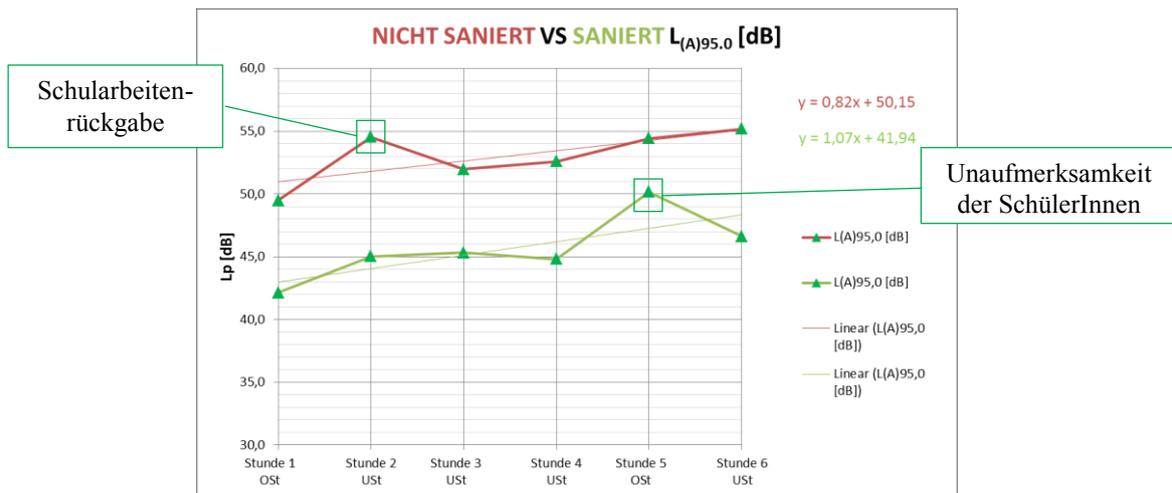


Abb. 6.6: Vergleich des  $L_{(A)95,0}$  von Tag 1<sub>ns</sub> mit dem von Tag 6<sub>s</sub>

Abb. 6.6 zeigt, dass der Grundgeräuschpegel am ersten Tag im nicht sanierten Raum mit 53.2 dB(A) deutlich lauter ist als am sechsten Tag im sanierten Raum mit 46.0 dB(A); im Schnitt um 7.2 dB(A). Betrachtet man den Verlauf über den gesamten Vormittag, ist erkennbar, dass der Grundgeräuschpegel am ersten Tag mit einer Ausnahme von der zweiten zur dritten Stunde deutlich ansteigt. Der hohe Wert in der zweiten Stunde des ersten Tages ist dadurch erklärbar, dass die Klasse, die in dieser Stunde in dem Raum war, besonders unruhig und ungeduldig war, da sie am Ende der Stunde eine Schularbeit zurückbekommen sollte. Während des gesamten Vormittags steigt der Grundgeräuschpegel 0.8 dB(A) pro Stunde an. Auch am sechsten Tag steigt der Grundgeräuschpegel über den gesamten Vormittag an. Allerdings ist dieser generell um 7.2 dB(A) leiser. Mit durchschnittlich 1.1 dB(A) pro Stunde ist die Geradensteigung zwar höher als an Tag 1<sub>ns</sub>, allerdings lässt sich das durch den hohen Wert in Stunde 5 an Tag 6<sub>s</sub> erklären. In dieser Stunde waren die SchülerInnen sehr unaufmerksam und nur schwer dazu zu motivieren, dem Unterricht zu folgen.

SNR:

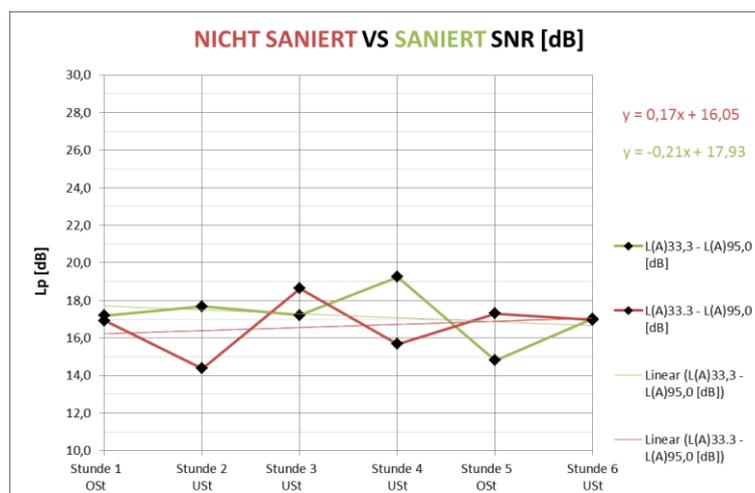


Abb. 6.7: Vergleich des SNR von Tag 1<sub>ns</sub> mit dem von Tag 6<sub>s</sub>

Beim Blick auf den SNR in Abb. 6.7 fällt auf, dass kein allzu großer Unterschied zwischen Tag 1<sub>ns</sub> und Tag 6<sub>s</sub> erkennbar ist. Mit einem Mittelwert von 16.7 dB(A) an Tag 1<sub>ns</sub> und von 17.3 dB(A) an Tag 6<sub>s</sub> ist der Unterschied sehr klein. Das lässt sich auf den Lombard Effekt zurückführen, da die Lehrkraft ihren Stimmaufwand an den Grundgeräuschpegel der SchülerInnen anpasst. Nimmt dieser zu, nimmt auch der Lehrersprechpegel zu und umgekehrt, sodass der SNR im Schnitt in etwa gleich bleibt. Dadurch schafft es die Lehrkraft zwar, den lauterem Grundgeräuschpegel an Tag 1<sub>ns</sub> stimmlich ausreichend zu übertönen, aber das geschieht nur mit einem deutlich höheren Stimmaufwand (siehe Abb. 6.5). Allerdings hat der Stimmaufwand der Lehrkraft auch eine gewisse obere und untere Grenze, die nicht unterschritten wird, wenn der Grundgeräuschpegel weiter sinkt und auch nicht mehr überschritten werden kann, wenn der Grundgeräuschpegel einen gewissen Pegel übersteigt. Daher schneiden sich beide Kurven des Öfteren. Die jeweilige obere und untere Grenze ist von Lehrkraft zu Lehrkraft individuell. An Tag 1<sub>ns</sub> wurde der SNR von Stunde zu Stunde um rund 0.2 dB(A) besser und an Tag 6<sub>s</sub> verschlechterte er sich stündlich um etwa 0.2 dB(A).

## 6.2 Die Schallpegelsituation an Tag 2<sub>ns</sub> und Tag 7<sub>s</sub>

### 6.2.1 Die Analyseergebnisse von Tag 2<sub>ns</sub>

Perzentilwert	Mittelwert 2 - 6	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5	Stunde 6
L(A)eq [dB]	63,5	65,5	61,7	61,5	60,7	66,4
L(A)0,1 [dB]	80,1	80,2	73,9	75,5	77,4	86,9
L(A)33,3 [dB]	60,9	62,1	61,2	60,6	57,5	62,4
L(A)95,0 [dB]	42,5	40,1	43,6	42,3	32,8	47,7
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	20,2	22,0	17,5	18,4	24,7	14,8
Jahrgangsstufe		Ost	Ost	Ost	Ost	Ost
#Schüler	18	22	22	12	11	22

Tabelle 6.3: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 2<sub>ns</sub>

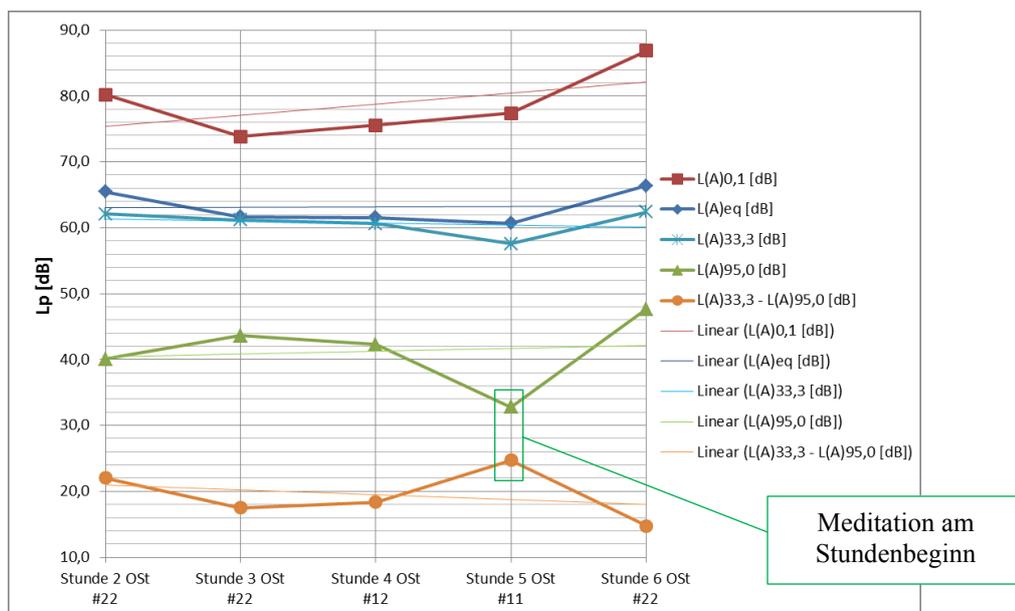


Abb. 6.8: Verlauf von L(A)0,1, L(A)eq, L(A)33,3, L(A)95,0 und SNR während Tag 2<sub>ns</sub>

Da an diesem Tag während des gesamten Vormittags dieselbe Oberstufenklasse in dem nicht sanierten Raum unterrichtet wurde, ist der Verlauf des Grundgeräuschpegels besonders inte-

ressant. Die fehlenden Messwerte von Stunde 1 resultieren daraus, dass es sich bei der ersten Stunde dieses Tages um eine Supplierstunde handelte und der Großteil dieser Zeit für das Anlegen der Elektroden für die Herz-Kreislauf-Aufzeichnungen benötigt wurde. Daher wurde an diesem Tag erst in der zweiten Stunde mit den Aufzeichnungen begonnen. Der Grundgeräuschpegel steigt an diesem Tag von 40.1 dB(A) in Stunde 2 auf 47.7 dB(A) in Stunde 6 an. Allerdings sinkt der Grundgeräuschpegel zwischenzeitlich von Stunde 3 bis Stunde 5. Der Abfall von Stunde 3 zu Stunde 4 lässt sich dadurch erklären, dass zehn SchülerInnen weniger im Raum waren, da Latein unterrichtet wurde und nicht alle SchülerInnen dieser Klasse Lateinunterricht bekamen. Auch in Stunde 5 waren nicht alle SchülerInnen anwesend, weil in dieser Stunde Religion unterrichtet wurde. Zudem wurde zu Beginn der Stunde eine Meditationsübung durchgeführt, bei der alle SchülerInnen mitmachten und sehr leise waren. Diese Übung führte dazu, dass sich der  $L_{(A)95,0}$  der gesamten Stunde weiter senkte.

Als nächstes wird der  $L_{(A)0,1}$  betrachtet. Nach einem Rückgang von Stunde 2 zu Stunde 3 steigt dieser kontinuierlich während des restlichen Vormittags an. In der ersten Stunde beträgt der Spitzenpegel 80.2 dB(A) und in der letzten Stunde 86.9 dB(A). Der Arbeitsgeräuschpegel und der Stimmaufwand zeigen an diesem Tag in etwa denselben Verlauf. Von Stunde 2 bis 5 nehmen beide stetig ab und steigen in der letzten Stunde um etwa 5 dB(A) an. Wirft man einen Blick auf die Trendlinien in Abb. 6.8, so bleibt der Arbeitsgeräuschpegel tendenziell während des gesamten Vormittags konstant und der Stimmaufwand nimmt sogar leicht ab. Der Maximalwert des Stimmaufwands beträgt dabei 62.4 dB(A) und der Minimalwert liegt bei 57.5 dB(A). Laut der Stimmaufwandstabelle liegen diese Werte im Bereich von *entspannt* bis *normal*. Wird zum Schluss noch der SNR genauer betrachtet, so zeigt diese Kurve wiederum einen Verlauf, der dem des Grundgeräuschpegels entgegengesetzt ist. Wird der Grundgeräuschpegel lauter, wird der SNR schlechter und vice versa.

## 6.2.2 Die Analyseergebnisse von Tag 7,

Perzentilenwert	Mittelwert 1 - 6	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5	Stunde 6
$L_{(A)eq}$ [dB]	60,4	58,0	64,0	59,1	59,1	62,9	57,0
$L_{(A)0,1}$ [dB]	77,0	72,6	79,7	78,4	78,4	76,7	74,3
$L_{(A)33,3}$ [dB]	56,4	55,3	61,3	43,4	43,4	62,8	54,4
$L_{(A)95,0}$ [dB]	38,8	38,0	43,5	31,8	31,8	43,4	36,6
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	16,4	17,3	17,8	11,6	11,6	19,3	17,7
Jahrgangsstufe		OSt	OSt	OSt	OSt	OSt	OSt
#Schüler	20	22	22	22	22	12	18

**Tabelle 6.4:** tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 7,

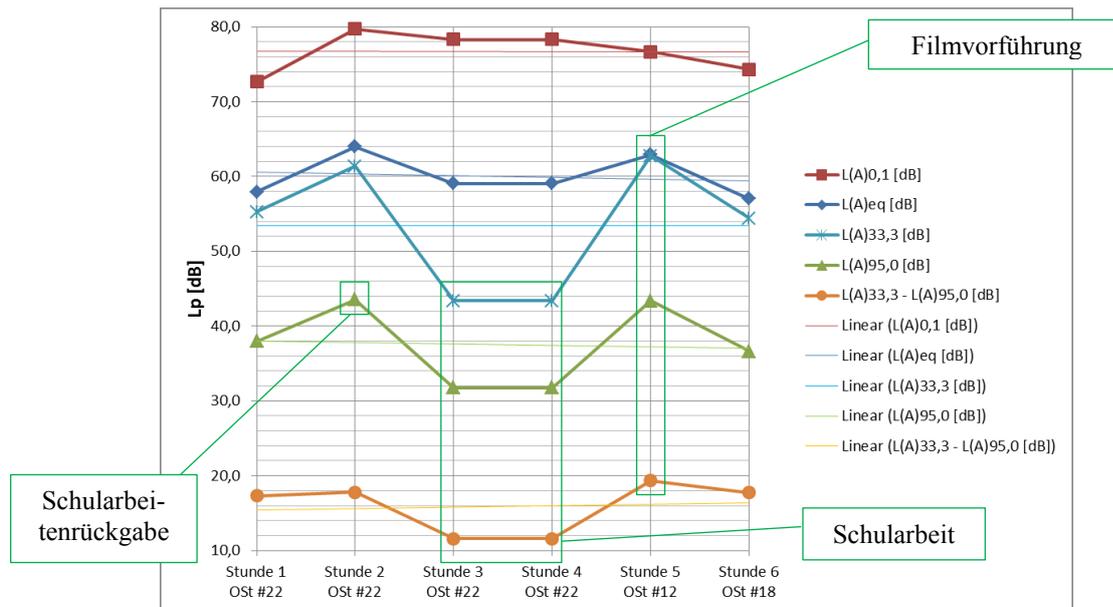


Abb. 6.9: Verlauf von  $L_{(A)0,1}$ ,  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR während Tag 7<sub>s</sub>

An Tag 7<sub>s</sub> war dieselbe Oberstufenklasse, die bereits am zweiten Tag den gesamten Vormittag im nicht sanierten Raum unterrichtet wurde, im sanierten Raum, um den Einfluss der Raumakustik auf den Grundgeräuschpegel in der Oberstufe untersuchen zu können. Die Messwerte der dritten und vierten Stunde sind an diesem Tag äquivalent, da während der beiden Stunden eine Schularbeit geschrieben wurde. Das ist auch der Grund dafür, dass während dieser beiden Stunden die gemessenen Pegel im Vergleich sehr niedrig sind.

Der Spitzenpegel steigt von Stunde 1 zu Stunde 2 um 7 dB(A) an und nimmt danach während des verbleibenden Vormittags wieder kontinuierlich ab. Betrachtet man den Trendlinienverlauf, bleibt der  $L_{(A)0,1}$  den gesamten Vormittag über in etwa konstant. Wie in Abb. 6.9 zu sehen ist, weisen die restlichen Kurven denselben Verlauf auf. Alle Kurven nehmen von Stunde 1 zu Stunde 2 zu. Von Stunde 2 zu Stunde 3 fallen sie wegen der Schularbeit wieder ab und steigen danach zu Stunde 5 erneut an. Danach fallen sie von Stunde 5 zu Stunde 6 wieder ab. Der Anstieg zu Stunde 2 lässt sich dadurch erklären, dass die SchülerInnen in dieser Stunde eine Schularbeit zurückbekamen und wegen der bevorstehenden Prüfung generell unruhig und nervös waren. Ähnlich hoch sind alle Messwerte in Stunde 5. Dies kann ebenfalls auf die Schularbeit zurückgeführt werden, da die Nervosität der SchülerInnen noch nachwirkte und sie untereinander während der Stunde ihre Ergebnisse besprachen. Außerdem wurde in dieser Stunde ein Film gezeigt. Dies erklärt auch den hohen SNR von 19.3 dB(A), wobei aber in diesem Fall nicht der Stimmaufwand der Lehrkraft, sondern die Lautstärke des Fernsehers als Signalquelle betrachtet werden muss. Die Ausgleichsgeraden von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$  und  $L_{(A)95,0}$  haben alle eine mehr oder weniger große negative Steigung. Die Trendlinie des SNR steigt leicht an. Laut Tabelle 18.1 liegen die gemessenen Werte des Stimmaufwands mit 54.4 dB(A) bis 62.8 dB(A) im *entspannten* und *normalen* Bereich. Die Messwerte der dritten und vierten Stunde können dabei außer Acht gelassen werden, da die Lehrkraft während der Schularbeit nicht sprach. Der mittlere gemessene Grundgeräuschpegel ist an diesem Tag sehr klein. Er beträgt gerade mal 38.8 dB(A). Der Lombard Effekt ist auch an diesem Tag erkennbar. Steigt der Grundgeräuschpegel an, so steigt auch der Stimmaufwand an und umgekehrt. Lediglich in den Stunden 3 und 4 ist diese Beobachtung aufgrund der Schularbeit hinfällig.

### 6.2.3 Vergleich von Tag 2<sub>ns</sub> und Tag 7<sub>s</sub>

$L_{(A)0.1}$ :

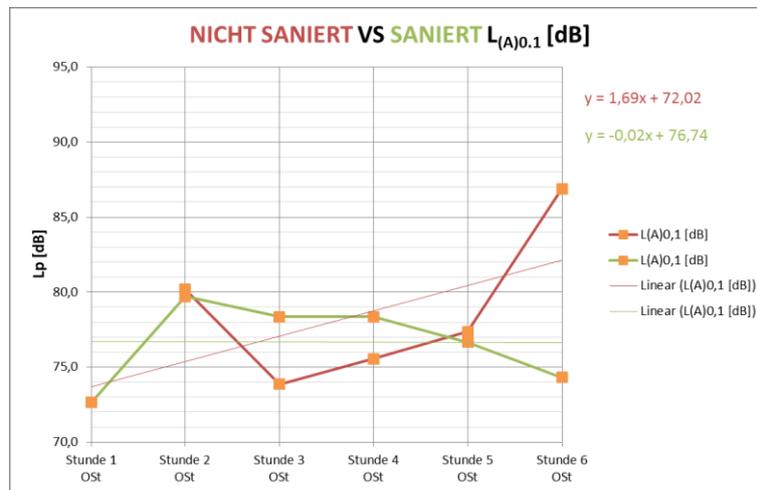


Abb. 6.10: Vergleich des  $L_{(A)0.1}$  von Tag 2<sub>ns</sub> mit dem von Tag 7<sub>s</sub>

Der Mittelwert des  $L_{(A)0.1}$  ist bei diesem Vergleich im sanierten Raum mit durchschnittlich 77.0 dB(A) um 3.1 dB(A) leiser als im nicht sanierten Raum (80.1 dB(A)) (vgl. Tabelle 6.3 und Tabelle 6.4). Die Trendlinien in Abb. 6.10 zeigen, dass der Spitzenpegel an Tag 2<sub>ns</sub> mit 1.7 dB(A) pro Stunde deutlich ansteigt, was allerdings in erster Linie an dem hohen Wert in Stunde 6 liegt. Dagegen bleibt der Spitzenpegel an Tag 7<sub>s</sub> im Schnitt etwa gleich.

$L_{(A)eq}$ :

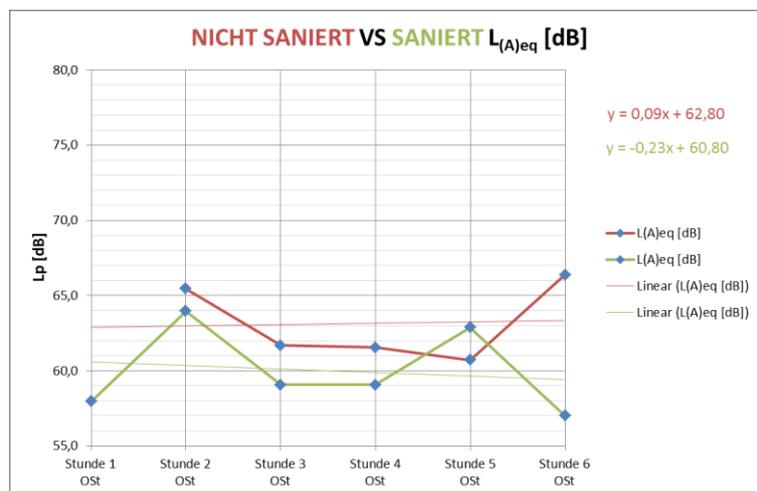


Abb. 6.11: Vergleich des  $L_{(A)eq}$  von Tag 2<sub>ns</sub> mit dem von Tag 7<sub>s</sub>

Der Mittelwert des Arbeitsgeräuschpegels des siebten Tages ist um 3.1 dB(A) leiser als der des zweiten Tages (60.4 dB(A) anstatt 63.5 dB(A)). Lediglich in Stunde 5 ist der Arbeitsgeräuschpegel an Tag 2<sub>ns</sub> leiser als an Tag 7<sub>s</sub> (siehe Abb. 6.11). Diese Ausnahme beruht auf den unterschiedlichen Stundenabläufen an den beiden Tagen. An Tag 2<sub>ns</sub> bestand die Stunde 5 vorwiegend aus Lehrervorträgen und einer Meditationsübung zu Beginn der Stunde. Während dieser Stunde war es also generell sehr leise im Raum. An Tag 7<sub>s</sub> dagegen wurde während dem Großteil der Stunde ein Film angesehen, was im Vergleich zum zweiten Tag den Ar-

beitsgeräuschpegel ansteigen lässt. An Tag  $2_{ns}$  wächst der  $L_{(A)eq}$  mit etwa 0.1 dB(A) pro Stunde und an Tag  $7_s$  sinkt er mit etwa 0.2 dB(A) pro Stunde ab.

$L_{(A)33,3}$ :

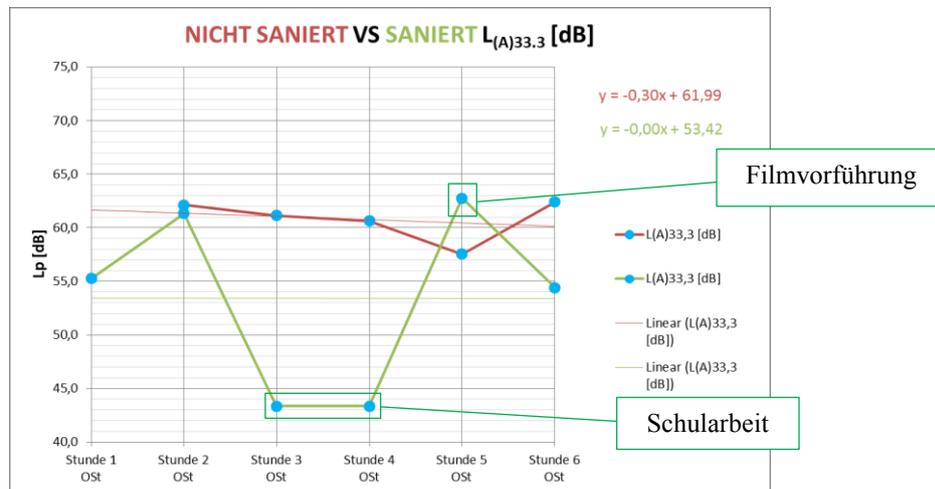


Abb. 6.12: Vergleich des  $L_{(A)33,3}$  von Tag  $2_{ns}$  mit dem von Tag  $7_s$

Mit einer Ausnahme, die wiederum in der fünften Stunde auftritt, liegt der Stimmumfang an Tag  $7_s$  unter dem an Tag  $2_{ns}$ . Die sehr geringen Werte von Stunde 3 und 4 an Tag  $7_s$  können dabei, wie schon erläutert, wegen der Schularbeit vom Vergleich ausgenommen werden. Im Schnitt sprachen die Lehrkräfte an Tag  $2_{ns}$  mit 60.9 dB(A) und an Tag  $7_s$  betrug der durchschnittliche Stimmumfang 56.4 dB(A). Daher liegt der Stimmumfang an Tag  $7_s$  4.5 dB(A) unter dem an Tag  $2_{ns}$ . Werden die Stunden 3, 4 und 5 an Tag  $7_s$  vom Vergleich ausgenommen, beträgt der Mittelwert des Stimmumfangs an Tag  $7_s$  57.6 dB(A) und ist immer noch 3.3 dB(A) geringer als an Tag  $2_{ns}$ . Der Wert der fünften Stunde kann vernachlässigt werden, da aufgrund der Filmvorführung die Wiedergabelautstärke des Fernsehers den  $L_{(A)33,3}$  bestimmt. An beiden Tagen liegen die ermittelten Werte im *entspannten* und *normalen* Bereich der Stimmumfangstabelle. Die individuellen Schwankungen von Stunde zu Stunde hängen in diesem Fall vom individuellen Stimmumfang der jeweiligen Lehrkraft ab und nicht nur vom Erschöpfungsgrad, da bei diesem Vergleich die Lehrkräfte in jeder Stunde wechselten und nicht den gesamten Vormittag in demselben Raum unterrichteten. Laut der Trendlinien in Abb. 6.12 wird der Stimmumfang im Laufe des Vormittags von Tag  $2_{ns}$  jede Stunde um 0.3 dB(A) geringer. An Tag  $7_s$  bleibt der Stimmumfang stündlich etwa gleich. Dieser Trend muss allerdings vorsichtig interpretiert werden, da die Lehrkräfte im Vergleich zu anderen Tagen nicht viel geredet haben.

$L_{(A)95,0}$ :

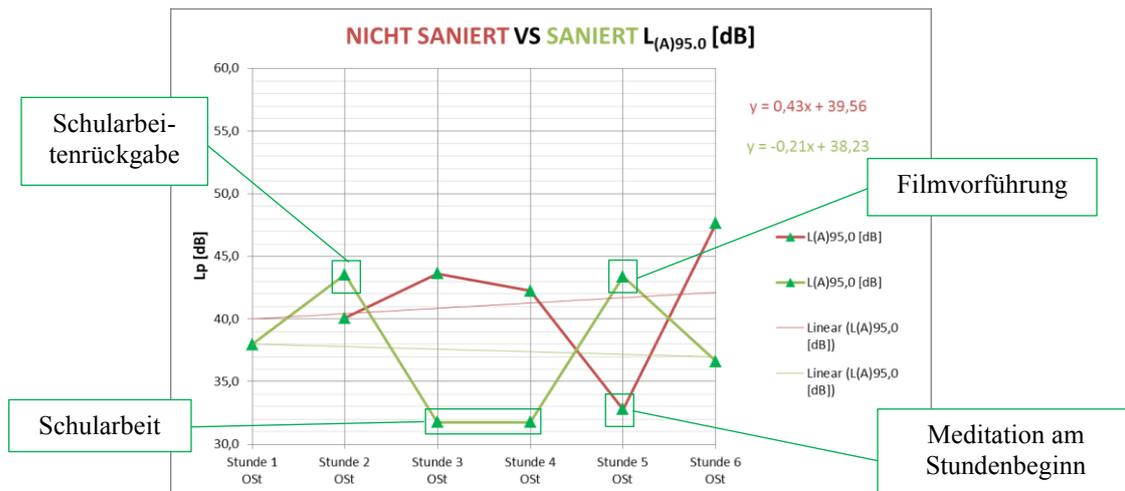


Abb. 6.13: Vergleich des  $L_{(A)95,0}$  von Tag 2<sub>ns</sub> mit dem von Tag 7<sub>s</sub>

Insgesamt ist der Grundgeräuschpegel an Tag 7<sub>s</sub> mit durchschnittlich 38.8 dB(A) um 3.7 dB(A) leiser als der an Tag 2<sub>ns</sub> (42.5 dB(A)). An Tag 2<sub>ns</sub> steigt der Grundgeräuschpegel von Stunde 2 bis Stunde 6 im Schnitt um 0.4 dB(A) pro Stunde an und an Tag 7<sub>s</sub> nimmt er von Stunde 1 bis Stunde 6 um 0.2 dB(A) pro Stunde ab. Beim Blick auf Abb. 6.13 fällt auf, dass der Grundgeräuschpegel an Tag 7<sub>s</sub> in Stunde 2 und Stunde 5 deutlich über den Werten von Tag 2<sub>ns</sub> liegt. Die Gründe hierfür wurden oben bereits erläutert. Der Rückgang an Tag 2<sub>ns</sub> von Stunde 3 zu Stunde 4 scheint auf den ersten Blick ein gutes Beispiel dafür, dass sich die SchülerInnen während der großen Pause erholen und daraufhin dem Unterricht wieder konzentrierter widmen konnten. Allerdings waren an diesem Tag aufgrund der Unterrichtsfächer in Stunde 4 und Stunde 5 zehn bzw. elf SchülerInnen weniger als in den übrigen Stunden anwesend (siehe Tabelle 6.3). Somit ist die Abnahme eher dadurch zu erklären.

**SNR:**

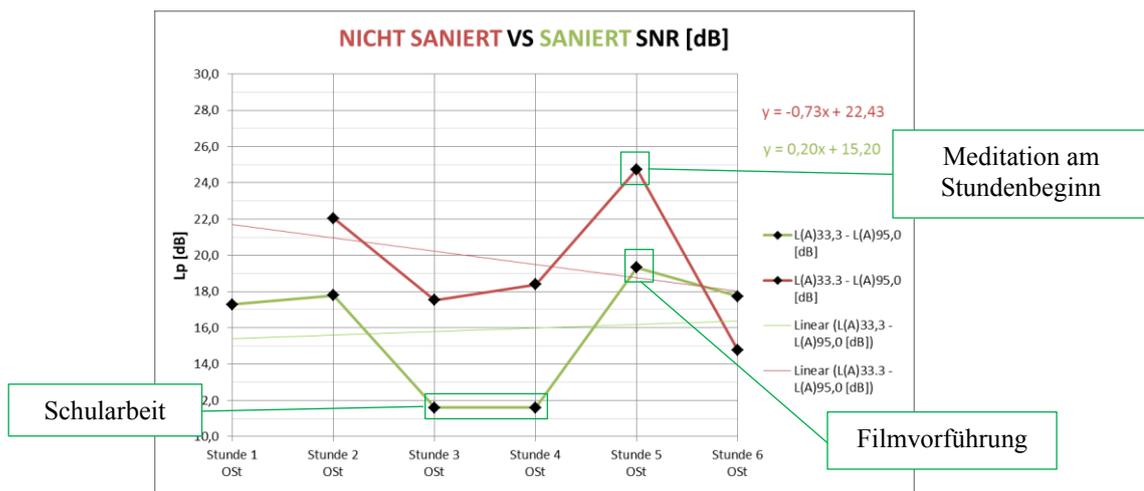


Abb. 6.14: Vergleich des SNR von Tag 2<sub>ns</sub> mit dem von Tag 7<sub>s</sub>

Im Schnitt ist der SNR bei diesem Vergleich im sanierten Raum mit einem Mittelwert von 16.4 dB(A) rund 3.8 dB(A) schlechter als im nicht sanierten Raum mit 20.2 dB(A). Die Trendlinien in Abb. 6.14 lassen an Tag 2<sub>ns</sub> eine Verschlechterung des SNR von 0.7 dB(A) pro

Stunde und an Tag 7<sub>s</sub> eine Verbesserung von 0.2 dB(A) pro Stunde erkennen. Mit Ausnahme von Stunde 6 ist der SNR an Tag 7<sub>s</sub> schlechter als an Tag 2<sub>ns</sub>. Die Werte der dritten und vierten Stunde von Tag 7<sub>s</sub> müssen hier allerdings wieder außer Acht gelassen werden. Mit Ausnahme dieser beiden Stunden bewegen sich an Tag 7<sub>s</sub> alle Werte über 17 dB(A), was einen sehr guten Wert darstellt, wenn 15 dB(A) als untere Grenze herangezogen werden.

### 6.3 Die Schallpegelsituation an Tag 3<sub>ns</sub> und Tag 8<sub>s</sub>

#### 6.3.1 Die Analyseergebnisse von Tag 3<sub>ns</sub>

Perzentilenwert	Mittelwert 1 - 5	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5
L(A)eq [dB]	72,1	65,1	68,6	73,2	74,5	75,3
L(A)0,1 [dB]	87,9	80,9	84,0	92,3	89,1	89,0
L(A)33,3 [dB]	69,2	60,7	64,5	65,9	73,2	74,2
L(A)95,0 [dB]	50,6	33,3	44,7	47,5	55,1	56,6
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	21,2	27,4	19,8	18,4	18,1	17,6
Jahrgangsstufe		OSt	OSt	OSt	USt	USt
#Schüler	23	11	20	27	27	21

Tabelle 6.5: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 3<sub>ns</sub>

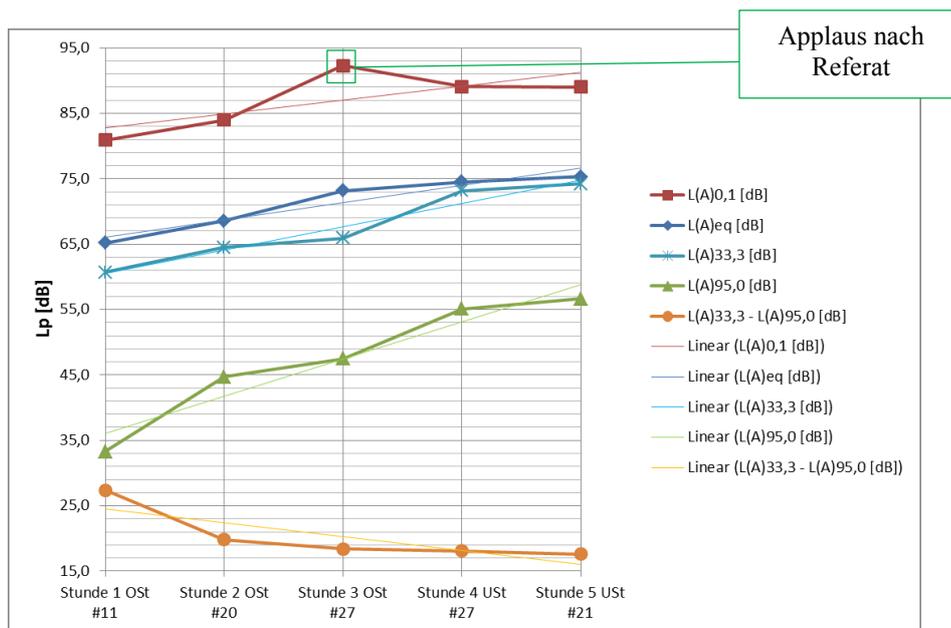


Abb. 6.15: Verlauf von L(A)0,1, L(A)eq, L(A)33,3, L(A)95,0 und SNR während Tag 3<sub>ns</sub>

Am dritten Tag wechselten sowohl die Lehrkräfte als auch die Klassen von Stunde zu Stunde. An diesem Tag sollten drei Oberstufenklassen und drei Unterstufenklassen jeweils eine Stunde unterrichtet werden. Dabei sollten die Anzahl der SchülerInnen in jeder Klasse variieren, um somit noch weitere Vergleichssets zu bekommen, anhand derer untersucht werden kann, wie die Pegelanstiege mit der Klassengröße zusammenhängen. Die sechste Stunde fiel allerdings aus. Diese Stunde wurde am vierten Tag in der zweiten Stunde nachgeholt.

Auffallend an Abb. 6.15 ist, dass alle Perzentilenwerte während des gesamten Vormittags stark ansteigen. Ausschlaggebend hierfür sind mitunter die Schülerzahlen, die von Stunde zu Stunde stark variieren. Der Spitzenpegel steigt von 80.9 dB(A) in der ersten Stunde auf 89.0 dB(A) in der fünften Stunde an. Der höchste Wert wurde allerdings in Stunde 3 mit

92.3 dB(A) gemessen, denn diese Stunde bestand größtenteils aus einem Referat. Dabei resultiert der Spitzenwert aus dem Applaus der SchülerInnen nach dem Referat. Dies ist zudem der einzige Perzentilenwert, bei dem nach der großen Pause in Stunde 4 ein Rückgang zu verzeichnen ist. Der Arbeitsgeräuschpegel nimmt von 65.1 dB(A) zu 75.3 dB(A) während des Vormittags permanent zu. Ein noch stärkeres Wachstum zeigt der Stimmumfang, der von 60.7 dB(A) in Stunde 1 zu 74.2 dB(A) in Stunde 5 anwächst. Gemäß der Stimmumfangstabelle gleicht dies einem Anstieg von zwei Stufen von *normal* zu *laut*. Betrachtet man den Verlauf des Grundgeräuschpegels und die Anzahl der SchülerInnen in der jeweiligen Stunde, so fällt auf, dass in den Stunden 3 und 4 die SchülerInnenanzahl gleich bleibt. Daher sollte eigentlich auch der Grundgeräuschpegel in etwa gleich bleiben bzw. wegen der großen Pause sogar etwas zurückgehen. Dieser wächst aber um fast 8 dB(A) an. Der Unterschied zwischen den beiden Stunden liegt darin, dass in der dritten Stunde eine Oberstufenklasse in dem Klassenraum unterrichtet wurde und der überwiegende Teil der Stunde aus einem Referat bestand. In der vierten Stunde dagegen war eine Unterstufenklasse im Raum, wobei der Großteil der Stunde mit Partner- und Gruppenarbeit verbracht wurde. Somit wird an dieser Stelle bereits ein erster Verdacht bestätigt, dass der Grundgeräuschpegel in Oberstufenklassen leiser ist als in Unterstufenklassen und dass die Lärmsituation im Klassenzimmer stark von der gewählten Unterrichtsform abhängt. Auf alle Fälle ist auch hier wieder der Lombard Effekt zu erkennen, da bei steigendem Grundgeräuschpegel ebenso der Stimmumfang steigt. In Stunde 1 beträgt der Grundgeräuschpegel gerade einmal 33.3 dB(A) und in Stunde 5 liegt der Grundgeräuschpegel bei 56.6 dB(A). Das ist ein Anstieg von mehr als 23 dB(A). Da der Grundgeräuschpegel stärker wächst als der Stimmumfang, nimmt auch der SNR von Stunde zu Stunde ab. In Stunde 1 hat er einen sehr guten Wert von 27.4 dB(A). Das hat den Grund, dass die Klasse mit 11 SchülerInnen sehr klein war und daher der Grundgeräuschpegel sehr niedrig war (33.3 dB(A)). Die Lehrkraft redete mit durchschnittlich 60.7 dB(A) und passte ihren Stimmumfang nicht mehr weiter an den geringen Grundgeräuschpegel an. In Stunde 5 liegt der SNR bei 17.6 dB(A). Allerdings kann dieser SNR am Ende des Tages nur durch einen hohen Stimmumfang realisiert werden, der in Stunde 5 mit 74 dB(A) im *lauten* Bereich liegt.

### 6.3.2 Die Analyseergebnisse von Tag 8<sub>s</sub>

Perzentilenwert	Mittelwert 1-6	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5	Stunde 6
L(A)eq [dB]	66,2	62,7	62,7	70,8	68,6	66,2	62,3
L(A)0,1 [dB]	83,8	79,6	77,6	91,0	85,0	82,5	79,3
L(A)33,3 [dB]	62,1	59,3	60,9	63,0	65,8	62,8	58,9
L(A)95,0 [dB]	41,8	32,2	42,4	40,1	47,2	42,8	39,9
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	21,6	27,1	18,5	22,9	18,6	20,1	19,0
Jahrgangsstufe		OSt	OSt	OSt	USt	USt	USt
#Schüler	20	9	19	27	26	21	16

**Tabelle 6.6:** tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 8<sub>s</sub>

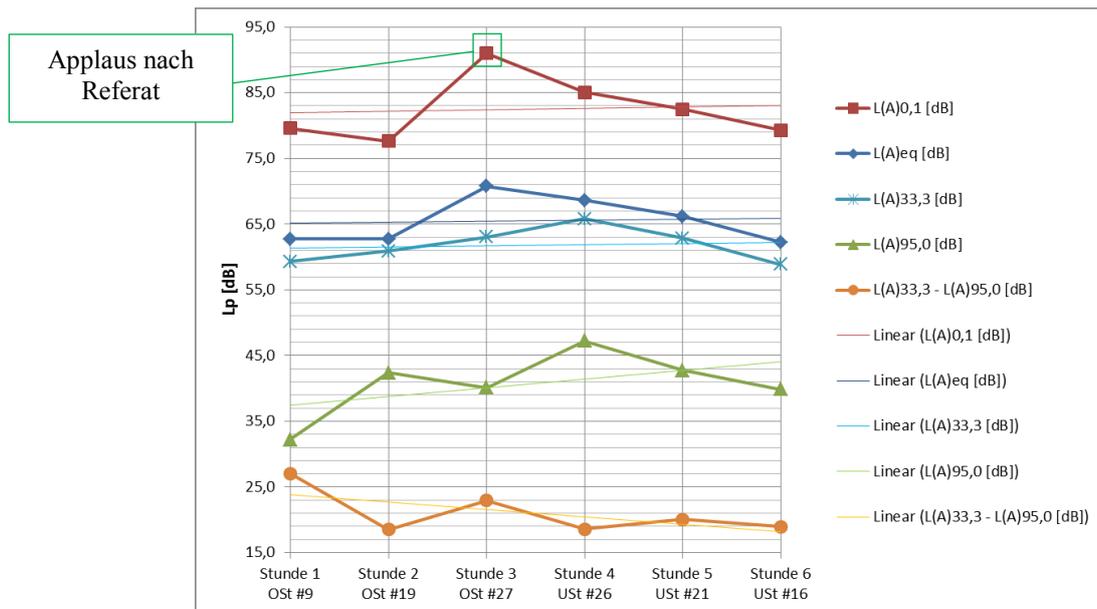


Abb. 6.16: Verlauf von  $L_{(A)0,1}$ ,  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR während Tag 8<sub>s</sub>

Im Gegensatz zu Tag 3<sub>ns</sub> fällt in Abb. 6.16 auf, dass die Pegel nicht kontinuierlich ansteigen, sondern häufig ein deutlicher Rückgang erkennbar ist. Der Spitzenpegel hat in der ersten und sechsten Stunde in etwa denselben Wert von 79.6 dB(A) bzw. 79.3 dB(A). Zwischen den Stunden schwankt er aber teils erheblich. So geht er von Stunde 1 zu Stunde 2 leicht zurück, woraufhin er dagegen von Stunde 2 zu Stunde 3 um mehr als 13 dB(A) ansteigt. Denn in Stunde 3 wurde erneut von einem Schüler ein Referat gehalten. Der Höchstwert in Stunde 3 liegt daher wiederum am Applaus am Ende des Referats. Danach nimmt der Spitzenpegel bis Stunde 6 kontinuierlich ab. Der Rückgang des Spitzenpegels und der restlichen Pegel resultiert in erster Linie aus kontinuierlich sinkenden Schülerzahlen von Stunde 4 bis Stunde 6. Der Arbeitsgeräuschpegel weist einen ähnlichen Verlauf auf. Von Stunde 1 bis 3 steigt er an und nimmt danach bis Stunde 6 stetig ab. In Stunde 1 hat er einen Wert von 62.7 dB(A) und in Stunde 6 beträgt er 62.3 dB(A), d.h. im Schnitt bleibt der Arbeitsgeräuschpegel eher gleich. Der Stimmumfang steigt von Stunde 1 bis Stunde 4 stetig an und nimmt von Stunde 4 bis Stunde 6 wieder ab. Mit Ausnahme von Stunde 4 nimmt der Stimmumfang also mit steigender Schülerzahl zu und mit sinkender Schülerzahl ab. Mit einem Minimalwert von 58.9 dB(A) und einem Höchstwert von 65.8 dB(A) bewegt er sich dabei im *entspannten* bis *normalen* Bereich. Bei genauer Betrachtung des Grundgeräuschpegels zeigt sich erneut, dass der Grundgeräuschpegel nicht nur von der Anzahl, sondern auch vom Alter der SchülerInnen und der Unterrichtsform abhängt. In den Stunden 3 und 4 sind nämlich die Anzahl der SchülerInnen wieder etwa gleich. Dennoch steigt der Grundgeräuschpegel um 7.1 dB(A) an. In Stunde 1 beträgt der Grundgeräuschpegel gerade einmal 32.2 dB(A). Allerdings befinden sich in dieser Stunde nur 9 SchülerInnen im Raum. Der Höchstwert kann in Stunde 4 mit 47.2 dB(A) gefunden werden. Der SNR verläuft an diesem Tag wieder genau entgegengesetzt zum Grundgeräuschpegel. Wird dieser größer, nimmt der SNR ab und umgekehrt. Die Werte sind an diesem Tag mit durchschnittlich 21.6 dB(A) dennoch sehr gut. Beim Verlauf von Stimmumfang und Grundgeräuschpegel ist auch hier der Lombard Effekt deutlich zu erkennen. Lediglich beim Verlauf von Stunde 2 zu Stunde 3 ist ein Widerspruch zu sehen. Dort nimmt der Grundgeräuschpegel ab und wider Erwarten sinkt der Stimmumfang nicht ebenfalls, sondern steigt weiter an. In dieser Stunde sprach jedoch die meiste Zeit ein Schüler während seines Referats und der Redeanteil der Lehrkraft war in dieser Stunde vergleichsweise eher gering.

### 6.3.3 Vergleich von Tag 3<sub>ns</sub> und Tag 8<sub>s</sub>

$L_{(A)0.1}$ :

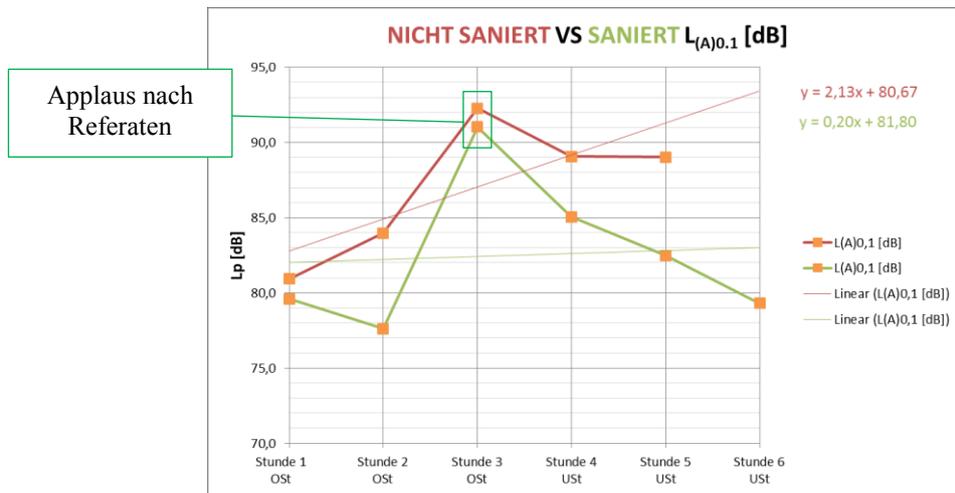


Abb. 6.17: Vergleich des  $L_{(A)0.1}$  von Tag 3<sub>ns</sub> mit dem von Tag 8<sub>s</sub>

Der Spitzenpegel des achten Tages im sanierten Raum liegt bei diesem Vergleich permanent unter dem Spitzenpegel des dritten Tages im nicht sanierten Klassenzimmer. Im Schnitt ist er an Tag 8<sub>s</sub> mit durchschnittlich 83.8 dB(A) um 4.1 dB(A) leiser als an Tag 3<sub>ns</sub>, an dem er im Mittel bei 87.9 dB(A) liegt (vgl. Tabelle 6.5 und Tabelle 6.6). Wie an den Trendlinien in Abb. 6.17 zu sehen ist, steigt im nicht sanierten Raum der Spitzenpegel stärker an als im sanierten Raum. Im Schnitt erhöht er sich an Tag 3<sub>ns</sub> um 2.1 dB(A) pro Stunde und an Tag 8<sub>s</sub> steigt er tendenziell mit 0.2 dB(A) pro Stunde nur schwach an. Die hohen Werte beider Kurven in Stunde 3 können, wie bereits erwähnt, durch den Applaus nach den Referaten erklärt werden.

$L_{(A)eq}$ :

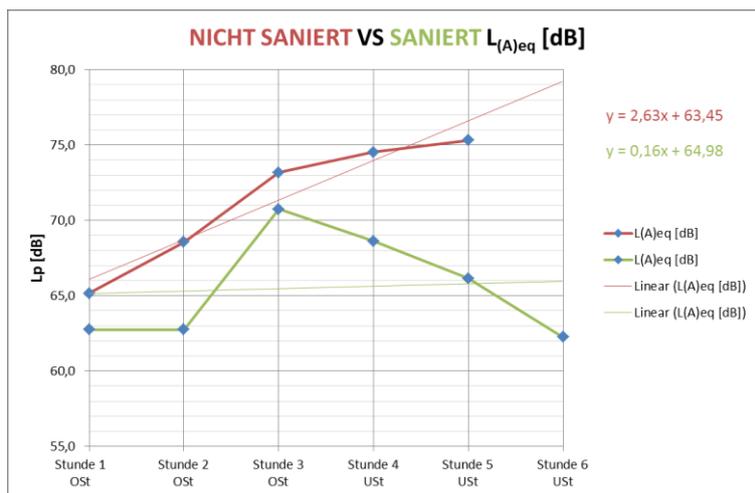


Abb. 6.18: Vergleich des  $L_{(A)eq}$  von Tag 3<sub>ns</sub> mit dem von Tag 8<sub>s</sub>

Der Vergleich in Abb. 6.18 zeigt, dass der Arbeitsgeräuschpegel an Tag 8<sub>s</sub> um 5.9 dB(A) geringer ist als an Tag 3<sub>ns</sub> (66.2 dB(A) anstatt 72.1 dB(A)). Pro Stunde wächst er an Tag 3<sub>ns</sub> mit durchschnittlich 2.6 dB(A) pro Stunde an und an Tag 8<sub>s</sub> nimmt er während des Vormittags

nur leicht mit 0.2 dB(A) pro Stunde zu. Während der Arbeitsgeräuschpegel über den gesamten Vormittag an Tag 3<sub>ns</sub> deutlich zunimmt, sinkt er an Tag 8<sub>s</sub> von Stunde 3 an wieder ab.

$L_{(A)33,3}$ :

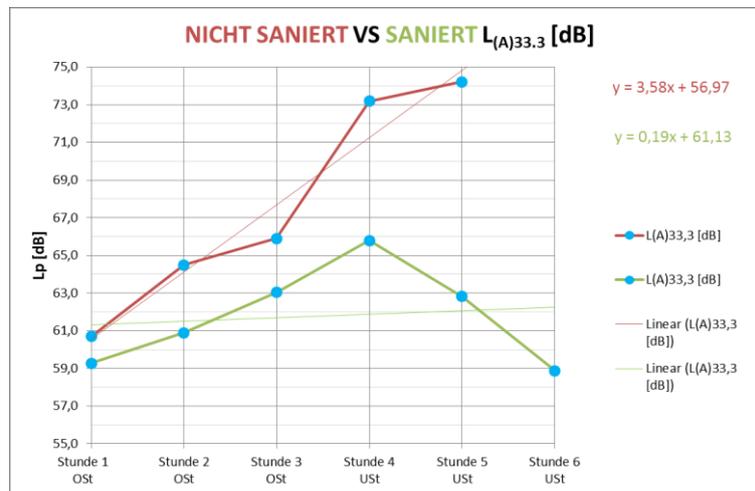


Abb. 6.19: Vergleich des  $L_{(A)33,3}$  von Tag 3<sub>ns</sub> mit dem von Tag 8<sub>s</sub>

Allgemein ist der Stimmaufwand an Tag 8<sub>s</sub> um 7.1 dB(A) geringer. Am dritten Tag reden die Lehrkräfte im Schnitt mit 69.2 dB(A) und am achten Tag beträgt der mittlere Stimmaufwand 62.1 dB(A). Somit kann mehr als eine Stimmaufwandsstufe leiser gesprochen werden. Im nicht sanierten Raum steigt der Stimmaufwand an Tag 3<sub>ns</sub> von Stunde zu Stunde stetig an (siehe Abb. 6.19). Eine Reduktion bei sinkenden Schülerzahlen ist hierbei nicht zu erkennen. Natürlich darf an diesen beiden Tagen nicht außer Acht gelassen werden, dass sowohl die Klassen als auch die Lehrkräfte stündlich wechselten und dadurch der individuelle Stimmaufwand berücksichtigt werden muss. Durchschnittlich nimmt der Stimmaufwand an Tag 3<sub>ns</sub> mit 3.6 dB(A) pro Stunde zu, wodurch er drei unterschiedliche Stimmaufwandsstufen durchläuft. Diese lauten *normal*, *erhoben* und *laut*. An Tag 8<sub>s</sub> ist mit einer Ausnahme in Stunde 4 eine Abhängigkeit des Stimmaufwands von der Schülerzahl zu sehen. Steigt die Schülerzahl von Stunde 1 bis Stunde 3 an, nimmt der Stimmaufwand zu. Von Stunde 4 bis 6 sinkt die Schülerzahl, wobei der Stimmaufwand wieder zurückgeht. Während des Vormittags im sanierten Klassenraum durchläuft er lediglich zwei verschiedene Stimmaufwandsstufen, nämlich *entspannt* und *normal*. Im Schnitt wächst der Stimmaufwand während des Vormittags von Tag 8<sub>s</sub> nur leicht mit 0.2 dB(A) pro Stunde an.

$L_{(A)95,0}$ :

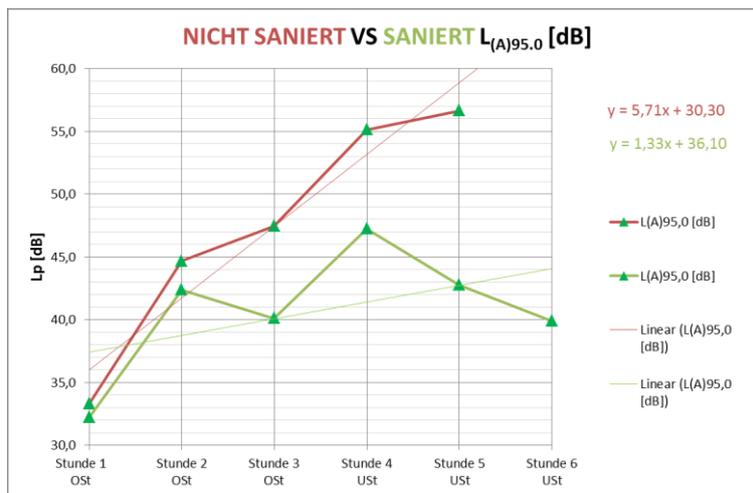


Abb. 6.20: Vergleich des  $L_{(A)95,0}$  von Tag 3<sub>ns</sub> mit dem von Tag 8<sub>s</sub>

Im Mittel ist der Grundgeräuschpegel im sanierten Raum an Tag 8<sub>s</sub> um 8.8 dB(A) leiser als im nicht sanierten Klassenzimmer an Tag 3<sub>ns</sub> (41.8 dB(A) anstatt (50.6 dB(A)). Am dritten Tag steigt er jede Stunde um 5.7 dB(A) an (vgl. Abb. 6.20). Das bedeutet, dass die Schallenergie des Grundgeräuschpegels in jeder Stunde nahezu vervierfacht wird. Somit wird deutlich, was für einen großen Einfluss unterschiedliche Schülerzahlen und das Alter der SchülerInnen auf den Grundgeräuschpegel haben. Der Grundgeräuschpegel nimmt an Tag 3<sub>ns</sub> ungeachtet der Anzahl der SchülerInnen immer weiter zu und ist in den Stunden 4 und 5 mit über 55 dB(A) sehr laut. An Tag 8<sub>s</sub> steigt der Grundgeräuschpegel lediglich mit 1.3 dB(A) pro Stunde an. An diesem Tag ist zunächst ein Anstieg und nach Stunde 4 wieder eine Abnahme des Grundgeräuschpegels zu erkennen, da ab dieser Stunde die Schülerzahlen wieder sinken. Besonders ab Stunde 3 ist ein extremer Unterschied zwischen dem  $L_{(A)95,0}$  von Tag 3<sub>ns</sub> und Tag 8<sub>s</sub> auszumachen. Ein Rückgang nach der Pause ist bei diesem Vergleich an keinem der beiden Tage erkennbar.

SNR:

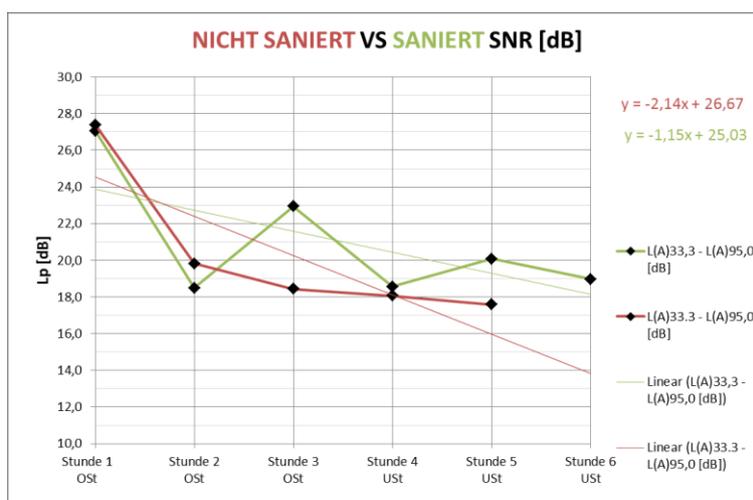


Abb. 6.21: Vergleich des SNR von Tag 3<sub>ns</sub> mit dem von Tag 8<sub>s</sub>

Im Schnitt ist der SNR an Tag 3<sub>ns</sub> im nicht sanierten Raum mit 21.2 dB(A) lediglich 0.4 dB(A) schlechter als an Tag 8<sub>s</sub> im sanierten Raum (21.6 dB(A)). An Tag 3<sub>ns</sub> nimmt der SNR etwa mit 2.1 dB(A) pro Stunde ab und an Tag 8<sub>s</sub> sind es etwa 1.2 dB(A) pro Stunde (vgl. Abb. 6.21). Die recht großen Rückgänge liegen aber auch daran, dass in der ersten Stunde jeweils ein ausgezeichneter SNR vorliegt, was auf die geringe Schülerzahl von 11 bzw. 9 Personen zurückzuführen ist. In Stunde 1 und 2 liegen die Werte des SNR an Tag 8<sub>s</sub> leicht unter denen von Tag 3<sub>ns</sub>. Dies stellt allerdings kein Problem dar, da er in beiden Fällen optimale Werte besitzt. In den verbleibenden Stunden liegt die Kurve des achten Tages dann wieder über der des dritten Tages. An beiden Tagen verläuft der SNR erneut entgegengesetzt zum Grundgeräuschpegel. Nimmt der Grundgeräuschpegel ab, wird der SNR besser und steigt ersterer an, verschlechtert sich der SNR.

## 6.4 Die Schallpegelsituation an Tag 5<sub>ns</sub> und Tag 10<sub>s</sub>

### 6.4.1 Die Analyseergebnisse von Tag 5<sub>ns</sub>

Perzentilenwert	Mittelwert 1 - 6	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5	Stunde 6
L(A)eq [dB]	69,0	71,3	68,2	66,2	71,3	63,1	71,1
L(A)0,1 [dB]	83,7	85,4	83,1	81,6	86,8	77,2	84,8
L(A)33,3 [dB]	66,9	68,1	65,9	64,5	69,2	62,8	69,0
L(A)95,0 [dB]	49,6	51,1	46,8	50,3	52,0	45,2	50,6
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	17,4	17,1	19,1	14,1	17,2	17,5	18,4
Jahrgangsstufe		USt	USt	USt	USt	USt	USt
#Schüler	21	23	23	23	13	23	23

Tabelle 6.7: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 5<sub>ns</sub>

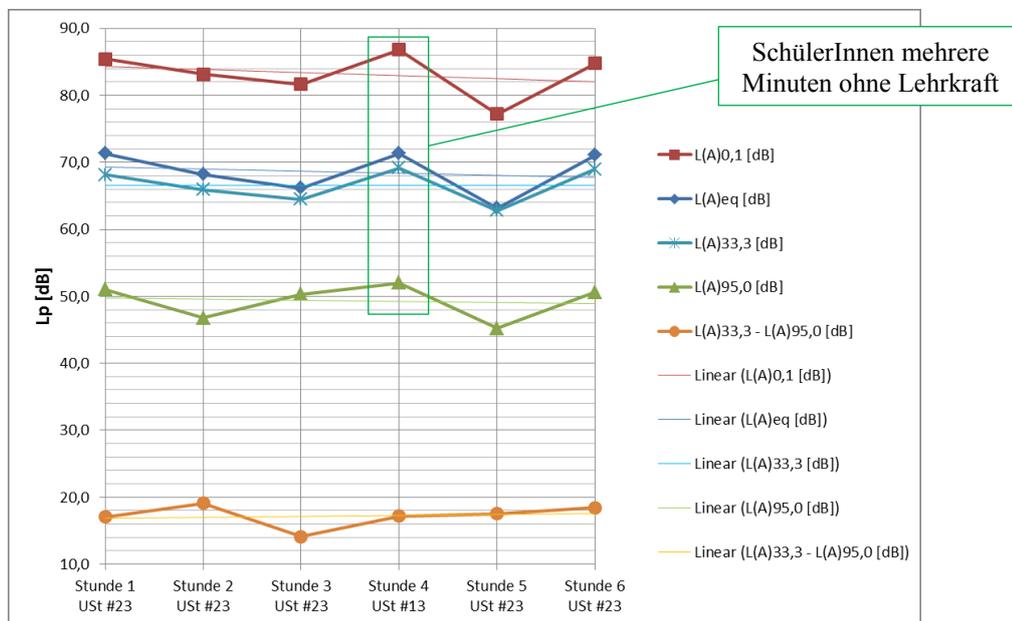


Abb. 6.22: Verlauf von  $L_{(A)0,1}$ ,  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR während Tag 5<sub>ns</sub>

Am fünften sowie am zehnten Tag, der in Kapitel 6.4.2 noch besprochen wird, befand sich wieder eine Klasse den ganzen Vormittag über im selben Raum. Dabei handelte es sich dieses Mal allerdings um eine Unterstufenklasse. Somit ist es möglich, die Entwicklung des Grundgeräuschpegels während des gesamten Vormittags in einer Unterstufenklasse zu untersuchen und dieses Ergebnis schließlich mit dem der Oberstufe zu vergleichen. Diese Untersuchungen

folgen in Kapitel 8. An diesem Tag wurde der Großteil der ersten Stunde wieder für die Instruktionen in die Herz-Kreislauf-Messungen benötigt. In der verbleibenden Viertelstunde wurde eine Schularbeit zurückgegeben und besprochen. Währenddessen war es im Klassenraum sehr laut und daher sind alle Werte dieser Stunde relativ hoch.

An diesem Tag haben der Spitzenpegel, der Arbeitsgeräuschpegel und der Stimmumfang dieselben Schwankungen. Von Stunde 1 bis 3 nehmen alle Pegel ab, steigen nach der großen Pause an, sinken von Stunde 4 zu Stunde 5 ab und nehmen zur sechsten Stunde hin wieder zu. Der Spitzenpegel beträgt in Stunde 1 85.4 dB(A) und in Stunde 6 84.8 dB(A). Der Höchstwert wurde in Stunde 4 mit 86.6 dB(A) gemessen. Die hohen Pegel in Stunde 4 treten auf, da der Lehrer die Klasse mehrere Minuten lang verlassen hatte. Währenddessen waren die SchülerInnen sehr laut. Der Arbeitsgeräuschpegel ist in Stunde 1 und Stunde 6 mit 71.3 dB(A) und 71.1 dB(A) in etwa gleich. Während des Vormittags schwankt er allerdings erheblich. Der Stimmumfang bewegt sich an diesem Vormittag zwischen 63 dB(A) und 69 dB(A). Laut der Stimmumfangstabelle sind diese Sprechpegel *normal* und *erhoben*. Der Grundgeräuschpegel schwankt während des Vormittags relativ häufig. Lediglich in der ersten und sechsten Stunde wurden in etwa dieselben Werte gemessen, nämlich 51.1 dB(A) und 50.6 dB(A). Dass sich die SchülerInnen während der großen Pause erholen können, ist an diesem Tag anhand der Messergebnisse nicht nachweisbar, da der Grundgeräuschpegel von Stunde 3 zu Stunde 4 um 1.7 dB(A) ansteigt, obwohl zehn SchülerInnen weniger im Raum sind. Der Mittelwert des SNR liegt an diesem Tag bei 17.4 dB(A).

### 6.4.2 Die Analyseergebnisse von Tag 10<sub>s</sub>

Perzentilenwert	Mittelwert 1 - 6	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5	Stunde 6
L(A)eq [dB]	67,7	63,4	67,8	65,5	63,6	63,9	75,0
L(A)0,1 [dB]	83,2	78,6	85,1	81,3	80,4	81,5	88,2
L(A)33,3 [dB]	64,4	59,7	62,9	63,6	60,3	60,1	72,0
L(A)95,0 [dB]	44,2	40,6	42,6	48,8	41,5	39,9	47,6
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	20,0	19,1	20,3	14,8	18,7	20,2	24,4
Jahrgangsstufe		USt	USt	USt	USt	USt	USt
#Schüler	19	22	22	20	12	20	20

Tabelle 6.8: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 10<sub>s</sub>

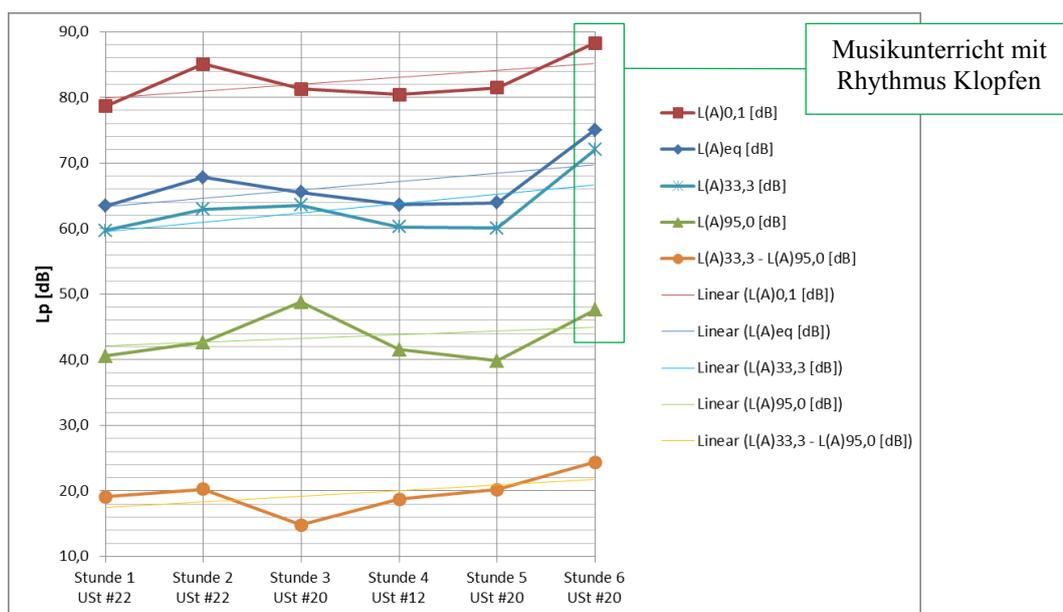


Abb. 6.23: Verlauf von  $L_{(A)0,1}$ ,  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR während Tag 10<sub>s</sub>

Am zehnten und letzten Tag der Messungen befand sich dieselbe Unterstufenklasse wie an Tag 5<sub>ns</sub> ganztags im sanierten Klassenzimmer. Der Spitzenpegel steigt von Stunde 1 zu Stunde 2 von 78.6 dB(A) auf 85.1 dB(A) an, nimmt daraufhin bis Stunde 4 ab und wird danach bis Stunde 6 wieder lauter, in welcher der Höchstwert von 88.2 dB(A) gemessen wurde. Dass generell alle Pegelverläufe in Stunde 6 ansteigen, liegt daran, dass in dieser Stunde Musik unterrichtet wurde. Während dieser Stunde gab es zahlreiche Hörbeispiele und eine Übung, bei denen die SchülerInnen den Rhythmus eines Stückes mitklopfen sollten. Vor allem diese Übung ist verantwortlich dafür, dass es in dieser Stunde vergleichsweise laut war. Allzu große Schwankungen des Arbeitsgeräuschpegels blieben an diesem Tag aus. Lediglich in der sechsten Stunde nimmt dieser stärker zu. Auch der Stimmaufwand ist an diesem Tag bei allen LehrerInnen in etwa gleich. Wird der Wert aus Stunde 6 außen vor gelassen, schwanken die Werte an diesem Tag etwa zwischen 60 dB(A) und 64 dB(A). Diese Pegel liegen alle in der Stimmaufwandsstufe *normal*. Der Grundgeräuschpegel steigt von Stunde 1 bis Stunde 3 um etwa 8 dB(A) an, wird nach der großen Pause um rund 7 dB(A) leiser und fällt in Stunde 5 um knapp 2 dB(A) ab. In Stunde 6 steigt er daraufhin wieder um knapp 8 dB(A) an. Der Grundgeräuschpegelrückgang nach der großen Pause ist an diesem Tag in erster Linie durch den Rückgang der Schülerzahl um acht Personen zu erklären. Auch der Lombard Effekt ist erneut nachweisbar. Der Mittelwert des SNR beträgt an diesem Tag 20.0 dB(A). Von Stunde 1 zu Stunde 2 wird er besser und in der dritten Stunde wieder schlechter. Danach wird der SNR von Stunde zu Stunde wieder immer besser.

### 6.4.3 Vergleich von Tag 5<sub>ns</sub> und Tag 10<sub>s</sub>

$L_{(A)0,1}$ :

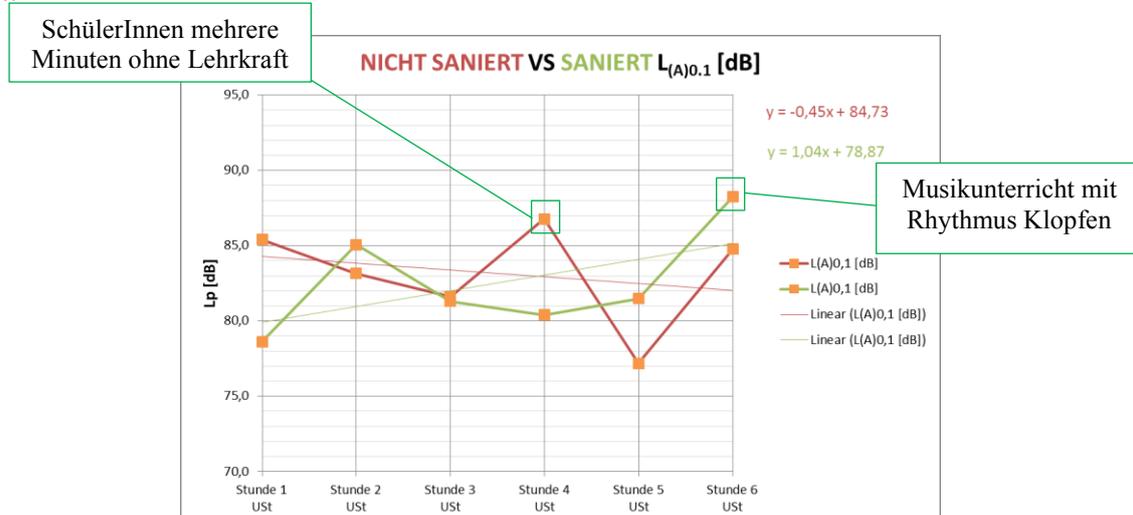


Abb. 6.24: Vergleich des  $L_{(A)0,1}$  von Tag 5<sub>ns</sub> mit dem von Tag 10<sub>s</sub>

Im Durchschnitt ist der Spitzenpegel im sanierten Raum an Tag 10<sub>s</sub> mit 83.2 dB(A) um 0.5 dB(A) geringer als der Spitzenpegel an Tag 5<sub>ns</sub> im nicht sanierten Raum, in dem er bei 83.7 dB(A) liegt (vgl. Tabelle 6.7 und Tabelle 6.8). Beim Blick auf die Gleichungen der Ausgleichsgeraden in Abb. 6.24 kann gesehen werden, dass der Spitzenpegel an Tag 10<sub>s</sub> um 1.0 dB(A) ansteigt und an Tag 5<sub>ns</sub> sogar um 0.5 dB(A) pro Stunde zurückgeht. Die Spitzenpegelkurven beider Tage schneiden sich mehrmals. Das zeigt wieder deutlich, dass der Spitzenpegel zufällig auftretende und laute Schallereignisse beschreibt.

$L_{(A)eq}$ :

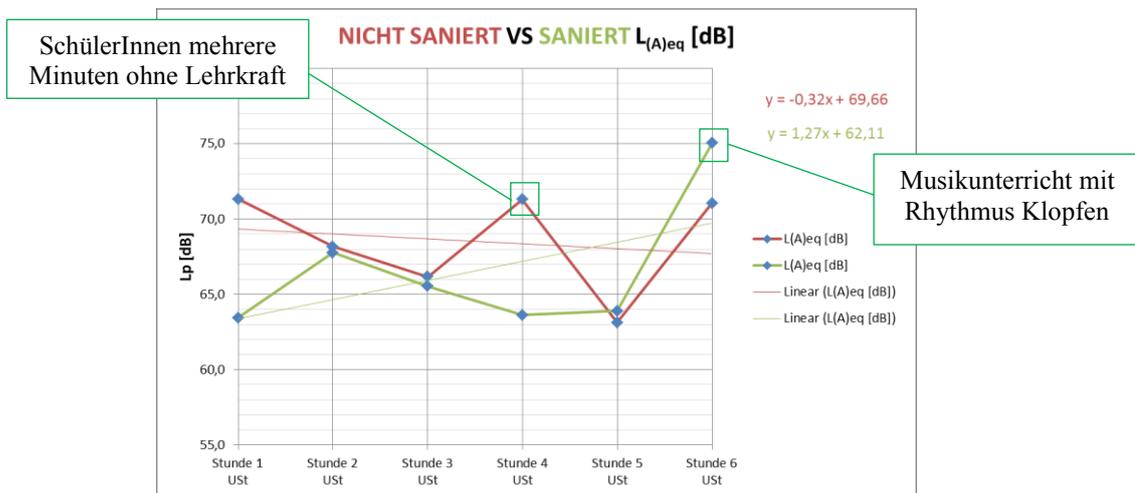


Abb. 6.25: Vergleich des  $L_{(A)eq}$  von Tag 5<sub>ns</sub> mit dem von Tag 10<sub>s</sub>

Insgesamt ist am zehnten Tag der Arbeitsgeräuschpegel 1.3 dB(A) leiser als am fünften Tag (67.7 dB(A) anstatt 69.0 dB(A)). An Tag 10<sub>s</sub> nimmt der Arbeitsgeräuschpegel im Laufe des Vormittags um etwa 1.3 dB(A) pro Stunde zu (siehe Abb. 6.25). Am fünften Tag sinkt der Arbeitsgeräuschpegel im Laufe des Vormittags mit 0.3 dB(A) pro Stunde leicht ab, was auch mit dem hohen Wert in Stunde 1 zusammenhängt. An beiden Tagen schwankt er von Stunde zu Stunde relativ stark, was sich auf die zahlreichen unterschiedlichen Unterrichtsformen an diesen beiden Tagen zurückführen lässt.

$L_{(A)33.3}$ :

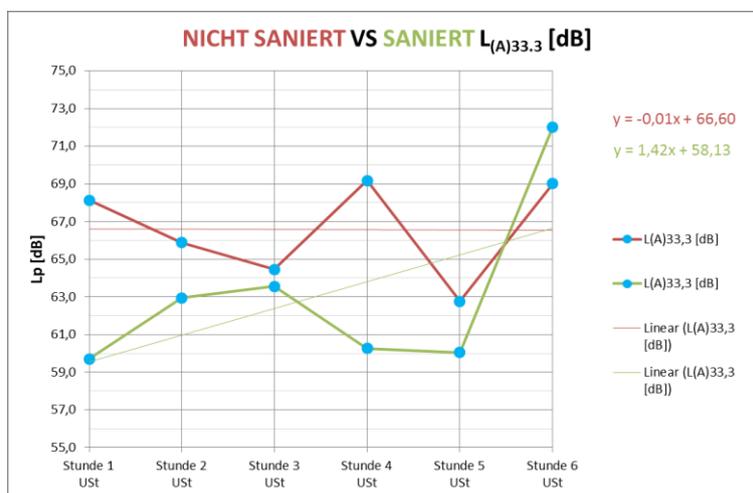


Abb. 6.26: Vergleich des  $L_{(A)33.3}$  von Tag 5<sub>ns</sub> mit dem von Tag 10<sub>s</sub>

Auch beim Stimm Aufwand sind an diesen beiden Tagen in Abb. 6.26 relativ große stündliche Schwankungen erkennbar, was wiederum dafür spricht, dass der Stimm Aufwand bei unterschiedlichen Lehrkräften variiert. Insgesamt ist der Stimm Aufwand dabei an Tag 10<sub>s</sub> mit 64.4 dB(A) um 2.5 dB(A) geringer als an Tag 5<sub>ns</sub> (66.9 dB(A)). Außer in der sechsten Stunde ist der Stimm Aufwand am zehnten Tag wieder leiser als an Tag 5<sub>ns</sub>. Bei einer Betrachtung der Trendlinien kann festgestellt werden, dass der Stimm Aufwand im nicht sanierten Raum während des gesamten Vormittags durchschnittlich gleich bleibt. Im sanierten Raum nimmt er im

Laufe des Vormittags dagegen zu und zwar stündlich etwa 1.4 dB(A), wofür mitunter der hohe Wert in Stunde 6 verantwortlich ist.

$L_{(A)95,0}$ :

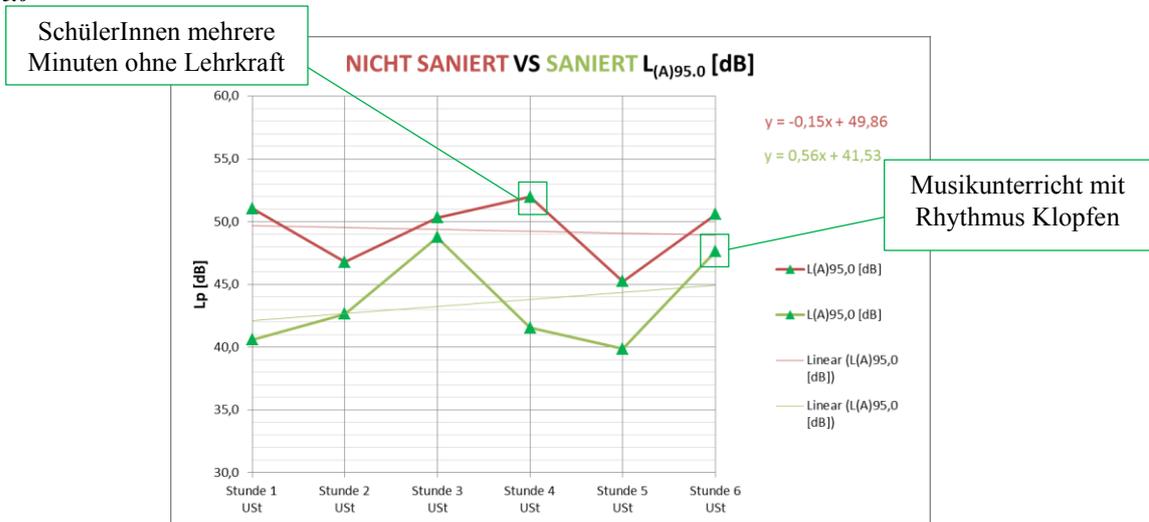


Abb. 6.27: Vergleich des  $L_{(A)95,0}$  von Tag 5<sub>ns</sub> mit dem von Tag 10<sub>s</sub>

Der Grundgeräuschpegel ist an Tag 10<sub>s</sub> generell um 5.4 dB(A) leiser als an Tag 5<sub>ns</sub> (44.2 dB(A) anstatt 49.6 dB(A)). Beim Vergleich in Abb. 6.27 fällt auf, dass er an beiden Tagen ziemlich stark schwankt. Während des Vormittags des fünften Tages nimmt der Grundgeräuschpegel tendenziell rund 0.2 dB(A) pro Stunde ab. An Tag 10<sub>s</sub> steigt er in jeder Stunde um etwa 0.6 dB(A).

**SNR:**

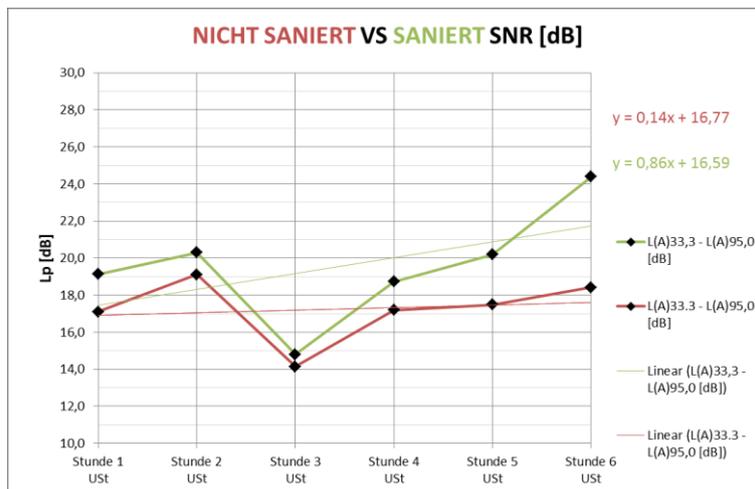


Abb. 6.28: Vergleich des SNR von Tag 5<sub>ns</sub> mit dem von Tag 10<sub>s</sub>

An Tag 10<sub>s</sub> ist der SNR mit durchschnittlich 20.0 dB(A) allgemein um etwa 2.6 dB(A) besser als an Tag 5<sub>ns</sub>, an dem er im Schnitt bei 17.4 dB(A) liegt. An Tag 5<sub>ns</sub> verbessert er sich während des Vormittags leicht um 0.1 dB(A) pro Stunde und an Tag 10<sub>s</sub> beträgt die Verbesserung etwa 0.9 dB(A) in jeder Stunde. Bei der Betrachtung des Verlaufs in Abb. 6.28 fällt auf, dass die Schwankungen des SNR von Stunde zu Stunde an beiden Tagen dieselbe Bewegung ha-

ben. Nach einer Verbesserung von Stunde 1 zu Stunde 2 verschlechtert sich der SNR in Stunde 3 wieder und steigt danach über den restlichen Vormittag wieder an.

## 6.5 Die allgemeine Schallpegelsituation im nicht sanierten und im sanierten Klassenzimmer

Den Abschluss dieses Kapitels bildet eine allgemeine Gegenüberstellung der Entwicklung der Lärmsituation im Laufe der Vormittage im nicht sanierten Raum und im sanierten Raum. Dafür wurden alle Pegelstatistiken der Vormittage im nicht sanierten Klassenzimmer und der Vormittage im sanierten Klassenzimmer zu je einer gesamten Pegelstatistik zusammengefasst. Das Ergebnis wird im Folgenden betrachtet.

### 6.5.1 Das nicht sanierte Klassenzimmer

Perzentilenwert	Mittelwert 1 - 6	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5	Stunde 6
L(A)eq [dB]	69,6	68,3	67,8	69,8	70,4	70,3	70,8
L(A)0,1 [dB]	84,9	82,4	82,5	86,8	85,0	84,5	87,1
L(A)33,3 [dB]	67,4	65,6	65,5	66,2	68,9	68,9	68,7
L(A)95,0 [dB]	50,0	47,4	48,1	48,9	51,6	51,1	51,7
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	17,5	18,2	17,4	17,3	17,3	17,8	17,0
#Schüler, Durchschnitt	21	17	22	24	20	21	22

Tabelle 6.9: tabellarische Darstellung der gemittelten Messergebnisse im nicht sanierten Raum

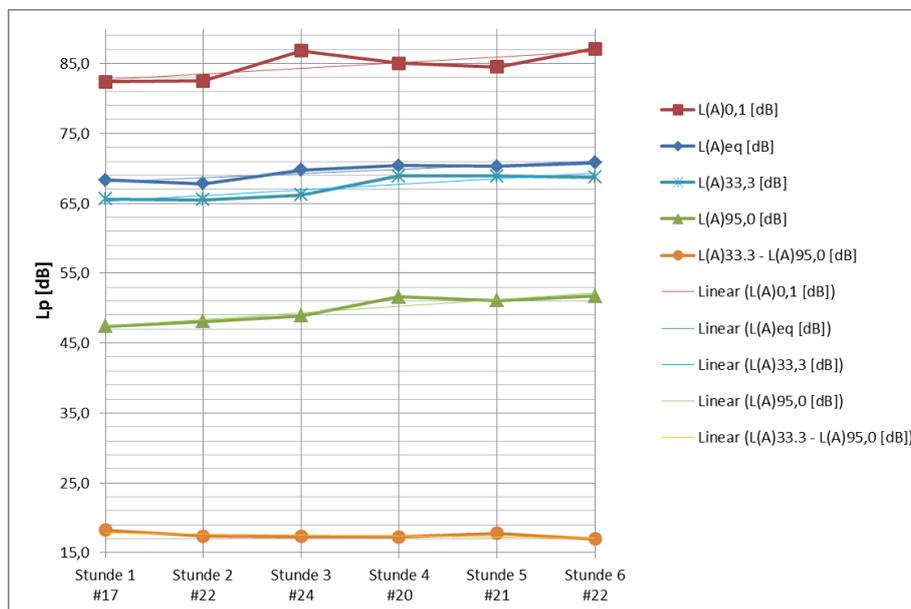


Abb. 6.29: gemittelter Verlauf von  $L_{(A)0,1}$ ,  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR während der Vormittage im nicht sanierten Raum

Bei der Betrachtung des Verlaufs der gemittelten Messwerte in Abb. 6.29 im nicht sanierten Raum fällt auf, dass alle Perzentilen während des Vormittags tendenziell ansteigen. Dass Grundgeräuschpegel und Stimmaufwand nach der großen Pause ansteigen, obwohl die durchschnittliche Schülerzahl um vier Personen sinkt, deutet darauf hin, dass es tendenziell weder den SchülerInnen noch den Lehrkräften möglich ist, sich in der viertelstündigen Pause zu er-

holen. Beim SNR ist ein leichter Rückgang im Laufe des Vormittags erkennbar. Mit durchschnittlich 17.5 dB(A) ist dieser optimal.

### 6.5.2 Das sanierte Klassenzimmer

Perzentilenwert	Mittelwert 1 - 6	Stunde 1	Stunde 2	Stunde 3	Stunde 4	Stunde 5	Stunde 6
L(A)eq [dB]	65,4	61,7	65,4	66,1	65,3	65,3	67,7
L(A)0,1 [dB]	82,0	77,3	82,7	84,6	82,3	81,2	82,4
L(A)33,3 [dB]	61,9	58,6	62,0	60,8	61,4	62,8	64,8
L(A)95,0 [dB]	43,1	39,0	43,5	43,5	43,0	44,9	43,8
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	18,9	19,6	18,5	17,3	18,5	17,9	20,9
#Schüler, Durchschnitt	21	18	23	23	22	20	19

Tabelle 6.10: tabellarische Darstellung der gemittelten Messergebnisse im sanierten Raum

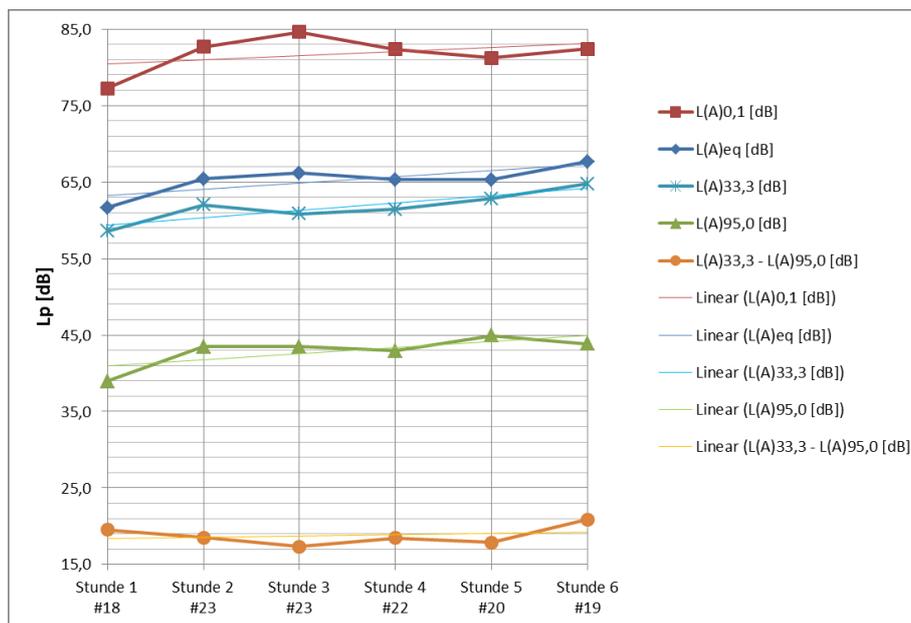


Abb. 6.30: gemittelter Verlauf von  $L_{(A)0,1}$ ,  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR während der Vormittage im sanierten Raum

In Abb. 6.30 fällt ebenfalls auf, dass die Pegel während des gesamten Vormittags ansteigen. Allerdings ist mit Ausnahme des  $L_{(A)33,3}$  bei allen Pegeln ein leichter Abfall nach der großen Pause zu erkennen. Außerdem ist immer wieder ein Rückgang zwischen anderen Stunden zu verzeichnen. Dies spricht dafür, dass es den LehrerInnen und SchülerInnen sowohl während der großen Pause als auch während den fünfminütigen Unterbrechungen möglich ist, sich zu erholen. Eine Erholung ist im Vergleich zum nicht sanierten Raum allerdings nicht so dringend nötig, da die allgemeine Schallpegelsituation im sanierten Klassenzimmer leiser ist als im nicht sanierten Klassenzimmer. Im Laufe des Vormittags steigen alle Pegel tendenziell an. Die SNR-Werte werden tendenziell von Stunde zu Stunde ebenfalls besser. Das ist ein Indiz dafür, dass die Lehrkräfte kein Problem damit haben, den Grundgeräuschpegel stimmlich zu dominieren. Im Mittel beträgt der SNR in diesem Raum 18.9 dB(A).

### 6.5.3 Vergleich des nicht sanierten und des sanierten Klassenzimmers

$L_{(A)0.1}$ :

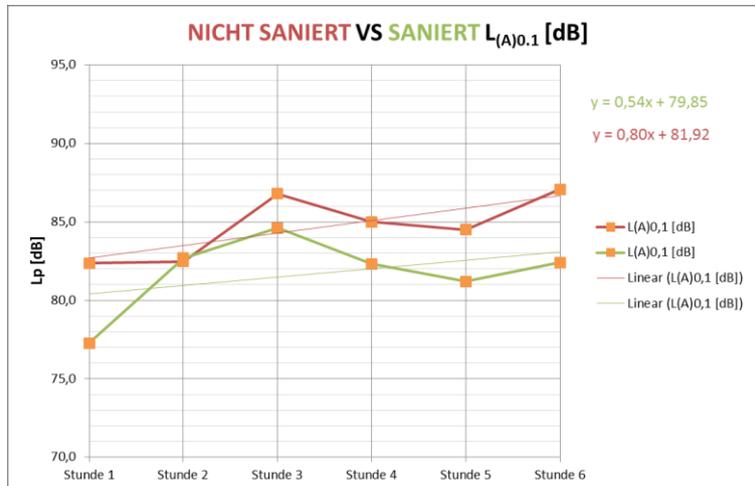


Abb. 6.31: Vergleich des  $L_{(A)0.1}$  im nicht sanierten und im sanierten Raum

Der Spitzenpegel ist im sanierten Raum generell um 2.9 dB(A) leiser als im nicht sanierten Raum. Im nicht sanierten Raum liegt er im Schnitt bei 84.9 dB(A) und im sanierten Raum bei 82.0 dB(A) (siehe Tabelle 6.9 und Tabelle 6.10). Dies zeigt deutlich, dass im sanierten Raum auch zufällige und kurz auftretende Schallereignisse deutlich leiser sind, weil sie schneller verklingen. Der Verlauf schwankt dabei von Stunde zu Stunde mal stärker und mal schwächer, was auf die Zufälligkeit des Auftretens besagter Schallereignisse zurückzuführen ist. Im nicht sanierten Raum nimmt der Spitzenpegel im Schnitt mit 0.8 dB(A) pro Stunde zu, was der Gleichung der Trendlinie in Abb. 6.31 zu entnehmen ist. Im sanierten Raum sind es etwa 0.5 dB(A) pro Stunde.

$L_{(A)eq}$ :

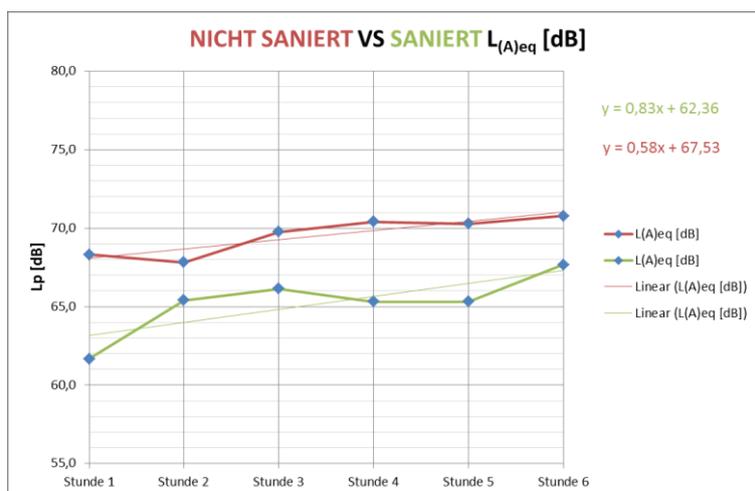


Abb. 6.32: Vergleich des  $L_{(A)eq}$  im nicht sanierten und im sanierten Raum

Der Arbeitsgeräuschpegel ist im sanierten Raum insgesamt um 4.2 dB(A) leiser als im nicht sanierten Raum. Im nicht sanierten Klassenzimmer wurde ein durchschnittlicher Arbeitsgeräuschpegel von 69.6 dB(A) gemessen und im sanierten Klassenzimmer lag der Mittelwert bei 65.4 dB(A). Im sanierten Raum steigt er mit 0.8 dB(A) pro Stunde sogar etwas stärker an als im nicht sanierten Raum (siehe Abb. 6.32). Dort sind es 0.6 dB(A) pro Stunde. Im nicht sanierten Raum ist ein leichter Rückgang nach Stunde 1 zu erkennen. Danach steigt er von Stunde zu Stunde kontinuierlich an. Im sanierten Raum ist ein Anstieg von Stunde 1 bis Stunde 3 ablesbar. Anschließend nimmt er in der großen Pause mit 0.8 dB(A) leicht ab und steigt daraufhin bis Stunde 6 wieder an. Allgemein lässt sich durch die Pegelreduktion von 4.2 dB(A) darauf schließen, dass der Arbeitsgeräuschpegel pro 0.1 Sekunden Nachhallzeitverkürzung um 0.91 dB(A) abnimmt. Wie aus Kapitel 5.5 bekannt ist, hat der nicht sanierte Klassenraum im besetzten Zustand eine mittlere Nachhallzeit von 1.09 Sekunden und der sanierte Klassenraum eine durchschnittliche Nachhallzeit von 0.63 Sekunden, was eine Differenz von 0.46 Sekunden ergibt.

$L_{(A)33,3}$ :

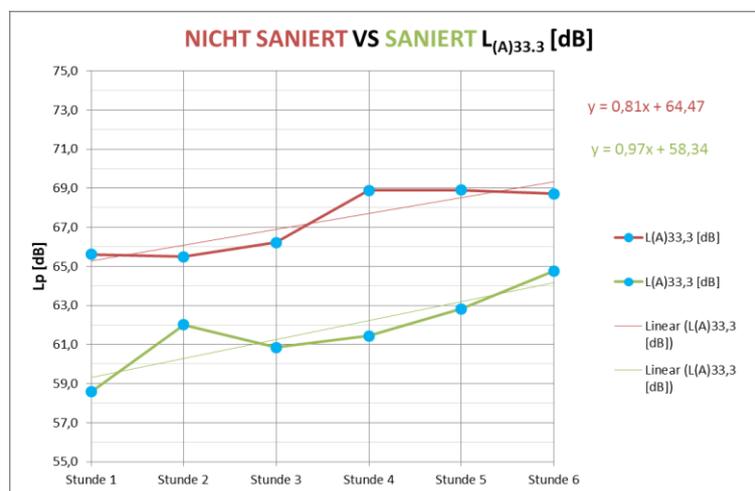


Abb. 6.33: Vergleich des  $L_{(A)33,3}$  im nicht sanierten und im sanierten Raum

Im sanierten Raum ist der benötigte Stimmaufwand der LehrerInnen im Schnitt um 5.5 dB(A) geringer. Bei einer energetischen Betrachtung, bei der eine Pegelzunahme von 6 dB(A) eine Vervierfachung der Schallenergie bedeutet, wird hier deutlich, dass die Lehrkräfte im nicht sanierten Raum annähernd die vierfache Energie beim Sprechen aufwenden müssen, um sich stimmlich durchsetzen zu können. An den Trendlinien in Abb. 6.33 lässt sich erkennen, dass der Anstieg im sanierten Raum mit etwa 1.0 dB(A) pro Stunde etwas stärker ist als im nicht sanierten Raum (0.8 dB(A) pro Stunde). Der Stimmaufwand bleibt von Stunde 1 bis 3 im nicht sanierten Raum nahezu konstant. Nach der großen Pause steigt er um 2.7 dB(A) an und verläuft daraufhin von Stunde 4 bis 6 wieder fast gleichbleibend weiter. Im Durchschnitt sprechen die Lehrkräfte im nicht sanierten Raum mit 67.4 dB(A). Das entspricht einem *erhobenen* Stimmaufwand. Im sanierten Klassenzimmer sprechen die Lehrkräfte mit einem Stimmaufwand, der durchschnittlich eine Stufe geringer ist. Der durchschnittliche Wert von 61.9 dB(A) im sanierten Raum entspricht einem *normalen* Stimmaufwand.

Dieser allgemeine Vergleich der einzelnen Tage im nicht sanierten Raum und im sanierten Raum liefert eine grobe Übersicht, wie sich der Stimmaufwand der Lehrkräfte während eines Vormittags ändert. Eine Auswertung, bei der der Stimmaufwand derselben Lehrkraft während eines gesamten Vormittags im nicht sanierten Raum und im sanierten Raum verglichen wird,

ist in Kapitel 7.2 zu finden. In diesem Kapitel wird genau untersucht, wie sich der Stimmaufwand der Lehrkraft von Stunde zu Stunde in den verschiedenen Räumen ändert. Außerdem wird erläutert, wie sich der Stimmaufwand der Lehrkraft innerhalb einer Stunde verhält.

$L_{(A)95,0}$ :

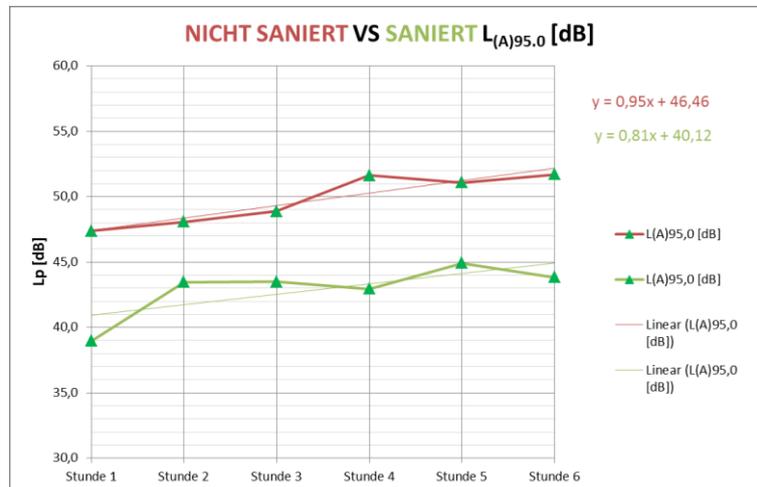
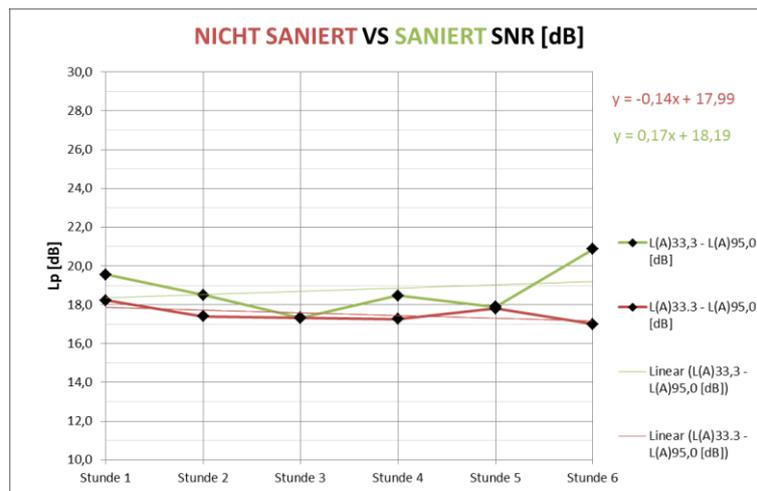


Abb. 6.34: Vergleich des  $L_{(A)95,0}$  im nicht sanierten und im sanierten Raum

Im Durchschnitt beträgt der Grundgeräuschpegel im nicht sanierten Raum 50.0 dB(A) und im sanierten Raum 43.1 dB(A). Somit ist der Grundgeräuschpegel im sanierten Raum generell 6.9 dB(A) leiser als im nicht sanierten Raum, was eine Reduktion der Schallenergie um mehr als den Faktor 4 bedeutet. Auch der stündliche Anstieg ist im sanierten Raum etwas kleiner als im nicht sanierten Raum. Im sanierten Raum sind das etwa 0.8 dB(A) pro Stunde und im nicht sanierten Raum ca. 1.0 dB(A) pro Stunde (vgl. Abb. 6.34). Im nicht sanierten Raum steigt der Grundgeräuschpegel mit einer Ausnahme von Stunde 4 zu Stunde 5 permanent an. Im sanierten Raum dagegen nimmt der Grundgeräuschpegel von Stunde 1 zu Stunde 2 zu, bleibt in der nächsten Stunde in etwa gleich und fällt nach der großen Pause in Stunde 4 wieder leicht ab. In Stunde 5 nimmt er nochmals zu und fällt in Stunde 6 wiederum ab.

Eine Auswertung, die eine detaillierte Analyse des Grundgeräuschpegels während der Vormittage beinhaltet und dabei zwischen Unter- und Oberstufe unterscheidet, folgt in Kapitel 8.

**SNR:**



**Abb. 6.35:** Vergleich des SNR im nicht sanierten und im sanierten Raum

Der SNR ist im sanierten Raum 1.4 dB(A) besser als im nicht sanierten Raum und beträgt etwa 18.9 dB(A). Im nicht sanierten Raum beträgt er im Schnitt 17.5 dB(A). Im Laufe der Vormittage im sanierten Klassenzimmer verbessert sich der Wert um knapp 0.2 dB(A) in jeder Stunde (siehe Abb. 6.35). Im nicht sanierten Raum nimmt der SNR während der Vormittage mit durchschnittlich 0.1 dB(A) pro Stunde leicht ab. Mit einem Mittelwert von 17.5 dB(A) ist die Sprachverständlichkeit der Lehrkraft aber für den gesamten Raum gewährleistet. Der generelle Rückgang des SNR während der Vormittage im nicht sanierten Klassenzimmer ist dennoch ein Zeichen dafür, dass es den Lehrkräften stündlich schwerer fällt, sich stimmlich durchzusetzen. Allerdings ist die Abnahme von 0.1 dB(A) pro Stunde sehr gering. In Kapitel 2.4 wurde erläutert, dass der Stimm- aufwand einer Lehrkraft den Grundgeräuschpegel um 15 dB(A) übersteigen muss, um im gesamten Raum optimal verstanden werden zu können. Bei dieser allgemeinen Gegenüberstellung wird klar, dass es den Lehrkräften in beiden Räumen möglich ist, den Grundgeräuschpegel stimmlich zu übertreffen, wenngleich dies im nicht sanierten Raum mit einer höheren Anstrengung verbunden ist. Eine genaue SNR-Analyse folgt in Kapitel 9.

## 6.6 Die Streuung der Werte

	Maximalwert	Minimalwert	Mittelwert
L(A)eq [dB] nicht saniert	75,3	60,7	69,6
L(A)eq [dB] saniert	75,0	57,0	65,4
L(A)0.1 [dB] nicht saniert	92,3	73,9	84,1
L(A)0.1 [dB] saniert	91,0	72,6	82,0
L(A)33.3 [dB] nicht saniert	74,2	57,5	67,4
L(A)33.3 [dB] saniert	72,0	54,4	61,9
L(A)95.0 [dB] nicht saniert	56,6	32,8	50,0
L(A)95.0 [dB] saniert	50,2	32,2	43,1
SNR [dB] nicht saniert	27,4	14,1	17,5
SNR [dB] saniert	27,1	14,8	18,9

**Tabelle 6.11:** Maximal-, Minimal- und Mittelwert von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)0.1}$ ,  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR im nicht sanierten und im sanierten Raum

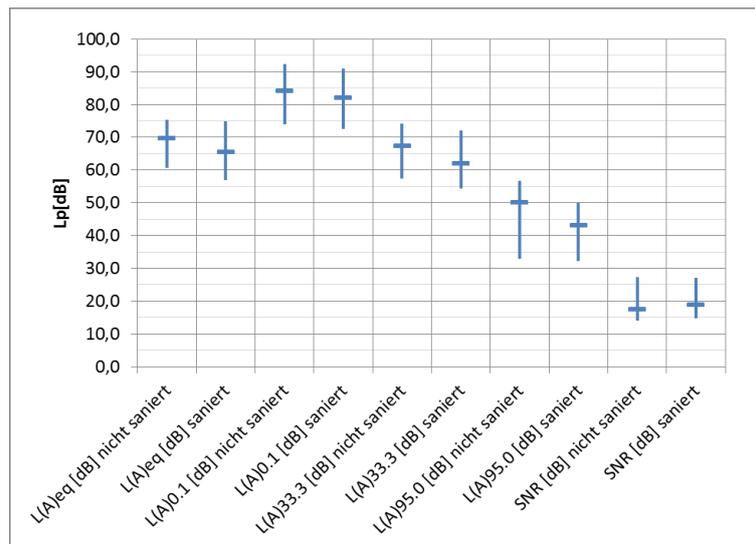


Abb. 6.36: Streuung von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)0.1}$ ,  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR im nicht sanierten und im sanierten Raum

In Abb. 6.36 ist die Streuung der Werte, die während der einzelnen Stunden gemessen wurden, dargestellt. Die Werte der dritten und vierten Stunde des siebten Tages sind in diesem Fall nicht berücksichtigt, da eine Schularbeit keine gewöhnliche Unterrichtssituation darstellt und für den nicht sanierten Raum kein passendes Vergleichsset vorliegt.

Hier kann festgestellt werden, dass die Streuung der Werte in beiden Klassenzimmern etwa gleich groß ist. Der Bereich, in dem sich die Werte bewegen, ist im sanierten Klassenraum allerdings stets um ein paar Dezibel nach unten verschoben. Das bestätigen die Mittelwerte. Im sanierten Raum liegen sie im Schnitt zwischen 2 dB(A) und 7 dB(A) unter den Ergebnissen des nicht sanierten Raums. Der einzige größere Unterschied ist beim Grundgeräuschpegel feststellbar. Seine Minimalwerte liegen zwar in beiden Räumen bei rund 32 dB(A). Der Maximalwert des nicht sanierten Raums ist mit 56.6 dB(A) allerdings deutlich höher als im sanierten Raum (50.2 dB(A)). Beim SNR ist wieder eine umgekehrte Tendenz erkennbar. Im sanierten Raum sind die Werte etwas größer als im nicht sanierten Raum.

## 6.7 Umfragen am BRG Kepler

Während die Aufnahmen am BRG Kepler durchgeführt wurden, wurde an die Lehrkräfte, die während dieser Zeit in beiden Klassenräumen unterrichteten, ein Fragebogen verteilt, der die Meinung der Lehrkräfte zum Unterricht in den beiden verschiedenen Räumen abfragt. Dieser Fragebogen, der in Kapitel 20 gefunden werden kann, wurde insgesamt an 10 Lehrkräfte verteilt. Allerdings war die Rücklaufquote mit drei Exemplaren niedrig, sodass keine statistische Auswertung möglich war. Die wichtigsten Erkenntnisse werden dennoch angesprochen. Die Fragebögen förderten die Meinung der Lehrkräfte zutage, dass der Lärmpegel während des Unterrichts im nicht sanierten Raum höher war als im sanierten Raum und dass der Unterricht im nicht sanierten Raum stärker durch Lärm beeinflusst wurde. Zudem konnte festgestellt werden, dass dieses Ergebnis nicht nur auf die zwei ausgewählten Räume zutrifft, sondern allgemein auf die sanierten und nicht sanierten Klassenzimmer der Schule übertragen werden kann. Als Gründe, weshalb LehrerInnen den Unterricht in sanierten Räumen bevorzugen, wurde angegeben, dass die Akustik in den sanierten Räumen besser ist, die Räume somit leiser und gedämpfter sind und dass allgemein die Atmosphäre in den sanierten Klassenzimmern angenehmer ist. Bei der Frage nach dem Erschöpfungsgrad nach dem Unterricht gaben wieder-

rum alle Lehrkräfte an, dass sie nach dem Unterricht in nicht sanierten Klassenzimmern erschöpfter sind als nach dem Unterricht in sanierten Räumen. Grund hierfür war der erhöhte Lärmpegel in den nicht sanierten Räumen, wodurch das Unterrichten erschwert wird. Zudem müssen die Lehrkräfte immer wieder unterbrechen und um Ruhe bitten. Bei der Frage, ob die SchülerInnen bei der Klassenraumwahl eine Präferenz haben, wurde von einer Lehrkraft angegeben, dass auch die SchülerInnen lieber in den sanierten Räumen unterrichtet werden, da sie sich dort wohler fühlen. Die übrigen beiden Lehrkräfte konnten diese Präferenz nicht bestätigen. Allerdings ist durch den geringeren Lärmpegel in den sanierten Räumen die Konzentration höher und somit das Lernverhalten besser. Zudem wurde von einer Lehrkraft interessanterweise angemerkt, dass der Unterricht in Klassen, die aus weniger als 20 Personen bestehen, stets angenehmer ist, da der Lärmpegel dort generell leiser ist.

## 6.8 Zusammenfassung

Fasst man diese tageweisen Vergleiche letztlich zusammen, lässt sich sagen, dass die Schallpegelsituation im sanierten Raum deutlich leiser ist als im nicht sanierten Raum. Während der Auswertung zeigte sich die Tendenz, dass die Parameter, die für die Kommunikation in Klassenräumen am wichtigsten sind (Stimmaufwand, Grundgeräuschpegel und SNR), im sanierten Klassenzimmer besser ausfallen. Außerdem steigen die Pegel im Laufe des Vormittags tendenziell im sanierten Klassenraum langsamer an als im nicht sanierten Klassenraum. Nur vereinzelt kam es zu Situationen, in denen die Ergebnisse im nicht sanierten Klassenzimmer besser ausfielen. Diese Ausnahmen zeigen wiederum, dass die Raumakustik nicht der einzige Parameter ist, der die Lärmsituation bestimmt. Beispielsweise sind das Sozialverhalten der SchülerInnen oder die Autorität der Lehrkraft weitere Faktoren, die den Lärmpegel in Klassenräumen entscheidend verändern können. Die folgende Tabelle 6.12 vergleicht die Mittelwerte der Messergebnisse für das nicht sanierte und das sanierte Klassenzimmer miteinander.

	Nicht sanierter Raum	Sanierter Raum	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	69.6	65.4	-4.2
$L_{(A)0.1}$ [dB]	84.9	82.0	-2.9
$L_{(A)33.3}$ [dB]	67.4	61.9	-5.5
$L_{(A)95.0}$ [dB]	50.0	43.1	-6.9
SNR [dB]	17.5	18.9	+1.4

**Tabelle 6.12:** Vergleich der gemessenen Mittelwerte von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)0.1}$ ,  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR im nicht sanierten und im sanierten Raum

Dieses Kapitel lieferte einen allgemeinen Überblick über die Lärmsituation in beiden Klassenräumen. Allerdings wurde bis jetzt noch keine Rücksicht auf das Alter der SchülerInnen oder auf die Unterrichtsform genommen. Außerdem bezogen sich die betrachteten Werte stets nur auf eine gesamte Stunde. Wie sich allerdings der Grundgeräuschpegel oder der Stimmaufwand innerhalb einer Stunde verhält, wurde noch nicht untersucht. Daher folgen in den kommenden Kapiteln weitere Untersuchungen, die diese und weitere Faktoren berücksichtigen. Teilweise wurde im Laufe dieses Kapitels bereits auf die entsprechenden Kapitel verwiesen. Das folgende Kapitel 7 erläutert, weshalb der  $L_{(A)33.3}$  als Repräsentant für den Stimmaufwand angesehen werden kann. Außerdem beinhaltet es eine detaillierte Analyse des Stimmaufwands der Lehrkraft, die am ersten und sechsten Tag ganztätig in den beidem Räumen unterrichtete. Zugleich werden die Stimmaufwandsschwankungen innerhalb der einzelnen Stunden betrachtet.

## 7 Analyse des Stimmaufwands

### 7.1 Der $L_{(A)33.3}$ als Stimmaufwand

Nachdem es nicht zufriedenstellend möglich war, mit dem Ansteckmikrofon, das die Lehrkräfte während der Mehrkanalmitschnitte am Kragen trugen, den jeweiligen Stimmaufwand zu bestimmen, da das Signal häufig durch Interferenzen gestört wurde und der Abstand des Mikrofons vom Mund von Lehrkraft zu Lehrkraft stets variierte, wird in diesem Kapitel gezeigt, dass der Stimmaufwand allgemein durch den  $L_{(A)33.3}$ , also den Schalldruckpegel, der in 33.3 % der Messzeit überschritten wurde, repräsentiert werden kann.

#### 7.1.1 Auswertung kurzer Lehrervortragsabschnitte

Zu Beginn wurden mehrere kurze Passagen, in denen verschiedene Lehrkräfte ein oder zwei Sätze hintereinander ohne Unterbrechung und ohne sonstige Störgeräusche im Hintergrund sprechen, aus den Aufnahmen ausgewählt. Diese Passagen wurden sowohl aus den Aufnahmen im nicht sanierten Raum als auch aus denen im sanierten Raum ausgesucht. Exemplarisch werden in diesem Kapitel zwei verschiedene Passagen betrachtet, die von zwei unterschiedlichen Lehrkräften gesprochen wurden. Da diese Passagen lediglich die Lehrerstimme ohne sonstige Nebengeräusche enthalten, kann in diesem Fall zunächst der  $L_{(A)eq}$  als Stimmaufwand des jeweiligen Sprechers angenommen werden. Da zudem die Lehrkräfte am Schreibtisch saßen, bzw. vor der Tafel standen, betrug der Abstand zu den Mikrofonen, die in der ersten Reihe aufgebaut waren, in etwa einen Meter, was dem Abstand entspricht, in dem der Stimmaufwand<sup>36</sup> gemessen wird. Während der Auswertung wurde für jeden Abschnitt eine Pegelstatistik angefertigt. In dieser Pegelstatistik wurde daraufhin überprüft, welchem Perzentilenwert der jeweilige  $L_{(A)eq}$  am besten entspricht. Dabei wird relativ schnell deutlich, dass der  $L_{(A)eq}$  sowohl an den Messpunkten 1 und 2, also den Mikrofonen, die vor der ersten Reihe aufgebaut waren, als auch an den Messpositionen 3 und 4 (die Mikrofone vor der zweiten Reihe), sehr gut mit dem  $L_{(A)33.3}$  übereinstimmt. Die Abweichungen betragen maximal 0.3 dB(A). Die Messpositionen 5 bis 8 werden im Folgenden vorerst nicht weiter beachtet, da sie in diesen Fällen deutlich weiter als einen Meter von der Lehrkraft entfernt waren. Der erste Abschnitt wurde aus der vierten Stunde des zweiten Tages gewählt und hat eine Länge von 22 Sekunden.

---

<sup>36</sup> Siehe Anhang B: Stimmaufwandstabelle nach ÖNORM EN ISO 9921

	MP 1	MP 2	MP 3	MP 4
$L_{(A)eq}$	60,8 dB	57,6 dB	58,2 dB	57,8 dB
$L_{(A)0,1}$	69,1 dB	65,7 dB	65,8 dB	65,6 dB
$L_{(A)1,0}$	68,3 dB	64,7 dB	64,8 dB	64,5 dB
$L_{(A)10,0}$	64,3 dB	61 dB	61,8 dB	61,2 dB
$L_{(A)33,3}$	60,8 dB	57,6 dB	58,5 dB	58,1 dB
$L_{(A)50,0}$	59,3 dB	55,9 dB	56,9 dB	56,5 dB
$L_{(A)66,6}$	57,6 dB	54,6 dB	55,3 dB	55 dB
$L_{(A)90,0}$	52,7 dB	50,8 dB	50,9 dB	50,9 dB
$L_{(A)95,0}$	50,5 dB	49 dB	49,1 dB	48,8 dB
$L_{(A)99,0}$	47,4 dB	46,4 dB	46,3 dB	46,1 dB
$L_{(A)99,9}$	40,2 dB	36 dB	35,6 dB	35,6 dB

Tabelle 7.1: tabellarische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 1<sub>kurz</sub>

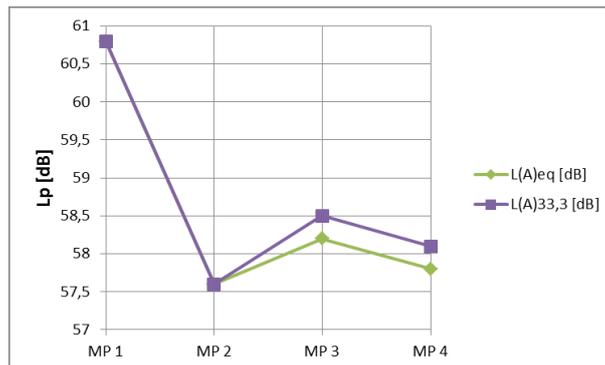


Abb. 7.1: grafische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 1<sub>kurz</sub>

Anhand Tabelle 7.1 und Abb. 7.1 zeigt sich, dass der  $L_{(A)eq}$  an den Messpositionen 1 und 2 genau mit dem  $L_{(A)33,3}$  übereinstimmt. An den Messpositionen 3 und 4 sind leichte Abweichungen von 0.3 dB(A) auszumachen. Um herauszufinden, bei welchem Perzentilenwert der jeweilige  $L_{(A)eq}$  genau liegt, wird nun ein Blick auf die Histogramme und die kumulativen Summen an den Messpositionen des Abschnitts geworfen. In diesen Grafiken (Abb. 7.2 bis Abb. 7.5 und Abb. 7.7 bis Abb. 7.10) ist jeweils der gemessene  $L_{(A)eq}$  markiert. Dies ist der X-Wert in dem Kästchen. Der Y-Wert stellt dabei dar, an welcher Position der kumulativen Summe sich der X-Wert befindet. Exemplarisch wird Abb. 7.2 betrachtet. Der  $L_{(A)eq}$  beträgt an Messpunkt 1 60.8 dB(A). Dieser Wert ist auf der X-Achse markiert. Der Y-Wert stellt nun den Wert der kumulativen Summe dar. In diesem Fall beträgt er 0.6765, was 67.7 % entspricht. Dieser Prozentwert beschreibt die Häufigkeit, mit der die Schalldruckpegel, die links dieser Markierung sind, während der Messzeit insgesamt auftreten. Umgekehrt ist dies also der Schalldruckpegel, der nur in 33.3 % der Messzeit überschritten wird. In diesem Fall stimmt der  $L_{(A)eq}$  mit dem  $L_{(A)33,3}$  also genau überein. Dieses Ergebnis ist auch in Tabelle 7.1 zu sehen. Auf diese Art kann auch in den übrigen Abbildungen der genaue Perzentilenwert bestimmt werden.

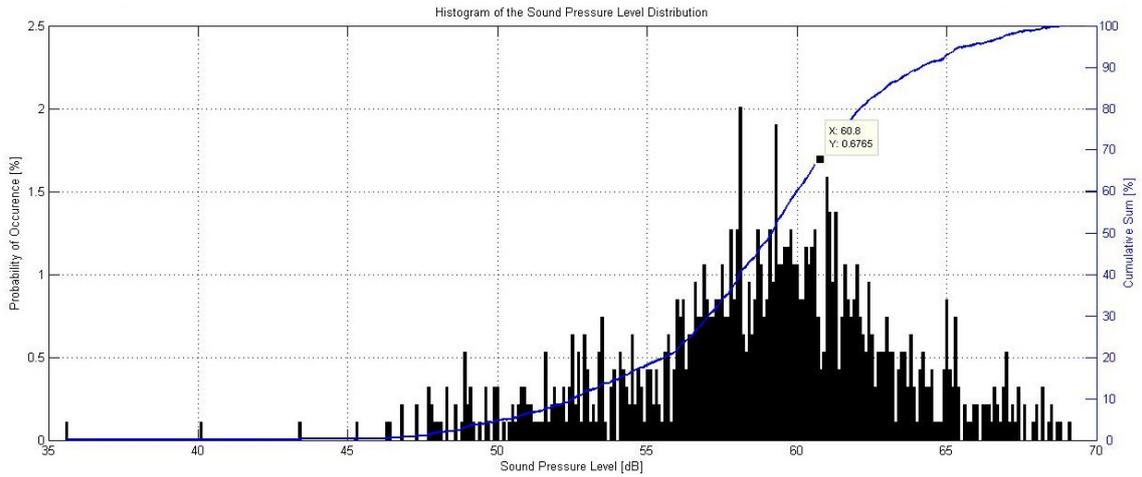


Abb. 7.2: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 1 für Abschnitt 1<sub>kurz</sub>

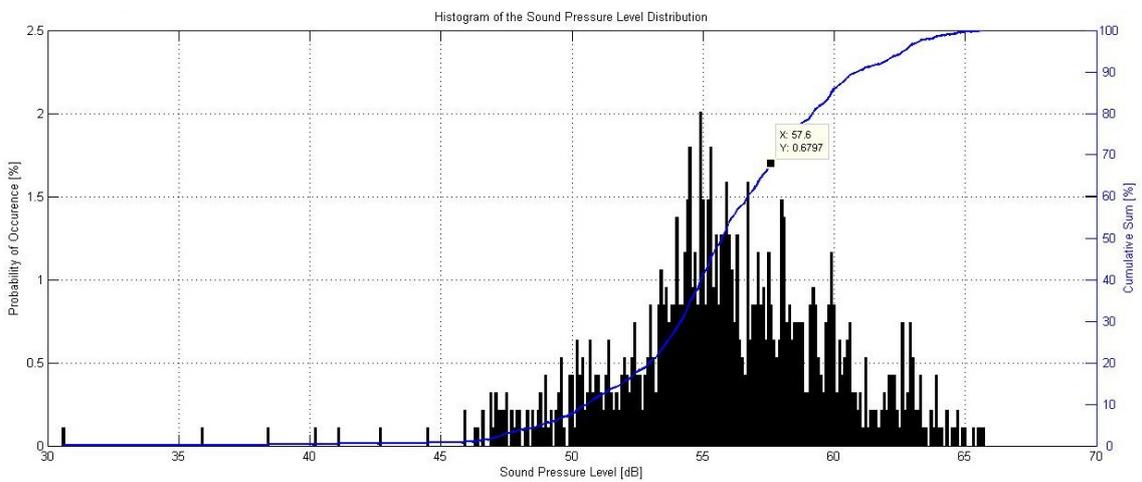


Abb. 7.3: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 2 für Abschnitt 1<sub>kurz</sub>

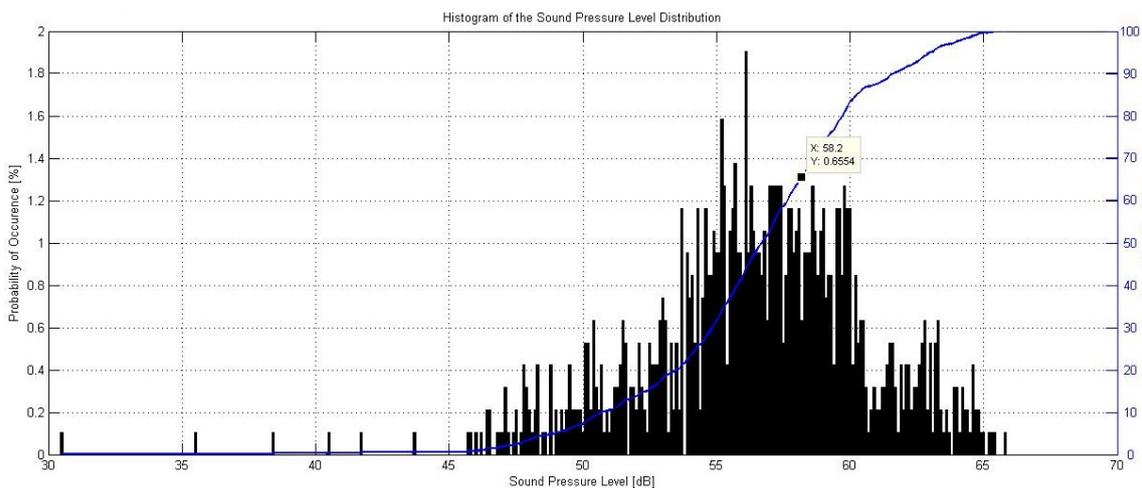


Abb. 7.4: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 3 für Abschnitt 1<sub>kurz</sub>

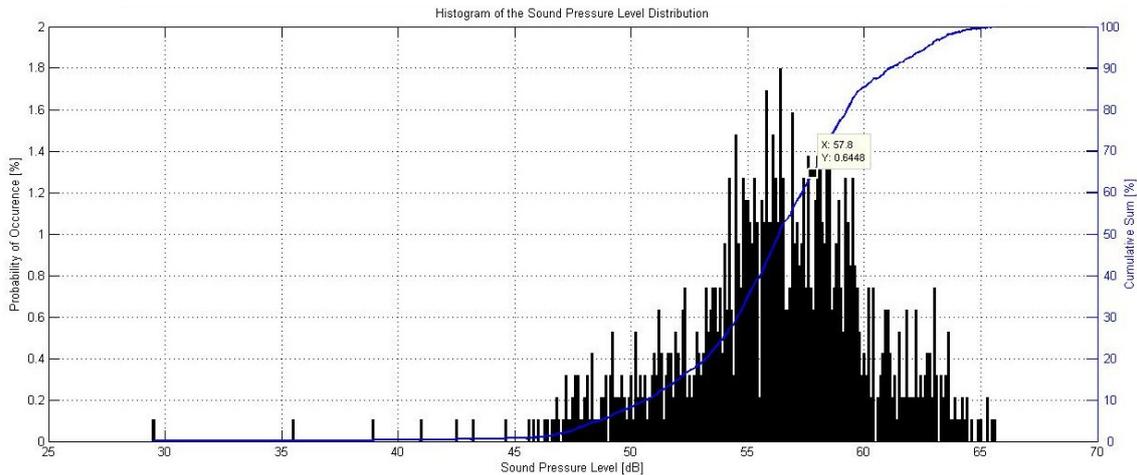


Abb. 7.5: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 4 für Abschnitt 1<sub>kurz</sub>

An MP 1 stimmt der  $L_{(A)eq}$  also exakt mit dem  $L_{(A)33,3}$  überein (vgl. Abb. 7.2). An MP 2 entspricht der  $L_{(A)eq}$  dem  $L_{(A)32,0}$  (vgl. Abb. 7.3), an MP 3 dem  $L_{(A)34,5}$  (vgl. Abb. 7.4) und an MP 4 schließlich gleicht er dem  $L_{(A)35,5}$  (vgl. Abb. 7.5). Dass das Ergebnis an MP 2 leicht von dem abweicht, das in Tabelle 7.1 zu finden ist, bei dem eine exakte Übereinstimmung gefunden wurde, liegt daran, dass es sich hier um recht kurze Ausschnitte handelt und somit die prozentuale Auflösung gegebenenfalls gröber ausfällt. Daher können mehrere unterschiedliche Perzentilenwerte denselben Schalldruckpegel beinhalten.

Nun wird der zweite Abschnitt analysiert. Dieser Abschnitt hat eine Länge von sieben Sekunden und entstammt den Aufnahmen der sechsten Stunde des fünften Tages.

MP 1		MP 2		MP 3		MP 4	
$L_{(A)eq}$	69,7 dB	$L_{(A)eq}$	68,8 dB	$L_{(A)eq}$	67,8 dB	$L_{(A)eq}$	67,6 dB
$L_{(A)0,1}$	78,2 dB	$L_{(A)0,1}$	76,4 dB	$L_{(A)0,1}$	76 dB	$L_{(A)0,1}$	75,8 dB
$L_{(A)1,0}$	77,9 dB	$L_{(A)1,0}$	76,1 dB	$L_{(A)1,0}$	75,7 dB	$L_{(A)1,0}$	75,6 dB
$L_{(A)10,0}$	73,2 dB	$L_{(A)10,0}$	72,4 dB	$L_{(A)10,0}$	71,2 dB	$L_{(A)10,0}$	70,8 dB
$L_{(A)33,3}$	69,6 dB	$L_{(A)33,3}$	68,7 dB	$L_{(A)33,3}$	67,8 dB	$L_{(A)33,3}$	67,6 dB
$L_{(A)50,0}$	67,9 dB	$L_{(A)50,0}$	67,4 dB	$L_{(A)50,0}$	66 dB	$L_{(A)50,0}$	66,1 dB
$L_{(A)66,6}$	65,9 dB	$L_{(A)66,6}$	65,2 dB	$L_{(A)66,6}$	64,2 dB	$L_{(A)66,6}$	64,4 dB
$L_{(A)90,0}$	60,8 dB	$L_{(A)90,0}$	59,9 dB	$L_{(A)90,0}$	59,4 dB	$L_{(A)90,0}$	59,4 dB
$L_{(A)95,0}$	56,3 dB	$L_{(A)95,0}$	55,7 dB	$L_{(A)95,0}$	55,7 dB	$L_{(A)95,0}$	55,5 dB
$L_{(A)99,0}$	50,8 dB	$L_{(A)99,0}$	51,3 dB	$L_{(A)99,0}$	51,2 dB	$L_{(A)99,0}$	49,8 dB
$L_{(A)99,9}$	43,5 dB	$L_{(A)99,9}$	46,9 dB	$L_{(A)99,9}$	45,2 dB	$L_{(A)99,9}$	45,7 dB

Tabelle 7.2: tabellarische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 2<sub>kurz</sub>

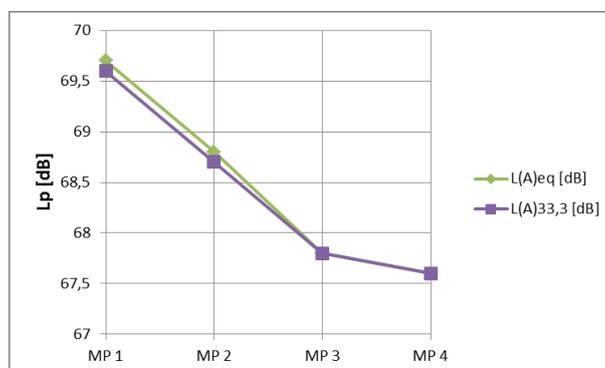
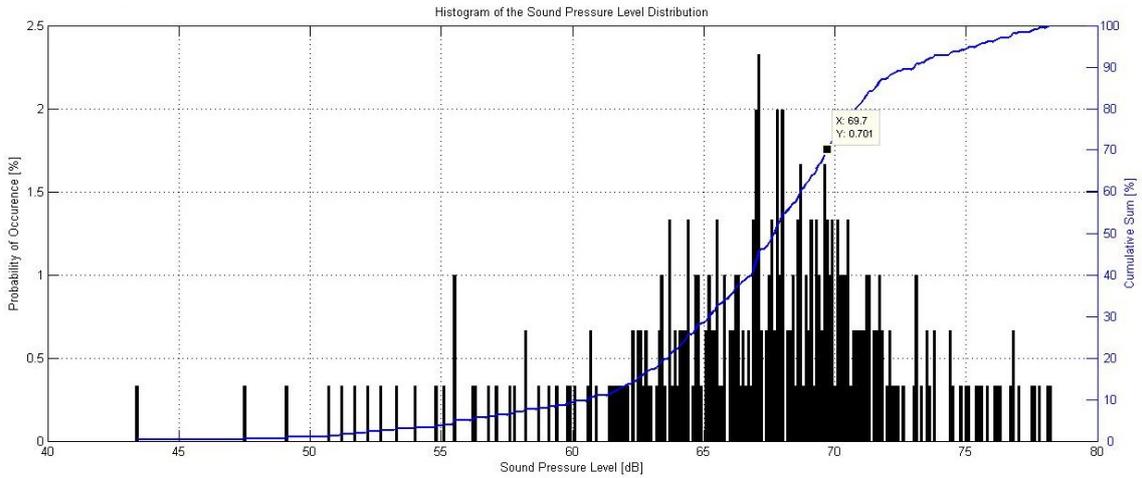


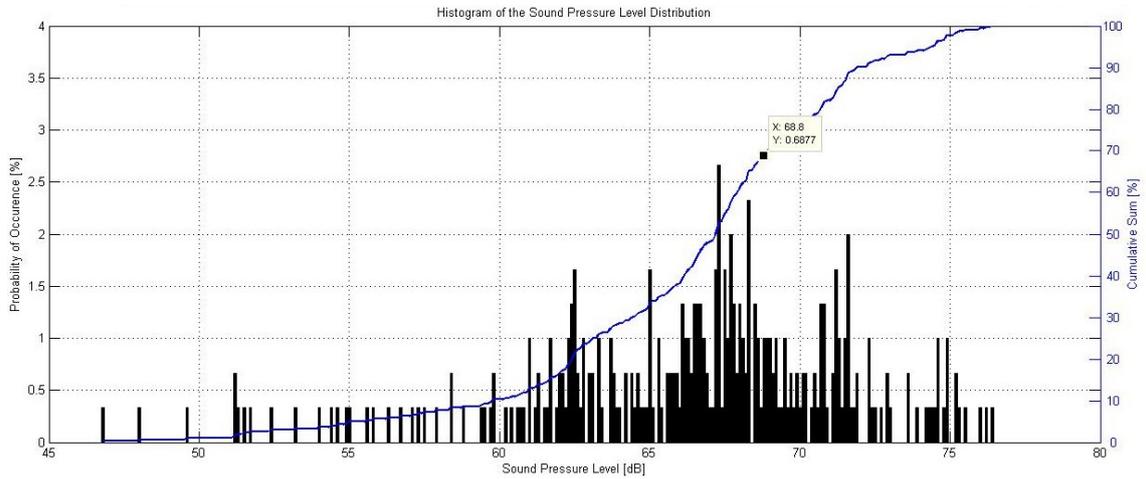
Abb. 7.6: grafische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 2<sub>kurz</sub>

Anhand Tabelle 7.2 und Abb. 7.6 ist erkennbar, dass der  $L_{(A)33,3}$  an den Messpositionen 1 und 2 um 0.1 dB(A) vom  $L_{(A)eq}$  abweicht und an den Messpunkten 3 und 4 wieder genau überein-

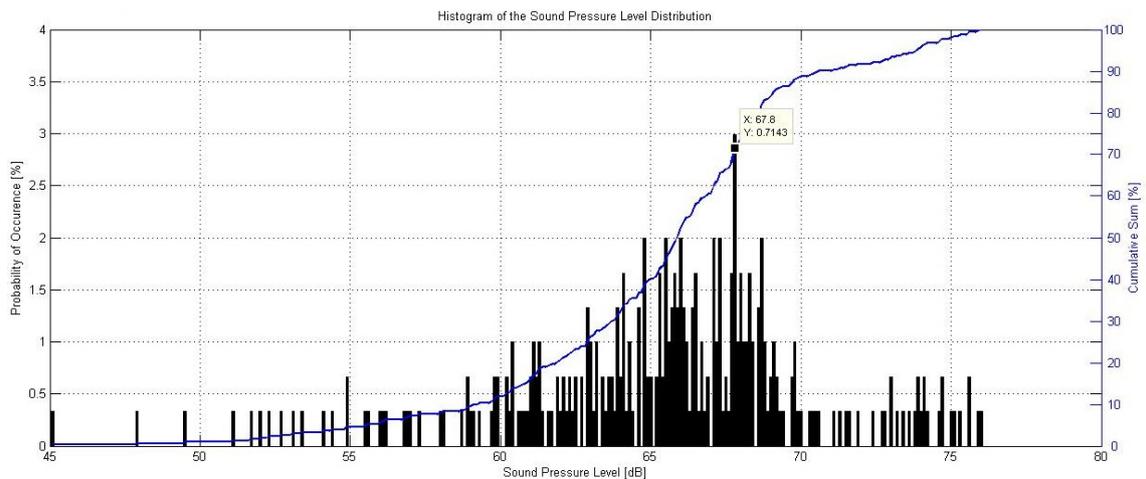
stimmt. Der Vollständigkeit halber werden auch hier die individuellen Histogramme und kumulativen Summen der jeweiligen Messpositionen betrachtet.



**Abb. 7.7:** Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 1 für Abschnitt 2<sub>kurz</sub>



**Abb. 7.8:** Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 2 für Abschnitt 2<sub>kurz</sub>



**Abb. 7.9:** Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 3 für Abschnitt 2<sub>kurz</sub>

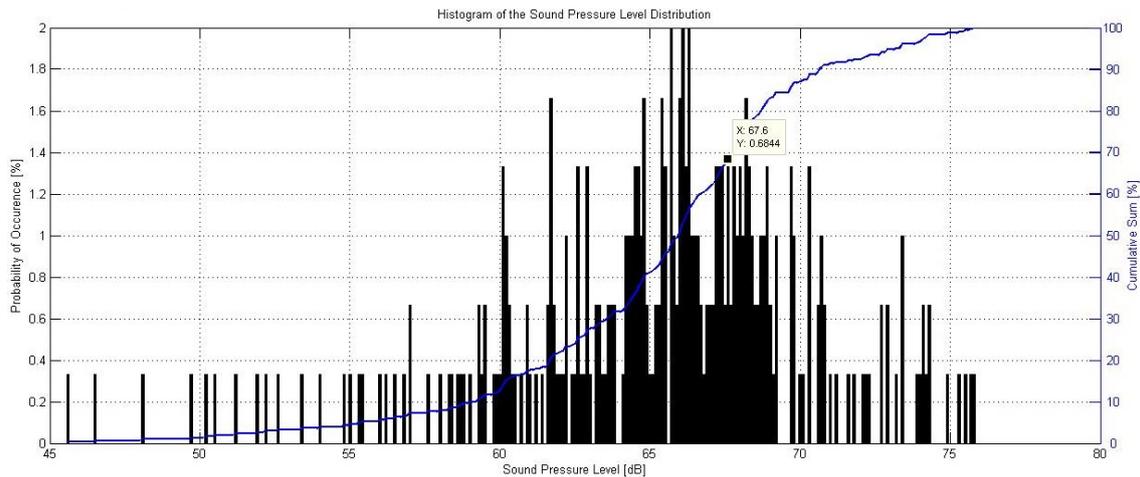


Abb. 7.10: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 4 für Abschnitt 2<sub>kurz</sub>

In diesem Beispiel gleicht der  $L_{(A)eq}$  an MP 1 dem  $L_{(A)29.9}$  (vgl. Abb. 7.7), an MP 2 dem  $L_{(A)31.2}$  (vgl. Abb. 7.8), an MP 3 dem  $L_{(A)28.6}$  (vgl. Abb. 7.9) und an MP 4 entspricht der  $L_{(A)eq}$  dem  $L_{(A)31.6}$  (vgl. Abb. 7.10). Dass die Ergebnisse an den Messpositionen 3 und 4 in diesem Fall nicht exakt mit dem  $L_{(A)33.3}$  übereinstimmen, wie es in Tabelle 7.2 der Fall ist, liegt erneut daran, dass die analysierten Abschnitte sehr kurz sind und daher die prozentuale Auflösung recht grob ist. Dennoch wird bei diesen beiden Auswertungen deutlich, dass die berechneten Perzentilenwerte nie mehr als 5 % vom  $L_{(A)33.3}$  abweichen. Da der  $L_{(A)33.3}$  zudem in der Häufigkeitsanalyse der Pegel ist, der in diesem Prozentbereich am weitesten verbreitet ist, wird dieser Wert verwendet, um den Stimmumfang darzustellen.

### 7.1.2 Auswertung längerer Lehrervortragsabschnitte

Als nächstes werden längere Lehrervortragsausschnitte genauer betrachtet, um herauszufinden, ob die eben aufgestellte Hypothese dort auch noch haltbar ist. Bei diesen Ausschnitten kommt es vor, dass Hintergrundgeräusche und Zwischenrufe der SchülerInnen vernommen werden können und dass die Lehrkraft in ihrem Vortrag kurz innehält. Erneut werden zwei unterschiedliche Abschnitte betrachtet. Der folgende Abschnitt ist der zweiten Stunde des zweiten Tages entnommen und hat eine Länge von einer Minute und dreißig Sekunden.

Perzentilenwert	Mittelwert 1 - 8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	62,2	63,2	64	62	60,4	62,6	62,7	61,6	60,9
$L_{(A)0,1}$ [dB]:	72,5	73,2	74,3	71,7	70,9	73,3	72,8	72,1	71
$L_{(A)1,0}$ [dB]:	70,1	70,7	72,1	69,6	68,3	70,4	70,8	69,4	68,5
$L_{(A)10,0}$ [dB]:	66,0	67,1	67,8	65,8	64,2	66,4	66,4	65,3	64,6
$L_{(A)33,3}$ [dB]	62,4	63,4	64	62,2	60,7	62,7	62,8	61,8	61,2
$L_{(A)50,0}$ [dB]:	60,3	61,3	61,9	60	58,6	60,5	60,6	59,8	59
$L_{(A)66,6}$ [dB]:	57,6	58,6	59,3	57,4	56	57,7	57,9	57,4	56,4
$L_{(A)90,0}$ [dB]:	50,7	51,4	51,7	50,3	49,5	50,6	50,7	51,1	50
$L_{(A)95,0}$ [dB]:	46,4	47,4	47,4	45,9	45,5	46,2	46,3	46,8	45,6
$L_{(A)99,0}$ [dB]:	41,3	43	42,5	40,1	41	40,5	40,7	41,8	40,3
$L_{(A)99,9}$ [dB]:	39,7	41,1	41,5	38,5	39,9	38,8	38,7	39,4	38,9

Tabelle 7.3: tabellarische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 3<sub>lang</sub>

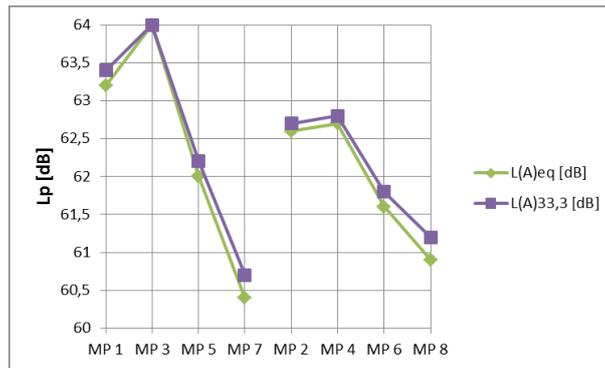


Abb. 7.11: grafische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 3<sub>lang</sub>

Bei diesem längeren Abschnitt ist zu erkennen, dass die Abweichung von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)33,3}$  an den Messpunkten 1 bis 4 maximal 0.2 dB(A) beträgt und die Differenz an den Messpunkten 5 bis 8 0.3 dB(A) nicht überschreitet. In diesem Ausschnitt waren teilweise deutlich die SchülerInnen und andere Hintergrundgeräusche zu hören. Da Lehrkräfte bisweilen im Klassenraum umhergehen und nicht ausschließlich am Schreibtisch sitzen oder vor der Tafel stehen, werden hier ebenfalls die hinteren Messpositionen betrachtet, um das Verhalten dort beurteilen zu können. Die Form der Darstellung, dass zuerst die ungeraden Messpunkte und dann die geraden Messpunkte dargestellt sind, hat den Sinn, dass so der Schalldruckpegelabfall von vorne nach hinten deutlich gezeigt werden kann. Ein zweites längeres Beispiel aus der zweiten Stunde von Tag 8<sub>s</sub> bestätigt dies ebenfalls. Die Länge dieses Abschnitts beträgt eine Minute.

Perzentilenwert	Mittelwert 1 - 8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
L(A)eq [dB]:	61,4	64,3	62,1	60,5	58,2	63,3	62,1	60,6	58,1
L(A)0,1 [dB]:	71,6	74,4	72,5	70,4	67,7	72,2	73,5	71,4	68,9
L(A)1,0 [dB]:	69,7	72,7	70,8	68,9	65,7	71,1	70,8	69,1	66
L(A)10,0 [dB]:	65,5	68,7	66,1	64,6	62,5	67,7	66	64,5	62,1
L(A)33,3 [dB]:	61,4	63,9	62	60,5	58,4	63,3	62,3	60,8	58,2
L(A)50,0 [dB]:	58,7	61,3	59,3	57,9	55,8	60,7	59,4	58,2	55,7
L(A)66,6 [dB]:	55,3	57,4	56	54,5	52,6	56,9	56,1	55,1	52,1
L(A)90,0 [dB]:	45,6	46,4	45,6	45,5	42,9	46,9	47	46,1	43
L(A)95,0 [dB]:	42,4	43,6	42,9	42,1	40,2	43	43,6	43	40
L(A)99,0 [dB]:	37,5	39,1	38	38,9	35,1	37,8	38,6	36,9	34,6
L(A)99,9 [dB]:	35,3	38,2	36,2	37,7	33	34,9	34,6	33,9	32

Tabelle 7.4: tabellarische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 4<sub>lang</sub>

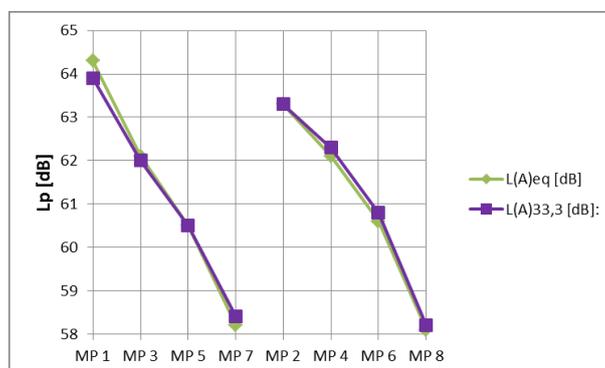


Abb. 7.12: grafische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 4<sub>lang</sub>

Auch bei diesem Beispiel stimmen beide Kurven sehr gut überein. Die maximale Abweichung beträgt an den Messpositionen 1 bis 4 0.4 dB(A) und an den Messpunkten 5 bis 8 sogar lediglich 0.2 dB(A). Somit kann an diesen beiden Ausschnitten gesehen werden, dass auch bei län-

geren Lehrervorträgen, die Zwischenrufe oder sonstige Geräusche enthalten, die Hypothese, dass der Stimmaufwand durch den  $L_{(A)33.3}$  repräsentiert werden kann, standhält.

Nun stellt sich abschließend die Frage, wieso der Stimmaufwand nicht generell mit dem  $L_{(A)eq}$  beschrieben wird, wenn doch vom  $L_{(A)eq}$  bisher stets auf den  $L_{(A)33.3}$  geschlossen wurde. Dass der  $L_{(A)eq}$  und der  $L_{(A)33.3}$  in etwa gleich groß sind, ist nur bei kurzen Passagen der Fall, in denen hauptsächlich die Lehrkraft spricht. Betrachtet man den  $L_{(A)eq}$  über einen längeren Zeitraum, in dem beispielsweise auch die SchülerInnen sprechen, oder eine Tafelanschrift erfolgt, ist der  $L_{(A)eq}$  stets größer als der  $L_{(A)33.3}$ . Das liegt daran, dass der  $L_{(A)eq}$  ein energetischer Pegelwert ist, in dem bei längeren Zeiträumen alle möglichen Nebengeräusche berücksichtigt sind, die im Klassenzimmer entstehen. Das ist beim  $L_{(A)33.3}$  nicht der Fall, da dieser Pegel lediglich ein statistischer Wert ist. Das kann auch in Kapitel 6 sehr deutlich gesehen werden. Dort ist der  $L_{(A)eq}$  stets größer als der  $L_{(A)33.3}$ . Daher ist es mit diesem Perzentilenwert sehr gut möglich, einen Schalldruckpegel anzugeben, der ungefähr dem Stimmaufwand der Lehrkraft in einer Stunde entspricht, auch wenn die Lehrkraft in dieser Stunde längere Zeit nichts gesagt hat, wie beispielsweise während einer Einzelarbeit. Selbstverständlich spricht eine Lehrkraft in einer Stunde zudem nicht ständig mit derselben Lautstärke. Diese variiert in einer Stunde mal stärker und mal schwächer. Das kann auch im folgenden Kapitel gesehen werden, in dem der Stimmaufwand einer Lehrkraft während eines gesamten Vormittags analysiert wird.

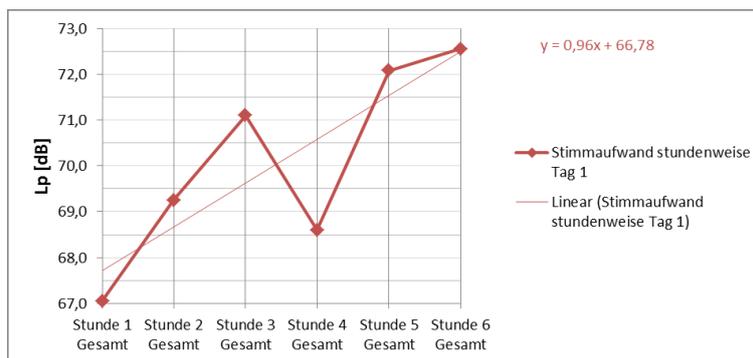
## 7.2 Stimmaufwand der Lehrkraft während des Vormittags

Für die Analyse des Stimmaufwandverlaufs während des Vormittags werden die Aufnahmen des ersten und sechsten Tages verwendet, da an diesen beiden Tagen dieselbe Lehrkraft ganztags in den beiden Klassenräumen unterrichtete. Zunächst wird analysiert, inwiefern sich der Stimmaufwand von Stunde zu Stunde ändert. Dabei wird eine ungefähre Prognose abgegeben, wie stark der Stimmaufwand pro Stunde ansteigt. Daraufhin wird untersucht, wie sich der Stimmaufwand innerhalb einer Stunde verhält. Dafür wurden aus den Aufnahmen für jede Stunde drei verschiedene Lehrervortragspassagen herausgesucht, in denen die Lehrkraft mehrere Sätze am Stück spricht. Ein Ausschnitt sollte dabei am Beginn einer Unterrichtsstunde liegen, einer etwa in der Mitte und der letzte sollte einem Zeitraum am Ende der Stunde entnommen werden. Die jeweiligen Pegel bilden den Mittelwert der Messwerte, die an den Messpositionen 1 bis 4 gemessen wurden. Die Messpositionen 5 bis 8 werden hier vernachlässigt, da die Lehrkraft in der Regel deutlich weiter als einen Meter von ihnen entfernt war. Die Messpositionen 1 und 2 dagegen waren von der Lehrkraft in etwa einen Meter entfernt, wenn sie am Schreibtisch saß oder an der Tafel stand. Die Messpositionen 3 und 4 waren etwa einen Meter von der Lehrkraft entfernt, wenn diese auf Höhe der ersten Reihe im Mittelgang stand. Zunächst wird der Stimmaufwand im nicht sanierten Raum und daraufhin im sanierten Raum analysiert. Zum Ende folgt eine Zusammenfassung, die die Ergebnisse miteinander vergleicht.

## 7.2.1 Stimmaufwand im nicht sanierten Raum

Stunde	Stunde 1 Gesamt	Stunde 2 Gesamt	Stunde 3 Gesamt	Stunde 4 Gesamt	Stunde 5 Gesamt	Stunde 6 Gesamt
von	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
bis	00:42:06	00:29:40	00:45:20	00:40:14	00:46:00	00:47:00
L(A)33.3 [dB] MP 1:	67,2	69,4	71,2	68,7	72,3	72,9
L(A)33.3 [dB] MP 2:	67,1	69,3	71,2	68,8	72,3	72,5
L(A)33.3 [dB] MP 3:	67,2	69,2	71	68,2	71,8	72,6
L(A)33.3 [dB] MP 4:	66,7	69,1	71	68,7	71,9	72,2
Mittelwert:	67,1	69,3	71,1	68,6	72,1	72,6

**Tabelle 7.5:** tabellarische Darstellung des stündlich gemessenen Stimmaufwands an Tag 1<sub>ns</sub>



**Abb. 7.13:** grafische Darstellung des stündlich gemessenen Stimmaufwands an Tag 1<sub>ns</sub>, Mittelwert

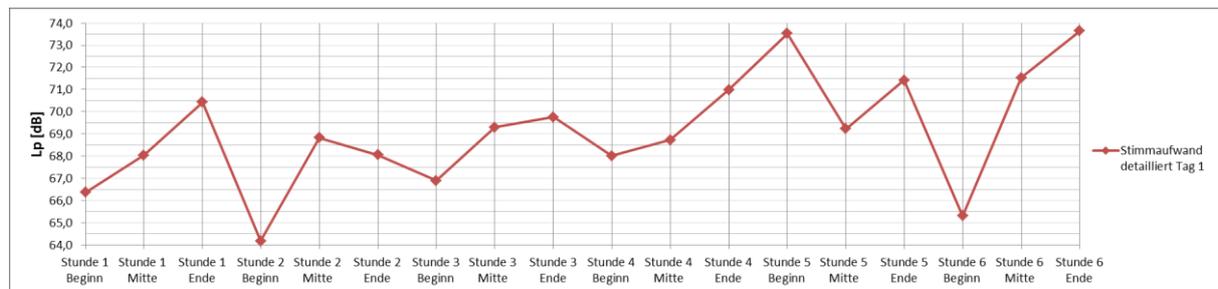
Am ersten Tag im nicht sanierten Raum beträgt der Stimmaufwand der Lehrkraft in der ersten Stunde 67.1 dB(A). In der zweiten Stunde nimmt er um 2.2 dB(A) zu und liegt im Schnitt bei 69.3 dB(A). Die zweite Stunde wird hier nur bis zur dreißigsten Minute betrachtet, da danach die SchülerInnen eine zurückgegebene Schularbeit durchsahen und miteinander verglichen. Währenddessen war es sehr laut und die Lehrkraft kommunizierte derweil lediglich mit einzelnen SchülerInnen, aber nicht vor der gesamten Klasse, weshalb dieser Zeitraum nicht berücksichtigt wird. Lediglich am Ende der Stunde sprach sie kurzzeitig erneut vor der gesamten Klasse. Dieser Abschnitt wird noch im Stimmaufwandsvergleich innerhalb der Stunden betrachtet. In der dritten Stunde sprach die Lehrkraft nochmals um 1.8 dB(A) lauter und zwar mit durchschnittlich 71.1 dB(A). Nach der großen Pause sprach die Lehrkraft mit einem durchschnittlichen Stimmaufwand von 68.6 dB(A) 2.5 dB(A) leiser als in der vorangegangenen Stunde. Da der Grundgeräuschpegel in der vierten Stunde mit 52.6 dB(A) aber etwa genauso hoch war wie in der dritten Stunde mit 52.0 dB(A) (siehe Tabelle 6.1), deutet das darauf hin, dass sich die Lehrkraft während der Pause kurzzeitig erholen und entspannen konnte. In der fünften Stunde steigert sich der Stimmaufwand allerdings wieder um 3.5 dB(A) auf 72.1 dB(A). In der sechsten Stunde nimmt der Stimmaufwand nochmal leicht um 0.5 dB(A) auf 72.6 dB(A) zu. Diese Werte liegen im *erhobenen* und *lauten* Bereich des Stimmaufwands.<sup>37</sup> Während den ersten vier Unterrichtsstunden wurde Mathematik unterrichtet und in den letzten beiden Stunden Musik. Den Großteil des Vormittags wurde der Unterricht als Lehrervortrag oder Frontalunterricht gestaltet. Nur selten wurden andere Unterrichtsformen, wie Einzel- oder Partnerarbeit, von der Lehrkraft angeordnet, sodass sie während den gesamten Stunden regelmäßig stimmlich agieren musste. Bei Betrachtung der Trendlinie in Abb.

<sup>37</sup> Siehe Anhang B: Stimmaufwandstabelle nach ÖNORM EN ISO 9921

7.13 ist erkennbar, dass sie eine Steigung von 0.96 besitzt. Daher kann darauf geschlossen werden, dass der Stimmaufwand der Lehrkraft an diesem Vormittag in jeder Stunde um durchschnittlich 1.0 dB(A) ansteigt. Außerdem ist auffällig, dass sich der Stimmaufwand von Stunde zu Stunde erhöht und lediglich nach der großen Pause zurückgeht, obwohl der Grundgeräuschpegel in diesen beiden Stunden etwa gleich laut ist, was auf eine Regenerationsphase in dieser Zeit hindeutet. Nun ändert sich der Stimmaufwand aber nicht nur von Stunde zu Stunde, sondern auch während einer Unterrichtsstunde. Diese Änderungen werden im Folgenden betrachtet.

Stunde	1			2			3			4			5			6		
	Stunde 1 Beginn	Stunde 1 Mitte	Stunde 1 Ende	Stunde 2 Beginn	Stunde 2 Mitte	Stunde 2 Ende	Stunde 3 Beginn	Stunde 3 Mitte	Stunde 3 Ende	Stunde 4 Beginn	Stunde 4 Mitte	Stunde 4 Ende	Stunde 5 Beginn	Stunde 5 Mitte	Stunde 5 Ende	Stunde 6 Beginn	Stunde 6 Mitte	Stunde 6 Ende
von	00:01:00	00:28:34	00:41:30	00:00:00	00:19:25	00:42:00	00:00:15	00:19:50	00:41:22	00:00:00	00:16:00	00:38:35	00:02:10	00:25:44	00:42:17	00:00:20	00:24:40	00:46:10
bis	00:01:35	00:28:57	00:42:00	00:02:13	00:19:50	00:42:30	00:00:45	00:20:15	00:42:22	00:01:10	00:16:30	00:39:05	00:02:40	00:26:04	00:42:37	00:01:20	00:25:10	00:46:40
L(A)33.3 [dB] MP 1:	65,7	68,7	70,1	63,9	70,1	67,4	66,7	70,2	69,3	67,7	68,9	71,7	73,7	69,4	70,8	65,1	71	73,8
L(A)33.3 [dB] MP 2:	67,3	67,8	70,7	64,1	68,5	69	66,9	69,4	69,5	68,4	69,3	70,9	73,6	69,6	72,9	65,5	71,7	74,2
L(A)33.3 [dB] MP 3:	65,9	68	69,9	64,2	68,4	67,4	67,1	69	70,1	67,7	68,4	70,4	73,6	68,7	70,5	65,3	71,7	73
L(A)33.3 [dB] MP 4:	66,5	67,6	71	64,5	68,2	68,3	66,9	68,5	70,1	68,2	68,3	70,9	73,2	69,2	71,3	65,3	71,7	73,5
Mittelwert:	66,4	68,0	70,4	64,2	68,8	68,1	66,9	69,3	69,8	68,0	68,7	71,0	73,5	69,2	71,4	65,3	71,5	73,6

**Tabelle 7.6:** tabellarische Darstellung des Stimmaufwands innerhalb der Stunden an Tag 1<sub>ns</sub>



**Abb. 7.14:** grafische Darstellung des Stimmaufwands innerhalb der Stunden an Tag 1<sub>ns</sub>, Mittelwert

Auf den ersten Blick sind relativ große Stimmaufwandsschwankungen innerhalb der Stunden zu erkennen. Dabei fällt auf, dass in der Regel die Stimme während der Stunde ansteigt und zu Beginn der nächsten Stunde wieder abfällt. Das ist ein Indiz dafür, dass es der Lehrkraft zwischen den Stunden wohl doch möglich ist, sich kurz zu erholen. Allerdings steigert sich die Stimme im Verlauf der anschließenden Stunde wieder recht stark, weshalb diese Erholungszeit nur kurze Wirkung hat. Die Lautstärkeschwankungen innerhalb einer Stunde reichen dabei von 2.9 dB(A) in der dritten Stunde bis 8.3 dB(A) in der sechsten Stunde. Die Dynamik während des gesamten Vormittags beträgt 9.4 dB(A) und reicht von 64.2 dB(A) (*normaler* Stimmaufwand) bis 73.6 dB(A) (*lauter* Stimmaufwand). Der niedrigste Wert wurde zu Beginn der zweiten Stunde gemessen und der höchste Wert am Ende der sechsten Stunde. Zum Vergleich werden nun die Ergebnisse des sechsten Tages betrachtet.

## 7.2.2 Stimmaufwand im sanierten Raum

Stunde	1	2	3	4	5	6
	Stunde 1 Gesamt	Stunde 2 Gesamt	Stunde 3 Gesamt	Stunde 4 Gesamt	Stunde 5 Gesamt	Stunde 6 Gesamt
von						
bis	00:45:20	00:48:05	00:48:12	00:41:20	00:43:30	00:34:15
L(A)33.3 [dB] MP 1:	61,5	64,6	64,3	64,9	64,5	63,6
L(A)33.3 [dB] MP 2:	61	64	63,4	64,7	65,4	63,5
L(A)33.3 [dB] MP 3:	60,1	63,4	63,2	65,3	65,5	64,2
L(A)33.3 [dB] MP 4:	59,6	63,3	63,4	64,9	65	63,8
Mittelwert:	60,6	63,8	63,6	65,0	65,1	63,8

Tabelle 7.7: tabellarische Darstellung des stündlich gemessenen Stimmaufwands an Tag 6<sub>s</sub>

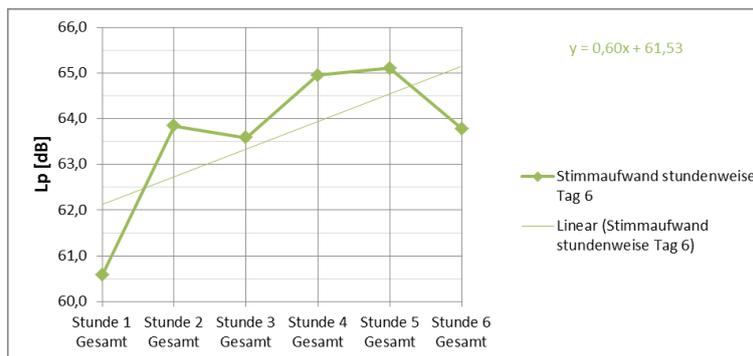


Abb. 7.15: grafische Darstellung des stündlich gemessenen Stimmaufwands an Tag 6<sub>s</sub>, Mittelwert

An Tag 6<sub>s</sub> spricht die Lehrkraft während der ersten Stunde mit einem Stimmaufwand von 60.6 dB(A). Dieser steigt in der zweiten Stunde um 3.2 dB(A) auf 63.8 dB(A) und wird daraufhin in Stunde 3 um 0.2 dB(A) leiser und beträgt rund 63.6 dB(A). Nach der großen Pause ist der Stimmaufwand 1.4 dB(A) lauter als davor und liegt in Stunde 4 bei 65.0 dB(A). In der folgenden Stunde bleibt er nahezu konstant bei 65.1 dB(A). In der sechsten Stunde wird er nochmal um 1.3 dB(A) leiser und liegt nur noch bei 63.8 dB(A). Diese stündlichen Werte liegen alle im *normalen* Bereich des Stimmaufwands. Die Unterrichtsfächer an diesem Tag waren dieselben wie schon an Tag 1<sub>ns</sub>. In den ersten vier Stunden wurde Mathematik unterrichtet und in der fünften und sechsten Stunde Musik. Auch der Unterricht gestaltete sich an diesem Tag ähnlich wie an Tag 1<sub>ns</sub>. Der überwiegende Teil der Stunde bestand aus Lehrervorträgen und Frontalunterricht. Anhand der Trendlinie in Abb. 7.15 kann gezeigt werden, dass der Stimmaufwand an diesem Tag um 0.6 dB(A) pro Stunde ansteigt. Wie sich der Stimmaufwand an diesem Vormittag innerhalb der Stunden ändert, wird als nächstes untersucht.

Stunde	1			2			3			4			5			6		
	Stunde 1 Beginn	Stunde 1 Mitte	Stunde 1 Ende	Stunde 2 Beginn	Stunde 2 Mitte	Stunde 2 Ende	Stunde 3 Beginn	Stunde 3 Mitte	Stunde 3 Ende	Stunde 4 Beginn	Stunde 4 Mitte	Stunde 4 Ende	Stunde 5 Beginn	Stunde 5 Mitte	Stunde 5 Ende	Stunde 6 Beginn	Stunde 6 Mitte	Stunde 6 Ende
von	00:03:00	00:24:33	00:42:07	00:05:20	00:27:43	00:41:21	00:03:53	00:35:32	00:46:27	00:01:50	00:27:27	00:41:03	00:03:40	00:21:00	00:35:11	00:00:00	00:14:29	00:32:05
bis	00:03:44	00:24:54	00:42:30	00:05:45	00:28:10	00:41:42	00:04:31	00:36:00	00:46:50	00:02:01	00:28:15	00:41:15	00:03:55	00:21:30	00:35:25	00:00:20	00:14:36	00:32:40
L(A)33.3 [dB] MP 1:	65,3	66,6	66,3	69,6	65,2	63,6	65,4	69,6	68,8	60,6	67,5	73,5	61,3	63,1	67,8	62,4	65,1	67,2
L(A)33.3 [dB] MP 2:	65,3	66,1	66	66,5	66,7	65,4	62,7	68,2	68,4	59,9	67	73,9	61,2	63,1	66,3	63,7	65,4	68,6
L(A)33.3 [dB] MP 3:	63,1	65,4	63,2	66,6	63,3	62,5	62,6	68	67,7	59,6	65,9	75,8	62,1	63,8	66,3	62,3	63,6	66,5
L(A)33.3 [dB] MP 4:	62,8	64,7	63,4	65,6	64,5	63	63,1	66,8	68,2	60	64,9	72,1	60,5	62,8	65,2	63,9	64,4	67,3
Mittelwert:	64,2	65,7	64,8	67,2	65,0	63,7	63,5	68,2	68,3	60,0	66,4	73,9	61,3	63,2	66,4	63,1	64,7	67,4

Tabelle 7.8: tabellarische Darstellung des Stimmaufwands innerhalb der Stunden an Tag 6<sub>s</sub>

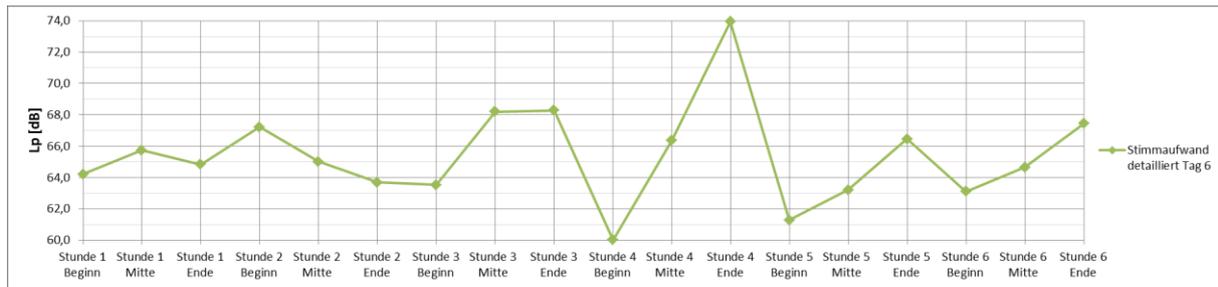


Abb. 7.16: grafische Darstellung des Stimmaufwands innerhalb der Stunden an Tag 6<sub>s</sub>, Mittelwert

Auch an diesem Tag können innerhalb der Stunden Schwankungen erkannt werden. Dass der Stimmaufwand am Ende der vierten Stunde so hoch ist, hat den Grund, dass den SchülerInnen währenddessen die Hausaufgaben diktiert wurden und die SchülerInnen gleichzeitig schon begonnen haben, ihre Sachen einzupacken. Daher hatte die Lehrkraft bei diesem Ausschnitt Probleme dabei, den Grundgeräuschpegel zu übertönen. Mit Ausnahme der vierten Stunde schwankt der Stimmaufwand zwischen 1.5 dB(A) und 5.1 dB(A) innerhalb einer Stunde. In der vierten Stunde sind es 13.9 dB(A). Das entspricht ebenfalls der Dynamik der Stimme während des gesamten Vormittags. Wird der Wert vom Ende der Stunde 4 ausgenommen, beträgt die Dynamik 8.3 dB(A) und reicht von 60.0 dB(A) bis 68.3 dB(A). Somit ist erkennbar, dass die Lehrkraft vereinzelt mit einem *erhobenen* oder *lauten* Stimmaufwand reden muss, um sich stimmlich behaupten zu können, die meiste Zeit jedoch spricht sie mit einem *normalen* Stimmaufwand. Auch an diesem Tag wird der Stimmaufwand innerhalb der meisten Stunden größer. Zu Beginn der darauffolgenden Stunde fällt er aber in der Regel wieder ab. Nach der großen Pause sinkt der Stimmaufwand sogar auf den niedrigsten gemessenen Wert dieses Vormittags, was ein Indiz dafür ist, dass die große Pause an diesem Tag genügt, um sich ausreichend zu erholen.

### 7.2.3 Vergleich des Stimmaufwands im nicht sanierten Raum mit dem im sanierten Raum

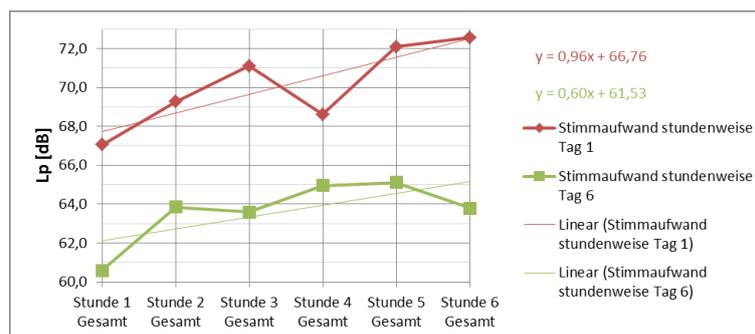
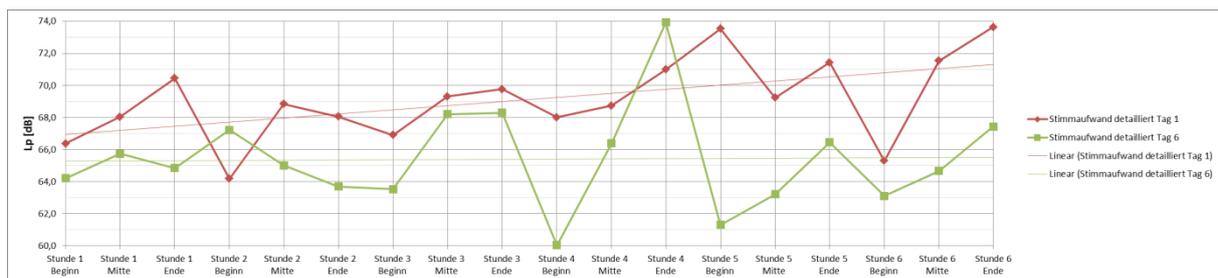


Abb. 7.17: Vergleich des stundenweise ausgewerteten Stimmaufwands an Tag 1<sub>ns</sub> und Tag 6<sub>s</sub>

In Abb. 7.17 ist ersichtlich, dass die Lehrkraft an Tag 6<sub>s</sub> ohne Ausnahme deutlich leiser spricht als an Tag 1<sub>ns</sub>. Im nicht sanierten Klassenzimmer benötigt die Lehrkraft im Schnitt einen Stimmaufwand von 70.4 dB(A), was einem *erhobenen* Stimmaufwand entspricht. Im sanierten Klassenzimmer liegt der Stimmaufwand durchschnittlich bei 63.8 dB(A) und liegt somit im *normalen* Bereich. Das bedeutet, dass die Lehrkraft im sanierten Raum im Mittel 6.6 dB(A) leiser spricht. Dieser Wert weicht leicht von dem Ergebnis ab, das in Kapitel 6.1.3 berechnet wurde (6.9 dB(A)). Das liegt daran, dass dort die Messwerte aller Messpositionen für die Berechnung herangezogen, in diesem Kapitel nur die Messwerte an den Messpositio-

nen 1 bis 4 verwendet wurden. Dennoch geht der Stimmufwand im sanierten Raum um mehr als 6 dB(A) zurück, was eine Reduzierung um eine ganze Stimmufwandsstufe bedeutet und einer Halbierung der Schalldruckpegels bzw. einer Reduktion der Sprechenergie um den Faktor 4 gleichkommt. Bei weiterer Betrachtung fällt zudem auf, dass die Trendlinie des ersten Tages schneller ansteigt als die des sechsten Tages. Die Trendlinie des ersten Tages hat eine Steigung von rund 0.96, die des sechsten Tages von rund 0.61. Daher kann gesagt werden, dass der Stimmufwand am ersten Tag um rund 1.0 dB(A) pro Stunde zunimmt und an Tag 6<sub>s</sub> lediglich etwa mit durchschnittlich 0.6 dB(A) von Stunde zu Stunde ansteigt. Dass der Stimmufwand im sanierten Klassenzimmer zudem zwischen den Stunden zurückgeht oder näherungsweise gleich bleibt, ist ein Zeichen dafür, dass sich die Lehrkraft zwischen den Stunden kurz erholen kann und somit in der darauffolgenden Stunde wieder leiser redet oder dass sie sich im Gegensatz zum Vormittag im nicht sanierten Klassenzimmer gar nicht erholen muss, da sie ohnehin viel leiser spricht. Dies wurde auch bei einem Gespräch mit der Lehrkraft am Ende des sechsten Tages deutlich. Darin sagte sie, sie fühle sich nach diesem Tag im sanierten Raum noch viel leistungsfähiger als nach dem Unterricht im nicht sanierten Raum. Nach dem ersten Tag habe sie sich deutlich entkräfteter gefühlt und sei froh gewesen, dass der Tag zu Ende war. Am sechsten Tag dagegen – so sagte sie – hätte sie kein Problem damit gehabt, noch eine oder zwei weitere Stunden zu unterrichten. Zum Schluss dieses Kapitels werden nun noch die Messwerte, die innerhalb der Stunden ermittelt wurden, miteinander verglichen.



**Abb. 7.18** Vergleich des innerhalb der Stunden ausgewerteten Stimmufwands an Tag 1<sub>ns</sub> und Tag 6<sub>s</sub>

Auch bei dem Vergleich in Abb. 7.18 fällt sofort auf, dass der Stimmufwand an Tag 6<sub>s</sub> bis auf zwei Ausnahmen stets unter dem von Tag 1<sub>ns</sub> liegt. Beim Blick auf die Ausgleichsgeraden kann erkannt werden, dass hier wieder der Stimmufwand im Laufe des Vormittags von Tag 1<sub>ns</sub> deutlich ansteigt. Am Vormittag von Tag 6<sub>s</sub> dagegen verläuft die Ausgleichsgerade in etwa konstant, was bedeutet, dass der Stimmufwand ungefähr um dieselben Werte schwankt. Mit Ausnahme von Stunde 4 sind die Schwankungen innerhalb einer einzelnen Stunde am Vormittag von Tag 6<sub>s</sub> geringer als an Tag 1<sub>ns</sub> und die Dynamik ist am sechsten Tag mit 8.3 dB(A) etwas kleiner als am ersten Tag (9.4 dB(A)), wenn die vierte Stunde des sechsten Tages von diesem Vergleich ausgenommen wird.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass die Lehrkraft an Tag 6<sub>s</sub> deutlich leiser gesprochen hat als an Tag 1<sub>ns</sub>. Im Schnitt beträgt die Reduzierung 6.6 dB(A), was einer Minderung des Stimmufwands von einer ganzen Stimmufwandsstufe entspricht. In Kapitel 5.5 wurde gezeigt, dass die Nachhallzeit im besetzten Zustand im sanierten Klassenzimmer 0.46 Sekunden kürzer ist. Im nicht sanierten Klassenzimmer lag die Nachhallzeit im besetzten Zustand bei 1.09 Sekunden und im sanierten Klassenzimmer bei 0.63 Sekunden. Allgemein lässt sich daraus ableiten, dass der Stimmufwand pro 0.1 Sekunden Nachhallzeitreduktion um 1.43 dB(A) sinkt. Im sanierten Raum steigt der Stimmufwand im Laufe des Vormittags nicht so stark an wie im nicht sanierten Raum. Allgemein hat sich während der Auswertung der Messergebnisse gezeigt, dass der Stimmufwand im nicht sanierten Raum pro Stunde um 1.0 dB(A) zu-

nimmt. Im sanierten Raum dagegen steigt er stündlich nur um durchschnittlich 0.6 dB(A) an. Somit ist der stündliche Stimmaufwandszuwachs bei einer Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden knapp 0.1 dB kleiner. Auch die Schwankungen des Stimmaufwands innerhalb einer Stunde waren meistens geringer. Dieses Ergebnis bestätigt den subjektiven Eindruck der Lehrkraft nach diesen beiden Unterrichtstagen, dass sie sich nach dem Unterricht im nicht sanierten Raum deutlich entkräfteter fühlte als nach dem Unterricht im sanierten Raum. Im folgenden Kapitel wird untersucht, wie sich der Grundgeräuschpegel verhält, wenn sich eine Klasse während des gesamten Vormittags im selben Raum aufhält.

## 8 Grundgeräuschpegel in der Ober- und Unterstufe

Dieses Kapitel vergleicht die Entwicklung des Grundgeräuschpegels während der Vormittage. Um einen validen Vergleich auswerten zu können, wurde an einem Vormittag der Unterricht derselben Oberstufenklasse im nicht sanierten Raum (Tag 2<sub>ns</sub>) und in der folgenden Woche im sanierten Raum aufgezeichnet (Tag 7<sub>s</sub>). Dasselbe wurde mit einer Unterstufenklasse wiederholt, die im nicht sanierten Raum an Tag 5<sub>ns</sub> und im sanierten Raum an Tag 10<sub>s</sub> unterrichtet wurde. Die Pausen zwischen den Stunden sind bei der Analyse nicht berücksichtigt. Zunächst wird lediglich der Verlauf im nicht sanierten und im sanierten Klassenraum für die Oberstufe betrachtet. Anschließend erfolgt dieselbe Analyse für die Unterstufe. Daraufhin werden die Ergebnisse von Ober- und Unterstufe miteinander verglichen. Für diese Analyse wurde für ein Zeitintervall von 30 Sekunden jeweils ein gemeinsamer Grundgeräuschpegel berechnet, wodurch eine detaillierte zeitliche Auflösung garantiert wird. Bei den abgebildeten Werten handelt es sich um die Mittelwerte der Messergebnisse, die an den Messpositionen 1 bis 8 gemessen wurden. Den Schluss des Kapitels bildet eine Gegenüberstellung, die die räumliche Verteilung des Grundgeräuschpegels im nicht sanierten und im sanierten Klassenraum beschreibt. Aus Platzgründen werden die Tabellen der Ergebnisse, die in den Abbildungen dargestellt sind, in diesem Kapitel weggelassen. Sie können in Kapitel 21 gefunden werden.

### 8.1 Grundgeräuschpegelverlauf am Vormittag in der Oberstufe

#### 8.1.1 Grundgeräuschpegelverlauf im nicht sanierten Raum

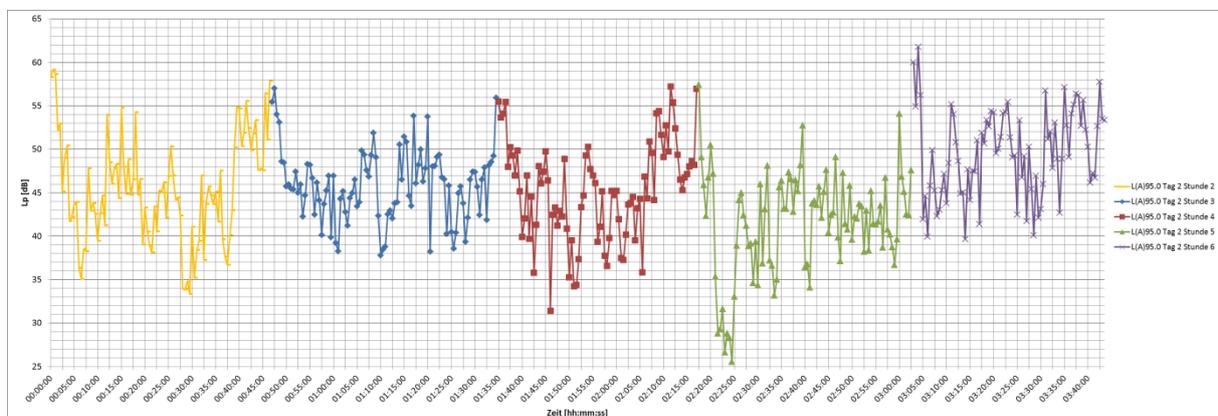
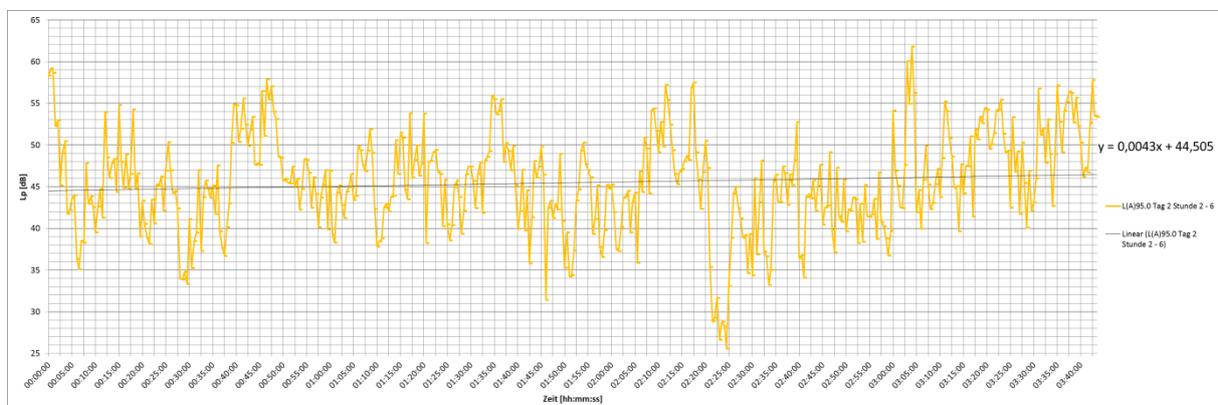


Abb. 8.1: Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 2<sub>ns</sub>; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s

Abb. 8.1 zeigt den Verlauf des Grundgeräuschpegels während des gesamten Vormittags an Tag 2<sub>ns</sub>. Die einzelnen Stunden sind farbspezifisch markiert. Bei näherer Betrachtung des Grundgeräuschpegels in den einzelnen Stunden ist zu sehen, dass es zu Beginn jeder Stunde recht laut ist. Innerhalb der ersten Minuten nimmt der Grundgeräuschpegel ab. Von da an verläuft er bis zum Ende der Stunde situationsbedingt lauter und leiser, wobei in erster Linie die ausgewählte Unterrichtsform die Lautstärke des Grundgeräuschpegels bestimmt. Gegen Ende einer jeden Stunde nimmt der Grundgeräuschpegel schließlich wieder zu.

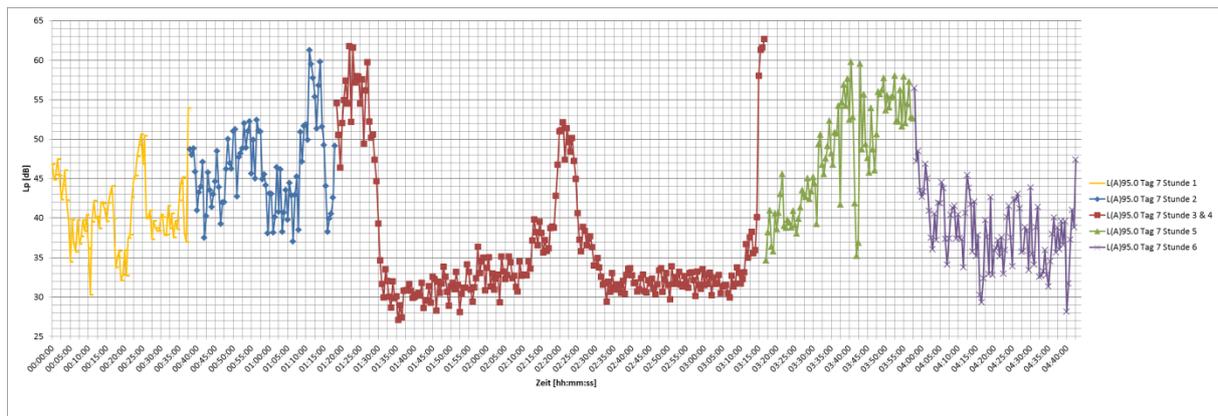
An diesem Vormittag kann gesehen werden, dass der Grundgeräuschpegel während der zweiten bis vierten Stunde im Schnitt etwa gleich war. Die erste Stunde war bekanntlich eine Supplierstunde und wurde zum größten Teil für die Instruktionen bezüglich der Herz-Kreislauf-Messgeräte verwendet. Wird der Mittelwert der einzelnen berechneten Grundgeräuschpegel gebildet, ergibt das für die zweite Stunde einen durchschnittlichen Grundgeräuschpegel von 47.6 dB(A). In dieser Stunde waren Frontalunterricht und Einzelarbeit die vorherrschenden Unterrichtsformen. In der dritten Stunde schwankt der Grundgeräuschpegel um 46.9 dB(A), wobei den Großteil der Stunde nur die Lehrkraft sprach. Der mittlere Grundgeräuschpegel der vierten Stunde beträgt 47.2 dB(A). Diese Stunde wurde gänzlich als Frontalunterricht gestaltet. Interessant ist hierbei, dass der Grundgeräuschpegel in der vierten Stunde nicht merklich abnimmt, obwohl sich die Anzahl der SchülerInnen von 22 auf 12 Personen reduziert. Während der zweiten und dritten Stunde waren ebenfalls 22 SchülerInnen im Raum. In der fünften Stunde sinkt der Grundgeräuschpegel dann leicht. Die SchülerInnenzahl in dieser Stunde betrug 11 Personen und der Mittelwert der einzelnen Grundgeräuschpegel ergibt 43.4 dB(A). In dieser Stunde ist beispielsweise sehr gut zu sehen, wie der Grundgeräuschpegel während einer Meditationsübung zu Beginn der Stunde zurückgeht. Diese Reduktion ist zwischen den Zeitmarken 02:20:00 und 02:25:00 erkennbar. In der sechsten Stunde nimmt der Grundgeräuschpegel wieder erkennbar zu. In dieser Stunde befindet sich wieder die gesamte Klasse mit 22 SchülerInnen im Raum. Der Grundgeräuschpegel bewegt sich im 51.0 dB(A)-Bereich. In den letzten beiden Stunden waren die dominierenden Unterrichtsformen Frontalunterricht und Lehrervortrag. Im Schnitt beträgt der Grundgeräuschpegel am gesamten Vormittag des zweiten Tages 47.5 dB(A).

Wird der Grundgeräuschpegelverlauf des Vormittags nicht stündlich unterteilt, kann eine Ausgleichsgerade in die Darstellung gelegt werden. Abb. 8.2 zeigt, dass der Grundgeräuschpegel während des Vormittags tendenziell zunimmt. Zu Beginn des Tages sind es etwa 44.5 dB(A). Am Ende der sechsten Stunde endet die Trendlinie bei etwa 46.5 dB(A).



**Abb. 8.2:** Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 2<sub>ns</sub> inkl. Trendlinie; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s

## 8.1.2 Grundgeräuschpegelverlauf im sanierten Raum



**Abb. 8.3:** Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 7<sub>s</sub>; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s

In Abb. 8.3 ist der Grundgeräuschpegelverlauf während des siebten Tages zu sehen. In dieser Abbildung sind die einzelnen Stunden wieder farblich voneinander getrennt dargestellt. Lediglich die dritte und vierte Stunde werden gemeinsam ausgewertet, da während dieser Stunden eine Mathematikschularbeit geschrieben wurde. Auch an diesem Tag ist die Tendenz zu erkennen, dass der Grundgeräuschpegel innerhalb der ersten Minuten einer Stunde deutlich abnimmt, im Laufe der Stunde mehr oder weniger schwankt, und zum Ende der Stunde hin wieder anwächst. Lediglich in der fünften Stunde ist das nicht der Fall. Hier steigt der Grundgeräuschpegel im Laufe der Stunde kontinuierlich an. Die erste Hälfte der Stunde wurde für einen viertelstündigen Lehrervortrag und eine fünfminütige Einzelarbeit verwendet. Während der zweiten Hälfte der Stunde wurde ein Film vorgeführt.

Innerhalb der ersten beiden Stunden steigt der Grundgeräuschpegel stetig an. Wird der Mittelwert über alle einzeln gemessenen Grundgeräuschpegel gebildet, ergibt das für die erste Stunde einen Grundgeräuschpegel von 41.8 dB(A). In dieser Stunde wurde der Unterricht als Frontalunterricht und Einzelarbeit gestaltet. In der zweiten Stunde ist der Grundgeräuschpegel deutlich höher und beträgt 48.1 dB(A). Dies kann durch die Nervosität der bevorstehenden Schularbeit und durch eine Schularbeitenrückgabe erklärt werden. In der dritten Stunde wird es sehr schnell ruhig nachdem die Angaben der Schularbeit ausgeteilt worden sind. Während der Instruktionen der Lehrkraft und dem Austeilen der Arbeiten erreicht der Grundgeräuschpegel zu Beginn der dritten Stunde Spitzenwerte von bis zu 62 dB(A). Während des ersten Teils der Schularbeit steigt der Grundgeräuschpegel leicht an. Zu Beginn bewegt er sich um die 30 dB(A)-Marke. Gegen Ende des ersten Teils pendelt er um den Wert von 34 dB(A). In der Unterbrechung der Schularbeit, während der der erste Teil eingesammelt und der zweite Teil ausgeteilt wurde, wird es mit Werten von etwa 50 dB(A) kurzzeitig wieder lauter. In der zweiten Hälfte der Prüfung bleibt der Grundgeräuschpegel in etwa gleich und schwankt um den Wert von 32 dB(A). Nachdem die Schularbeit vorbei ist, wird es logischerweise wieder lauter. Wie schon erwähnt wurde, wächst der Grundgeräuschpegel in der fünften Stunde kontinuierlich an. Zu Beginn beträgt er etwa 38 dB(A) und gegen Ende sind es etwa 55 dB(A). Der Mittelwert für diese Stunde beträgt 50.3 dB(A), obwohl in dieser Stunde wieder nur zwölf SchülerInnen anwesend waren. Während den vorherigen Stunden waren es 22 SchülerInnen. In der sechsten Stunde befanden sich 18 SchülerInnen im Klassenraum und der Grundgeräuschpegel ist wieder deutlich leiser als in Stunde 5. Der Großteil der sechsten Stunde bestand aus Frontalunterricht und vereinzelt Lehrervortragspassagen. Ungeachtet der teils doch recht großen Schwankungen beträgt der Grundgeräuschpegel dieser Stunde im

Schnitt etwa 40.0 dB(A). Während des gesamten Vormittags liegt der Grundgeräuschpegel an Tag 7<sub>s</sub> bei knapp 45 dB(A).

Erneut kann eine Trendlinie in den Grundgeräuschpegelverlauf des siebten Tages gelegt werden. Das Ergebnis kann in Abb. 8.4 betrachtet werden. Dabei fällt auf, dass der Grundgeräuschpegelverlauf an diesem Tag tendenziell leicht abnimmt. Die Gerade beginnt bei ca. 41 dB(A) und sinkt bis zum Ende der Stunde bis etwa 39 dB(A) ab. Allerdings muss bedacht werden, dass die Grundgeräuschpegel von Stunde zu Stunde sehr stark schwanken und der geringe Grundgeräuschpegel während der Schularbeit selbstverständlich nicht immer dem Alltag entspricht.

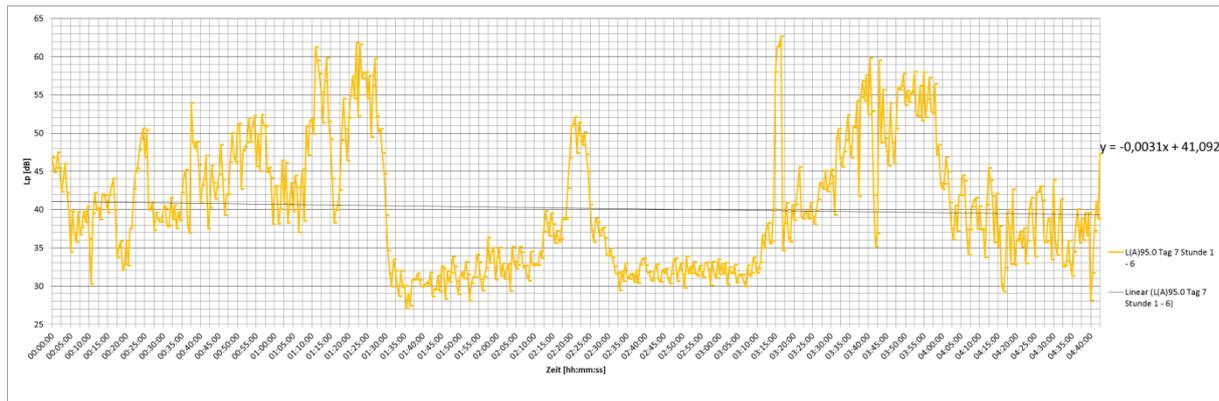


Abb. 8.4: Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 7<sub>s</sub> inkl. Trendlinie; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s

### 8.1.3 Vergleich des Grundgeräuschpegelverlaufs in der Oberstufe

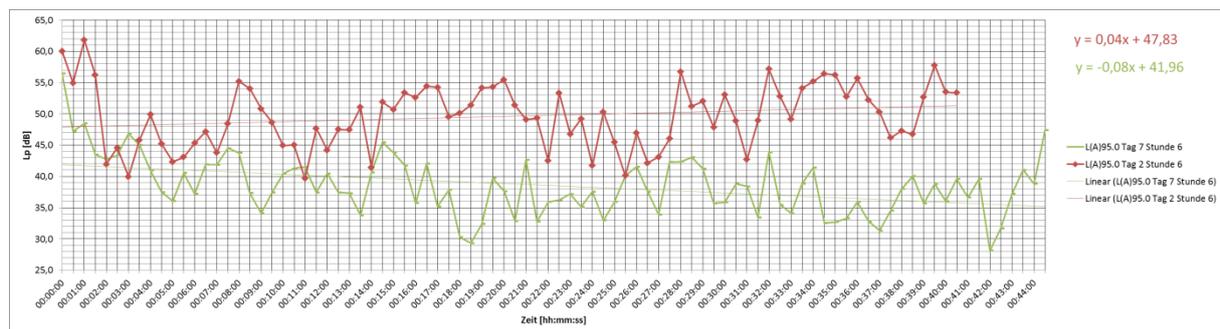
Stunde	$L_{(A)95,0}$ Tag 2 <sub>ns</sub> [dB(A)]	$L_{(A)95,0}$ Tag 7 <sub>s</sub> [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
1	-	41.8	-
2	47.6	48.1	+0.5
3	46.9	42.0	-4.9
4	47.2		-5.2
5	43.4	50.3	+6.9
6	51.0	40.0	-11.0
Mittelwert	47.5	44.6	-2.9

Tabelle 8.1: stundenweise gemittelte Grundgeräuschpegel der Tage 2<sub>ns</sub> und 7<sub>s</sub>

Aufgrund der Schularbeit ist es schwer, einen allgemeinen Vergleich anzustellen, da schriftliche Prüfungen zwar regelmäßig vorkommen, jedoch trotzdem keine Alltagssituation darstellen. Wird daher diese Ausnahmesituation außer Acht gelassen, kann festgestellt werden, dass der Grundgeräuschpegel im sanierten Raum bei gleichen Unterrichtsformen leiser ist als im nicht sanierten Raum. Dies kann beim Vergleich der beiden sechsten Stunden festgestellt werden. An beiden Tagen dominieren beim Unterricht dieser Stunden der Frontalunterricht und der Lehrervortrag. Dabei beträgt der Grundgeräuschpegel der sechsten Stunde an Tag 2<sub>ns</sub> im Schnitt etwa 51.0 dB(A) und an Tag 7<sub>s</sub> 40.0 dB(A), was einer Differenz von 11 dB(A) entspricht. Auch beim Vergleich der ersten Stunde des siebten Tages mit den Stunden 2 bis 4 des zweiten Tages kann gesagt werden, dass der Grundgeräuschpegel während des Unterrichts im sanierten Raum deutlich leiser ist als im nicht sanierten Raum. Während dieser Stunden wurden ebenfalls vorwiegend der Lehrervortrag und der Frontalunterricht gewählt und vereinzelt

wurden den SchülerInnen Einzelarbeiten aufgetragen. An Tag 7<sub>s</sub> beträgt der durchschnittliche Grundgeräuschpegel in der ersten Stunde gerade einmal 41.8 dB(A). An Tag 2<sub>ns</sub> dagegen liegt der Grundgeräuschpegel in den Stunden 2, 3 und 4 bei 47.6 dB(A), 46.9 dB(A) bzw. 47.2 dB(A). Das entspricht einem mittleren Grundgeräuschpegel von 47.2 dB(A). Also ist auch hier eine Pegelreduktion von gut 5 dB(A) im sanierten Raum erkennbar. Die Stunden 2 und 5 des siebten Tages bleiben bei diesem kurzen Vergleich außen vor, da die Nervosität der SchülerInnen die Lärmsituation zu sehr beeinflusste oder ein Film gezeigt wurde, was an Tag 2<sub>ns</sub> nicht der Fall war.

Zum Abschluss wird der Grundgeräuschpegel der sechsten Stunde beider Tage miteinander verglichen. Ein Vergleich der restlichen Stunden ist in diesem Fall nicht sinnvoll, da die Stundenabläufe zu unterschiedlich waren.



**Abb. 8.5:** Vergleich des Grundgeräuschpegels der sechsten Stunde von Tag 2<sub>ns</sub> mit dem der sechsten Stunde von Tag 7<sub>s</sub>

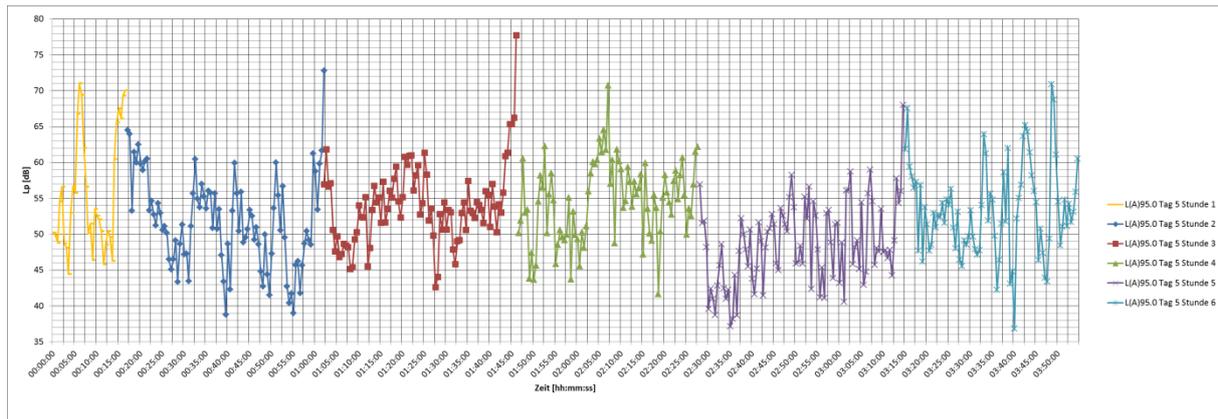
Bis auf wenige Ausnahmen ist der Grundgeräuschpegel in der sechsten Stunde an Tag 7<sub>s</sub> stets leiser als an Tag 2<sub>ns</sub>. Die Trendlinien haben wie beim Vergleich der gesamten Vormittage entgegengesetzte Verläufe. Der Grundgeräuschpegel an Tag 2<sub>ns</sub> steigt auch in Stunde 6 tendenziell an. Die Trendlinie beginnt etwa bei 48 dB(A) und endet bei ca. 51 dB(A). In der sechsten Stunde des siebten Tages nimmt die Trendlinie dagegen von etwa 42 dB(A) zu Beginn der Stunde zu 35 dB(A) am Ende der Stunde ab. Wie oben schon gesagt wurde, beträgt der durchschnittliche Grundgeräuschpegel an Tag 2<sub>ns</sub> 51.0 dB(A) in der zweiten Stunde und an Tag 7<sub>s</sub> gerade mal 40.0 dB(A).

Das Ergebnis dieser detaillierten Analyse weicht von der stundenweisen Analyse ab, die in Kapitel 6.2.3 erfolgte. Dort wurde für die zweite Stunde des zweiten Tages ein mittlerer Grundgeräuschpegel von 40.1 dB(A) angegeben. Hier allerdings wurde für dieselbe Stunde ein mittlerer Grundgeräuschpegel von 47.6 dB(A) berechnet. Das ist eine Differenz von 7.5 dB(A). Die Ursache beruht auf dem dynamischen Verhalten des Grundgeräuschpegels während einer Stunde. Bei der detaillierten Analyse bewegte sich der Grundgeräuschpegel während der zweiten Stunde des zweiten Tages in einem Bereich von 35 bis 60 dB(A). Aber bei einer Analyse mit einer Gesamtpegelstatistik pro Stunde, wie in Kapitel 6, werden lautere Grundgeräuschpegel im Bereich von 50 bis 60 dB(A) nicht mehr als Grundgeräuschpegel (bzw. als  $L_{(A)95.0}$ ) detektiert. In diesem konkreten Fall liegen die Pegel von 50 bis 60 dB(A) in einem Schalldruckpegelbereich, der in etwa 40 bis 75 % der Messzeit überschritten wird. Aus demselben Grund ist die generelle Grundgeräuschpegelreduktion in Kapitel 6.2.3 mit 3.7 dB(A) größer als das Ergebnis, welches in diesem Kapitel gefunden wurde (2.9 dB(A)). Somit kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass eine grobe Auswertung, bei der pro Stunde eine einzelne Pegelstatistik ausgewertet wird, zwar einen ungefähren Anhaltspunkt liefert, in welchem Bereich die Pegel liegen. Allerdings ist eine genaue stündliche Auswertung, wie sie in diesem Kapitel erfolgte, für eine detaillierte Analyse unerlässlich, wenn alle rele-

vanten Faktoren, wie die Schwankungen innerhalb einer Stunde, die beispielsweise durch unterschiedliche Unterrichtsformen verursacht werden, berücksichtigt werden sollen.

## 8.2 Grundgeräuschpegelverlauf am Vormittag in der Unterstufe

### 8.2.1 Grundgeräuschpegelverlauf im nicht sanierten Raum



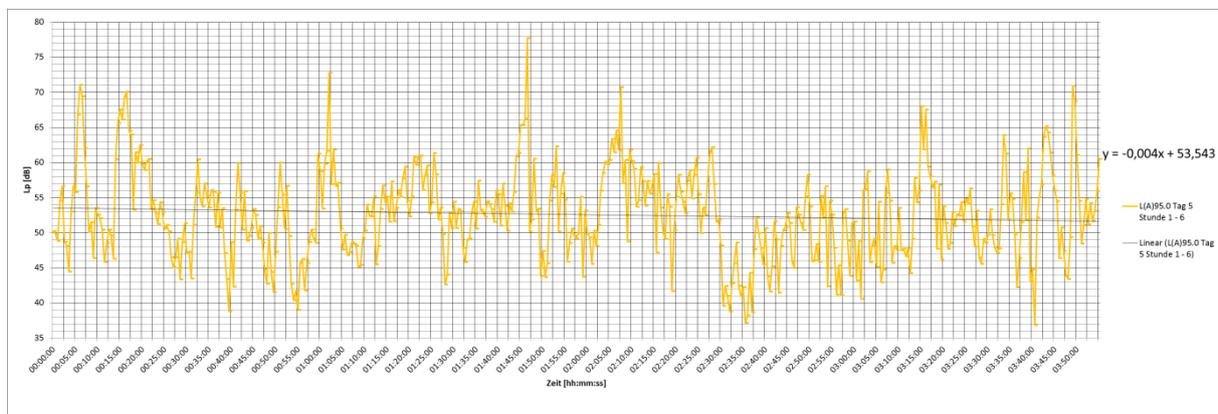
**Abb. 8.6:** Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 5<sub>ns</sub>; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s

In Abb. 8.6 ist der Grundgeräuschpegelverlauf am Vormittag des fünften Tages dargestellt. Die einzelnen Stunden sind wiederum farblich markiert. Die erste Stunde war an diesem Tag bekanntlich recht kurz, da die meiste Zeit für das Anlegen der Herz-Kreislauf-Messgeräte benötigt wurde. Die verbleibende Zeit wurde für die Rückgabe einer Schularbeit verwendet. Das erklärt den Grundgeräuschpegel von rund 70 dB(A) in Minute sechs. Allgemein kann ebenso in der Unterstufe festgestellt werden, dass die SchülerInnen innerhalb der ersten Minuten einer Stunde etwas Zeit benötigen, um leise zu werden. Während der Stunden schwankt der Grundgeräuschpegel mehr oder weniger stark und hängt wieder von der jeweiligen Unterrichtsform ab. Gegen Ende der Stunde werden die SchülerInnen unruhiger, wodurch der Grundgeräuschpegel wieder zunimmt.

Während der verbleibenden Zeit der ersten Stunde, die für den Unterricht genutzt wurde, war es aufgrund der Schularbeitenrückgabe relativ laut. Der Mittelwert der einzelnen Grundgeräuschpegel ergibt einen durchschnittlichen Wert von 59.6 dB(A) für Stunde 1. In der zweiten Stunde ändert sich der Grundgeräuschpegel relativ häufig. Die vorwiegende Unterrichtsform war in dieser Stunde der Frontalunterricht. Der Grundgeräuschpegel ist im Schnitt um rund 5 dB(A) leiser als in der vorangegangenen Stunde und beträgt 54.4 dB(A). In der dritten Stunde war es mit durchschnittlich 56.3 dB(A) etwas lauter als in Stunde 2. Den Großteil der Stunde verbrachten die SchülerInnen mit Einzelarbeiten, während denen einzelne SchülerInnen parallel dazu an der Tafel vorrechnen mussten. Erst im letzten Drittel der Stunde ging die Lehrkraft zu Frontalunterricht und Lehrervortrag über. Nach der großen Pause waren anstatt 23 SchülerInnen, wie in den vorangegangenen Stunden, nur noch 13 SchülerInnen im Raum, da Religion unterrichtet wurde. Dennoch nimmt der Grundgeräuschpegel in dieser Stunde nicht ab, sondern beträgt im Mittel ebenfalls 56.3 dB(A), womit die große Pause an diesem Tag offensichtlich nicht zur Erholung beiträgt. Die gesamte Stunde wurde mit Frontalunterricht gestaltet. In der fünften Stunde sind wieder alle SchülerInnen an-

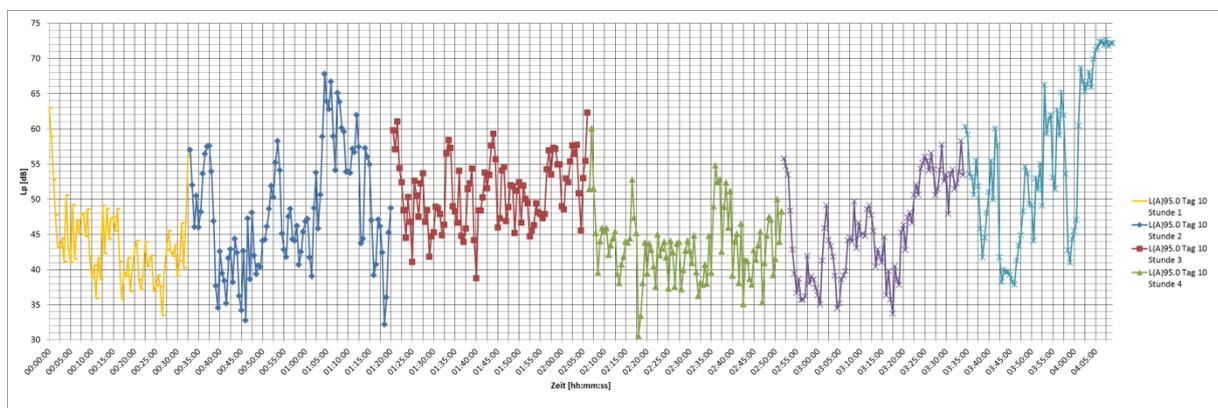
wesend und der Grundgeräuschpegel wird deutlich leiser. Denn, nachdem zu Beginn der Stunde zwei SchülerInnen abgefragt wurden, wird in der restlichen Stunde ein Film gezeigt, dem die SchülerInnen aufmerksam folgten. Daher sinkt der Grundgeräuschpegel auf 50.6 dB(A). In der sechsten Stunde steigt der Grundgeräuschpegel nochmal vor allem gegen Ende der Stunde an. In dieser Stunde wurde Musik unterrichtet. Der Anstieg liegt zum einen daran, dass es sich um die letzte Stunde des Tages handelte. Allerdings besteht auch diese Stunde vorwiegend aus Lehrervortrag und Frontalunterricht, sodass es nicht ungewöhnlich ist, dass der Grundgeräuschpegel im Vergleich wieder auf 55.9 dB(A) ansteigt. In etwa dieselben Werte wurden in den Stunden 2 und 4 gemessen, in denen eben erwähnte Unterrichtsarten ebenso vorherrschend waren. Wird ein mittlerer Wert für den gesamten Vormittag berechnet, beläuft sich dieser auf rund 55 dB(A).

Soll eine Tendenz während des gesamten Vormittags angegeben werden, so kann in Abb. 8.7 erkannt werden, dass der Grundgeräuschpegel im Laufe des Vormittags tendenziell leicht abnimmt. Das liegt in erster Linie an dem Grundgeräuschpegelrückgang von Stunde 1 bis Stunde 3 und von Stunde 4 zu Stunde 5. Die Trendlinie beginnt am Anfang der ersten Stunde bei etwa 53.5 dB(A) und endet am Schluss der sechsten Stunde bei knapp 52 dB(A).



**Abb. 8.7:** Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 5<sub>ns</sub> inkl. Trendlinie; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s

## 8.2.2 Grundgeräuschpegelverlauf im sanierten Raum

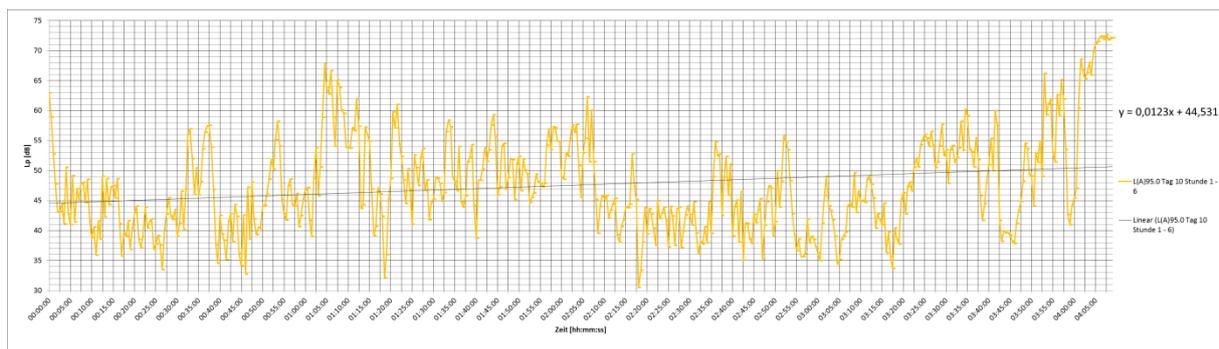


**Abb. 8.8:** Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 10<sub>s</sub>; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s

Während der ersten Stunde, in der Englisch unterrichtet wurde, nimmt der Grundgeräuschpegel langsam ab. In der ersten Hälfte schwankt er um die 45 dB(A)-Marke. Währenddessen

gab es eine Übung für das Hörverständnis. In der zweiten Hälfte pendelt der Grundgeräuschpegel um die 40 dB(A)-Marke, während Lehrervorträge und Frontalunterricht das Unterrichtsgeschehen dominierten. Der durchschnittliche Grundgeräuschpegel beträgt in dieser Stunde 45.6 dB(A). Im Verlauf der zweiten Stunde wird der Grundgeräuschpegel lauter. Die Unterrichtsformen wechselten in dieser Stunde zwischen Frontalunterricht und Einzelarbeit. In der Zeit zwischen 01:05:00 und 01:10:00 wurden Bücher ausgeteilt, weshalb es in dieser Zeit sehr laut war. Durchschnittlich liegt der Grundgeräuschpegel der zweiten Stunde bei etwa 52.3 dB(A). Während der gesamten dritten Stunde bestand das Unterrichtsgeschehen aus Frontalunterricht. Der Grundgeräuschpegel bleibt nahezu unverändert und beträgt 52.1 dB(A). Die vierte Stunde besteht ebenfalls überwiegend aus Frontalunterricht und einer kurzen Partnerarbeit. Allerdings ist in dieser Stunde wieder nur etwa die halbe Klasse im Raum (12 SchülerInnen anstatt 22 SchülerInnen), was an diesem Tag deutliche Auswirkungen auf den Grundgeräuschpegel hat, der in dieser Stunde auf 44.8 dB(A) sinkt. Außerdem kann aus dem sinkenden Grundgeräuschpegel darauf geschlossen werden, dass sich die SchülerInnen während der großen Pause etwas erholen konnten und in dieser Stunde wieder konzentrierter als in der Stunde davor waren. In der fünften Stunde steigt der Grundgeräuschpegel wieder an, wobei wieder alle SchülerInnen der Klasse im Raum waren. Nachdem zu Beginn der Stunde zwei SchülerInnen ausgefragt wurden, setzte sich der Rest der Stunde aus Frontalunterricht und Einzelarbeit zusammen. Die Einzelarbeit, die sich allerdings nach kurzer Zeit zu einer Gruppenarbeit entwickelte, ist in Abb. 8.8 bei den Zeiten ab 03:10:00 zu sehen, wenn der Grundgeräuschpegel lauter wird. Durchschnittlich beträgt er in der fünften Stunde 48.0 dB(A). In der sechsten Stunde wurde wieder Musik unterrichtet. Im Laufe der Stunde gab es zahlreiche Hörbeispiele, eine Übung, bei der die SchülerInnen den Rhythmus eines Hörbeispiels mitklopfen sollten und eine Gesangsübung. Daher schwankt der Grundgeräuschpegel in dieser Stunde sehr stark und ist mit 61.0 dB(A) der lauteste dieses Vormittags. Im Schnitt beträgt der Grundgeräuschpegel während des gesamten Vormittags etwa 52 dB(A).

Beim Blick auf den Trendlinienverlauf des gesamten Vormittags in Abb. 8.9 fällt auf, dass der Grundgeräuschpegel während des Vormittags deutlich zunimmt. Am Anfang der ersten Stunde beginnt die Trendlinie bei etwa 44.5 dB(A) und endet am Ende des Vormittags bei etwa 51 dB(A), was einem Wachstum von gut 1.0 dB(A) pro Stunde gleichkommt.



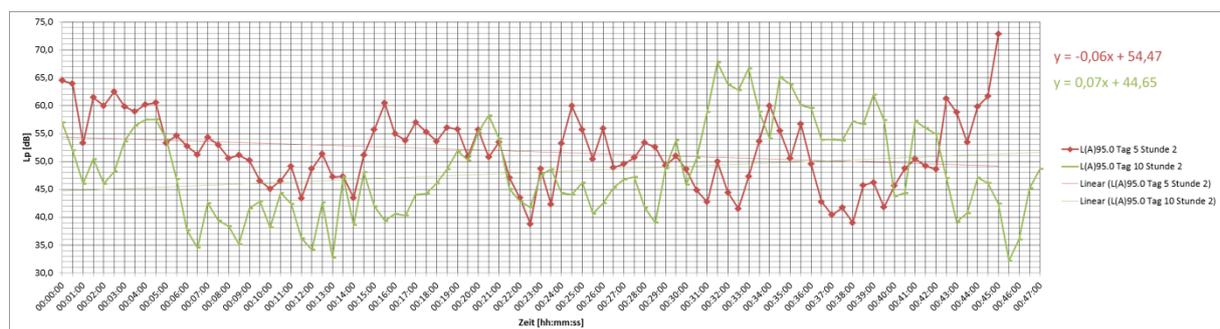
**Abb. 8.9:** Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 10, inkl. Trendlinie; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s

### 8.2.3 Vergleich des Grundgeräuschpegelverlaufs in der Unterstufe

Stunde	$L_{(A)95,0}$ Tag 5 <sub>ns</sub> [dB(A)]	$L_{(A)95,0}$ Tag 10 <sub>s</sub> [dB(A)]	Differenz [dB(A)]
1	59.6	45.6	-14.0
2	54.4	52.3	-2.1
3	56.3	52.1	-4.2
4	56.3	44.8	-11.5
5	50.6	48.0	-2.6
6	55.9	61.0	+5.1
Mittelwert	55.3	52.3	-3.0

**Tabelle 8.2:** stundenweise gemittelte Grundgeräuschpegel der Tage 5<sub>ns</sub> und 10<sub>s</sub>

Wird der Grundgeräuschpegelverlauf am fünften Tag mit dem des zehnten Tages verglichen, so fällt zunächst auf, dass die Trendlinie am fünften Tag eine tendenzielle Abnahme des Grundgeräuschpegels prognostiziert und der Grundgeräuschpegel am zehnten Tag dagegen ansteigt. Dass der Grundgeräuschpegel im nicht sanierten Raum abfällt, ist eher ungewöhnlich. Das kann aber dadurch erklärt werden, dass der höchste Grundgeräuschpegel des Tages in der ersten Stunde gemessen wurde. Allgemein ist der Grundgeräuschpegel an Tag 10<sub>s</sub> deutlich leiser als an Tag 5<sub>ns</sub>. Im Schnitt liegt er an Tag 5<sub>ns</sub> bei 55.3 dB(A) und an Tag 10<sub>s</sub> bei 52.3 dB(A), was eine Differenz von 3 dB(A) ergibt. Ebenso ist der Grundgeräuschpegel (mit Ausnahme der sechsten Stunde) während der Stunden im sanierten Raum stets leiser als im nicht sanierten Raum. Dass der Grundgeräuschpegel an Tag 10<sub>s</sub> leiser ist als an Tag 5<sub>ns</sub>, kann auch an den Trendlinien gesehen werden. An Tag 5<sub>ns</sub> fällt sie von 53.5 dB(A) auf 52 dB(A) ab. An Tag 10<sub>s</sub> steigt sie zwar an, allerdings liegt sie mit einem vormittäglichen Anstieg von 44.5 dB(A) auf 51 dB(A) die ganze Zeit unter der Trendlinie des fünften Tages. Das Ergebnis des tageweisen Vergleichs von Tag 5<sub>ns</sub> und Tag 10<sub>s</sub> in Kapitel 6.4.3 zeigt denselben Trend. Allerdings weichen die Werte wieder teilweise erheblich von denen ab, die in diesem Kapitel berechnet wurden. So ist die Grundgeräuschpegelreduktion mit 5.4 dB(A) beispielsweise fast doppelt so hoch wie die, die in diesem Kapitel gefunden wurde (3.0 dB(A)). Das kann erneut durch das dynamische Verhalten des Grundgeräuschpegels erklärt werden und zeigt, dass für eine detaillierte Analyse die Auswertung des Grundgeräuschpegelverlaufs während einer Stunde unerlässlich ist.



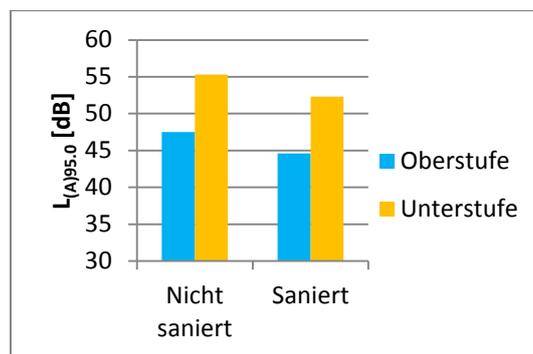
**Abb. 8.10:** Vergleich des Grundgeräuschpegels der zweiten Stunde an Tag 5<sub>ns</sub> mit dem der zweiten Stunde an Tag 10<sub>s</sub>

Zum Schluss wird in Abb. 8.10 der Grundgeräuschpegelverlauf während zwei korrespondierenden Stunden in den unterschiedlichen Räumen verglichen. Dort ist erkennbar, dass die Grundgeräuschpegelkurve des nicht sanierten Raums meistens über der des sanierten Raums liegt, die Unterschiede sind allerdings recht gering. Die Unterrichtsformen in diesen Stunden waren an beiden Tagen etwa gleich und wechselten zwischen Frontalunterricht, Lehrervortrag

und Einzelarbeit. Dass sich beide Kurven im letzten Drittel schneiden, liegt daran, dass es währenddessen im sanierten Raum recht laut war, da die Lehrkraft den SchülerInnen Bücher austeilte und die SchülerInnen daraufhin mit dem Handy Informationen über den Autor recherchieren sollten.

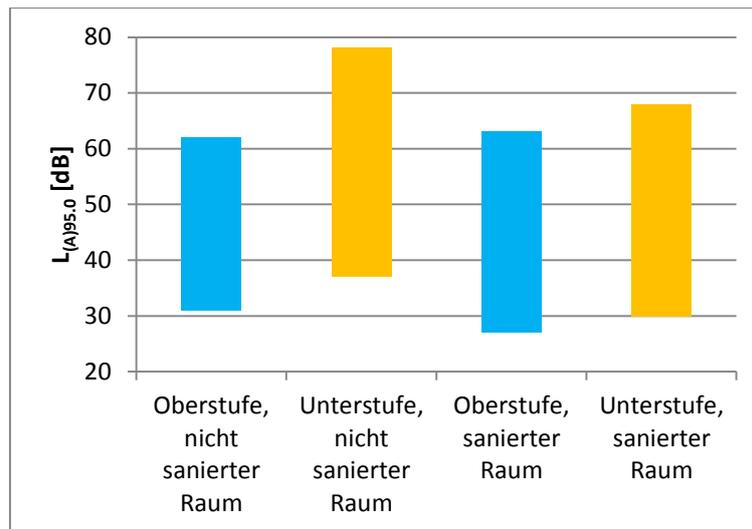
In den bisherigen Kapiteln wurden die Grundgeräuschpegel der Ober- und Unterstufe getrennt voneinander betrachtet. Daher werden im folgenden Kapitel die Unterschiede des Grundgeräuschpegels zwischen Ober- und Unterstufe untersucht.

### 8.3 Vergleich des Grundgeräuschpegels zwischen Oberstufe und Unterstufe



**Abb. 8.11:** Vergleich der durchschnittlichen Grundgeräuschpegel von Ober- und Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Abb. 8.11 vergleicht die durchschnittlichen Grundgeräuschpegel, die in der Ober- und Unterstufe in beiden Räumen über den gesamten Tag gemittelt wurden, miteinander. Der durchschnittliche Grundgeräuschpegel der Oberstufe im nicht sanierten Raum liegt bei 47.5 dB(A) (siehe Tabelle 8.1). In der Unterstufe dagegen wurde im nicht sanierten Klassenzimmer ein mittlerer Grundgeräuschpegel von 55.3 dB(A) ermittelt (siehe Tabelle 8.2). Das bedeutet für den nicht sanierten Klassenraum, dass der Lärm, den die OberstufenschülerInnen verursachen, um rund 8 dB(A) leiser ist als der, den die UnterstufenschülerInnen erzeugen. Im sanierten Raum wurde in der Oberstufe ein durchschnittlicher Grundgeräuschpegel von 44.6 dB(A) berechnet (siehe Tabelle 8.1). In der Unterstufe liegt der Grundgeräuschpegel im sanierten Klassenzimmer bei 52.3 dB(A) (siehe Tabelle 8.2). Das ist ebenfalls ein Unterschied von knapp 8 dB(A). Somit scheint der mittlere Grundgeräuschpegel in der Unterstufe unabhängig vom Raum etwa 8 dB(A) lauter zu sein als in der Oberstufe. Außerdem ist erkennbar, dass sowohl in der Oberstufe als auch in der Unterstufe der Grundgeräuschpegel im sanierten Raum 3 dB(A) leiser ist als im nicht sanierten Klassenzimmer.



**Abb. 8.12:** Schalldruckpegelbereiche, in denen der Grundgeräuschpegel in der Ober- und Unterstufe sowohl im nicht sanierten als auch im sanierten Raum liegt

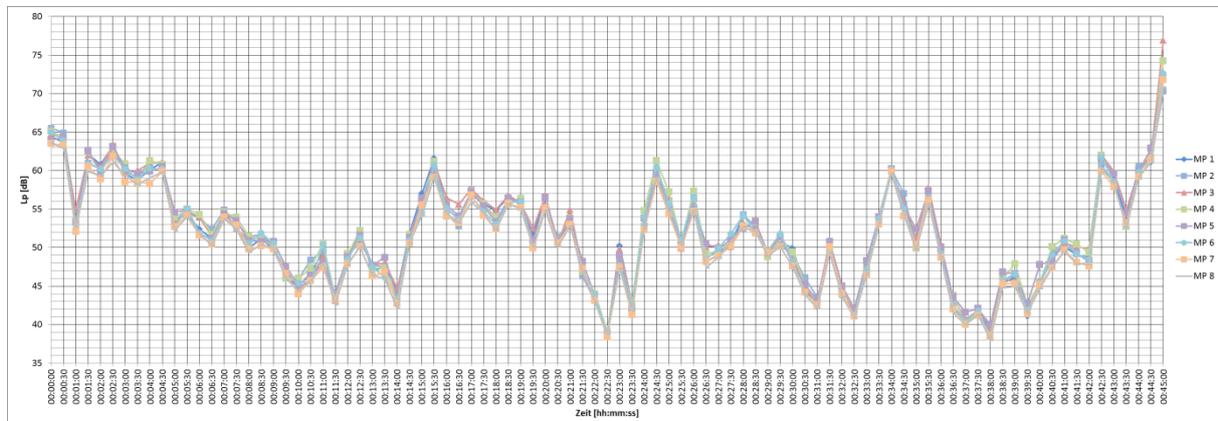
Abb. 8.12 vergleicht die Dynamikbereiche, in denen die einzelnen gemessenen Grundgeräuschpegel während der Vormittage gelegen haben, miteinander. In der Oberstufe beträgt der kleinste im nicht sanierten Raum gemessene Grundgeräuschpegel etwa 31 dB(A) und der größte Wert rund 62 dB(A). Dabei sind die Grundgeräuschpegel während der Meditationsübung nicht berücksichtigt, da es in der Unterstufe keine vergleichbare Unterrichtssituation gab. In der Unterstufe liegen der kleinste Wert im nicht sanierten Klassenzimmer bei rund 37 dB(A) und der höchste bei ca. 78 dB(A). Dass die Höchstwerte eine Differenz von etwa 16 dB(A) aufweisen, ist besonders auffällig und ein zusätzliches Anzeichen dafür, dass die SchülerInnen der Oberstufe ruhiger und konzentrierter arbeiten.

Im sanierten Raum liegen die gemessenen Grundgeräuschpegel der Oberstufe zwischen 27 und 63 dB(A). Die niedrigsten Werte werden sowohl während der Schularbeit als auch kurzzeitig in der sechsten Stunde erreicht. In der Unterstufe liegt der Grundgeräuschpegel im sanierten Raum zwischen 30 und 68 dB(A). Die hohen Pegel am Ende der sechsten Stunde in der Unterstufe werden hier ebenfalls nicht berücksichtigt, da es in der Oberstufe keine vergleichbare Unterrichtssituation gab, bei der die SchülerInnen singen sollten. Sowohl die Minimalwerte als auch die Maximalwerte sind zwar in der Oberstufe wieder leiser als in der Unterstufe, die Differenz dieser Werte zwischen Unter- und Oberstufe fällt mit 3 bzw. 5 dB(A) im sanierten Raum aber deutlich geringer aus als im nicht sanierten Raum. Das bestätigt zum einen, dass die SchülerInnen der Oberstufe dem Unterricht konzentrierter folgen als die SchülerInnen der Unterstufe, zum anderen spricht die Beobachtung dafür, dass lautere Schallereignisse aufgrund der größeren Absorptionsfläche im sanierten Klassenraum schneller absorbiert und gedämpft werden und daher eine geringere Auswirkung auf die Lärmsituation haben als im nicht sanierten Klassenraum.

## 8.4 Unterschiede bei der räumlichen Verteilung des Grundgeräuschpegels

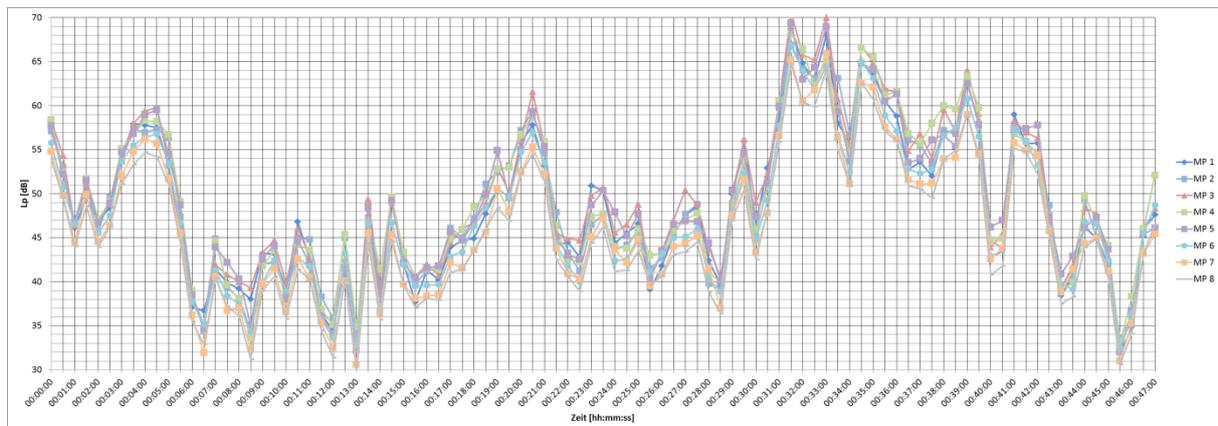
Bei den bisherigen Betrachtungen wurde der Grundgeräuschpegel immer als Mittelwert der Pegel betrachtet, die an den Messpositionen 1 bis 8 gemessen wurden. Ob die Raumakustik ebenso Einfluss auf die räumliche Verteilung des Grundgeräuschpegels hat, wird abschlie-

End in diesem Kapitel behandelt. Abb. 8.13 zeigt den Verlauf des Grundgeräuschpegels in der Unterstufe während der zweiten Stunde an Tag 5<sub>ns</sub>. Die einzelnen Messpunkte sind durch unterschiedliche Farben gekennzeichnet.



**Abb. 8.13:** räumliche Unterschiede des Grundgeräuschpegels in der zweiten Stunde an Tag 5<sub>ns</sub>; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s

In dieser Stunde sind die räumlichen Unterschiede im Grundgeräuschpegel sehr gering. Nur vereinzelt kommt es zu größeren Abweichungen, wie beispielsweise von 00:02:00 bis 00:05:00. In der Regel sind die Unterschiede aber kleiner als 3 dB(A). Zum Vergleich wird in Abb. 8.14 die korrespondierende Stunde an Tag 10<sub>s</sub> betrachtet.



**Abb. 8.14:** räumliche Unterschiede des Grundgeräuschpegels in der zweiten Stunde an Tag 10<sub>s</sub>; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s

Dabei fällt sofort auf, dass während der gesamten Stunde deutliche räumliche Unterschiede erkennbar sind. Differenzen von 5 dB(A) sind nicht ungewöhnlich. Dass die räumlichen Unterschiede im sanierten Raum größer sind als im nicht sanierten Raum ist schlüssig, da der sanierte Raum einen geringeren Diffusschallanteil hat als der nicht sanierte Raum. Der nicht sanierte Raum enthält keine nennenswerten schallabsorbierenden Oberflächen. Somit werden die Schallstrahlen immer wieder reflektiert und bilden ein diffuses Schallfeld, bevor die einzelnen Schallstrahlen schließlich durch Reflexionen zu viel Energie verlieren und sich nicht mehr weiter ausbreiten können. Der sanierte Raum besitzt dagegen vergleichsweise große Absorptionsflächen, die dem Schallfeld durch Absorption viel schneller Energie entziehen und somit den Diffusschallanteil im Raum reduzieren. Somit ist das freie Schallfeld im sanierten Raum größer als im nicht sanierten Raum. Da der Schalldruckpegel im Freifeld mit steigender Entfernung abnimmt, ist eine Schallquelle im sanierten Klassenraum an der Messposi-

tion, die ihr am nächsten ist, im Vergleich zu den übrigen Messpositionen deutlich lauter. Da der Schalldruckpegel im Diffusschallfeld an allen Punkten in etwa gleich ist, sind die räumlichen Schalldruckpegelunterschiede im nicht sanierten Raum vergleichsweise gering.

## 8.5 Zusammenfassung

Abschließend kann für dieses Kapitel festgehalten werden, dass der Grundgeräuschpegel in der Regel im sanierten Klassenraum geringer ist als im nicht sanierten Klassenraum. Sowohl in der Oberstufe als auch in der Unterstufe liegt die Reduktion bei rund 3 dB(A). Daraus lässt sich allgemein ableiten, dass der Grundgeräuschpegel um 0.65 dB(A) sinkt, wenn die Nachhallzeit um 0.1 Sekunden verkürzt wird. In Kapitel 5.5 ist erläutert, dass die Nachhallzeit des nicht sanierten Raums im besetzten Zustand 1.09 Sekunden beträgt und im sanierten Raum im Mittel bei 0.63 Sekunden liegt, was eine Differenz von 0.46 Sekunden ergibt. Eine weitere interessante Tatsache ist die, dass der Grundgeräuschpegel in der Oberstufe sowohl im nicht sanierten als auch im sanierten Klassenzimmer rund 8 dB(A) leiser ist als in der Unterstufe. Im Laufe dieses Kapitels ist öfter aufgefallen, dass der Grundgeräuschpegel im Allgemeinen sehr stark von der gewählten Unterrichtsform abhängt. Diese Abhängigkeit wird in Kapitel 10 näher untersucht. Des Weiteren ist im letzten Abschnitt deutlich geworden, dass die räumlichen Unterschiede des Grundgeräuschpegels im nicht sanierten Raum deutlich kleiner ausfallen als im sanierten Raum. Die räumlichen Schwankungen sind im nicht sanierten Klassenzimmer in der Regel kleiner als 3 dB(A). Im sanierten Klassenraum dagegen sind Differenzen von 5 dB(A) normal. Dafür ist der Diffusschallanteil verantwortlich, der im nicht sanierten Klassenzimmer größer ist als im sanierten Klassenzimmer. Das nun folgende Kapitel untersucht den Verlauf des SNR im Laufe der einzelnen Vormittage.

## 9 Verlauf des SNR während der Vormittage

Kapitel 8 dokumentierte die Unterschiede des Grundgeräuschpegelverlaufs im nicht sanierten und im sanierten Raum während der Vormittage. Dabei wurden Unterschiede zwischen Unterstufe und Oberstufe festgestellt. Des Weiteren wurde bewiesen, dass die Nachhallzeit Einfluss auf die räumliche Verteilung des Grundgeräuschpegels hat. Außerdem behandelte Kapitel 7.2 bereits die Entwicklung des Stimmaufwands einer Lehrkraft während des Vormittags. Dieses Kapitel verknüpft nun den Grundgeräuschpegel und den Stimmaufwand miteinander und untersucht, inwieweit sich der Signal-Stör-Abstand bei unterschiedlichen raumakustischen Situationen ändert. Der Stimmaufwand wird als Signalquelle verwendet und der Grundgeräuschpegel der SchülerInnen als Störquelle betrachtet. In Kapitel 2.4 wurde bereits erläutert, dass es optimal ist, wenn an jedem Sitzplatz ein SNR von 15 dB(A) erreicht werden kann – ein SNR von 13 dB(A) ist laut einigen Studien ebenfalls noch erlaubt. Nun war es aber an keinem Tag der Fall, dass die jeweilige Lehrkraft die gesamte Stunde ununterbrochen sprach. Daher ist eine Unterschreitung des SNR von 13 dB(A) in einer Stunde nicht ungewöhnlich. Vielmehr ist es notwendig, dass der SNR während der Passagen, in denen die Lehrkraft spricht, mindestens 13 dB(A) beträgt.

Der SNR wurde zwar bereits in Kapitel 6 besprochen, allerdings hat sich in Kapitel 8.1.3 herausgestellt, dass ein Analyseergebnis, welches mit mehreren einzelnen Pegelstatistiken pro Stunde ermittelt wurde, aufgrund des dynamischen Pegelverlaufs erheblich von einem Ergebnis abweichen kann, welches sich aus einer einzelnen Pegelstatistik für eine gesamte Stunde ergibt. Daher wird in diesem Kapitel der SNR mit mehreren einzelnen Pegelstatistiken pro Stunde ausgewertet, wobei die Zeitspanne, für die eine einzelne Pegelstatistik berechnet wird, wiederum 30 Sekunden beträgt. Die dargestellten Werte stellen den Mittelwert der Pegel dar, die an den Messpositionen 1 bis 8 gemessen wurden. Die dazugehörigen Tabellen können in Kapitel 22 gefunden werden. Die korrespondierenden Tage werden nacheinander miteinander verglichen. Zum Schluss folgt eine allgemeine Zusammenfassung.

## 9.1 Analyse von Tag 1<sub>ns</sub> und Tag 6<sub>s</sub>

### 9.1.1 Der SNR an Tag 1<sub>ns</sub>

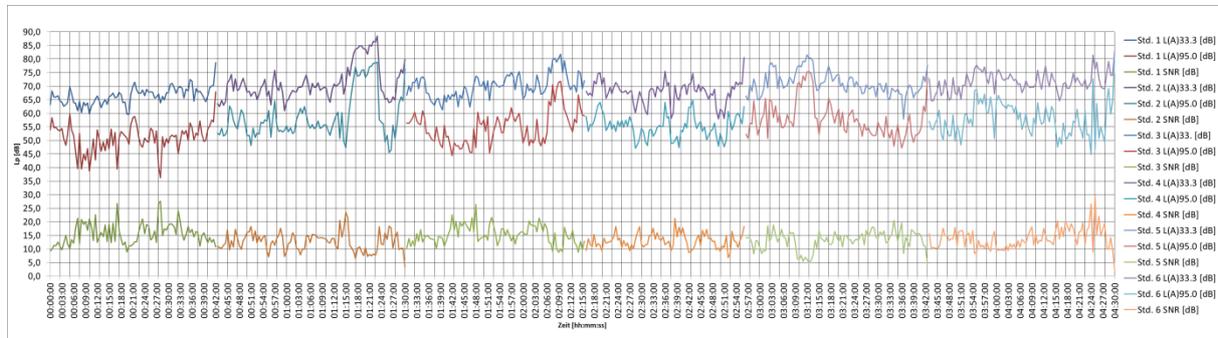


Abb. 9.1: Verlauf von  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR während Tag 1<sub>ns</sub>, Intervalllänge: 30 s

In Abb. 9.1 ist der Verlauf von Stimmaufwand, Grundgeräuschpegel und SNR zu sehen. Der Grundgeräuschpegel und der Stimmaufwand sind in der Darstellung enthalten, um den Verlauf des SNR besser nachvollziehen zu können. Die obere Kurve stellt stets den Stimmaufwand dar, die mittlere Kurve repräsentiert den Grundgeräuschpegel und die untere zeigt den Verlauf des SNR. Die einzelnen Stunden sind durch verschiedene Linienfarben farblich voneinander abgegrenzt. Pausen zwischen den Stunden werden nicht berücksichtigt. An Tag 1<sub>ns</sub> schwankt der SNR regelmäßig zwischen 10 und 20 dB(A). In einzelnen Fällen überschreitet er sogar die 25 dB(A)-Marke. Teilweise unterschreitet er aber auch die 10 dB(A)-Marke. Beispielsweise ist der SNR am Ende der zweiten Stunde um die Zeitmarke 01:18:00 herum kleiner als 10 dB(A). Das ist aber nicht ungewöhnlich, da die Lehrkraft während dieser Zeit nicht redete, sondern Schularbeiten zurückgab und die SchülerInnen dabei recht unruhig waren, wie am Grundgeräuschpegel zu sehen ist. Auch in der fünften Stunde befindet sich der SNR ab der Zeitmarke 03:09:00 für mehrere Minuten bei Werten von gerade einmal 5 bis 7 dB(A). Aber selbst das ist verständlich, da die SchülerInnen während dieser Zeit eine Gruppenarbeit erledigen sollten, während der die Lehrkraft nicht sprach und der Grundgeräuschpegel im Raum sehr hoch war.

Da der SNR also erheblich von der Unterrichtssituation abhängt und nicht bei jeder Unterrichtsform 15 dB(A) betragen muss, wird im Folgenden für jede einzelne Stunde ein mittlerer SNR aus den einzelnen Perzentilenwerten berechnet. Daraufhin wird abgeschätzt, ob dieser gemittelte SNR für eine generelle Sprachverständlichkeit in der Stunde ausreichend war, falls ein Wert 13 dB(A) unterschreitet. Auffällige Kurvenverläufe werden dennoch genauer besprochen.

Am ersten Tag beträgt der SNR in der ersten Stunde im Schnitt 16.6 dB(A), was ein optimaler Wert ist. In der zweiten Stunde verschlechtert er sich auf 13.3 dB(A). Der Grundgeräuschpegel steigt nämlich in der zweiten Stunde von 52.3 dB(A) in Stunde 1 auf durchschnittlich 63.8 dB(A) deutlich an, was aber nur teilweise durch die Schularbeitenrückgabe bedingt ist. Der steigende Grundgeräuschpegel kann vielmehr dadurch erklärt werden, dass in der ersten Stunde eine Oberstufenklasse mit nur 16 Personen im Raum war und in der zweiten Stunde eine Unterstufenklasse mit 27 Personen unterrichtet wurde. Der  $L_{(A)33.3}$  wird zwar auch größer, allerdings nimmt er nicht so stark zu wie der Grundgeräuschpegel. Der durchschnittliche  $L_{(A)33.3}$  erhöht sich nämlich von 67.0 dB(A) in der ersten Stunde auf 74.1 dB(A), was einer Steigerung von etwa 7 dB(A) entspricht. Der Grundgeräuschpegel dagegen steigt um rund

11 dB(A), wodurch der SNR in der zweiten Stunde abnimmt. Dennoch ist dieser Wert immer noch erlaubt. In der dritten Stunde beträgt der SNR wieder 15.9 dB(A). In dieser Stunde ist die SchülerInnenanzahl wieder auf 23 Personen gesunken. Interessanterweise ist in der vierten Stunde wieder eine Klasse desselben Jahrgangs wie in der zweiten Stunde mit genauso vielen SchülerInnen im Raum und der SNR sinkt erneut auf 13.4 dB(A), was dem Wert aus Stunde 2 nahezu gleich. In der fünften Stunde ergibt die Mittelung einen SNR von durchschnittlich 13.8 dB(A). Die SchülerInnenanzahl erhöht sich im Vergleich zur Vorstunde nur um eine Person. In dieser Stunde wurde im Gegensatz zu den vorherigen Stunden nicht Mathematik, sondern Musik unterrichtet. In der letzten Stunde liegt der SNR bei 14.9 dB(A). Die SchülerInnenanzahl reduziert sich gleichzeitig auf 20 Personen. Der Mittelwert des SNR liegt an diesem Tag bei 14.7 dB(A). Insgesamt konnten an diesem Tag keine unzureichenden Werte gemessen werden. Wie sich der SNR im Vergleich dazu an Tag 6<sub>s</sub> verhält, ist im nächsten Kapitel dokumentiert.

### 9.1.2 Der SNR an Tag 6<sub>s</sub>

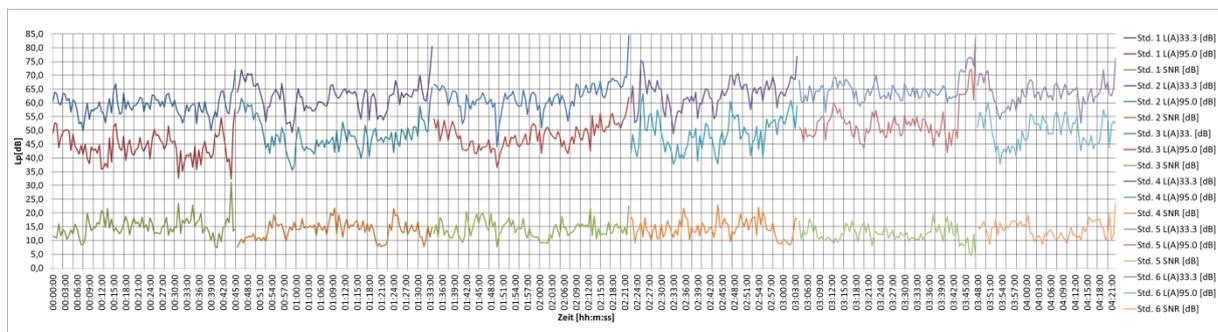


Abb. 9.2: Verlauf von  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR während Tag 6<sub>s</sub>, Intervalllänge: 30 s

Beim Vergleich des SNR-Verlaufs des sechsten Tages in Abb. 9.2 mit dem des ersten Tages in Abb. 9.1 können auf den ersten Blick keine großen Unterschiede festgestellt werden. Im Laufe des Tages pendelt er kontinuierlich zwischen 10 und 20 dB(A). Einige Male überschreitet er sogar die 20 dB(A)-Marke, er wird aber auch schlechter als 10 dB(A). Beim Blick auf den Verlauf des Grundgeräuschpegels und des Stimmaufwands fällt allerdings schnell auf, dass sowohl der Grundgeräuschpegel als auch der Stimmaufwand am sechsten Tag deutlich leiser sind als am ersten Tag. Dass der SNR in Stunde 2 bei 01:18:00 unter 10 dB(A) sinkt, hängt damit zusammen, dass die SchülerInnen in dieser Zeit in Partnerarbeit Rechenbeispiele lösen sollten. Auch die Unterschreitungen der 10 dB(A)-Marke in Stunde 3 an den beiden Zeitpunkten 01:48:00 und 02:00:00 kommen dadurch zustande, dass die Lehrkraft zu dieser Zeit Einzelarbeit angeordnet hat. Das war ebenfalls am Ende der vierten Stunde bei der Zeitmarke 03:00:00 der Fall.

Werden an diesem Tag sodann die Mittelwerte der einzelnen Stunden betrachtet, liefert das Ergebnis in der ersten Stunde einen SNR von 15.8 dB(A). In der zweiten Stunde steigt die SchülerInnenanzahl von 19 auf 27 Personen an und der SNR verschlechtert sich auf 14.4 dB(A). Die SchülerInnenanzahl reduziert sich in der dritten Stunde um 3 Personen auf 24 und der SNR steigt leicht auf 14.7 dB(A) an. Nach der Pause erhöht sich der SNR auf 15.0 dB(A) und die Anzahl der SchülerInnen steigt zugleich leicht auf 26 Personen. Obwohl in der fünften Stunde lediglich 2 Personen mehr im Raum waren als in der vorherigen Stunde, sinkt der SNR deutlich auf 12.7 dB(A) ab. Das kann dadurch erklärt werden, dass in dieser Stunde nicht wie den bisherigen Vormittag Mathematik, sondern Musik unterrichtet wurde.

Dabei bestand lediglich etwa die Hälfte der Stunde aus Unterrichtssituationen, bei denen gesprochen wurde. Die andere Hälfte setzte sich aus Einzel- und Partnerarbeiten, sowie Hörbeispielen zusammen. Daher ist es aufgrund des Stundenverlaufs nicht ungewöhnlich, dass der mittlere SNR vergleichsweise schlecht ist. In der letzten Stunde dieses Tages steigt die Zahl der im Raum befindlichen SchülerInnen auf 22 Personen und der SNR erhöht sich auf 14.5 dB(A). In dieser Stunde wurde ebenfalls Musik unterrichtet. Allerdings gab es hier nur wenige individuelle Unterrichtsformen und der Großteil der Stunde wurde von Frontalunterricht und Lehrervortrag dominiert. Insgesamt liegt der SNR am Vormittag des sechsten Tages im Durchschnitt bei 14.6 dB(A).

### 9.1.3 Vergleich des SNR von Tag 1<sub>ns</sub> und Tag 6<sub>s</sub>

Stunde	SNR Tag 1 <sub>ns</sub> [dB(A)]	SNR Tag 6 <sub>s</sub> [dB(A)]
1	16.6	15.8
2	13.3	14.4
3	15.9	14.7
4	13.4	15.0
5	13.8	12.7
6	14.9	14.5
Mittelwert	14.7	14.6

**Tabelle 9.1:** stundenweise gemittelter SNR der Tage 1<sub>ns</sub> und 6<sub>s</sub>

An Tag 1<sub>ns</sub> liegt der SNR bei durchschnittlich 14.7 dB(A) und an Tag 6<sub>s</sub> beträgt der mittlere SNR 14.6 dB(A). An beiden Tagen ist der durchschnittliche SNR also gleich groß. Das kann durch den Lombard Effekt erklärt werden. Ein Sprecher passt seinen Stimmumfang nämlich stets an den Grundgeräuschpegel an. Reduziert sich der Grundgeräuschpegel, geht die Lehrstimme entsprechend zurück und umgekehrt. In der Regel ist der Abstand zwischen Stimmumfang und Grundgeräuschpegel gleich groß. Allerdings gibt es eine obere Grenze, ab der ein Sprecher den Grundgeräuschpegel nicht mehr ausreichend übertönen kann. Spätestens das ist der Zeitpunkt, an dem eine Lehrkraft die Klasse ermahnt, leiser zu sein. Im Schnitt reduziert sich der  $L_{(A)95.0}$  um etwa 8 dB(A) von Tag 1<sub>ns</sub> mit 59.3 dB(A) zu Tag 6<sub>s</sub> mit 51.1 dB(A) (siehe Tabelle 22.2 und Tabelle 22.4). Der  $L_{(A)33.3}$  geht gleichzeitig um rund 7 dB(A) zurück und sinkt von durchschnittlich 71.3 dB(A) an Tag 1<sub>ns</sub> auf 64.0 dB(A) an Tag 6<sub>s</sub> (siehe Tabelle 22.2 und Tabelle 22.4). Die Reduktion von  $L_{(A)95.0}$  und  $L_{(A)33.3}$  ist also etwa gleich groß, wodurch der SNR im Schnitt gleich bleibt. Der Stimmumfang hat natürlich neben einer oberen auch eine untere Grenze, die nicht weiter unterschritten wird, selbst wenn der Grundgeräuschpegel noch weiter sinkt. Beispielsweise würde ein Sprecher nicht flüsternd vor einer Menge stehen, selbst wenn diese einen Grundgeräuschpegel von lediglich 30 dB(A) produzieren würde.

Anhand des Vergleichs ist also deutlich geworden, dass der SNR erheblich von der Unterrichtsform abhängt. So konnte festgestellt werden, dass es nicht sinnvoll ist, einen SNR anzugeben, wenn die Lehrkraft überhaupt nicht spricht. Bei individuellen Unterrichtsformen, wie Einzel- oder Gruppenarbeit ist es völlig normal, dass der SNR schlecht ausfällt, da die Lehrkraft in der Regel bei solchen Unterrichtsformen überhaupt nicht oder nur mit einzelnen SchülerInnen spricht. Lediglich bei Unterrichtsformen wie Frontalunterricht oder Lehrervortrag, bei denen die Lehrkraft oder ein Schüler für die gesamte Klasse verständlich sein muss, ist die Untersuchung des SNR sinnvoll. Werden die Ergebnisse, die in diesem Kapitel errechnet und stündlich gemittelt wurden, mit denen aus Kapitel 6.1 verglichen, in dem für jede Stunde eine

gesamte Pegelstatistik ausgewertet wurde, sind teilweise erhebliche Unterschiede zwischen beiden Ergebnissen erkennbar. So sind die Ergebnisse, die für den SNR am ersten Tag in Stunde 1 ermittelt wurden zwar noch etwa gleich (in Kapitel 9.1.1 wurde für die erste Stunde des ersten Tages ein durchschnittlicher SNR von 16.6 dB(A) berechnet. In Kapitel 6.1.1 ergab sich ein Wert von 16.9 dB(A)), die Ergebnisse der vierten Stunde des sechsten Tages liegen dagegen schon weiter auseinander. In Kapitel 6.1.2 wurde für diese Stunde ein SNR von 19.2 dB(A) ermittelt. In dieser Auswertung liegt der Mittelwert für diese Stunde allerdings nur noch bei 15.0 dB(A). Das zeigt erneut, dass eine Stunde stets mit mehreren Pegelstatistiken, die für kurze Zeitintervalle von beispielsweise 30 Sekunden berechnet wurden, analysiert werden sollte, um ein genaues Ergebnis zu erhalten. Zwar ist eine derartige Analyse aufwendiger, allerdings können mit mehreren Pegelstatistiken gleichzeitig noch Aussagen über den Verlauf der jeweiligen Perzentilen getroffen werden. Eine Gesamtstatistik für eine Stunde sollte nur für einen groben Überblick über das Schallfeld herangezogen werden.

Die verbleibenden korrespondierenden Tage werden in den folgenden Kapiteln nicht mehr so ausführlich wie eben behandelt, weil das eben Festgestellte lediglich wiederholt werden müsste. Daher folgt für die jeweiligen Tage jeweils eine Abbildung, die den Verlauf von Stimm- aufwand, Grundgeräuschpegel und SNR während des jeweiligen Vormittags zeigt. Im Anschluss werden die stündlichen Mittelwerte der Signal-Stör-Abstände tabellarisch miteinander verglichen und besondere Ereignisse gegebenenfalls genauer angesprochen. Die Stunden, in denen Englisch unterrichtet wurde, sind grau hinterlegt und werden in der Zusammenfassung nochmals eingehend besprochen.

## 9.2 Vergleich des SNR von Tag 2<sub>ns</sub> und Tag 7<sub>s</sub>

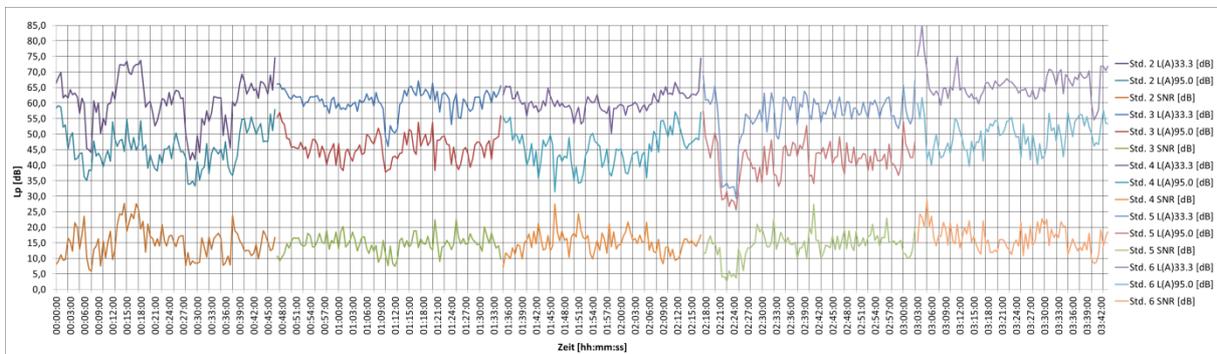


Abb. 9.3: Verlauf von  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR während Tag 2<sub>ns</sub>, Intervalllänge: 30 s

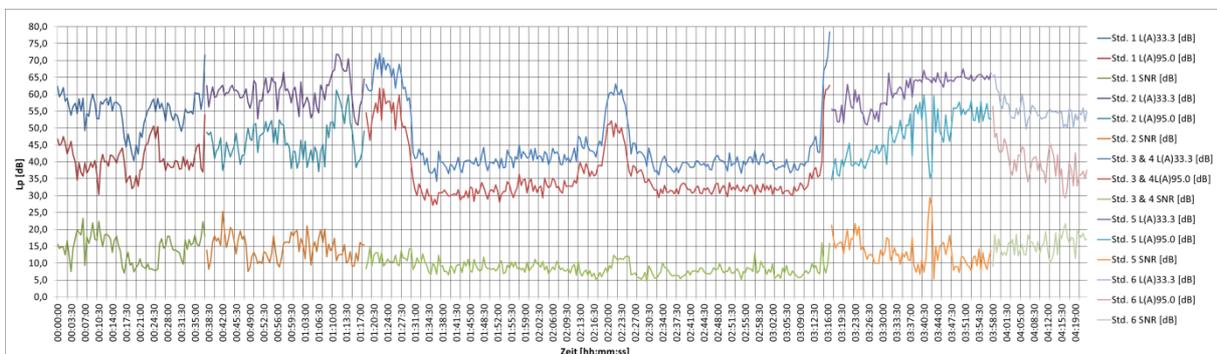


Abb. 9.4: Verlauf von  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR während Tag 7<sub>s</sub>, Intervalllänge: 30 s

Stunde	SNR Tag 2 <sub>ns</sub> [dB(A)]	SNR Tag 7 <sub>s</sub> [dB(A)]
1	-	15.3
2	16.6	15.3
3	15.2	8.8
4	15.8	
5	15.3	14.6
6	17.5	16.0
Mittelwert	16.1	12.9

Tabelle 9.2: stundenweise gemittelter SNR der Tage 2<sub>ns</sub> und 7<sub>s</sub>

An Tag 2<sub>ns</sub> ist der SNR in allen Stunden optimal. Kein einziges Mal sinkt er unter 15 dB(A). Insgesamt beträgt er an diesem Vormittag im Durchschnitt 16.1 dB(A). An Tag 7<sub>s</sub> beträgt der Mittelwert 12.9 dB(A). Das ist vor allem durch die Schularbeit in der dritten und vierten Stunde bedingt, da die Analyse der beiden Stunden einen SNR von lediglich 8.8 dB(A) ergibt. Das ist aber nebensächlich, da während der Prüfung ohnehin nicht gesprochen wurde. In den verbleibenden Stunden weist der SNR dennoch zufriedenstellende Werte auf. Am SNR-Verlauf an Tag 2<sub>ns</sub> ist in der zweiten Stunde gut zu sehen, dass der SNR ab der Zeitmarke 00:06:00 kurzzeitig unter 10 dB(A) sinkt, weil die SchülerInnen zu dieser Zeit eine Einzelarbeit erledigten. Danach steigt der SNR ab dem Zeitpunkt 00:12:00 auf weit über 20 dB(A) an, weil zu dieser Zeit die Einzelarbeit in Form von Frontalunterricht besprochen wurde. Einen interessanten Verlauf zeigt der SNR an Tag 2<sub>ns</sub> schließlich noch in Stunde 4. Obwohl die gesamte Stunde als Lehrer-Schüler-Gespräch gestaltet wurde, schwankt der SNR teils erheblich zwischen 10 dB(A) und 25 dB(A). Das hat wohl den Grund, dass es vor allem beim Stimm-aufwand erhebliche Unterschiede zwischen LehrerInnen und SchülerInnen gibt und viele SchülerInnen deutlich leiser als eine Lehrkraft sprechen.

### 9.3 Vergleich des SNR von Tag 3<sub>ns</sub> und Tag 8<sub>s</sub>

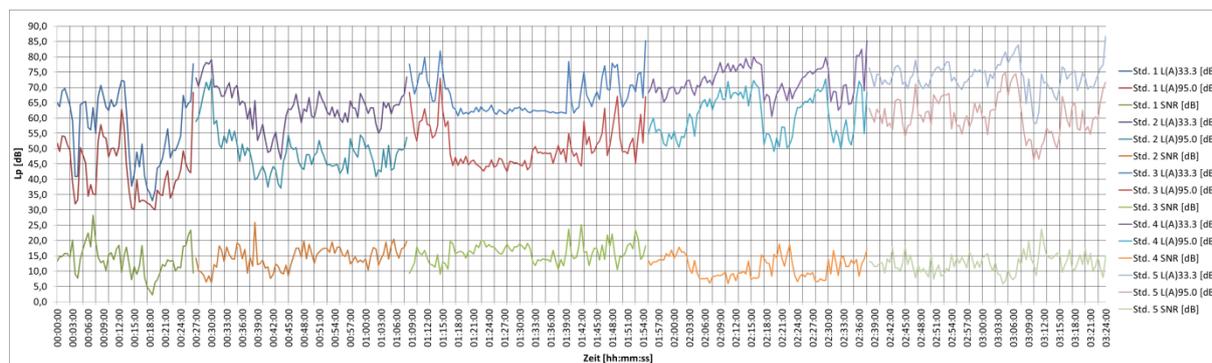


Abb. 9.5: Verlauf von L<sub>(A)33.3</sub>, L<sub>(A)95.0</sub> und SNR während Tag 3<sub>ns</sub>, Intervalllänge: 30 s

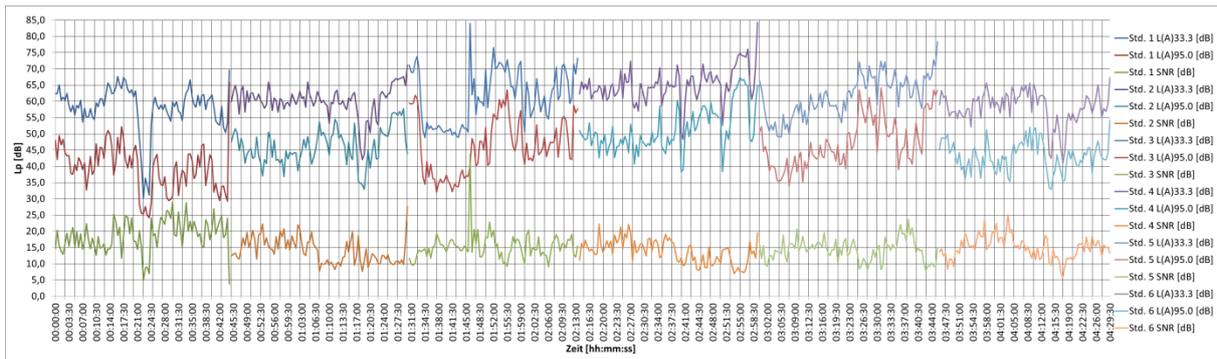


Abb. 9.6: Verlauf von  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR während Tag  $8_s$ , Intervalllänge: 30 s

Stunde	SNR Tag $3_{ns}$ [dB(A)]	SNR Tag $8_s$ [dB(A)]
1	15.2	19.9
2	15.1	15.1
3	16.5	17.6
4	11.9	14.6
5	13.1	14.9
6	-	15.7
Mittelwert	14.5	16.5

Tabelle 9.3: stundenweise gemittelter SNR der Tage  $3_{ns}$  und  $8_s$

Am dritten Tag liegt der SNR im Schnitt bei 14.5 dB(A). In der vierten Stunde werden die Anforderungen deutlich unterschritten. In dieser Stunde beträgt der SNR nämlich lediglich 11.9 dB(A). Das ist allerdings nicht weiter schlimm, da ein großer Teil dieser Stunde aus Partnerarbeiten bestand. Deren Beginn ist im SNR-Verlauf an den Zeitpunkten 02:06:00 und 02:24:00 zu verorten. Dort geht der SNR zurück und gleichzeitig steigt der Grundgeräuschpegel deutlich an. Dass teilweise deutliche Pegelunterschiede entstehen, wenn pro Stunde lediglich eine Gesamtstatistik angefertigt wird oder viele Kurzzeitstatistiken ausgewertet werden, kann am dritten Tag wiederum am Beispiel der ersten Stunde gesehen werden. Bei der allgemeinen tageweisen Auswertung in Kapitel 6.3.1 wurde in der ersten Stunde des dritten Tages ein mittlerer SNR von 27.4 dB(A) festgestellt. Bei der Analyse mehrerer Kurzzeitstatistiken ergibt sich jedoch ein gemittelter SNR von gerade einmal 15.2 dB(A).

In Stunde 3 des dritten Tages ist nach dem Zeitpunkt 01:17:00 ein deutlicher Rückgang von Grundgeräuschpegel und Stimmaufwand erkennbar. Denn zu dieser Zeit begann ein etwa zwanzigminütiges Referat. Während des Referats ändert sich der Stimmaufwand des Schülers kaum, sondern liegt konstant bei 62 bis 63 dB(A). Am achten Tag ist der SNR im Vergleich zum dritten Tag um 2 dB(A) besser und beträgt im Schnitt 16.5 dB(A). Auch an diesem Tag lassen sich wieder einige interessante Kurvenverläufe durch die Unterrichtsform erklären. In Stunde 1 beispielsweise sinkt der SNR auf äußerst niedrige 5 dB(A) ab und gleichzeitig brechen die Grundgeräuschpegel- und die Stimmaufwandskurven ein. Das geschieht zum Zeitpunkt 00:21:00. Grund dafür ist eine Einzelarbeit. Dass an diesem Tag in der dritten Stunde ebenfalls ein Schüler ein Referat hielt, ist ab dem Zeitpunkt 01:34:30 erkennbar. Zu diesem Zeitpunkt sinken nämlich Grundgeräuschpegel und Stimmaufwand deutlich ab und verlaufen für die anschließenden Minuten relativ konstant. Der kurzzeitige Anstieg der Kurven bei 01:45:00 lässt sich auf den Applaus am Ende des Referats zurückführen.

## 9.4 Vergleich des SNR von Tag 5<sub>ns</sub> und Tag 10<sub>s</sub>

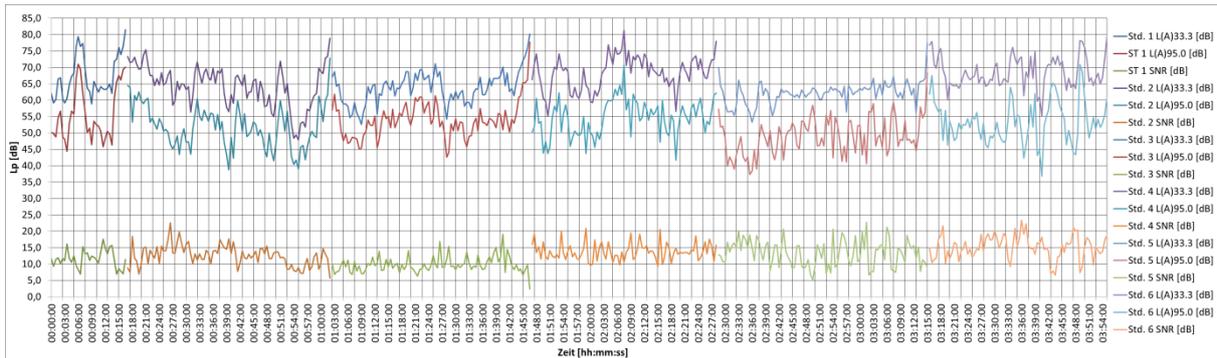


Abb. 9.7: Verlauf von  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR während Tag 5<sub>ns</sub>, Intervalllänge: 30 s

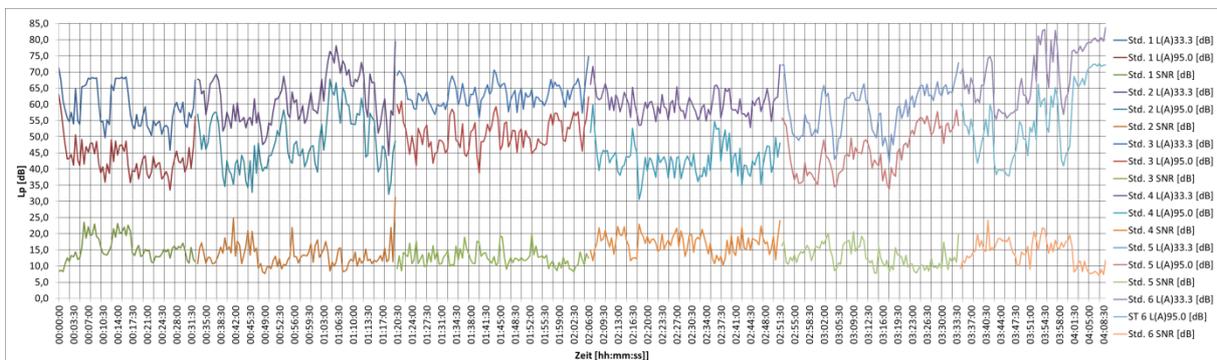


Abb. 9.8: Verlauf von  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR während Tag 10<sub>s</sub>, Intervalllänge: 30 s

Stunde	SNR Tag 5 <sub>ns</sub> [dB(A)]	SNR Tag 10 <sub>s</sub> [dB(A)]
1	12.0	16.2
2	13.1	14.4
3	10.2	12.9
4	14.2	17.5
5	14.2	13.5
6	15.9	15.2
Mittelwert	13.6	15.0

Tabelle 9.4: stundenweise gemittelter SNR der Tage 5<sub>ns</sub> und 10<sub>s</sub>

An Tag 10<sub>s</sub> ist im Vergleich zu Tag 5<sub>ns</sub> ebenfalls eine kleine Verbesserung des SNR von 13.6 dB(A) auf 15.0 dB(A) erkennbar. An Tag 5<sub>ns</sub> sind die SNR-Werte der ersten bis dritten Stunde relativ schlecht und liegen erst ab der vierten Stunde in einem angemessenen Bereich. Die Ursache, dass der SNR in der ersten Stunde des fünften Tages gerade einmal 12 dB(A) beträgt, beruht auf der Tatsache, dass in der ohnehin kurzen fünfzehnminütigen Stunde Schularbeiten zurückgegeben wurden, wobei die SchülerInnen sehr unruhig waren und sich dies bei der kurzen Besprechung der Arbeit nicht änderte. In der zweiten Stunde war es ebenfalls recht unruhig, wodurch der SNR bei 13.1 dB(A) liegt; ein Wert jedoch, der gerade noch zulässig ist. In der darauffolgenden Stunde rutscht der SNR auf nur mehr durchschnittlich 10.2 dB(A) ab. Das lässt sich wieder durch die Unterrichtsformen erklären. Den Großteil der Stunde hatten die SchülerInnen den Arbeitsauftrag, in Einzelarbeit Aufgaben zu bearbeiten, wobei einige SchülerInnen parallel dazu an der Tafel Aufgaben bearbeiten sollten. Daher sprach die Lehrkraft in dieser Stunde nicht allzu viel vor der Klasse. Tat sie das doch, ist das an den Stellen der Fall, an denen der SNR die 15 dB(A)-Marke überschreitet. In Stunde 4 ist sofort erkenn-

bar, dass der SNR im Vergleich zu den vorherigen Stunden deutlich besser ist. Das ist der Tatsache geschuldet, dass die gesamte Stunde als Frontalunterricht gestaltet wurde. Die zum Teil recht großen Schwankungen von Stimmaufwand, Grundgeräuschpegel und SNR in der fünften Stunde liegen daran, dass in dieser Stunde ein Film gezeigt wurde und die Pegelschwankungen dabei in erster Linie auf den Inhalt des Films zurückzuführen sind. Auch in der sechsten Stunde sind relativ große Pegelschwankungen zu erkennen, was in dieser Stunde daran liegt, dass die Unterrichtsform häufig wechselte. In dieser Stunde stand Musik auf dem Stundenplan und die Lehrkraft wechselte häufig zwischen Lehrervortrag, Frontalunterricht und Hörbeispielen. An Tag 10<sub>s</sub> stechen in der ersten Stunde zwei Stellen heraus, bei denen sich SNR und Stimmaufwand schlagartig verbessern. Das sind die Zeitpunkte 00:07:00 und 00:14:00. Zu diesen Zeitpunkten wurde eine Hörverständnisübung vorgespielt. Zum Schluss werden noch zwei Stellen in der letzten Stunde des zehnten Tages angesprochen. Bei 03:51:00 steigen Stimmaufwand und Grundgeräuschpegel recht schnell an, weil ab dieser Zeit ein Hörbeispiel abgespielt wurde. Nachdem das Hörbeispiel vorüber ist und die Pegel bei 03:58:00 wieder kurz abfallen, steigen sie kurz darauf ab 04:01:30 bis zum Schluss wieder an, weil die SchülerInnen zum Mitsingen aufgefordert wurden.

## 9.5 Zusammenfassung

Abschließend kann festgehalten werden, dass es keine klaren Unterschiede zwischen dem SNR im nicht sanierten Raum und dem SNR im sanierten Raum gibt. Beim Vergleich in diesem Kapitel ist der stündlich gemittelte SNR mal im nicht sanierten Raum und mal im sanierten Raum besser. Die Unterschiede betragen aber stets nur wenige Dezibel. Dass keine großen Unterschiede erkennbar sind, liegt in erster Linie am Lombard Effekt, denn der nötige Stimmaufwand ist vom jeweiligen Grundgeräuschpegel abhängig. Ist also der Grundgeräuschpegel geringer, passt die Lehrkraft ihren Stimmaufwand an und spricht automatisch leiser als bei höherem Grundgeräuschpegel. Dadurch bleibt der SNR im Schnitt etwa gleich. Allerdings darf nicht vergessen werden, dass dies im nicht sanierten Klassenraum nur durch einen höheren Stimmaufwand erreicht werden kann, da dort der Grundgeräuschpegel lauter ist. Natürlich gibt es eine obere und untere Grenze des Stimmaufwands. Wenn es im Raum sehr laut wird, wird die Lehrkraft nicht versuchen, den Grundgeräuschpegel der SchülerInnen zu übertönen, sondern innehalten und die SchülerInnen zu leiserem Arbeiten ermahnen, wodurch der SNR beim Lehrervortrag oder Frontalunterricht nicht unter einen bestimmten Wert sinken kann. Eine untere Grenze des Stimmaufwands wäre dann erreicht, wenn es im Klassenzimmer so leise wäre, dass die Lehrerin oder der Lehrer auch im Flüsterton verstanden würde. Allerdings würde kein Sprecher flüsternd vor einer Menge sprechen, sondern mit entspanntem Stimmaufwand weiter reden.

Wie anhand zahlreicher Beispiele demonstriert wurde, ist der Verlauf des SNR sehr stark von der jeweiligen Unterrichtsform abhängig. Der SNR spielt im Klassenraum lediglich eine Rolle, wenn die Lehrkraft oder eine Schülerin bzw. ein Schüler spricht. Bei anderen Unterrichtsformen, wie Einzel- oder Gruppenarbeit ist die Analyse eines SNR nicht zielführend, da es bei diesen Formen keinen Sprecher gibt, der im gesamten Klassenraum verstanden werden muss. Daher ist es nicht sinnvoll, den SNR anhand eines Einzelwertes für jede Stunde zu beurteilen ohne gleichzeitig den Verlauf während der gesamten Stunde inklusive Unterrichtsprotokoll vorliegen zu haben. Ein Einzelwert kann nur einer groben Abschätzung dienen. Außerdem kommt es je nach Art, durch die ein Gesamtwert für eine Stunde bestimmt wurde, zu teils erheblichen Abweichungen. So kann ein SNR, der mit einer gesamten Pegelstatistik für eine Stunde berechnet wurde, aufgrund der Schwankungen während einer Stunde teilweise erheb-

lich von einem SNR abweichen, der für dieselbe Stunde anhand vieler einzelner Pegelstatistiken berechnet wurde, die intervallweise angefertigt wurden. Vielmehr ist anzuraten, den Verlauf des SNR innerhalb einer Stunde zu analysieren, und den Unterrichtsverlauf währenddessen vorliegen zu haben. So kann beispielweise der Rückgang des SNR bei Einzelarbeiten erklärt werden. Daher kann auch ein mittlerer SNR, der die 13dB(A)-Marke unterschreitet, als optimal angesehen werden, wenn ein Großteil der Stunde aus individuellen Unterrichtsformen, wie Einzel- oder Partnerarbeit, bestanden hat.

Zum Schluss wird noch kurz auf die erhöhte Sprachverständlichkeit bei Fremdsprachenunterricht eingegangen. Wie aus Kapitel 2.1 bekannt ist, ist eine erhöhte Sprachverständlichkeit bei Fremdsprachenunterricht besonders wichtig und daher wäre ein optimaler SNR von mindestens 15 dB(A) wünschenswert. Die Stunden, in denen Englisch unterrichtet wurde, sind in Tabelle 9.2, Tabelle 9.3 und Tabelle 9.4 jeweils grau hinterlegt. Insgesamt wurde in beiden Klassenzimmern jeweils vier Englischstunden unterrichtet. Im sanierten Klassenraum ist der SNR während dieser Stunden in allen Fällen optimal und überschreitet die 15 dB(A)-Marke. Im nicht sanierten Klassenraum wird die 15-dB(A)-Marke zweimal unterschritten. Das passiert in der fünften Stunde des dritten Tages sowie der ersten Stunde des fünften Tages. In der fünften Stunde an Tag 3<sub>ns</sub> beträgt der SNR durchschnittlich lediglich 13.1 dB(A). Das ist aber kein Problem, da etwa die eine Hälfte der Stunde aus Einzel- und Partnerarbeit bestand und die restliche Zeit mit Frontalunterricht und Lehrervortrag unterrichtet wurde. Während der Zeiten, in denen die Lehrkraft sprach, erreicht der SNR Werte, die über 15 dB(A) liegen. In der ersten Stunde des fünften Tages beträgt der SNR 12.0 dB(A). Das ist insofern verständlich, da in der ohnehin sehr kurzen Stunde nur Zeit blieb, um Schularbeiten zurückzugeben und kurz zu besprechen, wobei die SchülerInnen aber besonders unruhig waren und nur ein kleiner Teil der Klasse der Lehrkraft zuhörte. Da der SNR aber auch während der Besprechung der Schularbeit nicht die 15 dB(A)-Marke überschritt, kann die Forderung nach erhöhter Sprachverständlichkeit in dieser Stunde nicht eingehalten werden. Somit kann also zum Schluss gesagt werden, dass die Forderung nach erhöhter Sprachverständlichkeit im Fremdsprachenunterricht durch einen optimalen SNR von mindestens 15 dB(A) im sanierten Raum generell und im nicht sanierten Raum in drei von vier Stunden (also in 75 % der Fälle) erfüllt wurde.

## 10 Untersuchung der Schallpegelsituation während verschiedener Unterrichtsformen und Unterrichtssituationen

Bis jetzt wurden verschiedene Untersuchungen angestellt, die den Stimmaufwand, den Grundgeräuschpegel und den SNR behandelt haben. Dabei wurde die Entwicklung der jeweiligen Größen während des Vormittags analysiert. In Kapitel 9 wurde bereits deutlich, dass vor allem der SNR von der gewählten Unterrichtsform abhängt. Daher wird nun die Lärmsituation bei verschiedenen Unterrichtssituationen genauer betrachtet. Diese Analyse beinhaltet nicht nur die durchschnittlichen Schalldruckpegel im Raum, die die Mittelwerte der Pegel darstellen, die an den Messpositionen 1 bis 8 gemessen wurden, sondern geht genau auf die räumliche Verteilung der Parameter ein. Dabei wird wieder zwischen den Ergebnissen unterschieden, die im nicht sanierten und im sanierten Raum ermittelt wurden. Zudem wird die Lärmsituation in der Unterstufe mit der in der Oberstufe verglichen. Während der Auswertung wurden die gesamten Aufnahmen zunächst nach bestimmten Unterrichtsformen kategorisiert. Dies geschah stundenweise. So sind beispielsweise alle Lehrervorträge, die während einer Stunde vorkamen, zusammen analysiert worden. Die der nächsten Stunde wurden getrennt betrachtet. Die Kategorisierung erfolgte mit der Matlab-Anwendung *File Cutter*<sup>38</sup>. Nachdem die Kategorisierung der einzelnen Stunden abgeschlossen war, wurden die einzelnen kategorisierten Dateien analysiert, indem für jede Datei eine Gesamtpegelstatistik berechnet wurde. Insgesamt wird in diesem Kapitel zwischen elf verschiedenen Unterrichtsformen und Unterrichtssituationen unterschieden. Eine Auflistung und kurze Erläuterung kann in Tabelle 10.1 gefunden werden. Die Statistiken einer Unterrichtsform wurden nochmals in vier verschiedene Kategorien unterteilt: Unterstufe – nicht saniert, Unterstufe – saniert, Oberstufe – nicht saniert, Oberstufe – saniert. Schließlich wurden die Pegelstatistiken aller Abschnitte, die sich in derselben Unterkategorie befunden haben, gemittelt. Diese Mittelwerte werden in diesem Kapitel als Ergebnis präsentiert. Nicht immer konnten für alle vier Kategorien gleiche Unterrichtsformen gefunden werden. Bestimmte Ergebnisse werden daher ohne ein Vergleichsset dargestellt. Auf welche Schalldruckpegel genauer eingegangen wird, hängt von der jeweiligen Unterrichtsform ab, da es beispielsweise unnötig ist, für eine Einzelarbeit den Stimmaufwand der Lehrkraft zu analysieren.

---

<sup>38</sup> Vgl. [LUDWIG, S. 26ff.]

Unterrichtsform	Beschreibung	Häufigkeit [%]
Frontalunterricht	Der Unterricht wird als Lehrer-Schüler-Dialog gestaltet, während dem der Lehrer an die SchülerInnen Fragen stellt und umgekehrt. Tafelanschriften und ähnliches sind ebenfalls enthalten.	51
Lehrervortrag	Sonderform des Frontalunterrichts. Lediglich der Lehrer spricht, während die SchülerInnen zuhören und sich gegebenenfalls Notizen machen.	14
Einzelarbeit – Arbeitsaufträge	Die SchülerInnen bearbeiten bestimmte Aufgaben in Einzelarbeit.	10
Einzelarbeit – Lesen	Sonderform der Einzelarbeit. Der Arbeitsauftrag ist das Lesen eines Textes.	1
Partner- und Gruppenarbeit	Die SchülerInnen bearbeiten zu zweit oder in größeren Gruppen bestimmte Arbeitsaufträge.	8
Arbeitsblätter und Sonstiges austeilern	Arbeitsblätter, Hausaufgaben und ähnliches werden an die SchülerInnen verteilt oder eingesammelt. Die Rückgabe von Schularbeiten wird getrennt behandelt.	1
Schularbeitenrückgabe	An die SchülerInnen wird eine Schularbeit zurückgegeben, die sie im Anschluss durchsehen.	2
Audiovisuelle Vorführungen	Die SchülerInnen sehen einen Film oder bekommen Hörbeispiele und Hörverständnisübungen vorgespielt.	5
Abfragen	Ein einzelner Schüler wird zu Beginn der Stunde abgefragt, wobei er vor der Klasse steht.	1
Referat	Ein einzelner Schüler hält vor der Klasse ein Referat.	2
Schriftliche Prüfung	Die SchülerInnen schreiben eine zweistündige Schularbeit.	5

Tabelle 10.1: Beschreibung der Unterrichtsformen und Unterrichtssituationen

## 10.1 Frontalunterricht

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
L(A)eq [dB]	70,2	71,1	70,5	70,2	69,3	70,6	70,3	69,7	69,3
L(A)33,3 [dB]	68,9	69,7	69,3	68,8	68,2	69,4	69,2	68,6	68,2
L(A)95,0 [dB]	52,9	53,0	53,1	52,9	52,5	53,1	53,0	52,9	52,5
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	16,0	16,6	16,2	15,9	15,7	16,3	16,2	15,8	15,7

Tabelle 10.2: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Frontalunterricht in der Unterstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
L(A)eq [dB]	64,5	66,2	66,3	64,9	62,2	65,0	64,8	63,1	61,9
L(A)33,3 [dB]	61,5	63,2	62,9	61,6	59,4	62,3	62,0	60,5	59,3
L(A)95,0 [dB]	44,1	44,4	45,0	44,6	42,8	44,5	44,7	43,9	42,8
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	17,4	18,8	17,9	17,1	16,6	17,8	17,2	16,6	16,6

Tabelle 10.3: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Frontalunterricht in der Unterstufe im sanierten Raum

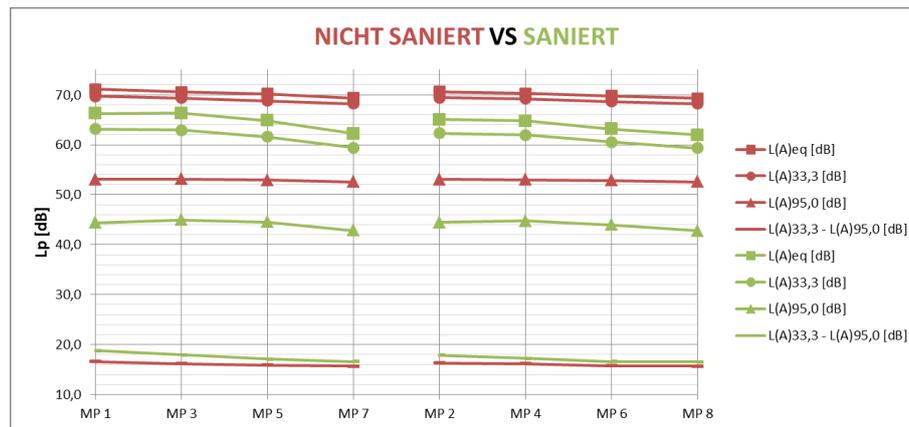
Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
L(A)eq [dB]	67,3	67,8	67,5	66,9	66,3	67,8	68,1	67,0	66,8
L(A)33,3 [dB]	64,9	65,5	65,4	64,6	64,0	65,5	65,4	64,6	64,1
L(A)95,0 [dB]	47,1	47,2	47,4	46,8	46,4	47,2	47,4	47,1	46,8
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	17,8	18,3	18,0	17,8	17,6	18,3	18,0	17,4	17,3

Tabelle 10.4: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Frontalunterricht in der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
L(A)eq [dB]	63,9	64,6	65,0	64,3	61,3	63,9	64,8	63,4	63,9
L(A)33,3 [dB]	61,4	62,1	62,7	61,7	59,2	61,7	62,1	61,0	60,1
L(A)95,0 [dB]	42,9	43,1	43,9	43,3	41,4	42,9	43,4	43,3	42,0
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	18,4	19,1	18,8	18,4	17,8	18,8	18,6	17,7	18,1

Tabelle 10.5: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Frontalunterricht in der Oberstufe im sanierten Raum

### 10.1.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert



**Abb. 10.1:** Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei Frontalunterricht in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Der direkte Vergleich beider Räume in Abb. 10.1 zeigt, dass die Lärmsituation bei Frontalunterricht in der Unterstufe im sanierten Raum deutlich leiser ist als im nicht sanierten Raum. Als Frontalunterricht wird hier ein Unterrichtsverlauf bezeichnet, währenddessen ein Lehrer-Schüler-Dialog geführt wird. Tafelanschriften und ähnliches sind ebenfalls inkludiert. Zudem ist in Abb. 10.1 sichtbar, dass der Arbeitsgeräuschpegel und der Stimmumfang im sanierten Raum nach hinten abfallen. Wie in Kapitel 4.1 geschildert wurde, stellen die Messpositionen 1, 3, 5 und 7 die Mikrofonpositionen vor den Tischreihen an der Fensterseite von vorne nach hinten dar. Analog dazu bezeichnen die Messpositionen 2, 4, 6 und 8 die Mikrofonpositionen vor den Tischreihen an der Türseite von vorne nach hinten. Durch diese Darstellung können Pegelabfälle zum hinteren Teil des Raums hin für beide Klassenzimmerseiten sichtbar gemacht werden.

Bei Stimmumfang und Arbeitsgeräuschpegel beträgt der Pegelabfall im sanierten Klassenzimmer nach hinten bis zu 4 dB(A). Im nicht sanierten Raum bleiben Arbeitsgeräuschpegel und Stimmumfang von vorne nach hinten nahezu gleich. Der größte Unterschied beträgt 1,8 dB(A). Dass diese Pegel im sanierten Raum nach hinten stärker abnehmen, hängt wiederum damit zusammen, dass der Diffusschallanteil im sanierten Raum kleiner ist. Dieser Zusammenhang wurde bereits in Kapitel 8.4 genau erläutert. Die Kurven von Arbeitsgeräuschpegel und Stimmumfang liegen in beiden Räumen recht nahe beieinander, was ein Zeichen dafür ist, dass der Arbeitsgeräuschpegel maßgeblich vom Stimmumfang der Lehrkraft beeinflusst wird. Im sanierten Raum beträgt diese Differenz im Schnitt 3 dB(A) und im nicht sanierten Raum 1,3 dB(A). Dass diese Differenz im nicht sanierten Raum kleiner ist, beruht ebenfalls auf der Tatsache, dass das Diffusschallfeld im nicht sanierten Raum größer ist als im sanierten Raum. Denn aufgrund des größeren Diffusschallanteils im nicht sanierten Klassenzimmer beeinflussen neben dem Stimmumfang sonstige Nebengeräusche den Arbeitsgeräuschpegel stärker als im sanierten Klassenzimmer. Allgemein ist der Arbeitsgeräuschpegel im sanierten Raum 5,7 dB(A) leiser als im nicht sanierten Raum (64,5 dB(A) anstatt 70,2 dB(A), siehe Tabelle 10.2 und Tabelle 10.3), was fast eine Halbierung des Schalldruckpegels bedeutet. Der Stimmumfang ist im sanierten Raum ebenso geringer. Er beträgt im nicht sanierten Raum rund 68,9 dB(A) und im sanierten Raum 61,5 dB(A), was eine Reduktion von 7,4 dB(A) darstellt.

Der Grundgeräuschpegel ist bei dieser Unterrichtsform im sanierten Raum sogar um fast 9 dB(A) leiser als im nicht sanierten Raum. Im nicht sanierten Raum beträgt er im Schnitt et-

wa 52.9 dB(A) und im sanierten Raum liegt er bei rund 44.1 dB(A). Im sanierten Raum sind zudem wieder größere räumliche Unterschiede auszumachen als im sanierten Raum. Im nicht sanierten Raum verläuft der Grundgeräuschpegel recht gleichmäßig und im sanierten Raum liegen die größeren Werte eher in der zweiten und dritten Reihe als in der ersten und vierten Reihe. Der Grundgeräuschpegel ist allgemein an den Positionen etwas größer, an denen die meisten SchülerInnen sitzen. Ist eine Reihe nicht besetzt, ist in dieser Reihe auch der Grundgeräuschpegel leiser. Im nicht sanierten Raum sind die Unterschiede eher gering und betragen maximal 0.6 dB(A). Im sanierten Raum sind sie etwas höher und liegen bei maximal 1.9 dB(A). Der SNR ist im sanierten Raum mit 17.4 dB(A) nur leicht höher als im nicht sanierten Raum mit durchschnittlich 16.0 dB(A). Er verläuft im nicht sanierten Raum ebenfalls recht gleichmäßig, im sanierten Raum dagegen nimmt er nach hinten leicht ab. Werden die Werte aus Kapitel 2.4 wieder zum Vergleich herangezogen, die besagen, dass an jedem Sitzplatz ein SNR von 15 dB(A) optimal ist und in einigen Fällen 13 dB(A) erlaubt sind, stellen diese SNR-Werte also sehr gute Ergebnisse dar.

### 10.1.2 Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert

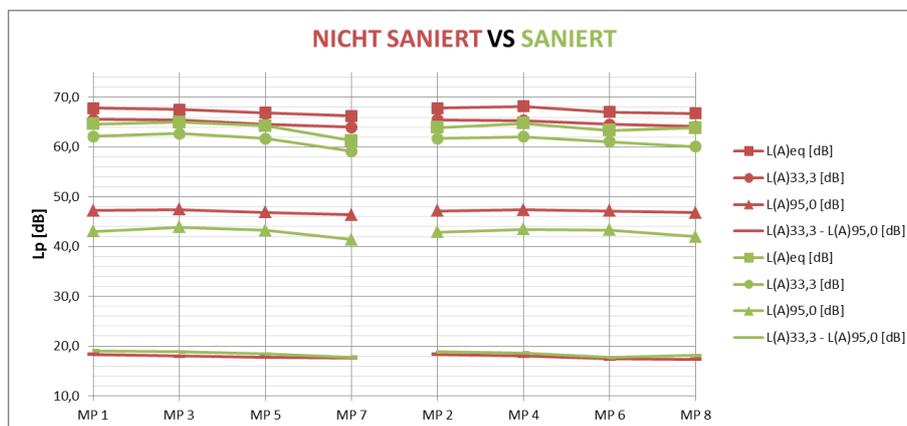
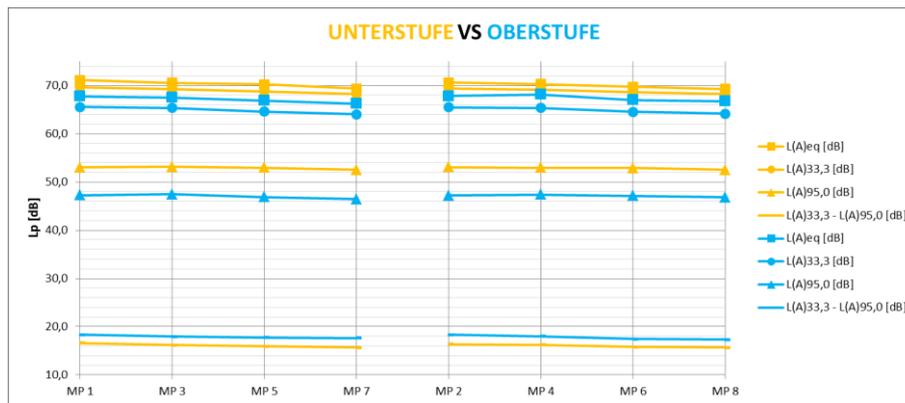


Abb. 10.2: Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei Frontalunterricht in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Bei dem Vergleich für die Oberstufe fallen in Abb. 10.2 dieselben räumlichen Unterschiede wie in der Unterstufe auf. Beim Arbeitsgeräuschpegel und beim Stimmaufwand belaufen sich die räumlichen Differenzen im nicht sanierten Raum auf maximal 1.5 dB(A). Beim Grundgeräuschpegel beträgt die größte Differenz 1.0 dB(A). Der SNR-Verlauf ist in beiden Räumen ähnlich. Im nicht sanierten Raum liegt er bei durchschnittlich 17.8 dB(A) (siehe Tabelle 10.4). Im sanierten Raum ist er mit 18.4 dB(A) fast gleich groß (siehe Tabelle 10.5). Größere Unterschiede sind beim Grundgeräuschpegel im sanierten Raum zu erkennen. An dieser Kurve ist deutlich zu sehen, dass der Grundgeräuschpegel in den Reihen 2 und 3 am größten ist. Die räumlichen Unterschiede belaufen sich dabei auf bis zu 2.5 dB(A). Im sanierten Raum beträgt der Grundgeräuschpegel durchschnittlich 42.9 dB(A) und ist somit um gut 4 dB(A) leiser als im nicht sanierten Raum, in dem er 47.1 dB(A) beträgt. Auch Stimmaufwand und Arbeitsgeräuschpegel sind im sanierten Raum deutlich geringer. Der Arbeitsgeräuschpegel reduziert sich um 3.4 dB(A) von 67.3 dB(A) auf 63.9 dB(A) und der Stimmaufwand ist um 3.5 dB(A) geringer. Er liegt im sanierten Raum bei 61.4 dB(A) und im nicht sanierten Raum bei 64.9 dB(A).

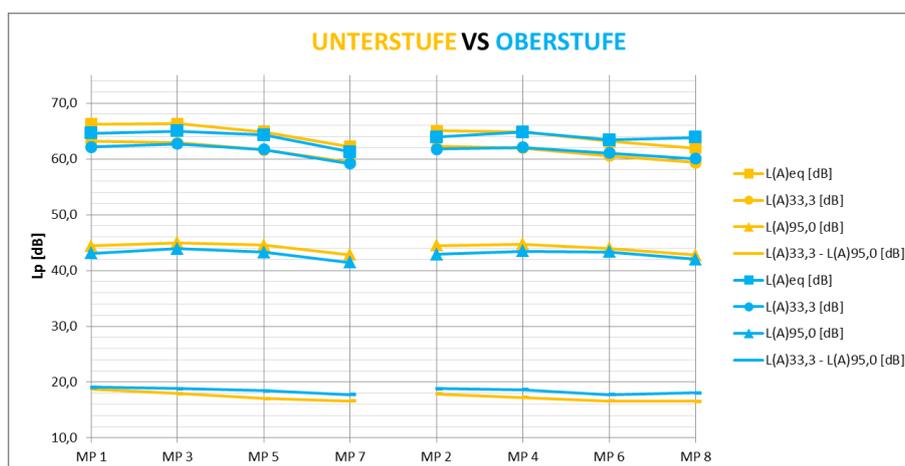
### 10.1.3 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert



**Abb. 10.3:** Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei Frontalunterricht in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum

In Abb. 10.3 ist zu sehen, dass die Lärmsituation im nicht sanierten Raum in der Oberstufe leiser ist als in der Unterstufe. Der Arbeitsgeräuschpegel ist in der Oberstufe 2.9 dB(A) leiser und beträgt durchschnittlich 67.3 dB(A) (siehe Tabelle 10.4). In der Unterstufe sind es dagegen 70.2 dB(A) (siehe Tabelle 10.2). Ebenso ist der Stimmaufwand der Lehrkräfte in der Oberstufe durchschnittlich um 4.0 dB(A) geringer. In der Unterstufe beträgt er 68.9 dB(A) und in der Oberstufe dagegen nur 64.9 dB(A). Die Energie des Grundgeräuschpegels ist in der Unterstufe fast viermal so hoch. In der Unterstufe liegt der Wert bei 52.9 dB(A) und in der Oberstufe gerade einmal bei 47.1 dB(A). Der SNR ist in der Oberstufe mit 17.8 dB(A) etwas besser als in der Unterstufe. Dort beträgt der SNR 16.0 dB(A). Die räumliche Verteilung der Parameter ist in beiden Fällen etwa gleich.

### 10.1.4 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert



**Abb. 10.4:** Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei Frontalunterricht in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum

Werden die Messergebnisse von Oberstufe und Unterstufe im sanierten Raum verglichen, so fällt auf, dass die Unterschiede im sanierten Raum kleiner ausfallen als im nicht sanierten Raum. So sind die Arbeitsgeräuschpegel im sanierten Klassenzimmer in beiden Fällen in etwa gleich. In der Oberstufe beträgt er 63.9 dB(A) und in der Unterstufe 64.5 dB(A) (siehe Tabelle 10.5 und Tabelle 10.3). Der Stimmaufwand ist ebenfalls nahezu identisch. In der Unterstufe

liegt er bei 61.5 dB(A) und in der Oberstufe bei 61.4 dB(A). Die Differenz des Grundgeräuschpegels fällt mit 1.2 dB(A) für die Oberstufe (42.9 dB(A)) nur gering besser aus als in der Unterstufe (44.1 dB(A)). Der SNR ist in der Oberstufe leicht besser und beträgt 18.4 dB(A). In der Unterstufe dagegen liegt er im Schnitt bei 17.4 dB(A). Der räumliche Verlauf der Messwerte ist auch in diesem Raum in beiden Fällen in etwa derselbe.

### 10.1.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann für die Lärmsituation während des Frontalunterrichts gesagt werden, dass die räumlichen Unterschiede im sanierten Raum deutlich größer sind als im nicht sanierten Raum. Interessant ist, dass die Unterschiede zwischen Unter- und Oberstufe im sanierten Klassenzimmer geringer ausfallen. Im Schnitt ist der Arbeitsgeräuschpegel in der Unterstufe im sanierten Klassenraum 5.7 dB(A) leiser. In der Oberstufe reduziert sich der Arbeitsgeräuschpegel um 3.4 dB(A). Der Stimmumfang sinkt in der Unterstufe um 7.4 dB(A) und in der Oberstufe um 3.5 dB(A) ab. Der Grundgeräuschpegel reduziert sich in der Unterstufe sogar um 8.8 dB(A). In der Oberstufe sinkt der Grundgeräuschpegel lediglich um knapp die Hälfte, nämlich 4.2 dB(A). Die folgende Tabelle fasst die Pegelunterschiede der angestellten Vergleiche abschließend zusammen.

	Unterstufe			Oberstufe		
	Nicht saniert	Saniert	Differenz	Nicht saniert	Saniert	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	70.2	64.5	-5.7	67.3	63.9	-3.4
$L_{(A)33,3}$ [dB]	68.9	61.5	-7.4	64.9	61.4	-3.5
$L_{(A)95,0}$ [dB]	52.9	44.1	-8.8	47.1	42.9	-4.2
SNR [dB]	16.0	17.4	+1.4	17.8	18.4	+0.6
	Nicht saniert			Saniert		
	Unterstufe	Oberstufe	Differenz	Unterstufe	Oberstufe	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	70.2	67.3	-2.9	64.5	63.9	-0.6
$L_{(A)33,3}$ [dB]	68.9	64.9	-4.0	61.5	61.4	-0.1
$L_{(A)95,0}$ [dB]	52.9	47.1	-5.8	44.1	42.9	-1.2
SNR [dB]	16.0	17.8	+1.8	17.4	18.4	+1.0

Tabelle 10.6: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Frontalunterricht

## 10.2 Lehrervortrag

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	69,3	70,3	69,8	69,3	68,4	69,6	69,7	69,1	68,4
$L_{(A)33,3}$ [dB]	68,2	69,0	68,6	68,1	67,3	68,5	68,5	67,9	67,3
$L_{(A)95,0}$ [dB]	55,0	55,3	55,3	55,0	54,5	55,2	55,1	54,9	54,5
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	13,2	13,7	13,3	13,1	12,8	13,3	13,3	13,1	12,8

Tabelle 10.7: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Lehrervortrag in der Unterstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	64,7	66,7	66,2	64,8	62,6	65,3	65,0	63,8	62,3
$L_{(A)33,3}$ [dB]	62,6	64,1	63,7	62,6	60,6	63,5	63,0	61,8	60,4
$L_{(A)95,0}$ [dB]	47,8	48,1	48,5	48,1	46,7	48,0	48,3	47,4	46,7
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	14,8	16,0	15,2	14,5	13,9	15,4	14,7	14,4	13,7

Tabelle 10.8: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Lehrervortrag in der Unterstufe im sanierten Raum

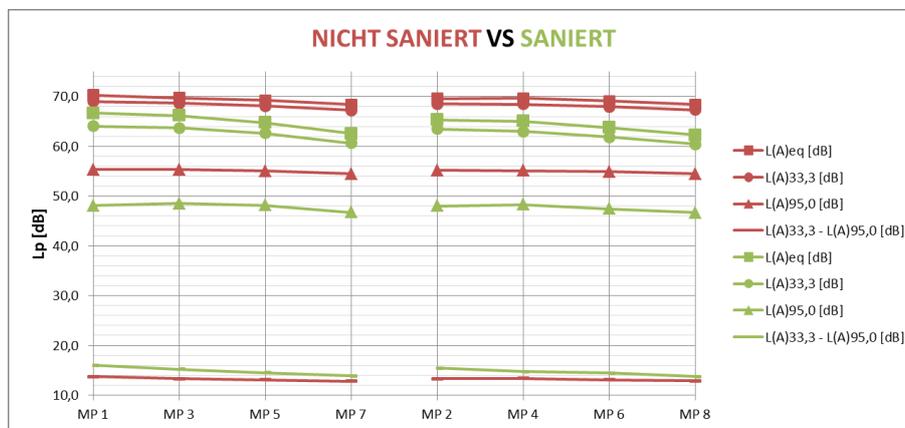
Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
L(A)eq [dB]	67,9	68,6	68,0	67,9	66,9	68,5	68,9	67,6	67,0
L(A)33,3 [dB]	66,5	67,0	66,8	66,2	65,4	67,2	67,1	66,1	65,7
L(A)95,0 [dB]	49,8	50,0	50,1	49,8	49,2	49,9	50,0	49,9	49,6
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	16,6	17,0	16,7	16,4	16,2	17,2	17,0	16,3	16,1

**Tabelle 10.9:** tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Lehrervortrag in der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
L(A)eq [dB]	63,8	65,2	64,3	63,1	61,1	65,3	64,7	63,6	62,5
L(A)33,3 [dB]	62,2	63,6	63,0	61,8	59,7	62,8	63,0	62,5	60,7
L(A)95,0 [dB]	49,1	49,0	49,0	48,9	47,4	50,1	50,1	49,3	48,8
L(A)33,3 - L(A)95,0 [dB]	13,1	14,6	14,0	12,8	12,2	12,7	12,9	13,2	11,9

**Tabelle 10.10:** tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Lehrervortrag in der Oberstufe im sanierten Raum

### 10.2.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert



**Abb. 10.5:** Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei Lehrervortrag in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Zu Beginn kann festgestellt werden, dass die Lärmsituation bei Lehrervorträgen im sanierten Raum ebenfalls deutlich leiser ist als im nicht sanierten Raum. Der Lehrervortrag bezeichnet eine Unterrichtsform, bei der ausschließlich die Lehrkraft redet und die SchülerInnen zuhören und sich gegebenenfalls Notizen machen. Im nicht sanierten Raum beträgt der Arbeitsgeräuschpegel im Durchschnitt 69.3 dB(A) (vgl. Tabelle 10.7). Im sanierten Raum ist der Arbeitsgeräuschpegel 4.6 dB(A) leiser und liegt bei durchschnittlich 64.7 dB(A) (vgl. Tabelle 10.8). Stimmaufwand und Arbeitsgeräuschpegel sind nahezu deckungsgleich, sodass beim Lehrervortrag logischerweise ebenfalls festgestellt werden kann, dass die Lehrerstimme den Arbeitsgeräuschpegel am meisten bestimmt. Im nicht sanierten Raum sprechen die Lehrkräfte im Schnitt mit 68.2 dB(A), was einer *erhobenen* Stimme gleichkommt. Im sanierten Raum dagegen sprechen die LehrerInnen im Mittel 5.6 dB(A) leiser und daher liegt der Stimmaufwand im sanierten Raum bei 62.6 dB(A), was einer *normalen* Sprechlautstärke gleichkommt. Das stimmt in etwa mit dem Ergebnis überein, welches in Kapitel 7.2.3 ermittelt wurde. Der Grundgeräuschpegel ist beim Lehrervortrag etwas lauter als beim Frontalunterricht. Im nicht sanierten Raum liegt er bei rund 55.0 dB(A) und im sanierten Raum bei 47.8 dB(A). Daraus resultiert eine Differenz von 7.2 dB(A). Der SNR liegt zu guter Letzt bei rund 13.2 dB(A) im nicht sanierten Raum und bei 14.8 dB(A) im sanierten Raum. Werden die räumlichen Unterschiede der Pegel betrachtet, können dieselben Auffälligkeiten wie auch schon beim Frontalunterricht beobachtet werden. Daher wird hier nicht erneut näher darauf eingegangen.

### 10.2.2 Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert

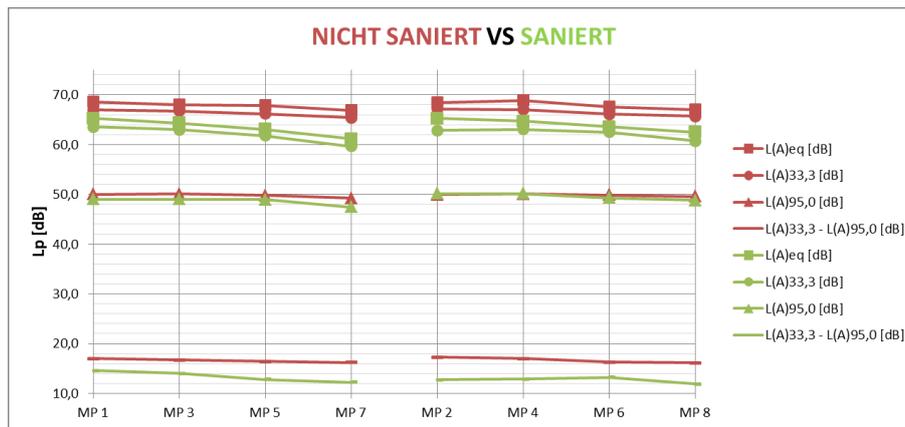


Abb. 10.6: Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei Lehrervortrag in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Bei der Oberstufe liegt der Arbeitsgeräuschpegel im nicht sanierten Raum bei durchschnittlich 67.9 dB(A) (vgl. Tabelle 10.9). Im sanierten Raum ist er 4.1 dB(A) leiser und beträgt im Mittel 63.8 dB(A) (vgl. Tabelle 10.10). Im nicht sanierten Raum sprechen die Lehrkräfte im Schnitt mit einem Stimmaufwand von 66.5 dB(A). Im sanierten Raum reden sie rund 4.3 dB(A) leiser. Dort liegt der Stimmaufwand bei etwa 62.2 dB(A). Beim Grundgeräuschpegel sind in der Oberstufe keine deutlichen Unterschiede erkennbar. Im nicht sanierten Raum beträgt er 49.8 dB(A) und im sanierten Raum 49.1 dB(A). Da der Grundgeräuschpegel etwa gleich bleibt, aber der Stimmaufwand dennoch sinkt, ist es schlüssig, dass der SNR im sanierten Raum sinkt. Im nicht sanierten Raum beträgt der SNR nämlich 16.6 dB(A) und ist somit optimal. Im sanierten Raum beträgt der SNR im Schnitt 13.1 dB(A) und ist daher gerade noch erlaubt. Dass die Lehrkräfte im sanierten Raum trotz gleichbleibendem Grundgeräuschpegel deutlich leiser reden und daher der SNR sinkt, kann dadurch erklärt werden, dass die Lehrkräfte aufgrund der geringeren Nachhallzeit und der besseren Sprachverständlichkeit im sanierten Raum den Eindruck haben, besser verstanden zu werden und somit automatisch leiser sprechen.

### 10.2.3 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert

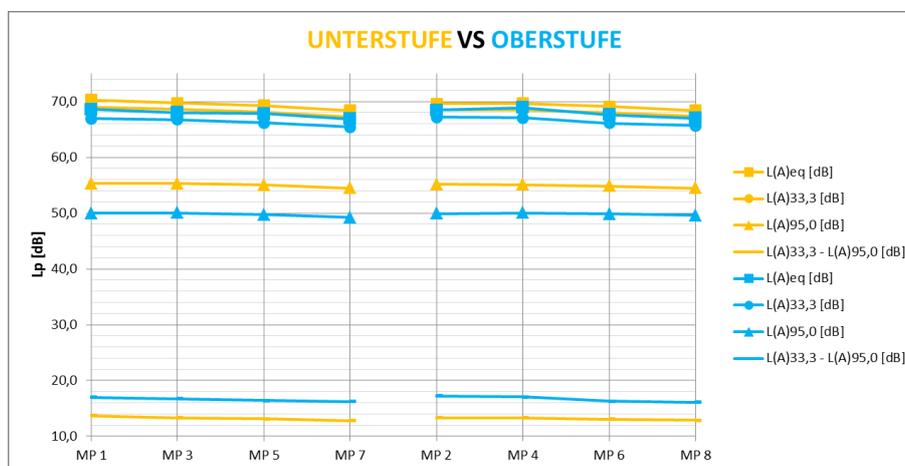
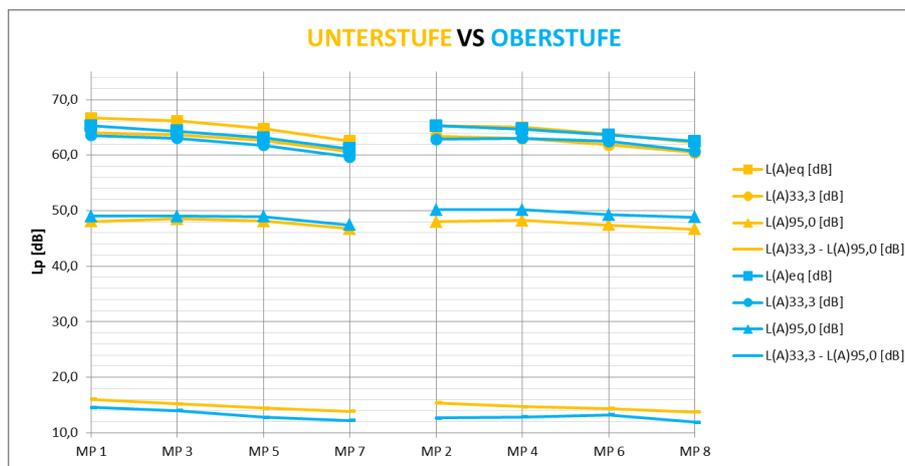


Abb. 10.7: Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei Lehrervortrag in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Bei diesem Vergleich zeigt sich, dass der Arbeitsgeräuschpegel und der Stimmaufwand im nicht sanierten Raum für Unter- und Oberstufe in etwa gleich sind. Die durchschnittliche Differenz beträgt beim Arbeitsgeräuschpegel 1.4 dB(A). In der Unterstufe lag der durchschnittliche Arbeitsgeräuschpegel bei 69.3 dB(A) (vgl. Tabelle 10.7) und in der Oberstufe betrug er im Mittel 67.9 dB(A) (vgl. Tabelle 10.9). Der Stimmaufwand ist in der Oberstufe lediglich um 1.7 dB(A) geringer (66.5 dB(A) anstatt 68.2 dB(A)). Der Grundgeräuschpegel dagegen ist mit 55.0 dB(A) in der Unterstufe im Vergleich zur Oberstufe deutlich lauter. In der Oberstufe liegt er bei rund 49.8 dB(A). Somit ist der SNR in der Oberstufe etwas besser. In der Unterstufe liegt er bei 13.2 dB(A) und in der Oberstufe bei 16.6 dB(A).

## 10.2.4 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert



**Abb. 10.8:** Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei Lehrervortrag in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum

Im sanierten Raum fallen die Unterschiede zwischen Unter- und Oberstufe noch geringer aus als im nicht sanierten Raum. Die Differenz des Arbeitsgeräuschpegels beträgt gerade einmal 0.9 dB(A). In der Unterstufe liegt er bei 64.7 dB(A) und in der Oberstufe sind es 63.8 dB(A) (vgl. Tabelle 10.8 und Tabelle 10.10). Der Stimmaufwand ist ebenfalls in etwa gleich groß. In der Unterstufe sprechen die Lehrkräfte im Schnitt mit 62.6 dB(A) und in der Oberstufe sind es etwa 62.2 dB(A). Der Grundgeräuschpegel liegt in der Unterstufe etwa bei 47.8 dB(A). In der Oberstufe ist er mit 49.1 dB(A) um 1.3 dB(A) leicht höher. Daher ist der SNR in der Oberstufe etwa 1.7 dB(A) schlechter. In der Unterstufe beträgt er 14.8 dB(A) und in der Oberstufe sind es lediglich 13.1 dB(A).

## 10.2.5 Zusammenfassung

Abschließend kann festgehalten werden, dass die Unterschiede zwischen Unter- und Oberstufe in beiden Räumen klein sind. Lediglich beim Grundgeräuschpegel im nicht sanierten Raum gibt es größere Unterschiede von 5.2 dB(A). Auffällig bleibt, dass die Lehrkräfte in der Oberstufe im sanierten Raum leiser sprechen als im nicht sanierten Raum, obwohl sich der Grundgeräuschpegel nicht ändert. Das kann dadurch erklärt werden, dass die Lehrkräfte im sanierten Raum aufgrund der kürzeren Nachhallzeit den Eindruck haben, besser verstanden zu werden und daher ihren Stimmaufwand automatisch reduzieren. Zum Schluss sind die Ergebnisse wiederum tabellarisch zusammengefasst.

	Unterstufe			Oberstufe		
	Nicht saniert	Saniert	Differenz	Nicht saniert	Saniert	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	69.3	64.7	-4.6	67.9	63.8	-4.1
$L_{(A)33.3}$ [dB]	68.2	62.6	-5.6	66.5	62.2	-4.3
$L_{(A)95.0}$ [dB]	55.0	47.8	-7.2	49.8	49.1	-0.7
SNR [dB]	13.2	14.8	+1.6	16.6	13.1	-3.5
	Nicht saniert			Saniert		
	Unterstufe	Oberstufe	Differenz	Unterstufe	Oberstufe	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	69.3	67.9	-1.4	64.7	63.8	-0.9
$L_{(A)33.3}$ [dB]	68.2	66.5	-1.7	62.6	62.2	-0.4
$L_{(A)95.0}$ [dB]	55.0	49.8	-5.2	47.8	49.1	+1.3
SNR [dB]	13.2	16.6	+3.4	14.8	13.1	-1.7

Tabelle 10.11: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Lehrervortrag

### 10.3 Einzelarbeit – Arbeitsaufträge

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	69,9	69,3	70,3	70,5	69,8	69,4	69,9	69,6	70,1
$L_{(A)95,0}$ [dB]	55,1	55,2	55,6	55,2	54,6	55,0	55,0	55,0	55,0

Tabelle 10.12: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Unterstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	63,5	64,0	66,1	64,2	61,6	63,5	64,9	60,9	61,7
$L_{(A)95,0}$ [dB]	43,6	44,1	45,1	44,4	42,5	44,3	44,4	40,5	42,3

Tabelle 10.13: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Unterstufe im sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	61,2	62,2	62,6	61,0	60,1	61,5	61,3	60,9	60,1
$L_{(A)95,0}$ [dB]	45,5	45,9	46,0	45,2	44,8	45,5	45,9	45,8	44,9

Tabelle 10.14: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	63,0	63,2	63,6	63,5	60,4	63,9	64,3	62,3	61,9
$L_{(A)95,0}$ [dB]	45,9	45,8	46,0	45,6	43,7	46,3	46,9	46,6	45,7

Tabelle 10.15: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Oberstufe im sanierten Raum

### 10.3.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert

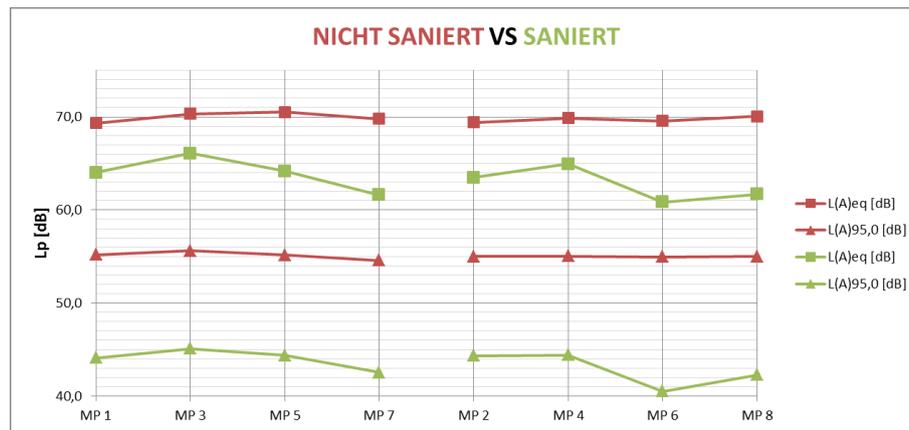


Abb. 10.9: Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

In die Unterrichtsform Einzelarbeit – Arbeitsaufträge fallen Unterrichtssituationen, bei denen die SchülerInnen individuell bestimmte Aufgaben bearbeiten sollten. Mitunter unterhalten sich die SchülerInnen dabei untereinander, um die Ergebnisse zu vergleichen oder um sich gegenseitig zu helfen. Das Lesen von Texten ist hier nicht inkludiert. Da es während den Lesenaufträgen meist deutlich leiser war, wird dies im nächsten Abschnitt als eigene Unterrichtssituation separat betrachtet. Wie in Abb. 10.9 gut zu sehen ist, ist es in der Unterstufe im sanierten Raum deutlich leiser als im nicht sanierten Raum. Der Arbeitsgeräuschpegel liegt im nicht sanierten Raum bei 69.9 dB(A) und im sanierten Raum bei 63.5 dB(A) (vgl. Tabelle 10.12 und Tabelle 10.13). Das ergibt eine Differenz von 6.4 dB(A). Dass der Arbeitsgeräuschpegel bei der Einzelbearbeitung von Arbeitsaufträgen in demselben Bereich liegt wie bei Frontalunterricht und Lehrervortrag verwundert zunächst. Anzunehmen wäre eine deutlich geringere Lautstärke, wenn alle SchülerInnen an einer eigenen Aufgabe arbeiten. Allerdings dauert es zu Beginn der Einzelarbeiten immer relativ lange, bis alle SchülerInnen begonnen haben und gegen Ende der Einzelarbeit wird es schnell wieder sehr laut, wenn der Großteil der Klasse mit der Aufgabe fertig ist und die Ergebnisse untereinander verglichen werden oder über etwas anderes gesprochen wird. Der Grundgeräuschpegel ist im sanierten Raum mit 43.6 dB(A) um 11.5 dB(A) leiser als im nicht sanierten Raum. Dort liegt er bei 55.1 dB(A). Das bedeutet, dass sich die Energie des Grundgeräuschpegels fast um den Faktor 16 reduziert. Zur räumlichen Verteilung lässt sich sagen, dass im nicht sanierten Raum beide Kurven sehr gleichmäßig verlaufen und keine Unterschiede erkennbar sind. Im sanierten Klassenzimmer dagegen ist der Arbeitsgeräuschpegel in Reihe 2 lauter als in Reihe 1. Danach fällt er nach hinten ab. Dasselbe Verhalten zeigt sich – wenngleich nicht so deutlich – beim Grundgeräuschpegel. Die Unterschiede zwischen einzelnen Messpositionen belaufen sich auf bis zu 4 dB(A). Das hängt damit zusammen, dass die Lärmsituation bei individueller Arbeit an Messpositionen, um die herum keine SchülerInnen sitzen, deutlich leiser ist. Da die hinteren Reihen öfter unbesetzt blieben und bei kleinen Klassengrößen die SchülerInnen eher in den vorderen Reihen saßen, kommt es zu dem Ergebnis, dass es im Schnitt im hinteren Teil des Raums leiser ist.

### 10.3.2 Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert

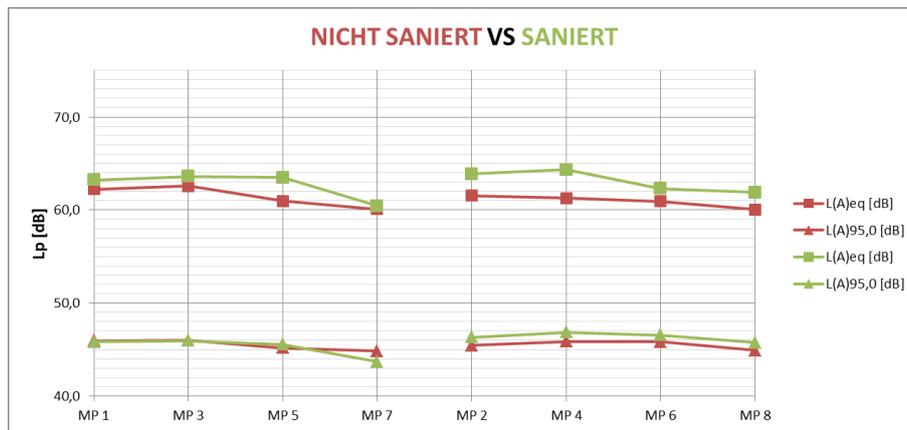


Abb. 10.10: Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Auffällig ist, dass der Arbeitsgeräuschpegel bei Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Oberstufe im sanierten Raum lauter ist als im nicht sanierten Raum. Im Schnitt sind es 1.8 dB(A). Im nicht sanierten Raum wurde ein Arbeitsgeräuschpegel von 61.2 dB(A) und im sanierten Raum von 63.0 dB(A) gemessen (vgl. Tabelle 10.14 und Tabelle 10.15). Der Grundgeräuschpegel ist in beiden Räumen etwa gleich groß. Im nicht sanierten Raum liegt er bei 45.5 dB(A) und im sanierten Raum bei 45.9 dB(A). Die räumlichen Unterschiede von Arbeitsgeräuschpegel sind etwa dieselben wie in der Unterstufe.

### 10.3.3 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert

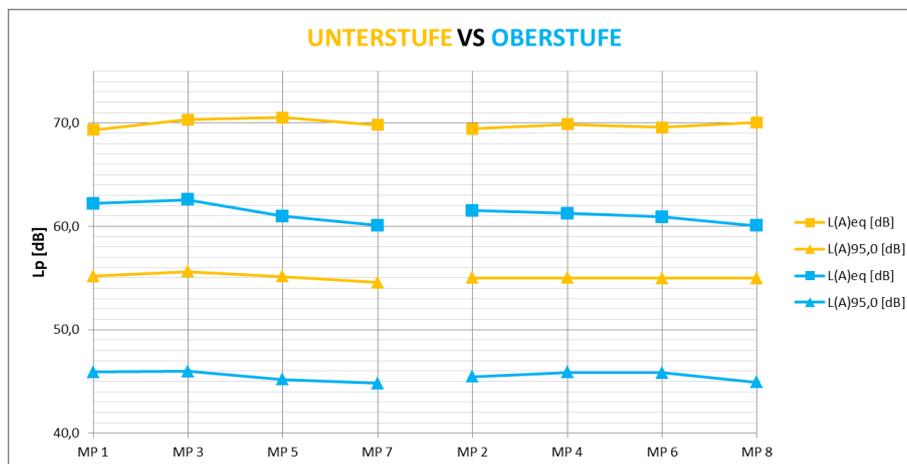


Abb. 10.11: Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Wird die Lärmsituation im nicht sanierten Raum zwischen Unterstufe und Oberstufe verglichen, wird schnell deutlich, dass die SchülerInnen der Oberstufe bei individueller Beschäftigung erheblich leiser sind als die SchülerInnen der Unterstufe. In der Unterstufe liegt der Arbeitsgeräuschpegel bei 69.9 dB(A) und in der Oberstufe beträgt er 61.2 dB(A) (vgl. Tabelle 10.12 und Tabelle 10.14). Das sind durchschnittlich 8.7 dB(A) weniger. Der Grundgeräuschpegel beträgt in der Unterstufe 55.1 dB(A) und in der Oberstufe 45.5 dB(A). Somit ist der Grundgeräuschpegel mit 9.6 dB(A) Differenz in der Oberstufe deutlich leiser. Außerdem fällt

auf, dass die räumlichen Unterschiede in der Oberstufe etwas größer sind als in der Unterstufe.

### 10.3.4 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert

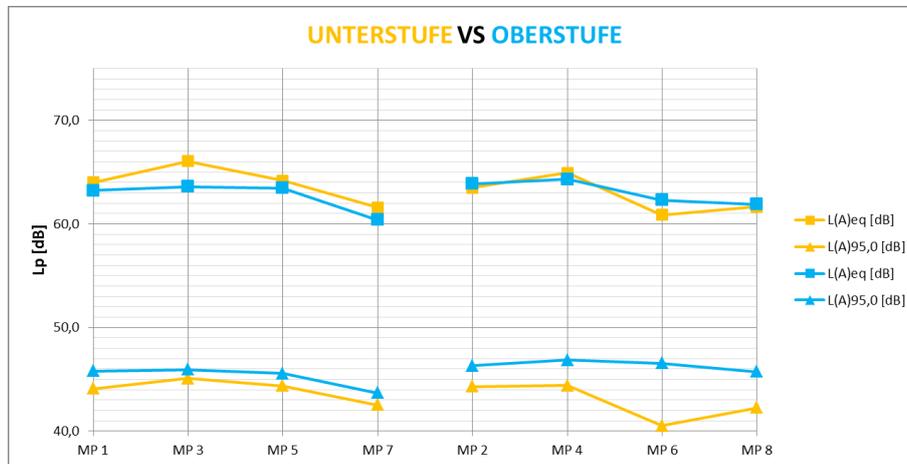


Abb. 10.12: Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum

Im sanierten Raum sind die Unterschiede zwischen Unterstufe und Oberstufe nicht mehr so eindeutig wie im nicht sanierten Klassenzimmer. Der Arbeitsgeräuschpegel ist in der Unterstufe mit 63.5 dB(A) (vgl. Tabelle 10.13) etwa genauso groß wie in der Oberstufe. Dort liegt er bei 63.0 dB(A) (vgl. Tabelle 10.15). Der Grundgeräuschpegel ist in der Oberstufe mit 45.9 dB(A) sogar etwas lauter als in der Unterstufe. In der Unterstufe beträgt der Grundgeräuschpegel nämlich 43.6 dB(A). Die räumlichen Unterschiede sind in beiden Jahrgängen etwa gleich. Lediglich an der Messposition 6 sind in der Unterstufe stärkere Pegelrückgänge als in der Oberstufe zu verzeichnen.

### 10.3.5 Zusammenfassung

Abschließend kann gesagt werden, dass die Unterschiede zwischen dem nicht sanierten und dem sanierten Klassenzimmer in der Unterstufe deutlich größer sind als in der Oberstufe. Die UnterstufenschülerInnen arbeiten im sanierten Raum deutlich leiser als im nicht sanierten Raum. In der Oberstufe dagegen sind nur kleine Unterschiede zwischen dem nicht sanierten und dem sanierten Klassenzimmer erkennbar. Daraus ergibt sich, dass die Lärmsituation im sanierten Klassenzimmer bei Unterstufe und Oberstufe in etwa gleich ist.

	Unterstufe			Oberstufe		
	Nicht saniert	Saniert	Differenz	Nicht saniert	Saniert	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	69.9	63.5	-6.4	61.2	63.0	+1.8
$L_{(A)95,0}$ [dB]	55.1	43.6	-11.5	45.5	45.9	+0.4
	Nicht saniert			Saniert		
	Unterstufe	Oberstufe	Differenz	Unterstufe	Oberstufe	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	69.9	61.2	-8.7	63.5	63.0	-0.5
$L_{(A)95,0}$ [dB]	55.1	45.5	-9.6	43.6	45.9	+2.3

Tabelle 10.16: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Einzelarbeit – Arbeitsaufträge

## 10.4 Einzelarbeit – Lesen

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
L(A)eq [dB]	60,0	60,6	60,2	59,3	58,8	61,0	59,7	60,6	59,2
L(A)95,0 [dB]	41,5	41,2	41,5	40,9	41,2	41,8	41,3	42,0	41,9

**Tabelle 10.17:** tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Lesen in der Unterstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
L(A)eq [dB]	61,8	61,7	61,8	62,9	62,4	61,3	61,3	61,7	61,2
L(A)95,0 [dB]	39,3	39,2	41,1	39,2	39,1	38,9	39,0	38,3	39,2

**Tabelle 10.18:** tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Lesen in der Unterstufe im sanierten Raum

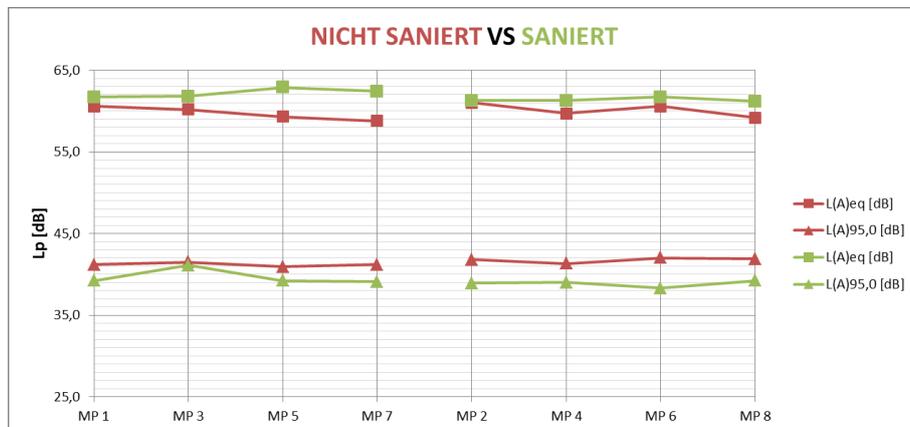
Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
L(A)eq [dB]	55,6	56,0	57,8	54,9	54,4	56,0	55,9	54,6	54,7
L(A)95,0 [dB]	31,9	31,5	32,3	31,6	32,1	31,4	32,1	31,4	32,7

**Tabelle 10.19:** tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Lesen in der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
L(A)eq [dB]	52,3	52,2	56,8	51,9	48,9	51,6	55,4	49,8	48,4
L(A)95,0 [dB]	26,8	26,7	27,3	26,4	28,7	26,6	25,9	26,1	26,4

**Tabelle 10.20:** tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Lesen in der Oberstufe im sanierten Raum

### 10.4.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert

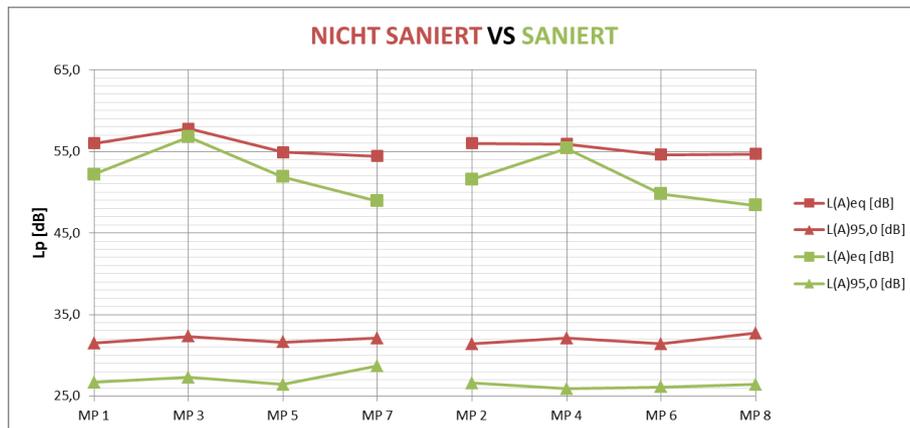


**Abb. 10.13:** Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Einzelarbeit – Lesen in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Die Unterschiede bei Einzelarbeit – Lesen sind relativ gering. Bei dieser Unterrichtsform haben die SchülerInnen die Aufgabe, einen Text zu lesen. Die Lehrkraft spricht währenddessen für gewöhnlich nicht. Der Arbeitsgeräuschpegel beträgt im nicht sanierten Raum 60.0 dB(A) und im sanierten Raum 61.8 dB(A) (siehe Tabelle 10.17 und Tabelle 10.18). Somit ist es im sanierten Klassenzimmer mit 1.8 dB(A) etwas lauter als im nicht sanierten Raum. Der Grundgeräuschpegel dagegen ist im sanierten Raum mit 39.3 dB(A) um 2.2 dB(A) leiser als im nicht sanierten Klassenraum. Dort beträgt er 41.5 dB(A). Da die Unterrichtssituation Einzelarbeit – Lesen nicht besonders oft vorkam, konnte für jede Kategorie nur ein passendes Vergleichsset gefunden werden. Das Verhalten des Grundgeräuschpegels unterstützt die Theorie, dass der Grundgeräuschpegel in einem Raum mit einer schlechten Raumakustik höher ist,

wenn weniger Personen anwesend sind als in einem Raum mit einer guten Raumakustik. In diesem Fall ist der Grundgeräuschpegel im sanierten Raum nämlich kleiner als nicht sanierten Raum, obwohl die Schülerzahl im sanierten Raum 26 Personen betrug und im nicht sanierten Klassenraum bei 17 Personen lag. Die örtlichen Abweichungen sind eher gering und liegen selbst im sanierten Raum unter 3 dB(A).

### 10.4.2 Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert



**Abb. 10.14:** Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Einzelarbeit – Lesen in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

In der Oberstufe ergibt sich eine ähnliche Situation wie in der Unterstufe. Im nicht sanierten Raum liegt der Arbeitsgeräuschpegel bei durchschnittlich 55,6 dB(A) und im sanierten Raum bei rund 52,3 dB(A) (siehe Tabelle 10.19 und Tabelle 10.20). Das ergibt eine Differenz von 3,3 dB(A). Die Differenz des Grundgeräuschpegels ist sogar noch etwas größer und ergibt 5,1 dB(A). Dieser liegt im sanierten Raum bei 26,8 dB(A) und im nicht sanierten Raum bei 31,9 dB(A). Die lokalen Unterschiede sind besonders beim Arbeitsgeräuschpegel des sanierten Raums recht hoch. In der zweiten Reihe ist er dabei am höchsten. So besteht beispielsweise zwischen den Messpositionen 3 und 7 eine Differenz von 7,9 dB(A). Auch hier konnte in den Aufnahmen jeweils nur ein passendes Beispiel gefunden werden. Bei diesem Vergleich handelt es sich um die gleiche Klasse mit demselben Fach und derselben Lehrkraft. Im nicht sanierten Raum waren lediglich elf SchülerInnen im Raum und während der Stunde im sanierten Raum lag die Anzahl der SchülerInnen nur bei neun Personen. Das erklärt die niedrigen Grundgeräuschpegel. Da die SchülerInnen an beiden Tagen in den ersten beiden Reihen saßen, lässt sich so ebenfalls die Tatsache erklären, dass der Arbeitsgeräuschpegel in den Reihen 3 und 4 so leise ist.

### 10.4.3 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert

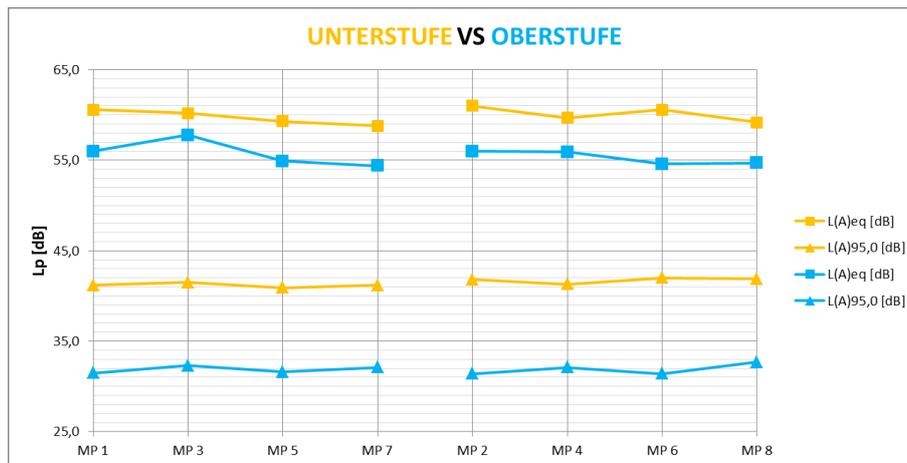


Abb. 10.15: Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Einzelarbeit – Lesen in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Zwischen Unterstufe und Oberstufe sind die Unterschiede im nicht sanierten Klassenraum ziemlich eindeutig. Der Arbeitsgeräuschpegel ist in der Unterstufe mit 60.0 dB(A) (siehe Tabelle 10.17) um 4.4 dB(A) lauter als in der Oberstufe. Dort erreicht er 55.6 dB(A) (siehe Tabelle 10.19). Der Grundgeräuschpegel ist in der Oberstufe mit 31.9 dB(A) ebenfalls deutlich leiser als in der Unterstufe (41.5 dB(A)). Im Schnitt sind das 9.6 dB(A). Allerdings wurde schon erwähnt, dass die SchülerInnenanzahl in der Oberstufe bei diesem Vergleich sehr klein war. Die örtlichen Unterschiede sind in beiden Fällen gering.

### 10.4.4 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert

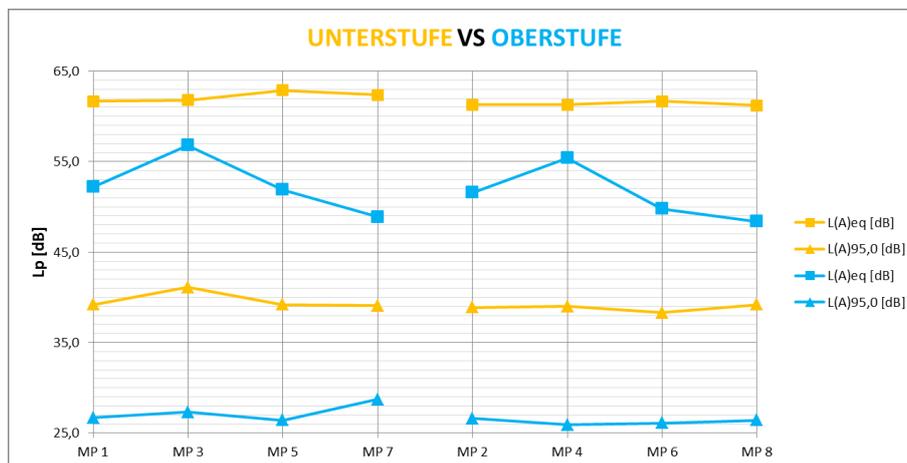


Abb. 10.16: Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Einzelarbeit – Lesen in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum

Im sanierten Raum fallen die Differenzen zwischen Oberstufe und Unterstufe deutlicher aus als im nicht sanierten Raum. Der Unterschied zwischen den Arbeitsgeräuschpegeln liegt bei 9.5 dB(A) (61.8 dB(A) in der Unterstufe und 52.3 dB(A) in der Oberstufe, siehe Tabelle 10.18 und Tabelle 10.20). Der Grundgeräuschpegel ist in der Oberstufe mit 26.8 dB(A) sogar um 12.5 dB(A) leiser als in der Unterstufe (39.3 dB(A)). Die lokalen Unterschiede sind in der Oberstufe deutlich größer. Das liegt in erster Linie daran, dass die Anzahl der SchülerInnen

bei diesen Vergleichssets in der Oberstufe um rund ein Drittel kleiner war als in der Unterstufe.

### 10.4.5 Zusammenfassung

Da pro Kategorie lediglich ein Vergleichsset zur Verfügung stand und die SchülerInnenanzahl stark variierte, darf in diesem Fall die Klassengröße nicht außer Acht gelassen werden. Im Vergleich zur Unterrichtsform Einzelarbeit – Arbeitsaufträge sind bei dieser Unterrichtsform alle Pegel deutlich kleiner, was vor allem daran liegt, dass die SchülerInnen während des Lesens nicht miteinander reden, beim Bearbeiten von Arbeitsaufträgen mitunter jedoch schon, wengleich diese von jedem Schüler individuell bearbeitet werden sollten.

	Unterstufe			Oberstufe		
	Nicht saniert (17 Schüler)	Saniert (26 Schüler)	Differenz	Nicht saniert (11 Schüler)	Saniert (9 Schüler)	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	60.0	61.8	+1.8	55.6	52.3	-3.3
$L_{(A)95,0}$ [dB]	41.5	39.3	-2.2	31.9	26.8	-5.1
	Nicht saniert			Saniert		
	Unterstufe (17 Schüler)	Oberstufe (11 Schüler)	Differenz	Unterstufe (26 Schüler)	Oberstufe (9 Schüler)	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	60.0	55.6	-4.4	61.8	52.3	-9.5
$L_{(A)95,0}$ [dB]	41.5	31.9	-9.6	39.3	26.8	-12.5

Tabelle 10.21: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Einzelarbeit – Lesen

## 10.5 Partner- und Gruppenarbeit

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	72,8	72,9	73,3	72,9	72,2	72,7	73,3	73,0	71,9
$L_{(A)95,0}$ [dB]	59,9	59,9	60,0	60,0	59,2	59,9	60,3	60,0	59,4

Tabelle 10.22: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Partner- und Gruppenarbeit in der Unterstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	65,3	64,1	64,8	67,1	65,9	64,3	65,5	65,0	65,4
$L_{(A)95,0}$ [dB]	50,0	49,4	50,2	51,1	50,0	49,5	50,2	50,2	49,4

Tabelle 10.23: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Partner- und Gruppenarbeit in der Unterstufe im sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	69,8	68,9	69,7	69,2	70,4	69,3	70,5	69,9	70,4
$L_{(A)95,0}$ [dB]	60,5	59,8	60,1	60,0	60,8	60,2	60,9	61,0	60,9

Tabelle 10.24: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Partner- und Gruppenarbeit in der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	64,0	63,9	67,2	65,1	61,9	64,7	64,0	62,8	61,2
$L_{(A)95,0}$ [dB]	48,5	47,9	50,0	49,3	47,0	48,6	49,4	48,5	46,9

Tabelle 10.25: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Partner- und Gruppenarbeit in der Oberstufe im sanierten Raum

### 10.5.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert

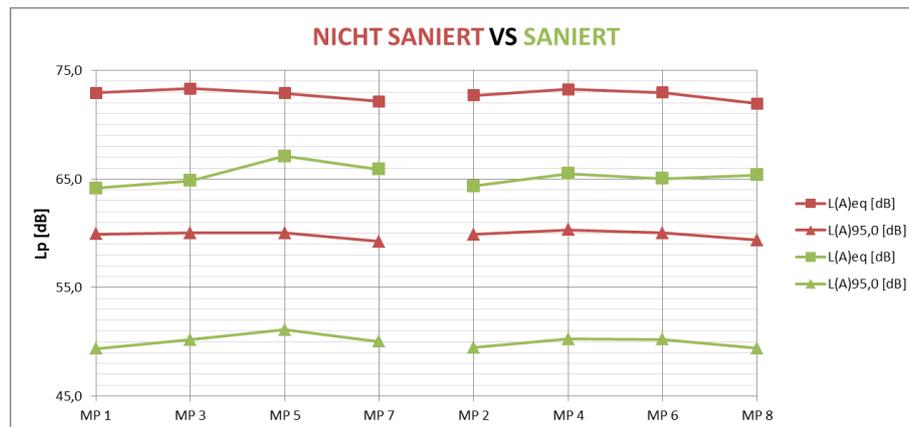


Abb. 10.17: Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Partner- und Gruppenarbeit in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Bei Partner- und Gruppenarbeiten sind im Vergleich der beiden Räume deutliche Unterschiede bei Arbeits- und Grundgeräuschpegel erkennbar. Der Arbeitsgeräuschpegel liegt im nicht sanierten Raum bei durchschnittlich 72.8 dB(A) (vgl. Tabelle 10.22). Im sanierten Raum erreicht er einen Wert von 65.3 dB(A) (siehe Tabelle 10.23). Das stellt eine Reduktion von 7.5 dB(A) dar. Der Grundgeräuschpegel reduziert sich im Schnitt sogar um 9.9 dB(A). Im sanierten Raum beträgt der Grundgeräuschpegel 50.0 dB(A) und im nicht sanierten Raum erreicht der Grundgeräuschpegel einen Wert von 59.9 dB(A). Die örtlichen Pegelunterschiede fallen bei dieser Unterrichtsform in beiden Räumen eher klein aus.

### 10.5.2 Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert

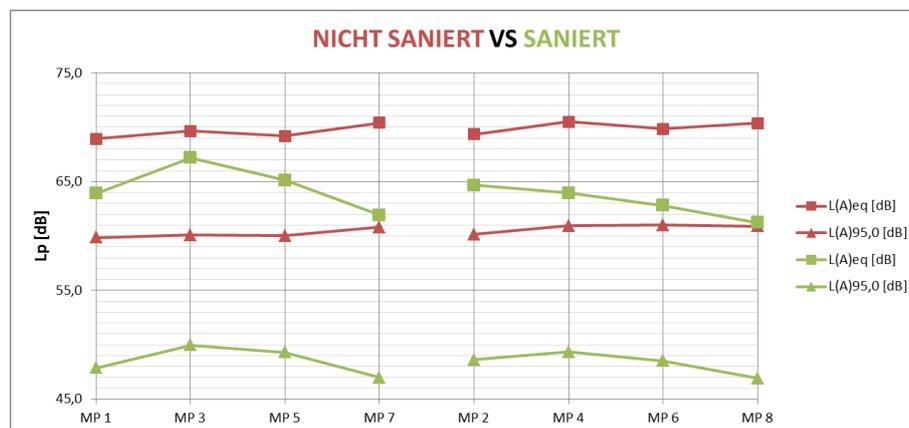


Abb. 10.18: Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Partner- und Gruppenarbeit in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Beim Verlauf der Pegel in der Oberstufe ist interessant, dass die Kurve des Arbeitsgeräuschpegels im sanierten Raum an zwei Stellen beinahe die Kurve des Grundgeräuschpegels im nicht sanierten Klassenzimmer schneidet. Generell sind deutliche Pegelunterschiede auszumachen. Der Arbeitsgeräuschpegel reduziert sich um 5.8 dB(A) von 69.8 dB(A) im nicht sanierten Raum auf 64.0 dB(A) in sanierten Raum (vgl. Tabelle 10.24 und Tabelle 10.25). Der Grundgeräuschpegel erreicht im nicht sanierten Klassenraum im Durchschnitt einen Pegel von 60.5 dB(A). Im sanierten Klassenraum dagegen beträgt er nur noch rund 48.5 dB(A). Das

stellt eine Reduktion von 12.0 dB(A) dar, was einer Verringerung der Schallenergie um den Faktor 16 gleichkommt. Im sanierten Raum fallen bei diesem Vergleich recht große lokale Unterschiede und ein deutlicher Pegelabfall zum hinteren Teil des Raums hin auf. Die Unterschiede sind zum Teil größer als 5 dB(A).

### 10.5.3 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert

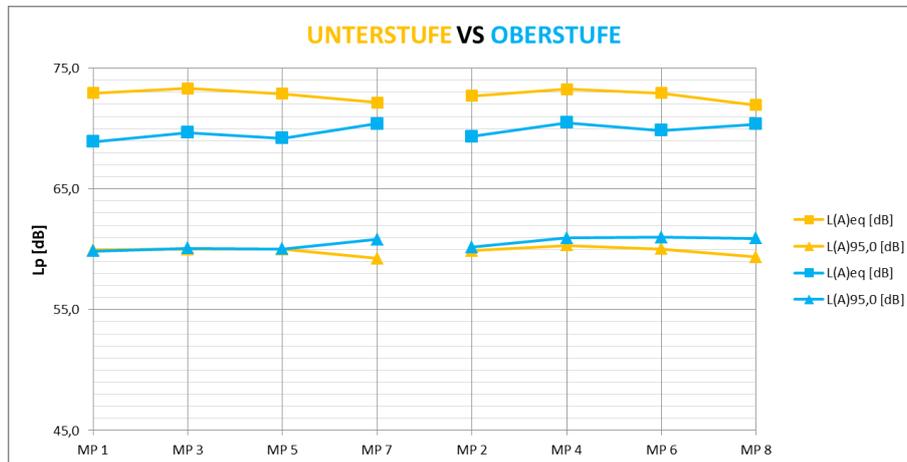


Abb. 10.19: Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Partner- und Gruppenarbeit in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Werden die Partner- und Gruppenarbeiten der Unter- und Oberstufe im nicht sanierten Raum miteinander verglichen, fällt auf, dass die Grundgeräuschpegel in etwa gleich sind. Für die Unterstufe liegt der Wert bei 59.9 dB(A) und in der Oberstufe erreicht er einen Wert von 60.5 dB(A) (vgl. Tabelle 10.22 und Tabelle 10.24). Der Arbeitsgeräuschpegel ist in der Unterstufe höher und liegt bei 72.8 dB(A). In der Oberstufe ist der Arbeitsgeräuschpegel um 3.0 dB(A) leiser und erreicht 69.8 dB(A).

### 10.5.4 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert

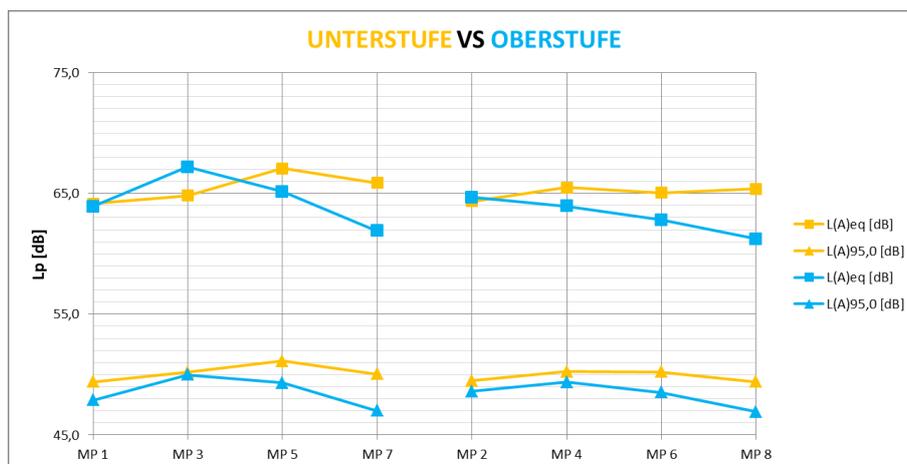


Abb. 10.20: Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Partner- und Gruppenarbeit in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum

Im sanierten Klassenraum liegen sowohl die Kurven für den Arbeitsgeräuschpegel als auch die Kurven für den Grundgeräuschpegel nahe beieinander. Der Arbeitsgeräuschpegel der Unterstufe ist mit 65.3 dB(A) lediglich ein wenig lauter als in der Oberstufe mit 64.0 dB(A) (vgl. Tabelle 10.23 und Tabelle 10.25). Beim Grundgeräuschpegel ist eine ähnliche Differenz erkennbar. In der Unterstufe liegt er bei 50.0 dB(A) und in der Oberstufe sind es 48.5 dB(A).

## 10.5.5 Zusammenfassung

Bei der Unterrichtsform Partner- und Gruppenarbeit ist aufgefallen, dass die Unterschiede zwischen den beiden Klassenräumen relativ groß sind. So ist der Grundgeräuschpegel in der Oberstufe im nicht sanierten Raum beispielsweise um 12.0 dB(A) höher als im sanierten Raum. Die Unterschiede zwischen Unterstufe und Oberstufe dagegen sind in beiden Klassenzimmern sehr gering. Die Unterrichtsformen Partnerarbeit und Gruppenarbeit wurden hier zusammen behandelt, weil es auch bei Partnerarbeiten dazu gekommen ist, dass mehr als zwei SchülerInnen zusammen die Arbeitsaufträge behandelt haben.

	Unterstufe			Oberstufe		
	Nicht saniert	Saniert	Differenz	Nicht saniert	Saniert	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	72.8	65.3	-7.5	69.8	64.0	-5.8
$L_{(A)95,0}$ [dB]	59.9	50.0	-9.9	60.5	48.5	-12.0
	Nicht saniert			Saniert		
	Unterstufe	Oberstufe	Differenz	Unterstufe	Oberstufe	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	72.8	69.8	-3.0	65.3	64.0	-1.3
$L_{(A)95,0}$ [dB]	59.9	60.5	-0.6	50.0	48.5	-1.5

**Tabelle 10.26:** tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Partner- und Gruppenarbeit

## 10.6 Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L(A)0,1$ [dB]	88,1	88,6	90,8	87,6	86,3	88,7	87,3	88,9	85,6
$L(A)eq$ [dB]	76,1	76,2	77,1	76,1	75,5	75,9	76,1	76,9	75,1
$L(A)95,0$ [dB]	62,1	62,1	62,3	61,8	61,4	62,5	62,9	62,3	61,4

**Tabelle 10.27:** tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen in der Unterstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L(A)0,1$ [dB]	85,5	85,7	90,4	87,1	83,5	82,9	83,8	85,6	82,1
$L(A)eq$ [dB]	71,7	72,9	74,8	73,4	69,4	70,9	71,2	70,4	68,8
$L(A)95,0$ [dB]	57,7	58,3	59,4	58,5	56,0	57,8	58,2	57,1	55,5

**Tabelle 10.28:** tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen in der Unterstufe im sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L(A)0,1$ [dB]	77,8	79,2	79,6	77,3	76,5	77,6	78,8	76,9	76,0
$L(A)eq$ [dB]	70,8	71,4	72,1	70,1	69,7	71,1	71,3	70,5	69,7
$L(A)95,0$ [dB]	61,8	62,1	62,6	61,6	60,9	61,8	61,7	61,9	61,2

**Tabelle 10.29:** tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen in der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Für dieses Unterrichtsgeschehen konnte kein passendes Vergleichsset für die Kategorie Oberstufe – saniert gefunden werden.

### 10.6.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert

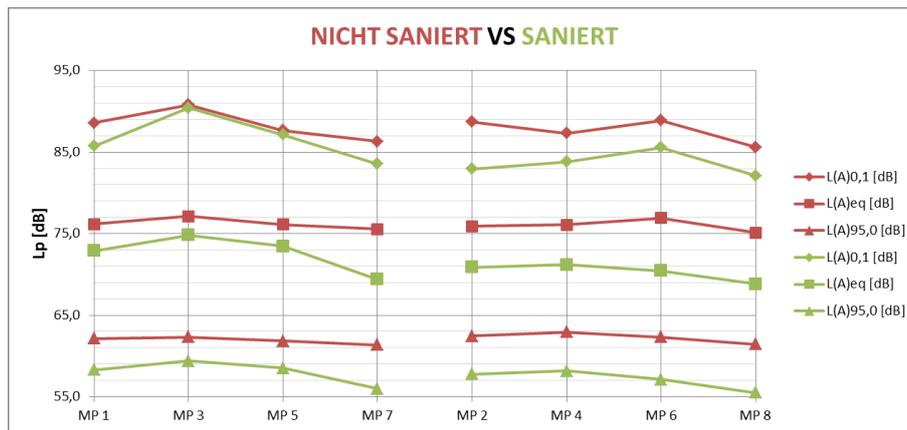


Abb. 10.21: Verlauf von  $L_{(A)0,1}$ ,  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Diese Unterrichtsform beschreibt das Austeilen und Einsammeln von Arbeitsblättern, Hausaufgaben, Schullektüren und anderen vergleichbaren Sachen. Die Rückgabe von Schularbeiten ist nicht inkludiert. Diese Situation wird später separat behandelt. Beim Blick auf Abb. 10.21 kann festgestellt werden, dass das Austeilen und Einsammeln diverser Sachen im sanierten Raum ruhiger abläuft als im nicht sanierten Klassenzimmer. Da die SchülerInnen währenddessen teilweise sehr laut waren, werden hier ebenfalls die Spitzenpegel verglichen. Dieser ist im sanierten Klassenzimmer um durchschnittlich 2.6 dB(A) leiser als im nicht sanierten Klassenraum. Dort liegt er bei 88.1 dB(A), im sanierten Raum dagegen sind es 85.5 dB(A) (siehe Tabelle 10.27 und Tabelle 10.28). Die Reduktion des Arbeits- und Grundgeräuschpegels beträgt jeweils 4.4 dB(A). Der Arbeitsgeräuschpegel sinkt von 76.1 dB(A) auf 71.7 dB(A) und der Grundgeräuschpegel fällt von 62.1 dB(A) auf 57.7 dB(A) ab.

### 10.6.2 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert

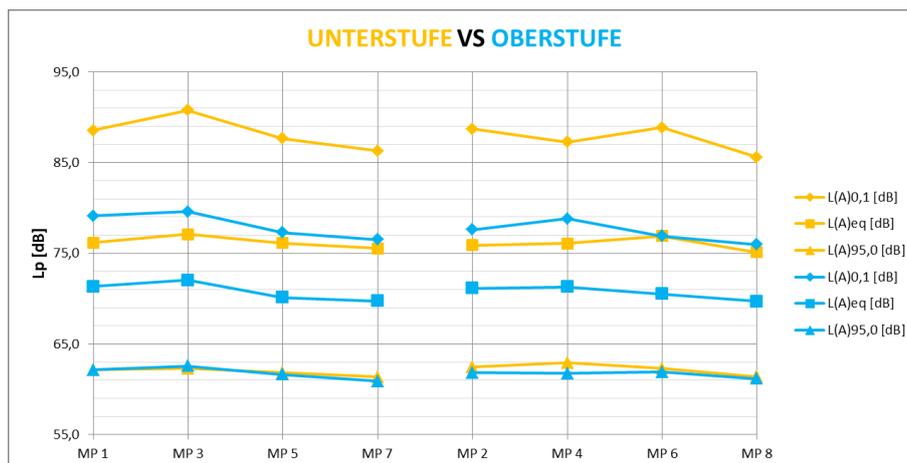


Abb. 10.22: Verlauf von  $L_{(A)0,1}$ ,  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Werden die Pegel, die bei der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Klassenzimmer gemessen wurden, miteinander verglichen, lassen sich interessante Verläufe feststellen. So befindet sich der Grundgeräuschpegel in beiden Fällen zwar in einer ähnlichen Größenordnung

von etwa 62 dB(A) (siehe Tabelle 10.27 und Tabelle 10.29). Der Arbeitsgeräuschpegel der Unterstufe ist allerdings um einiges höher als der der Oberstufe. Er liegt in der Unterstufe bei 76.1 dB(A) und befindet sich somit in demselben Bereich, in dem auch der Spitzenpegel der Oberstufe (77.8 dB(A)) verläuft. Der Arbeitsgeräuschpegel der Oberstufe dagegen liegt bei etwa 70.8 dB(A). Der Spitzenpegel der Unterstufe erreicht durchschnittlich 88.1 dB(A).

### 10.6.3 Zusammenfassung

Bei dieser Unterrichtssituation hat die Raumakustik bei der Unterstufe keinen allzu großen Einfluss auf die Lärmsituation. In beiden Räumen war es beim Austeilen verschiedener Materialien mit Spitzenwerten von bis zu 90 dB(A) unverhältnismäßig laut. Beim Vergleich von Unterstufe und Oberstufe im nicht sanierten Klassenraum konnte gesehen werden, dass sich die OberstufenschülerInnen um einiges ruhiger verhalten als die UnterstufenschülerInnen.

	Unterstufe		
	Nicht saniert	Saniert	Differenz
$L_{(A)0.1}$ [dB]	88.1	85.5	-2.6
$L_{(A)eq}$ [dB]	76.1	71.7	-4.4
$L_{(A)95.0}$ [dB]	62.1	57.7	-4.4
	Nicht saniert		
	Unterstufe	Oberstufe	Differenz
$L_{(A)0.1}$ [dB]	88.1	77.8	-10.3
$L_{(A)eq}$ [dB]	76.1	70.8	-5.3
$L_{(A)95.0}$ [dB]	62.1	61.8	-0.3

Tabelle 10.30: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Arbeitsblätter und Sonstiges austeilern

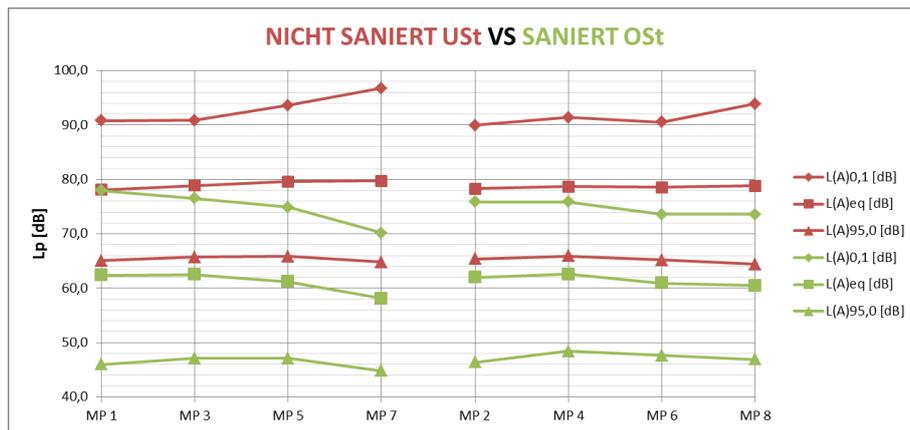
## 10.7 Schularbeitenrückgabe

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)0.1}$ [dB]	92,5	90,8	90,9	93,6	96,8	90,0	91,4	90,6	93,9
$L_{(A)eq}$ [dB]	78,9	78,1	78,9	79,6	79,8	78,3	78,7	78,5	78,9
$L_{(A)95.0}$ [dB]	65,3	65,1	65,7	65,8	64,8	65,4	65,9	65,2	64,4

Tabelle 10.31: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Schularbeitenrückgabe in der Unterstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)0.1}$ [dB]	75,1	78,0	76,5	74,9	70,2	75,9	75,9	73,6	73,6
$L_{(A)eq}$ [dB]	61,4	62,4	62,5	61,2	58,1	62,0	62,6	60,9	60,5
$L_{(A)95.0}$ [dB]	46,8	46,0	47,1	47,1	44,8	46,4	48,4	47,6	46,9

Tabelle 10.32: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Schularbeitenrückgabe in der Oberstufe im sanierten Raum



**Abb. 10.23:** Verlauf von  $L_{(A)0,1}$ ,  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)95,0}$  bei Schularbeitenrückgabe in der Unterstufe im nicht sanierten Raum und in der Oberstufe im sanierten Raum

Für diese Unterrichtssituation liegen nur wenige Vergleichssets vor. Während der zwei Wochen wurden in der Unterstufe insgesamt drei Schularbeiten zurückgegeben und von den Schülern durchgesehen. Diese drei Rückgaben fanden alle im nicht sanierten Raum statt. In einer Oberstufenklasse gab es lediglich eine Schularbeitenrückgabe, die im sanierten Raum stattfand. Daher werden die Pegel der drei Rückgaben in der Unterstufe im nicht sanierten Klassenraum gemittelt und mit der Rückgabe in der Oberstufe im sanierten Raum verglichen.

Mit dem ersten Blick ist auf Abb. 10.23 zu erkennen, dass es bei diesem Vergleich sehr große Pegelunterschiede gibt. Die auftretenden Spitzenpegel erreichen bei der Unterstufe im nicht sanierten Klassenzimmer durchschnittliche Werte von 92.5 dB(A) (siehe Tabelle 10.31). Der größte Wert wurde an Messposition 7 gemessen und liegt sogar bei 96.8 dB(A). Der durchschnittliche Spitzenpegel in der Oberstufe im sanierten Klassenraum liegt bei 75.1 dB(A) (siehe Tabelle 10.32). Der größte Wert tritt hier an Messposition 1 auf und liegt bei 78.0 dB(A). Das ergibt für die Spitzenpegel eine Differenz von 17.4 dB(A). Der Arbeitsgeräuschpegel ist bei der Unterstufe sogar höher als der Spitzenpegel der Oberstufe. Er erreicht durchschnittlich 78.9 dB(A). In der Oberstufe sind es 61.4 dB(A), was ebenfalls einem riesigen Unterschied von 17.5 dB(A) gleichkommt. Somit es nicht verwunderlich, dass der Grundgeräuschpegel der Unterstufe im nicht sanierten Raum bei 65.3 dB(A) liegt. Der Grundgeräuschpegel der Oberstufe beträgt im sanierten Raum 46.8 dB(A) und ist also 18.5 dB(A) leiser.

Das bedeutet, dass die Schallenergie von Grundgeräuschpegel, Arbeitsgeräuschpegel und Spitzenpegel im nicht sanierten Klassenzimmer bei der Unterstufe rund 64-mal höher ist als im sanierten Klassenzimmer bei der Oberstufe.

Daher kann festgehalten werden, dass eine Unterstufenklasse bei der Rückgabe und Durchsicht einer Schularbeit erheblich lauter und aufgeregter ist als eine Oberstufenklasse. Selbst wenn in der Unterstufe eine dieser Schularbeiten im sanierten Raum zurückgegeben worden wäre, hätte das die Schallpegelsituation wohl nicht spürbar verbessert, da der Raumwechsel das Verhalten der SchülerInnen kaum beeinflusst hätte. Sie hätten währenddessen genauso durch den Raum geschrien und wären nicht an ihrem Platz sitzen geblieben. Zusammenfassend folgt noch die tabellarische Darstellung der Mittelwerte.

	Unterstufe, nicht saniert	Oberstufe, saniert	Differenz
$L_{(A)0.1}$ [dB]	92.5	75.1	-17.4
$L_{(A)eq}$ [dB]	78.9	61.4	-17.5
$L_{(A)95.0}$ [dB]	65.3	46.8	-18.5

Tabelle 10.33: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Schularbeitenrückgabe

## 10.8 Audiovisuelle Vorführungen

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	75,0	77,7	75,1	74,1	73,5	75,1	74,8	74,3	74,5
$L_{(A)33,3}$ [dB]	74,4	77,0	74,5	73,8	73,1	74,4	73,9	74,0	73,6
$L_{(A)95,0}$ [dB]	55,7	57,0	56,0	55,8	55,1	55,9	55,6	55,6	54,7
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	18,6	20,0	18,5	17,9	18,0	18,5	18,3	18,4	18,9

Tabelle 10.34: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für audiovisuelle Vorführungen in der Unterstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	72,5	78,9	73,3	70,5	69,1	72,4	71,6	70,1	69,3
$L_{(A)33,3}$ [dB]	72,9	79,0	73,7	70,7	69,6	73,0	72,2	70,5	69,9
$L_{(A)95,0}$ [dB]	59,3	64,2	60,4	58,6	56,9	59,1	58,5	57,2	56,7
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	13,4	14,8	13,4	12,2	12,7	13,9	13,8	13,3	13,2

Tabelle 10.35: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für audiovisuelle Vorführungen in der Unterstufe im sanierten Raum

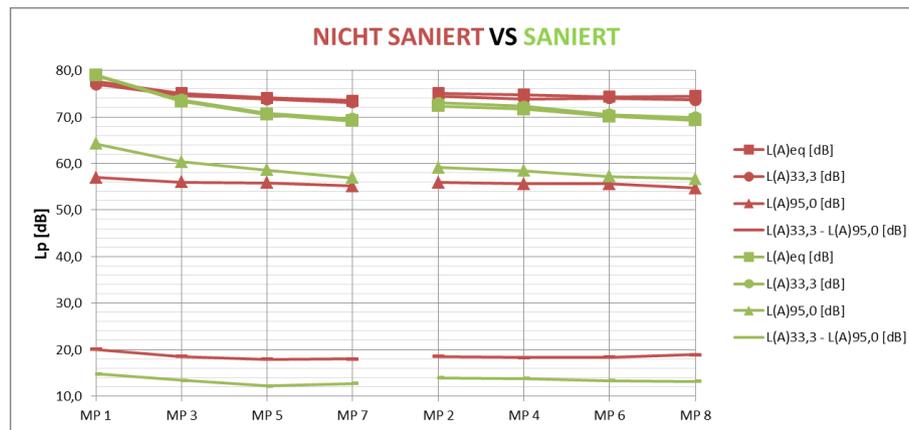
Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	77,0	80,0	78,2	76,9	75,7	77,1	75,9	75,8	75,7
$L_{(A)33,3}$ [dB]	75,3	77,7	76,0	74,9	74,3	75,8	74,8	74,4	74,3
$L_{(A)95,0}$ [dB]	55,6	55,6	55,5	55,5	56,5	55,3	55,3	55,3	55,4
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	19,8	22,1	20,5	19,4	17,8	20,5	19,5	19,1	18,9

Tabelle 10.36: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für audiovisuelle Vorführungen in der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1 -8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	64,3	69,2	66,6	64,5	61,8	62,5	62,5	61,3	62,6
$L_{(A)33,3}$ [dB]	64,7	69,6	66,9	64,6	62,4	62,9	62,9	61,8	63,1
$L_{(A)95,0}$ [dB]	51,7	56,4	53,4	51,5	49,5	50,8	50,2	49,3	50,1
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	12,9	13,2	13,5	13,1	12,9	12,1	12,7	12,5	13,0

Tabelle 10.37: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für audiovisuelle Vorführungen in der Oberstufe im sanierten Raum

## 10.8.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert



**Abb. 10.24:** Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei audiovisuellen Vorführungen in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Unter die Unterrichtsform „audiovisuelle Vorführungen“ fallen hier sowohl Filmvorführungen als auch Hörbeispiele aus dem Musikunterricht und Hörverständnisübungen, die im Englischunterricht angestellt wurden. Der Großteil davon wurde über die Lautsprecher des Fernsehers, der sich im Raum befand, wiedergegeben. Nur ein kleiner Teil der besprochenen Beispiele wurde mit einem tragbaren CD-Player abgespielt. Wird der Verlauf von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)33,3}$  in Abb. 10.24 betrachtet, fällt auf, dass beide Kurven sowohl im sanierten Raum als auch im nicht sanierten Raum so gut wie gleich verlaufen. Somit kann hier erneut festgestellt werden, dass der  $L_{(A)33,3}$  maßgeblich den Arbeitsgeräuschpegel bestimmt. Allerdings darf bei dieser Unterrichtsform der  $L_{(A)33,3}$  nicht als Stimmaufwand der Lehrkraft verstanden werden, sondern als Perzentile, die die Lautstärke des Wiedergabegeräts repräsentiert. Am Verlauf dieser beiden Kurven fällt zudem auf, dass die Pegel, die an den Messpositionen der Fensterseite gemessen wurden, höher sind als die Pegel an den entsprechenden Messpositionen der Türseite. Grund dafür ist der Fernseher, der in beiden Räumen in der linken vorderen Raumecke in etwa zweieinhalb Metern Höhe hing und sich somit näher an den Messpositionen an der Fensterseite befand (siehe Abb. 17.1). Der durchschnittliche Arbeitsgeräuschpegel beträgt im nicht sanierten Raum für diese Unterrichtsform 75.0 dB(A) und im sanierten Klassenzimmer 72.5 dB(A) (vgl. Tabelle 10.34 und Tabelle 10.35). Das bedeutet eine Reduktion von 2.5 dB(A). Die Lautstärke des Wiedergabegeräts beträgt im nicht sanierten Raum durchschnittlich 74.4 dB(A) und im sanierten Raum etwa 72.9 dB(A), was eine Differenz von 1.5 dB(A) darstellt. Der Grundgeräuschpegel schwankt beim räumlichen Verlauf im nicht sanierten Klassenzimmer nicht besonders stark und beträgt durchschnittlich 55.7 dB(A). Im sanierten Klassenraum ist der Grundgeräuschpegel mit 59.3 dB(A) um 3.6 dB(A) lauter und zeigt ebenfalls dieselben örtlichen Unterschiede wie Arbeitsgeräuschpegel und Wiedergabelautstärke. Da der Grundgeräuschpegel im sanierten Raum lauter ist und der  $L_{(A)33,3}$  im sanierten Raum leiser ist, ist es schlüssig, dass der SNR im sanierten Raum schlechter ist als im nicht sanierten Klassenraum. Im sanierten Raum liegt er bei 13.4 dB(A) und im nicht sanierten Klassenzimmer sind es 18.6 dB(A).

## 10.8.2 Vergleich Oberstufe – nicht saniert ↔ saniert

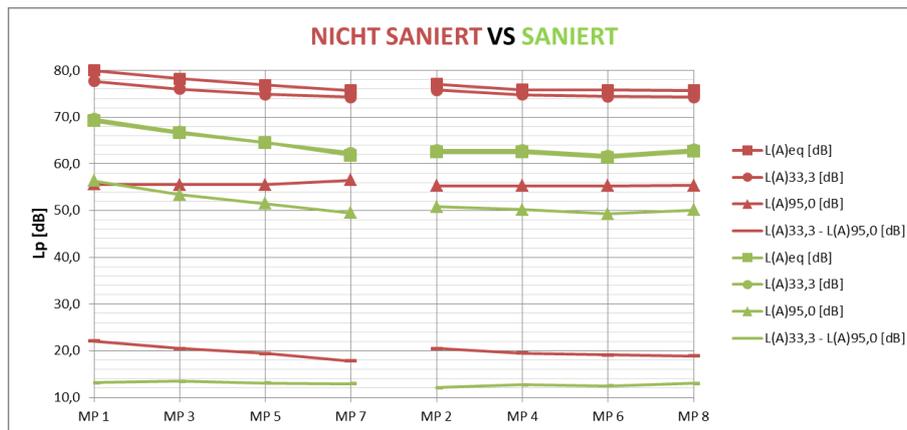


Abb. 10.25: Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei audiovisuellen Vorführungen in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

In der Oberstufe fällt ebenfalls auf, dass die Kurven von  $L_{(A)eq}$  und  $L_{(A)33,3}$  sehr nahe beieinander liegen. Zwischen saniertem und nicht saniertem Raum sind bei diesen beiden Pegeln deutliche Unterschiede auszumachen. Der Arbeitsgeräuschpegel liegt im nicht sanierten Klassenraum bei 77.0 dB(A) (vgl. Tabelle 10.36). Im sanierten Klassenzimmer dagegen ist er 12.7 dB(A) leiser und beträgt nur 64.3 dB(A) (vgl. Tabelle 10.37). Der  $L_{(A)33,3}$  sinkt um 10.6 dB(A) von 75.3 dB(A) im nicht sanierten Raum auf 64.7 dB(A) im sanierten Klassenzimmer. Der Grundgeräuschpegel dagegen ändert sich vergleichsweise wenig. Im nicht sanierten Raum erreicht er 55.6 dB(A) und im sanierten Raum sind es 51.7 dB(A). Dass der  $L_{(A)33,3}$  im sanierten Raum um nahezu 11 dB(A) leiser ist, obwohl der Grundgeräuschpegel lediglich um knapp 4 dB(A) abnimmt, kann darauf zurückgeführt werden, dass die Lehrkraft aufgrund der geringeren Nachhallzeit im sanierten Raum den Eindruck hat, dass sie bzw. in diesem Fall das Wiedergabemedium wegen der höheren Sprachverständlichkeit besser verstanden wird und daher die Wiedergabelautstärke nach unten angepasst werden kann. Der SNR ist daher im sanierten Raum wieder schlechter als im nicht sanierten Raum. Im nicht sanierten Klassenzimmer wurde ein SNR von 19.8 dB(A) und im sanierten Raum ein SNR von 12.9 dB(A) gemessen.

### 10.8.3 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert

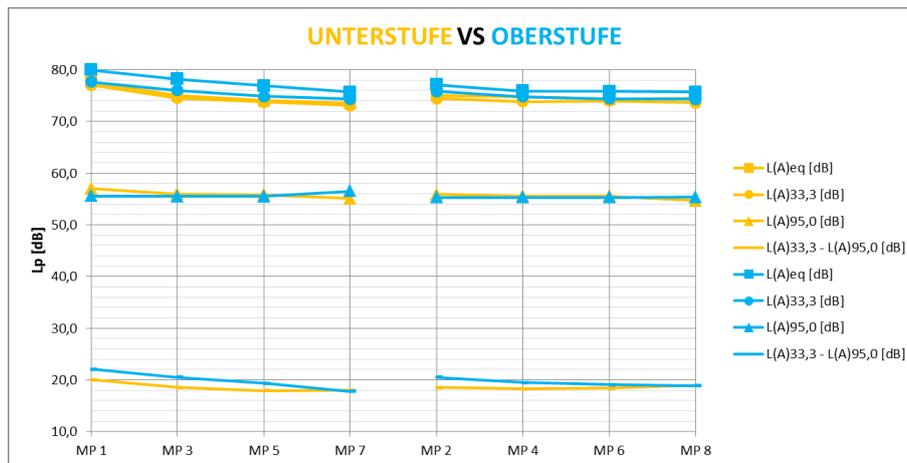


Abb. 10.26: Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei audiovisuellen Vorführungen in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Wird die Unterstufe mit der Oberstufe im nicht sanierten Klassenraum verglichen, können keine großen Unterschiede ausgemacht werden. Die entsprechenden Kurven verlaufen so gut wie gleich. Die größte Abweichung tritt beim Arbeitsgeräuschpegel auf. Dieser ist in der Oberstufe mit 77.0 dB(A) um 2.0 dB(A) größer als in der Unterstufe (75.0 dB(A)) (vgl. Tabelle 10.34 und Tabelle 10.36). Der  $L_{(A)33,3}$  liegt in der Unterstufe im Mittel bei 74.4 dB(A) und in der Oberstufe bei 75.3 dB(A). Der Grundgeräuschpegel ist in beiden Fällen gleich und beträgt 55.7 dB(A) in der Unterstufe bzw. 55.6 dB(A) in der Oberstufe. Der SNR ist in der Oberstufe mit durchschnittlich 19.8 dB(A) 1.2 dB(A) besser als in der Unterstufe (18.6 dB(A)).

### 10.8.4 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – saniert

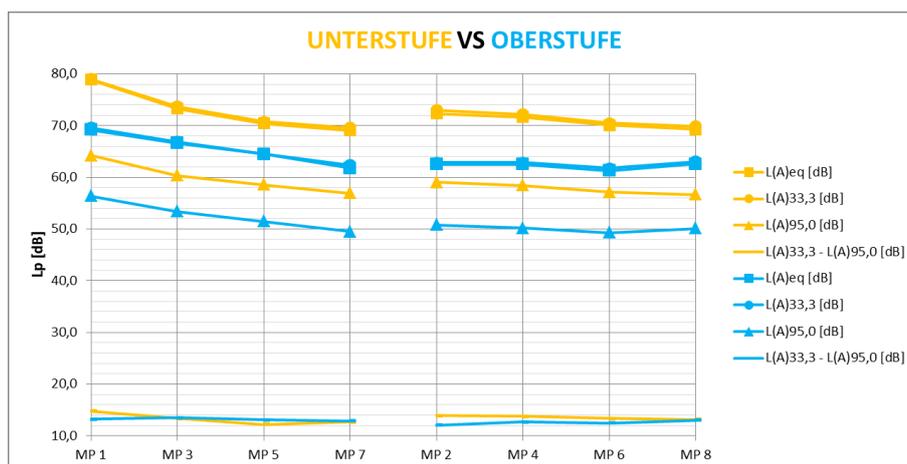


Abb. 10.27: Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei audiovisuellen Vorführungen in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum

Im sanierten Raum dagegen sind zwischen Unter- und Oberstufe deutlichere Unterschiede erkennbar. Wie schon angesprochen wurde, haben der Arbeitsgeräuschpegel und der  $L_{(A)33,3}$  in beiden Jahrgangsstufen denselben Verlauf. Allerdings ist sowohl der Arbeitsgeräuschpegel als auch der  $L_{(A)33,3}$  in der Oberstufe um 8.2 dB(A) leiser als in der Unterstufe. In der Unterstufe

liegen beide Pegel im Schnitt bei 72.5 dB(A) und 72.9 dB(A) (vgl. Tabelle 10.35). In der Oberstufe dagegen sind es lediglich 64.3 dB(A) und 64.7 dB(A) (vgl. Tabelle 10.37). Der Grundgeräuschpegel ist im sanierten Raum in der Oberstufe ebenfalls deutlich leiser als in der Unterstufe. In der Oberstufe liegt er im Mittel bei 51.7 dB(A). In der Unterstufe dagegen ist er 7.6 dB(A) lauter und beträgt im Durchschnitt 59.3 dB(A). Der SNR ist mit durchschnittlich 13.4 dB(A) in der Unterstufe in etwa gleich groß wie in der Oberstufe mit 12.9 dB(A).

### 10.8.5 Zusammenfassung

Bei dieser Art der Unterrichtsgestaltung ist deutlich geworden, dass der Arbeitsgeräuschpegel, bzw. die Schallpegelsituation im Allgemeinen von der Lautstärke abhängt, mit der das jeweilige Medium wiedergegeben wird. Dass die gemessenen Pegel an der Fensterseite lauter sind als an der Türseite, liegt daran, dass die meisten Inhalte per Fernseher wiedergegeben wurden, und dieser in der linken, vorderen Raumecke aufgehängt war. Des Weiteren ist es interessant, dass die Lärmsituation im nicht sanierten Klassenraum für beide Jahrgangsstufen etwa gleich ist, im sanierten Raum dagegen deutliche Unterschiede erkennbar sind.

	Unterstufe			Oberstufe		
	Nicht saniert	Saniert	Differenz	Nicht saniert	Saniert	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	75.0	72.5	-2.5	77.0	64.3	-12.7
$L_{(A)33,3}$ [dB]	74.4	72.9	-1.5	75.3	64.7	-10.6
$L_{(A)95,0}$ [dB]	55.7	59.3	+3.6	55.6	51.7	-3.9
SNR [dB]	18.6	13.4	-5.2	19.8	12.9	-6.9
	Nicht saniert			Saniert		
	Unterstufe	Oberstufe	Differenz	Unterstufe	Oberstufe	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	75.0	77.0	+2.0	72.5	64.3	-8.2
$L_{(A)33,3}$ [dB]	74.4	75.3	+0.9	72.9	64.7	-8.2
$L_{(A)95,0}$ [dB]	55.7	55.6	-0.1	59.3	51.7	-7.6
SNR [dB]	18.6	19.8	+1.2	13.4	12.9	-0.5

Tabelle 10.38: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für audiovisuelle Vorführungen

## 10.9 Abfragen

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	61,0	62,5	61,0	61,1	60,2	61,7	61,1	60,3	60,0
$L_{(A)33,3}$ [dB]	58,2	59,5	58,2	57,8	57,4	59,3	58,3	57,7	57,5
$L_{(A)95,0}$ [dB]	40,9	41,1	41,0	41,2	40,6	40,8	41,3	40,9	40,6
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	17,3	18,4	17,2	16,6	16,8	18,5	17,0	16,8	16,9

Tabelle 10.39: tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei Abfragen in der Unterstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	52,9	55,8	52,9	52,0	50,3	55,4	53,5	51,3	50,0
$L_{(A)33,3}$ [dB]	51,0	53,6	51,2	50,1	48,5	53,2	51,9	49,9	48,2
$L_{(A)95,0}$ [dB]	37,1	37,8	37,8	37,1	35,6	38,0	38,2	36,7	35,5
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	13,8	15,8	13,4	13,0	12,9	15,2	13,7	13,2	12,7

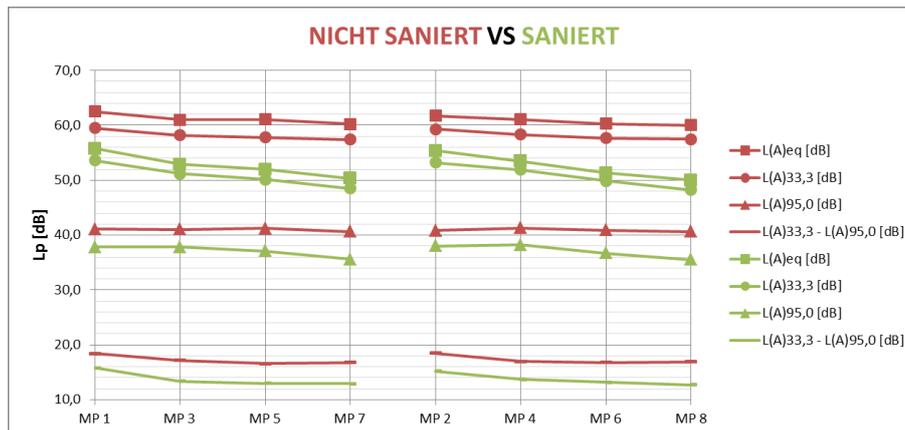
Tabelle 10.40: tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei Abfragen in der Unterstufe im sanierten Raum

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	64,5	64,8	64,5	63,3	63,1	65,2	65,6	65,7	63,7
$L_{(A)33,3}$ [dB]	60,3	60,6	60,3	60,0	60,3	60,8	60,8	59,7	59,7
$L_{(A)95,0}$ [dB]	45,0	45,4	45,4	44,9	44,5	45,1	45,2	44,9	44,9
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	15,2	15,2	14,9	15,1	15,8	15,7	15,6	14,8	14,8

Tabelle 10.41: tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei Abfragen in der Oberstufe im nicht sanierten Raum

In der Woche, in der im sanierten Klassenraum aufgenommen wurde, kam es nicht dazu, dass eine Schülerin oder ein Schüler einer Oberstufenklasse zu Beginn der Stunde abgefragt wurde. Deshalb muss in diesem Kapitel aus Mangel an Vergleichsdaten auf eine Gegenüberstellung der Oberstufenwerte im nicht sanierten und im sanierten Klassenzimmer sowie der Unter- und Oberstufenwerte im sanierten Raum verzichtet werden.

### 10.9.1 Vergleich Unterstufe – nicht saniert ↔ saniert



**Abb. 10.28:** Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei Abfragen in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

Wie schon mehrfach beobachtet werden konnte, liegen hier die Kurven von Arbeitsgeräuschpegel und Stimmaufwand nahe beieinander und verlaufen parallel. Somit kann festgestellt werden, dass beim Abfragen logischerweise wieder der Stimmaufwand die Lärmsituation im Raum maßgeblich bestimmt. Dieses Mal ist aber nicht nur der Stimmaufwand der Lehrkraft entscheidend, sondern auch der Stimmaufwand der Schülerin oder des Schülers, die bzw. der abgefragt wird. Im nicht sanierten Raum liegt der Arbeitsgeräuschpegel im Schnitt bei 61.0 dB(A) (vgl. Tabelle 10.39). Im sanierten Raum ist er 8.1 dB(A) leiser und beträgt im Mittel 52.9 dB(A) (vgl. Tabelle 10.40). Die Differenz des Stimmaufwands beträgt rund 7.2 dB(A). Das resultiert aus den gemessenen Werten von 58.2 dB(A) im nicht sanierten Klassenzimmer und 51.0 dB(A) im sanierten Raum. Der Grundgeräuschpegel ist im sanierten Raum ebenfalls leiser als im nicht sanierten Raum. Die Differenz beträgt rund 3.8 dB(A). Im nicht sanierten Raum liegt der Pegel bei 40.9 dB(A) und im sanierten Raum beläuft er sich auf 37.1 dB(A). Da der Stimmaufwand im sanierten Raum im Vergleich wieder stärker sinkt als der Grundgeräuschpegel, ist der SNR im sanierten Raum mit 13.8 dB(A) um 3.5 dB(A) schlechter als im nicht sanierten Raum (17.3 dB(A)).

## 10.9.2 Vergleich Unterstufe ↔ Oberstufe – nicht saniert

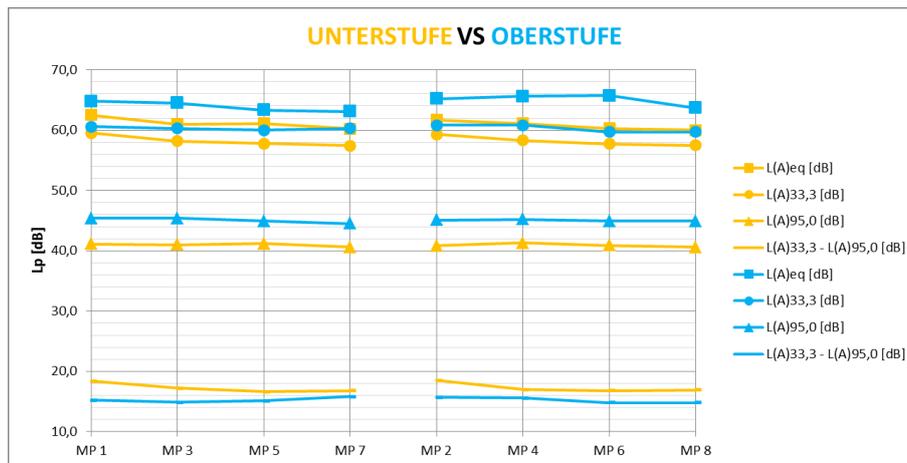


Abb. 10.29: Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei Abfragen in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Das ist die erste Unterrichtsform, bei der die Ergebnisse aller untersuchten Parameter der Lärmsituation für die Oberstufe schlechter ausfallen als für die Unterstufe. Der Arbeitsgeräuschpegel ist in der Oberstufe mit 64.5 dB(A) um 3.5 dB(A) höher als in der Unterstufe mit 61.0 dB(A) (vgl. Tabelle 10.39 und Tabelle 10.41). Der Stimmumfang ist in der Unterstufe leicht geringer als in der Oberstufe und liegt bei rund 58.2 dB(A). Das sind 2.1 dB(A) weniger als in der Oberstufe, bei der der Stimmumfang bei 60.3 dB(A) liegt. Der Grundgeräuschpegel ist in der Oberstufe mit 45.0 dB(A) um 4.1 dB(A) lauter als in der Unterstufe (40.9 dB(A)). Daraus resultiert ein SNR, der in der Oberstufe mit 15.2 dB(A) um 2.1 dB(A) schlechter ist als der in der Unterstufe, bei der er 17.3 dB(A) erreicht.

## 10.9.3 Zusammenfassung

Es ist interessant, dass Arbeitsgeräuschpegel und Stimmumfang in der Unterstufe in beiden Räumen mit einem Abstand von 2 bis 3 dB(A) parallel verlaufen. Das konnte bei der Oberstufe im nicht sanierten Klassenzimmer nicht festgestellt werden. Jedoch ist bei diesem Vergleich auffällig, dass die Lärmsituation in der Oberstufe generell lauter ist als in der Unterstufe. Das deutet darauf hin, dass in der Oberstufe die SchülerInnen, die nicht abgefragt werden, lauter sind, weil sie sich währenddessen individuell beschäftigen und somit der Arbeitsgeräuschpegel stärker vom Grundgeräuschpegel beeinflusst wird.

	Unterstufe		
	Nicht saniert	Saniert	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	61.0	52.9	-8.1
$L_{(A)33,3}$ [dB]	58.2	51.0	-7.2
$L_{(A)95,0}$ [dB]	40.9	37.1	-3.8
SNR [dB]	17.3	13.8	-3.5
	Nicht saniert		
	Unterstufe	Oberstufe	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	61.0	64.5	+3.5
$L_{(A)33,3}$ [dB]	58.2	60.3	+2.1
$L_{(A)95,0}$ [dB]	40.9	45.0	+4.1
SNR [dB]	17.3	15.2	-2.1

Tabelle 10.42: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Abfragen

## 10.10 Referat

Perzentilwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	62,2	64,2	62,6	61,7	60,5	63,0	62,3	61,2	61,2
$L_{(A)33,3}$ [dB]	62,2	64,3	62,7	61,9	60,5	63,0	62,3	61,3	61,3
$L_{(A)95,0}$ [dB]	45,4	46,8	45,5	44,9	44,6	45,7	45,8	44,9	44,9
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	16,8	17,5	17,2	17,0	15,9	17,3	16,5	16,4	16,4

Tabelle 10.43: tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei Referaten in der Oberstufe im nicht sanierten Raum

Perzentilwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	56,0	60,3	57,2	57,1	52,0	57,4	54,8	53,8	52,5
$L_{(A)33,3}$ [dB]	51,3	52,6	51,0	50,1	48,4	54,9	51,9	50,2	49,1
$L_{(A)95,0}$ [dB]	35,5	35,6	35,1	34,9	34,4	36,1	36,0	36,4	35,4
$L_{(A)33,3} - L_{(A)95,0}$ [dB]	15,7	17,0	15,9	15,2	14,0	18,8	15,9	13,8	13,7

Tabelle 10.44: tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei Referaten in der Oberstufe im sanierten Raum

Während der Zeit der Aufnahmen wurden die einzigen zwei Referate in derselben Oberstufenklasse im Rahmen des Deutschunterrichts gehalten.

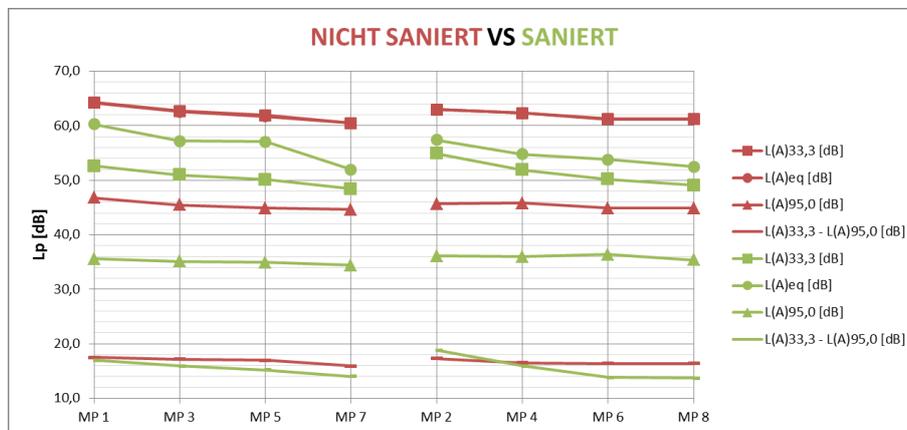


Abb. 10.30: Verlauf von  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR bei Referaten in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum

An den Messwerten während der beiden Referate ist auffällig, dass der Stimmaufwand im nicht sanierten Raum genau dem Arbeitsgeräuschpegel entspricht. Im Schnitt betragen beide 62.2 dB(A) (siehe Tabelle 10.43). Im sanierten Raum dagegen ist zwischen den beiden Verläufen ein größerer Unterschied erkennbar. Der Arbeitsgeräuschpegel liegt im Schnitt bei 56.0 dB(A) und der Stimmaufwand erreicht rund 51.3 dB(A) (siehe Tabelle 10.44). Dieses Phänomen könnte dadurch erklärt werden, dass das Referat im nicht sanierten Raum von einem Schüler männlichen Geschlechts und das Referat im sanierten Raum von einer Schülerin weiblichen Geschlechts gehalten wurde. Somit kann argumentiert werden, dass Schüler im direkten Vergleich lauter sprechen als Schülerinnen und daher der Stimmaufwand des Schülers in erster Linie den Arbeitsgeräuschpegel bestimmt, wohingegen bei der Schülerin die Nebengeräusche größeren Einfluss auf den Arbeitsgeräuschpegel haben. Die Differenz zwischen den Arbeitsgeräuschpegeln liegt bei 6.2 dB(A). Der Stimmaufwand ist bei dem Referat im sanierten Raum um 10.9 dB(A) geringer. Allerdings ist auch der Grundgeräuschpegel im sanierten Raum mit 35.5 dB(A) um fast 10 dB(A) leiser als im nicht sanierten Raum, wo er 45.4 dB(A) beträgt. Der SNR ist mit 15.7 dB(A) im sanierten Raum 1.1 dB(A) geringer als im nicht sanierten Raum (16.8 dB(A)).

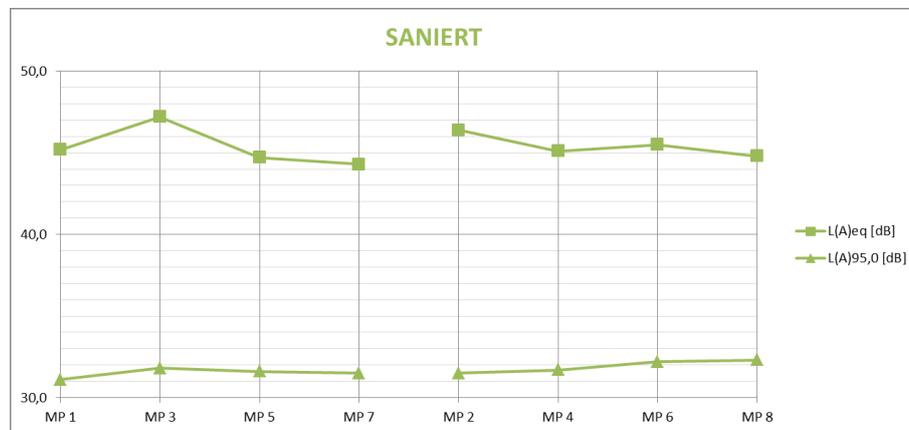
	Oberstufe		
	Nicht saniert	Saniert	Differenz
$L_{(A)eq}$ [dB]	62.2	56.0	-6.2
$L_{(A)33.3}$ [dB]	62.2	51.3	-10.9
$L_{(A)95.0}$ [dB]	45.4	35.5	-9.9
SNR [dB]	16.8	15.7	-1.1

**Tabelle 10.45:** tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für die Referate

## 10.11 Schriftliche Prüfung

Perzentilenwert	Mittelwert 1-8	MP 1	MP 3	MP 5	MP 7	MP 2	MP 4	MP 6	MP 8
$L_{(A)eq}$ [dB]	45,4	45,2	47,2	44,7	44,3	46,4	45,1	45,5	44,8
$L_{(A)95,0}$ [dB]	31,7	31,1	31,8	31,6	31,5	31,5	31,7	32,2	32,3

**Tabelle 10.46:** tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei der schriftlichen Prüfung in der Oberstufe im sanierten Raum



**Abb. 10.31** Verlauf von  $L_{(A)eq}$ , und  $L_{(A)95,0}$  bei der schriftlichen Prüfung in der Oberstufe im sanierten Raum

In der zweiten Woche war es möglich, die Lärmsituation während einer zweistündigen Mathematikschularbeit in der Oberstufe zu analysieren. Der Arbeitsgeräuschpegel war währenddessen sehr gering und lag im Schnitt bei 45.4 dB(A) (vgl. Tabelle 10.46). Die Schwankungen im Raum liegen bei etwa 3 dB(A). Auch der Grundgeräuschpegel der SchülerInnen war währenddessen sehr niedrig und beläuft sich auf durchschnittlich 31.7 dB(A). Das sind beides sehr gute Werte, bei denen sich die SchülerInnen konzentrieren können und nicht von Nebengeräuschen abgelenkt werden. Am räumlichen Verlauf ist interessant, dass der Grundgeräuschpegel an der Türseite nach hinten leicht zunimmt. Die Unterschiede sind aber eher klein und belaufen sich auf maximal 1.2 dB(A). Andere Schularbeiten, die zum Vergleich herangezogen werden könnten, fanden nicht statt.

## 10.12 Zusammenfassung

Abschließend kann festgestellt werden, dass es teilweise zu sehr unterschiedlichen Lärmsituationen kommt, wenn verschiedene Unterrichtssituationen das Unterrichtsgeschehen bestimmen. In diesem Kapitel konnte gezeigt werden, dass im sanierten Raum in der Regel alle Pegel niedriger sind als im nicht sanierten Raum. Außerdem arbeiten die Oberstufenklassen meistens leiser als die Unterstufenklassen. Die Unterschiede zwischen Unter- und Oberstufe fallen zudem im sanierten Raum kleiner aus als im nicht sanierten Raum. Das deutet darauf

hin, dass sich die SchülerInnen allgemein im sanierten Raum besser verstanden fühlen und daher leiser sind und Lärm, der durch die unterschiedlichsten Quellen hervorgerufen wird, im sanierten Raum generell besser gedämpft wird. Bei Unterrichtsformen, wie Lehrervortrag und Frontalunterricht, also solchen, bei denen vor allem gesprochen wird, wird der Arbeitsgeräuschpegel maßgeblich vom Stimmumfang bestimmt. Befindet sich der Sprecher im vorderen Teil des Raums, ist beim Arbeitsgeräuschpegel und beim Stimmumfang ein deutlicher Pegelabfall zum hinteren Teil des Raums hin zu beobachten. Der Grundgeräuschpegel ist meistens in der zweiten und dritten Reihe lauter als in der ersten und letzten Reihe, da die SchülerInnen sich meistens in diese Reihen setzten, wenn die Anzahl der SchülerInnen kleiner war. Blieben Reihen unbesetzt, kann dort ein geringerer Grundgeräuschpegel gemessen werden. Die räumlichen Unterschiede des Schallfelds fallen im nicht sanierten Raum deutlich kleiner aus als im sanierten Raum, da dort der Diffusschallanteil geringer ist, wie in Kapitel 8.4 erläutert wurde.

Zum Abschluss dieses Kapitels folgen mehrere Abbildungen, in denen  $L_{(A)eq}$ ,  $L_{(A)95.0}$ ,  $L_{(A)33.3}$  und SNR der verschiedenen Unterrichtsformen miteinander verglichen werden. Im Anschluss wird zusammengefasst, um wieviel Dezibel sich die jeweiligen Pegel bei den Unterrichtsformen Frontalunterricht und Lehrervortrag pro 0.1 Sekunden Nachhallzeitreduktion ändern. Dass ausgerechnet diese beiden Unterrichtsformen exemplarisch ausgewählt wurden, hat den Grund, dass diese mit einem Anteil von 51 % bzw. 14 % die zwei Unterrichtsformen sind, die am häufigsten vorkamen. Wie aus Kapitel 5.5 bekannt ist, liegt die Nachhallzeit des nicht sanierten Klassenraums im besetzten Zustand bei 1.09 Sekunden. Die Nachhallzeit des sanierten Klassenraums beträgt im besetzten Zustand 0.63 Sekunden. Das ergibt demnach eine Nachhallzeitreduktion von 0.46 Sekunden.

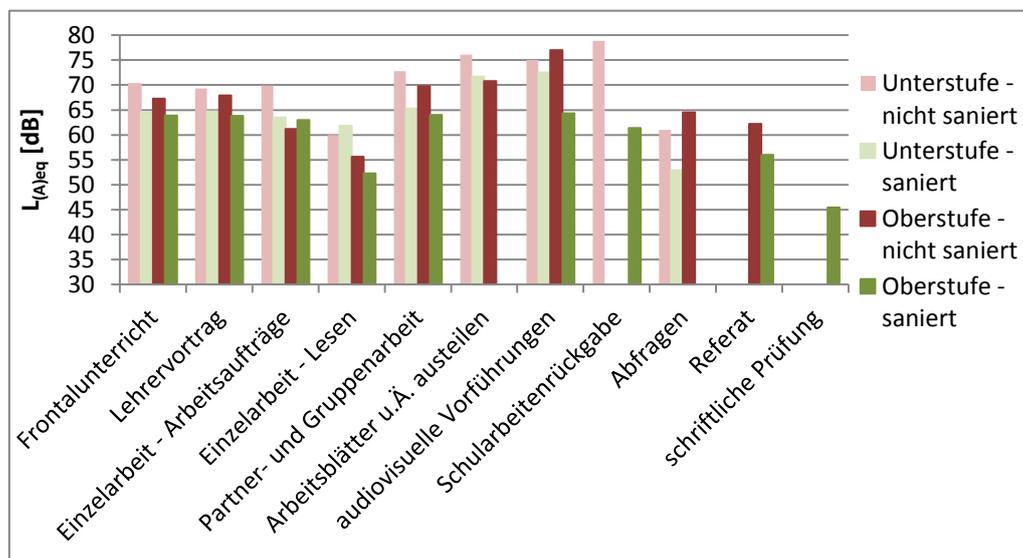
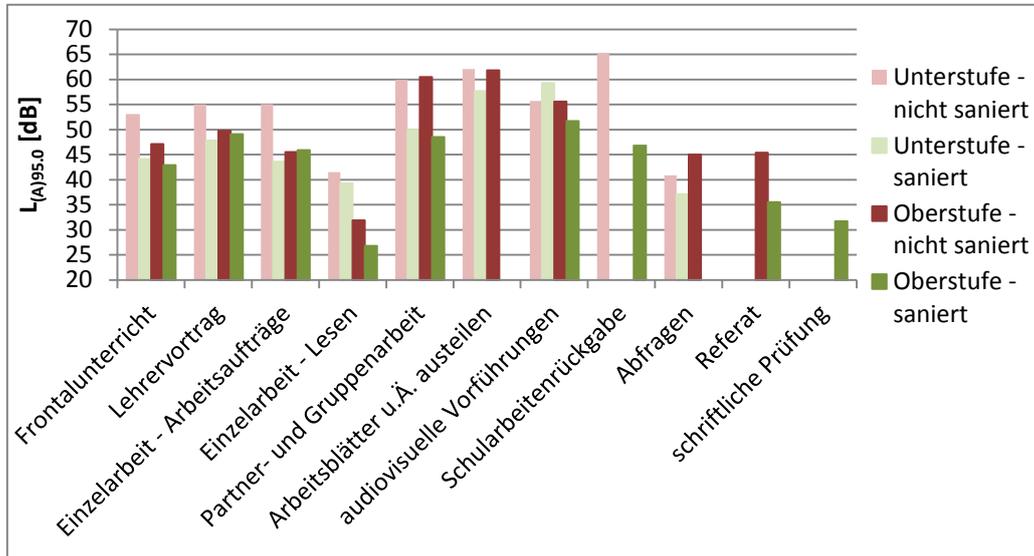


Abb. 10.32: Vergleich des  $L_{(A)eq}$  bei verschiedenen Unterrichtsformen

In Abb. 10.32 kann gesehen werden, dass der Arbeitsgeräuschpegel im sanierten Raum in der Regel leiser ist als im nicht sanierten Raum. Die leisesten Arbeitsgeräuschpegel traten während der schriftlichen Prüfung und dann auf, wenn die SchülerInnen die Anweisung hatten einen Text zu lesen. Die lautesten Arbeitsgeräuschpegel wurden während der Schularbeitenrückgabe in der Unterstufe gemessen. Tabelle 10.47 fasst zusammen, wie sich der Arbeitsgeräuschpegel bei den Unterrichtsformen Lehrervortrag und Frontalunterricht ändert, wenn sich die Nachhallzeit um 0.1 Sekunden verkürzt.

$L_{(A)eq}$ [dB]	Oberstufe	Unterstufe
Frontalunterricht	-0.74	-1.24
Lehrervortrag	-0.89	-1.00

**Tabelle 10.47:** Rückgang des Arbeitsgeräuschpegels bei Frontalunterricht und Lehrervortrag für eine Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden



**Abb. 10.33:** Vergleich des  $L_{(A)95.0}$  bei verschiedenen Unterrichtsformen

Abb. 10.33 zeigt, dass auch der Grundgeräuschpegel bis auf zwei Ausnahmen im sanierten Klassenraum leiser ist als im nicht sanierten Klassenraum. Die Ausnahmen treten in der Oberstufe bei der Unterrichtsform Einzelarbeit – Arbeitsaufträge und in der Unterstufe bei der Unterrichtsform audiovisuelle Vorführungen auf. Besonders bei den Unterrichtsformen Frontalunterricht, Lehrervortrag und Einzelarbeit – Arbeitsaufträge kann gesehen werden, dass die Unterschiede zwischen Ober- und Unterstufe im sanierten Klassenzimmer kleiner sind als im nicht sanierten Klassenzimmer. Das liegt daran, dass Hintergrundlärm im sanierten Klassenraum besser gedämpft wird und sich weniger ausbreitet als im nicht sanierten Klassenraum. Wie schon beim Arbeitsgeräuschpegel wurde der lauteste Grundgeräuschpegel bei der Schularbeitenrückgabe in der Unterstufe gemessen. Außerdem war der Grundgeräuschpegel im nicht sanierten Raum während Partner- und Gruppenarbeiten und während dem Austeilen von Arbeitsblättern und ähnlichem besonders laut. Die leisesten Pegel traten während der schriftlichen Prüfung und beim Lesen von Texten in Einzelarbeit auf. Tabelle 10.48 zeigt, wie sich der Grundgeräuschpegel bei den Unterrichtsformen Lehrervortrag und Frontalunterricht ändert, wenn sich die Nachhallzeit um 0.1 Sekunden reduziert.

$L_{(A)95.0}$ [dB]	Oberstufe	Unterstufe
Frontalunterricht	-0.91	-1.91
Lehrervortrag	-0.15	-1.57

**Tabelle 10.48:** Rückgang des Grundgeräuschpegels bei Frontalunterricht und Lehrervortrag für eine Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden

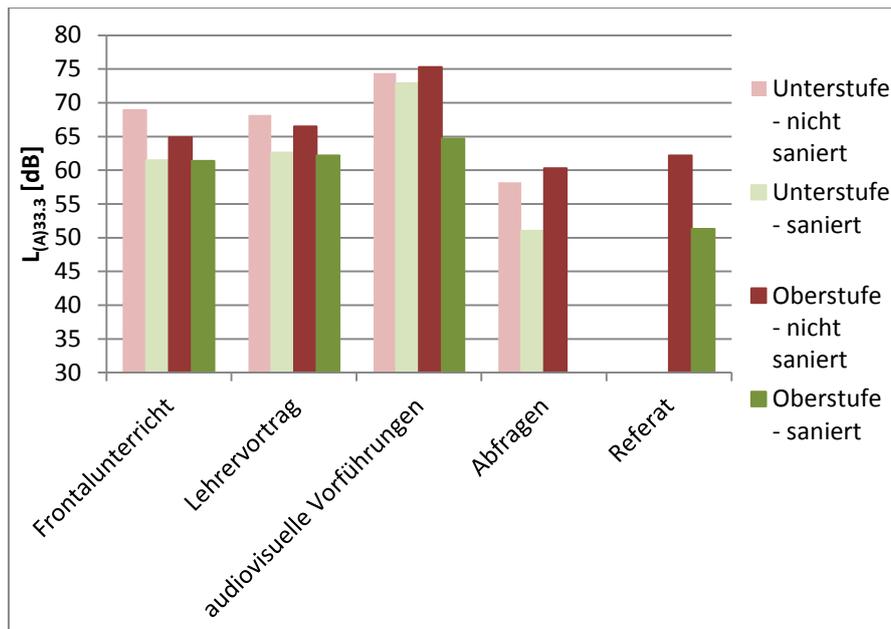


Abb. 10.34: Vergleich des  $L_{(A)33.3}$  bei verschiedenen Unterrichtsformen

In Abb. 10.34 ist der Stimmufwand in Abhängigkeit der Unterrichtsform dargestellt. Zwischen Frontalunterricht und Lehrervortrag ist kein relevanter Unterschied erkennbar. Das hat den Grund, dass bei diesen Unterrichtsformen die Lehrkraft den jeweils größten Redeanteil hat. Bei den audiovisuellen Vorführungen dagegen ist die eingestellte Lautstärke des Wiedergabegerätes maßgeblich für den  $L_{(A)33.3}$ . Bei den Unterrichtsformen Abfragen und Referat ist der Stimmufwand der SchülerInnen entscheidend. Allerdings gibt es bei diesen beiden Unterrichtsformen nur relativ wenig Vergleichsset, sodass hier nicht eindeutig gesagt werden kann, ob der Stimmufwand bei diesen beiden Unterrichtssituationen auch etwa derselbe ist. Dennoch kann gesehen werden, dass der  $L_{(A)33.3}$  im sanierten Raum generell leiser ist als im nicht sanierten Raum. Tabelle 10.49 fasst die Abnahme des Stimmufwands bei einem Rückgang der Nachhallzeit von 0.1 Sekunden zusammen.

$L_{(A)33.3}$ [dB]	Oberstufe	Unterstufe
Frontalunterricht	-0.76	-1.61
Lehrervortrag	-0.93	-1.22

Tabelle 10.49: Rückgang des Stimmufwands bei Frontalunterricht und Lehrervortrag für eine Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden

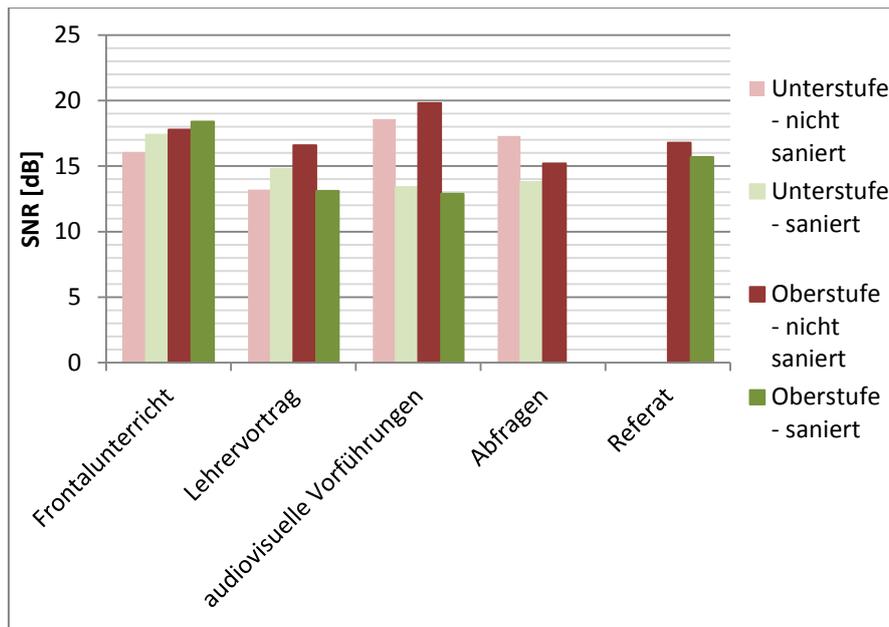


Abb. 10.35: Vergleich des SNR bei verschiedenen Unterrichtsformen

Abb. 10.35 vergleicht den SNR verschiedener Unterrichtsformen miteinander. Beim SNR kann nicht eindeutig gesagt werden, wann dieser am besten ist. Beim Frontalunterricht beispielsweise ist der SNR im sanierten Raum besser als im nicht sanierten Raum aber bei einem Referat ist der SNR im nicht sanierten Klassenzimmer besser als im sanierten Klassenzimmer. Beim Abfragen ist der SNR dagegen in der Unterstufe besser als in der Oberstufe. Beim Vergleich von Lehrervortrag und Frontalunterricht fällt auf, dass der SNR allgemein beim Frontalunterricht besser ist, obwohl die Lehrkraft in beiden Fällen den größten Redeanteil besitzt. Das hat den Grund, dass der Stimmumfang bei beiden Unterrichtsformen im selben Bereich liegt (siehe Abb. 10.34), aber der Grundgeräuschpegel beim Lehrervortrag im Schnitt lauter ist (siehe Abb. 10.33). Außerdem ist es interessant, dass der SNR des Lehrervortrags bei der Unterstufe im sanierten Raum, aber bei der Oberstufe im nicht sanierten Raum besser ist. Dass der SNR bei den audiovisuellen Vorführungen im sanierten Klassenzimmer um bis zu 7 dB(A) schlechter ist als im nicht sanierten Klassenraum hat den Grund, dass die Lehrkraft im nicht sanierten Klassenraum die Lautstärke des jeweiligen Wiedergabegeräts lauter einstellt, da sie den Eindruck hat, dass sie bzw. das Wiedergabemedium aufgrund der geringeren Sprachverständlichkeit schlechter verstanden wird. Tabelle 10.50 fasst abschließend wieder zusammen, wie sich der SNR bei einer Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden ändert.

SNR [dB(A)]	Oberstufe	Unterstufe
Frontalunterricht	+0.13	+0.30
Lehrervortrag	-0.76	+0.35

Tabelle 10.50: Rückgang des SNR bei Frontalunterricht und Lehrervortrag für eine Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden

# 11 Stimmaufwand, Arbeitsgeräuschpegel, Grundgeräuschpegel und SNR in Abhängigkeit von der Anzahl der SchülerInnen

Bisher wurde der Verlauf der unterschiedlichen Schalldruckpegel während des Vormittags oder in Abhängigkeit der Unterrichtsform betrachtet. Inwieweit sich diese Größen aber in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl ändern, wurde noch nicht explizit ausgewertet. Das wird in diesem Kapitel untersucht. Dafür werden die jeweiligen Pegel, die für die gesamte Stunde ermittelt und in Kapitel 6 bereits besprochen wurden, in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl in einem Diagramm zusammengefasst. Gibt es für gewisse SchülerInnenanzahlen keine passenden Ergebnisse, werden diese ausgelassen. Werte gleicher Klassenstärken werden gemittelt. Den Wertereihen wird eine Trendlinie hinzugefügt. Zwar ist die Streuung der Werte bisweilen sehr groß, aber anhand der Steigung der Trendlinie kann dennoch eine Tendenz abgegeben werden, wie sich die Pegel in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahlen im nicht sanierten und sanierten Klassenzimmer ändern. Zwischen Oberstufe und Unterstufe wird in diesem Kapitel nicht unterschieden, da es für einen getrennten Vergleich zu wenige verschiedene Klassenstärken gab. Die zu den Abbildungen zugehörigen Messwerttabellen können in Kapitel 23 gefunden werden.

## 11.1 Der Stimmaufwand in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl

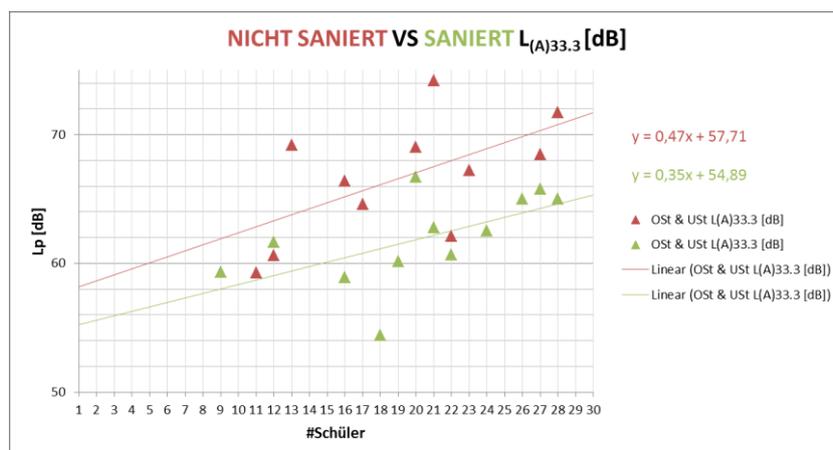


Abb. 11.1:  $L_{(A)33.3}$  in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum

Anhand der Trendlinien in Abb. 11.1 ist erkennbar, dass der Stimmaufwand in beiden Klassenzimmern mit steigender SchülerInnenanzahl anwächst. Im nicht sanierten Raum nimmt der

Stimmaufwand tendenziell um 0,47 dB(A) pro zusätzlicher Schülerin oder zusätzlichem Schüler zu. Im sanierten Raum ist das Wachstum etwas kleiner und liegt bei 0,35 dB(A) pro SchülerIn. Ab einer Klassenstärke von rund 23 SchülerInnen kann in dieser Abbildung gesehen werden, dass die Lehrkräfte im nicht sanierten Klassenraum rund 6 dB(A) lauter reden als im sanierten Klassenraum. Das stimmt etwa mit dem Ergebnis aus Kapitel 6.5.3 überein, in dem festgestellt wurde, dass die Lehrkräfte im sanierten Klassenzimmer etwa 5,5 dB(A) leiser reden.

## 11.2 Der Arbeitsgeräuschpegel in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl

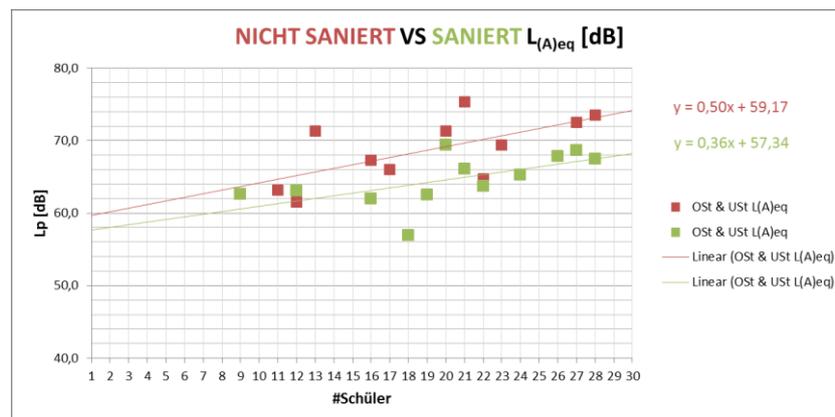


Abb. 11.2:  $L_{p(A)eq}$  in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum

Abb. 11.2 zeigt den Anstieg des Arbeitsgeräuschpegels in Abhängigkeit der Schülerzahl. Im nicht sanierten Raum steigt er pro SchülerIn um 0,50 dB(A) an und im sanierten Klassenzimmer sind es ebenfalls 0,36 dB(A) pro SchülerIn. Das ist in etwa dasselbe Wachstum wie beim Stimmaufwand in Abb. 11.1. Werden die Ergebnisse von Kapitel 10.1.1 bedacht, ist dieses Verhalten nicht ungewöhnlich, da dort gezeigt wurde, dass der Arbeitsgeräuschpegel in vielen Unterrichtssituationen in erster Linie vom Stimmaufwand der Lehrkraft beeinflusst wird.

## 11.3 Der Grundgeräuschpegel in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl

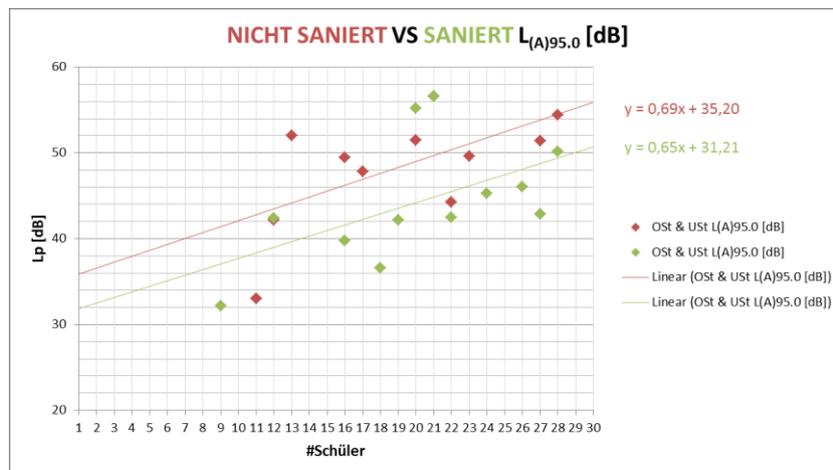


Abb. 11.3:  $L_{p(A)95.0}$  in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum

Dass der Grundgeräuschpegel im sanierten Raum leiser ist als im nicht sanierten Raum, kann in Abb. 11.3 erneut beobachtet werden. Das Wachstum ist in beiden Räumen etwa gleich. An der Steigung der Trendlinien kann gesehen werden, dass der Grundgeräuschpegel im nicht sanierten Raum um 0.69 dB(A) und im sanierten Raum um 0.65 dB(A) pro zusätzlicher Schülerin oder zusätzlichem Schüler ansteigt.

## 11.4 Der SNR in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl

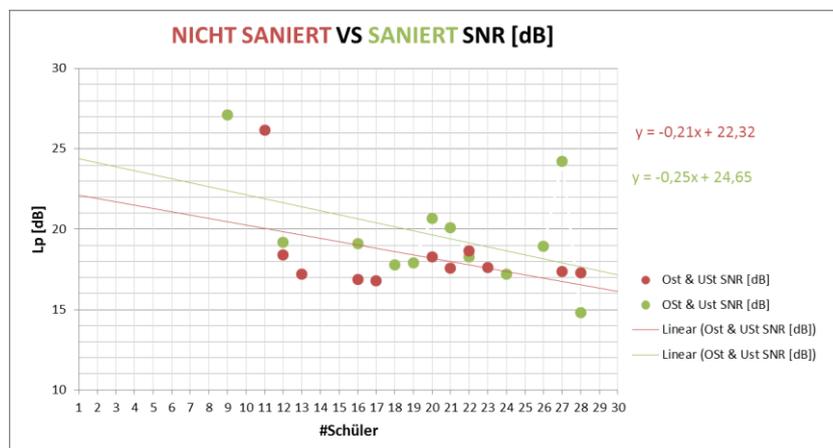


Abb. 11.4: SNR in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum

Die Abnahme des SNR mit wachsender SchülerInnenanzahl ist in beiden Klassenzimmern tendenziell annähernd gleich. Im nicht sanierten Klassenraum nimmt der SNR mit 0.21 dB(A) pro SchülerIn ab. Im sanierten Raum ist die Abnahme etwa gleich und liegt bei 0.25 dB(A) pro zusätzlicher Schülerin bzw. zusätzlichem Schüler.

## 11.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Raumakustik keinen allzu großen Einfluss auf den Anstieg der Pegel hat. In beiden Räumen ist der Zuwachs pro SchülerIn etwa gleich und die Unterschiede pro zusätzlicher Schülerin oder zusätzlichem Schüler betragen maximal 0.14 dB(A). Allerdings ist die Streuung der Werte bisweilen sehr groß. Das ist ein Indiz dafür, dass zum einen der Stimmaufwand nicht nur von der Klassengröße, sondern auch von der jeweiligen Lehrkraft selbst abhängt. Zum anderen lässt sich darauf schließen, dass der Grundgeräuschpegel ebenfalls vom Sozialverhalten der SchülerInnen beeinflusst wird. Müller<sup>39</sup> hat mehrere Studien zusammengefasst, bei denen der Arbeitsgeräuschpegel und der Grundgeräuschpegel jeweils mit 1 dB(A) pro SchülerIn zunehmen. Diese Werte sind höher als die, die hier gefunden wurden. In Kapitel 11.2 wurde herausgefunden, dass der Arbeitsgeräuschpegel mit 0.50 dB(A) im nicht sanierten Raum und im sanierten Raum mit 0.36 dB(A) pro SchülerIn ansteigt. Der Grundgeräuschpegel nimmt laut Kapitel 11.3 in beiden Räumen mit rund 0.7 dB(A) pro zusätzlicher Schülerin oder zusätzlichen Schüler zu. Allerdings muss an dieser Stelle dazu gesagt werden, dass in diesen Studien anstelle des  $L_{(A)95.0}$  der  $L_{(A)90.0}$  als Grundgeräuschpegel herangezogen wurde und der Pegelanstieg nur für eine Schülerzahl von 18 bis 32 Personen untersucht wurde. Außerdem wurden die Grundgeräuschpegel in der Studie über einen Zeitraum von fünf Minuten gemessen und nicht über eine gesamte Unterrichtsstunde, wie es in dieser Arbeit der Fall war. Diese unterschiedlichen Vorgangsweisen können Grund für die Abweichungen sein. Zum Schluss folgt in Tabelle 11.1 eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

$\Delta L_p /$ SchülerIn	Nicht saniert	Saniert
$L_{(A)33.3}$ [dB]	+0.47	+0.35
$L_{(A)eq}$ [dB]	+0.50	+0.36
$L_{(A)95.0}$ [dB]	+0.69	+0.65
SNR [dB]	-0.21	-0.25

**Tabelle 11.1:** tabellarische Zusammenfassung der Pegeländerungen pro zusätzlichem Schüler

<sup>39</sup> Vgl. [MÜLLER, S. 22.]

## 12 Tageslärme xpositionspegel während der Vormittage

Dass die Lärmeinwirkung auf Dauer eine starke psychische Belastung für Lehrkräfte darstellt, wurde schon in zahlreichen Studien bewiesen.<sup>40</sup> Die Verordnung Lärm und Vibration<sup>41</sup> schreibt klare Expositionsgrenzwerte für Lärm in Arbeitsstätten vor. Die Grenzwerte und Berechnungsverfahren wurden bereits zu Beginn dieser Arbeit in Kapitel 2.2 beschrieben. In besagtem Kapitel wurde erläutert, dass der Expositionsgrenzwert in Klassenräumen bei 65 dB(A) liegt. Ob dieser Grenzwert an den einzelnen Messtagen überschritten wurde, wird in diesem Kapitel untersucht. Dabei wurde aus den energieäquivalenten Dauerschallpegeln, die Tag für Tag stundenweise berechnet wurden, ein gesamter energieäquivalenter Dauerschallpegel für einen Vormittag bestimmt. Mit diesem Pegel wurde schließlich ein Lärmexpositionspegel für jeden Tag für eine Bezugszeit von acht Stunden berechnet. Mit den Pegeln der einzelnen Tage wurde schließlich für beide Räume ein Durchschnittswert bestimmt. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 12.1 zusammengefasst:

Tag	$L_{(A),EX,8h}$ [dB]	$L_{(A),EX,8h}$ Mittel [dB]	D [%]	$D_{Mittel}$ [%]
1 <sub>ns</sub>	69.1	66.8	258	152
2 <sub>ns</sub>	59.8		30	
3 <sub>ns</sub>	69.3		270	
5 <sub>ns</sub>	65.9		123	
6 <sub>s</sub>	63.4	63.5	69	71
7 <sub>s</sub>	58.3		21	
8 <sub>s</sub>	64.3		85	
10 <sub>s</sub>	66.2		132	

**Tabelle 12.1:** Zusammenfassung der berechneten Tageslärme xpositionspegel und Lärmdosen

Hier ist deutlich zu sehen, dass der Grenzwert insgesamt viermal überschritten wurde. Das war an Tag 1<sub>ns</sub>, 3<sub>ns</sub>, 5<sub>ns</sub> und 10<sub>s</sub> der Fall. Also wurde der Grenzwert dreimal im nicht sanierten Raum und einmal im sanierten Raum überschritten. Als die Unterstufenklasse an Tag 5<sub>ns</sub> und an Tag 10<sub>s</sub> ganztätig in den beiden Räumen unterrichtet wurde, wurde der Grenzwert an beiden Tagen überschritten. Als die Oberstufe während des gesamten Vormittags einmal im nicht sanierten Raum (Tag 2<sub>ns</sub>) und einmal im sanierten Raum (Tag 7<sub>s</sub>) unterrichtet wurde, kam es an keinem der beiden Tage zu einer Überschreitung des Grenzwerts. Das bestätigt noch einmal das Ergebnis von Kapitel 8.3, dass SchülerInnen der Oberstufe ruhiger und konzentrierter arbeiten. Der größte Expositionspiegel trat an Tag 3<sub>ns</sub> mit 69.3 dB(A) (270 %) auf und der niedrigste Expositionspiegel wurde an Tag 7<sub>s</sub> mit 58.3 dB(A) (21 %) gemessen. Es kann also

<sup>40</sup> Vgl. [HOTTER, S. 68ff.]

<sup>41</sup> [VOLV]

festgestellt werden, dass der Grenzwert des Lärmexpositionspegels von 65 dB(A) im sanierten Raum lediglich in 25 % der Fälle überschritten wird und im nicht sanierten Raum kann der Grenzwert in 75 % der Fälle nicht eingehalten werden. Das bedeutet, dass im sanierten Klassenzimmer die Konzentration der SchülerInnen höher und die psychische Belastung der Lehrkräfte durch Lärm geringer ist.

Der im nicht sanierten Klassenraum durchschnittlich gemessene Tageslärmexpositionspegel beläuft sich auf 66.8 dB(A), was einer mittleren Lärmdosis von 152 % entspricht. Im sanierten Klassenzimmer liegt der durchschnittliche Tageslärmexpositionspegel bei 63.5 dB(A) und die mittlere Lärmdosis entspricht 71%. Das bedeutet im Schnitt, dass im sanierten Klassenraum der Tageslärmexpositionspegel 3.3 dB(A) und die Lärmdosis um 81 Prozentpunkte geringer waren. Allgemein kann daraus abgeleitet werden, dass der Tageslärmexpositionspegel pro 0.1 Sekunden Nachhallzeitreduktion um 0.72 dB(A) sinkt. Die Nachhallzeit des nicht sanierten Klassenzimmers betrug besetzten Zustand 1.09 Sekunden und die des sanierten Raums lag im besetzten Zustand bei 0.63 Sekunden (Siehe Kapitel 5.5).

## 13 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde die Lärmsituation in Klassenräumen in Abhängigkeit der Raumakustik vielseitig betrachtet und im Detail analysiert. In Kapitel 1 wurde zu Beginn die allgemeine Problematik erläutert, dass der Lärmpegel in Klassenräumen in vielen Fällen zu hoch ist.

In Kapitel 2 wurden die für diese Arbeit wichtigen Grundlagen erklärt. Die Norm DIN 18041 legt eindeutig fest, in welchem Bereich die Nachhallzeit in Klassenräumen liegen darf. Für einen Klassenraum mit einem typischen Volumen von 250 m<sup>3</sup> liegt die Sollnachhallzeit bei 0.6 Sekunden im besetzten Zustand. Die Verordnung Lärm und Vibration gibt Grenzwerte und Berechnungsverfahren für Lärmexpositionspegel an verschiedenen Arbeitsstätten an. Der Grenzwert für Klassenräume liegt bei 65 dB(A). Außerdem wurden in diesem Kapitel weitere Grundbegriffe erklärt, die im Laufe der Arbeit immer wieder vorkommen.

In Kapitel 3 wurden einige nützliche Analysemethoden erläutert, um die der *Noise Level Analyzer*, mit dem die gesamte Datenauswertung erfolgte, im Laufe der Auswertung erweitert worden ist.

Kapitel 4 ging genau auf die Vorgangsweise während den Messungen ein. Die Grundidee dieser Arbeit war, auf der Grundlage eines mehrtätigen Mehrkanalmitschnitts realen Unterrichts die akustische Kommunikation in Klassenräumen zu untersuchen. Dabei wurde der Unterricht je vier Tage lang in einem Raum mit einer langen Nachhallzeit und in einem Raum mit einer kurzen Nachhallzeit aufgezeichnet, wobei der Stundenplan in beiden Räumen derselbe war. Daraufhin folgte eine genaue Beschreibung des Messaufbaus.

Kapitel 5 fasste die Ergebnisse der Nachhallzeitmessungen zusammen, die im Vorfeld in beiden Räumen durchgeführt worden sind. Die Nachhallzeit des nicht sanierten Raums mit der langen Nachhallzeit lag im leeren Zustand bei 1.60 Sekunden und bei 1.09 Sekunden im besetzten Zustand. Im sanierten Raum mit der kurzen Nachhallzeit betrug die Nachhallzeit im leeren Zustand 0.75 Sekunden und im besetzten Zustand 0.63 Sekunden. Außerdem wurde erläutert, dass der Grundgeräuschpegel entscheidenden Einfluss auf die Sprachverständlichkeit hat.

In Kapitel 6 wurde die Schallpegelsituation während der Tage, an denen in beiden Räumen derselbe Stundenplan unterrichtet worden ist, miteinander verglichen. Am Ende erfolgte eine allgemeine Gegenüberstellung der Schallpegel im nicht sanierten und im sanierten Klassenzimmer. In diesem Kapitel zeigte sich, dass die Schalldruckpegel im sanierten Klassenraum niedriger sind als im nicht sanierten Klassenraum. Der Arbeitsgeräuschpegel beispielsweise war im sanierten Klassenzimmer durchschnittlich 4.2 dB(A) leiser als im nicht sanierten Klassenzimmer. Einige Ausnahmen existieren dennoch. Diese belegen, dass die Raumakustik nicht der einzige Faktor ist, der die Lärmsituation beeinflusst, sondern beispielsweise auch das Sozialverhalten der SchülerInnen eine Rolle spielt.

Kapitel 7 untersuchte den Stimmaufwand einer Lehrkraft, die jeweils einen gesamten Vormittag lang in beiden Räumen unterrichtet hat. Dabei wurde deutlich, dass die Lehrkraft im Schnitt um 6.6 dB(A) leiser redete, wenn sie in dem sanierten Klassenzimmer unterrichtete. Außerdem war die Stimmaufwandszunahme im Laufe des Vormittags im sanierten Klassenzimmer mit 0.6 dB(A) pro Stunde geringer als im nicht sanierten Klassenraum mit rund 1.0 dB(A) pro Stunde.

Kapitel 8 analysierte den Grundgeräuschpegelverlauf während des Vormittags. Dabei wurde der Grundgeräuschpegel von insgesamt vier Messtagen untersucht. An diesen Tagen befanden sich einmal eine Unterstufenklasse und einmal eine Oberstufenklasse während des gesamten Vormittags in beiden Räumen. Die Auswertung lieferte das Ergebnis, dass der Grundgeräuschpegel sowohl in der Unterstufe als auch in der Oberstufe um durchschnittlich 3 dB(A) leiser war, wenn die Klassen in dem sanierten Klassenzimmer unterrichtet wurden. Die Differenzierung zwischen Unter- und Oberstufe lieferte zudem das Ergebnis, dass unabhängig vom Raum der Grundgeräuschpegel in der Oberstufe im Schnitt um 8 dB(A) leiser war als in der Unterstufe. Das zeigt, dass neben der Raumakustik das Alter der SchülerInnen ebenfalls großen Einfluss auf die Lärmsituation hat.

In Kapitel 9 war der Fokus auf den Signal-Stör-Abstand gerichtet. Hier konnte festgestellt werden, dass der SNR in beiden Räumen insgesamt etwa gleich war. Das kann durch den Lombard Effekt erklärt werden. Die Lehrkraft passt nämlich in beiden Räumen ihre Stimme an den Grundgeräuschpegel an. Dass der SNR in beiden Räumen etwa derselbe war, konnte im nicht sanierten Klassenraum also nur auf Kosten eines höheren Stimmaufwands realisiert werden.

In Kapitel 10 wurde der Einfluss der Unterrichtsform auf die Lärmsituation betrachtet. Insgesamt wurde zwischen elf unterschiedlichen Unterrichtssituationen unterschieden, wobei hier ebenfalls zwischen Unterstufe und Oberstufe differenziert wurde. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Lärmsituation teilweise stark von der jeweiligen Unterrichtsform abhängt und es im sanierten Klassenzimmer deutlich leiser ist. Außerdem arbeiten die OberstufenschülerInnen in der Regel ruhiger und konzentrierter als die UnterstufenschülerInnen. Die örtlichen Unterschiede im Schallfeld sind im sanierten Klassenzimmer mit bis zu 5 dB(A) Abweichung deutlich größer als im nicht sanierten Klassenraum.

Kapitel 11 ging darauf ein, wie der Anstieg von Stimmaufwand, SNR sowie Arbeits- und Grundgeräuschpegel von der Schülerzahl abhängen. Hier konnte festgestellt werden, dass das Wachstum in Abhängigkeit der Schülerzahl in beiden Räumen etwa gleich ist. Die Unterschiede zwischen den beiden Klassenräumen lagen bei maximal 0.14 dB(A) pro zusätzlicher Schülerin oder zusätzlichem Schüler.

Kapitel 12 schließlich lieferte einen Überblick über die Tageslärmmexpositionspegel, dem SchülerInnen und Lehrkräfte während der Vormittage durchschnittlich ausgesetzt waren. Im sanierten Klassenraum war der durchschnittliche Tageslärmmexpositionspegel um 3.3 dB(A) geringer als im nicht sanierten Klassenraum. In diesem Kapitel wurde deutlich, dass der Grenzwert von 65 dB(A) während der Vormittage im nicht sanierten Klassenzimmer in 75 % der Fälle und im sanierten Klassenzimmer in 25 % der Fälle überschritten wurde. Das ist ein Hinweis darauf, dass im nicht sanierten Klassenraum die lärmbedingte psychische Belastung der Lehrkräfte größer und die Konzentration der SchülerInnen geringer ist.

Zusammenfassend kann somit gesagt werden, dass die allgemeine Lärmsituation in dem sanierten Klassenzimmer deutlich leiser war als in dem nicht sanierten Klassenzimmer. Auf-

grund der geringeren Lärmbelastung ist es für die SchülerInnen einfacher, sich zu konzentrieren und die Lehrkräfte sind nach dem Unterricht weniger erschöpft. Diese Fakten konnten auch bei der Umfrage am BRG Kepler festgestellt werden. Weil sowohl in dem nicht sanierten als auch in dem sanierten Klassenraum derselbe Stundenplan mit denselben Lehrkräften und denselben Klassen unterrichtet wurde, kann das Ergebnis, welches bisher stets nur auf die beiden unterschiedlichen Räume bezogen wurde, auch auf andere Räume mit ähnlichen Nachhallzeiten übertragen werden. Der sanierte Raum unterschied sich vom nicht sanierten Raum im Wesentlichen durch eine Akustikdecke und einen Lochabsorber an der Raumrückwand. Anhand der vorliegenden Messergebnisse kann daher also gesagt werden, dass diese Maßnahmen sehr effektiv sind, um den Lärmpegel in Klassenräumen zu senken.

Allgemein lässt sich anhand der Messergebnisse sagen, dass

- der Arbeitsgeräuschpegel bei einer Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden um 0.91 dB(A) sinkt.
- der Stimmaufwand einer Lehrkraft bei einer Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden um 1.43 dB(A) sinkt.
- der Grundgeräuschpegel unabhängig vom Alter der SchülerInnen bei einer Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden um 0.65 dB(A) sinkt.
- der Grundgeräuschpegel unabhängig von der Raumakustik in Unterstufenklassen um 8 dB(A) lauter ist als in Oberstufenklassen.
- die Raumakustik keinen relevanten Einfluss auf den Signal-Stör-Abstand hat. Ein optimaler Signal-Stör-Abstand kann in Räumen mit längerer Nachhallzeit allerdings nur auf Kosten eines höheren Stimmaufwands realisiert werden.
- die verschiedenen Schalldruckpegel unabhängig von der Raumakustik mit steigender Schülerzahl etwa dasselbe Wachstum besitzen.
- Der Tageslärnexpositionspegel bei einer Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden um 0.72 dB(A) sinkt.

Allerdings ist die Raumakustik nicht der einzige Faktor, der die Lärmsituation in Klassenzimmern beeinflusst. Neben der Raumakustik und dem Alter der SchülerInnen spielen beispielsweise ebenso das Sozialverhalten der SchülerInnen und die Autorität der Lehrkraft eine wichtige Rolle.

Zweifelsohne wird dies nicht die letzte Arbeit gewesen sein, die sich mit dem Thema der Lärmanalyse in Klassenräumen beschäftigt. Wie bereits erläutert wurde, wurden im Rahmen der Messungen ebenfalls Herz-Kreislauf-Messungen an einer Lehrkraft und an SchülerInnen durchgeführt, wenn sich diese während des gesamten Vormittags in demselben Raum aufhielten. Die Auswertung dieser Daten wird sicherlich in einer Folgearbeit geschehen, um herauszufinden, wie sehr sich die Raumakustik auf die Konzentration und die körperliche Erschöpfung auswirkt. Die Rohdaten der Unterrichtsmitschnitte sind außerdem sehr umfangreich. Somit ist es problemlos möglich, auf Grundlage dieser vorhandenen Daten weitere Auswertungen anzustellen, die über die hier behandelten Bereiche hinausgehen. Hierfür kann gegebenenfalls der *Noise Level Analyzer* um weitere Analysemethoden erweitert werden.

## 14 Literaturverzeichnis

[DIN 18041 1968] DIN 18041: *Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen*. Deutsches Institut für Normung, 1968.

[DIN 18041 2004] DIN 18041: *Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen*. Deutsches Institut für Normung, 2004.

[FASCHING] FASCHING, Rüdiger; WEGLER, Korbinian: *Akustische Sanierung am Bundesrealgymnasium Kepler. Evaluierung der Klassenraumsanierung und Konzeptentwurf einer Musiksaalsanierung*. Bachelorarbeit, Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation der Technischen Universität Graz, April 2015.

[FLOHRSCHÜTZ] FLOHRSCHÜTZ, Michael: *Anwendung und Überarbeitung des „Leitfaden für die akustische Sanierung von Klassenräumen“*. Bachelorarbeit, Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation der Technischen Universität Graz, September 2013.

[GRABER] GRABER, Gerhard; WESELAK, Werner: *Skriptum zur Vorlesung Raumakustik*. Version 5.3, TU Graz, Graz 2009.

[HOTTER] HOTTER, Erich; ZOLLNERITSCH, Josef: *Lärm in der Schule. Ein Arbeitsbuch*. Verlag Leykam, Graz 2008.

[LUDWIG] LUDWIG, Rafael: *Entwicklung von Werkzeugen zur Untersuchung der Klassenraumakustik im Unterrichtsbetrieb*. Projektarbeit, Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation der Technischen Universität Graz, September 2014.

[MÜLLER] MÜLLER, Maurice: *Klassenraumakustik*. Diplomarbeit, Institut für Breitbandkommunikation der Technischen Universität Graz, September 2009.

[NISTELBERGER] NISTELBERGER, Gerold: *Lärmdosismessungen bei MusikerInnen der Grazer Oper*. Projektarbeit, Institut für Breitbandkommunikation der Technischen Universität Graz, März 2011.

[OBERDÖRSTER] OBERDÖRSTER, Markus; TIESLER, Gerhard: *Raumakustische Ergonomie der Schule – eine Voraussetzung für „modernen“ Unterricht*. In: DAGA 2006, S. 569-570.

[OBERDÖRSTER2] OBERDÖRSTER, Markus; TIESLER, Gerhard: *„Modern Teaching“ needs modern conditions – room acoustics as an ergonomic factor*. In: International Congress on Acoustics (ICA). ICA 2007, S.1-5.

[ÖNORM B 8115-3] ÖNORM B 8115-3: *Schallschutz und Raumakustik im Hochbau Teil 3: Raumakustik*. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2005.

[ÖNORM EN 60268-16] ÖNORM EN 60268-16: *Elektroakustische Geräte Teil 16: Objektive Bewertung der Sprachverständlichkeit durch den Sprachübertragungsindex*. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2004.

[ÖNORM EN ISO 9921] ÖNORM EN ISO 9921: *Ergonomie – Beurteilung der Sprachkommunikation*. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2003.

[ÖNORM S 5004] ÖNORM S 5004: *Messung von Schallimmissionen*. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 1985.

[REITHNER] REITHNER, Claudia: *Akustische Sanierung von Klassenräumen*. Diplomarbeit, Institut für Signalverarbeitung und Sprachkommunikation der Technischen Universität Graz, Jänner 2013.

[SHIELD]: SHIELD, Bridget; DOCKRELL, Julie E.: *External and internal noise surveys of London primary schools*. In: JASA 2003, 115(2), S. 730-738.

[VOLV] *Verordnung über den Schutz der Arbeitnehmer/innen vor der Gefährdung durch Lärm und Vibrationen*. BGBl. II Nr.22/2006.

# 15 Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: volumenabhängiger Sollwert der Nachhallzeit $T_{\text{soll}}$ für unterschiedliche Nutzungsarten.....	18
Abb. 2.2: Toleranzband der Sollnachhallzeit.....	18
Abb. 3.1: überarbeitete Benutzeroberfläche des <i>Noise Level Analyzers</i> .....	22
Abb. 3.2: Signalfluss des <i>Noise Level Analyzers</i> bei der Frequenzbandanalyse.....	26
Abb. 3.3: spektrale Terzbandanalyse, wobei die gesamte Datei simultan transformiert wurde.....	27
Abb. 3.4: spektrale Terzbandanalyse, wobei die gesamte Datei abschnittsweise transformiert wurde.....	27
Abb. 3.5: zeitlicher Perzentilenverlauf; Intervalllänge: 30 s.....	29
Abb. 3.6: Tageslärmmexpositionspegel und Lärmdosis.....	29
Abb. 3.7: Auswahl eines bestimmten Bereichs.....	30
Abb. 4.1: Stundenplan während den Messungen.....	32
Abb. 4.2: Plan des nicht sanierten Raums 203 inkl. der Quellpositionen für die T30-Messung [cm].....	34
Abb. 4.3: Plan des sanierten Raums 012 inkl. der Quellpositionen für die T30-Messung [cm].....	35
Abb. 4.4: Blockschaltbild des Messaufbaus während der Aufnahmen.....	36
Abb. 5.1: Blockschaltbild des Messaufbaus für die Nachhallzeitmessung.....	39
Abb. 5.2: Ergebnisse der Nachhallzeitmessung im nicht sanierten Raum.....	39
Abb. 5.3: räumliche Unterschiede des STI im nicht sanierten Raum.....	40
Abb. 5.4: räumliche Unterschiede des $AI_{\text{cons}}$ im nicht sanierten Raum.....	40
Abb. 5.5: Ergebnisse der Nachhallzeitmessung im sanierten Raum.....	41
Abb. 5.6: räumliche Unterschiede des STI im sanierten Raum.....	42

Abb. 5.7: räumliche Unterschiede des $AI_{\text{cons}}$ im sanierten Raum .....	42
Abb. 5.8: Vergleich der Nachhallzeitmessung im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	44
Abb. 5.9: Vergleich des STI im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	45
Abb. 5.10: Vergleich des $AI_{\text{cons}}$ im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	46
Abb. 6.1: Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag $1_{\text{ns}}$ .....	49
Abb. 6.2: Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag $6_{\text{s}}$ .....	50
Abb. 6.3: Vergleich des $L_{(A)0.1}$ von Tag $1_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $6_{\text{s}}$ .....	51
Abb. 6.4: Vergleich des $L_{(A)eq}$ von Tag $1_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $6_{\text{s}}$ .....	52
Abb. 6.5: Vergleich des $L_{(A)33.3}$ von Tag $1_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $6_{\text{s}}$ .....	53
Abb. 6.6: Vergleich des $L_{(A)95.0}$ von Tag $1_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $6_{\text{s}}$ .....	54
Abb. 6.7: Vergleich des SNR von Tag $1_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $6_{\text{s}}$ .....	54
Abb. 6.8: Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag $2_{\text{ns}}$ .....	55
Abb. 6.9: Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag $7_{\text{s}}$ .....	57
Abb. 6.10: Vergleich des $L_{(A)0.1}$ von Tag $2_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $7_{\text{s}}$ .....	58
Abb. 6.11: Vergleich des $L_{(A)eq}$ von Tag $2_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $7_{\text{s}}$ .....	58
Abb. 6.12: Vergleich des $L_{(A)33.3}$ von Tag $2_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $7_{\text{s}}$ .....	59
Abb. 6.13: Vergleich des $L_{(A)95.0}$ von Tag $2_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $7_{\text{s}}$ .....	60
Abb. 6.14: Vergleich des SNR von Tag $2_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $7_{\text{s}}$ .....	60
Abb. 6.15: Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag $3_{\text{ns}}$ .....	61
Abb. 6.16: Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag $8_{\text{s}}$ .....	63
Abb. 6.17: Vergleich des $L_{(A)0.1}$ von Tag $3_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $8_{\text{s}}$ .....	64
Abb. 6.18: Vergleich des $L_{(A)eq}$ von Tag $3_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $8_{\text{s}}$ .....	64
Abb. 6.19: Vergleich des $L_{(A)33.3}$ von Tag $3_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $8_{\text{s}}$ .....	65
Abb. 6.20: Vergleich des $L_{(A)95.0}$ von Tag $3_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $8_{\text{s}}$ .....	66
Abb. 6.21: Vergleich des SNR von Tag $3_{\text{ns}}$ mit dem von Tag $8_{\text{s}}$ .....	66
Abb. 6.22: Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag $5_{\text{ns}}$ .....	67
Abb. 6.23: Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag $10_{\text{s}}$ .....	68

Abb. 6.24: Vergleich des $L_{(A)0.1}$ von Tag 5 <sub>ns</sub> mit dem von Tag 10 <sub>s</sub> .....	69
Abb. 6.25: Vergleich des $L_{(A)eq}$ von Tag 5 <sub>ns</sub> mit dem von Tag 10 <sub>s</sub> .....	70
Abb. 6.26: Vergleich des $L_{(A)33.3}$ von Tag 5 <sub>ns</sub> mit dem von Tag 10 <sub>s</sub> .....	70
Abb. 6.27: Vergleich des $L_{(A)95.0}$ von Tag 5 <sub>ns</sub> mit dem von Tag 10 <sub>s</sub> .....	71
Abb. 6.28: Vergleich des SNR von Tag 5 <sub>ns</sub> mit dem von Tag 10 <sub>s</sub> .....	71
Abb. 6.29: gemittelter Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während der Vormittage im nicht sanierten Raum .....	72
Abb. 6.30: gemittelter Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während der Vormittage im sanierten Raum .....	73
Abb. 6.31: Vergleich des $L_{(A)0.1}$ im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	74
Abb. 6.32: Vergleich des $L_{(A)eq}$ im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	74
Abb. 6.33: Vergleich des $L_{(A)33.3}$ im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	75
Abb. 6.34: Vergleich des $L_{(A)95.0}$ im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	76
Abb. 6.35: Vergleich des SNR im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	77
Abb. 6.36: Streuung von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	78
Abb. 7.1: grafische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 1 <sub>kurz</sub> .....	81
Abb. 7.2: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 1 für Abschnitt 1 <sub>kurz</sub> .....	82
Abb. 7.3: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 2 für Abschnitt 1 <sub>kurz</sub> .....	82
Abb. 7.4: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 3 für Abschnitt 1 <sub>kurz</sub> .....	82
Abb. 7.5: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 4 für Abschnitt 1 <sub>kurz</sub> .....	83
Abb. 7.6: grafische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 2 <sub>kurz</sub> .....	83
Abb. 7.7: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 1 für Abschnitt 2 <sub>kurz</sub> .....	84
Abb. 7.8: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 2 für Abschnitt 2 <sub>kurz</sub> .....	84
Abb. 7.9: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 3 für Abschnitt 2 <sub>kurz</sub> .....	84

Abb. 7.10: Histogramm und kumulative Summe der Schalldruckpegelverteilung an MP 4 für Abschnitt 2 <sub>kurz</sub> .....	85
Abb. 7.11: grafische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 3 <sub>lang</sub> .....	86
Abb. 7.12: grafische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 4 <sub>lang</sub> .....	86
Abb. 7.13: grafische Darstellung des stündlich gemessenen Stimmaufwands an Tag 1 <sub>ns</sub> , Mittelwert.....	88
Abb. 7.14: grafische Darstellung des Stimmaufwands innerhalb der Stunden an Tag 1 <sub>ns</sub> , Mittelwert.....	89
Abb. 7.15: grafische Darstellung des stündlich gemessenen Stimmaufwands an Tag 6 <sub>s</sub> , Mittelwert.....	90
Abb. 7.16: grafische Darstellung des Stimmaufwands innerhalb der Stunden an Tag 6 <sub>s</sub> , Mittelwert.....	91
Abb. 7.17: Vergleich des stundenweise ausgewerteten Stimmaufwands an Tag 1 <sub>ns</sub> und Tag 6 <sub>s</sub> .....	91
Abb. 7.18 Vergleich des innerhalb der Stunden ausgewerteten Stimmaufwands an Tag 1 <sub>ns</sub> und Tag 6 <sub>s</sub> .....	92
Abb. 8.1: Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 2 <sub>ns</sub> ; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s.....	94
Abb. 8.2: Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 2 <sub>ns</sub> inkl. Trendlinie; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s.....	95
Abb. 8.3: Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 7 <sub>s</sub> ; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s.....	96
Abb. 8.4: Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 7 <sub>s</sub> inkl. Trendlinie; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s.....	97
Abb. 8.5: Vergleich des Grundgeräuschpegels der sechsten Stunde von Tag 2 <sub>ns</sub> mit dem der sechsten Stunde von Tag 7 <sub>s</sub> .....	98
Abb. 8.6: Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 5 <sub>ns</sub> ; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s.....	99
Abb. 8.7: Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 5 <sub>ns</sub> inkl. Trendlinie; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s.....	100
Abb. 8.8: Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 10 <sub>s</sub> ; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s.....	100
Abb. 8.9: Verlauf des Grundgeräuschpegels während Tag 10 <sub>s</sub> inkl. Trendlinie; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s.....	101

Abb. 8.10: Vergleich des Grundgeräuschpegels der zweiten Stunde an Tag 5 <sub>ns</sub> mit dem der zweiten Stunde an Tag 10 <sub>s</sub> .....	102
Abb. 8.11: Vergleich der durchschnittlichen Grundgeräuschpegel von Ober- und Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	103
Abb. 8.12: Schalldruckpegelbereiche, in denen der Grundgeräuschpegel in der Ober- und Unterstufe sowohl im nicht sanierten als auch im sanierten Raum liegt .....	104
Abb. 8.13: räumliche Unterschiede des Grundgeräuschpegels in der zweiten Stunde an Tag 5 <sub>ns</sub> ; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s .....	105
Abb. 8.14: räumliche Unterschiede des Grundgeräuschpegels in der zweiten Stunde an Tag 10 <sub>s</sub> ; Zeitintervall für die Perzentilenberechnung: 30 s .....	105
Abb. 9.1: Verlauf von $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag 1 <sub>ns</sub> , Intervalllänge: 30 s .....	108
Abb. 9.2: Verlauf von $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag 6 <sub>s</sub> , Intervalllänge: 30 s .....	109
Abb. 9.3: Verlauf von $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag 2 <sub>ns</sub> , Intervalllänge: 30 s .....	111
Abb. 9.4: Verlauf von $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag 7 <sub>s</sub> , Intervalllänge: 30 s .....	111
Abb. 9.5: Verlauf von $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag 3 <sub>ns</sub> , Intervalllänge: 30 s .....	112
Abb. 9.6: Verlauf von $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag 8 <sub>s</sub> , Intervalllänge: 30 s .....	113
Abb. 9.7: Verlauf von $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag 5 <sub>ns</sub> , Intervalllänge: 30 s .....	114
Abb. 9.8: Verlauf von $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während Tag 10 <sub>s</sub> , Intervalllänge: 30 s .....	114
Abb. 10.1: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei Frontalunterricht in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	119
Abb. 10.2: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei Frontalunterricht in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	120
Abb. 10.3: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei Frontalunterricht in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum .....	121
Abb. 10.4: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei Frontalunterricht in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum .....	121
Abb. 10.5: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei Lehrervortrag in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	123
Abb. 10.6: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei Lehrervortrag in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	124
Abb. 10.7: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei Lehrervortrag in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum .....	124

Abb. 10.8: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei Lehrervortrag in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum.....	125
Abb. 10.9: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	127
Abb. 10.10: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	128
Abb. 10.11: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	128
Abb. 10.12: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum.....	129
Abb. 10.13: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Einzelarbeit – Lesen in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	130
Abb. 10.14: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Einzelarbeit – Lesen in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	131
Abb. 10.15: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Einzelarbeit – Lesen in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	132
Abb. 10.16: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Einzelarbeit – Lesen in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum.....	132
Abb. 10.17: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Partner- und Gruppenarbeit in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	134
Abb. 10.18: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Partner- und Gruppenarbeit in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	134
Abb. 10.19: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Partner- und Gruppenarbeit in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	135
Abb. 10.20: Verlauf von $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Partner- und Gruppenarbeit in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum.....	135
Abb. 10.21: Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum.....	137
Abb. 10.22: Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	137
Abb. 10.23: Verlauf von $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)eq}$ und $L_{(A)95.0}$ bei Schularbeitenrückgabe in der Unterstufe im nicht sanierten Raum und in der Oberstufe im sanierten Raum .....	139
Abb. 10.24: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei audiovisuellen Vorführungen in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum.....	141

Abb. 10.25: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei audiovisuellen Vorführungen in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	142
Abb. 10.26: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei audiovisuellen Vorführungen in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	143
Abb. 10.27: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei audiovisuellen Vorführungen in der Unterstufe und der Oberstufe im sanierten Raum.....	143
Abb. 10.28: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei Abfragen in der Unterstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	145
Abb. 10.29: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei Abfragen in der Unterstufe und der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	146
Abb. 10.30: Verlauf von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR bei Referaten in der Oberstufe im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	147
Abb. 10.31 Verlauf von $L_{(A)eq}$ , und $L_{(A)95.0}$ bei der schriftlichen Prüfung in der Oberstufe im sanierten Raum.....	148
Abb. 10.32: Vergleich des $L_{(A)eq}$ bei verschiedenen Unterrichtsformen.....	149
Abb. 10.33: Vergleich des $L_{(A)95.0}$ bei verschiedenen Unterrichtsformen.....	150
Abb. 10.34: Vergleich des $L_{(A)33.3}$ bei verschiedenen Unterrichtsformen.....	151
Abb. 10.35: Vergleich des SNR bei verschiedenen Unterrichtsformen.....	152
Abb. 11.1: $L_{(A)33.3}$ in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum.....	153
Abb. 11.2: $L_{(A)eq}$ in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	154
Abb. 11.3: $L_{(A)95.0}$ in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum.....	155
Abb. 11.4: SNR in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	155
Abb. 17.1: Messaufbau im nicht sanierten Klassenraum, Gesamtaufnahme .....	178
Abb. 17.2: Messaufbau im nicht sanierten Klassenraum, MP 1, 3, 5 und 7 .....	178
Abb. 17.3: Messaufbau im nicht sanierten Klassenraum, MP 2, 4, 6 und 8 .....	179
Abb. 17.4: Messaufbau im sanierten Klassenraum, Gesamtaufnahme .....	179
Abb. 17.5: Messaufbau im sanierten Klassenraum, MP 1, 3, 5 und 7 .....	180
Abb. 17.6: Messaufbau im nicht sanierten Klassenraum, MP 2, 4, 6 und 8 .....	180

Abb. 18.1: : grafische Darstellung des Stimmaufwands eines männlichen Sprechers, 1 m Abstand vor dem Mund.....	181
---	-----

## 16 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Überblick über die Bedienelemente des <i>Noise Level Analyzers</i> .....	24
Tabelle 5.1: Bewertungsskalen für STI und $A_{I_{cons}}$ .....	41
Tabelle 5.2: Vergleich der Nachhallzeitmessung im nicht sanierten und im sanierten Raum .	44
Tabelle 5.3: äquivalente Absorptionsfläche eines Schülers .....	46
Tabelle 6.1: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 1 <sub>ns</sub> .....	48
Tabelle 6.2: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 6 <sub>s</sub> .....	50
Tabelle 6.3: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 2 <sub>ns</sub> .....	55
Tabelle 6.4: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 7 <sub>s</sub> .....	56
Tabelle 6.5: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 3 <sub>ns</sub> .....	61
Tabelle 6.6: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 8 <sub>s</sub> .....	62
Tabelle 6.7: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 5 <sub>ns</sub> .....	67
Tabelle 6.8: tabellarische Darstellung der Messergebnisse von Tag 10 <sub>s</sub> .....	68
Tabelle 6.9: tabellarische Darstellung der gemittelten Messergebnisse im nicht sanierten Raum .....	72
Tabelle 6.10: tabellarische Darstellung der gemittelten Messergebnisse im sanierten Raum .	73
Tabelle 6.11: Maximal-, Minimal- und Mittelwert von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	77
Tabelle 6.12: Vergleich der gemessenen Mittelwerte von $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)0.1}$ , $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	79
Tabelle 7.1: tabellarische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 1 <sub>kurz</sub> .....	81
Tabelle 7.2: tabellarische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 2 <sub>kurz</sub> .....	83
Tabelle 7.3: tabellarische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 3 <sub>lang</sub> .....	85
Tabelle 7.4: tabellarische Darstellung der Auswertungsergebnisse für Abschnitt 4 <sub>lang</sub> .....	86

---

Tabelle 7.5: tabellarische Darstellung des stündlich gemessenen Stimmaufwands an Tag 1 <sub>ns</sub>	88
Tabelle 7.6: tabellarische Darstellung des Stimmaufwands innerhalb der Stunden an Tag 1 <sub>ns</sub>	89
Tabelle 7.7: tabellarische Darstellung des stündlich gemessenen Stimmaufwands an Tag 6 <sub>s</sub>	90
Tabelle 7.8: tabellarische Darstellung des Stimmaufwands innerhalb der Stunden an Tag 6 <sub>s</sub>	90
Tabelle 8.1: stundenweise gemittelte Grundgeräuschpegel der Tage 2 <sub>ns</sub> und 7 <sub>s</sub>	97
Tabelle 8.2: stundenweise gemittelte Grundgeräuschpegel der Tage 5 <sub>ns</sub> und 10 <sub>s</sub>	102
Tabelle 9.1: stundenweise gemittelter SNR der Tage 1 <sub>ns</sub> und 6 <sub>s</sub>	110
Tabelle 9.2: stundenweise gemittelter SNR der Tage 2 <sub>ns</sub> und 7 <sub>s</sub>	112
Tabelle 9.3: stundenweise gemittelter SNR der Tage 3 <sub>ns</sub> und 8 <sub>s</sub>	113
Tabelle 9.4: stundenweise gemittelter SNR der Tage 5 <sub>ns</sub> und 10 <sub>s</sub>	114
Tabelle 10.1: Beschreibung der Unterrichtsformen und Unterrichtssituationen	118
Tabelle 10.2: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Frontalunterricht in der Unterstufe im nicht sanierten Raum	118
Tabelle 10.3: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Frontalunterricht in der Unterstufe im sanierten Raum	118
Tabelle 10.4: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Frontalunterricht in der Oberstufe im nicht sanierten Raum	118
Tabelle 10.5: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Frontalunterricht in der Oberstufe im sanierten Raum	118
Tabelle 10.6: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Frontalunterricht	122
Tabelle 10.7: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Lehrervortrag in der Unterstufe im nicht sanierten Raum	122
Tabelle 10.8: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Lehrervortrag in der Unterstufe im sanierten Raum	122
Tabelle 10.9: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Lehrervortrag in der Oberstufe im nicht sanierten Raum	123
Tabelle 10.10: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Lehrervortrag in der Oberstufe im sanierten Raum	123
Tabelle 10.11: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Lehrervortrag	126
Tabelle 10.12: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Unterstufe im nicht sanierten Raum	126

---

Tabelle 10.13: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Unterstufe im sanierten Raum.....	126
Tabelle 10.14: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	126
Tabelle 10.15: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Arbeitsaufträge in der Oberstufe im sanierten Raum.....	126
Tabelle 10.16: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Einzelarbeit – Arbeitsaufträge ..	129
Tabelle 10.17: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Lesen in der Unterstufe im nicht sanierten Raum.....	130
Tabelle 10.18: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Lesen in der Unterstufe im sanierten Raum.....	130
Tabelle 10.19: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Lesen in der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	130
Tabelle 10.20: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Einzelarbeit – Lesen in der Oberstufe im sanierten Raum.....	130
Tabelle 10.21: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Einzelarbeit – Lesen .....	133
Tabelle 10.22: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Partner- und Gruppenarbeit in der Unterstufe im nicht sanierten Raum.....	133
Tabelle 10.23: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Partner- und Gruppenarbeit in der Unterstufe im sanierten Raum.....	133
Tabelle 10.24: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Partner- und Gruppenarbeit in der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	133
Tabelle 10.25: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Partner- und Gruppenarbeit in der Oberstufe im sanierten Raum.....	133
Tabelle 10.26: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Partner- und Gruppenarbeit .....	136
Tabelle 10.27: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen in der Unterstufe im nicht sanierten Raum .....	136
Tabelle 10.28: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen in der Unterstufe im sanierten Raum .....	136
Tabelle 10.29: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen in der Oberstufe im nicht sanierten Raum .....	136
Tabelle 10.30: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Arbeitsblätter und Sonstiges austeilen.....	138
Tabelle 10.31: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Schularbeitenrückgabe in der Unterstufe im nicht sanierten Raum.....	138

---

Tabelle 10.32: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für Schularbeitenrückgabe in der Oberstufe im sanierten Raum.....	138
Tabelle 10.33: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Schularbeitenrückgabe .....	140
Tabelle 10.34: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für audiovisuelle Vorführungen in der Unterstufe im nicht sanierten Raum.....	140
Tabelle 10.35: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für audiovisuelle Vorführungen in der Unterstufe im sanierten Raum.....	140
Tabelle 10.36: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für audiovisuelle Vorführungen in der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	140
Tabelle 10.37: tabellarische Darstellung der Ergebnisse für audiovisuelle Vorführungen in der Oberstufe im sanierten Raum.....	140
Tabelle 10.38: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für audiovisuelle Vorführungen .....	144
Tabelle 10.39: tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei Abfragen in der Unterstufe im nicht sanierten Raum.....	144
Tabelle 10.40: tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei Abfragen in der Unterstufe im sanierten Raum.....	144
Tabelle 10.41: tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei Abfragen in der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	144
Tabelle 10.42: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für Abfragen .....	146
Tabelle 10.43: tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei Referaten in der Oberstufe im nicht sanierten Raum.....	147
Tabelle 10.44: tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei Referaten in der Oberstufe im sanierten Raum.....	147
Tabelle 10.45: tabellarischer Vergleich der Ergebnisse für die Referate.....	148
Tabelle 10.46: tabellarische Darstellung der Ergebnisse bei der schriftlichen Prüfung in der Oberstufe im sanierten Raum.....	148
Tabelle 10.47: Rückgang des Arbeitsgeräuschpegels bei Frontalunterricht und Lehrervortrag für eine Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden .....	150
Tabelle 10.48: Rückgang des Grundgeräuschpegels bei Frontalunterricht und Lehrervortrag für eine Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden .....	150
Tabelle 10.49: Rückgang des StimmAufwands bei Frontalunterricht und Lehrervortrag für eine Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden.....	151
Tabelle 10.50: Rückgang des SNR bei Frontalunterricht und Lehrervortrag für eine Nachhallzeitreduktion von 0.1 Sekunden.....	152

Tabelle 11.1: tabellarische Zusammenfassung der Pegeländerungen pro zusätzlichem Schüler .....	156
Tabelle 12.1: Zusammenfassung der berechneten Tageslärmmexpositionspegel und Lärmdosen .....	157
Tabelle 18.1: tabellarische Darstellung des Stimmaufwands eines männlichen Sprechers, 1 m Abstand vor dem Mund.....	181
Tabelle 19.1: Ergebnisse der Nachhallzeitmessung im nicht sanierten Raum.....	182
Tabelle 19.2: Ergebnisse der Nachhallzeitmessung im sanierten Raum.....	183
Tabelle 21.1: $L_{(A)95.0}$ Tag 2 <sub>ns</sub> Stunde 2 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s ....	186
Tabelle 21.2: $L_{(A)95.0}$ Tag 2 <sub>ns</sub> Stunde 2 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung) .....	187
Tabelle 21.3: $L_{(A)95.0}$ Tag 7 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s.....	188
Tabelle 21.4: $L_{(A)95.0}$ Tag 5 <sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s ....	189
Tabelle 21.5: $L_{(A)95.0}$ Tag 10 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s....	190
Tabelle 21.6: $L_{(A)95.0}$ Tag 5 <sub>ns</sub> Stunde 2, MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s.....	191
Tabelle 21.7: $L_{(A)95.0}$ Tag 5 <sub>ns</sub> Stunde 2, MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung) .....	192
Tabelle 21.8: $L_{(A)95.0}$ Tag 10 <sub>s</sub> Stunde 2, MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s .....	193
Tabelle 21.9: $L_{(A)95.0}$ Tag 10 <sub>s</sub> Stunde 2, MP 1 bis 8; Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung).....	194
Tabelle 22.1: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 1 <sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s .....	195
Tabelle 22.2: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 1 <sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung) .....	196
Tabelle 22.3: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 6 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s.....	197
Tabelle 22.4: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 6 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung) .....	198
Tabelle 22.5: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 2 <sub>ns</sub> Stunde 2 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s .....	199
Tabelle 22.6: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 2 <sub>ns</sub> Stunde 2 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung) .....	200
Tabelle 22.7: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 7 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s .....	201

Tabelle 22.8: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 7 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung) .....	202
Tabelle 22.9: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 3 <sub>ns</sub> Stunde 1 bis 5, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s .....	203
Tabelle 22.10: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 3 <sub>ns</sub> Stunde 1 bis 5, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung) .....	204
Tabelle 22.11: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 8 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s .....	205
Tabelle 22.12: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 8 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung) .....	206
Tabelle 22.13: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 5 <sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s .....	207
Tabelle 22.14: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 5 <sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung) .....	208
Tabelle 22.15: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 10 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s .....	209
Tabelle 22.16: $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 10 <sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung) .....	210
Tabelle 23.1: $L_{(A)33.3}$ in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	211
Tabelle 23.2: $L_{(A)eq}$ in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	211
Tabelle 23.3: $L_{(A)95.0}$ in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	211
Tabelle 23.4: SNR in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum .....	211

## 17 Anhang A: Fotos des Messaufbaus

### 17.1 Messaufbau im nicht sanierten Klassenraum



Abb. 17.1: Messaufbau im nicht sanierten Klassenraum, Gesamtaufnahme

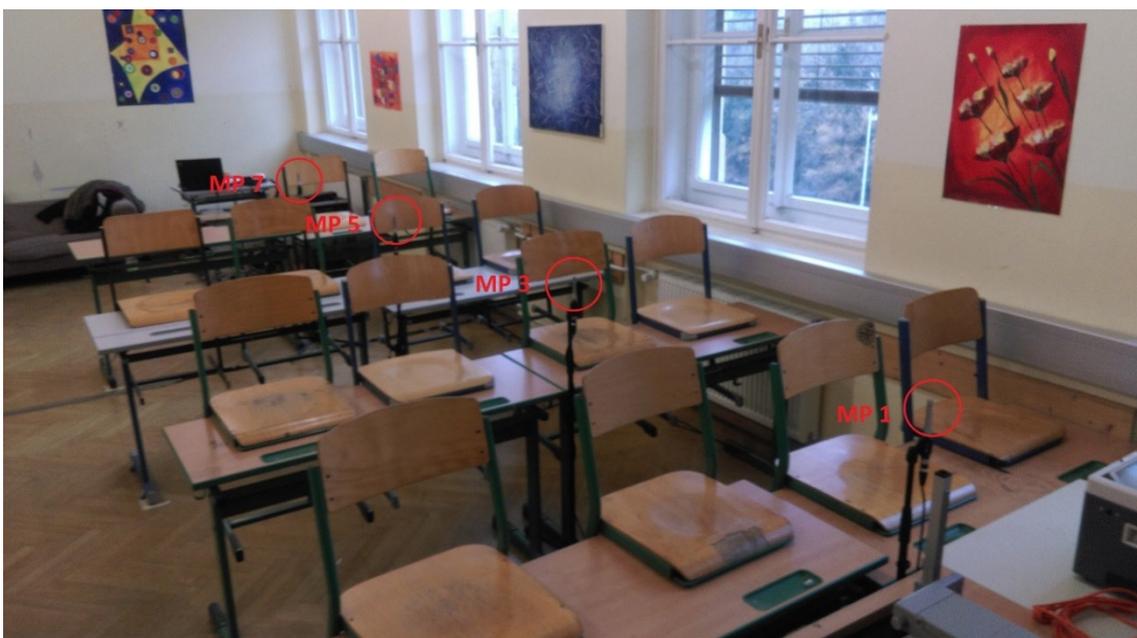


Abb. 17.2: Messaufbau im nicht sanierten Klassenraum, MP 1, 3, 5 und 7



Abb. 17.3: Messaufbau im nicht sanierten Klassenraum, MP 2, 4, 6 und 8

## 17.2 Messaufbau im sanierten Klassenraum



Abb. 17.4: Messaufbau im sanierten Klassenraum, Gesamtaufnahme



Abb. 17.5: Messaufbau im sanierten Klassenraum, MP 1, 3, 5 und 7

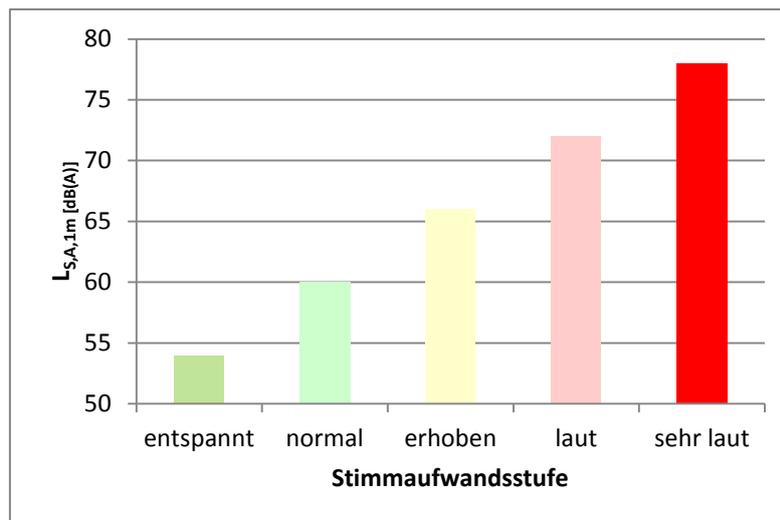


Abb. 17.6: Messaufbau im nicht sanierten Klassenraum, MP 2, 4, 6 und 8

## 18 Anhang B: Stimmaufwandstabelle nach ÖNORM EN ISO 9921<sup>42</sup>

Stimmaufwand	$L_{S,A,1m}$ [dB(A)]	Energieänderung
sehr laut	78	$256E_0$
laut	72	$64E_0$
erhoben	66	$16E_0$
normal	60	$4E_0$
entspannt	54	$E_0$

**Tabelle 18.1:** tabellarische Darstellung des Stimmaufwands eines männlichen Sprechers, 1 m Abstand vor dem Mund



**Abb. 18.1:** grafische Darstellung des Stimmaufwands eines männlichen Sprechers, 1 m Abstand vor dem Mund

<sup>42</sup> [ÖNORM EN ISO 9921]

# 19 Anhang C: Messergebnisse der Nachhallzeitmessungen

<b>L1 M1</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,49	1,66	1,71	1,68	1,54	1,33	1,57		0,50	0,50	0,50	11,03											
<b>L1 M2</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,54	1,64	1,70	1,71	1,51	1,34	1,57		0,58	0,58	0,58	6,97											
<b>L1 M3</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,56	1,66	1,74	1,68	1,52	1,33	1,58		0,51	0,52	0,51	10,73											
<b>L1 M4</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,51	1,60	1,70	1,63	1,52	1,30	1,54		0,55	0,56	0,55	8,28											
<b>L1 M5</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,44	1,64	1,74	1,67	1,55	1,32	1,56		0,50	0,51	0,50	10,48											
<b>L1 M6</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,53	1,67	1,72	1,65	1,54	1,37	1,58		0,50	0,50	0,50	10,76											
<b>L1 M7</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,41	1,61	1,73	1,70	1,52	1,34	1,55		0,50	0,51	0,50	10,69											
<b>L1 M8</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,55	1,68	1,72	1,77	1,59	1,38	1,61		0,49	0,50	0,49	11,32											
<b>L2 M1</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,59	1,70	1,81	1,69	1,52	1,32	1,61		0,59	0,59	0,59	6,54											
<b>L2 M2</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,56	1,71	1,64	1,61	1,53	1,35	1,57		0,52	0,52	0,52	10,01											
<b>L2 M3</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,61	1,67	1,67	1,63	1,57	1,33	1,58		0,54	0,55	0,54	9,06											
<b>L2 M4</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,64	1,66	1,61	1,66	1,57	1,34	1,58		0,52	0,52	0,52	10,46											
<b>L2 M5</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,46	1,72	1,63	1,67	1,56	1,35	1,56		0,49	0,50	0,49	11,67											
<b>L2 M6</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,69	1,66	1,64	1,70	1,56	1,34	1,60		0,49	0,50	0,50	11,01											
<b>L2 M7</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,65	1,75	1,74	1,69	1,62	1,39	1,64		0,49	0,49	0,49	11,26											
<b>L2 M8</b>																							
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert		STI male	STI female	STI	Al <sub>cons</sub> [%]											
T30 [s]	1,68	1,67	1,66	1,72	1,60	1,37	1,62		0,50	0,50	0,50	11,39											

Tabelle 19.1: Ergebnisse der Nachhallzeitmessung im nicht sanierten Raum

<b>L1M1</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,36	0,79	0,62	0,64	0,62	0,66	0,78							0,78	0,78	0,78	2,56				
<b>L1M2</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,23	0,75	0,64	0,62	0,62	0,65	0,75							0,82	0,83	0,82	2,19				
<b>L1M3</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,22	0,75	0,66	0,64	0,66	0,67	0,77							0,76	0,76	0,76	3,41				
<b>L1M4</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,30	0,73	0,67	0,64	0,66	0,70	0,78							0,79	0,80	0,79	2,62				
<b>L1M5</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,31	0,89	0,62	0,63	0,65	0,68	0,80							0,73	0,74	0,73	3,67				
<b>L1M6</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,21	0,81	0,61	0,62	0,66	0,70	0,77							0,72	0,73	0,73	3,72				
<b>L1M7</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,29	0,77	0,63	0,66	0,66	0,71	0,79							0,72	0,72	0,72	3,56				
<b>L1M8</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,23	0,77	0,65	0,67	0,65	0,70	0,78							0,72	0,72	0,72	3,87				
<b>L2M1</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,21	0,73	0,60	0,66	0,65	0,66	0,75							0,76	0,76	0,76	2,99				
<b>L2M2</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,12	0,72	0,60	0,61	0,60	0,67	0,72							0,83	0,84	0,84	1,98				
<b>L2M3</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,02	0,71	0,63	0,66	0,65	0,70	0,73							0,74	0,74	0,74	3,62				
<b>L2M4</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,10	0,80	0,67	0,64	0,61	0,67	0,75							0,81	0,81	0,81	2,49				
<b>L2M5</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,15	0,78	0,64	0,64	0,67	0,71	0,77							0,72	0,73	0,72	3,64				
<b>L2M6</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,14	0,72	0,66	0,65	0,66	0,70	0,76							0,76	0,76	0,76	2,97				
<b>L2M7</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,14	0,80	0,63	0,64	0,64	0,70	0,76							0,71	0,72	0,72	3,77				
<b>L2M8</b>																					
F [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	Mittelwert							STI male	STI female	STI	Al <sub>cong</sub> [%]				
T30 [s]	1,08	0,77	0,64	0,63	0,66	0,69	0,75							0,71	0,71	0,71	3,82				

Tabelle 19.2: Ergebnisse der Nachhallzeitmessung im sanierten Raum

## 20 Anhang D: Fragebogen zur Erhebung der Lärmsituation in Klassenräumen

### Unterricht im Raum 203:

---

1. Wie empfanden Sie die akustische Situation in diesem Klassenzimmer?

sehr laut      sehr leise

Anmerkungen: \_\_\_\_\_

2. Wie empfanden Sie die Lärmsituation während des heutigen Unterrichts?

sehr laut      sehr leise

Anmerkungen: \_\_\_\_\_

3. Fanden Sie, dass der heutige Unterricht durch Lärm beeinträchtigt wurde?

Ja, sehr stark      Nein, gar nicht

Anmerkungen: \_\_\_\_\_

4. War die anwesende Klasse am heutigen Tag leiser als gewöhnlich? Wenn ja: Hatten Sie den Eindruck, dass dies wegen der Aufzeichnung der Fall war?

Nein

Ja, \_\_\_\_\_

### Unterricht im Raum 012:

---

5. Wie empfanden Sie die akustische Situation in diesem Klassenzimmer?

sehr laut      sehr leise

Anmerkungen: \_\_\_\_\_

6. Wie empfanden Sie die Lärmsituation während des heutigen Unterrichts?

sehr laut      sehr leise

Anmerkungen: \_\_\_\_\_

7. Fanden Sie, dass der heutige Unterricht durch Lärm beeinträchtigt wurde?

Ja, sehr stark      Nein, gar nicht

Anmerkungen: \_\_\_\_\_

8. War die anwesende Klasse am heutigen Tag leiser als gewöhnlich? Wenn ja: Hatten Sie den Eindruck, dass dies wegen der Aufzeichnung der Fall war?

Nein

Ja, \_\_\_\_\_

### **Allgemein:**

---

9. Würden Sie die anwesende Klasse allgemein eher als eine laute oder eine leise Klasse beschreiben?

sehr laut      sehr leise

10. In welchem Klassenraum unterrichteten Sie lieber?

203

012

keine Präferenz

11. Gibt es bei den Klassenräumen eine allgemeine Präferenz, in welchen Sie lieber unterrichten?

Nein, es gibt keine Präferenz

Ja, in den nicht-sanierten Klassenräumen, weil \_\_\_\_\_

Ja, in den sanierten Klassenräumen, weil \_\_\_\_\_

12. Hat die Raumakustik einen Einfluss auf Ihre körperliche und geistige Erschöpfung?

Nein, die Raumakustik hat darauf keinen Einfluss

Ja, ich fühle mich nach dem Unterricht in sanierten Klassenräumen erschöpfter als nach dem Unterricht in nicht-sanierten Klassenzimmern, weil \_\_\_\_\_

Ja, ich fühle mich nach dem Unterricht in nicht-sanierten Klassenräumen erschöpfter als nach dem Unterricht in sanierten Klassenzimmern, weil \_\_\_\_\_

13. Haben Sie den Eindruck, dass die Schüler bestimmte Klassenzimmer bevorzugen?

Nein, es gibt keine Präferenz

Ja, die nicht-sanierten Klassenräume, weil \_\_\_\_\_

Ja, die sanierten Klassenräume, weil \_\_\_\_\_

14. Haben Sie den Eindruck, dass die Raumakustik das Lernverhalten der Schüler beeinflusst?

Nein, die Raumakustik hat darauf keinen Einfluss

Ja, in den nicht-sanierten Klassenräumen, ist das Lernverhalten besser, weil \_\_\_\_\_

Ja, in den sanierten Klassenräumen, ist das Lernverhalten besser, weil \_\_\_\_\_

# 21 Anhang E: Ergänzung zu Kapitel 8: Tabellen des $L_{(A)95.0}$ in der Ober- und Unterstufe

## 21.1 $L_{(A)95.0}$ Tag 2<sub>ns</sub> Stunde 2 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8

STUNDE 2																				
Mittelwert MP 1 - 8	Mittelwert in Stunde 2:								Mittelwert an Tag 2:											
	47,6 [dB]								47,5 [dB]											
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	58,3	59,2	58,7	52,2	52,9	45,1	49,0	50,4	41,7	42,2	43,7	43,9	36,3	35,1	38,5	38,3	47,8	42,9	43,8	42,5
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	39,5	42,6	44,7	41,3	53,9	48,5	46,0	47,8	48,3	44,4	54,8	48,0	44,8	48,9	44,8	46,5	54,3	44,8	46,6	39,0
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	43,3	40,5	38,9	38,1	43,4	40,6	45,2	45,0	46,2	42,1	46,9	50,3	47,0	44,2	44,5	42,4	33,9	33,9	34,8	33,3
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	41,1	35,2	38,4	39,5	47,0	37,3	43,7	45,7	44,7	43,7	45,1	41,7	47,6	39,7	37,7	36,7	40,1	43,0	50,2	54,8
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94						
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30						
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	54,7	50,4	51,9	55,6	52,4	49,9	51,8	53,4	47,6	47,8	47,6	56,5	51,1	57,9						
STUNDE 3																				
Mittelwert MP 1 - 8	Mittelwert in Stunde 3:																			
	46,9 [dB]																			
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	55,4	57,0	54,0	53,1	48,6	48,5	45,7	45,9	45,5	45,4	47,4	45,0	46,0	42,2	44,7	48,3	48,2	46,7	42,5	46,1
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	44,1	40,1	43,7	45,2	47,0	39,9	46,9	39,2	38,3	44,3	45,1	42,8	41,2	44,4	44,9	46,5	43,4	43,9	49,8	49,4
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	47,6	46,8	49,3	51,9	49,1	42,4	37,8	38,4	38,8	42,5	42,9	42,0	43,8	43,9	50,5	46,5	51,5	50,8	44,6	43,5
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	53,8	46,1	48,2	50,0	46,3	47,8	53,8	38,2	48,0	48,1	49,1	49,4	46,8	46,5	40,3	45,8	40,5	38,6	40,4	44,9
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96				
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30	00:47:00	00:47:30				
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	45,7	43,8	39,3	42,1	46,5	47,4	47,4	45,7	42,4	46,5	47,9	41,9	48,1	48,6	49,2	55,9				
STUNDE 4																				
Mittelwert MP 1 - 8	Mittelwert in Stunde 4:																			
	47,2 [dB]																			
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	55,5	53,7	54,1	55,5	48,0	50,2	49,3	47,0	49,8	45,2	39,9	42,0	47,0	39,7	44,5	35,8	41,3	48,1	46,1	47,4
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	49,8	46,4	31,4	42,5	43,3	41,2	42,9	42,3	48,9	40,9	35,3	39,5	34,2	34,4	37,4	43,4	44,7	49,3	50,3	47,7
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	47,0	46,1	39,3	41,1	45,2	37,7	36,6	39,8	45,2	44,7	45,2	41,9	37,5	37,3	40,2	43,6	43,8	44,5	39,5	43,2
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	44,3	35,8	46,8	44,4	50,9	49,6	44,2	54,2	54,4	51,7	49,1	52,8	49,8	57,2	55,4	52,4	49,4	46,5	45,3	46,8
Element Number	81	82	83	84	85															
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00															
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	47,1	48,0	48,7	48,2	57,0															

Tabelle 21.1:  $L_{(A)95.0}$  Tag 2<sub>ns</sub> Stunde 2 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s

STUNDE 5																				
Mittelwert MP 1 - 8	Mittelwert in Stunde 5:																			
	43,4 [dB]																			
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
L(A)95.0 [dB]:	57,4	49,1	45,9	42,3	46,8	50,5	47,2	35,4	28,8	29,3	31,6	26,6	28,8	28,3	25,5	33,1	38,9	44,2	45,0	42,4
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
L(A)95.0 [dB]:	41,2	38,9	39,2	34,6	39,3	34,4	46,0	36,9	43,1	48,1	37,2	36,6	33,2	35,0	45,6	46,4	43,2	43,2	47,4	46,6
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
L(A)95.0 [dB]:	42,8	46,5	45,2	48,2	52,7	36,4	36,8	34,1	43,8	44,1	43,6	45,7	42,1	45,1	47,6	40,4	42,5	42,7	49,1	39,9
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
L(A)95.0 [dB]:	37,1	47,3	41,4	40,8	45,8	39,6	42,3	42,1	43,7	43,5	38,2	42,9	38,4	45,2	41,4	41,4	41,7	43,5	38,7	46,7
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91									
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00									
L(A)95.0 [dB]:	40,8	40,2	38,7	36,7	39,7	54,1	46,9	45,1	42,5	42,4	47,6									
STUNDE 6																				
Mittelwert MP 1 - 8	Mittelwert in Stunde 6:																			
	51,0 [dB]																			
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
L(A)95.0 [dB]:	60,0	54,9	61,8	56,2	41,9	44,6	39,9	45,8	49,9	45,2	42,3	43,1	45,3	47,2	43,8	48,4	55,2	54,0	50,8	48,6
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
L(A)95.0 [dB]:	44,9	45,0	39,6	47,7	44,2	47,5	47,4	51,0	41,4	51,9	50,7	53,4	52,6	54,4	54,2	49,5	50,1	51,4	54,1	54,3
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
L(A)95.0 [dB]:	55,4	51,3	49,1	49,3	42,5	53,3	46,8	49,2	41,7	50,3	45,4	40,1	46,9	42,1	43,1	46,0	56,7	51,2	52,0	47,8
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
L(A)95.0 [dB]:	53,1	48,9	42,7	48,9	57,2	52,8	49,1	54,1	55,1	56,4	56,2	52,7	55,7	52,2	50,3	46,2	47,3	46,7	52,7	57,8
Element Number	81	82																		
Time Instances:	00:40:00	00:40:30																		
L(A)95.0 [dB]:	53,5	53,4																		

Tabelle 21.2:  $L_{(A)95.0}$  Tag 2<sub>ns</sub> Stunde 2 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung)

# 21.2 L<sub>(A)</sub>95.0 Tag 7<sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8

STUNDE 1		Mittelwert MP 1 - 8 Mittelwert in Stunde 1: 41,8 [dB]																			
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30	
L(A)95.0 [dB]:	46,8	44,9	45,5	47,5	45,4	42,3	44,1	46,0	42,2	39,9	34,5	39,8	36,7	35,8	39,7	36,7	37,7	39,7	38,4	40,4	
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30	
L(A)95.0 [dB]:	36,2	30,3	39,5	42,2	40,0	40,2	38,7	42,0	41,9	41,1	39,6	42,0	43,1	44,1	40,0	33,8	35,2	35,8	32,1	32,8	
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30	
L(A)95.0 [dB]:	35,9	32,7	37,5	37,9	42,7	45,0	45,4	47,8	49,3	50,6	46,9	50,4	40,0	40,2	41,0	37,3	39,6	38,7	38,4	38,4	
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76					
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30					
L(A)95.0 [dB]:	40,4	40,1	37,8	37,9	41,6	38,7	40,6	37,5	38,6	42,2	44,4	45,2	38,0	37,0	53,9						
STUNDE 2		Mittelwert MP 1 - 8 Mittelwert in Stunde 2: 48,1 [dB]																			
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30	
L(A)95.0 [dB]:	48,7	48,0	48,8	45,8	40,9	43,2	44,0	47,1	37,5	40,2	45,8	43,5	41,4	43,0	44,6	48,5	43,9	39,3	42,0	42,0	
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30	
L(A)95.0 [dB]:	46,2	50,0	46,9	46,2	51,0	51,2	42,7	47,7	48,2	48,8	52,0	48,9	51,0	52,3	45,6	49,9	45,0	52,4	51,1	50,9	
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30	
L(A)95.0 [dB]:	44,9	45,5	44,1	38,1	43,1	43,1	38,2	40,1	46,4	40,8	46,1	38,3	40,7	43,5	39,8	44,4	42,9	37,0	42,9	45,3	
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30	
L(A)95.0 [dB]:	38,5	50,9	47,2	51,7	51,9	49,9	61,3	59,5	57,8	55,3	51,3	56,8	59,8	51,6	49,2	44,1	38,3	39,9	40,6	42,6	
Element Number	81																				
Time Instances:	00:40:00																				
L(A)95.0 [dB]:	49,1																				
STUNDE 3 & 4		Mittelwert MP 1 - 8 Mittelwert in Stunde 3 & 4: 42 [dB]																			
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30	
L(A)95.0 [dB]:	54,5	50,5	46,4	52,0	54,9	57,4	54,5	61,8	52,2	61,6	57,2	58,0	57,9	54,5	57,5	49,4	56,2	59,7	52,2	50,2	
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30	
L(A)95.0 [dB]:	50,6	47,4	44,7	39,3	34,6	31,7	29,9	33,5	32,0	30,0	28,7	32,0	29,8	30,1	27,1	29,0	27,4	30,8	30,8	30,9	
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30	
L(A)95.0 [dB]:	31,6	30,8	29,9	30,0	30,3	30,5	30,2	31,8	28,6	29,6	29,5	31,4	29,3	32,6	32,3	28,3	31,9	30,5	31,7	33,8	
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30	
L(A)95.0 [dB]:	32,5	30,6	28,9	31,3	31,8	31,0	33,2	31,5	28,1	30,4	31,2	31,2	34,1	33,2	31,0	29,4	31,2	32,4	36,4	33,0	
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30	00:47:00	00:47:30	00:48:00	00:48:30	00:49:00	00:49:30	
L(A)95.0 [dB]:	34,5	35,0	30,9	33,7	35,0	31,3	33,0	30,9	32,3	32,8	29,3	35,1	33,2	32,3	32,8	35,1	34,4	32,4	32,7	31,3	
Element Number	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
Time Instances:	00:50:00	00:50:30	00:51:00	00:51:30	00:52:00	00:52:30	00:53:00	00:53:30	00:54:00	00:54:30	00:55:00	00:55:30	00:56:00	00:56:30	00:57:00	00:57:30	00:58:00	00:58:30	00:59:00	00:59:30	
L(A)95.0 [dB]:	30,7	34,5	32,7	32,9	32,8	32,7	34,5	33,6	37,2	39,8	38,2	36,5	39,5	38,1	35,6	37,2	35,8	36,2	38,7	38,9	
Element Number	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	
Time Instances:	01:00:00	01:00:30	01:01:00	01:01:30	01:02:00	01:02:30	01:03:00	01:03:30	01:04:00	01:04:30	01:05:00	01:05:30	01:06:00	01:06:30	01:07:00	01:07:30	01:08:00	01:08:30	01:09:00	01:09:30	
L(A)95.0 [dB]:	38,8	42,8	46,8	51,0	51,1	52,1	47,4	51,4	49,6	48,4	50,1	47,3	45,0	40,6	37,3	35,8	38,9	38,4	36,6	37,4	
Element Number	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	
Time Instances:	01:10:00	01:10:30	01:11:00	01:11:30	01:12:00	01:12:30	01:13:00	01:13:30	01:14:00	01:14:30	01:15:00	01:15:30	01:16:00	01:16:30	01:17:00	01:17:30	01:18:00	01:18:30	01:19:00	01:19:30	
L(A)95.0 [dB]:	37,7	36,3	34,0	34,0	34,9	33,7	32,6	31,5	31,7	29,4	32,0	30,7	33,0	31,2	30,9	31,6	31,4	30,5	32,0	30,4	
Element Number	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	
Time Instances:	01:20:00	01:20:30	01:21:00	01:21:30	01:22:00	01:22:30	01:23:00	01:23:30	01:24:00	01:24:30	01:25:00	01:25:30	01:26:00	01:26:30	01:27:00	01:27:30	01:28:00	01:28:30	01:29:00	01:29:30	
L(A)95.0 [dB]:	32,8	33,6	33,7	32,7	31,7	31,9	30,7	31,0	32,4	32,8	30,8	30,5	32,1	31,7	32,3	31,0	30,3	31,6	33,4	33,6	
Element Number	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	
Time Instances:	01:30:00	01:30:30	01:31:00	01:31:30	01:32:00	01:32:30	01:33:00	01:33:30	01:34:00	01:34:30	01:35:00	01:35:30	01:36:00	01:36:30	01:37:00	01:37:30	01:38:00	01:38:30	01:39:00	01:39:30	
L(A)95.0 [dB]:	30,7	32,2	33,0	31,5	29,7	33,9	31,7	32,5	31,7	33,2	31,6	31,3	32,7	31,9	31,2	33,0	33,1	32,2	30,1	33,2	
Element Number	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	
Time Instances:	01:40:00	01:40:30	01:41:00	01:41:30	01:42:00	01:42:3															

# 21.3 L<sub>(A)95.0</sub> Tag 5<sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8

STUNDE 1		Mittelwert Stunde 1: 59,6 [dB]				Mittelwert an Tag 5: 55,3 [dB]																			
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30					
L(A)95.0 [dB]:	50,2	49,8	48,8	54,6	56,6	48,7	48,1	44,4	53,0	56,7	55,8	66,8	71,1	69,4	62,0	56,6	50,1	51,5	46,4	53,6					
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34											
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30											
L(A)95.0 [dB]:	52,6	52,0	50,4	45,8	48,5	50,5	49,6	46,3	60,4	65,6	67,5	66,1	69,4	70,1											
STUNDE 2		Mittelwert Stunde 2: 54,4 [dB]																							
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30					
L(A)95.0 [dB]:	64,5	64,0	53,3	61,5	60,0	62,5	59,8	58,9	60,2	60,5	53,3	54,6	52,8	51,2	54,3	52,9	50,6	51,1	50,2	46,5					
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40					
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30					
L(A)95.0 [dB]:	45,1	46,5	49,1	43,4	48,6	51,3	47,2	47,3	43,5	51,1	55,7	60,5	53,7	57,0	55,3	53,6	56,1	55,8	55,8	50,8					
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60					
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30					
L(A)95.0 [dB]:	55,7	50,8	53,5	47,1	43,4	38,8	48,7	42,3	53,3	59,9	55,7	50,4	55,9	48,9	49,5	50,7	53,4	52,6	49,2	51,0					
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80					
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30					
L(A)95.0 [dB]:	48,6	44,8	42,7	49,9	44,4	41,5	47,3	53,6	60,0	55,4	50,5	56,7	49,5	42,7	40,4	41,7	39,0	45,7	46,2	41,8					
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91														
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00														
L(A)95.0 [dB]:	45,6	48,7	50,4	49,2	48,6	61,3	58,8	53,4	59,8	61,7	72,8														
STUNDE 3		Mittelwert Stunde 3: 56,3 [dB]																							
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30					
L(A)95.0 [dB]:	56,9	61,8	56,6	57,1	50,6	47,6	49,7	46,8	47,2	48,7	48,5	48,2	45,1	45,4	49,3	50,3	54,0	52,4	52,3	55,2					
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40					
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30					
L(A)95.0 [dB]:	45,5	48,1	53,4	56,8	54,4	55,1	51,6	57,3	51,6	53,5	56,1	55,1	57,7	59,4	54,6	52,3	55,1	60,8	59,7	60,9					
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60					
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30					
L(A)95.0 [dB]:	61,0	56,1	58,2	59,6	52,7	54,3	61,3	58,3	51,9	53,6	49,8	42,6	44,0	52,8	50,7	54,4	50,7	53,4	53,1	47,9					
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80					
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30					
L(A)95.0 [dB]:	45,8	49,0	49,2	52,9	54,4	50,6	57,4	53,3	52,9	52,3	54,5	54,1	53,4	51,6	56,0	55,5	51,0	57,0	53,9	50,3					
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89																
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00																
L(A)95.0 [dB]:	54,1	53,0	55,8	60,9	62,4	65,4	65,3	66,3	77,8																
STUNDE 4		Mittelwert Stunde 4: 56,3 [dB]																							
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30					
L(A)95.0 [dB]:	50,2	51,9	60,6	53,0	53,4	43,8	47,4	43,7	45,7	54,6	58,2	56,5	62,3	50,2	55,6	58,5	54,7	45,9	48,6	50,6					
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40					
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30					
L(A)95.0 [dB]:	49,6	49,2	50,0	55,1	43,7	53,2	49,9	49,3	45,6	50,3	48,1	51,1	56,0	58,5	60,1	59,8	60,3	63,4	61,4	64,5					
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60					
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30					
L(A)95.0 [dB]:	61,8	70,7	57,1	60,4	48,7	61,9	60,2	59,1	53,7	54,6	59,4	57,3	53,9	57,3	55,6	56,5	58,4	47,2	59,9	53,6					
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80					
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30					
L(A)95.0 [dB]:	50,1	49,1	55,5	53,7	41,7	50,4	55,1	58,3	55,9	54,4	52,7	57,4	58,9	54,9	58,3	60,7	55,5	50,0	53,6	52,5					
Element Number	81	82	83																						
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00																						
L(A)95.0 [dB]:	57,0	61,5	62,2																						
STUNDE 5		Mittelwert Stunde 5: 50,6 [dB]																							
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20					
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:00:58	00:01:27	00:01:56	00:02:25	00:02:54	00:03:23	00:03:52	00:04:21	00:04:50	00:05:19	00:05:48	00:06:17	00:06:46	00:07:15	00:07:44	00:08:13	00:08:42	00:09:11					
L(A)95.0 [dB]:	56,9	51,6	51,8	48,2	39,6	42,4	41,0	38,7	42,8	45,6	48,6	42,5	41,0	42,3	37,2	38,2	44,3	38,7	47,7	52,2					
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40					
Time Instances:	00:09:																								

# 21.4 $L_{(A)95.0}$ Tag 10, Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8

STUNDE 1		Mittelwert MP 1 - 8		Mittelwert Stunde 1:								Mittelwert Tag 10:								
		45,6 [dB]								52,3 [dB]										
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	63,0	59,0	52,8	47,8	43,1	43,3	44,5	41,1	50,5	42,7	41,0	49,2	41,5	47,0	45,2	47,8	48,0	44,7	48,6	41,6
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	38,8	40,6	35,9	41,6	38,6	49,1	42,3	48,7	44,3	47,3	47,5	45,4	48,7	41,2	35,8	39,5	39,1	41,7	36,9	40,4
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	43,0	44,1	38,6	37,1	39,0	43,9	40,4	41,5	42,0	36,9	37,8	39,2	37,6	33,5	40,3	42,8	45,5	42,4	41,9	43,5
Element Number	61	62	63	64	65	66														
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30														
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	39,1	41,3	46,6	40,3	46,9	56,2														
STUNDE 2		Mittelwert MP 1 - 8		Mittelwert Stunde 2:								Mittelwert Tag 10:								
		52,3 [dB]								52,3 [dB]										
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	57,0	52,0	46,0	50,4	46,0	48,2	53,6	56,4	57,5	57,5	54,0	46,9	37,6	34,6	42,5	39,4	38,4	35,2	41,6	42,9
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	38,2	44,3	42,4	36,3	34,2	42,6	32,8	47,2	38,6	48,1	42,0	39,3	40,6	40,3	44,1	44,2	46,1	48,6	51,9	50,2
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	55,2	58,2	54,1	45,1	42,8	41,8	47,5	48,6	44,3	44,1	46,2	40,7	42,5	45,3	46,8	47,2	41,7	39,0	48,7	53,8
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	45,8	50,6	58,9	67,8	63,9	62,8	66,7	58,9	54,1	65,1	63,8	60,1	59,6	53,9	53,9	53,7	57,1	56,7	62,0	57,4
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95					
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30	00:47:00					
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	43,7	44,3	57,3	56,0	55,0	47,0	39,2	40,7	47,1	46,1	42,4	32,2	36,0	45,2	48,7					
STUNDE 3		Mittelwert MP 1 - 8		Mittelwert Stunde 3:								Mittelwert Tag 10:								
		52,1 [dB]								52,1 [dB]										
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	59,8	57,1	61,0	54,4	52,4	48,5	44,5	50,3	46,8	41,1	52,6	50,5	47,5	52,2	53,7	46,8	48,4	41,8	44,7	45,3
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	48,9	48,7	47,9	44,9	46,3	54,5	58,4	57,3	49,0	48,2	46,7	54,0	44,7	43,9	45,8	51,5	52,2	54,4	44,2	38,8
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	48,4	48,4	50,3	53,8	51,6	53,4	57,6	59,3	55,7	46,0	47,3	54,1	54,6	46,9	48,9	52,0	51,8	45,2	51,2	52,4
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	46,7	51,9	50,0	49,4	44,7	45,6	46,3	49,4	48,2	47,9	47,3	47,9	54,3	57,0	53,5	57,3	57,2	54,9	54,9	49,0
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92								
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30								
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	48,6	52,9	52,4	55,4	57,6	56,4	57,7	50,8	45,5	53,0	55,4	62,3								
STUNDE 4		Mittelwert MP 1 - 8		Mittelwert Stunde 4:								Mittelwert Tag 10:								
		44,8 [dB]								44,8 [dB]										
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	51,4	60,0	51,5	45,2	39,5	44,0	45,9	45,3	45,9	42,1	43,5	44,4	45,4	39,3	38,1	40,7	41,8	44,0	43,8	44,4
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	52,8	47,3	45,2	30,6	33,4	38,1	43,8	39,5	43,7	42,8	40,4	37,6	45,0	42,0	43,0	43,9	41,7	37,3	44,0	42,4
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	37,6	43,6	43,9	37,2	39,9	42,7	44,1	42,7	40,9	44,8	39,6	36,2	38,1	37,8	40,6	38,0	44,8	39,6	49,0	54,8
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34										

# 21.5 $L_{(A)95.0}$ Tag 5<sub>ns</sub> Stunde 2, MP 1 bis 8

MP 1																				
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	64,4	63,7	53,1	62,1	60,8	63,2	59,6	58,7	60,2	61	53,4	54,4	52,4	51,2	54,5	52,6	49,9	51,2	49,8	46,2
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	44,9	46,7	49,5	43,4	49,1	52,2	46,9	47,6	44,5	51,8	57	61,6	55,1	53,7	56,9	55,7	54,8	56,6	55,5	51,7
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	56,6	50,8	53,2	46,7	43,4	38,7	50,2	42,7	52,8	60,1	55,7	50,3	56	48,6	49,7	50	54,2	52,8	49,4	50,8
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	49,9	44,6	42,3	49,9	44,5	41,8	47,3	53,8	59,9	55,9	50,2	56,6	49,8	42,4	40,2	42	39,1	45,4	46,1	41,1
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91									
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00									
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	45,5	49,1	50,1	49,1	48,7	61,7	58,8	53,8	60,4	61,1	71,7									
MP 2																				
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	65,5	64,9	53,6	61	60,2	62,7	59,8	59,2	61,1	60,8	53,5	54,8	53,9	52,4	54,9	53,2	51,4	51,7	50,2	46,1
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	45,9	48,4	49,5	43,5	48,9	51,9	47,7	47,5	43,3	50,8	55,9	60,3	54,4	52,8	57,6	55,7	53,8	55,8	56,4	50,7
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	55,1	51,4	53,2	46,3	43,1	38,4	48,4	42,7	52,8	59,9	56,1	50,7	56,5	48,2	49,1	50,7	54,3	52,6	49,4	50,3
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	49,1	46,1	43,5	50	44,9	42,1	47,8	53	60,2	57	50	56,8	50,1	42,2	40,1	41,9	39,7	45,6	46,5	41,9
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91									
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00									
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	45,5	48,4	50,4	49,2	48,2	60,7	58,4	52,7	60,6	61,4	70,3									
MP 3																				
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	64,7	64,2	54,9	62	60,5	63,4	59,8	60	61	61,1	53,4	54,5	53,9	51,5	54,5	52,4	51	51,4	50	47,1
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	44,7	45,9	48,9	43,1	48,8	50,8	47,7	48	44,7	51	55,9	61,1	56,5	55,6	57,6	56,1	54,9	56,8	55,8	52,5
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	56,8	50,6	54,9	47,2	43,3	39	49,8	42,7	52,8	60,2	56,1	49,9	55,7	50,1	50,3	50,1	53,2	52,3	49,2	51,7
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	48,7	44,9	42,7	50,3	44,9	41,2	47,4	54,2	59,9	56	51,1	57,8	50,4	43,5	40,7	41,8	39,5	45,9	45,6	41,5
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91									
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00									
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	45,2	49,5	50,6	50,1	49,9	62	59,9	54,9	59,9	62,1	76,9									
MP 4																				
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	65,1	64,3	53,4	62,4	59,8	62,5	60,9	58,3	61,3	60,8	53,9	55	54,3	51,7	54,6	53,9	51,5	51,1	50,2	46
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	46	47,3	50,6	43,6	49,2	52,2	47,3	47,4	43,4	51,7	55,6	61,2	54,1	53,4	57,3	55,7	53,9	55,6	56,3	50,6
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	55,2	51	53,8	46,9	44	39,2	49	42,6	54,8	61,3	57,2	50,8	57,3	49,2	49,6	50,7	52,8	53,3	48,8	51,2
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	49,4	45,2	42,8	49,7	44,7	41,														

MP 7																				
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
L(A)95.0 [dB]:	63,5	63,3	52,1	60,5	58,9	61,9	58,5	58,3	59,9	52,7	54,2	51,6	50,4	53,9	52,9	49,8	50,2	49,8	46,6	
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
L(A)95.0 [dB]:	44	45,7	47,4	43,2	47,9	50,1	46,3	46,8	42,7	50,5	55,5	59,1	54,2	53,2	56,8	54,2	52,4	55,7	55,2	49,9
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
L(A)95.0 [dB]:	55,1	50,6	53	47,3	43,1	38,4	47,4	41,3	52,3	58,6	54,4	50	54,7	48,2	48,9	50,2	52,7	51,9	49,4	50,1
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
L(A)95.0 [dB]:	47,6	44,2	42,5	50,1	44	41,1	46,4	53	59,9	54,1	50,3	56,1	48,7	42	40	41,2	38,4	45,3	45,3	41,4
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91									
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00									
L(A)95.0 [dB]:	45,2	47,4	49,7	48,1	47,6	59,9	57,9	53,2	59,2	61,4	71,8									
MP 8																				
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
L(A)95.0 [dB]:	63,6	62,9	52,7	59,9	59,3	61,1	59,4	58,2	59,1	59,8	52,2	54	51,8	50,3	53,7	52,4	49,4	50,4	50	46
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
L(A)95.0 [dB]:	44,4	45,7	48	42,6	47,8	50,1	46,4	46	42,1	50,6	54,2	59,2	54,5	53,2	55,9	54,5	52,3	55,7	55	50,1
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
L(A)95.0 [dB]:	54,8	50,1	52,8	46,9	43	38,8	47,3	41,8	52,5	59,1	54,7	50,3	54,9	47,4	48,7	50,9	52,7	52,1	48,8	50,2
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
L(A)95.0 [dB]:	47,5	43,9	42,1	49,3	43,6	40,9	46,6	53,2	59,6	54,3	49,7	55,7	48,8	41,5	40	41,3	38	44,8	44,9	41,5
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91									
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00									
L(A)95.0 [dB]:	44,7	47,4	49,5	47,9	47,8	60,2	58,5	52,6	59,1	61,1	70,8									

Tabelle 21.7:  $L_{(A)95.0}$  Tag 5<sub>ns</sub> Stunde 2, MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung)

# 21.6 $L_{(A)95.0}$ Tag 10<sub>s</sub>, Stunde 2, MP 1 bis 8

MP 1																				
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	58,4	52,6	46,1	49,5	46,9	48,4	53,7	57,9	57,8	57,5	53,1	45,9	37,1	36,7	41,4	39,9	39,2	38	43,2	43,2
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	39,1	46,8	42,5	36,3	34,5	41,4	33,3	48,2	37,6	49,3	42,1	37,7	41,3	40,2	43,9	44,7	44,9	47,7	50,6	49,6
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	55,8	57,8	53,2	44,1	44,5	42,8	50,9	53,4	44,4	45,5	46,6	39,1	41,8	45,3	47,6	48,5	42,4	39,6	49,9	55,9
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	46,6	52,9	58,5	68,7	64,8	62,9	68	58,5	57,7	64,8	63,6	60,5	58,8	52,8	53,6	52	57,2	56,9	62,7	58
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95					
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30	00:47:00					
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	42,8	43,5	59	55,7	55,7	47,6	38,4	40,8	46,3	44,9	42	31,9	34,8	46	47,6					
MP 2																				
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	57,1	53	46,6	51	45,7	49,6	53,7	57,3	57	57,3	56,4	47,4	38,6	35,1	44,9	39,3	38,1	34,4	42	42,3
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	38,8	45	44,8	38,3	35,9	45	33,9	47,3	41,4	49,4	42,7	39,8	41,2	41,7	46,1	45	47,2	51,1	52,5	53,2
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	57,2	59,4	54,6	47,9	43,3	41,2	46,5	47,6	43,6	44,2	45,9	41,5	42,7	45,3	47,7	48,8	39,8	39,1	48,4	53,7
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	45,3	51	59,8	66,9	64,2	63,1	64,9	63,1	56,7	66,6	65,4	61,7	61,7	56,1	55,5	53,4	57,2	56,8	62,8	57,9
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95					
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30	00:47:00					
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	44,7	43,8	57,8	55,9	54,5	48,7	39,2	40,6	49,3	45,1	42,2	33,6	36,1	45,9	52,1					
MP 3																				
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	58,4	54,4	46,4	51	47	48,8	54,3	58	59,4	59,8	53,3	46,1	37,9	34,9	41,9	40,8	40	39,3	43,3	44,7
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	39,7	46	42,9	36,4	35,4	42,6	33,5	49,4	39,3	49	43,3	40,6	42	40,7	44,5	46	46,8	48,9	52,9	50,1
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	56,1	61,6	55,6	45,5	44,9	44,7	49,8	50,7	45,6	46,5	48,8	40,3	43,5	47	50,4	48,8	43,8	40,5	49,3	56,2
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	49	52,2	60,7	70,6	65,8	65,2	70	60,7	55,6	66,8	64,9	61,9	61,5	54,9	56,8	54	59,6	57,1	64	59,1
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95					
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30	00:47:00					
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	43,9	45,4	58,3	57	56,3	47,2	39,3	41,8	48,4	47,7	42,6	32,7	35,8	46	48,3					
MP 4																				
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	58,4	52,4	46,6	51,7	47,1	49,1	55,1	56,8	58,3	58,2	56,7	49,1	39	34,4	44,6	39,6	38	33,7	41,8	43,5
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	37,7	44,2	43,6	36,9	35,1	45,4	34,9	47	41,4	49,6	43,4	40,6	41,5	41,4	44,9	45,9	48,5	49,7	52,8	53
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
$L_{(A)95.0}$ [dB]:	56,7	58,9	55,9	46,3	42,5	42,3	47,4	47,7	44	43,8	46	43	43,3	45,8	47	47,8	41	40	48,9	53,9
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:3						

MP 7																				
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
L(A)95.0 [dB]:	54,8	49,8	44,5	49,9	44,6	46,4	52	54,8	56,2	55,7	51,7	45,5	36,2	31,9	40,6	36,7	37	32,3	39,8	41,5
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
L(A)95.0 [dB]:	36,6	42,6	40,4	35,3	32,5	40,1	30,6	45,5	36,3	45,3	39,7	38,1	38,4	38,5	42,2	41,5	43,6	45,6	50,6	47,9
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
L(A)95.0 [dB]:	52,5	55,3	52,2	43,8	40,9	40,3	45,1	47,3	43,6	42,2	44,8	39,5	40,8	44	44,4	45,2	41,5	37	47,5	51,6
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
L(A)95.0 [dB]:	43,3	47,8	56,6	65,2	60,5	61,8	65,9	56,4	51,1	62,6	62,1	57,6	56,2	51,6	51,1	51,2	53,9	54,1	59	54,5
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95					
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30	00:47:00					
L(A)95.0 [dB]:	42,6	43,8	55,8	54,9	54,3	45,8	38,8	41,4	44,3	45	41,2	31	35,3	43,2	45,4					
MP 8																				
Element Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Time Instances:	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
L(A)95.0 [dB]:	54	49,6	44	48,6	43,9	46,3	51,1	53,3	54,7	54,2	51	44,5	35,5	32,9	40,4	37,2	36,1	31,2	39	40,6
Element Number	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Time Instances:	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
L(A)95.0 [dB]:	35,8	41,4	40,3	34,5	31,4	40,2	29,9	44,4	35,7	44,6	39,7	37,1	38,1	37,9	41,1	41,4	43,5	46	48,4	46,9
Element Number	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Time Instances:	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
L(A)95.0 [dB]:	52,3	54,5	51,4	42,5	40,6	38,9	44,4	46,2	41,2	41,3	43,5	39,6	40,7	43,1	43,4	44,5	38,8	36,4	47	50,4
Element Number	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
Time Instances:	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
L(A)95.0 [dB]:	42,5	48,1	55,9	64,7	60,4	59,9	64	55	50,9	62,6	60,7	57,1	56	50,9	50,5	49,5	53,9	54,9	59	54
Element Number	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95					
Time Instances:	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30	00:47:00					
L(A)95.0 [dB]:	40,8	41,8	55,1	54,8	52,2	45,2	37,5	38,3	43,9	44,9	40,5	30,6	34,1	43,2	46,5					

Tabelle 21.9:  $L_{(A)95.0}$  Tag 10, Stunde 2, MP 1 bis 8; Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung)

# 22 Anhang F: Ergänzung zu Kapitel 9: Tabellen von $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR während der Vormittage

## 22.1 $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 1<sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8

Time Instances	Mittelwert	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	67,0	63,1	68,2	66,0	66,1	66,4	64,6	64,0	62,6	63,2	64,0	69,7	67,3	63,9	63,7	60,9	64,5	60,3	64,0	62,8	63,8
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	52,3	53,9	58,4	54,6	54,9	53,9	53,5	54,4	50,5	48,2	52,1	59,6	53,8	51,8	46,2	39,6	52,6	39,4	45,0	42,7	47,0
Std. 1 SNR [dB]	16,6	9,2	9,8	11,3	11,2	12,6	11,1	9,6	12,1	15,0	11,9	10,1	13,5	12,1	17,5	21,3	11,9	20,9	19,1	20,1	16,9
Time Instances	00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30	
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	59,7	62,8	63,6	65,3	66,3	64,4	62,0	64,0	65,1	63,2	66,1	66,6	67,4	65,7	66,0	67,7	67,0	64,0	64,2	59,7	
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	38,7	44,8	50,5	42,8	53,9	50,1	45,9	49,4	46,2	50,7	46,8	54,2	48,0	52,9	39,5	50,9	53,3	52,6	51,7	50,9	
Std. 1 SNR [dB]	21,1	18,0	13,1	22,6	12,5	14,4	16,1	14,6	18,9	12,6	19,2	12,4	19,5	12,8	26,7	16,8	13,7	11,4	12,5	8,9	
Time Instances	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30	
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	59,6	66,9	70,0	71,5	68,4	67,3	67,4	68,5	66,5	68,8	67,7	67,9	67,7	65,6	65,9	67,2	63,8	66,3	64,9	67,6	
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	48,5	55,8	58,4	58,8	55,8	51,1	48,2	47,5	50,9	49,8	49,3	54,6	53,6	49,0	53,5	40,2	36,2	51,4	47,5	50,7	
Std. 1 SNR [dB]	11,1	11,1	11,7	12,7	12,7	16,2	19,2	21,1	15,6	19,0	18,4	13,4	14,1	16,6	12,4	26,9	27,6	14,9	17,4	17,0	
Time Instances	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30	
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	67,4	70,7	71,0	69,4	67,3	69,3	69,7	69,2	65,6	68,9	68,3	72,5	71,8	64,5	69,1	67,8	68,1	67,1	65,6	64,2	
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	49,0	51,4	51,9	51,4	52,0	45,1	49,3	53,7	52,3	53,6	50,0	56,5	54,6	50,1	52,7	51,8	57,1	52,4	49,6	50,0	
Std. 1 SNR [dB]	18,5	19,3	19,0	18,1	15,4	24,2	20,4	15,6	13,2	15,3	18,3	16,0	17,2	14,5	16,5	16,0	11,0	14,8	16,0	14,3	
Time Instances	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00																
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	66,5	69,3	70,0	70,4	78,7																
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	54,2	55,2	57,5	56,8	67,9																
Std. 1 SNR [dB]	12,4	14,2	12,5	13,6	10,8																
Time Instances	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30	00:47:00	00:47:30	00:48:00	00:48:30	00:49:00	00:49:30	00:50:00	00:50:30	00:51:00	00:51:30	00:52:00	
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	74,1	63,6	62,5	64,8	63,0	64,4	71,1	72,4	74,3	68,1	72,7	68,3	68,9	71,1	72,9	70,2	67,8	68,1	66,3	67,6	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	63,8	52,6	52,1	54,5	51,7	52,2	54,0	62,7	61,2	57,4	55,5	54,2	57,5	61,3	59,9	56,0	51,8	51,9	48,1	54,6	
Std. 2 SNR [dB]	13,3	11,0	10,4	10,3	11,3	12,2	17,1	9,7	13,1	10,7	17,2	14,1	11,5	9,9	13,0	14,3	16,1	16,3	18,3	13,0	
Time Instances	00:52:30	00:53:00	00:53:30	00:54:00	00:54:30	00:55:00	00:55:30	00:56:00	00:56:30	00:57:00	00:57:30	00:58:00	00:58:30	00:59:00	00:59:30	01:00:00	01:00:30	01:01:00	01:01:30	01:02:00	
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	65,0	66,9	69,4	70,6	72,5	66,2	68,2	63,0	71,2	75,9	69,8	68,4	71,4	67,4	60,9	64,4	65,1	67,1	68,4	67,9	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	52,8	52,3	56,7	56,2	57,6	57,1	61,1	51,1	58,2	64,6	56,0	53,3	53,7	53,1	53,8	55,4	53,1	54,6	52,5	53,1	
Std. 2 SNR [dB]	12,2	14,7	12,7	14,3	14,9	9,2	7,1	11,9	13,0	11,3	13,8	15,2	17,7	14,3	7,2	9,0	12,0	12,5	15,9	14,8	
Time Instances	01:02:30	01:03:00	01:03:30	01:04:00	01:04:30	01:05:00	01:05:30	01:06:00	01:06:30	01:07:00	01:07:30	01:08:00	01:08:30	01:09:00	01:09:30	01:10:00	01:10:30	01:11:00	01:11:30	01:12:00	
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	67,9	69,5	69,6	69,9	72,5	74,1	70,8	66,8	71,0	69,5	69,7	71,2	68,5	69,0	69,6	69,3	66,0	64,0	68,3	70,8	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	57,8	59,6	61,8	60,0	62,5	59,5	56,0	54,5	55,8	54,3	54,9	57,2	54,4	54,8	55,7	55,7	53,7	51,8	54,6	57,0	
Std. 2 SNR [dB]	10,1	10,0	7,7	10,0	9,9	14,6	14,9	12,3	15,3	14,7	14,1	14,1	14,1	14,2	13,9	13,6	12,5	12,2	13,9	13,9	
Time Instances	01:12:30	01:13:00	01:13:30	01:14:00	01:14:30	01:15:00	01:15:30	01:16:00	01:16:30	01:17:00	01:17:30	01:18:00	01:18:30	01:19:00	01:19:30	01:20:00	01:20:30	01:21:00	01:21:30	01:22:00	
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	69,9	70,5	71,2	74,5	67,0	70,5	77,0	73,8	78,1	82,0	83,5	84,0	84,8	84,8	83,7	83,6	81,7	85,1	84,7	86,5	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	58,9	60,4	50,8	60,2	49,9	47,3	55,4	62,5	67,7	73,0	77,0	73,6	74,0	75,8	76,1	73,2	74,5	77,1	77,3	78,4	
Std. 2 SNR [dB]	11,0	10,1	20,5	14,3	17,2	23,5	21,5	11,4	10,5	9,1	6,5	10,3	10,8	9,0	7,6	10,5	7,2	8,0	7,4	8,1	
Time Instances	01:22:30	01:23:00	01:23:30	01:24:00	01:24:30	01:25:00	01:25:30	01:26:00	01:26:30	01:27:00	01:27:30	01:28:00	01:28:30	01:29:00	01:29:30	01:30:00					
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	86,2	88,5	75,9	68,6	67,7	65,2	65,5	63,9	64,2	66,0	64,9	72,8	73,3	76,1	74,7	79,9					
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	78,5	78,8	57,7	56,7	56,2	49,4	51,9	45,5	46,5	55,6	50,8	56,6	63,6	60,4	64,5	76,4					
Std. 2 SNR [dB]	7,7	9,7	18,2	11,9	11,5	15,9	13,6	18,4	17,8	10,4	14,1	16,2	9,7	10,2	10,2	3,5					
Time Instances	01:30:30	01:31:00	01:31:30	01:32:00	01:32:30	01:33:00	01:33:30	01:34:00	01:34:30	01:35:00	01:35:30	01:36:00	01:36:30	01:37:00	01:37:30	01:38:00	01:38:30	01:39:00	01:39:30	01:40:00	
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]	71,3	66,7	70,2	68,0	71,5	71,3	73,0	69,0	72,8	73,5	72,5	67,4	67,2	64,7	63,8	63,0	65,2	65,4	63,0	61,2	
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]	57,5	56,4	56,3	57,2	58,5	60,3	57,3	56,2	55,8	60,9	58,4	52,6	52,7	51,1	50,1	49,8	55,1	50,8	48,6	47,3	
Std. 3 SNR [dB]	15,9	10,3	13,8	10,9	13,0	11,0	15,7	12,8	17,0	12,6	14,2	14,9	14,5	13,6	13,7	13,2	10,1	14,6	14,4	13,9	
Time Instances	01:40:30	01:41:00	01:41:30	01:42:00	01:42:30	01:43:00	01:43:30	01:44:00	01:44:30	01:45:00	01:45:30	01:46:00	01:46:30	01:47:00	01:47:30	01:48:00	01:48:30	01:49:00	01:49:30	01:50:00	
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]	64,1	66,8	65,1	67,0	66,1	68,2	62,4	66,6	65,5	69,9	69,1	66,2	62,2	67,0	70,6	73,7	73,2	70,0	70,0	71,9	
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]	51,2	51,6	47,7	44,4	49,2	48,0	48,0	46,7	47,1	49,8	50,0	48,4	45,7	45,5	54,4	47,3	60,4	56,3	55,9	57,6	
Std. 3 SNR [dB]	13,0	15,2	17,3	22,6	16,9	20,2	14,4	19,9	18,4	20,2	19,1	17,8	16,6	21,6	16,2	26,4	12,8	13,7	14,2	14,3	
Time Instances	01:50:30	01:51:00	01:51:30	01:52:00	01:52:30	01:53:00	01:53:30	01:54:00	01:54:30	01:55:00	01:55:30	01:56:00	01:56:30	01:57:00	01:57:30	01:58:00	01:58:30	01:59:00	01:59:30	02:00:00	
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]	68,4	72,0	64,6	71,0	72,0	71,1	70,0	69,7	70,2	70,2	73,1	74,2	73,6	75,0	73,4	68,6	73,5	75,3	70,5	65,3	
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]	53,3	58,8	45,5	49,6	53,2	55,7	58,7	56,4	52,8	52,8	58,2	57,2	58,7	62,0	58						

Time Instances	Mittelwert	02:16:00	02:16:30	02:17:00	02:17:30	02:18:00	02:18:30	02:19:00	02:19:30	02:20:00	02:20:30	02:21:00	02:21:30	02:22:00	02:22:30	02:23:00	02:23:30	02:24:00	02:24:30	02:25:00	02:25:30
Std. 4 L(A)33.3 [dB]	68,7	68,1	66,6	67,4	66,2	71,9	70,8	74,5	74,9	70,4	73,1	65,5	67,1	69,5	67,2	69,8	71,3	70,2	68,6	67,7	67,7
Std. 4 L(A)95.0 [dB]	56,1	58,8	53,2	55,8	55,6	57,0	60,3	62,9	64,0	61,4	59,4	53,6	54,9	57,1	54,1	55,7	53,3	57,2	55,2	57,4	54,8
Std. 4 SNR [dB]	13,4	9,5	13,8	11,8	10,9	15,3	10,7	12,0	11,3	9,3	14,0	12,1	12,5	12,7	13,2	14,6	18,4	13,2	14,1	10,5	13,2
Time Instances		02:26:00	02:26:30	02:27:00	02:27:30	02:28:00	02:28:30	02:29:00	02:29:30	02:30:00	02:30:30	02:31:00	02:31:30	02:32:00	02:32:30	02:33:00	02:33:30	02:34:00	02:34:30	02:35:00	02:35:30
Std. 4 L(A)33.3 [dB]		68,3	67,2	67,9	68,3	63,3	60,2	64,3	68,0	66,0	63,5	60,8	59,5	68,1	69,2	68,8	66,0	69,9	68,8	67,7	69,2
Std. 4 L(A)95.0 [dB]		57,2	55,3	58,7	56,9	53,4	47,1	48,5	50,6	54,5	53,2	49,5	48,1	53,7	54,2	51,5	52,7	54,8	55,5	55,1	55,3
Std. 4 SNR [dB]		11,1	12,3	9,3	11,7	10,1	13,4	16,2	18,2	11,7	10,7	11,5	11,7	14,7	15,3	17,6	13,6	15,9	13,7	13,1	14,5
Time Instances		02:36:00	02:36:30	02:37:00	02:37:30	02:38:00	02:38:30	02:39:00	02:39:30	02:40:00	02:40:30	02:41:00	02:41:30	02:42:00	02:42:30	02:43:00	02:43:30	02:44:00	02:44:30	02:45:00	02:45:30
Std. 4 L(A)33.3 [dB]		75,4	70,2	71,4	58,0	60,1	70,4	65,7	64,8	68,5	70,1	70,5	66,9	70,7	70,9	74,6	68,4	67,9	70,6	68,0	69,7
Std. 4 L(A)95.0 [dB]		64,1	58,3	58,8	48,9	49,0	49,9	51,5	47,3	53,7	53,1	56,3	54,7	62,3	62,1	64,9	57,7	54,3	56,0	57,0	53,3
Std. 4 SNR [dB]		11,6	12,2	12,9	9,3	11,2	21,3	14,4	17,9	15,2	17,7	14,5	12,4	8,7	9,0	9,9	11,0	13,8	15,1	11,4	16,9
Time Instances		02:46:00	02:46:30	02:47:00	02:47:30	02:48:00	02:48:30	02:49:00	02:49:30	02:50:00	02:50:30	02:51:00	02:51:30	02:52:00	02:52:30	02:53:00	02:53:30	02:54:00	02:54:30	02:55:00	02:55:30
Std. 4 L(A)33.3 [dB]		68,9	67,0	65,2	67,2	66,5	68,9	61,1	57,9	61,4	60,7	58,1	64,7	67,4	65,6	69,9	68,8	71,6	70,4	71,4	70,7
Std. 4 L(A)95.0 [dB]		55,0	50,2	51,6	53,4	54,0	56,3	51,7	47,9	52,6	49,8	47,7	50,2	60,7	57,4	53,9	56,2	59,2	60,0	58,5	56,0
Std. 4 SNR [dB]		14,6	17,2	13,8	14,1	12,8	12,9	9,7	10,3	9,1	11,2	10,6	14,8	6,8	8,4	16,4	13,0	12,6	10,5	13,1	14,9
Time Instances		02:56:00																			
Std. 4 L(A)33.3 [dB]		80,5																			
Std. 4 L(A)95.0 [dB]		62,5																			
Std. 4 SNR [dB]		18,3																			
Time Instances	Mittelwert	02:57:00	02:57:30	02:58:00	02:58:30	02:59:00	02:59:30	03:00:00	03:00:30	03:01:00	03:01:30	03:02:00	03:02:30	03:03:00	03:03:30	03:04:00	03:04:30	03:05:00	03:05:30	03:06:00	
Std. 5 L(A)33.3 [dB]	72,2	66,3	64,8	70,4	68,1	72,7	69,8	64,9	65,4	66,3	69,2	74,7	69,3	77,7	78,6	77,0	77,7	69,2	73,8	71,9	69,2
Std. 5 L(A)95.0 [dB]	61,0	52,3	50,7	56,4	56,0	64,6	56,8	52,0	55,1	58,0	59,6	65,4	50,8	65,0	64,4	58,3	62,7	56,6	59,5	54,7	54,8
Std. 5 SNR [dB]	13,8	14,1	14,1	14,0	12,1	8,1	13,1	12,9	10,4	8,3	9,6	9,3	18,5	12,7	14,4	18,9	15,1	12,6	14,4	17,2	14,5
Time Instances		03:06:30	03:07:00	03:07:30	03:08:00	03:08:30	03:09:00	03:09:30	03:10:00	03:10:30	03:11:00	03:11:30	03:12:00	03:12:30	03:13:00	03:13:30	03:14:00	03:14:30	03:15:00	03:15:30	03:16:00
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		69,9	70,3	73,4	72,3	70,9	74,2	77,0	77,6	77,1	79,2	79,0	81,5	80,3	79,0	71,6	68,4	68,9	71,0	71,2	
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		56,0	59,5	57,0	56,7	54,9	61,9	70,5	71,5	69,4	73,7	72,0	75,2	75,3	74,5	71,5	58,4	58,1	52,2	56,9	57,9
Std. 5 SNR [dB]		13,9	10,8	16,4	15,6	16,0	12,4	6,5	6,1	7,6	5,4	7,0	6,2	4,9	5,8	7,6	13,2	10,3	16,8	14,1	13,3
Time Instances		03:16:30	03:17:00	03:17:30	03:18:00	03:18:30	03:19:00	03:19:30	03:20:00	03:20:30	03:21:00	03:21:30	03:22:00	03:22:30	03:23:00	03:23:30	03:24:00	03:24:30	03:25:00	03:25:30	03:26:00
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		71,7	75,0	77,4	74,7	71,8	72,8	74,0	74,4	69,9	71,1	68,6	67,7	72,4	73,5	73,0	69,2	71,6	70,0	69,8	67,2
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		59,0	60,7	65,5	63,2	59,5	56,4	59,3	61,6	55,2	60,4	53,7	52,8	58,9	60,0	61,3	56,7	58,1	56,9	55,0	51,5
Std. 5 SNR [dB]		12,7	14,3	12,0	11,5	12,3	16,4	14,7	12,8	14,7	10,8	15,0	15,0	13,5	13,5	11,8	13,0	13,6	13,1	14,8	15,7
Time Instances		03:26:30	03:27:00	03:27:30	03:28:00	03:28:30	03:29:00	03:29:30	03:30:00	03:30:30	03:31:00	03:31:30	03:32:00	03:32:30	03:33:00	03:33:30	03:34:00	03:34:30	03:35:00	03:35:30	03:36:00
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		67,6	70,4	69,3	69,0	70,0	69,6	66,0	70,6	71,0	68,7	67,7	71,1	65,6	65,4	69,2	68,4	67,9	68,9	67,1	66,9
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		56,0	53,7	54,7	53,1	52,0	51,7	51,9	56,8	54,7	53,5	51,2	58,8	53,1	50,9	54,0	47,9	51,6	56,0	50,9	47,2
Std. 5 SNR [dB]		11,5	16,9	14,5	15,9	18,1	17,9	14,2	13,9	16,3	15,2	16,7	12,2	12,6	14,5	15,3	20,6	16,4	12,9	16,2	19,6
Time Instances		03:36:30	03:37:00	03:37:30	03:38:00	03:38:30	03:39:00	03:39:30	03:40:00	03:40:30	03:41:00	03:41:30	03:42:00	03:42:30							
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		57,8	66,3	68,7	70,5	69,5	65,7	67,6	67,6	68,7	69,4	73,7	71,6	77,8							
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		49,4	52,1	56,0	59,6	52,4	49,3	52,1	52,1	53,1	55,2	62,6	60,6	73,4							
Std. 5 SNR [dB]		8,4	14,3	12,7	10,9	17,1	16,4	15,6	15,6	15,6	14,3	11,3	11,0	4,4							
Time Instances	Mittelwert	03:43:00	03:43:30	03:44:00	03:44:30	03:45:00	03:45:30	03:46:00	03:46:30	03:47:00	03:47:30	03:48:00	03:48:30	03:49:00	03:50:00	03:50:30	03:51:00	03:51:30	03:52:00	03:52:30	
Std. 6 L(A)33.3 [dB]	72,5	72,7	64,5	66,8	68,0	71,9	66,4	68,8	72,4	69,0	64,8	65,6	73,0	67,5	66,7	69,7	65,1	70,4	70,2	74,7	
Std. 6 L(A)95.0 [dB]	60,4	57,1	54,3	54,0	56,5	57,8	61,1	52,7	50,1	57,5	54,1	51,6	51,9	59,3	49,7	55,7	53,4	48,3	53,9	59,5	
Std. 6 SNR [dB]	14,9	15,6	10,4	10,5	10,3	10,2	10,7	13,7	17,7	14,9	15,0	13,2	13,7	13,8	17,8	11,0	16,3	16,8	16,6	10,7	15,1
Time Instances		03:53:00	03:53:30	03:54:00	03:54:30	03:55:00	03:55:30	03:56:00	03:56:30	03:57:00	03:57:30	03:58:00	03:58:30	03:59:00	03:59:30	04:00:00	04:00:30	04:01:00	04:01:30	04:02:00	04:02:30
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		72,0	69,8	72,1	76,6	77,7	76,6	76,1	75,0	77,1	73,0	70,8	75,2	75,0	67,1	74,0	76,1	74,9	72,7	72,1	72,9
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		56,2	58,0	55,3	68,3	68,7	63,4	65,4	63,5	67,1	60,3	60,3	66,1	61,1	50,7	64,2	66,6	65,1	63,1	62,7	61,6
Std. 6 SNR [dB]		15,9	11,8	16,8	8,3	9,0	13,2	10,7	11,5	10,0	12,8	10,5	9,1	14,1	16,4	9,8	9,5	9,8	9,6	9,4	11,3
Time Instances		04:03:00	04:03:30	04:04:00	04:04:30	04:05:00	04:05:30	04:06:00	04:06:30	04:07:00	04:07:30	04:08:00	04:08:30	04:09:00	04:09:30	04:10:00	04:10:30	04:11:00	04:11:30	04:12:00	04:12:30
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		72,7	74,6	73,3	72,0	72,6	70,6	70,9	67,6	69,4	72,0	70,2	69,5	69,7	69,6	70,8	75,9	71,5	68,8	74,1	71,9
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		63,2	62,6	62,8	60,2	62,6	57,6	60,2	54,0	56,7	60,0	55,3	53,0	51,6	58,3	55,6	63,9	58,2	55,9	56,7	62,5
Std. 6 SNR [dB]		9,5	12,0	10,5	11,8	10,0	13,0	10,7	13,6	12,7	12,0	14,9	16,5	18,2	11,3	15,3	12,0	13,2	12,9	17,5	15,0
Time Instances		04:13:00	04:13:30																		

# 22.2 $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 6, Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8

Time Instances	Mittelwert	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	59,7	60,3	63,8	63,3	59,7	59,2	63,4	63,2	60,8	61,5	56,6	61,1	60,2	57,5	52,5	53,0	49,9	55,5	59,9	54,0	57,5
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	45,5	48,6	52,7	52,3	43,7	47,5	49,4	50,0	50,3	49,6	42,7	48,6	44,3	43,1	41,4	44,5	41,3	45,0	39,9	37,9	43,9
Std. 1 SNR [dB]	15,8	11,7	11,2	10,9	16,0	11,6	14,1	13,2	10,5	11,9	13,9	12,4	16,0	14,4	11,1	8,5	8,6	10,6	20,0	16,2	13,7
Time Instances		00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]		57,0	58,0	58,0	60,3	56,8	56,1	52,8	58,0	61,6	56,3	64,5	66,9	59,5	55,8	56,4	63,5	57,7	60,5	58,7	57,3
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]		42,7	43,2	41,7	44,7	35,9	36,4	38,1	36,4	47,2	38,4	51,3	52,5	46,6	43,5	42,6	48,0	39,0	44,5	46,5	41,6
Std. 1 SNR [dB]		14,4	14,7	16,5	16,0	20,9	19,8	14,8	21,6	14,5	17,8	13,3	14,3	12,4	13,8	15,9	18,8	16,2	12,0	16,0	16,0
Time Instances		00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]		59,1	59,0	60,1	62,0	61,6	56,7	60,0	59,5	57,6	62,9	62,6	61,0	61,0	58,7	60,5	58,5	62,8	63,4	60,8	58,7
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]		41,0	42,9	43,6	47,4	43,3	42,3	44,5	46,3	39,6	46,7	50,3	48,2	48,4	46,4	45,6	43,1	44,8	51,5	46,4	45,5
Std. 1 SNR [dB]		18,2	16,0	16,7	14,8	18,5	14,5	15,7	13,3	18,2	16,2	12,3	12,9	12,7	12,4	14,9	15,4	18,4	11,9	14,4	13,1
Time Instances		00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]		61,0	57,8	55,9	55,2	52,7	54,9	59,4	56,8	58,6	59,4	59,3	52,5	60,2	57,4	56,3	60,4	56,4	55,2	49,9	54,1
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]		46,2	43,2	32,6	42,7	35,1	38,7	41,1	40,5	41,8	36,5	44,3	35,7	42,9	37,5	43,6	45,9	41,9	42,1	39,8	41,3
Std. 1 SNR [dB]		14,9	14,6	23,5	12,5	17,5	16,2	18,2	16,3	17,1	22,9	15,1	16,6	17,3	19,8	12,7	14,5	14,6	13,2	10,0	12,9
Time Instances		00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00									
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]		57,0	54,9	61,2	64,1	64,3	60,0	56,6	56,0	63,4	65,1	71,8									
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]		48,8	47,5	48,4	54,5	49,5	44,8	38,5	39,6	32,3	52,0	57,6									
Std. 1 SNR [dB]		8,2	7,4	12,7	9,5	14,7	15,2	18,1	16,5	31,1	13,4	14,2									
Time Instances		00:45:30	00:46:00	00:46:30	00:47:00	00:47:30	00:48:00	00:48:30	00:49:00	00:49:30	00:50:00	00:50:30	00:51:00	00:51:30	00:52:00	00:52:30	00:53:00	00:53:30	00:54:00	00:54:30	00:55:00
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		63,6	63,8	66,9	72,1	69,3	67,5	70,6	70,1	70,8	66,1	65,9	67,1	64,5	62,1	59,1	53,1	58,5	62,4	58,6	64,9
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		50,3	56,2	57,7	61,7	60,1	56,3	59,5	58,6	59,4	53,7	56,1	56,2	53,6	52,3	48,0	43,4	45,3	41,6	47,9	44,3
Std. 2 SNR [dB]		14,4	7,6	9,1	10,5	9,2	11,2	11,1	11,5	11,2	12,5	9,8	10,9	9,9	11,1	9,7	13,2	17,0	14,4	19,3	16,5
Time Instances		00:55:30	00:56:00	00:56:30	00:57:00	00:57:30	00:58:00	00:58:30	00:59:00	00:59:30	01:00:00	01:00:30	01:01:00	01:01:30	01:02:00	01:02:30	01:03:00	01:03:30	01:04:00	01:04:30	01:05:00
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		63,4	61,3	67,0	61,5	52,4	52,6	53,1	49,2	53,6	60,0	65,2	62,0	62,2	57,1	59,1	58,1	58,4	57,0	57,1	58,4
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		48,0	45,4	51,1	48,6	42,6	40,2	38,2	35,5	37,0	46,1	51,1	47,9	44,4	42,5	44,1	43,4	43,1	42,4	41,4	46,7
Std. 2 SNR [dB]		15,3	15,8	15,9	12,9	9,7	12,4	14,9	13,6	16,7	14,0	14,1	14,0	17,9	14,5	15,0	14,7	15,3	14,7	15,7	11,8
Time Instances		01:10:30	01:06:00	01:06:30	01:07:00	01:07:30	01:08:00	01:08:30	01:09:00	01:09:30	01:10:00	01:10:30	01:11:00	01:11:30	01:12:00	01:12:30	01:13:00	01:13:30	01:14:00	01:14:30	01:15:00
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		60,5	60,2	60,1	59,1	58,8	60,9	66,2	66,6	63,7	62,2	61,6	62,7	64,2	65,2	63,3	64,5	63,5	63,4	64,2	62,0
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		44,1	45,6	46,3	43,8	46,7	45,3	46,2	47,5	42,0	49,8	42,2	46,7	53,0	49,3	45,4	50,2	47,9	47,8	44,8	44,8
Std. 2 SNR [dB]		16,4	14,7	13,7	15,3	12,1	15,5	19,8	19,0	21,7	12,4	19,4	15,9	11,2	15,9	17,8	14,2	15,7	15,4	16,4	17,2
Time Instances		01:15:30	01:16:00	01:16:30	01:17:00	01:17:30	01:18:00	01:18:30	01:19:00	01:19:30	01:20:00	01:20:30	01:21:00	01:21:30	01:22:00	01:22:30	01:23:00	01:24:00	01:24:30	01:25:00	01:25:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		56,8	54,1	60,8	64,7	63,8	53,7	61,9	63,4	61,2	54,0	55,3	55,3	53,7	55,9	57,1	62,4	62,8	63,4	68,2	65,2
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		43,1	39,8	43,6	51,8	47,8	40,4	46,1	49,5	50,7	46,2	46,4	47,4	45,6	47,6	47,3	46,6	43,3	42,0	49,3	46,6
Std. 2 SNR [dB]		13,8	14,3	17,2	12,9	16,1	13,3	15,9	14,0	10,5	7,9	8,9	7,8	8,2	8,3	9,8	15,9	13,6	21,5	18,9	19,2
Time Instances		01:25:30	01:26:00	01:26:30	01:27:00	01:27:30	01:28:00	01:28:30	01:29:00	01:29:30	01:30:00	01:30:30	01:31:00	01:31:30	01:32:00	01:32:30	01:33:00	01:33:30			
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		59,4	63,7	61,9	63,4	63,0	62,3	62,1	64,6	64,6	64,6	64,5	70,0	65,2	61,2	60,5	64,5	71,7	80,5		
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		44,2	50,4	49,2	46,6	50,9	48,3	46,4	51,3	51,3	47,7	58,8	54,1	53,6	50,2	49,4	60,5	65,6			
Std. 2 SNR [dB]		15,2	13,2	12,8	16,8	12,1	15,9	15,7	13,4	13,4	16,9	11,3	11,1	7,7	10,5	15,1	11,2	14,9			
Time Instances		01:34:00	01:34:30	01:35:00	01:35:30	01:36:00	01:36:30	01:37:00	01:37:30	01:38:00	01:38:30	01:39:00	01:39:30	01:40:00	01:40:30	01:41:00	01:41:30	01:42:00	01:42:30	01:43:00	01:43:30
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		63,7	66,7	66,2	65,1	64,4	66,2	65,6	63,8	59,1	61,4	64,2	64,3	63,6	58,8	58,8	52,3	54,4	63,0	59,7	60,8
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		49,1	54,2	50,7	53,9	46,2	49,3	53,7	50,0	46,4	50,4	53,1	51,6	48,4	46,9	48,1	43,1	42,3	42,5	43,4	46,0
Std. 3 SNR [dB]		14,7	12,5	15,7	11,2	18,4	16,9	11,8	13,8	12,8	10,9	11,0	12,7	15,6	11,9	10,7	9,2	11,4	20,5	16,4	11,7
Time Instances		01:44:00	01:44:30	01:45:00	01:45:30	01:46:00	01:46:30	01:47:00	01:47:30	01:48:00	01:48:30	01:49:00	01:49:30	01:50:00	01:50:30	01:51:00	01:51:30	01:52:00	01:52:30	01:53:00	01:53:30
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		59,2	61,1	61,1	61,7	63,6	61,7	59,4	60,7	61,4	58,3	59,9	44,1	51,9	55,3	59,8	63,6	61,2	62,4	62,8	64,3
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		41,8	41,5	45,0	42,7	43,9	44,0	44,4	46,7	41,8	43,5	43,1	36,5	39,7	42,4	44,5	47,7	44,4	44,2	47,6	47,0
Std. 3 SNR [dB]		17,3	19,5	16,2	19,1	19,9	17,7	15,0	13,6	19,6	14,8	16,8	7,6	12,3	12,8	15,4	16,1	16,7	18,3	15,2	17,3
Time Instances		01:54:00	01:54:30	01:55:00	01:55:30	01:56:00	01:56:30	01:57:00	01:57:30	01:58:00	01:58:30	01:59:00	01:59:30	02:00:00	02:00:30	02:01:00	02:01:30	02:02:00	02:02:30	02:03:00	02:03:30
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		61,0	59,2	58,6	59,1	64,6	61,3	55,7	59,6	63,4	63,9	62,7	57,2	59,4	50,8	57,2	59,7	60,1	62,0	58,9	61,6
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		48,2	44,9	44,0	44,9	46,4	48,8	44,9	45,0	51,5	52,4	51,6	46,0	49,9	41,7	48,0	50,6	51,2	49,6	48,2	47,5
Std. 3 SNR [dB]		12,8	14,3	14,6	14,2	18,2	12,5	10,8	14,6	11,8	11,4	11,1	11,3	9,4	9,1	9,2	9,1	8,9	12,3	10,7	14,2
Time Instances		02:04:00	02:04:30	02:05:00	02:05:30	02:06:00	02:06:30	02:07:00	02:07:30	02:08:00	02:08:30	02:09:00	02:09:30	02:10:00	02:10:30	02:11:00	02:11:30	02:12:00	02:12:30	02:13:00	02:13:30
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		62,7	63,3	59,4	62,7	60,9	57,9	53,3	58,3	60,7	58,8										

Time Instances	Mittelwert	03:04:00	03:04:30	03:05:00	03:05:30	03:06:00	03:06:30	03:07:00	03:07:30	03:08:00	03:08:30	03:09:00	03:09:30	03:10:00	03:10:30	03:11:00	03:11:30	03:12:00	03:12:30	03:13:00	03:13:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]	66,3	68,2	60,7	59,8	62,8	60,6	66,2	64,3	59,9	64,2	64,3	64,2	66,4	65,4	56,5	63,9	64,7	65,3	69,0	69,2	65,3
Std. 5 L(A)95.0 [dB]	56,3	51,0	50,3	45,8	50,9	47,6	48,3	47,9	47,4	48,7	53,0	53,6	54,7	55,5	46,4	52,7	53,8	55,4	60,0	58,5	56,2
Std. 5 SNR [dB]	12,7	17,3	10,4	14,0	12,0	13,0	17,9	16,5	12,6	15,5	11,2	10,5	11,6	10,0	10,1	11,2	10,9	9,8	9,0	10,8	9,2
Time Instances		03:14:00	03:14:30	03:15:00	03:15:30	03:16:00	03:16:30	03:17:00	03:17:30	03:18:00	03:18:30	03:19:00	03:19:30	03:20:00	03:20:30	03:21:00	03:21:30	03:22:00	03:22:30	03:23:00	03:23:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		68,0	66,9	66,1	68,6	67,7	66,5	65,4	61,3	64,5	59,7	58,8	60,4	59,9	63,4	65,1	62,6	64,8	67,2	70,2	65,3
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		57,9	54,3	54,3	52,4	52,4	53,4	48,7	47,2	51,7	50,4	44,9	45,1	43,5	50,6	49,0	50,1	56,7	54,4	57,1	53,2
Std. 5 SNR [dB]		10,3	12,7	11,9	16,3	15,5	13,1	17,1	14,3	12,8	9,4	13,9	15,2	16,6	12,9	16,2	12,5	8,0	12,9	13,2	12,2
Time Instances		03:24:00	03:24:30	03:25:00	03:25:30	03:26:00	03:26:30	03:27:00	03:27:30	03:28:00	03:28:30	03:29:00	03:29:30	03:30:00	03:30:30	03:31:00	03:31:30	03:32:00	03:32:30	03:33:00	03:33:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		61,4	62,4	62,7	61,5	63,9	61,0	66,4	65,3	63,6	62,9	60,8	60,9	67,0	64,9	62,9	62,4	65,5	61,9	65,2	61,8
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		49,0	50,4	48,3	47,3	53,0	49,0	52,7	55,4	52,1	47,9	48,9	55,6	52,0	53,3	51,6	54,4	51,5	54,7	51,5	
Std. 5 SNR [dB]		12,5	12,0	14,4	14,3	10,9	12,0	13,8	10,0	11,6	10,8	13,0	12,0	11,5	12,9	9,6	10,9	11,1	10,4	10,5	10,3
Time Instances		03:34:00	03:34:30	03:35:00	03:35:30	03:36:00	03:36:30	03:37:00	03:37:30	03:38:00	03:38:30	03:39:00	03:39:30	03:40:00	03:40:30	03:41:00	03:41:30	03:42:00	03:42:30	03:43:00	03:43:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		61,8	64,2	65,5	63,8	62,0	65,0	63,6	63,7	62,6	63,3	64,6	66,2	64,9	60,3	62,3	61,5	62,3	61,9	63,0	71,0
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		49,6	54,2	53,9	51,4	48,9	52,2	44,2	48,9	49,8	47,7	52,2	56,7	48,7	41,8	49,5	44,4	50,1	50,2	47,1	63,2
Std. 5 SNR [dB]		12,5	10,2	11,6	12,3	13,2	13,1	19,4	14,8	13,0	15,8	12,5	9,6	16,2	18,5	12,8	17,0	12,3	11,7	16,0	7,9
Time Instances		03:44:00	03:44:30	03:45:00	03:45:30	03:46:00	03:46:30	03:47:00	03:47:30												
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		72,1	71,1	71,6	76,0	76,5	76,4	73,4	83,3												
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		63,0	63,1	63,1	65,0	71,4	72,2	61,0	79,9												
Std. 5 SNR [dB]		9,1	8,0	8,6	11,1	5,2	4,5	12,5	3,8												
Time Instances	Mittelwert	03:48:00	03:48:30	03:49:00	03:49:30	03:50:00	03:50:30	03:51:00	03:51:30	03:52:00	03:52:30	03:53:00	03:53:30	03:54:00	03:54:30	03:55:00	03:55:30	03:56:00	03:56:30	03:57:00	03:57:30
Std. 6 L(A)33.3 [dB]	64,4	66,3	70,6	70,3	67,2	70,6	71,7	64,4	64,8	61,0	59,8	56,3	54,0	56,4	56,5	57,3	58,8	57,2	61,3	60,5	57,2
Std. 6 L(A)95.0 [dB]	50,9	51,2	56,5	54,7	50,5	56,3	60,3	55,8	49,8	46,3	42,0	44,4	37,8	41,7	43,2	41,8	44,5	41,7	44,5	43,7	40,6
Std. 6 SNR [dB]	14,5	15,1	14,2	15,6	16,9	14,4	11,6	8,6	15,0	14,7	17,8	11,9	16,3	14,7	13,5	15,7	14,6	15,8	16,9	17,1	16,7
Time Instances		03:58:00	03:58:30	03:59:00	03:59:30	04:00:00	04:00:30	04:01:00	04:01:30	04:02:00	04:02:30	04:03:00	04:03:30	04:04:00	04:04:30	04:05:00	04:05:30	04:06:00	04:06:30	04:07:00	04:07:30
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		62,1	59,6	65,2	62,3	62,2	67,0	68,5	67,6	61,7	63,2	64,1	60,8	64,0	65,7	63,8	61,9	62,7	60,9	66,4	67,2
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		46,9	42,6	49,9	46,6	46,3	48,0	56,0	55,2	52,3	52,3	52,3	50,1	55,4	53,3	52,5	48,6	49,0	48,6	55,3	56,8
Std. 6 SNR [dB]		15,4	17,0	15,5	15,8	16,1	19,2	12,5	12,4	9,4	10,8	11,8	10,8	8,6	12,3	11,7	13,3	13,9	12,3	11,0	10,3
Time Instances		04:08:00	04:08:30	04:09:00	04:09:30	04:10:00	04:10:30	04:11:00	04:11:30	04:12:00	04:12:30	04:13:00	04:13:30	04:14:00	04:14:30	04:15:00	04:15:30	04:16:00	04:16:30	04:17:00	04:17:30
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		65,2	61,4	63,9	66,7	64,8	62,8	63,6	64,7	64,5	65,7	59,1	52,5	59,6	60,3	63,0	65,3	60,0	62,4	62,4	
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		54,2	48,3	52,4	56,6	55,8	51,4	48,7	52,8	52,5	54,9	47,3	42,5	47,4	46,4	45,3	44,6	48,0	43,3	45,0	44,9
Std. 6 SNR [dB]		11,1	13,0	11,4	10,2	8,9	11,3	14,9	12,1	12,2	10,8	11,8	10,1	14,9	13,2	15,0	18,5	17,4	16,7	17,4	17,5
Time Instances		04:18:00	04:18:30	04:19:00	04:19:30	04:20:00	04:20:30	04:21:00	04:21:30	04:22:00											
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		63,6	65,7	72,0	64,9	67,6	63,0	62,5	65,4	76,2											
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		45,8	50,4	57,4	54,7	55,8	43,5	52,1	53,3	52,7											
Std. 6 SNR [dB]		18,0	15,3	14,5	10,3	11,8	19,6	10,4	12,1	23,5											
Mittelwert Stimmumfang Tag 6 [dB]:		63,9																			
Mittelwert Grundgeräuschpegel Tag 6 [dB]:										51,0											
Mittelwert SNR Tag 6 [dB]:														14,6							

**Tabelle 22.4:**  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR Tag 6, Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung)

# 22.3 $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 2<sub>ns</sub> Stunde 2 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8

Time Instances	Mittelwert	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30	
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	63,4	66,3	68,1	69,8	61,7	62,5	61,6	64,4	62,7	63,2	62,0	56,7	61,5	59,9	45,4	44,8	44,0	60,7	57,0	60,1	50,1	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	47,6	58,3	59,2	58,7	52,2	52,9	45,1	49,0	50,4	41,7	42,2	43,7	43,9	36,3	35,1	38,5	38,3	47,8	42,9	43,8	42,5	
Std. 2 SNR [dB]	16,6	8,0	9,0	11,1	9,4	9,6	16,5	15,4	12,3	21,5	19,9	13,0	17,7	23,6	10,3	6,5	5,9	12,9	13,9	16,3	7,5	
Time Instances		00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30	
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		55,1	52,8	59,6	59,9	63,6	61,2	66,8	72,3	72,3	72,1	73,4	69,7	69,2	71,7	72,4	72,4	73,8	66,7	58,6	59,8	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		39,5	42,6	44,7	41,3	53,9	48,5	46,0	47,8	48,3	44,4	54,8	48,0	44,8	48,9	44,8	46,5	54,3	44,8	46,6	39,0	
Std. 2 SNR [dB]		15,6	10,0	14,9	18,7	9,6	12,7	20,7	24,4	24,0	27,7	18,7	21,7	24,4	22,8	27,6	25,8	19,5	21,9	12,0	21,1	
Time Instances		00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30	
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		60,5	56,7	52,6	54,3	57,4	61,4	61,0	59,0	63,4	59,5	62,3	64,1	63,7	61,5	61,7	50,1	45,8	41,7	44,0	41,8	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		43,3	40,5	38,9	38,1	43,4	40,6	45,2	45,0	46,2	42,1	46,9	50,3	47,0	44,2	44,5	42,4	33,9	33,9	34,8	33,3	
Std. 2 SNR [dB]		17,2	16,4	13,9	16,3	13,9	20,9	15,8	13,9	17,2	17,4	15,4	13,8	16,7	17,3	17,2	7,7	11,9	7,8	9,2	8,5	
Time Instances		00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30	
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		49,6	44,0	55,0	52,9	57,5	54,1	56,7	62,0	61,9	61,7	61,7	49,5	56,1	50,4	45,5	60,4	59,1	61,0	65,9	69,3	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		41,1	35,2	38,4	39,5	47,0	37,3	43,7	45,7	44,7	43,7	45,1	41,7	47,6	39,7	37,7	36,7	40,1	43,0	50,2	54,8	
Std. 2 SNR [dB]		8,5	8,8	16,6	13,4	10,4	16,8	12,9	16,3	17,3	18,0	16,5	7,8	8,6	10,7	7,8	23,8	18,9	18,0	15,7	14,6	
Time Instances		00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30							
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		66,9	62,9	64,4	66,4	64,1	64,5	61,5	66,9	66,5	65,2	62,9	69,0	64,1	74,6							
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		54,7	50,4	51,9	55,6	52,4	49,9	51,8	53,4	47,6	47,8	47,6	56,5	51,1	57,9							
Std. 2 SNR [dB]		12,2	12,6	12,5	10,9	11,6	14,6	9,8	13,6	18,9	17,6	15,3	12,5	13,0	16,7							
Time Instances	Mittelwert	00:47:00	00:47:30	00:48:00	00:48:30	00:49:00	00:49:30	00:50:00	00:50:30	00:51:00	00:51:30	00:52:00	00:52:30	00:53:00	00:53:30	00:54:00	00:54:30	00:55:00	00:55:30	00:56:00	00:56:30	
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		61,2	66,1	66,2	64,5	64,6	63,2	61,8	61,2	62,6	61,8	62,0	62,0	58,8	60,2	60,3	62,0	62,4	62,4	60,6	61,3	
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		46,9	55,4	57,0	54,0	53,1	48,6	48,5	45,7	45,9	45,5	45,4	47,4	45,0	42,2	44,7	48,3	48,2	46,7	42,5	46,1	
Std. 3 SNR [dB]		15,2	10,7	9,2	10,5	11,5	14,6	13,3	15,5	16,7	16,4	16,7	14,7	13,8	14,3	18,1	17,4	13,7	13,8	15,6	18,1	
Time Instances		00:57:00	00:57:30	00:58:00	00:58:30	00:59:00	00:59:30	01:00:00	01:00:30	01:01:00	01:01:30	01:02:00	01:02:30	01:03:00	01:03:30	01:04:00	01:04:30	01:05:00	01:05:30	01:06:00	01:06:30	
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		58,9	59,2	56,6	61,0	61,9	58,4	60,0	57,9	58,5	57,9	59,7	58,7	59,6	60,3	57,3	61,1	60,1	60,9	63,0	60,9	
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		44,1	40,1	43,7	45,2	47,0	39,9	46,9	39,2	38,3	44,3	45,1	42,8	41,2	44,4	44,9	46,5	43,4	43,9	49,8	49,4	
Std. 3 SNR [dB]		14,7	19,1	12,9	15,8	14,9	18,5	13,1	18,7	20,3	13,6	14,6	15,9	18,5	15,9	12,4	14,6	16,7	16,9	13,2	11,6	
Time Instances		01:07:00	01:07:30	01:08:00	01:08:30	01:09:00	01:09:30	01:10:00	01:10:30	01:11:00	01:11:30	01:12:00	01:12:30	01:13:00	01:13:30	01:14:00	01:14:30	01:15:00	01:15:30	01:16:00	01:16:30	
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		61,8	59,0	63,4	60,6	59,7	58,1	49,0	46,0	52,7	51,0	50,3	51,7	59,5	60,4	64,1	62,3	65,1	65,3	63,4	62,3	
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		47,6	46,8	49,3	51,9	49,1	42,4	37,8	38,4	38,8	42,5	42,9	42,0	43,8	43,9	50,5	46,5	51,5	50,8	44,6	43,5	
Std. 3 SNR [dB]		14,3	12,2	14,1	8,8	10,6	15,8	11,2	7,6	13,9	8,5	7,4	9,6	15,7	16,6	13,6	15,7	13,6	14,5	18,8	18,9	
Time Instances		01:17:00	01:17:30	01:18:00	01:18:30	01:19:00	01:19:30	01:20:00	01:20:30	01:21:00	01:21:30	01:22:00	01:22:30	01:23:00	01:23:30	01:24:00	01:24:30	01:25:00	01:25:30	01:26:00	01:26:30	
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		67,2	62,4	62,9	64,4	63,4	61,3	66,4	60,6	63,8	57,1	62,6	63,4	62,6	61,2	53,0	60,3	63,0	55,4	55,1	61,3	
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		53,8	46,1	48,2	50,0	46,3	47,8	53,8	38,2	48,0	48,1	49,1	49,4	46,8	46,5	40,3	45,8	40,5	38,6	40,4	44,9	
Std. 3 SNR [dB]		13,4	16,3	14,7	14,6	17,2	13,5	12,7	22,5	15,9	9,0	13,7	14,0	15,9	14,7	12,8	14,6	22,6	16,9	14,7	16,4	
Time Instances		01:27:00	01:27:30	01:28:00	01:28:30	01:29:00	01:29:30	01:30:00	01:30:30	01:31:00	01:31:30	01:32:00	01:32:30	01:33:00	01:33:30	01:34:00	01:34:30					
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		60,4	58,5	57,3	58,1	61,9	61,9	61,8	61,9	58,0	62,6	64,1	62,8	60,0	63,8	63,3	65,6					
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		45,7	43,8	39,3	42,1	46,5	47,4	47,4	45,7	42,4	46,5	47,9	41,9	48,1	48,6	49,2	55,9					
Std. 3 SNR [dB]		14,6	14,8	18,0	16,0	15,4	14,4	14,5	12,3	20,1	17,6	14,9	18,1	15,7	13,3	14,1	9,7					
Time Instances	Mittelwert	01:35:00	01:35:30	01:36:00	01:36:30	01:37:00	01:37:30	01:38:00	01:38:30	01:39:00	01:39:30	01:40:00	01:40:30	01:41:00	01:41:30	01:42:00	01:42:30	01:43:00	01:43:30	01:44:00	01:44:30	
Std. 4 $L_{(A)33.3}$ [dB]		61,1	62,7	65,4	65,1	65,4	61,4	61,5	63,7	61,0	59,6	60,2	55,7	59,9	60,5	58,4	59,2	57,1	57,9	60,8	59,1	64,8
Std. 4 $L_{(A)95.0}$ [dB]		47,2	55,5	53,7	54,1	55,5	48,0	50,2	49,3	47,0	49,8	45,2	39,9	42,0	47,0	39,7	44,5	35,8	41,3	48,1	46,1	47,4
Std. 4 SNR [dB]		15,8	7,2	11,7	11,0	9,9	13,4	11,3	14,4	14,0	9,8	15,1	15,8	17,8	13,5	18,7	14,7	21,3	16,2	12,7	13,0	17,4
Time Instances		01:45:00	01:45:30	01:46:00	01:46:30	01:47:00	01:47:30	01:48:00	01:48:30	01:49:00	01:49:30	01:50:00	01:50:30	01:51:00	01:51:30	01:52:00	01:52:30	01:53:00	01:53:30	01:54:00	01:54:30	
Std. 4 $L_{(A)33.3}$ [dB]		62,3	60,4	58,9	60,9	58,9	60,0	58,7	58,7	59,2	57,9	53,3	56,4	58,6	53,4	61,9	59,5	62,1	60,7	60,1	60,6	
Std. 4 $L_{(A)95.0}$ [dB]		49,8	46,4	31,4	42,5	43,3	41,2	42,9	42,3	48,9	40,9	35,3	39,5	34,2	34,4	37,4	43,4	44,7	49,3	50,3	47,7	
Std. 4 SNR [dB]		12,5	14,0	27,5	18,4	15,6	18,8	15,8	16,4	10,3	17,0	18,1	16,8	24,3	18,9	16,7	16,2	17,4	11,4	9,8	12,9	
Time Instances		01:55:00	01:55:30	01:56:00	01:56:30	01:57:00	01:57:30	01:58:00	01:58:30	01:59:00	01:59:30	02:00:00	02:00:30	02:01:00	02:01:30	02:02:00	02:02:30	02:03:00	02:03:30	02:04:00	02:04:30	
Std. 4 $L_{(A)33.3}$ [dB]		62,7	58,8	57,6	57,4	56,7	59,0	50,3	58,2	58,2	59,1	59,6	59,1	56,1	59,9	59,2	59,4	60,3	59,4	57,0	58,6	
Std. 4 $L_{(A)95.0}$ [dB]		47,0	46,1	39,3	41,1	45,2	37,7	36,6	39,8	45,2	44,7	45,2	41,9	37,5	37,3	40,2	43,6	43,8	44,5	39,5	43,2	
Std. 4 SNR [dB]		15,7	12,6	18,2	16,3	11,7	21,3	13,8	18,5	13,0	14,4	14,3	17,1	18,5	21,7	19,0	15,8	16,4	14,8	17,5	15,3	
Time Instances		02:05:00	02:05:30	02:06:00	02:06:30	02:07:00	02:07:30	02:08:00	02:08:30	02:09:00	02:09:30	02:10:00	02:10:30	02:11:00	02:11:30	02:12:00	02:12:30	02:13:00	02:13:30	02:14:00	02:14:30	
Std. 4 $L_{(A)33.3}$ [dB]		59,5																				

Time Instances	Mittelwert	03:03:00	03:03:30	03:04:00	03:04:30	03:05:00	03:05:30	03:06:00	03:06:30	03:07:00	03:07:30	03:08:00	03:08:30	03:09:00	03:09:30	03:10:00	03:10:30	03:11:00	03:11:30	03:12:00	03:12:30
Std. 6 L(A)33.3 (dB)	67,7	75,0	79,2	85,1	76,3	70,8	64,6	63,5	62,5	63,9	62,6	59,3	64,6	64,8	61,4	65,4	64,1	69,8	75,0	64,1	64,9
Std. 6 L(A)95.0 (dB)	51,0	60,0	54,9	61,8	56,2	41,9	44,6	39,9	45,8	49,8	45,2	42,3	43,0	45,3	47,1	43,8	48,4	55,2	54,0	50,8	48,6
Std. 6 SNR (dB)	17,5	15,0	24,3	23,3	20,0	28,9	20,1	23,6	16,7	14,0	17,4	17,0	21,6	19,5	14,3	21,6	15,7	14,7	21,0	13,3	16,3
Time Instances		03:13:00	03:13:30	03:14:00	03:14:30	03:15:00	03:15:30	03:16:00	03:16:30	03:17:00	03:17:30	03:18:00	03:18:30	03:19:00	03:19:30	03:20:00	03:20:30	03:21:00	03:21:30	03:22:00	03:22:30
Std. 6 L(A)33.3 (dB)		64,9	62,9	61,8	63,0	61,3	61,7	59,8	62,3	63,5	66,4	66,6	65,3	64,5	67,1	66,2	65,5	66,2	66,9	67,8	67,0
Std. 6 L(A)95.0 (dB)		44,9	45,0	39,6	47,7	44,2	47,5	47,4	51,0	41,4	51,8	50,7	53,3	52,6	54,4	54,2	49,5	50,0	51,4	54,1	54,3
Std. 6 SNR (dB)		20,0	17,9	22,1	15,3	17,1	14,2	12,4	11,4	22,1	14,6	16,0	12,0	11,9	12,7	12,0	16,0	16,1	15,6	13,7	12,7
Time Instances		03:23:00	03:23:30	03:24:00	03:24:30	03:25:00	03:25:30	03:26:00	03:26:30	03:27:00	03:27:30	03:28:00	03:28:30	03:29:00	03:29:30	03:30:00	03:30:30	03:31:00	03:31:30	03:32:00	03:32:30
Std. 6 L(A)33.3 (dB)		66,7	65,9	65,0	63,2	64,2	64,2	64,7	62,3	62,0	64,3	61,2	61,9	65,0	64,9	63,6	68,6	70,9	70,6	68,8	65,8
Std. 6 L(A)95.0 (dB)		55,4	51,3	49,1	49,3	42,5	53,3	46,8	49,2	41,7	50,3	45,4	40,1	46,9	42,1	43,1	46,0	56,7	51,1	52,0	47,8
Std. 6 SNR (dB)		11,3	14,6	16,0	14,0	21,7	10,9	17,9	13,1	20,3	14,0	15,8	21,8	18,1	22,8	20,5	22,6	14,2	19,4	16,8	18,0
Time Instances		03:33:00	03:33:30	03:34:00	03:34:30	03:35:00	03:35:30	03:36:00	03:36:30	03:37:00	03:37:30	03:38:00	03:38:30	03:39:00	03:39:30	03:40:00	03:40:30	03:41:00	03:41:30	03:42:00	03:42:30
Std. 6 L(A)33.3 (dB)		69,6	70,7	63,0	69,2	68,3	66,6	65,5	68,4	67,5	70,1	68,7	68,0	68,3	70,3	60,0	54,5	56,0	57,9	71,9	71,8
Std. 6 L(A)95.0 (dB)		53,0	48,9	42,7	48,9	57,1	52,8	49,1	54,1	55,1	56,4	56,2	52,7	55,6	52,2	50,3	46,1	47,2	46,7	52,6	57,7
Std. 6 SNR (dB)		16,6	21,8	20,3	20,3	11,2	13,9	16,4	14,3	12,4	13,7	12,5	15,3	12,7	18,1	9,7	8,4	8,7	11,3	19,2	14,1
Time Instances		03:43:00	03:43:30																		
Std. 6 L(A)33.3 (dB)		70,5	71,9																		
Std. 6 L(A)95.0 (dB)		53,5	53,3																		
Std. 6 SNR (dB)		17,0	18,6																		
Mittelwert Stimmaufwand Tag 2 [dB]:		62,8				Mittelwert Grundgeräuschpegel Tag 2 [dB]:				47,4				Mittelwert SNR Tag 2 (dB):				16,1			

**Tabelle 22.6:**  $L_{(A)33,3}$ ,  $L_{(A)95,0}$  und SNR Tag 2<sub>ns</sub> Stunde 2 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung)

# 22.4 $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 7, Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8

Time Instances	Mittelwert	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	56,3	62,3	59,3	60,3	62,0	57,9	58,9	56,2	53,7	56,3	57,3	54,3	58,7	55,0	58,9	49,2	54,3	53,4	57,7	60,1	57,5
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	41,8	46,8	44,9	45,5	47,5	45,4	42,3	44,1	46,0	42,2	39,9	34,5	39,8	36,7	35,8	39,7	36,7	37,7	39,7	38,4	40,4
Std. 1 SNR [dB]	15,3	15,7	14,4	14,9	14,6	12,5	16,7	12,3	7,5	14,2	17,4	19,9	19,0	18,5	23,3	9,3	17,7	15,8	18,0	21,9	17,1
Time Instances		00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	52,9	52,7	57,8	57,1	58,1	58,8	56,8	59,2	55,0	57,5	57,6	57,1	56,4	52,7	47,0	44,4	48,2	45,4	42,3	40,3	
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	36,2	30,3	39,5	42,2	40,0	40,2	38,7	42,0	41,9	41,1	39,6	42,0	43,1	44,1	40,0	33,8	35,2	35,8	32,1	32,8	
Std. 1 SNR [dB]	16,7	22,4	18,2	14,9	18,3	18,6	18,1	17,2	13,2	16,7	18,0	15,2	13,6	8,8	7,0	10,9	13,2	9,4	10,2	7,4	
Time Instances		00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	44,8	42,3	48,7	47,3	51,5	53,3	55,3	56,1	57,6	58,6	54,8	58,8	55,8	57,4	55,4	52,0	57,4	56,7	53,7	52,2	
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	35,9	32,7	37,5	37,9	42,7	45,0	45,4	47,8	49,3	50,6	46,9	50,4	40,0	40,2	41,0	37,3	39,6	38,7	38,4	38,4	
Std. 1 SNR [dB]	8,7	9,6	11,3	9,2	8,7	8,4	9,8	8,2	8,4	7,9	7,8	8,3	15,9	17,3	14,5	15,0	18,0	17,9	15,4	13,8	
Time Instances		00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00					
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	54,2	53,5	51,0	49,0	51,3	55,6	54,6	54,5	54,9	54,1	60,5	60,2	60,2	55,5	59,2	71,6					
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	40,4	40,1	37,8	37,9	41,6	38,7	40,6	37,5	39,7	38,6	42,2	44,4	45,2	38,0	37,0	53,9					
Std. 1 SNR [dB]	13,9	13,5	13,1	11,1	9,7	16,9	14,0	17,0	15,4	15,8	18,3	15,8	15,0	17,5	22,3	18,0					
Time Instances		00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:46:00	00:46:30	00:47:00	00:47:30	00:48:00
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	61,9	62,6	56,2	59,4	62,2	59,1	59,4	61,1	62,0	62,6	59,5	60,4	60,4	61,9	62,6	61,0	61,2	60,6	58,9	59,0	60,0
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	48,1	48,7	48,0	48,8	45,8	40,9	43,2	44,0	47,1	37,5	40,2	45,8	43,5	41,4	43,0	44,6	48,5	43,9	39,3	42,0	42,0
Std. 2 SNR [dB]	15,3	13,9	8,2	10,6	16,3	18,1	16,5	17,5	15,1	25,3	19,4	14,6	17,1	20,6	19,7	16,5	12,7	16,8	19,6	17,0	18,1
Time Instances		00:48:00	00:48:30	00:49:00	00:49:30	00:50:00	00:50:30	00:51:00	00:51:30	00:52:00	00:52:30	00:53:00	00:53:30	00:54:00	00:54:30	00:55:00	00:55:30	00:56:00	00:56:30	00:57:00	00:57:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	61,6	57,7	55,8	58,2	64,0	63,2	52,7	58,2	58,0	62,1	64,9	60,4	61,2	65,1	63,7	63,5	54,9	61,3	62,6	66,6	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	46,2	50,0	46,9	46,2	51,0	51,2	42,7	47,7	48,2	48,8	52,0	48,9	51,0	52,3	45,6	49,9	45,0	52,4	51,1	50,9	
Std. 2 SNR [dB]	15,4	7,6	8,9	12,0	13,2	12,0	9,9	10,5	9,9	13,4	13,0	11,6	10,2	12,9	18,1	13,8	9,9	8,8	11,6	15,8	
Time Instances		00:58:00	00:58:30	00:59:00	00:59:30	01:00:00	01:00:30	01:01:00	01:01:30	01:02:00	01:02:30	01:03:00	01:03:30	01:04:00	01:04:30	01:05:00	01:05:30	01:06:00	01:06:30	01:07:00	01:07:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	61,1	61,6	60,2	57,4	61,1	62,1	57,8	53,4	63,7	56,0	57,4	59,2	57,3	53,0	54,4	60,4	56,2	54,5	62,7	61,0	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	44,9	45,5	44,1	38,1	43,1	43,1	38,2	40,1	46,4	40,8	46,1	38,3	40,7	43,5	39,8	44,4	42,9	37,0	42,9	45,3	
Std. 2 SNR [dB]	16,2	16,3	16,1	19,3	18,0	19,2	19,7	13,4	17,4	15,3	11,3	21,1	16,7	9,4	14,6	16,3	13,4	17,5	19,9	16,0	
Time Instances		01:08:00	01:08:30	01:09:00	01:09:30	01:10:00	01:10:30	01:11:00	01:11:30	01:12:00	01:12:30	01:13:00	01:13:30	01:14:00	01:14:30	01:15:00	01:15:30	01:16:00	01:16:30	01:17:00	01:17:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	58,3	62,8	62,6	64,8	66,6	67,2	71,9	71,7	70,3	67,8	66,9	66,8	70,5	64,8	58,5	53,4	51,4	50,9	56,7	58,2	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	38,5	50,9	47,2	51,7	51,9	49,9	61,3	59,5	57,8	55,3	51,3	56,8	59,8	51,6	49,2	44,1	38,3	39,9	40,6	42,6	
Std. 2 SNR [dB]	20,1	11,9	15,6	13,6	14,8	17,4	10,7	12,3	12,6	12,5	15,5	10,1	10,7	13,4	9,1	9,1	13,1	10,6	16,1	15,6	
Time Instances		01:18:00																			
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	64,5																				
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	49,1																				
Std. 2 SNR [dB]	15,4																				
Time Instances		01:18:30	01:19:00	01:19:30	01:20:00	01:20:30	01:21:00	01:21:30	01:22:00	01:22:30	01:23:00	01:23:30	01:24:00	01:24:30	01:25:00	01:25:30	01:26:00	01:26:30	01:27:00	01:27:30	01:28:00
Std. 3 & 4 $L_{(A)33.3}$ [dB]	52,3	63,0	61,4	60,9	61,2	67,2	70,6	67,4	72,2	65,3	70,8	67,2	69,1	68,3	65,1	67,6	61,8	65,9	68,9	65,9	61,7
Std. 3 & 4 $L_{(A)95.0}$ [dB]	42,0	54,5	50,5	46,4	52,0	54,9	57,4	54,5	61,8	52,2	61,6	57,2	58,0	57,9	54,5	57,5	49,4	56,2	57,9	52,2	50,2
Std. 3 & 4 SNR [dB]	8,8	8,4	10,9	14,7	9,2	12,3	13,1	13,1	10,3	13,1	9,1	10,0	11,2	10,4	10,5	10,1	12,3	9,7	9,2	13,7	11,5
Time Instances		01:28:30	01:29:00	01:29:30	01:30:00	01:30:30	01:31:00	01:31:30	01:32:00	01:32:30	01:33:00	01:33:30	01:34:00	01:34:30	01:35:00	01:35:30	01:36:00	01:36:30	01:37:00	01:37:30	01:38:00
Std. 3 & 4 $L_{(A)33.3}$ [dB]	62,1	58,1	58,9	53,5	42,7	41,0	41,3	43,8	42,0	42,6	39,1	41,1	37,2	36,6	36,9	38,1	34,2	43,2	40,0	40,0	
Std. 3 & 4 $L_{(A)95.0}$ [dB]	50,6	47,4	44,7	39,3	34,6	31,7	29,9	33,5	32,0	30,0	28,7	32,0	29,8	30,1	27,1	29,0	27,4	30,8	30,8	30,0	30,9
Std. 3 & 4 SNR [dB]	11,5	10,7	14,3	14,2	8,2	9,3	11,5	10,2	10,0	12,7	10,5	9,2	7,3	6,6	9,9	9,2	6,8	12,4	9,1	9,2	
Time Instances		01:38:30	01:39:00	01:39:30	01:40:00	01:40:30	01:41:00	01:41:30	01:42:00	01:42:30	01:43:00	01:43:30	01:44:00	01:44:30	01:45:00	01:45:30	01:46:00	01:46:30	01:47:00	01:47:30	01:48:00
Std. 3 & 4 $L_{(A)33.3}$ [dB]	39,1	38,3	36,5	39,2	38,8	37,6	39,2	41,4	37,9	36,8	40,1	40,3	40,5	40,3	39,6	39,4	41,2	38,8	39,2	41,9	
Std. 3 & 4 $L_{(A)95.0}$ [dB]	31,6	30,8	29,9	30,0	30,3	30,2	31,8	28,6	29,6	29,5	31,4	29,3	32,6	32,3	28,3	31,9	30,5	31,7	38,3	31,7	33,8
Std. 3 & 4 SNR [dB]	7,5	7,6	6,5	9,3	8,5	7,0	9,2	9,6	9,3	7,2	10,5	9,1	11,2	7,7	7,3	11,1	9,3	8,2	7,6	8,1	
Time Instances		01:48:30	01:49:00	01:49:30	01:50:00	01:50:30	01:51:00	01:51:30	01:52:00	01:52:30	01:53:00	01:53:30	01:54:00	01:54:30	01:55:00	01:55:30	01:56:00	01:56:30	01:57:00	01:57:30	01:58:00
Std. 3 & 4 $L_{(A)33.3}$ [dB]	44,2	39,6	37,3	39,7	39,9	39,4	40,9	39,9	38,0	41,1	38,2	38,4	43,5	41,7	41,3	38,2	41,5	40,8	45,0	41,0	
Std. 3 & 4 $L_{(A)95.0}$ [dB]	32,5	30,6	28,9	31,3	31,8	31,0	33,2	31,5	28,1	30,4	31,2	31,2	34,1	33,2	31,0	29,4	31,2	32,4	36,4	33,0	
Std. 3 & 4 SNR [dB]	11,7	8,9	8,4	8,4	8,1	8,4	7,7	8,3	9,9	10,7	7,0	7,2	9,4	8,5	10,4	8,8	10,3	8,4	8,7	7,9	
Time Instances		01:58:30	01:59:00	01:59:30	02:00:00	02:00:30	02:01:00	02:01:30	02:02:00	02:02:30	02:03:00	02:03:30	02:04:00	02:04:30	02:05:00	02:05:30	02:06:00	02:06:30	02:07:00	02:07:30	02:08:00
Std. 3 & 4 $L_{(A)33.3}$ [dB]	43,1	42,3	41,2	41,4	43,7	40,4	44,0	40,9	41,8	41,6	39,9	43,0	42,3	39,1	40,6	44,4	42,4	42,9	42,2	39,2	
Std. 3 & 4 $L_{(A)95.0}$ [dB]	34,5	35,0	30,9	33,7	35,0	31,3	33,0	30,9	32,3	32,8	29,3	35,1	32,2	32,3	32,8	35,1	34,4	32,4	32,7	31,3	
Std. 3 &																					

Time Instances	Mittelwert	03:17:00	03:17:30	03:18:00	03:18:30	03:19:00	03:19:30	03:20:00	03:20:30	03:21:00	03:21:30	03:22:00	03:22:30	03:23:00	03:23:30	03:24:00	03:24:30	03:25:00	03:25:30	03:26:00	03:26:30	
Std. 5 L(A)33.3 (dB)	62,1	55,6	55,3	55,5	51,9	51,9	56,8	51,3	57,4	62,9	59,6	56,2	55,9	61,4	57,7	59,7	54,9	54,1	51,4	50,9	53,4	
Std. 5 L(A)95.0 (dB)	50,3	34,7	38,2	40,9	36,3	35,8	40,6	38,6	40,7	43,1	45,6	39,0	38,8	39,8	39,4	38,8	40,9	39,1	38,1	39,9	41,4	
Std. 5 SNR (dB)	14,6	21,2	17,0	14,5	15,6	16,1	16,2	12,7	16,6	20,0	14,0	17,2	17,0	21,7	18,3	20,9	14,0	15,0	13,3	11,1	12,4	
Time Instances		03:27:00	03:27:30	03:28:00	03:28:30	03:29:00	03:29:30	03:30:00	03:30:30	03:31:00	03:31:30	03:32:00	03:32:30	03:33:00	03:33:30	03:34:00	03:34:30	03:35:00	03:35:30	03:36:00	03:36:30	
Std. 5 L(A)33.3 (dB)		55,6	54,9	52,6	54,9	51,9	57,3	57,2	57,5	56,8	66,3	61,4	58,9	60,3	60,1	61,7	62,2	61,1	58,5	64,2	61,9	
Std. 5 L(A)95.0 (dB)		43,5	43,0	42,7	45,1	42,4	43,4	45,2	44,3	39,3	49,3	50,6	46,7	45,6	47,6	49,1	52,3	48,2	46,8	50,9	50,7	
Std. 5 SNR (dB)		12,6	11,8	10,0	10,0	10,0	13,9	12,0	13,2	17,6	17,0	10,7	12,5	14,6	12,4	12,6	9,7	13,0	11,7	13,4	11,1	
Time Instances		03:37:00	03:37:30	03:38:00	03:38:30	03:39:00	03:39:30	03:40:00	03:40:30	03:41:00	03:41:30	03:42:00	03:42:30	03:43:00	03:43:30	03:44:00	03:44:30	03:45:00	03:45:30	03:46:00	03:46:30	
Std. 5 L(A)33.3 (dB)		64,9	59,2	63,9	64,3	63,9	64,4	63,5	67,2	64,6	64,5	64,2	63,3	64,9	63,6	66,4	64,1	63,2	62,1	66,6	63,7	
Std. 5 L(A)95.0 (dB)		54,2	41,7	54,7	56,9	54,2	57,6	52,5	59,8	52,8	41,9	35,2	36,9	59,5	48,7	55,7	49,3	47,6	45,8	53,9	48,7	
Std. 5 SNR (dB)		10,7	17,5	9,1	7,3	9,7	6,7	11,0	7,3	11,7	22,6	29,5	26,6	5,3	14,8	10,9	14,8	15,6	16,2	12,6	14,8	
Time Instances		03:47:00	03:47:30	03:48:00	03:48:30	03:49:00	03:49:30	03:50:00	03:50:30	03:51:00	03:51:30	03:52:00	03:52:30	03:53:00	03:53:30	03:54:00	03:54:30	03:55:00	03:55:30	03:56:00	03:56:30	
Std. 5 L(A)33.3 (dB)		64,2	64,1	63,8	64,8	65,2	65,0	65,3	67,5	64,9	64,7	64,4	65,8	63,9	64,3	65,4	65,8	65,8	65,2	64,3	65,5	
Std. 5 L(A)95.0 (dB)		46,0	50,6	56,0	55,7	56,2	57,7	53,6	55,5	54,0	55,3	55,5	58,0	52,3	52,2	56,2	51,6	58,0	52,0	54,4	57,3	
Std. 5 SNR (dB)		18,2	13,4	7,9	9,0	9,0	7,3	11,8	11,9	10,8	9,4	8,9	7,7	11,7	12,2	9,2	14,2	7,8	13,1	9,8	8,2	
Time Instances		03:57:00	03:57:30																			
Std. 5 L(A)33.3 (dB)		64,3	66,3																			
Std. 5 L(A)95.0 (dB)		52,8	52,6																			
Std. 5 SNR (dB)		11,6	13,7																			
Time Instances	Mittelwert	03:58:00	03:58:30	03:59:00	03:59:30	04:00:00	04:00:30	04:01:00	04:01:30	04:02:00	04:02:30	04:03:00	04:03:30	04:04:00	04:04:30	04:05:00	04:05:30	04:06:00	04:06:30	04:07:00	04:07:30	
Std. 6 L(A)33.3 (dB)		55,9	65,5	65,7	61,6	60,7	56,8	55,8	60,0	57,4	57,1	53,1	53,1	52,8	55,8	54,0	55,9	60,1	56,2	49,7	52,5	53,8
Std. 6 L(A)95.0 (dB)		41,2	56,5	47,2	48,5	43,5	42,7	43,4	46,9	45,0	40,9	37,5	36,0	40,6	37,2	41,9	41,9	44,5	43,8	37,3	34,1	37,4
Std. 6 SNR (dB)		16,0	9,1	18,5	13,2	17,2	14,1	12,4	13,2	12,3	16,0	15,6	17,0	12,5	18,6	12,2	14,0	15,6	12,5	12,4	18,4	16,4
Time Instances		04:08:00	04:08:30	04:09:00	04:09:30	04:10:00	04:10:30	04:11:00	04:11:30	04:12:00	04:12:30	04:13:00	04:13:30	04:14:00	04:14:30	04:15:00	04:15:30	04:16:00	04:16:30	04:17:00	04:17:30	
Std. 6 L(A)33.3 (dB)		56,7	56,1	54,9	53,7	53,4	52,6	53,1	53,1	54,8	55,6	54,8	54,9	54,8	54,5	54,3	54,9	50,1	51,1	50,2	55,5	
Std. 6 L(A)95.0 (dB)		40,4	41,3	41,5	37,4	40,4	37,4	37,3	33,7	40,7	45,4	43,8	41,7	35,7	42,1	35,2	37,8	30,3	29,3	32,4	39,7	
Std. 6 SNR (dB)		16,2	14,9	13,4	16,5	12,9	15,1	15,7	19,4	14,2	10,1	11,0	13,2	19,0	12,4	19,1	17,2	19,9	21,7	18,0	15,9	
Time Instances		04:18:00	04:18:30	04:19:00	04:19:30	04:20:00	04:20:30	04:21:00	04:21:30	04:22:00												
Std. 6 L(A)33.3 (dB)		55,2	50,0	54,1	52,3	54,5	54,0	55,9	52,0	54,9												
Std. 6 L(A)95.0 (dB)		37,6	32,9	42,6	32,8	35,9	36,2	37,2	35,1	37,6												
Std. 6 SNR (dB)		17,7	17,2	11,4	19,7	18,5	17,7	18,9	16,9	17,2												
Mittelwert Stimmaufwand Tag 7 (dB):		57,3																				
Mittelwert Grundgeräuschpegel Tag 7 (dB):										44,9												
Mittelwert SNR Tag 7 (dB):														12,9								

**Tabelle 22.8:**  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR Tag 7<sub>s</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung)

# 22.5 $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 3<sub>ns</sub> Stunde 1 bis 5, Mittelwert MP 1 bis 8

Time Instances	Mittelwert	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	62,3	64,9	63,7	68,8	69,6	67,0	64,0	58,9	40,9	41,0	64,3	65,0	65,3	56,9	56,1	63,4	55,0	66,9	70,6	67,2	63,6
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	48,3	51,7	49,1	54,1	53,9	51,3	49,4	38,8	31,9	33,3	50,3	47,9	45,4	34,4	38,3	35,2	34,9	52,5	57,8	53,9	53,4
Std. 1 SNR [dB]	15,2	13,3	14,7	14,8	15,8	15,7	14,6	20,1	9,0	7,7	14,1	17,1	20,0	22,4	17,9	28,2	20,0	14,5	12,8	13,3	10,2
Time Instances		00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]		62,5	66,0	63,7	64,6	69,0	72,2	72,0	62,5	48,8	37,7	41,8	48,9	44,0	51,5	41,2	37,0	35,3	32,9	36,3	43,6
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]		47,2	50,0	50,1	47,6	50,5	62,8	57,0	44,7	36,4	30,5	30,3	39,9	32,5	33,2	33,0	32,2	31,8	30,7	30,0	36,4
Std. 1 SNR [dB]		15,2	16,0	13,7	17,1	18,5	9,4	15,1	17,8	12,4	7,1	11,5	9,0	11,5	18,3	8,2	4,7	3,6	2,2	6,3	7,2
Time Instances		00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30						
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]		44,4	46,8	51,4	56,5	47,0	49,5	49,4	51,4	54,0	67,3	63,3	64,7	65,4	77,7						
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]		35,1	34,6	39,7	42,8	33,8	36,0	39,4	40,0	43,0	49,3	45,1	42,9	42,1	68,3						
Std. 1 SNR [dB]		9,2	12,2	11,6	13,7	13,2	13,5	10,0	11,3	11,1	18,1	18,3	21,8	23,4	9,4						
Time Instances	Mittelwert	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	65,8	73,0	70,4	73,6	76,8	78,1	77,6	79,1	70,1	70,4	69,5	67,1	67,2	69,7	71,5	66,5	69,6	70,6	64,2	65,5	64,8
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	53,2	58,8	60,2	63,9	68,1	71,6	69,1	72,9	58,0	59,1	51,4	50,2	54,1	51,8	56,2	52,6	55,7	51,5	45,8	51,5	47,7
Std. 2 SNR [dB]	15,1	14,2	10,2	9,7	8,7	6,4	8,4	6,2	12,1	11,3	18,2	16,8	13,1	17,9	15,3	14,0	13,9	19,2	18,4	14,0	17,1
Time Instances		00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		59,6	63,3	56,3	65,7	52,7	55,2	57,8	52,8	48,8	49,2	53,0	55,3	49,9	46,6	54,8	60,6	62,9	62,7	64,3	67,8
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		50,3	48,8	44,8	39,8	40,5	42,7	44,3	41,9	37,4	41,6	44,1	43,0	38,4	37,1	45,7	48,6	54,5	50,5	49,7	50,3
Std. 2 SNR [dB]		9,3	14,5	11,5	25,9	12,2	12,5	13,6	10,9	11,4	7,6	8,9	12,3	11,5	9,5	9,1	12,0	8,5	12,2	14,7	17,5
Time Instances		00:47:00	00:47:30	00:48:00	00:48:30	00:49:00	00:49:30	00:50:00	00:50:30	00:51:00	00:51:30	00:52:00	00:52:30	00:53:00	00:53:30	00:54:00	00:54:30	00:55:00	00:55:30	00:56:00	00:56:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		63,1	58,4	62,9	62,1	66,7	60,6	60,4	64,1	68,7	66,2	64,7	62,1	61,0	63,6	60,3	62,6	59,8	58,5	61,6	58,6
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		45,6	43,9	43,2	48,1	48,0	44,8	47,8	48,8	52,6	49,1	47,2	44,6	44,9	44,2	44,5	44,9	41,9	43,2	46,9	41,8
Std. 2 SNR [dB]		17,5	14,6	19,9	14,1	18,7	15,8	12,6	15,4	16,2	17,0	17,5	17,4	16,1	19,5	15,8	17,8	17,8	15,3	14,7	16,8
Time Instances		00:57:00	00:57:30	00:58:00	00:58:30	00:59:00	00:59:30	01:00:00	01:00:30	01:01:00	01:01:30	01:02:00	01:02:30	01:03:00	01:03:30	01:04:00	01:04:30	01:05:00	01:05:30	01:06:00	01:06:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		65,6	63,4	63,2	60,0	68,0	66,1	64,2	61,5	63,3	63,3	58,0	55,0	56,7	65,2	63,3	64,9	61,3	63,9	64,3	64,2
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		53,3	50,0	48,6	47,1	54,4	53,2	50,2	51,2	48,3	45,6	40,9	43,1	42,5	49,7	43,8	51,1	43,0	43,4	48,1	49,9
Std. 2 SNR [dB]		12,3	13,3	14,6	12,9	13,6	12,8	14,0	10,3	15,0	17,7	17,1	11,9	14,2	15,5	19,5	13,9	18,4	20,4	16,2	14,2
Time Instances		01:07:00	01:07:30	01:08:00																	
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		66,8	67,6	73,4																	
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		49,5	49,9	53,7																	
Std. 2 SNR [dB]		17,3	17,7	19,8																	
Time Instances	Mittelwert	01:08:30	01:09:00	01:09:30	01:10:00	01:10:30	01:11:00	01:11:30	01:12:00	01:12:30	01:13:00	01:13:30	01:14:00	01:14:30	01:15:00	01:15:30	01:16:00	01:16:30	01:17:00	01:17:30	01:18:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]	69,0	77,6	72,2	67,8	70,3	74,6	74,4	79,6	72,1	69,7	65,5	65,5	72,8	81,9	75,3	69,5	69,6	67,8	63,4	62,7	60,7
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]	53,9	68,3	61,3	55,1	52,4	58,7	59,2	63,0	57,9	57,6	53,5	54,3	57,4	73,0	62,4	57,2	58,9	48,1	44,5	47,1	44,5
Std. 3 SNR [dB]	16,5	9,3	10,9	12,7	17,9	15,9	15,3	16,7	14,2	12,2	12,0	11,3	15,4	8,9	13,0	12,3	10,7	19,7	19,0	15,6	16,2
Time Instances		01:18:30	01:19:00	01:19:30	01:20:00	01:20:30	01:21:00	01:21:30	01:22:00	01:22:30	01:23:00	01:23:30	01:24:00	01:24:30	01:25:00	01:25:30	01:26:00	01:26:30	01:27:00	01:27:30	01:28:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		63,1	61,2	61,8	61,3	62,2	61,9	63,4	62,0	63,7	62,5	62,1	62,7	64,2	61,9	61,2	62,6	62,1	61,4	61,4	63,0
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		46,7	45,2	47,5	44,6	45,8	46,2	44,9	44,4	43,6	42,6	44,2	44,1	46,3	43,9	44,5	46,8	46,4	44,2	42,5	45,8
Std. 3 SNR [dB]		16,4	16,0	14,2	16,7	16,3	15,6	18,5	17,7	20,0	19,9	17,8	18,7	17,9	18,0	16,7	15,8	15,6	17,2	18,9	17,2
Time Instances		01:28:30	01:29:00	01:29:30	01:30:00	01:30:30	01:31:00	01:31:30	01:32:00	01:32:30	01:33:00	01:33:30	01:34:00	01:34:30	01:35:00	01:35:30	01:36:00	01:36:30	01:37:00	01:37:30	01:38:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		62,1	63,2	63,2	63,6	62,4	63,2	62,1	61,6	62,4	62,5	62,2	62,3	62,3	62,4	62,0	61,7	62,0	61,6	61,6	61,9
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		45,6	45,2	45,3	44,7	44,3	46,1	44,1	44,1	49,4	50,7	48,5	48,8	48,3	48,6	48,3	48,5	45,2	48,1	51,0	48,2
Std. 3 SNR [dB]		16,4	17,9	17,9	18,8	18,1	17,1	19,1	17,5	13,0	11,8	13,7	13,4	14,0	13,7	13,6	13,1	16,8	13,4	10,6	13,8
Time Instances		01:38:30	01:39:00	01:39:30	01:40:00	01:40:30	01:41:00	01:41:30	01:42:00	01:42:30	01:43:00	01:43:30	01:44:00	01:44:30	01:45:00	01:45:30	01:46:00	01:46:30	01:47:00	01:47:30	01:48:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		61,6	61,4	78,5	65,5	61,6	62,9	63,4	69,5	75,0	67,6	65,8	63,6	66,6	68,5	66,0	73,4	77,0	69,4	69,2	77,9
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		49,9	45,5	55,0	49,9	47,5	48,5	45,6	44,3	59,0	51,3	53,9	48,4	49,1	51,4	52,4	55,0	63,2	47,7	51,1	55,8
Std. 3 SNR [dB]		11,7	15,9	23,7	15,6	14,1	14,5	17,9	25,2	16,1	16,3	11,8	15,2	17,5	17,2	13,6	18,5	13,8	21,8	18,1	22,1
Time Instances		01:48:30	01:49:00	01:49:30	01:50:00	01:50:30	01:51:00	01:51:30	01:52:00	01:52:30	01:53:00	01:53:30	01:54:00	01:54:30							
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		76,4	77,5	68,2	63,5	64,9	66,7	70,7	70,7	68,5	74,3	74,8	66,6	85,2							
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		61,1	67,1	53,5	49,0	49,1	48,3	51,6	53,4	45,1	54,0	61,1	51,8	66,9							
Std. 3 SNR [dB]		15,3	10,4	14,8	14,5	15,9	18,4	19,1	17,3	23,4	20,5	13,8	14,8	18,2							
Time Instances	Mittelwert	01:55:00	01:55:30	01:56:00	01:56:30	01:57:00	01:57:30	01:58:00	01:58:30	01:59:00	01:59:30	02:00:00	02:00:30	02:01:00	02:01:30	02:02:00	02:02:30	02:03:00	02:03:30	02:04:00	02:04:30
Std. 4 $L_{(A)33.3}$ [dB]	73,4	68,2	69,7	72,8	68,3	70,0	69,4	65,2	66,5	69,5	70,0	69,8	67,8	68,3	70,2	69,7	72,1	72,3	69,2	67,4	70,6
Std. 4 $L_{(A)95.0}$ [dB]	63,3	54,5	57,8	59,9	55,3	56,3	55,7	51,6	50,8	54,8	53,1	55,7	52,5	50,4	54,0	53,6	57,3	61,4	59,9	54,0	61,2
Std. 4 SNR [dB]	11,9	13,6	12,0	12,9	12,9	13															

Time Instances	Mittelwert	02:38:00	02:38:30	02:39:00	02:39:30	02:40:00	02:40:30	02:41:00	02:41:30	02:42:00	02:42:30	02:43:00	02:43:30	02:44:00	02:44:30	02:45:00	02:45:30	02:46:00	02:46:30	02:47:00	02:47:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]	74,5	76,3	73,7	70,1	74,3	74,1	70,8	72,4	71,3	71,0	73,9	76,5	77,1	76,0	70,9	71,9	69,5	73,0	74,0	78,8	72,9
Std. 5 L(A)95.0 [dB]	63,1	63,2	60,9	58,6	62,8	61,6	58,1	63,0	57,3	58,3	56,2	65,4	66,2	65,8	58,5	53,9	57,4	57,8	62,5	71,0	61,0
Std. 5 SNR [dB]	13,1	13,1	12,8	11,5	11,5	12,5	12,8	9,4	14,0	12,7	17,8	11,1	11,0	10,2	12,5	18,0	12,2	15,2	11,6	7,8	11,9
Time Instances		02:48:00	02:48:30	02:49:00	02:49:30	02:50:00	02:50:30	02:51:00	02:51:30	02:52:00	02:52:30	02:53:00	02:53:30	02:54:00	02:54:30	02:55:00	02:55:30	02:56:00	02:56:30	02:57:00	02:57:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		70,6	69,5	71,3	70,3	73,4	74,9	76,3	76,7	75,3	76,4	78,3	78,2	72,0	73,2	71,6	70,1	69,3	71,6	71,8	73,2
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		60,9	58,7	61,9	62,2	57,8	67,6	66,1	64,7	67,0	67,5	68,0	68,0	56,5	61,8	57,2	57,6	54,8	58,9	60,8	56,9
Std. 5 SNR [dB]		9,7	10,9	9,5	8,1	15,7	7,4	10,1	12,0	8,4	8,9	10,8	10,2	15,5	11,4	14,4	12,5	14,5	12,8	11,0	16,3
Time Instances		02:58:00	02:58:30	02:59:00	02:59:30	03:00:00	03:00:30	03:01:00	03:01:30	03:02:00	03:02:30	03:03:00	03:03:30	03:04:00	03:04:30	03:05:00	03:05:30	03:06:00	03:06:30	03:07:00	03:07:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		73,7	75,9	74,9	75,7	74,6	75,4	70,2	74,3	72,8	75,7	77,3	77,3	79,8	81,5	77,9	79,7	80,7	82,8	83,8	75,2
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		59,3	65,0	61,8	64,5	60,2	60,5	54,5	62,2	62,8	62,8	68,4	68,5	74,0	74,7	67,2	71,6	73,6	74,4	69,7	63,2
Std. 5 SNR [dB]		14,4	11,0	13,2	11,1	14,4	14,9	15,7	12,1	10,1	13,0	9,0	8,8	5,8	6,8	10,7	8,1	7,2	8,3	14,1	12,0
Time Instances		03:08:00	03:08:30	03:09:00	03:09:30	03:10:00	03:10:30	03:11:00	03:11:30	03:12:00	03:12:30	03:13:00	03:13:30	03:14:00	03:14:30	03:15:00	03:15:30	03:16:00	03:16:30	03:17:00	03:17:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		73,4	64,6	72,8	66,6	58,5	58,3	61,9	74,4	71,3	71,7	69,6	69,6	67,1	65,7	70,2	76,6	76,0	72,7	74,1	74,6
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		56,2	50,9	53,1	52,6	46,2	49,7	46,5	50,7	52,5	56,7	55,2	55,6	52,2	49,9	54,3	67,0	64,3	59,2	57,1	63,9
Std. 5 SNR [dB]		17,2	13,7	19,7	14,0	12,3	8,6	15,4	23,7	18,8	15,0	14,5	14,0	14,9	15,8	15,9	9,6	11,7	13,5	17,0	10,7
Time Instances		03:18:00	03:18:30	03:19:00	03:19:30	03:20:00	03:20:30	03:21:00	03:21:30	03:22:00	03:22:30	03:23:00	03:23:30	03:24:00							
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		75,3	69,0	71,3	74,7	73,1	69,4	70,3	69,7	71,9	74,0	76,3	77,3	86,8							
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		64,9	56,5	56,0	62,6	55,8	57,2	54,6	59,5	60,3	59,5	65,4	69,4	71,7							
Std. 5 SNR [dB]		10,4	12,5	15,3	12,2	17,4	12,2	15,8	10,3	11,6	14,7	10,9	7,9	15,0							
Mittelwert Stimmumfang Tag 3 [dB]:					70,6						58,8										
Mittelwert Grundgeräuschpegel Tag 3 [dB]:																					
Mittelwert SNR Tag 3 [dB]:																					14,5

**Tabelle 22.10:**  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR Tag 3<sub>ns</sub> Stunde 1 bis 5, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung)

# 22.6 $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 8, Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8

Time Instances	Mittelwert	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	60,0	62,5	62,4	65,0	60,4	61,3	60,4	62,5	58,6	56,8	58,8	55,7	58,7	58,0	60,3	53,6	57,9	55,1	55,1	57,8	55,3
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	42,8	48,0	42,0	49,5	46,6	48,4	44,1	43,3	43,3	37,8	37,6	40,5	38,7	42,7	41,4	38,9	41,0	32,7	37,6	43,1	37,5
Std. 1 SNR [dB]	19,9	14,7	20,3	15,6	13,8	12,9	16,2	19,4	15,4	19,1	21,2	15,3	19,9	15,2	19,2	14,5	17,0	22,4	17,4	14,7	17,9
Time Instances		00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30	00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]		54,4	59,6	58,4	60,7	60,7	58,5	62,1	65,6	64,5	62,4	62,6	64,2	67,6	65,2	64,0	67,3	66,5	63,6	62,7	63,5
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]		38,8	46,9	40,1	45,9	45,6	42,3	49,3	51,0	49,9	46,3	37,3	41,2	48,9	43,9	52,2	48,4	42,0	39,5	43,3	39,5
Std. 1 SNR [dB]		15,6	12,6	18,4	14,8	15,1	16,2	12,8	14,6	14,6	16,1	25,2	23,0	18,7	21,3	11,7	18,9	24,7	24,4	19,3	24,2
Time Instances		00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30	00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]		61,4	63,2	56,3	48,6	41,1	30,3	36,4	34,0	31,1	53,0	58,6	61,3	58,7	57,6	58,8	57,5	59,1	57,0	55,5	53,9
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]		44,5	46,4	41,9	28,3	25,6	25,4	27,6	24,9	24,1	28,9	40,0	42,3	43,7	36,8	34,4	34,1	36,8	30,4	29,4	29,8
Std. 1 SNR [dB]		17,0	16,9	14,4	20,2	15,4	4,9	8,7	9,0	7,0	24,1	18,6	19,3	15,0	20,7	24,4	23,3	22,2	26,5	26,0	24,0
Time Instances		00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30	00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]		59,9	58,4	60,0	57,0	56,5	54,1	60,2	62,6	63,6	66,7	61,3	59,1	58,2	61,8	58,7	61,8	62,1	57,5	60,3	60,9
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]		30,8	39,4	41,4	31,0	35,8	38,8	38,0	32,8	36,6	43,9	41,8	36,2	37,4	43,4	39,8	46,5	46,8	34,1	38,3	43,6
Std. 1 SNR [dB]		29,1	18,9	18,5	26,0	20,7	15,3	22,2	28,9	20,0	23,0	19,8	23,0	21,1	18,4	19,3	15,5	15,2	23,6	22,1	17,4
Time Instances		00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30										
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]		62,1	58,6	54,0	53,1	52,7	58,5	52,1	50,4	53,4	69,6										
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]		42,0	32,1	34,8	31,6	29,4	33,8	33,9	31,3	29,3	65,8										
Std. 1 SNR [dB]		20,3	26,9	19,1	21,4	23,2	24,8	18,1	18,9	24,1	3,8										
Time Instances		00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30	00:47:00	00:47:30	00:48:00	00:48:30	00:49:00	00:49:30	00:50:00	00:50:30	00:51:00	00:51:30	00:52:00	00:52:30	00:53:00	00:53:30	00:54:00	00:54:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	Mittelwert	61,2	59,9	62,9	65,0	62,1	56,1	63,1	64,7	56,7	63,3	59,7	62,6	62,6	60,4	60,6	62,3	60,3	59,3	57,9	58,9
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		47,8	47,5	49,9	51,6	50,2	44,8	48,6	46,7	41,0	43,7	44,8	45,5	42,4	43,0	49,1	43,4	41,0	37,0	42,1	40,9
Std. 2 SNR [dB]		15,1	12,4	13,0	13,3	12,0	11,4	14,8	18,0	15,6	19,7	15,0	17,1	20,2	17,5	11,5	18,9	19,4	22,3	15,8	18,0
Time Instances		00:55:00	00:55:30	00:56:00	00:56:30	00:57:00	00:57:30	00:58:00	00:58:30	00:59:00	00:59:30	01:00:00	01:00:30	01:01:00	01:01:30	01:02:00	01:02:30	01:03:00	01:03:30	01:04:00	01:04:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		62,8	57,2	61,1	60,2	56,7	60,9	60,4	57,6	59,3	59,7	58,5	62,3	60,6	59,1	60,6	63,0	60,8	61,4	58,1	65,9
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		48,6	42,7	48,2	41,9	42,1	40,9	42,2	36,8	44,8	42,2	44,4	42,3	44,1	44,2	38,6	42,3	44,9	48,3	46,4	49,1
Std. 2 SNR [dB]		14,6	14,4	13,0	18,4	14,5	20,1	18,2	20,8	14,6	17,4	14,2	18,6	16,5	14,9	22,0	20,7	16,0	13,1	12,5	16,7
Time Instances		01:05:00	01:05:30	01:06:00	01:06:30	01:07:00	01:07:30	01:08:00	01:08:30	01:09:00	01:09:30	01:10:00	01:10:30	01:11:00	01:11:30	01:12:00	01:12:30	01:13:00	01:13:30	01:14:00	01:14:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		62,1	60,6	58,5	60,2	63,0	61,4	59,5	60,4	59,3	58,7	53,2	59,7	59,3	62,7	63,4	59,2	59,2	60,2	58,5	57,5
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		45,5	40,7	42,5	45,0	48,7	53,7	49,5	50,5	49,2	47,3	43,5	49,1	49,8	54,5	53,3	48,7	49,7	48,0	46,2	40,4
Std. 2 SNR [dB]		16,7	19,8	16,0	15,1	14,4	7,6	10,1	9,8	10,1	11,2	9,5	10,6	9,4	8,3	10,1	10,5	9,3	12,0	12,2	16,9
Time Instances		01:15:00	01:15:30	01:16:00	01:16:30	01:17:00	01:17:30	01:18:00	01:18:30	01:19:00	01:19:30	01:20:00	01:20:30	01:21:00	01:21:30	01:22:00	01:22:30	01:23:00	01:23:30	01:24:00	01:24:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		61,0	60,2	61,9	62,7	58,3	54,0	45,8	42,0	43,7	53,8	54,1	50,3	57,8	60,8	54,0	52,7	61,9	63,1	62,2	61,0
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		47,4	43,1	42,1	53,3	46,1	35,4	34,8	34,3	32,9	39,2	45,2	39,5	44,7	48,3	42,3	42,5	52,0	50,5	49,8	49,5
Std. 2 SNR [dB]		13,5	17,1	19,9	9,5	12,3	18,7	11,0	7,7	10,9	14,6	8,8	10,8	13,1	12,4	11,6	10,1	9,9	12,6	12,4	11,4
Time Instances		01:25:00	01:25:30	01:26:00	01:26:30	01:27:00	01:27:30	01:28:00	01:28:30	01:29:00	01:29:30	01:30:00									
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		62,9	62,5	66,0	66,3	67,1	66,7	67,1	67,2	67,6	64,8	71,3									
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		49,2	51,8	56,2	56,5	56,4	55,7	56,9	55,7	57,8	48,0	43,8									
Std. 2 SNR [dB]		12,8	10,6	9,9	9,7	10,6	11,0	10,0	11,3	9,8	16,9	27,7									
Time Instances		01:30:00	01:31:00	01:31:30	01:32:00	01:32:30	01:33:00	01:33:30	01:34:00	01:34:30	01:35:00	01:35:30	01:36:00	01:36:30	01:37:00	01:37:30	01:38:00	01:38:30	01:39:00	01:39:30	01:40:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]	Mittelwert	65,3	71,1	69,0	68,9	72,1	73,9	69,8	58,0	51,0	48,8	53,7	51,5	52,4	51,3	51,6	52,6	51,9	50,8	50,4	51,0
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		50,2	59,4	59,2	59,4	61,9	60,8	55,7	44,3	36,7	34,5	41,6	36,7	40,7	36,3	36,0	32,0	34,8	36,1	34,9	35,6
Std. 3 SNR [dB]		17,6	11,7	9,8	9,6	10,3	13,2	14,3	13,7	14,2	14,6	12,3	14,9	11,8	15,1	15,5	19,4	17,7	15,8	14,9	17,3
Time Instances		01:40:00	01:41:00	01:41:30	01:42:00	01:42:30	01:43:00	01:43:30	01:44:00	01:44:30	01:45:00	01:45:30	01:46:00	01:46:30	01:47:00	01:47:30	01:48:00	01:48:30	01:49:00	01:49:30	01:50:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		50,9	51,7	49,7	50,5	49,3	48,9	51,2	52,9	51,7	51,7	50,5	48,0	62,1	67,0	55,9	61,5	60,0	59,8	58,6	69,8
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		35,4	34,3	32,2	34,6	33,8	33,7	37,2	38,8	36,3	37,1	36,9	40,4	48,5	46,5	40,1	40,9	47,8	47,6	45,1	51,9
Std. 3 SNR [dB]		15,5	17,2	17,5	15,9	15,3	15,3	14,1	14,1	15,6	14,7	13,6	43,8	13,5	20,6	16,1	20,6	12,2	12,1	13,6	18,2
Time Instances		01:50:00	01:51:00	01:51:30	01:52:00	01:52:30	01:53:00	01:53:30	01:54:00	01:54:30	01:55:00	01:55:30	01:56:00	01:56:30	01:57:00	01:57:30	01:58:00	01:58:30	01:59:00	01:59:30	02:00:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		57,9	63,9	69,4	76,5	70,2	70,5	72,0	71,6	70,7	68,9	72,8	69,1	64,4	64,5	60,9	65,3	71,1	72,3	56,3	50,5
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		40,2	40,9	51,1	56,1	55,2	54,4	60,6	58,0	60,4	58,5	63,6	56,0	50,4	46,3	44,7	47,7	54,0	57,1	44,2	40,6
Std. 3 SNR [dB]		18,0	22,9	18,2	20,3	15,1	16,2	11,4	13,6	10,2	10,3	9,2	13,1	14,1	18,4	16,2	17,6	17,2	15,2	12,2	10,0
Time Instances		02:00:00	02:01:00	02:01:30	02:02:00	02:02:30	02:03:00	02:03:30	02:04:00	02:04:30	02:05:00	02:05:30	02:06:00	02:06:30	02:07:00	02:07:30	02:08:00	02:08:30	02:09:00	02:09:30	02:10:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		65,9	62,2	55,0	56,7	58,6	67,0	61,7	56,8	59,1	61,7	55,7	54,6	63,6	64,7	70,5	60,5	61,8	70,8	71,5	
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		47,1	41,9	42,6	41,7																

Time Instances	Mittelwert	03:00:00	03:00:30	03:01:00	03:01:30	03:02:00	03:02:30	03:03:00	03:03:30	03:04:00	03:04:30	03:05:00	03:05:30	03:06:00	03:06:30	03:07:00	03:07:30	03:08:00	03:08:30	03:09:00	03:09:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]	63,8	66,5	63,8	60,0	55,9	52,8	50,9	52,7	51,1	53,7	49,3	49,0	56,0	51,4	53,0	49,9	54,2	55,6	57,8	59,0	
Std. 5 L(A)95.0 [dB]	50,9	50,5	52,2	44,5	46,1	43,6	38,6	40,2	40,0	39,3	35,7	35,3	35,9	37,3	39,0	42,5	33,9	37,9	39,8	43,1	38,3
Std. 5 SNR [dB]	14,9	16,1	11,6	15,6	9,8	9,2	12,3	12,6	11,2	14,2	13,7	13,1	18,9	12,5	10,6	16,0	16,2	15,9	14,8	20,7	
Time Instances		03:10:00	03:10:30	03:11:00	03:11:30	03:12:00	03:12:30	03:13:00	03:13:30	03:14:00	03:14:30	03:15:00	03:15:30	03:16:00	03:16:30	03:17:00	03:17:30	03:18:00	03:18:30	03:19:00	03:19:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		56,2	59,8	53,5	57,3	52,8	56,0	62,2	59,6	57,4	58,2	59,5	62,5	58,2	62,2	63,4	60,9	58,4	58,8	58,5	58,9
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		42,4	44,4	35,2	41,5	39,3	41,5	47,4	43,6	43,1	42,2	42,7	46,5	43,1	42,7	48,3	47,4	45,9	44,5	44,4	41,7
Std. 5 SNR [dB]		13,8	15,4	18,4	15,8	13,6	14,5	14,9	16,0	14,5	16,1	16,7	16,1	15,2	19,6	15,1	13,4	12,5	14,3	14,2	17,6
Time Instances		03:20:00	03:20:30	03:21:00	03:21:30	03:22:00	03:22:30	03:23:00	03:23:30	03:24:00	03:24:30	03:25:00	03:25:30	03:26:00	03:26:30	03:27:00	03:27:30	03:28:00	03:28:30	03:29:00	03:29:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		57,0	55,2	53,4	60,4	57,0	62,6	63,3	61,0	63,7	64,5	65,4	72,2	68,6	67,8	64,0	64,7	70,9	67,7	67,1	67,9
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		46,7	40,5	40,7	44,0	39,2	50,1	50,4	45,3	46,2	49,1	51,8	63,6	59,0	56,1	53,4	56,6	61,1	56,7	52,6	56,0
Std. 5 SNR [dB]		10,3	14,7	12,7	16,7	17,8	12,5	13,1	15,8	17,6	15,5	13,7	8,5	9,5	11,7	10,7	8,1	9,8	11,0	14,4	11,9
Time Instances		03:30:00	03:30:30	03:31:00	03:31:30	03:32:00	03:32:30	03:33:00	03:33:30	03:34:00	03:34:30	03:35:00	03:35:30	03:36:00	03:36:30	03:37:00	03:37:30	03:38:00	03:38:30	03:39:00	03:39:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		58,9	68,5	72,4	69,6	72,2	65,4	64,6	64,1	65,9	68,8	66,2	58,3	65,8	64,5	65,4	68,2	66,0	61,1	61,5	64,8
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		44,4	52,8	64,2	60,1	54,1	49,7	49,1	50,0	50,2	55,0	51,3	39,0	43,8	45,5	46,1	51,6	42,5	42,3	40,7	47,8
Std. 5 SNR [dB]		14,6	15,7	8,1	9,5	18,1	15,8	15,6	14,2	15,9	14,9	15,0	19,3	22,1	19,2	19,4	17,0	23,7	18,9	21,1	17,0
Time Instances		03:40:00	03:40:30	03:41:00	03:41:30	03:42:00	03:42:30	03:43:00	03:43:30	03:44:00	03:44:30	03:45:00	03:45:30								
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		66,7	63,6	59,7	57,8	67,0	68,7	66,7	67,9	72,8	70,7	78,3									
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		53,4	49,2	45,8	43,7	57,7	59,1	59,3	57,4	63,4	61,8	63,3									
Std. 5 SNR [dB]		13,4	14,9	14,0	14,2	10,2	7,8	9,4	9,2	10,2	9,3	8,9	15,0								
Time Instances	Mittelwert	03:46:00	03:46:30	03:47:00	03:47:30	03:48:00	03:48:30	03:49:00	03:49:30	03:50:00	03:50:30	03:51:00	03:51:30	03:52:00	03:52:30	03:53:00	03:53:30	03:54:00	03:54:30	03:55:00	03:55:30
Std. 6 L(A)33.3 [dB]	59,3	59,0	63,3	61,1	61,8	58,2	55,4	56,6	56,8	57,0	54,7	57,3	56,1	55,3	55,4	57,7	57,7	52,1	60,8	59,9	60,3
Std. 6 L(A)95.0 [dB]	44,3	45,3	48,8	48,8	48,4	49,9	43,9	45,1	47,4	43,3	40,7	44,3	38,9	40,0	35,9	39,9	42,4	36,7	45,1	45,6	42,8
Std. 6 SNR [dB]	15,7	13,7	14,6	12,4	13,4	8,3	11,5	9,2	13,7	14,0	13,2	17,2	15,2	19,5	17,7	15,4	15,3	15,6	14,3	17,6	
Time Instances		03:56:00	03:56:30	03:57:00	03:57:30	03:58:00	03:58:30	03:59:00	03:59:30	04:00:00	04:00:30	04:01:00	04:01:30	04:02:00	04:02:30	04:03:00	04:03:30	04:04:00	04:04:30	04:05:00	04:05:30
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		61,5	54,8	61,3	63,0	65,6	62,0	57,9	61,4	58,0	59,9	58,8	56,4	61,3	57,2	62,6	61,6	55,0	64,4	62,9	59,3
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		41,4	36,3	43,1	39,3	51,3	46,5	41,7	41,4	38,6	37,4	42,3	38,2	43,2	42,0	42,9	36,5	35,3	43,8	46,9	44,0
Std. 6 SNR [dB]		20,3	18,5	18,2	23,7	14,3	15,6	16,2	19,9	19,4	22,5	16,6	18,1	18,0	15,2	19,6	25,1	19,6	20,6	15,9	15,3
Time Instances		04:06:00	04:06:30	04:07:00	04:07:30	04:08:00	04:08:30	04:09:00	04:09:30	04:10:00	04:10:30	04:11:00	04:11:30	04:12:00	04:12:30	04:13:00	04:13:30	04:14:00	04:14:30	04:15:00	04:15:30
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		61,2	61,5	64,6	63,0	65,0	61,3	65,6	56,6	65,4	63,2	58,8	61,5	61,8	61,7	60,7	59,6	43,6	42,5	51,5	50,5
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		45,5	47,0	47,6	46,2	50,9	46,0	52,0	44,8	50,9	51,9	43,7	50,2	50,0	47,0	41,9	37,8	33,4	32,9	37,0	38,7
Std. 6 SNR [dB]		15,6	14,6	17,0	16,7	13,9	15,3	13,5	11,7	14,6	11,3	15,1	11,3	11,7	14,7	18,8	17,8	10,3	9,6	14,6	11,8
Time Instances		04:16:00	04:16:30	04:17:00	04:17:30	04:18:00	04:18:30	04:19:00	04:19:30	04:20:00	04:20:30	04:21:00	04:21:30	04:22:00	04:22:30	04:23:00	04:23:30	04:24:00	04:24:30	04:25:00	04:25:30
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		55,8	51,5	45,7	41,0	44,6	53,5	56,3	54,2	56,3	54,6	53,5	55,7	57,9	57,4	58,0	61,0	59,4	56,4	58,5	
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		43,5	40,6	38,4	35,4	35,8	41,8	45,0	42,2	45,1	42,6	40,4	39,9	41,9	41,0	44,3	43,5	45,7	45,6	37,9	42,7
Std. 6 SNR [dB]		12,3	10,9	7,2	5,9	9,2	11,8	11,4	12,0	11,1	12,0	13,1	16,1	15,9	16,4	13,7	18,3	15,2	13,7	18,6	15,8
Time Instances		04:26:00	04:26:30	04:27:00	04:27:30	04:28:00	04:28:30	04:29:00	04:29:30												
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		61,1	65,2	60,2	55,0	57,8	56,9	59,4	67,5												
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		45,5	47,9	44,6	42,6	42,1	42,0	44,2	54,3												
Std. 6 SNR [dB]		15,5	17,2	15,5	12,3	15,7	14,9	15,1	13,2												
Mittelwert Stimmaufwand Tag 8 [dB]:		63,2				Mittelwert Grundgeräuschpegel Tag 8 [dB]:				49,2				Mittelwert SNR Tag 8 [dB]:				16,5			

Tabelle 22.12:  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR Tag 8, Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung)

# 22.7 $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR Tag 5<sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8

Time Instances	Mittelwert	00:00:00	00:00:30	00:01:00	00:01:30	00:02:00	00:02:30	00:03:00	00:03:30	00:04:00	00:04:30	00:05:00	00:05:30	00:06:00	00:06:30	00:07:00	00:07:30	00:08:00	00:08:30	00:09:00	00:09:30
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]	69,9	62,0	59,2	60,2	66,5	66,9	60,4	59,2	60,6	64,8	67,2	68,2	76,4	79,4	76,4	77,3	69,8	63,7	62,7	58,9	65,7
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]	59,6	50,2	49,8	48,8	54,6	56,6	48,7	48,1	44,4	53,0	56,7	55,8	66,8	71,1	69,4	62,0	56,6	50,1	51,5	46,4	53,6
Std. 1 SNR [dB]	12,0	11,7	9,3	11,4	11,9	10,2	11,7	11,0	16,1	11,7	10,5	12,5	9,5	8,3	6,9	15,3	13,1	13,4	11,1	12,4	12,1
Time Instances		00:10:00	00:10:30	00:11:00	00:11:30	00:12:00	00:12:30	00:13:00	00:13:30	00:14:00	00:14:30	00:15:00	00:15:30	00:16:00	00:16:30						
Std. 1 $L_{(A)33.3}$ [dB]		64,0	62,5	64,1	63,4	63,3	63,7	64,9	62,1	71,9	72,5	76,1	73,9	76,4	81,5						
Std. 1 $L_{(A)95.0}$ [dB]		52,6	52,0	50,4	45,8	48,5	50,5	49,6	46,3	60,4	65,6	66,1	69,4	70,1							
Std. 1 SNR [dB]		11,4	10,3	13,7	17,6	14,7	13,1	15,3	15,7	11,4	6,9	8,6	7,8	7,0	11,4						
Time Instances		00:17:00	00:17:30	00:18:00	00:18:30	00:19:00	00:19:30	00:20:00	00:20:30	00:21:00	00:21:30	00:22:00	00:22:30	00:23:00	00:23:30	00:24:00	00:24:30	00:25:00	00:25:30	00:26:00	00:26:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]	66,3	73,3	71,6	71,8	73,1	71,1	69,4	69,7	73,8	75,4	70,6	67,6	67,5	64,5	66,6	64,6	68,4	64,6	65,2	67,7	69,1
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]	54,4	64,5	64,0	53,3	61,5	60,0	62,5	59,8	58,9	60,2	60,5	53,3	54,6	52,8	51,2	54,3	52,9	50,6	51,1	50,2	46,5
Std. 2 SNR [dB]	13,1	8,9	7,6	18,5	11,7	11,1	6,9	9,9	14,9	15,2	10,1	14,2	12,9	11,8	15,3	10,3	15,5	14,1	14,1	17,6	22,6
Time Instances		00:27:00	00:27:30	00:28:00	00:28:30	00:29:00	00:29:30	00:30:00	00:30:30	00:31:00	00:31:30	00:32:00	00:32:30	00:33:00	00:33:30	00:34:00	00:34:30	00:35:00	00:35:30	00:36:00	00:36:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		58,5	59,9	65,8	63,1	65,0	64,8	63,2	64,2	56,4	61,2	68,7	71,6	68,1	65,2	68,5	69,5	66,9	66,1	69,7	65,1
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		45,1	46,5	49,1	43,4	48,6	51,3	47,2	47,3	43,5	51,1	55,7	60,5	55,0	53,7	57,0	55,3	53,6	56,1	55,8	50,8
Std. 2 SNR [dB]		13,4	13,4	16,8	19,8	16,4	13,5	16,0	16,9	12,9	10,1	13,1	11,2	13,1	11,4	14,2	13,3	10,0	13,9	14,2	
Time Instances		00:37:00	00:37:30	00:38:00	00:38:30	00:39:00	00:39:30	00:40:00	00:40:30	00:41:00	00:41:30	00:42:00	00:42:30	00:43:00	00:43:30	00:44:00	00:44:30	00:45:00	00:45:30	00:46:00	00:46:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		68,9	68,2	69,6	62,1	57,9	56,5	61,8	59,1	66,9	67,7	65,9	64,4	67,8	60,6	62,5	62,5	65,9	66,5	59,7	65,7
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		55,7	50,8	53,5	47,1	43,4	38,8	48,7	42,3	53,3	59,5	55,7	50,4	55,9	48,9	49,5	50,7	53,4	52,6	49,2	51,0
Std. 2 SNR [dB]		13,2	17,5	16,2	15,0	14,5	17,7	13,2	16,8	13,7	7,8	10,3	14,0	11,9	11,6	13,0	11,8	12,6	14,0	10,5	14,8
Time Instances		00:47:00	00:47:30	00:48:00	00:48:30	00:49:00	00:49:30	00:50:00	00:50:30	00:51:00	00:51:30	00:52:00	00:52:30	00:53:00	00:53:30	00:54:00	00:54:30	00:55:00	00:55:30	00:56:00	00:56:30
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		68,1	58,0	58,3	61,7	56,1	55,0	61,0	67,3	71,9	67,5	62,1	65,1	58,0	52,7	48,4	49,4	47,9	53,0	53,3	51,8
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		48,6	44,8	42,7	49,9	44,4	41,5	47,3	53,6	60,0	55,4	50,5	56,7	49,5	42,7	40,4	41,7	39,0	45,7	46,2	41,8
Std. 2 SNR [dB]		14,6	13,1	15,6	11,7	11,6	13,4	13,7	13,7	12,0	12,1	11,6	8,4	8,5	9,9	8,0	7,7	8,9	7,3	7,2	10,0
Time Instances		00:57:00	00:57:30	00:58:00	00:58:30	00:59:00	00:59:30	01:00:00	01:00:30	01:01:00	01:01:30	01:02:00									
Std. 2 $L_{(A)33.3}$ [dB]		57,3	56,7	59,7	61,4	62,0	69,7	68,8	68,1	72,9	73,4	78,9									
Std. 2 $L_{(A)95.0}$ [dB]		45,6	48,7	50,4	49,2	48,6	61,3	58,8	53,4	59,8	61,7	72,8									
Std. 2 SNR [dB]		11,7	8,0	9,2	12,2	13,5	8,4	10,1	14,7	13,0	11,7	5,7									
Time Instances		01:02:30	01:03:00	01:03:30	01:04:00	01:04:30	01:05:00	01:05:30	01:06:00	01:06:30	01:07:00	01:07:30	01:08:00	01:08:30	01:09:00	01:09:30	01:10:00	01:10:30	01:11:00	01:11:30	01:12:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]	65,2	67,1	68,7	64,2	65,0	60,1	58,8	58,9	58,0	54,7	55,6	59,2	56,1	54,6	52,6	56,3	58,8	64,2	62,0	64,4	64,7
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]	56,3	56,9	61,8	56,6	57,1	50,6	47,6	49,7	46,8	47,2	48,7	48,5	48,2	45,1	45,4	49,3	50,3	54,0	52,4	52,3	55,2
Std. 3 SNR [dB]	10,2	10,1	6,9	7,6	7,9	9,6	11,2	9,1	11,2	7,5	6,9	10,8	7,9	9,4	7,2	7,0	8,5	10,2	9,7	12,1	9,6
Time Instances		01:12:30	01:13:00	01:13:30	01:14:00	01:14:30	01:15:00	01:15:30	01:16:00	01:16:30	01:17:00	01:17:30	01:18:00	01:18:30	01:19:00	01:19:30	01:20:00	01:20:30	01:21:00	01:21:30	01:22:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		55,8	62,0	61,5	65,0	65,8	64,3	63,0	66,0	61,2	63,8	63,4	66,1	66,1	68,7	68,6	61,4	63,6	68,3	66,1	69,2
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		45,5	48,1	53,4	56,8	54,4	55,1	51,6	57,3	51,6	53,5	56,1	55,1	57,7	59,4	54,6	52,3	55,1	60,8	59,7	60,9
Std. 3 SNR [dB]		10,3	13,9	8,1	8,2	11,4	9,1	11,5	8,7	9,6	10,2	7,3	10,0	8,3	9,3	14,1	9,0	8,5	7,5	6,4	8,4
Time Instances		01:22:30	01:23:00	01:23:30	01:24:00	01:24:30	01:25:00	01:25:30	01:26:00	01:26:30	01:27:00	01:27:30	01:28:00	01:28:30	01:29:00	01:29:30	01:30:00	01:30:30	01:31:00	01:31:30	01:32:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		69,4	66,2	66,8	67,6	62,4	66,9	71,2	67,1	68,8	62,7	58,9	54,2	59,4	62,0	60,1	62,7	60,5	62,3	62,9	58,1
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		61,0	56,1	58,2	59,6	52,7	54,3	61,3	58,3	51,9	53,6	49,8	42,6	44,0	52,8	50,7	54,4	50,7	53,4	53,1	47,9
Std. 3 SNR [dB]		8,4	10,1	8,6	8,0	9,7	12,6	9,9	8,8	16,9	9,0	9,1	11,5	15,4	9,2	9,4	8,3	9,8	8,9	9,8	10,2
Time Instances		01:32:30	01:33:00	01:33:30	01:34:00	01:34:30	01:35:00	01:35:30	01:36:00	01:36:30	01:37:00	01:37:30	01:38:00	01:38:30	01:39:00	01:39:30	01:40:00	01:40:30	01:41:00	01:41:30	01:42:00
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		59,5	59,2	57,5	62,3	63,5	63,4	67,1	61,7	61,6	63,2	66,7	64,5	66,7	66,6	66,6	67,6	70,1	64,4	68,4	62,7
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		45,8	49,0	49,2	52,9	54,4	50,6	57,4	53,3	52,9	52,3	54,5	54,1	53,4	51,6	56,0	55,5	51,0	57,0	53,9	50,3
Std. 3 SNR [dB]		13,7	10,3	8,3	9,4	9,0	12,8	9,6	8,4	8,6	10,9	12,3	10,4	13,3	15,1	10,7	12,1	19,1	7,4	14,5	12,4
Time Instances		01:42:30	01:43:00	01:43:30	01:44:00	01:44:30	01:45:00	01:45:30	01:46:00	01:46:30											
Std. 3 $L_{(A)33.3}$ [dB]		63,6	61,4	65,6	68,7	69,9	72,0	73,6	75,9	80,2											
Std. 3 $L_{(A)95.0}$ [dB]		54,1	53,0	55,8	60,9	61,4	65,4	65,3	66,3	77,8											
Std. 3 SNR [dB]		9,4	8,4	9,7	7,9	8,5	6,6	8,3	9,7	2,4											
Time Instances		01:47:00	01:47:30	01:48:00	01:48:30	01:49:00	01:49:30	01:50:00	01:50:30	01:51:00	01:51:30	01:52:00	01:52:30	01:53:00	01:53:30	01:54:00	01:54:30	01:55:00	01:55:30	01:56:00	01:56:30
Std. 4 $L_{(A)33.3}$ [dB]	69,8	66,2	71,1	74,1	68,3	65,0	60,6	59,7	55,1	59,8	67,1	70,1	69,4	74,1	70,3	69,1	69,8	68,7	61,5	60,8	63,9
Std. 4 $L_{(A)95.0}$ [dB]	56,3	50,2	51,9	60,6	53,0	53,4	43,8	47,4	43,7	45,7	54,6	58,2	56,5	62,3	50,2	55,6	58,5	54,7	45,9	48,6	50,6

Time Instances	Mittelwert	02:28:30	02:29:00	02:29:30	02:30:00	02:30:30	02:31:00	02:31:30	02:32:00	02:32:30	02:33:00	02:33:30	02:34:00	02:34:30	02:35:00	02:35:30	02:36:00	02:36:30	02:37:00	02:37:30	02:38:00
Std. 5 L(A)33.3 [dB]	62,9	70,0	64,4	62,7	59,0	56,5	56,5	56,7	55,4	58,3	66,2	63,1	61,5	58,8	57,8	56,2	53,3	55,9	57,7	65,2	65,8
Std. 5 L(A)95.0 [dB]	50,9	57,2	51,8	52,0	48,5	39,8	42,8	41,2	39,0	43,2	46,0	48,9	42,7	41,3	42,8	37,3	38,4	44,9	39,0	48,0	52,5
Std. 5 SNR [dB]	14,2	12,8	12,6	10,7	10,5	16,7	13,7	15,6	16,5	15,0	20,2	14,1	18,8	17,5	15,0	18,9	15,0	11,0	18,7	17,1	13,3
Time Instances		02:38:30	02:39:00	02:39:30	02:40:00	02:40:30	02:41:00	02:41:30	02:42:00	02:42:30	02:43:00	02:43:30	02:44:00	02:44:30	02:45:00	02:45:30	02:46:00	02:46:30	02:47:00	02:47:30	02:48:00
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		61,5	63,6	62,5	58,8	55,2	57,6	61,2	60,9	63,5	62,3	62,8	62,6	61,7	61,5	61,0	61,8	60,8	63,1	62,0	61,0
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		50,2	48,2	46,8	50,8	44,1	41,8	45,4	51,9	49,1	41,7	48,9	50,6	50,9	53,1	51,7	46,2	45,2	53,7	53,3	51,5
Std. 5 SNR [dB]		11,3	15,4	16,7	8,0	11,1	15,8	15,8	8,9	14,4	20,7	13,9	12,0	10,8	8,5	9,3	15,6	15,6	9,4	8,6	9,5
Time Instances		02:48:30	02:49:00	02:49:30	02:50:00	02:50:30	02:51:00	02:51:30	02:52:00	02:52:30	02:53:00	02:53:30	02:54:00	02:54:30	02:55:00	02:55:30	02:56:00	02:56:30	02:57:00	02:57:30	02:58:00
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		61,9	62,2	63,7	63,3	62,1	60,3	60,2	62,2	62,5	62,5	64,0	63,1	63,6	62,9	62,6	61,0	64,3	56,3	64,5	63,3
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		50,5	55,4	58,5	54,0	46,1	46,2	48,5	46,0	55,5	52,4	56,9	42,4	54,8	52,8	48,2	41,4	46,0	41,1	53,1	53,9
Std. 5 SNR [dB]		11,4	6,8	5,2	9,3	15,9	14,0	11,7	16,2	7,0	10,1	7,2	20,7	9,0	10,1	14,5	19,6	18,3	15,4	11,3	9,5
Time Instances		02:58:30	02:59:00	02:59:30	03:00:00	03:00:30	03:01:00	03:01:30	03:02:00	03:02:30	03:03:00	03:03:30	03:04:00	03:04:30	03:05:00	03:05:30	03:06:00	03:06:30	03:07:00	03:07:30	03:08:00
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		61,6	62,5	62,8	63,6	63,1	64,0	63,5	63,2	64,0	66,7	60,5	63,0	65,0	61,5	66,0	64,2	64,0	64,5	67,2	62,5
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		49,1	43,9	52,2	52,4	43,4	49,6	40,7	56,6	56,4	59,0	46,0	48,6	49,4	45,5	54,6	43,0	45,1	56,0	59,4	54,9
Std. 5 SNR [dB]		12,6	18,7	10,7	11,5	19,8	14,4	22,8	6,7	7,6	7,7	14,6	14,3	15,6	16,0	11,3	21,3	18,9	8,5	7,9	7,6
Time Instances		03:08:30	03:09:00	03:09:30	03:10:00	03:10:30	03:11:00	03:11:30	03:12:00	03:12:30	03:13:00	03:13:30	03:14:00	03:14:30	03:15:00						
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		60,9	62,3	60,4	64,3	66,5	64,2	61,6	63,6	56,2	64,8	65,7	65,8	66,5	77,4						
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		45,9	48,1	47,7	53,8	47,8	48,1	46,9	47,9	44,5	49,5	58,0	54,5	56,2	68,4						
Std. 5 SNR [dB]		15,0	14,2	12,7	10,5	18,8	16,2	14,7	15,7	11,8	15,2	7,7	11,3	10,4	9,1						
Time Instances	Mittelwert	03:15:30	03:16:00	03:16:30	03:17:00	03:17:30	03:18:00	03:18:30	03:19:00	03:19:30	03:20:00	03:20:30	03:21:00	03:21:30	03:22:00	03:22:30	03:23:00	03:23:30	03:24:00	03:24:30	03:25:00
Std. 6 L(A)33.3 [dB]	69,8	76,8	77,9	70,8	69,8	74,2	75,8	69,4	67,1	60,2	65,3	64,6	64,3	64,7	63,7	65,1	67,3	69,3	67,4	66,2	66,9
Std. 6 L(A)95.0 [dB]	55,9	61,9	67,5	59,4	58,0	56,5	57,3	47,7	56,9	46,2	53,7	51,4	47,7	48,5	53,0	51,0	52,6	52,4	54,4	51,6	54,9
Std. 6 SNR [dB]	15,9	15,0	10,4	11,4	11,7	17,7	18,6	21,7	10,3	14,1	11,7	13,3	16,6	16,2	10,7	14,1	14,6	16,9	13,0	14,6	12,0
Time Instances		03:25:30	03:26:00	03:26:30	03:27:00	03:27:30	03:28:00	03:28:30	03:29:00	03:29:30	03:30:00	03:30:30	03:31:00	03:31:30	03:32:00	03:32:30	03:33:00	03:33:30	03:34:00	03:34:30	03:35:00
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		67,4	71,0	65,2	67,1	67,0	64,3	64,7	66,4	66,0	69,9	71,4	64,5	64,8	66,5	66,1	65,5	73,1	76,1	72,8	71,0
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		54,1	56,3	50,9	48,0	53,1	46,4	45,5	49,1	48,5	49,7	53,3	49,6	47,9	47,1	47,7	54,1	63,9	61,2	51,9	55,6
Std. 6 SNR [dB]		13,3	14,6	14,3	19,1	13,8	17,9	19,3	17,3	17,5	20,2	18,1	14,9	16,9	19,4	18,4	11,5	9,2	15,0	20,9	15,4
Time Instances		03:35:30	03:36:00	03:36:30	03:37:00	03:37:30	03:38:00	03:38:30	03:39:00	03:39:30	03:40:00	03:40:30	03:41:00	03:41:30	03:42:00	03:42:30	03:43:00	03:43:30	03:44:00	03:44:30	03:45:00
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		72,6	73,2	61,4	68,7	66,9	73,4	66,6	75,0	59,7	61,0	55,1	66,5	69,9	70,9	70,7	73,2	70,9	73,5	70,6	71,9
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		54,8	49,7	42,3	46,4	51,5	58,6	51,8	62,0	43,1	44,8	36,8	52,2	55,1	56,9	63,7	65,2	64,3	61,4	58,2	56,0
Std. 6 SNR [dB]		17,9	23,4	19,1	22,3	15,5	14,8	14,8	13,1	16,5	16,1	18,2	14,4	14,9	14,0	7,0	8,0	6,6	12,1	12,6	15,9
Time Instances		03:45:30	03:46:00	03:46:30	03:47:00	03:47:30	03:48:00	03:48:30	03:49:00	03:49:30	03:50:00	03:50:30	03:51:00	03:51:30	03:52:00	03:52:30	03:53:00	03:53:30	03:54:00	03:54:30	03:55:00
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		68,0	62,9	66,8	63,9	65,1	63,5	69,7	78,2	77,9	76,3	72,6	65,8	66,8	64,5	66,4	68,2	64,9	66,9	73,4	79,2
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		54,5	46,4	50,8	47,4	43,9	43,4	49,4	70,9	68,8	61,1	54,5	48,5	51,1	54,8	51,2	54,2	51,7	53,1	55,9	60,5
Std. 6 SNR [dB]		13,5	16,5	16,0	16,5	21,2	20,1	20,4	7,3	9,2	15,2	18,1	17,3	15,8	9,7	15,3	14,0	13,2	13,8	17,5	18,7
Mittelwert Stimmumfang Tag 5 [dB]:		67,3																			
Mittelwert Grundgeräuschpegel Tag 5 [dB]:			67,3																		
Mittelwert SNR Tag 5 [dB]:									55,3						13,6						

Tabelle 22.14:  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR Tag 5<sub>ns</sub> Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung)



Time Instances	Mittelwert	02:52:00	02:52:30	02:53:00	02:53:30	02:54:00	02:54:30	02:55:00	02:55:30	02:56:00	02:56:30	02:57:00	02:57:30	02:58:00	02:58:30	02:59:00	02:59:30	03:00:00	03:00:30	03:01:00	03:01:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]	60,9	72,1	72,3	64,7	58,7	55,6	51,0	50,3	49,8	48,9	50,2	50,3	56,9	54,5	54,3	50,2	51,0	52,4	51,1	56,7	63,5
Std. 5 L(A)95.0 [dB]	48,0	55,8	54,7	53,4	48,3	42,8	39,4	36,7	38,7	35,6	35,7	36,2	42,0	38,0	39,0	38,6	37,3	36,3	35,0	41,3	45,9
Std. 5 SNR [dB]	13,5	16,2	17,6	11,2	10,5	12,7	11,6	13,6	11,1	13,2	14,4	14,0	14,9	16,4	15,1	11,6	13,6	16,0	16,0	15,5	17,6
Time Instances		03:02:00	03:02:30	03:03:00	03:03:30	03:04:00	03:04:30	03:05:00	03:05:30	03:06:00	03:06:30	03:07:00	03:07:30	03:08:00	03:08:30	03:09:00	03:09:30	03:10:00	03:10:30	03:11:00	03:11:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		65,9	62,4	63,5	56,7	52,0	43,0	44,5	49,4	49,7	56,3	61,5	62,1	61,9	63,4	63,7	61,3	61,2	61,3	64,1	66,4
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		49,1	44,1	43,3	41,8	39,1	34,5	35,2	38,6	39,1	39,8	44,2	44,5	43,9	49,7	43,0	46,6	44,9	45,1	44,7	48,6
Std. 5 SNR [dB]		16,7	18,2	20,1	15,0	12,9	8,5	9,2	11,0	10,5	16,5	17,3	17,5	17,8	13,7	20,6	14,6	16,0	16,0	19,2	17,8
Time Instances		03:12:00	03:12:30	03:13:00	03:13:30	03:14:00	03:14:30	03:15:00	03:15:30	03:16:00	03:16:30	03:17:00	03:17:30	03:18:00	03:18:30	03:19:00	03:19:30	03:20:00	03:20:30	03:21:00	03:21:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		61,4	59,6	56,5	52,2	50,7	49,7	56,9	57,3	47,2	49,7	47,6	42,0	50,7	47,4	53,3	58,8	59,6	55,6	57,5	61,4
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		49,1	47,7	45,4	40,4	42,8	41,8	41,0	44,6	36,3	39,8	35,7	33,7	40,5	38,5	37,8	45,3	46,3	42,8	47,4	48,1
Std. 5 SNR [dB]		12,3	11,8	11,0	11,7	7,9	7,8	15,9	12,7	10,9	9,9	11,8	8,1	10,2	8,8	15,6	13,5	13,2	12,7	10,1	13,3
Time Instances		03:22:00	03:22:30	03:23:00	03:23:30	03:24:00	03:24:30	03:25:00	03:25:30	03:26:00	03:26:30	03:27:00	03:27:30	03:28:00	03:28:30	03:29:00	03:29:30	03:30:00	03:30:30	03:31:00	03:31:30
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		56,2	61,1	62,6	59,0	62,2	64,2	66,0	65,7	62,8	66,3	62,6	63,0	61,1	63,8	67,0	63,5	62,6	65,3	66,1	63,1
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		46,6	50,6	52,0	50,6	54,3	55,2	56,0	55,4	54,1	56,5	54,3	50,5	51,4	54,1	57,7	52,5	53,4	47,9	53,5	54,2
Std. 5 SNR [dB]		9,6	10,5	10,6	8,4	7,8	9,1	10,0	10,3	8,7	9,8	8,3	12,6	9,6	9,8	9,2	10,9	9,1	17,4	12,6	8,9
Time Instances		03:32:00	03:32:30	03:33:00	03:33:30	03:34:00															
Std. 5 L(A)33.3 [dB]		64,0	63,6	66,6	69,4	72,9															
Std. 5 L(A)95.0 [dB]		51,4	52,2	53,8	58,3	53,4															
Std. 5 SNR [dB]		12,5	11,3	12,7	11,2	19,7															
Time Instances	Mittelwert	03:34:30	03:35:00	03:35:30	03:36:00	03:36:30	03:37:00	03:37:30	03:38:00	03:38:30	03:39:00	03:39:30	03:40:00	03:40:30	03:41:00	03:41:30	03:42:00	03:42:30	03:43:00	03:43:30	03:44:00
Std. 6 L(A)33.3 [dB]	73,2	69,5	70,9	64,7	66,2	63,2	68,2	66,1	60,5	61,6	60,5	65,9	66,0	70,0	74,3	74,8	73,0	57,0	55,3	58,5	57,9
Std. 6 L(A)95.0 [dB]	61,0	60,3	59,1	53,6	53,1	50,6	55,5	51,8	45,8	41,7	44,5	48,0	51,0	55,4	50,0	60,0	57,5	41,7	38,3	39,9	39,6
Std. 6 SNR [dB]	15,2	9,2	11,7	11,0	13,1	12,5	13,0	14,3	14,6	19,9	16,0	17,9	14,9	14,6	24,2	14,7	15,6	15,6	17,1	18,5	18,5
Time Instances		03:44:30	03:45:00	03:45:30	03:46:00	03:46:30	03:47:00	03:47:30	03:48:00	03:48:30	03:49:00	03:49:30	03:50:00	03:50:30	03:51:00	03:51:30	03:52:00	03:52:30	03:53:00	03:53:30	03:54:00
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		57,2	57,4	55,7	56,6	57,3	57,4	58,0	58,3	65,0	68,0	62,9	62,6	60,1	61,9	67,7	75,2	67,0	81,1	78,4	82,8
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		39,6	39,2	38,2	37,9	41,2	43,4	44,9	48,3	54,6	53,6	49,4	49,1	44,1	53,0	51,4	54,9	49,1	66,2	59,3	61,2
Std. 6 SNR [dB]		17,6	18,1	17,5	18,9	16,0	14,1	13,1	10,0	10,4	14,4	13,6	13,5	16,0	9,0	16,3	20,6	18,1	14,8	19,1	21,8
Time Instances		03:54:30	03:55:00	03:55:30	03:56:00	03:56:30	03:57:00	03:57:30	03:58:00	03:58:30	03:59:00	03:59:30	04:00:00	04:00:30	04:01:00	04:01:30	04:02:00	04:02:30	04:03:00	04:03:30	04:04:00
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		83,2	70,5	65,3	79,8	73,1	82,9	77,7	68,7	60,0	56,8	62,0	63,1	66,7	76,4	76,8	75,8	76,5	78,0	76,4	77,5
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		61,9	53,1	51,4	62,6	59,1	65,1	61,9	53,6	42,7	41,0	44,3	45,4	47,0	60,4	68,6	66,7	65,3	66,3	68,0	65,9
Std. 6 SNR [dB]		21,3	17,5	13,9	17,1	14,3	18,0	15,8	15,2	17,3	15,8	17,6	17,7	19,6	15,9	8,1	9,0	11,1	11,5	8,3	11,5
Time Instances		04:04:30	04:05:00	04:05:30	04:06:00	04:06:30	04:07:00	04:07:30	04:08:00	04:08:30	04:09:00										
Std. 6 L(A)33.3 [dB]		78,8	79,2	79,1	80,1	80,6	79,6	79,6	80,6	79,5	83,8										
Std. 6 L(A)95.0 [dB]		69,9	71,2	71,5	72,3	72,4	71,9	72,7	71,8	72,1	72,2										
Std. 6 SNR [dB]		8,9	7,9	7,6	7,9	8,3	7,8	7,0	9,0	7,4	11,9										
Mittelwert Stimmumfang Tag 10 [dB]:		65,1																			
Mittelwert Grundgeräuschpegel Tag 10 [dB]:																					
Mittelwert SNR Tag 10 [dB]:																					

Tabelle 22.16:  $L_{(A)33.3}$ ,  $L_{(A)95.0}$  und SNR Tag 10, Stunde 1 bis 6, Mittelwert MP 1 bis 8, Intervalllänge: 30 s (Fortsetzung)

## 23 Anhang G: Ergänzung zu Kapitel 11: Tabellen von $L_{(A)33.3}$ , $L_{(A)eq}$ , $L_{(A)95.0}$ und SNR in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl

#Schüler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ost & Ust $L_{(A)33.3}$ [dB] nicht saniert										
Ost & Ust $L_{(A)33.3}$ [dB] saniert									59,3	
#Schüler	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ost & Ust $L_{(A)33.3}$ [dB] nicht saniert	59,2	60,6	69,2			66,4	64,6			69,0
Ost & Ust $L_{(A)33.3}$ [dB] saniert		61,6				58,9		54,4	60,1	66,7
#Schüler	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ost & Ust $L_{(A)33.3}$ [dB] nicht saniert	74,2	62,1	67,2				68,5	71,7		
Ost & Ust $L_{(A)33.3}$ [dB] saniert	62,8	60,7		62,5		65,0	65,7	65,0		

Tabelle 23.1:  $L_{(A)33.3}$  in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum

#Schüler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ost & Ust $L_{(A)eq}$ [dB] nicht saniert										
Ost & Ust $L_{(A)eq}$ [dB] saniert									62,6	
#Schüler	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ost & Ust $L_{(A)eq}$ [dB] nicht saniert	63,2	61,5	71,3			67,3	66,0			71,4
Ost & Ust $L_{(A)eq}$ [dB] saniert		63,1				62,0		56,9	62,5	69,4
#Schüler	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ost & Ust $L_{(A)eq}$ [dB] nicht saniert	75,3	64,7	69,4				72,5	73,5		
Ost & Ust $L_{(A)eq}$ [dB] saniert	66,1	63,7		65,3		67,8	68,6	67,5		

Tabelle 23.2:  $L_{(A)eq}$  in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum

#Schüler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ost & Ust $L_{(A)95.0}$ [dB] nicht saniert										
Ost & Ust $L_{(A)95.0}$ [dB] saniert									32,2	
#Schüler	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ost & Ust $L_{(A)95.0}$ [dB] nicht saniert	33,1	42,2	52,0			49,5	47,8			51,4
Ost & Ust $L_{(A)95.0}$ [dB] saniert		42,4				39,8		36,6	42,2	55,2
#Schüler	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ost & Ust $L_{(A)95.0}$ [dB] nicht saniert	56,6	44,3	49,6				51,4	54,4		
Ost & Ust $L_{(A)95.0}$ [dB] saniert	56,6	42,5		45,3		46,1	42,9	50,2		

Tabelle 23.3:  $L_{(A)95.0}$  in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum

#Schüler	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ost & Ust SNR [dB] nicht saniert										
Ost & Ust SNR [dB] saniert									27,1	
#Schüler	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ost & Ust SNR [dB] nicht saniert	26,2	18,4	17,2			16,9	16,8			18,3
Ost & Ust SNR [dB] saniert		19,2				19,1		17,8	17,9	20,7
#Schüler	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Ost & Ust SNR [dB] nicht saniert	17,6	18,6	17,6				17,4	17,3		
Ost & Ust SNR [dB] saniert	20,1	18,3		17,2		19,0	24,2	14,8		

Tabelle 23.4: SNR in Abhängigkeit der SchülerInnenanzahl im nicht sanierten und im sanierten Raum