

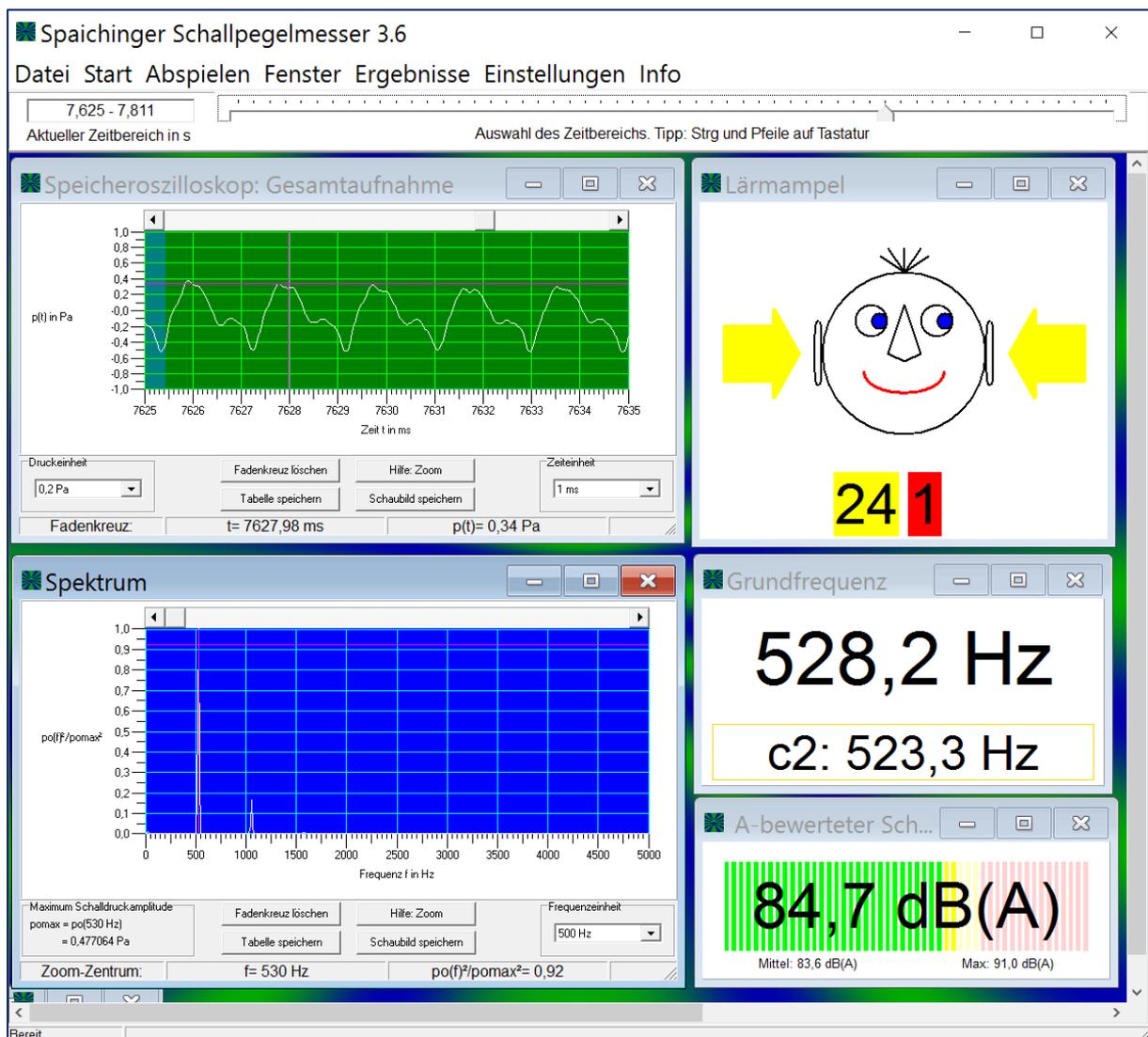
Bedienungsanleitung

Schallanalysator:

Spaichinger

Schallpegelmesser 3.8.1

Freeware



Dr. Markus Ziegler

www.spaichinger-schallpegelmesser.de

November 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Überblick	3
2	Copyright	4
3	Notwendige Voraussetzungen	4
4	Samplerate, Frequenzauflösung und Grundfrequenzbestimmung	4
5	Messbereich / Mikrofon	5
6	Überblick Kalibrierung	5
7	Genauigkeit der Schallpegelmessung / Wahl des Mikrofons	6
8	Hinweise für Umsteiger von älteren Versionen	8
9	Stand der Entwicklung	9
10	Installation	13
11	Anschluss eines Mikrofons / Voreinstellungen am PC	13
11.1	Einstellung des Mikrofoneingangs.....	14
11.1.1	Problembehandlung bei Einstellung des Mikrofoneingangs.....	15
11.2	Einstellung des Line-in-Eingangs	15
12	Durchführung von Messungen (Echtzeitmessungen)	15
12.1	Fenster	15
12.2	Start.....	15
12.3	Vermeidung von Rückkopplungen bei der Aufnahme	16
12.4	Bestimmung der Grundfrequenz	16
13	Auswertung der Messungen	17
13.1	Ergebnisse	17
13.2	Speicheroszilloskop.....	18
13.3	Zoom Speicheroszilloskop	18
13.4	Verschieben Speicheroszilloskop.....	19
13.5	Spektrum.....	20
13.6	Zoom und Verschieben Spektrum	20
13.7	Abspielen (Playback).....	20
13.8	Manuelle Auswertung.....	21
13.9	Datei.....	21
14	Optische und akustische Schallpegelwarnungen	21
14.1	Balkendiagramm für den bewerteten Schallpegel	22
14.2	Lärmampel	22
14.3	Akustische Schallpegelwarnung.....	22
15	Einstellungen für Schallpegelmessungen	23
15.1	Einstellungen speichern	23
15.2	Einstellungen laden	23
15.3	Frequenzgang des Mikrofons	23
15.4	Kalibrierung.....	24
15.4.1	Kalibrierung über Papierzerreißen	24
15.4.2	Exakte Kalibrierung	27
16	Störungen durch das Netzgerät	31
17	Problembehandlung: Fehlermeldung bei Start	31
18	Softwarefehler	31

1 Überblick

Falls Sie einen PC (mit Betriebssystem Windows XP, Vista, 7, 8, 8.1 oder Windows 10) und ein beliebiges Computermikrofon besitzen, dann können Sie mithilfe dieser Freeware-Software folgende Messungen durchführen:

- Schalldruckpegel (in dB)
- Bewerteter Schalldruckpegel (in dB(A))
- Mittlerer bewerteter Schalldruckpegel (in dB(A))
- Maximum bewerteter Schalldruckpegel (in dB(A))
- Schallintensität (in W/m²)
- Effektiver Schalldruck (in Pa)
- Grundfrequenz (in Hz) einschließlich der in der Nähe liegenden Musiknote
- Frequenzspektrum (Schaubild)
- Verlauf des Schalldrucks in Abhängigkeit von der Zeit (Speicheroszilloskop)

Diese Software muss nicht installiert werden, d. h., sie kann von jedem USB-Stick aus betrieben werden (portable Software).

Alle Messungen werden in Echtzeit durchgeführt und ausgegeben.

Die Größen: Schalldruckpegel, bewerteter Schalldruckpegel, Schallintensität, mittlerer bewerteter Schalldruckpegel und effektiver Schalldruck können sowohl in Werten als auch in Form von Balkendiagrammen dargestellt werden. Die einzelnen Messwerte und die Mittelwerte werden in einer Tabelle gesammelt, die als CSV-Datei abgespeichert werden kann. Dadurch können Sie auch Langzeitmessungen an Straßen und Arbeitsplätzen durchführen und diese später auswerten.

Der Schalldruck (in Abhängigkeit von der Zeit) und das Spektrum können Sie ebenfalls in Form von Tabellen (CSV-Dateien) speichern, um sie anschließend in Excel oder ähnlichen Programmen zu bearbeiten. Dies ist zum Beispiel nützlich, um das Spektrum von verschiedenen Musikinstrumenten oder Stimmen miteinander zu vergleichen. Zum Analysieren oder Stimmen von Musikinstrumenten ist zusätzlich die von der Software bestimmte Grundfrequenz eines Klanges hilfreich.

Die Schaubilder (Schalldruck und Spektrum) können Sie als Bild-Dateien (JPEG oder BITMAP) abspeichern. Die Farben von Hintergrund, Gitter und Kurve können Sie vorher beliebig ändern. Dies ist für die Anfertigung von Präsentationen, Protokollen und Klassenarbeiten hilfreich.

Mit dieser Software können Sie auch Wave-Dateien in CD-Qualität aufnehmen und abspielen. **Bei der Aufnahme und beim Abspielen werden alle Messwerte und Schaubilder in Echtzeit ausgegeben.** So können Sie früher gemachte Aufnahmen auch später ausführlich analysieren. Zusätzlich kann mithilfe eines Schiebereglers die aufgenommene Wave-Datei manuell analysiert werden, d. h., mit dem Schieberegler können Sie den aktuell angezeigten Zeitbereich beliebig wählen, die dazugehörigen Messwerte und Schaubilder werden dann automatisch angezeigt. Darüber hinaus können Sie mit dieser Software MP3-Dateien öffnen und analysieren. Die Software kann auch als optische "Lärmampel" verwendet werden (siehe obiges "Gesicht").

Zudem kann die Software so eingestellt werden, dass bei Erreichen des roten Bereichs wahlweise ein Signalton oder eine selbsterstellte Aufnahme (wav oder mp3) abgespielt wird. Der rote und der gelbe Bereich können vom Anwender beliebig eingestellt werden.

2 Copyright

Diese Software ist vom Entwickler und Programmierer:

Dr. Markus Ziegler
78549 Spaichingen

<http://www.spaichinger-schallpegelmesser.de>

E-Mail: ziegler@spaichinger-schallpegelmesser.de

für den Einsatz an Schulen und Hochschulen und für den privaten Gebrauch freigegeben (Freeware).

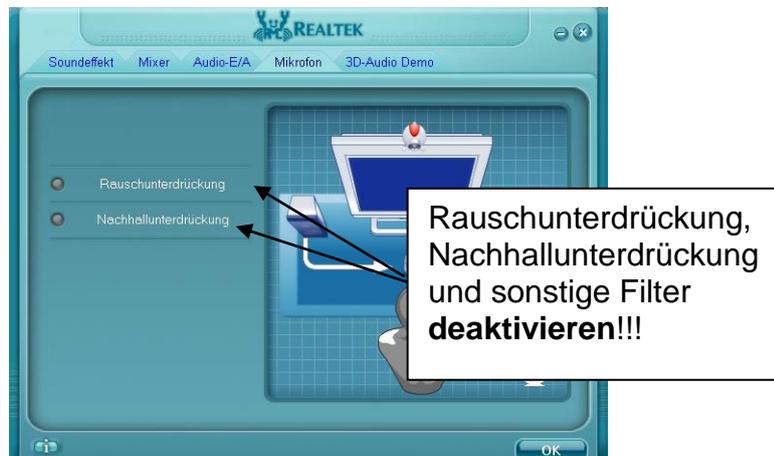
Die aktuelle Version dieser Software finden Sie unter:

<http://www.spaichinger-schallpegelmesser.de>

3 Notwendige Voraussetzungen

Bei einigen Soundkarten können unterschiedliche Filter, wie z. B. Rauschunterdrückung und Nachhallunterdrückung aktiviert werden.

Alle Filter müssen deaktiviert werden, da sonst die Software Schallpegelmesser.exe nicht richtig funktioniert! Diese Einstellungen finden Sie z.B., indem Sie in der Taskleiste mit der rechten Maustaste auf das Lautsprechersymbol klicken und dort Aufnahmegeräte auswählen. Beispiel:



4 Samplerate, Frequenzauflösung und Grundfrequenzbestimmung

Die Software arbeitet in der Standardeinstellung in CD-Qualität (16 Bit, 44100 Datenpunkte pro Sekunde). In den Einstellungen unter „Optionen“ können auch andere Samplerates gewählt werden:

Samplerate (Messwerte pro Sekunde):	32768	44100	48000	65536	96000
Zeitintervall für „Messung schnell“ (ms):	125	186	171	125	171
Zeitintervall für „Messung langsam“ (ms):	1000	930	853	1000	853
Spektrum Frequenzauflösung (Hz):	8,00	10,77	5,86	8,00	11,72
Genauigkeit Grundfrequenz (Hz):	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
Maximale Frequenz (Hz):	16384	22050	24000	32768	48000

Das Frequenzspektrum wird über schnelle Fourier-Transformationen (FFT) mit Fensterung (Hamming-Fenster) und Mittelwertbildung berechnet. Das Frequenzspektrum dient als Grundlage für die Berechnung der Schallgrößen. Die Grundfrequenz eines Klangs wird bei einem Signal-Rauschabstand von mindestens 30 dB von der Software i. A. mit einer Genauigkeit von 0,2 Hz bestimmt, wenn sich die Grundfrequenz im Bereich oberhalb von 70 Hz befindet.

Viele Soundkarten arbeiten nicht gänzlich „sauber“, d. h., dem eigentlichen Signal wird eine Gleichspannung überlagert. Um diese Fehlerquelle zu eliminieren, wird dieser Gleichspannungsanteil durch die Software (ab Schallpegelmesser Version 1.4) aus dem Eingangssignal herausgefiltert.

5 Messbereich / Mikrofon

Mit einem einfachen Mikrofon (Conrad: Mini-Ansteck-Mikrofon-GH-183, Elektret-Mikrofon, Best. Nr. 300905-99, Preis: 19,95 €; ohne beiliegendes 5-m-Kabel) angeschlossen an den Mikrofoneingang der Soundkarte eines Notebooks (Fujitsu Siemens, Amilo Pro V 2020) konnten wir ohne Aktivierung der 20-dB-Verstärkung der Soundkarte (siehe Kapitel: [Anschluss eines Mikrofons / Voreinstellungen am PC](#)) Schallpegel im Bereich von 35 dB(A) bis 110 dB(A) messen. Mit Aktivierung der internen 20-dB-Verstärkung waren Schallpegelwerte im Bereich von 30 dB(A) bis 90 dB(A) messbar.

Der minimal messbare Schallpegelwert wird durch das Rauschen der Soundkarte und des Mikrofons begrenzt. Der maximal messbare Schallpegelwert wird ebenfalls durch das Mikrofon und die Soundkarte begrenzt (Übersteuerung).

Bemerkung: Das oben erwähnte Mikrofon GH-183 ist ausverkauft. Allerdings gibt es bei Conrad unter der Bestellnummer 302591 (Preis ca. 15 €) ein vergleichbares Mikrofon. Vermutlich besitzt dieses Mikrofon eine vergleichbare Mikrofonkapsel wie das GH-183. Erste Messungen bestätigen diese Vermutung. Die Verwendung eines USB-Mikrofons ist ebenfalls möglich.

6 Überblick Kalibrierung

Falls Sie nur am Frequenzspektrum, der Grundfrequenz oder dem zeitlichen Verlauf des nicht kalibrierten Schalldrucks interessiert sind, können Sie das Programm ohne Kalibrierung sofort verwenden, da die Zeit - und Frequenzachse vom Computer sehr genau vorgegeben werden. Sind Sie an exakten Schallpegelwerten oder an genauen Schallpegelmessungen interessiert, dann sollten Sie ein Mikrofon mit möglichst konstantem oder bekanntem Frequenzgang verwenden (siehe Kapitel: [Genauigkeit der Schallpegelmessung / Wahl des Mikrofons](#) und [Frequenzgang des Mikrofons](#)). Bevor Schallpegelmessungen durchgeführt werden können, muss nach Eintragung des Frequenzgangs zuerst eine Kalibrierung durchgeführt werden.

Die Software bietet zwei Arten der Kalibrierung:

- Kalibrierung über das Zerreißen von Papier
- Exakte Kalibrierung durch einen Tongenerator mit bekanntem Schallpegel (z.B. käuflicher Schallpegelkalibrator)

Die genaue Beschreibung finden Sie im Kapitel: [Kalibrierung](#).

7 Genauigkeit der Schallpegelmessung / Wahl des Mikrofons

Das Programm „Spaichinger Schallpegelmesser“ arbeitet prinzipiell mit jedem Mikrofon, das an einen PC angeschlossen werden kann. Sie können auch das in einem Notebook integrierte Mikrofon verwenden.

Die Genauigkeit der Schallpegelmessung hängt allerdings maßgebend von der Genauigkeit der Kalibrierung und den Mikrofoneigenschaften ab.

Damit die Schallpegelwerte nicht erheblich von der Ausrichtung des Mikrofons abhängen, sollten Sie ein Mikrofon mit „Kugelcharakteristik“ verwenden. Bei solchen Mikrofonen werden tiefe und mittlere Frequenzen von allen Seiten gleich stark aufgenommen. Für hohe Frequenzen tritt allerdings auch hier eine gewisse Richtwirkung auf, so dass hohe Frequenzen von vorne am stärksten aufgenommen werden. Breitet sich Schall in einem Zimmer aus, dann entsteht durch Reflexionen an Gegenständen und Wänden „diffuser Schall“. Dieser diffuse Schall überlagert sich dem primär erzeugten Schall und trifft von allen Seiten auf das Mikrofon. Verwendet man ein Mikrofon mit Kugelcharakteristik, dann nimmt es in guter Näherung den Gesamtschallpegel (zumindest für mittlere und tiefe Frequenzen) auf.

Kugelcharakteristik besitzen z. B. Elektret-Mikrofone, wie:

- Conrad-Mini-Ansteck-Mikrofon-GH-183 (siehe Kapitel: [Messbereich](#))
(**Bemerkung: Das GH-183 ist leider ausverkauft. Conrad bietet allerdings einen gleichwertigen Ersatz dafür an (siehe Kapitel: [Messbereich](#))**)
- Leybold-Universalmikrofon (in vielen Physiksammlungen vorhanden)

Mit diesen beiden Mikrofonen und der Software „Spaichinger Schallpegelmesser“ haben wir Kalibrierungsmessungen durchgeführt. Anschließend haben wir überprüft, wie genau die von der Software angezeigten Werte mit einem Klasse-1-Schallpegelmesser übereinstimmen. Dies wird im Folgenden genauer ausgeführt.

Exakte Kalibrierung

Zuerst wurde jeweils der Frequenzgang (siehe Kapitel: [Frequenzgang des Mikrofons](#)) eingegeben. Anschließend wurde jeweils eine exakte Kalibrierung mit einem 1000-Hz-Ton von 94 dB (siehe Kapitel: [Exakte Kalibrierung](#)) durchgeführt. Beim Vergleich mit einem Klasse-1-Schallpegelmesser zeigte sich, dass im wichtigen Frequenzbereich zwischen 50 und 8000 Hz die Abweichungen kleiner als 0,8 dB waren.

Kalibrierung über Papierzerreißen

Bei der Kalibrierung über Papierzerreißen werden jeweils 10 Papierbogen zerrissen (siehe Kapitel: [Kalibrierung über Papierzerreißen](#)). Der durch das Zerreißen von Papier erzeugte Gesamtschallpegel hängt von der Größe und Beschaffenheit des Zimmers und der Einrichtungsgegenstände ab, da sich diffuser Schall dem primären Schall überlagert. Seit Version 1.5 des Spaichinger Schallpegelmessers können die räumlichen Unterschiede sowie die unterschiedlichen Abweichungen der Mikrofone von der Kugelcharakteristik durch die Eingabe einer Schallpegelkorrektur in der Kalibrierung berücksichtigt werden (siehe Kapitel: [Kalibrierung über Papierzerreißen](#)).

Mit beiden Mikrofonen (siehe oben) führten wir in folgenden Zimmern Kalibrierungen durch:

1. Mittleres bis großes Klassenzimmer:



Abmessungen des Raumes: Höhe: 3,10 m; Länge: 7,55 m; Breite: 8,20 m

Abmessungen der Tische: Höhe: 0,76 m; Länge: 1,28 m; Breite: 0,50 m

Abstand der Mikrofonkapsel von der

- Tischkante: 0,90 m
- Tischplatte: 0,265 m
- Fensterfront: 3 m
- Wand mit Holzverkleidung: 5,20 m
- Rückwand (Schiebewand): 3,40 m
- Tafel: 4 m

Bodenbelag: Linoleum

2. Kleines Zimmer:



Abmessungen des Raumes: maximale Höhe: 3,02 m; minimale Höhe: 0,88 m;
Länge: 5,35 m; Breite: 3,06 m

Abmessungen des Schrankes: Höhe: 1,93 m; Breite: 1,93 m; Tiefe: 0,58 m

Abmessungen der Betten: Höhe: 0,4 m; Länge: 2,00 m; Breite: 1 m

Abstand der Mikrofonkapsel von

- dem Boden: 0,265
- dem Schrank: 0,70 m
- dem Bett: 0,50 m
- dem Kniestock: 1,74 m
- der Wand mit senkrechtem Fenster: 3 m
- der Wand mit Türe: 2,60 m
- der Wand mit Schrank: 1,32 m

Bodenbelag: Parkett

Zur Kalibrierung über Papierzerreißen:

Bei der Kalibrierung wurden folgende Schallpegelkorrekturen in die Software eingegeben:

- Klassenzimmer:
 - Leybold-Universalmikrofon: 0,0 dB
 - Conrad-Mini-Ansteckmikrofon-GH-183: 1,0 dB
- Kleines Zimmer:
 - Leybold-Universalmikrofon: 3,5 dB
 - Conrad-Mini-Ansteckmikrofon-GH-183: 2,5 dB

Messungen zur Genauigkeit:

Nach dem Kalibrieren über Zerreißen von Papier wurde mithilfe eines Schallpegelkalibrators ein 1000-Hz-Ton von 94 dB (= 94 dB(A)) erzeugt und mit der Schallpegelanzeige des „Spaichinger Schallpegelmessers 1.5“ verglichen. Es ergaben sich bei jeweils 10 vollständigen Kalibrierungen über Papierzerreißen (insgesamt 400 Blatt!) folgende Abweichungen (= Anzeige (dB) – 94 dB):

Abweichungen (Anzeige(dB) – 94 dB)			
Klassenzimmer		Kleines Zimmer	
Leybold-Uni. dB	Conrad-GH-183 dB	Leybold-Uni. dB	Conrad-GH-183 dB
-1,5	-1,2	-0,1	-0,7
-1,1	-0,8	-0,1	-1,7
-1,7	-1	0	-0,6
0,2	0,3	-1,7	-1
-0,4	0,5	0,5	-0,7
0,5	0,3	0,3	-1,3
0,5	-0,4	0,2	0,7
0,4	0,7	-0,3	-0,7
0,5	-0,4	0	-1,2
0	1,1	1,3	1,7

Da die Schallpegelkorrektur stark von den akustischen Eigenschaften des Kalibrierungszimmers abhängt und man diese i. A. nicht genau kennt, kann man (nach unseren bisherigen Messungen) davon ausgehen, dass man durch Zerreißen von Papier (mit obigen Mikrofonen) typischerweise eine Genauigkeit von ca. 2 bis 3 dB erreicht

(siehe auch Kapitel: [Kalibrierung über Papierzerreißen](#)).

Achtung! Sehr kostengünstige Computermikrofone (z.B. Conrad: PC-Mikrofon Best.Nr. 993182-99, 4,95 €) können sehr stark von der Kugelcharakteristik abweichen. Folglich können sich hier die Schallpegelkorrekturen sehr stark ändern. Dies kann zu großen Fehlern führen!

8 Hinweise für Umsteiger von älteren Versionen

Wenn Sie von einer älteren Version (Version 1.4 und älter) umsteigen, beachten Sie bitte,

- dass bei der Kalibrierung über Papierzerreißen der Abstand nun **90 cm** und nicht mehr 30 cm beträgt!!!
- dass bei der Kalibrierung über Papierzerreißen je nach Zimmer und Mikrofon Schallpegelkorrekturen eingetragen werden können.

- dass im Gegensatz zu den vorhergehenden Versionen die Standardeinstellung des Frequenzgangs (siehe Kapitel: [Frequenzgang des Mikrofons](#)) mit 0 dB belegt ist.

9 Stand der Entwicklung

Verbesserungen ab Version 3.8.1

- Die Farben der Kurven und Hintergründe im Spektrum und Oszilloskop lässt sich nun frei einstellen. Zudem kann die Linienstärke der Kurven eingestellt werden.

Verbesserungen ab Version 3.8

- In die Messergebnistabelle wird nun zu jedem Messergebnis zusätzlich ein Zeitstempel eingefügt.
- Es besteht nun zusätzlich die Möglichkeit (einstellbar über das Optionsmenü) bereits während der Messung auf die in CSV-Dateien gesammelten Messwerte zuzugreifen und zeitlich unbegrenzte Aufnahmen durchzuführen und zu dokumentieren.

Verbesserungen ab Version 3.7

- Die y-Achse des Spektrums lässt sich ebenfalls nun einfach zoomen: Zeigt der Mauscursor auf den weißen Bereich neben die y-Koordinatenachse, dann kann durch einfaches Drehen des Maus-Scrollrades der Zoom betätigt werden. Zusätzlich kann der Zoom durch Betätigen der linken Maustaste und Bewegen der Maus im weißen Bereich entlang der y-Koordinatenachse ausgeführt werden.
- Die Samplerate kann nun eingestellt werden.
- Umstieg von Excel-Dateien (.xls) auf universellere CSV-Dateien.
- Es können nun beliebig viele Oszilloskopwerte als CSV-Dateien exportiert werden. Werden mehr als 1 Million Oszilloskopwerte gespeichert, werden die Messwerte automatisch auf mehrere Dateien verteilt, sodass sich in keiner Datei mehr als 1 Million Messwerte befinden. Folglich können diese CSV-Dateien mit Excel und vergleichbarer Software problemlos geöffnet und bearbeitet werden.

Verbesserungen ab Version 3.6.1

- Falls die Grundeinstellungsdatei beschädigt ist, konnte bisher die Software nicht gestartet werden. Ab Version 3.6.1 kann die Software die Grundeinstellungsdatei in vielen Fällen automatisch reparieren.

Verbesserungen ab Version 3.6

- Die Lärmampel wurde um zwei Zähler erweitert, die die Anzahl der Messungen im gelben und roten Bereich wiedergeben.
- In die Fenster „Spektrum“ und „Speicheroszilloskop“ wurden die Buttons „Hilfe: Zoom“ integriert, um schnell und einfach über die seit Version 3.4 zusätzlichen, vereinfachten Zoom- und Verschiebe-Möglichkeiten zu informieren.
- Falls nicht das in den Einstellungen gespeicherte Mikrofon angeschlossen ist, wird beim Start und beim Laden einer Einstellungsdatei einen Hinweis ausgegeben.
- Die Mikrofoneinstellungen werden jetzt nicht mehr automatisch beim Schließen des Programms übernommen, sondern werden jetzt nur noch geändert, wenn explizit die Einstellungen gespeichert werden. Dies dient zum besseren Schutz der aktuellen Einstellungsdatei. Insbesondere verhindert dies, dass nach einer Kalibrierung die Einstellungen versehentlich dauerhaft geändert werden.

Verbesserungen ab Version 3.4

- Die Bedienung des Zooms beim Oszilloskop und Spektrum wurde vereinfacht. Zeigt der Mauscursor auf den weißen Bereich neben bzw. unter eine Koordinatenachse, dann kann durch einfaches Drehen des **Maus-Scrollrades** der Zoom betätigt werden. Zusätzlich kann der Zoom durch Betätigen der linken Maustaste und Bewegen der Maus im weißen Bereich entlang den Koordinatenachsen ausgeführt werden. Diese Möglichkeit wurde mitaufgenommen, um eine zu der Android- und iOS-Version analoge Zoommöglichkeit zu schaffen.
- Das Verschieben des Spektrums und des Oszilloskopschaubildes wurde ebenfalls vereinfacht. Zeigt der Mauscursor auf den farbigen Bereich (blau bzw. grün) des Schaubildes, dann kann durch einfaches Drehen des **Maus-Scrollrades** das Schaubild verschoben werden. Zusätzlich kann das Verschieben durch Betätigen der **rechten** Maustaste und Bewegen der Maus im farbigen Bereich des Schaubildes ausgeführt werden. Diese Möglichkeit wurde mitaufgenommen, um eine zu der Android- und iOS-Version analoge Verschiebemöglichkeit zu schaffen.
- Das manuelle Umschalten zwischen „Gesamtaufnahme“ und „nur aktueller Ausschnitt“ entfällt. Diese Umschaltung erfolgt nun automatisch.

Verbesserungen ab Version 3.3.1

- Eine Änderung des roten und gelben Bereiches wird nun sofort wirksam und nicht erst nach dem Neustart.
- Bei der akustischen Schallpegelwarnung können neben WAVE-Dateien nun auch beliebige MP3-Dateien abgespielt werden.

Verbesserungen ab Version 3.3

- Die Darstellungen der Werte für Schallpegel, Schalldruck, Schallintensität und bewerteter Schallpegel wurden verbessert und an das Aussehen der iOS- und Android-Version angepasst.

Verbesserungen ab Version 3.2

- Als zusätzliche Information zur Grundfrequenz wird nun die Musiknote mit Frequenz angegeben, die in der Nähe der gemessenen Grundfrequenz liegt.
- Die exakte Kalibrierung wurde vereinfacht und die Genauigkeit gesteigert.
- Im Speicheroszilloskop wurde das Zoomen verbessert. Die senkrechte Linie des Fadenkreuzes dient nun als Zoomzentrum bei Veränderung der Zeiteinheit.

Verbesserungen ab Version 3.1

- In der Version 3.0 hat sich ein Fehler eingeschlichen, dieser wurde nun behoben: Klickt man in der Version 3.0 im Speicheroszilloskop auf Gesamtaufnahme und anschließend auf das Schaubild, so tritt der Fehler: „Ungültige Gleitkommaoperation auf“. Dieser Fehler wurde behoben.

Verbesserungen ab Version 3.0

- Die Grundfrequenz eines Klangs (Musikinstrument oder Stimme) wird nun zusätzlich zu den anderen Messwerten in Echtzeit bestimmt und in einem eigenen Fenster ausgegeben.
- Das Maximum des bewerteten Schalldruckpegels wird nun in Echtzeit bestimmt und in einem eigenen Fenster ausgegeben.
- Zusätzlich kann nun mithilfe eines Schiebereglers die aufgenommene Wave-Datei manuell analysiert werden, d. h., mit dem Schieberegler können Sie den aktuell angezeigten Zeitbereich beliebig wählen, die dazugehörigen Messwerte und Schaubilder werden dann automatisch angezeigt.
- Die Software lässt sich nun einfach über die Tastatur steuern (Shortcuts).
- Alle Fenster sind nun frei skalierbar.

- Die Möglichkeiten zur automatischen Fensteranordnung wurden verbessert.
- Falls kein Kopfhörer oder Lautsprecher angeschlossen ist, wurde bisher beim Abspielen eine unverständliche Fehlermeldung ausgegeben. Dies wurde verbessert.
- Ist in Windows Vista, 7, 8, oder Windows 8.1 die Zoom-Funktion aktiviert, so konnte bei der Abspeicherung der Bild-Dateien (JPEG oder BITMAP) die Achsenbeschriftung zu groß ausfallen. Dieses Fehlverhalten wurde nun korrigiert.

Verbesserungen ab Version 2.3

- Einige Soundkarten werden erst erkannt, nachdem ein Mikrofon eingesteckt wurde. Bisher kam in diesem Fall eine unverständliche Fehlermeldung. Dies wurde nun verbessert.

Verbesserungen ab Version 2.2

- Es können nun neben beliebigen Wave-Dateien auch MP3-Dateien geöffnet und analysiert werden.
- Die Schriftgrößen wurden fixiert, so dass bei Wahl von sehr großen Schriftgrößen unter Windows keine Darstellungsprobleme mehr auftreten.

Verbesserungen ab Version 1.9

- Die Software „Spaichinger Schallpegelmesser 1.9“ ist nun netzwerkfähig, da die Software keine Dateien im EXE-Verzeichnis abspeichert, sondern einen Ordner im Verzeichnis „Eigene Dateien“ erzeugt und dort alle benötigten Dateien ablegt. Es wird auch weiterhin die Windows-Registry durch den Spaichinger Schallpegelmesser **nicht geändert**.
- Die Wahl des Aufnahmegeräts, des Eingangskanals und der Eingangsempfindlichkeit kann nun direkt in der Software „Spaichinger Schallpegelmesser 1.9“ über das Menü „Einstellungen“ → „Aufnahmegerät und Kanaleinstellungen“ durchgeführt werden. Diese Einstellungen werden bei der Kalibrierung gespeichert. Bei jedem Start der Software „Spaichinger Schallpegelmesser 1.9“ werden diese Einstellungen dann automatisch durchgeführt.

Dadurch kann vermieden werden, dass zwischenzeitlich geänderte Systemeinstellungen zu falschen Messergebnissen führen.

- Der Windows-Regler für die Wave-Lautstärke und der allgemeine Windows-Lautstärkeregler (bei XP) lassen sich nun in der Software „Spaichinger Schallpegelmesser 1.9“ über das Menü „Einstellungen“ → „Maximale Lautstärke für Wave-Wiedergabe“ auf maximale Lautstärke einstellen. Der umständliche Aufruf der Windows-Systemsteuerung ist daher nicht mehr nötig.
- Rückkopplungen, die durch sofortige Wiedergabe der Mikrofonaufnahme entstehen, können nun ebenfalls sehr einfach vermieden werden. Dazu brauchen Sie nur in der Software „Spaichinger Schallpegelmesser 1.9“ das Menü „Einstellungen“ → „Vermeidung von Rückkopplungen bei Mikrofonaufnahme (nur XP)“ betätigen. Diese Option ist allerdings nur bei den Windows-Betriebssystemen bis einschließlich XP möglich.

Verbesserungen ab Version 1.8

- Der Zugriff auf die Soundkarte erfolgt ab Version 1.8 über die professionelle „bass.dll“. Dadurch dürfte nun sichergestellt sein, dass die Schallpegelmessersoftware auf allen Computersystemen (ab Windows XP mit installiertem DirectX ab Version 5) problemlos funktioniert. DirectX ist standardmäßig in allen Windows-Systemen installiert.

Verbesserungen ab Version 1.7.1

- Das Hauptfenster kann nun ebenfalls beliebig skaliert werden.

- Instabilitäten beim Speichern im Excel- und JPEG -Format konnten behoben werden.

Verbesserungen ab Version 1.7

- Das Speicheroszilloskop wurde gründlich überarbeitet und erweitert:
 - Ein Fadenkreuz ist nun zur einfacheren und genaueren Ablesung von Zeit- und Druckwerten vorhanden.
 - Bisher konnte nur der aktuelle Bereich (ca. 0,18 s, bzw. 0,9 s) mit dem Speicheroszilloskop betrachtet werden. Nun kann man auf die Gesamtdarstellung umschalten. Mit dieser Darstellung kann die gesamte aufgenommene Wave-Datei analysiert werden. So kann auch auf das Spektrum und alle Schallpegelwerte an beliebigen Stellen der Wave-Datei zugegriffen werden.
 - Die Fehler in der Darstellung zu großer oder zu kleiner Werte wurden beseitigt.
- Mithilfe eines Fadenkreuzes können die Frequenzen im Spektrum nun einfacher und genauer abgelesen werden.
- Die Software kann nun so eingestellt werden, dass bei Erreichen des roten Bereichs wahlweise ein Signalton oder eine selbsterstellte Tonaufnahme (Wave-Datei) abgespielt wird.
- Der rote und der gelbe Bereich können vom Anwender nun beliebig eingestellt werden.
- Die Software kann nun auch als optische Lärmampel verwendet werden (Darstellung als Gesicht: Veränderung der Pfeile, des Munds und der Augen)
- Der mittlere bewertete Schallpegel wird jetzt auch als Zahlenwert und als Balkendiagramm in eigenen Fenstern ausgegeben.
- Fehler, die beim Abspeichern der Schaubilder-Bilddateien aufgetreten sind, wurden beseitigt.
- Die Fensterverwaltung wurde verbessert.

Verbesserungen ab Version 1.6

- Ab Version 1.6 funktioniert die Schallpegelmessersoftware auch problemlos auf sehr neuen Notebooks mit Dual-Core-Technologie.
- Die zeitlichen Mittelwerte bei Schallpegelmessungen werden ab Version 1.6 berechnet und neben den Einzelmesswerten in der Ergebnis-Tabelle ausgegeben.
- Die Möglichkeiten zur Darstellung von Unter- und Übersteuerungen wurden verbessert und erweitert.
- Verbesserung der Bedienungsanleitung.
- Versuchsanleitungen für Versuche mit der Schallpegelmesser-Software und der Software „Spaichinger Hörtest“.

Verbesserungen ab Version 1.5

- Die Genauigkeit der Kalibrierung über Papierzerreißen konnte wesentlich verbessert werden.
- Nach zahlreichen Messungen hat sich gezeigt, dass es günstig ist, einen konstanten Frequenzgang des Mikrofons anzunehmen, wenn der exakte Frequenzgang nicht bekannt ist. Dies ist im Gegensatz zu den vorherigen Versionen nun die Standardeinstellung des Frequenzgangs.
- Die Frequenzgänge des Leybold-Universalmikrofons und des Conrad-Mini-Ansteck-Mikrofon-GH-183 können jeweils durch einen Knopfdruck eingelesen werden.

Verbesserungen ab Version 1.4

- Viele Soundkarten arbeiten nicht gänzlich „sauber“, d.h. dem eigentlichen Signal wird eine Gleichspannung überlagert. Dies führt zu einer Verschiebung des Signals, zu leicht verfälschten Schallpegelwerten und Fehlern im Frequenzspektrum. Um diese Fehlerquelle zu eliminieren, wird der Gleichspannungsanteil von der Schallpegelmesser-Software aus dem Eingangssignal herausgefiltert.
- Die Bedienungsanleitung für die Kalibrierung wurde erweitert.

Verbesserungen ab Version 1.3

- Beim Abspielen (Playback) traten in der Version 1.2 hin und wieder Instabilitäten auf. Diese konnten (ab Version 1.3) beseitigt werden.
- Die Schaubilder (Schalldruck und Spektrum) können jetzt als Bild-Dateien (JPEG oder Bitmap) abgespeichert werden. Die Farben von Hintergrund, Gitter und Kurve können beliebig verändert werden.
- Der Schalldruck (in Abhängigkeit von der Zeit) und das Spektrum können jetzt auch in Form von Tabellen (Excel-Dateien) abgespeichert werden.

10 Installation

Entpacken Sie zuerst die Datei „Schallpegelmesser.zip“. **Achtung: Die Software ist nicht funktionsfähig, wenn Sie die Datei „Schallpegelmesser.zip“ nur öffnen und nicht entpacken!** Kopieren Sie dann das Programm „Spaichinger Schallpegelmesser.exe“ zusammen mit den beigelegten DLL-Dateien in einen beliebigen Ordner (Festplatte oder USB-Stick). Diese DLL-Dateien müssen dabei im selben Ordner wie die Schallpegelmessersoftware untergebracht werden. Ansonsten ist die Software nicht funktionsfähig. Der Schallpegelmesser.exe kann auch ausgehend von einem USB-Stick oder einer CD ausgeführt werden, da die Software ab Version 2.2 keine Dateien im EXE-Verzeichnis abspeichert.

Beim ersten Aufruf des Programms Schallpegelmesser.exe erzeugt die Software den Ordner „Grundeinstellungen_Spaichinger_Schallpegelmesser“ im Verzeichnis „Eigene Dateien“. Dort werden von der Software alle benötigten Einstellungsdateien abgespeichert. Dies ermöglicht auch die Netzwerkfähigkeit des Spaichinger Schallpegelmessers ab Version 2.2. Die Windows-Registry wird von der Software **nicht geändert**.

Wenn Sie die Software wieder vollständig von Ihrem Computer entfernen möchten, dann genügt es daher folgende Ordner zu löschen:

- den Ordner, der die Datei „Schallpegelmesser.exe“ enthält
- den Ordner „Grundeinstellungen_Spaichinger_Schallpegelmesser“ im Verzeichnis „Eigene Dateien“.

11 Anschluss eines Mikrofons / Voreinstellungen am PC

Einfache Elektret-Mikrofone, wie das Conrad-Mini-Ansteck-Mikrofon-GH-183, werden an den **Mikrofoneingang** der Soundkarte des PCs (oder Notebooks) angeschlossen.

Das Conrad-Mikrofon-GH-183 besitzt eine im Verlängerungskabel integrierte Batterie. Für die Verwendung an der Soundkarte ist dieses Verlängerungskabel (mit Batterie) nicht notwendig, da der Mikrofoneingang das Mikrofon mit elektrischer Energie versorgt. Bei unseren Messungen war das Conrad-Mikrofon sogar ohne diese Versorgung deutlich empfindlicher. **(Bemerkung: Das GH-183 ist leider ausverkauft. Conrad bietet allerdings einen gleichwertigen Ersatz dafür an (siehe Kapitel: [Messbereich](#))**

Wollen Sie ein hochwertiges Mikrofon mit eingebautem Verstärker verwenden, wie das in vielen Physiksammlungen vorhandene Leybold-Universalmikrofon, dann müssen Sie dies an den **Line-in-Eingang** der Soundkarte anschließen und i. A. den Regler am Mikrofon vollständig herunterdrehen. Die Verwendung eines USB-Mikrofons ist ebenfalls möglich.

11.1 Einstellung des Mikrofoneingangs

Nach Starten des Programms Schallpegelmesser.exe können Sie im Menü „Einstellungen“ → „Aufnahmegerät und Kanaleinstellungen“ das gewünschte Aufnahmegerät und den gewünschten Aufnahme Kanal auswählen:

The screenshot displays the 'Spaichinger Schallpegelmesser 3.6' software interface. The main window is titled 'Spaichinger Schallpegelmesser 3.6' and contains several panels:

- Speicheroszilloskop: Gesamtaufnahme:** Shows a green waveform plot of pressure $p(t)$ in Pa over time.
- Spektrum:** Shows a blue spectrum plot of $po(f)/pomax^2$ versus frequency f in Hz.
- Lärmampel:** Shows a cartoon face with yellow arrows pointing towards it, indicating noise level. The current reading is **84,7 dB(A)**, with a mean of 83,6 dB(A) and a maximum of 91,0 dB(A).
- Grundfrequenz:** Shows the fundamental frequency as **528,2 Hz**, with a secondary reading of **c2: 523,3 Hz**.
- Aufnahmegerät und Kanaleinstellungen:** A settings dialog box is open, showing:
 - Aufnahmegerät:** Mikrofon (2- C-Media USB Headph)
 - Eingangskanal:** Hauptlautstärke
 - Eingangsempfindlichkeitsregler:** Empfindlichkeit: 100%

 The interface also includes a menu bar (Datei, Start, Abspielen, Fenster, Ergebnisse, Einstellungen, Info), a time range selector (7,625 - 7,811), and various control buttons like 'Aktualisieren' and 'Speichern'.

Um auch Messungen bei kleinen Schallpegeln durchführen zu können, ist es i. A. sinnvoll den Empfindlichkeitsregler auf maximale Empfindlichkeit zu stellen (Ausnahmen: siehe [Exakte Kalibrierung](#)).

Diese Einstellungen brauchen Sie nur einmal durchzuführen, da die Software Schallpegelmesser.exe diese Daten bei Durchführung der [Kalibrierung](#) in einer Einstellungsdatei abspeichert und bei Neustart des Programms diese Einstellungen automatisch wieder herstellt.

Rückkopplungen, die durch sofortige Wiedergabe der Mikrofonaufnahme entstehen, können nun ebenfalls sehr einfach vermieden werden. Dazu müssen Sie nur in der Software „Spaichinger Schallpegelmesser“ das Menü „Einstellungen“ → „Vermeidung von Rückkopplungen bei Mikrofonaufnahme (nur XP)“ betätigen. Diese Option ist

allerdings nur bei den Windows-Betriebssystemen XP möglich. Verwenden Sie ein neueres Windows-Betriebssystem, dann müssen Sie gegebenenfalls diese Einstellung in der Systemsteuerung durchführen.

Der Windows-Regler für die Lautstärke bei der Wiedergabe von Wave-Dateien lässt sich in der Software Schallpegelmessr.exe über das Menü „Einstellungen“ → „Maximale Lautstärke für Wave-Wiedergabe“ auf maximale Lautstärke einstellen. Der umständliche Aufruf der Windows-Systemsteuerung ist daher nicht nötig.

11.1.1 Problembehandlung bei Einstellung des Mikrofoneingangs

Siehe Kapitel: [Notwendige Voraussetzungen](#)

11.2 Einstellung des Line-in-Eingangs

Siehe Kapitel: [Einstellung des Mikrofoneingangs](#).

12 Durchführung von Messungen (Echtzeitmessungen)

Im Folgenden werden die für Messungen notwendigen Menüpunkte des „Spaichinger Schallpegelmessers“ erklärt.

12.1 Fenster

Jede Schallgröße wird in einem eigenen Fenster dargestellt.

Wählen Sie im Menü „Fenster“ → „Fensterauswahl“ die Fenster aus, die Sie bei der anschließenden Messung betrachten wollen. Bestätigen Sie Ihre Wahl durch Betätigen von „Übernehmen“. Um einen Überblick über die Fenster zu erhalten, können Sie anschließend „Fenster“ → „Fensteranordnung“ → „Überlappend“ betätigen.

Sie können die Fenster beliebig verschieben und ihre Größe frei wählen.

Beim Beenden der Software werden die Größen und die Orte der Fenster gespeichert. Beim erneuten Start des Programms werden die Fenster dann wieder in dieser Anordnung dargestellt.

12.2 Start

Nach Betätigen der Start-Taste öffnet sich ein Menü mit folgenden Einträgen:

- | | |
|---|---------------|
| 1. Messung (schnell 0,19 s) | Strg 1 |
| 2. Messung (langsam 0,93 s) | Strg 2 |
| 3. Wave-Datei aufnehmen (mono, CD-Qualität), Messung (schnell). | Strg 3 |
| 4. Akustische Schallpegelwarnung (schnell) | Strg 4 |
| 5. Akustische Schallpegelwarnung (langsam) | Strg 5 |

Klicken Sie auf eine der fünf Optionen, dann beginnt die Schallmessung in Echtzeit. Alternativ können Sie die oben rechts angegebenen Tastenkombinationen (Shortcuts) verwenden.

Nutzen Sie Möglichkeit 1, dann unterteilt die Software das Signal in 0,19-Sekunden-Abschnitte, berechnet aus jedem Signalabschnitt die Schallgrößen und gibt sie aus. Verwenden Sie Möglichkeit 2, dann unterteilt die Software das Signal in 0,93-Sekunden-Abschnitte, berechnet jeweils die Schallgrößen und gibt diese aus.

Falls Sie unter „Einstellungen -> Optionen“ eine andere Samplerate eingestellt haben, dann haben diese Zeitintervalle andere Längen (siehe [Technische Daten, Samplerate, Frequenzauflösung und Grundfrequenzbestimmung](#))

Die Messung wird durch einen Klick auf „Stopp“ oder durch Betätigen der **Esc-Taste** beendet. Um schnellveränderliche Schallpegel zu messen oder einen Echtzeiteindruck zu erhalten, ist Option 1 besser geeignet als Option 2. Für Langzeitmessungen sollten Sie Möglichkeit 2 verwenden. Option 3 unterscheidet sich von Möglichkeit 1 nur dadurch, dass nach Beenden der Aufnahme die gesamte Schall-Datei (Wave-Datei) zur Verfügung steht.

Folglich können Sie durch Betätigen von „Abspielen“ (siehe Kapitel: [Abspielen \(Playback\)](#)) die gesamte Messung nochmals betrachten oder diese mithilfe des Speicheroszilloskops (Gesamtdarstellung) analysieren. Zusätzlich kann nun mithilfe des unter der Menüleiste angebrachten Schiebereglers die aufgenommene Wave-Datei manuell analysiert werden, d. h., mit dem Schieberegler können Sie den aktuell angezeigten Zeitbereich beliebig wählen, die dazugehörigen Messwerte und Schaubilder werden dann automatisch angezeigt. Dieser Schieberegler wird erst sichtbar, nachdem eine Wave-Datei aufgenommen wurde (siehe Kapitel: [Manuelle Auswertung](#)).

Darüber hinaus können Sie die Wave-Datei abspeichern (siehe Kapitel: [Datei](#)).

Möglichkeit 4 unterscheidet sich von Möglichkeit 1 in zwei Punkten:

- Bei Erreichen des roten Bereichs wird ein Alarmsignal oder eine selbstgewählte Wave-Datei abgespielt.
- Die Schallpegelwerte werden nicht in der Ergebnisdatei gesammelt.

Möglichkeit 5 unterscheidet sich von Option 4 nur dadurch, dass die Messabschnitte nicht 0,19 sondern 0,93 Sekunden betragen. Kurzzeitige Störungen führen deshalb nicht so schnell zum Abspielen des Alarmsignals wie bei Möglichkeit 4.

12.3 Vermeidung von Rückkopplungen bei der Aufnahme

Rückkopplungen, die durch sofortige Wiedergabe der Mikrofonaufnahme entstehen, können nun ebenfalls sehr einfach vermieden werden. Dazu müssen Sie nur in der Software „Spaichinger Schallpegelmesser“ das Menü „Einstellungen“ → „Vermeidung von Rückkopplungen bei Mikrofonaufnahme (nur XP)“ betätigen. Diese Option ist allerdings nur beim Windows-Betriebssystemen XP möglich. Verwenden Sie ein aktuelleres Windows-Betriebssystem, dann müssen Sie diese Einstellung in der Systemsteuerung durchführen.

12.4 Bestimmung der Grundfrequenz

Die Grundfrequenz eines Klangs (Musikinstrument oder Stimme) wird seit Version 3.0 zusätzlich zu den anderen Messwerten in Echtzeit bestimmt und in einem eigenen Fenster ausgegeben. Seit Version 3.2 wird zusätzlich zur Grundfrequenz die Musiknote mit Frequenz angegeben, die in der Nähe der gemessenen Grundfrequenz liegt.

Die Grundfrequenz eines Klangs wird bei einem Signal-Rauschabstand von mindestens 30 dB von der Software i. A. mit einer Genauigkeit von 0,2 Hz bestimmt, wenn sich die Grundfrequenz oberhalb von 70 Hz befindet.

Die Grundfrequenz wird in folgenden Fällen von der Software i. A. **nicht richtig erkannt**:

- die Grundfrequenz ist kleiner als 70 Hz
- der Signal-Rauschabstand ist kleiner als 30 dB
- der Klang erklingt nur sehr kurz (unter 0,4 Sekunden) mit dem Signal-Rauschabstand von mindestens 30 dB

In diesen Fällen wird von der Software i. A. die Frequenz des 1., 2. oder 3. Obertones ausgegeben, d. h., die ausgegebene Frequenz ist i. A. das Doppelte, Dreifache bzw. Vierfache der tatsächlichen Grundfrequenz.

Wie soll man vorgehen, damit mit großer Wahrscheinlichkeit die richtige Grundfrequenz angezeigt wird?

Falls die tatsächliche Grundfrequenz über 70 Hz liegt, was meist erfüllt ist, muss man nur darauf achten, dass der Signal-Rauschabstand über einen möglichst großen Zeitraum größer als 30 dB ist.

Dies erreicht man, indem man folgende zwei Punkte beachtet:

- die Grundfrequenzbestimmung sollte in einem ruhigen Raum durchgeführt werden
- das Mikrofon sollte sich nahe am Musikinstrument befinden
- z.B. sollte die Gitarrensaite kräftig angezupft werden

13 Auswertung der Messungen

Nach Beenden einer Messung durch den Stopp-Button oder alternativ durch die **Esc**-Taste stehen Ihnen die im Folgenden beschriebenen Tabellen, Schaubilder und Funktionen zur Verfügung.

13.1 Ergebnisse

Die Messergebnisse (Schallpegelwerte, Schalldrücke und Schallintensitäten) können auf zwei unterschiedliche Arten in CSV-Dateien gesammelt werden. Im Menü „Einstellungen“ → „Optionen“ → „Ergebnisse“ können Sie die von Ihnen gewünschte Möglichkeit einstellen:

- a) Nach Betätigen der Start-Taste werden die aktuellen Messwerte ausgegeben und zusätzlich in einer Tabelle gesammelt. Diese Tabelle kann nach Betätigen der Stopp-Taste im Menü „Ergebnisse“ betrachtet und als CSV-Datei abgespeichert werden. Die Möglichkeit zum Ausdrucken besteht ebenfalls. Die maximal mögliche Anzahl der in der Tabelle dokumentierbaren Messungen (Tabellen-Zeilen) können im Menü „Einstellungen“ → „Optionen“ → „Ergebnisse“ ebenfalls eingestellt werden. Bitte beachten Sie, dass Excel und Libre Office nur Dateien mit weniger als einer Million Zeilen öffnen können. D.h., die maximale Aufnahmezeit ist hierdurch beschränkt. Falls Sie diese Beschränkung umgehen möchten, sollten Sie die folgende Option b) wählen. Falls Sie bereits während der Messung auf die Tabelle zugreifen möchten, sollten Sie ebenfalls die folgende Option b) wählen.
- b) Nach Betätigen der Start-Taste werden die aktuellen Messwerte ausgegeben und zusätzlich im Ordner „Dokumente\Grundeinstellungen_Spaichinger_Schallpegelmesser“ in der CSV-Datei „Gesamtmesswerte1.csv“ fortlaufend gesammelt. Nach jeweils 1 Million Zeilen wird eine neue CSV-Datei erzeugt. Diese Dateien werden fortlaufend durchnummeriert. **Sie können somit zeitlich unbegrenzte Aufnahmen durchführen und dokumentieren.** Alle Dateien können auch während der Aufnahme mit Excel oder einer vergleichbaren Software (schreibgeschützt) gelesen werden.
- c) Falls Sie keine Ergebnistabelle wünschen, können Sie dies ebenfalls unter „Einstellungen“ → „Optionen“ → „Ergebnisse“ einstellen.

13.2 Speicheroszilloskop

Im Fenster „Speicheroszilloskop“ ist der momentane Schalldruck in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt. Auf diesem Fenster können Sie folgende Einstellungen durchführen:

- a) Zoom: Siehe [Zoom Speicheroszilloskop](#)
- b) Verschieben des Schaubildes: [Verschieben Speicheroszilloskop](#)
- c) Zur genauen Ablesung von Zeit und Druck können Sie auf den gewünschten Punkt im Schaubild klicken. Es erscheinen dann die gesuchten Werte am unteren Rand des Fensters und ein Fadenkreuz im Schaubild. Durch Anklicken von „Fadenkreuz löschen“ kann das Fadenkreuz wieder gelöscht werden. **Darüber hinaus dient im Speicheroszilloskop die senkrechte Linie des Fadenkreuzes als Zoomzentrum bei Veränderung der Zeiteinheit.**
- d) Bei der manuellen Analyse einer Wave-Datei (siehe [Manuelle Auswertung](#)) kann auf die gesamte Aufnahme (Wave-Datei) zugegriffen werden. Grün markiert erscheint der aktuelle Teil der Wave-Datei (Länge: ca. 0,19 s), d. h. derjenige Teil, der zu den momentan ausgegebenen Schallpegelwerten und dem momentanen Spektrum gehört. **Klickt man mit der linken Maustaste auf einen beliebigen Punkt der Gesamtdarstellung, dann wird der zu diesem Punkt gehörende Bereich (ca. 0,19 Sekunden) zum aktuellen Bereich, d. h., dieser Bereich wird grün eingefärbt und das Spektrum, die Grundfrequenz und die Schallpegelwerte dieses Bereichs werden berechnet und ausgegeben.**
- e) Klickt man auf „Tabelle speichern“, dann gelangt man zu einem Formular, in dem die Wertetabelle des momentan im Speicheroszilloskop sichtbaren Druckverlaufs aufgetragen ist. Hier sind das Speichern als Excel- oder Text-Datei und das Ausdrucken möglich.
- f) Betätigt man die Taste „Schaubild speichern“, dann gelangt man zu einem Fenster, in dem das Schaubild dargestellt ist. Hier können die Farben des Schaubilds, des Hintergrunds und des Gitters frei gewählt werden. Darüber hinaus kann die Größe des Schaubilds durch Größenveränderung des Fensters eingestellt und das Schaubild als Bild-Datei (JPEG oder BITMAP) abgespeichert werden. Dies ist für die Erstellung von Präsentationen nützlich.

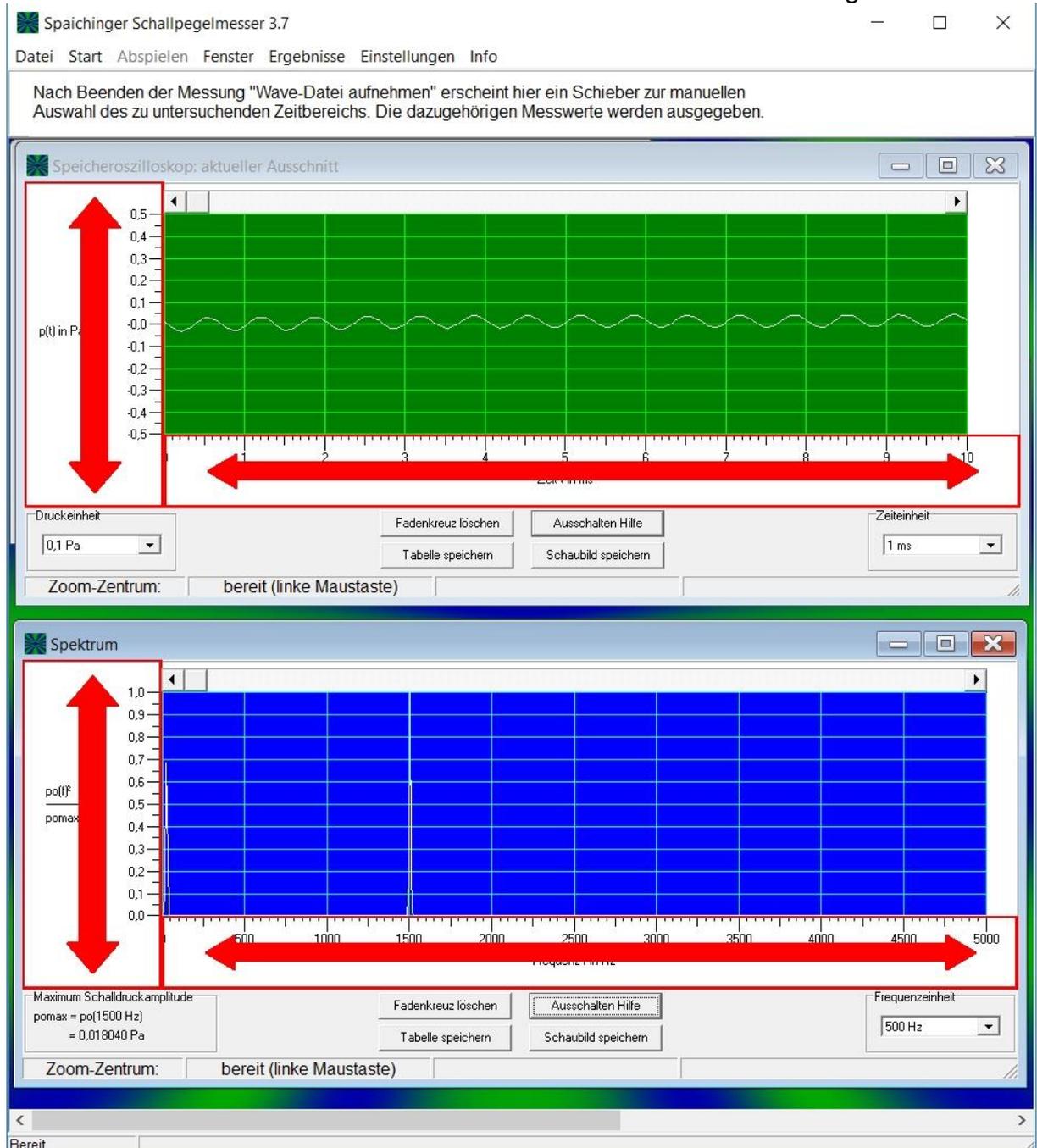
13.3 Zoom Speicheroszilloskop

Es gibt **3 Möglichkeiten**, um das Schaubild zu zoomen:

- a) Mithilfe der Auswahlboxen „Druckeinheit“ und „Zeiteinheit“ können Sie die y-Achse (Schalldruck) und die x-Achse (Zeit) geeignet skalieren (zoomen). Durch Klicken auf eine dieser Auswahlboxen und anschließendes Drehen des Maus-Scrollrades kann die entsprechende Skalierung einfach und schnell durchgeführt werden. Darüber hinaus dient **im Speicheroszilloskop die senkrechte Linie des Fadenkreuzes als Zoomzentrum bei Veränderung der Zeiteinheit.**
- b) Noch einfacher und schneller kann der Zoom folgendermaßen durchgeführt werden: Zeigt der **Mauscursor auf den weißen Bereich neben bzw. unter eine Koordinatenachse**, dann kann durch einfaches Drehen des **Maus-Scrollrades** der Zoom betätigt werden. Auch hier dient die senkrechte Linie des Fadenkreuzes als Zoomzentrum beim Zoomen der Zeitachse.
- c) Zusätzlich kann der Zoom durch Betätigen der linken Maustaste und gleichzeitiges Bewegen der Maus im weißen Bereich entlang den

Koordinatenachsen ausgeführt werden. Diese Möglichkeit wurde mitaufgenommen, um eine zu der **Android- und iOS-Version analoge Zoommöglichkeit** zu schaffen. Auch in diesem Fall dient die senkrechte Linie des Fadenkreuzes als Zoomzentrum beim Zoomen der Zeitachse.

Im Screenshot auf der nächsten Seite sind die Zoom-Bereiche rot dargestellt:



13.4 Verschieben Speicheroszilloskop

Es gibt **3 Möglichkeiten**, um das Schaubild zu verschieben, d.h. den dargestellten Zeitbereich zu ändern:

- Mithilfe der Laufleiste oberhalb des Schaubildes
- Noch einfacher und schneller kann das Verschieben folgendermaßen durchgeführt werden: Zeigt der **Mauscursor auf den farbigen Bereich des**

Schaubildes, dann kann durch einfaches Drehen des **Maus-Scrollrades** das Schaubild verschoben werden.

- c) Zusätzlich kann das Verschieben durch Betätigen der **rechten** Maustaste und gleichzeitiges Bewegen der Maus im farbigen Bereich ausgeführt werden. Diese Möglichkeit wurde mitaufgenommen, um eine zu der **Android- und iOS-Version analoge Verschiebemöglichkeit** zu schaffen.

13.5 Spektrum

Im Fenster „Spektrum“ wird das Frequenzspektrum des im Speicheroszilloskop dargestellten aktuellen Bereichs ausgegeben.

Die Bedienung und die Einstellmöglichkeiten sind analog zum Fenster „Speicheroszilloskop“ (siehe [Zoom und Verschieben Spektrum](#) und [Speicheroszilloskop](#)).

Im Folgenden wird beschrieben, wie dieses „Spektrum“ entsteht: Mithilfe einer schnellen Fourier-Transformation der im Speicheroszilloskop dargestellten Funktion $p(t)$ berechnet das Programm die zu den Frequenzen f gehörenden Amplituden $p_o(f)$. Anschließend wird die maximale Amplitude $p_{o\max}$ mit zugehöriger Frequenz f_{\max} bestimmt. Schließlich wird der Quotient $p_o(f)^2/p_{o\max}^2$ in Abhängigkeit von der Frequenz f aufgetragen.

Aus folgenden Gründen habe ich mich für die Darstellung dieses quadrierten relativen Spektrums entschieden:

- Die Schalldruckamplituden gehen quadratisch in die Berechnung der Schallintensität ein.
- Die relative Darstellung (d. h. Bezug auf das Maximum) ergibt eine vom Schallpegel unabhängige Darstellung des Spektrums, was zu einer erheblich einfacheren Ablesung des Spektrums führt.

13.6 Zoom und Verschieben Spektrum

Der Zoom und das Verschieben des Spektrums verlaufen analog zum Zoom bzw. Verschieben des Speicheroszilloskops (siehe [Zoom Speicheroszilloskop](#) und [Verschieben Speicheroszilloskop](#)).

13.7 Abspielen (Playback)

Die mit der Schallpegelmesser-Software erzeugten Wave-Dateien und andere Wave- und MP3-Dateien (siehe Kapitel: [Start](#) und [Datei](#)) können durch Betätigen von „Abspielen“ → „Start (Playback)“ abgespielt werden. Alternativ kann zum Start des Playbacks die Tastenkombination **Strg 6** verwendet werden. Beim Playback verhält sich die Software gleich wie bei der Aufnahme, d. h., es werden alle Messwerte und Schaubilder gleich dargestellt wie bei der Aufnahme. Durch Betätigen von „Pause“ im Menü abspielen oder durch Betätigen der Tastenkombination **Strg 7** kann das Playback unterbrochen und wieder fortgesetzt werden. Durch einen Klick auf „Stopp“ im Menü „Abspielen“ oder durch Betätigen der **Esc**-Taste kann das Playback frühzeitig beendet werden. Nach Beenden des Abspielens erscheint unter der Menüleiste ein Schieberegler mit dem die Wave-Datei manuell analysiert werden kann, d. h., mit dem Schieberegler können Sie den aktuell angezeigten Zeitbereich

beliebig wählen, die dazugehörigen Messwerte und Schaubilder werden dann automatisch angezeigt (siehe [Manuelle Auswertung](#)).

Um die Aufnahme möglichst gut hören zu können, sollten Sie vor dem Abspielen der Datei wie folgt vorgehen:

Betätigen Sie innerhalb der Software Schallpegelmesser.exe das Menü „Einstellungen“ → „Maximale Lautstärke für Wave-Wiedergabe“, um den Wave-Lautstärkeregler auf maximale Lautstärke zu stellen. Den Windows-Hauptlautstärkeregler können Sie anschließend bei Bedarf noch nachjustieren. Diesen Regler erhält man durch einen Klick auf das Lautsprechersymbol unten rechts auf der Taskleiste von Windows oder über die Systemsteuerung von Windows

13.8 Manuelle Auswertung

Nach der Aufnahme einer Wave-Datei oder nach dem Abspielen einer Wave- oder MP3-Datei erscheinen unterhalb der Menüleiste ein Schieberegler und eine Zeitbereichsangabe für den aktuell dargestellten Zeitbereich:



Den Schieberegler können Sie mithilfe der Maus oder der Tastatur (Strg und Pfeiltasten) bewegen. In dem linken Zeitbereichsfenster wird der zur Stellung des Reglers gehörende Zeitbereich angezeigt. Jeder dieser Zeitbereiche hat eine Länge von ca. 0,186 Sekunden. Die Wave-Datei wird folglich, wie bei der „Aufnahme (schnell)“ und beim Abspielen (Playback), in Zeitabschnitte von ca. 0,186 Sekunden unterteilt. Die zu dem aktuell ausgewählten Zeitbereich gehörenden Messwerte und Schaubilder werden beim Bewegen des Schiebers automatisch berechnet und ausgegeben. Im Speicheroszilloskop (siehe Kapitel [Speicheroszilloskop](#)) wird hierbei der gesamte aufgenommene Zeitbereich dargestellt. Der aktuelle Bereich ist grün eingefärbt.

13.9 Datei

Im Menü „Datei“ können Sie Schall-Dateien in Form von beliebigen Wave-Dateien und MP3-Dateien öffnen. Speichern können Sie Wave-Dateien in CD-Qualität. In diesem Menü können Sie darüber hinaus durch Betätigen von „Schallpegelmessergebnisse speichern“ auf die Ergebnistabelle der Schallpegelmessungen zugreifen und diese als Excel- oder Textdatei speichern (gleiche Funktionalität wie Menü „Ergebnisse“, siehe [Messungsauswertung](#)).

13.10 Farben und Linienstärke Oszilloskop und Spektrum

Im Menü „Einstellungen“ → „Optionen“ → „Farben“ lassen sich die Farben der Kurven und des Hintergrunds im Oszilloskop und im Spektrum einstellen. Zusätzlich kann man hier die Linienstärke der Kurven einstellen.

14 Optische und akustische Schallpegelwarnungen

Zur Selbstregulierung des Lärmpegels bei Gruppenarbeiten, ... können Schallpegel-Balkendiagramme, die Lärmampel oder eine akustische Schallpegelwarnung verwendet werden:

14.1 Balkendiagramm für den bewerteten Schallpegel

Das Balkendiagramm für den bewerteten Schallpegel besitzt einen grünen, einen gelben und einen roten Bereich. Diese Bereiche können im Menü „Einstellungen“ → „Optionen“ → „Lärmampel/Schallpegelwarnung“ eingestellt werden.

Eine Änderung in den Optionen wird nur dann wirksam, wenn Sie durch Betätigen von „Speichern“ (innerhalb des Optionen-Fensters) diese übernehmen (siehe Kapitel: [Einstellungen speichern](#)).

14.2 Lärmampel

Im Fenster „Lärmampel“ wird ein einfaches Gesicht dargestellt, dessen Augen und Mund sich bewegen. Der Schallpegel wird durch Pfeile symbolisiert, die auf die Ohren treffen. Umso breiter die Pfeile, desto größer ist der bewertete Schallpegel. Die Pfeile können hierbei die Bereichsfarben grün, gelb und rot annehmen.

- Grüne Pfeile: lachendes Gesicht (bewerteter Schallpegel unterhalb des gelben Bereichs)
- Gelbe Pfeile: neutrales Gesicht (bewerteter Schallpegel im gelben Bereich)
- Rote Pfeile: trauriges Gesicht (bewerteter Schallpegel im roten Bereich)

Im unteren Bereich finden Sie Zähler, die die Anzahl der Messungen im gelben und roten Bereich wiedergeben.

Die bewerteten Schallpegel für die Bereichsgrenzen können im Menü „Einstellungen“ → „Optionen“ → „Lärmampel/Schallpegelwarnung“ eingestellt werden.

Eine Änderung in den Optionen wird nur dann wirksam, wenn Sie diese durch einen Klick auf „Speichern“ (innerhalb des Optionen-Fensters) übernehmen (siehe Kapitel: [Einstellungen speichern](#)).

14.3 Akustische Schallpegelwarnung

Die akustische Schallpegelwarnung wird über das Menü „Start“ → „Akustische Schallpegelwarnung (schnell)“ oder „Akustische Schallpegelwarnung (langsam)“ aktiviert. Alternativ können Sie die Tastenkombinationen **Strg 4** bzw. **Strg 5** zum Start verwenden. Bei Erreichen des roten Bereichs (siehe [Balkendiagramm für den bewerteten Schallpegel](#)) wird eine Alarmsignal (1000 Hz) oder eine selbstgewählte Wave-Datei abgespielt. „Schnell“ und „langsam“ unterscheiden sich nur durch die Längen der Messzeiten (0,19 bzw. 0,93 Sekunden). Kurzzeitige Störungen führen deshalb bei „langsam“ nicht so schnell zum Abspielen des Alarmsignals wie bei „schnell“.

Unter „Einstellungen“ → „Optionen“ → „Lärmampel/Schallpegelwarnung“ kann die Dauer des Alarmsignals eingestellt oder eine zuvor aufgenommenen Wave-Datei ausgewählt werden.

Eine solche Wave-Datei kann zuvor wie folgt aufgenommen werden:

1. Durch „Start“ → „Wave-Datei aufnehmen“ wird die Wave-Datei erstellt.
2. Über „Datei“ → „Wave-Datei speichern“ wird die Wave-Datei unter einem Namen Ihrer Wahl auf der Festplatte gespeichert.

Denken Sie daran, dass eine Änderung in den Optionen nur dann wirksam wird, wenn Sie diese durch Betätigen der Taste „Speichern“ (innerhalb des Optionen-Fensters) übernehmen (siehe Kapitel: [Einstellungen speichern](#)).

15 Einstellungen für Schallpegelmessungen

Bevor Sie genaue Schallpegelmessungen durchführen können, müssen Sie die Software mit dem angeschlossenen Mikrofon kalibrieren. Im Folgenden wird dies erläutert. Für Frequenz- und Zeitmessungen sind keine Kalibrierungen erforderlich.

15.1 Einstellungen speichern

Damit Änderungen in den Einstellungen: „Optionen“, „Frequenzgang Mikrofon“, „Kalibrierung über Papierzerreißen“ bzw. „Exakte Kalibrierung“ wirksam werden, müssen diese jeweils vor dem Beenden des Dialogs gespeichert werden.

Dies geschieht durch Betätigen von „Speichern“.

Durch diesen Klick öffnet sich ein Fenster zum Speichern der Einstellungen in Form einer Datei mit der Endung „.mes“.

In dieser Datei werden alle Programmeinstellungen inklusive der Kalibrierung abgespeichert. Wählen Sie ein beliebiges Verzeichnis und einen beliebigen Namen für diese Einstellungsdatei. Als Dateiname hat sich der Mikrofonname gut bewährt. Dies bringt Übersichtlichkeit, wenn man unterschiedliche Mikrofone verwenden möchte.

15.2 Einstellungen laden

Einstellungsdateien können jederzeit über das Menü:

„Einstellungen“ → „Einstellungen laden“

eingeladen werden. Durch diesen Vorgang werden die aktuell vorhandenen Einstellungen des Programms durch die Daten der Einstellungsdatei überschrieben. Dies ist nützlich, wenn z. B. unterschiedliche Mikrofone nacheinander genutzt werden sollen.

15.3 Frequenzgang des Mikrofons

Im Menü:

„Einstellungen“ → „Frequenzgang Mikrofon“

kann der Frequenzgang des verwendeten Mikrofons eingegeben werden. Ein konstanter Frequenzgang liegt vor, wenn alle Frequenzen im Bereich von 10 Hz bis 22050 Hz (bei Beschallung von vorne) gleich „stark“ aufgenommen werden, d. h., bei unterschiedlichen Frequenzen und gleichem Schallpegel liefert das Mikrofon die gleiche effektive Spannung wie bei einem Ton mit 1000 Hz. Meist wird die Spannung bei einem 1000-Hz-Ton als Bezugspunkt gewählt und deshalb in die Frequenzgang-Tabelle 0 dB bei 1000 Hz eingetragen. Sehr gute Mikrofone besitzen (beinahe) konstante Frequenzgänge. Folglich kann bei Verwendung von solchen Mikrofonen in die Frequenzgang-Tabelle überall 0 dB eingetragen werden (falls der exakte Frequenzgang nicht bekannt ist). Einfache Computermikrofone besitzen im Allgemeinen bei kleinen und mittleren Frequenzen (bis 8000 Hz) nur kleine Abweichungen. Über 8000 Hz sind die Abweichungen meist recht groß (negative Abweichung). Dies gilt auch für die in Notebooks eingebauten Mikrofone. Allerdings treten in unserem Alltag hauptsächlich Frequenzen unter 8000 Hz auf. Folglich sind diese Abweichungen i. A. zu vernachlässigen. Nach zahlreichen Versuchen hat sich gezeigt, dass bei nicht bekanntem Frequenzgang die Wahl von 0 dB (bei allen Frequenzen) zu bevorzugen ist. Dieser Frequenzgang kann durch Betätigen von „Einstellungen → Frequenzgang Mikrofon → konstant“ eingelesen werden. Die Frequenzgänge des Conrad-Mini-Ansteck-Mikrofons-GH-183 und des Leybold-Universalmikrofons sind ebenfalls hinterlegt und können durch Anklicken von „Einstellungen → Frequenzgang Mikrofon → Mikrofone“ ausgewählt werden.

Der Frequenzgang des Conrad-Mini-Ansteck-Mikrofons-GH-183 ist allerdings nur bis 8000 Hz eingetragen (darüber 0 dB), da uns für höhere Frequenzen keine Angaben vorliegen. **Bemerkung: Das GH-183 ist leider ausverkauft. Conrad bietet allerdings einen gleichwertigen Ersatz dafür an (siehe Kapitel: [Messbereich](#)).** Für diesen Ersatz können Sie den Frequenzgang des GH-183 ebenfalls verwenden.

Falls Sie den Frequenzgang geändert haben, müssen Sie diese Änderung anschließend durch einen Klick auf „Speichern“ übernehmen (siehe Kapitel: [Einstellungen speichern](#)).

15.4 Kalibrierung

Für Frequenz- und Zeitmessungen sind keine Kalibrierungen erforderlich. Für Schallpegelmessungen ist eine Kalibrierung notwendig.

Bevor Sie eine Kalibrierung durchführen, sollten Sie die Windows-Mikrofoneinstellungen (siehe Kapitel: [Einstellung des Mikrofoneingangs](#)) und den Frequenzgang des Mikrofons (siehe Kapitel: [Frequenzgang des Mikrofons](#)) überprüfen.

Nehmen Sie nach der Kalibrierung Änderungen an der Mikrofoneinstellung oder am Frequenzgang vor, dann müssen Sie die Kalibrierung wiederholen.

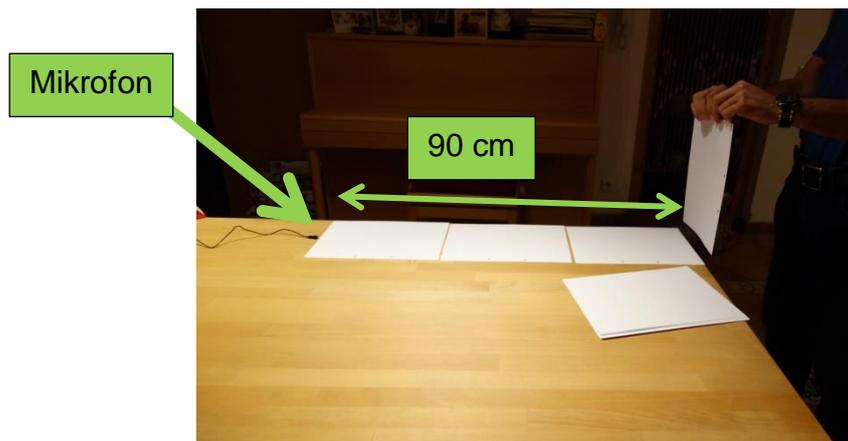
Die Software „Spaichinger Schallpegelmesser“ bietet zwei Arten der Kalibrierung an: [Kalibrierung über Papierzerreißen](#)
[Exakte Kalibrierung](#)

15.4.1 Kalibrierung über Papierzerreißen

Kurzbeschreibung

Die Kalibrierung findet über das Zerreißen von 10 weißen Din-A4-Kopierpapierbögen (80 g/m²) statt.

Bei dieser Art der Kalibrierung werden keine weiteren Hilfsmittel benötigt.



Durchführung der Kalibrierung

Über das Menü:

„Einstellungen → Kalibrierung über Papierzerreißen“
gelangen Sie zum Kalibrierungsdialog.

Dort müssen Sie zuerst die Messung des Hintergrundgeräusches und anschließend die eigentliche Kalibrierung über das Zerreißen von Papier durchführen.

Messung des Hintergrundgeräusches („1. Hintergrundgeräusche“):

Gehen Sie in einen ruhigen Raum.

Schließen Sie das Mikrofon an den Computer an (falls Sie kein eingebautes Mikrofon verwenden).

Betätigen Sie die Start-Taste.

Die Messung wird nun automatisch durchgeführt und ist nach ca. ein bis zwei Sekunden beendet.

Problembehandlung bei der Hintergrundmessung:

Falls die Hintergrundmessung mit der Fehlermeldung:

„Hintergrundgeräuschemessung vorzeitig abgebrochen“ beendet wird, dann wiederholen Sie die Messung.

Endet die Hintergrundmessung mit der Meldung: „Hintergrundgeräuschemessung fehlerhaft, da übersteuert“, dann ist das Mikrofon zu empfindlich und Sie müssen den Empfindlichkeitsregler des Mikrofoneingangs zurückstellen oder die interne 20-dB-Verstärkung der Soundkarte ausschalten (siehe Kapitel: [Einstellung des Mikrofoneingangs](#)) und anschließend die Hintergrundmessung wiederholen.

Papierzerreißen

Wenn die Messung der Hintergrundgeräusche erfolgreich abgeschlossen wurde, dann wechseln Sie zum Dialog: „2. Papierzerreißen“.

Zur Durchführung der Kalibrierung benötigen Sie nun 10 weiße Din-A4-Kopierpapierbögen (80 g/m²).

Vorbereitung:

Im Fenster unten links kann eine Schallpegelkorrektur eingetragen werden. Mithilfe dieser Korrektur können die akustischen Eigenschaften des Kalibrierungszimmers und des Mikrofons berücksichtigt werden. Für die im Kapitel [Genauigkeit der Schallpegelmessung / Wahl des Mikrofons](#) geschilderten Mikrofone und Räume sind für die Schallpegelkorrektur folgende Werte geeignet:

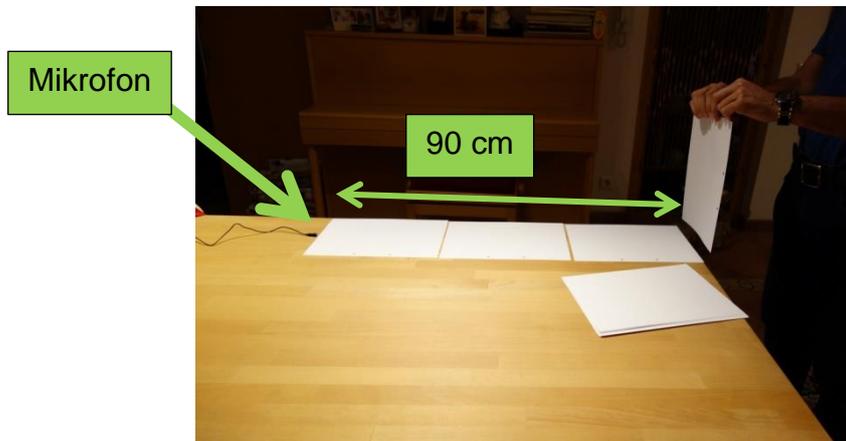
- Klassenzimmer:
 - Leybold-Universalmikrofon: 0,0 dB
 - Conrad-Mini-Ansteckmikrofon-GH-183: 1,0 dB
- Kleines Zimmer:
 - Leybold-Universalmikrofon: 3,5 dB
 - Conrad-Mini-Ansteckmikrofon-GH-183: 2,5 dB

Bei anderen Zimmern sollten ähnliche Schallpegelkorrekturen verwendet werden. Die genaue Korrektur lässt sich aber nicht voraussagen, da durch Vorhänge, Teppiche und andere Gegenstände bestimmte Frequenzbereiche stark gedämpft werden können. In diesem Fall sollten auch bei kleinen Zimmern die Schallpegelkorrekturen deutlich geringer ausfallen.

Bemerkung:

Bei allen Kalibrierungsmessungen ist darauf zu achten, dass die Mikrofonkapsel genügend Abstand von anderen Gegenständen besitzt.

Vorgehensweise (Kalibrierung durch Papierzerreißen):



Nehmen Sie einen Kopierpapierbogen und halten ihn so, dass die Mikrofonkapsel ungefähr **drei Papierbogenlänge (ca. 90 cm)** davon entfernt ist. (Tipp: Dies lässt sich einfach durchführen, indem man eine Tischkante als Hilfslinie verwendet, über die man dann nach Ausrichten und Verschieben des Mikrofons den Papierbogen hält.)

Betätigen Sie die Start-Taste.

Zerreißen Sie nun zügig (ca. 1 Sekunde pro Bogen) den Papierbogen der Länge nach.

Das Programm beendet nach Aufnahme dieses Geräusches die 1. Messung selbstständig.

(Bemerkung: Nach Betätigen der Start-Taste haben Sie maximal 9 Sekunden Zeit, um den Bogen zu positionieren und dann zu zerreißen.)

Betätigen Sie anschließend die Start-Taste um die 2. Messung durchzuführen ...

Nach erfolgreicher Beendigung der 10. Messung berechnet das Programm die Standardabweichung und zeigt diese unten rechts an.

Im Regelfall liegt die Standardabweichung bei ca. 2 dB.

Klicken Sie nun auf „Speichern“, um die Kalibrierung zu übernehmen (siehe Kapitel: [Einstellungen speichern](#)).

Problembehandlung beim Papierzerreißen:

Wird eine Messung mit der Fehlermeldung „Signal war nicht von Hintergrundgeräuschen zu unterscheiden“ abgebrochen, dann gehen Sie wie folgt vor:

Überprüfen Sie, ob das Mikrofon richtig angeschlossen ist.

Kontrollieren Sie die Einstellungen des Mikrofoneingangs (siehe Kapitel: [Einstellung des Mikrofoneingangs](#)).

Wiederholen Sie die Hintergrundmessung und alle weiteren Messungen.

Erscheint nach einer Messung die Meldung „übersteuert“, dann müssen Sie den Empfindlichkeitsregler des Mikrofons zurückstellen oder die interne 20-dB-Verstärkung der Soundkarte ausschalten (siehe Kapitel: [Einstellung des Mikrofoneingangs](#)) und anschließend die Hintergrundmessung und alle weiteren Messungen wiederholen.

15.4.2 Exakte Kalibrierung

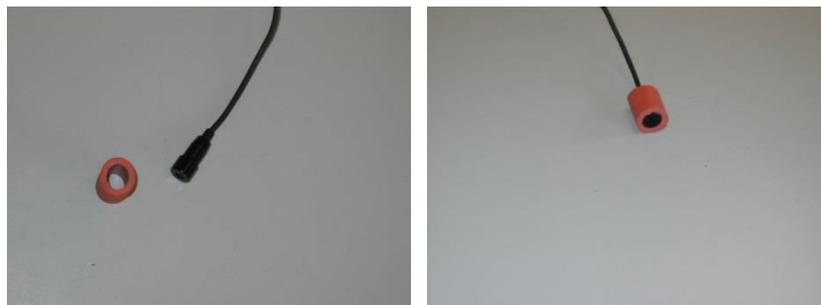
Kurzbeschreibung:

Hier wird eine Schallquelle benötigt, die über einen längeren Zeitraum (mindestens 11 Sekunden) einen Ton, Klang oder ein Tongemisch mit gleichbleibendem Spektrum und Schallpegel erzeugt. Geeignet wäre etwa ein Tongenerator oder ein Schallpegelkalibrator.

Falls der Schallpegel dieser Quelle nicht bekannt ist, wird zusätzlich ein Schallpegelmesser als Referenz benötigt.

Die Kalibrierung mithilfe eines Schallpegelkalibrators

Im Folgenden wird am Beispiel des Conrad-Mini-Ansteck-Mikrofons GH-183 und des Voltcraft-Schallpegelkalibrators (Conrad: Best. Nr. 101291 ca. 200 €) erläutert, wie eine exakte Kalibrierung durchgeführt werden kann. Da dieses Mikrofon zu klein für die vorgesehene Öffnung des Schallpegelkalibrators ist, muss zuerst der Durchmesser des Mikrofons passend vergrößert werden. Diese Vergrößerung lässt sich durch ein zwei bis drei Zentimeter langes Stück eines Gummischlauches (Außendurchmesser: 12 mm; Innendurchmesser: 8 mm; z.B. Phywe Art. Nr. 39283-00) einfach bewerkstelligen:



Durchführung der Kalibrierung:

Gehen Sie in ein ruhiges Zimmer.

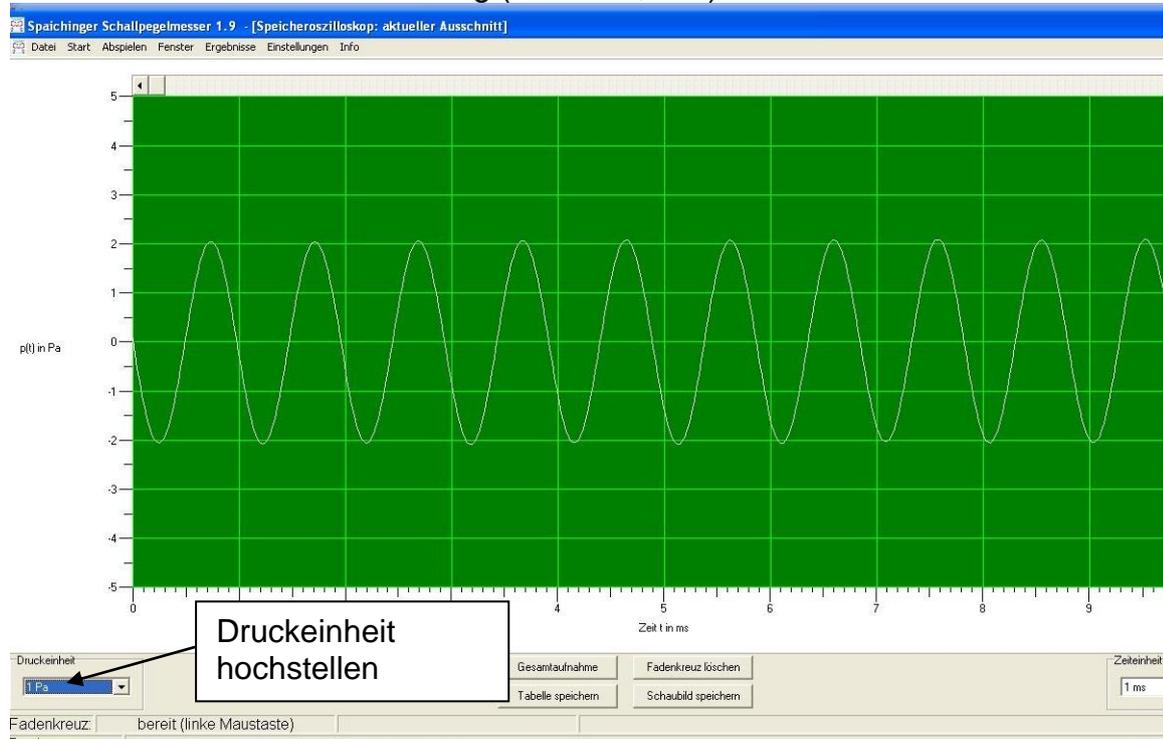
Schließen Sie das Mikrofon an den Computer an.

Schieben Sie das Mikrofon (mit Gummischlauch) in die dafür vorgesehene Öffnung des Schallpegelkalibrators ein:

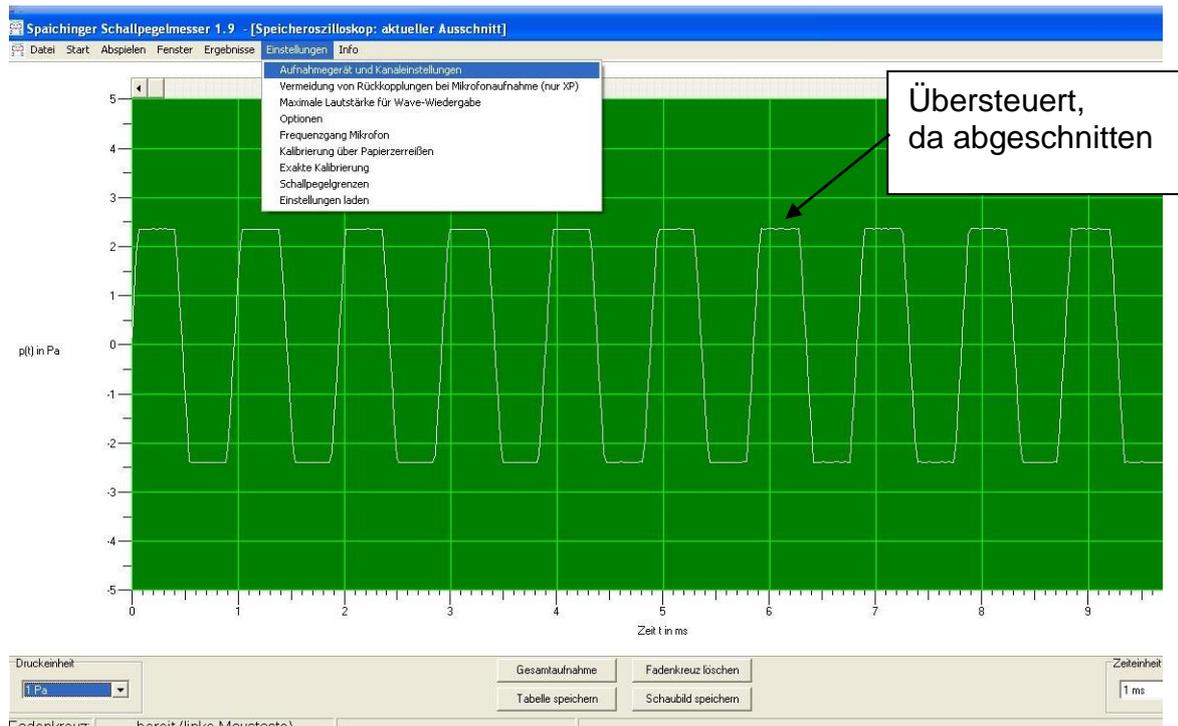


Stellen Sie den Schallpegelkalibrator auf „94 dB“ ein.

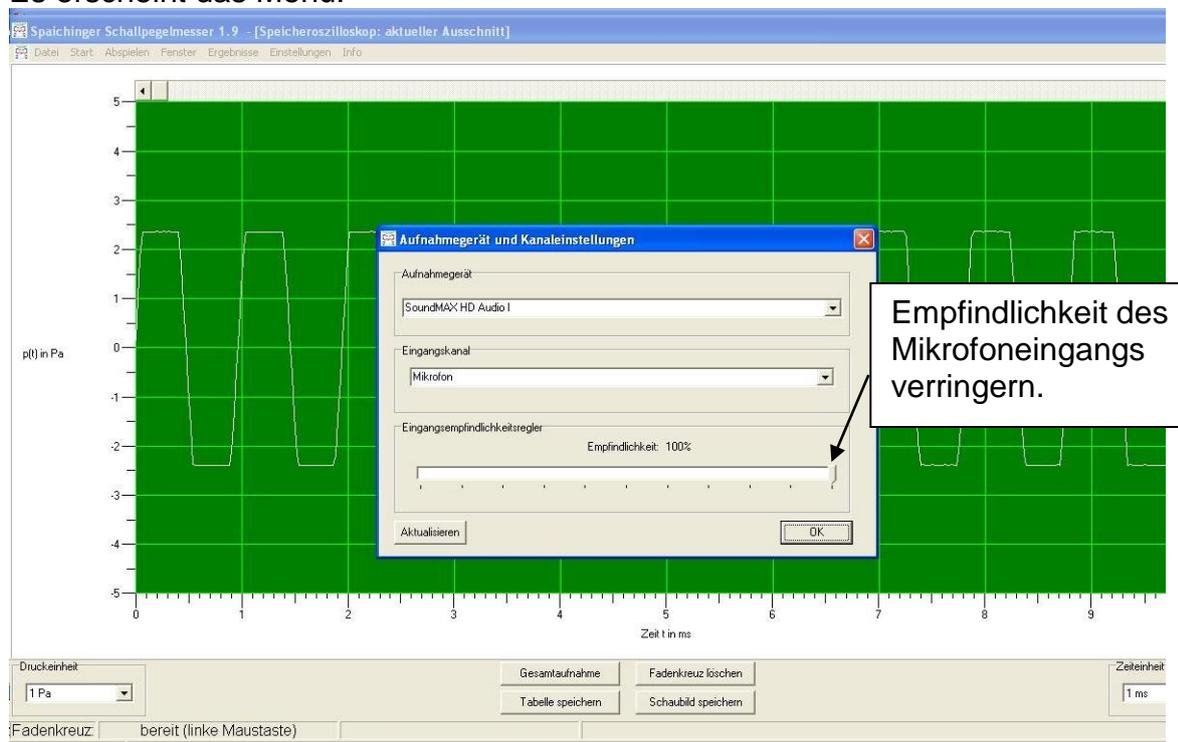
Starten Sie die Software „Spaichinger Schallpegelmesser“.
 Falls Sie eine sehr empfindliche Soundkarte haben oder den 20-dB-Boost aktiviert haben, kann es vorkommen, dass die Soundkarte bei 94 dB übersteuert ist.
 Um dies zu überprüfen, gehen Sie wie folgt vor:
 Öffnen Sie in der Software „Spaichinger Schallpegelmesser“ das Fenster „Speicheroszilloskop“ (zeitlicher Verlauf des Schalldrucks)
 Klicken Sie auf „Start → Messung (schnell 0,19 s)“.



Erscheint nun (nach hochstellen der Druckeinheit, siehe oben) ein „sauberer“ Sinus, dann ist die Soundkarte bei 94 dB nicht übersteuert und damit alles in Ordnung. Ist die Soundkarte hingegen übersteuert, dann erhalten Sie ein ähnliches Bild wie im Folgenden dargestellt:



Um die Empfindlichkeit des Mikrofoneingangs zu verkleinern, und damit die Übersteuerung zu beseitigen, klicken Sie auf „Stopp“ und anschließend auf „Einstellungen → Aufnahmegerät und Kanaleinstellungen“.
Es erscheint das Menü:



Verkleinern Sie nun die Empfindlichkeit mithilfe des Eingangsempfindlichkeitsreglers (siehe oben).

Beenden Sie nun den Dialog mit „OK“.

Klicken Sie wieder auf „Start → Messung (schnell 0,19 s)“, um zu überprüfen, ob jetzt ein „sauberer“ Sinus aufgenommen wird.

Wiederholen Sie diese Schritte so lange, bis ein „sauberer“ Sinus erscheint und damit die Soundkarte bei 94 dB nicht übersteuert ist.

Nun kann die eigentliche Kalibrierung durchgeführt werden:

Klicken Sie auf „Einstellungen → Exakte Kalibrierung“.

Tragen Sie in das Feld unten links den Schallpegel von 94 dB ein.

Betätigen Sie die Start-Taste.

Die Gesamtmessung läuft dann automatisch ab und ist nach ca. 11 Sekunden beendet. Bei dieser Gesamtmessung werden automatisch 10 Einzelmessungen durchgeführt.

Nach erfolgreicher Beendigung berechnet das Programm die Standardabweichung und zeigt diese unten rechts an.

Befindet man sich in einem ruhigen Zimmer, dann kann man eine Standardabweichung von 0,0 dB erwarten.

Klicken Sie nun auf „Speichern“, um die Kalibrierung zu speichern (siehe Kapitel: [Einstellungen speichern](#)).

Die Kalibrierung mithilfe eines Tongenerators und eines Referenzschallpegelmessers:

Gehen Sie in ein großes, ruhiges Zimmer.

Schließen Sie das Mikrofon an den Computer an.

Stellen Sie den Referenzschallpegelmesser wenige Zentimeter vom Lautsprecher (oder Kopfhörer) entfernt auf und richten Sie dessen Mikrofon auf den Lautsprecher aus. Achten Sie darauf, dass der Schallpegelmesser einen möglichst großen Abstand von anderen Gegenständen besitzt.

Erzeugen Sie mithilfe eines Tongenerators und des Lautsprechers (bzw. Kopfhörers) einen 1000 Hz Ton (ca. 75 bis 95 dB).

Bemerkung: Bei 1000 Hz stimmen dB und dB(A) überein.

Tragen Sie den am Referenzschallpegelmesser abgelesenen Schallpegel in das vorgesehene Feld unten links ein.

Entfernen Sie das Referenzschallpegelmessgerät und stellen Sie an exakt denselben Ort das Mikrofon.

Betätigen Sie die Start-Taste.

Die Gesamtmessung läuft dann automatisch ab und ist nach ca. 11 Sekunden beendet. Bei dieser Gesamtmessung werden automatisch 10 Einzelmessungen durchgeführt.

Befindet man sich in einem ruhigen Zimmer und verwendet einen guten Tongenerator,

dann kann man eine Standardabweichung von 0,0 dB erwarten.

Klicken Sie nun auf „Speichern“, um die Kalibrierung zu speichern (siehe Kapitel: [Einstellungen speichern](#)).

Problembehandlung bei der exakten Kalibrierung mithilfe eines Tongenerators und eines Referenzschallpegelmessers:

Auch hier kann eine Übersteuerung vorliegen. Wie diese erkannt und behoben wird ist weiter oben unter der Überschrift: „Die Kalibrierung mithilfe eines Schallpegelkalibrators“ dargestellt.

16 Störungen durch das Netzgerät

Durch das Netzgerät von Notebooks oder durch andere Kabel, die hohe Ströme führen, können Störungen verursacht werden, da das Mikrofonkabel (bei schlechter Abschirmung) wie eine Antenne wirken kann. Diese Störungen sind leicht zu erkennen, da dann im Fenster „Spektrum“ (Spaichinger Schallpegelmesser) bei 50 Hz ein Maximum zu finden ist.

Bei Messungen ist es daher sinnvoll Notebooks über Akku zu betreiben.

17 Problembehandlung: Fehlermeldung bei Start

Falls die Software beim Start mit einer Fehlermeldung abbricht, kann dies drei Ursachen haben:

1. Kein Mikrofon angeschlossen. (Lösung: Anschluss eines Mikrofons)
2. Notwendige DLL-Dateien wurden gelöscht
3. Die Einstellungsdateien der Software sind beschädigt

Lösung zu 3: **Löschen Sie den kompletten Ordner**

„Grundeinstellungen_Spaichinger_Schallpegelmesser“ im Verzeichnis „Eigene Dateien“. Die Software Spaichinger Schallpegelmesser erzeugt dann beim nächsten Start diesen Ordner mit neuen Einstellungsdateien selbst.

18 Softwarefehler

Falls Sie Fehler in der Software entdecken, bin ich für einen Hinweis per E-Mail: ziegler@spaichinger-schallpegelmesser.de immer dankbar.