



Avisoft SASLab Pro Sound Analysis and Synthesis Laboratory





**Raimund Specht
Hauptstr. 52
D-13158 Berlin
Germany**

**fax/tel: (030) 9163758
E-mail: raimund.specht@t-online.de
<http://home.t-online.de/home/raimund.specht/avisoft.htm>**





















Inhalt

EINFÜHRUNG	9
Wie können akustische Ereignisse beschrieben werden?	10
Oszillogramm	11
Frequenzspektrum	11
Spektrogramm (Klangspektrogramm)	12
DIGITALE SIGNALVERARBEITUNG	13
Spektrogrammparameter	14
Abtastfrequenz	14
FFT-Länge	15
Rahmen	15
Fenstertyp	15
Überlappung	16
Spektrogrammdarstellung	16
Spektrogrammbearbeitung	17
Glossar	17
HARD- UND SOFTWARE-VORAUSSETZUNGEN	19
INSTALLATION	19
PROGRAMMBESCHREIBUNG	20
SCHNELLEINSTIEG	20
DAS HAUPTFENSTER	22
Datei	22
Öffnen 	22
Import-Format	22
Aufnahme 	24
Linker Kanal / Rechter Kanal	24
Echtzeit-Spektrogramm 	25
Sichern 	25








Wiedergabe der Zeitdaten 	25
Soundkarteneinstellung 	25
Hüllkurve speichern	26
Hüllkurve kopieren	26
Exportparameter Hüllkurve	26
Konfiguration laden / sichern	27
Markierung von Zeitabschnitten	27
Analyse	27
Spektrogramm erstellen 	27
Spektrogramm-Parameter 	28
Übersichts-Spektrogramm 	29
Übersichts-Parameter 	29
Hüllkurve normiert	30
Eindimensionale Transformation	30
Bearbeiten	35
Rückgängig 	35
Kopieren 	35
Einfügen 	35
Ausschneiden 	35
Stutzen	35
Lautstärke verändern...	35
Löschen	37
Stille einfügen	37
Einmischen	37
Rückwärts	37
Info über Ablage 	37
Stereo->Mono	37
8<-->16 Bit Konvertierung	38
Synthesizer (Dialog)	38
Synthesizer (graphisch) 	38
IIR Zeitsignal-Filter 	38
FIR-Zeitsignal-Filter 	40
Frequenzbereich-Transformation (FFT)	42
Datei-Abtastfrequenz / Zeitdehnung ändern	43
Werkzeuge	44
Markierung aufheben	44
Zoom 	44
Rezoom 	45




Zoom Vorher	45
Markierungsdauer setzen	45
Meßwerte (t1, t2) kopieren	45
DDE-Parameter / Log-Datei...	45
Kalibrierung	45
Stapelverarbeitung	47

DAS SPEKTROGRAMM-FENSTER 49

Datei 49

Spektrogramm drucken 	49
Spektrogramm sichern  Spektrogramm	49
Spektrogramm kopieren 	49
gesamtes Spektrogramm sichern  Spektrogramm	50
gesamtes Spektrogramm kopieren	50
Export-Parameter 	51
Meßwert kopieren	52
DDE-Parameter / Log-Datei	53
Spektrum kopieren	55
ASCII-Spektrogramm kopieren	55
ASCII-Spektrogramm sichern	55
ASCII-Frequenzverlauf kopieren	55
Amplitudenverlauf in Kurvenfenster kopieren	55
Spektrum in Kurvenfenster kopieren	56
Leistungsspektrum	56

Darstellung 56

Darstellungs-Parameter 	56
Gitter	57
untere Grenzfrequenz	57
Zusatzinformationen 	58
Farbpalette erstellen	59















Werkzeuge 59

Wiedergabe 	59
Markierung aufheben	59
Bild vergrößern	60
Bildfilter : Mittelwert, Median	60
















Verwendung der Meßkursoren 60

Markierungs-Modus	60
Fadenkreuz-Meßkursor  	61
 freier Fadenkreuz-Meßkursor	62



	gebundener Fadenkreuz-Meßkursor	62
	Standard-Markierungs-Kursor	62
	Radier-Kursor	62
	Markierten Abschnitt löschen	62
	Methoden des Meßwertexports	62
	SPEKTROGRAMMAUSGABE	63
	DAS KURVENFENSTER	65
	Datei	65
	Drucken 	65
	Sichern 	65
	Kopieren 	65
	Exportparameter 	65
	ASCII-Datei sichern	66
	ASCII-Datei kopieren 	66
	Meßwerte kopieren 	66
	DDE-Parameter / Log-Datei	66
	Darstellung	66
	Zoom 	67
	Rezoom 	67
	Rezoom mit Null	67
	Darstellungsbereich...	67
	Zoom vorher 	67
	Gitter	67
	Stufen	67
	Spektrale Kennwerte...	67
	Bearbeiten	68
	Mittelung	68
	Leistungsspektrum	68
	auf Maximum normieren 	69
	DAS ECHTZEIT-SPEKTROGRAPH-FENSTER 	70
	Puffergröße	70
	Roll-Modus	71
	Soundkarteneinstellung...	71



Exportparameter...	71
Automatische Aufzeichnung	71
DIALOG-ORIENTIERTER SYNTHESIZER	74
Frequenz / FM	74
GRAPHISCHER SYNTHESIZER 	77
Datei	78
Neu	78
Laden	78
Sichern 	78
Sichern unter	79
Konfiguration 	79
Wiedergabe 	80
Einfügen 	80
Werkzeuge	80
Zoom 	80
Rezoom 	80
Rezoom mit Null	80
Ausschnitt ändern	81
Gitter	81
Nächstes Element 	81
Nächster Punkt 	81
Vorhergehender Punkt 	81
Vorhergehendes Element 	81
Punkt löschen 	81
Element löschen 	81
Zeitachse fixieren 	81
y-Achsen fixieren 	81
Spektrogramm abtasten	81
Zeit- und Frequenzskalierung	82
Ansicht	82
Spektrogramm einblenden	82
Spektrogramm auswählen	83
Grundfrequenz, Gesamtlautstärke, Rel. Amplitude, ...	83
FEHLERQUELLEN BEI DER SPEKTROGRAMM-ERSTELLUNG	84
Übersteuerung	84
Aliasing	84



DER AVISOFT-CORRELATOR	85
Bedienungsanleitung des Avisoft-CORRELATORS	85
Auswahl der zu vergleichenden Spektrogramme	85
Starten des Korrelationsprozesses und Definition der Korrelationsparameter	85
Export der Korrelationsmatrix (Sound-Similarity-Matrix)	86
Der Korrelationsalgorithmus	87
Diskussion der Korrelationsmethode	87
LITERATURHINWEISE	89



Einführung

Die Software *Avisoft-SASLab Pro für Windows* ermöglicht das Erstellen von Spektrogrammen (Klangspektrogrammen) sowie die Durchführung diverser anderer Signalanalysen auf IBM-kompatiblen PC's, die mit einer Windows-kompatiblen Soundkarte ausgerüstet sind.

Die mit der Soundkarte abgetasteten Zeitsignale werden zunächst als Hüllkurve im Hauptfenster der Anwendung dargestellt. Optional kann parallel zur Hüllkurvendarstellung ein Übersichts-Spektrogramm angezeigt werden. Die Zeitdaten können mittels verschiedener Funktionen editiert werden. Nachdem ein Zeitabschnitt innerhalb der Hüllkurven-Darstellung markiert wurde, kann von diesem Signalabschnitt ein Spektrogramm erstellt werden. Dabei werden die zuvor eingestellten Spektrogramm-Parameter zugrunde gelegt. Dieses Spektrogramm wird innerhalb eines eigenständigen Fensters dargestellt. Hier können die Darstellungs-Parameter (Farbauswahl, Schwellwert für Schwarz/Weiß-Darstellung, Gradation) des Spektrogramms verändert werden. Das Spektrogramm kann direkt ausgedruckt werden oder es kann entsprechend der aktuellen Exportparameter in die Windows-Zwischenablage kopiert oder als Bitmap-Grafikdatei abgespeichert werden. Die so exportierten Spektrogramme können in anderen Windows-Anwendungen (z.B. Write, WinWord, Paintbrush, PageMaker...) mit Unterschriften versehen, bearbeitet und ausgedruckt werden. Zur quantitativen Auswertung kann das Spektrogramm mit verschiedenen Meßkursoren vermessen werden. Die Echtzeitdarstellung von Spektrogrammen erleichtert sehr wesentlich die Sondierung von großen zu analysierenden Datenmengen.

Die folgende Einführung in die Analyse akustischer Signale wendet sich hauptsächlich an den Anfänger, der sich mit den Grundlagen vertraut machen möchte. Es wird bewußt auf exakte mathematische Beschreibungen und auf für das Verständnis unwichtige Details verzichtet. Für den interessierten Leser sei die entsprechende Fachliteratur der Nachrichtentechnik und der Digitalen Signalverarbeitung für das vertiefende Studium empfohlen.



Wie können akustische Ereignisse beschrieben werden?

Schallsignale breiten sich in der Luft durch lokale Änderungen des Luftdrucks aus. Die Schallquelle erzeugt den Schall meist durch mechanische Anregung eines mehr oder weniger beweglichen Elements (Stimmbänder, Kehlkopf, Lippen bei Mensch und Tier; Syrinx, Kehlsack, Schnabel, Federn bei Vögeln; Saite einer Gitarre oder eines Klaviers, Pfeife einer Orgel bei Musikinstrumenten...). Diese Schwingungen werden auf die umgebenden Luftmoleküle übertragen, was zu einer periodischen Änderung des Luftdrucks führt. Das Trommelfell des menschlichen Ohrs oder die Membrane eines Mikrofons werden ihrerseits durch die periodische Änderung des Luftdrucks angeregt. Diese Anregung entspricht dabei je nach Qualität des Schallsensors weitgehend der Bewegung des Schallsenders. Ein Schallereignis ist also durch den zeitlichen Verlauf der Änderung des Luftdrucks eindeutig beschrieben. Mittels eines Mikrofons kann dieses Signal in eine proportionale elektrische Spannung gewandelt werden. Diese sich ändernde Spannung ist es auch, die nach entsprechender Verstärkung im Tonbandgerät zur Speicherung der Toninformationen benutzt wird. Diese Spannung kann auch mittels eines Oszilloskops visuell sichtbar gemacht werden.

Ausgehend von der zeitlichen Änderung des Luftdrucks können Schallereignisse durch verschiedene Parameter beschrieben werden:

- Tonhöhe (Frequenz, gemessen in Schwingungen je Sekunde: Eine Schwingung pro Sekunde entspricht 1 Hz)
- Frequenzzusammensetzung, Klangfarbe (reine und aus verschiedenen Komponenten zusammengesetzte Töne, Geräusche)
- Intensität (Lautstärke, Schalldruck gemessen in Dezibel)
- Zeitstruktur (Tondauer, Pausen zwischen den Tönen, gemessen in Sekunden)
- Melodie (Tonhöhe + Tondauer + Pausen mehrerer aufeinanderfolgender Elemente)

Um Schallereignisse exakt bewerten zu können ist eine objektive Darstellung erforderlich. Das menschliche Gehör allein ist meist nicht in der Lage die Tonhöhe, Lautstärke und Zeitstruktur von akustischen Ereignissen exakt wahrzunehmen (abgesehen von wenigen begabten Musikern). Die Physiologie des menschlichen Gehörs ist hauptsächlich hinsichtlich der gesellschaftlichen Kommunikation optimiert. Das Gehör nimmt dabei die Tonhöhe nicht linear entsprechend der physikalischen Definition der Tonhöhe wahr. Die Tonhöhe eines tiefen Tons kann wesentlich genauer als die eines hohen Tons bestimmt werden. Dies mag damit zusammenhängen, daß der Hauptinformationsgehalt der Sprache im niedrigen Frequenzbereich von etwa 300 bis 3000 Hertz liegt. Dieser Eigenschaft des Gehörs wird in der Musik mit der

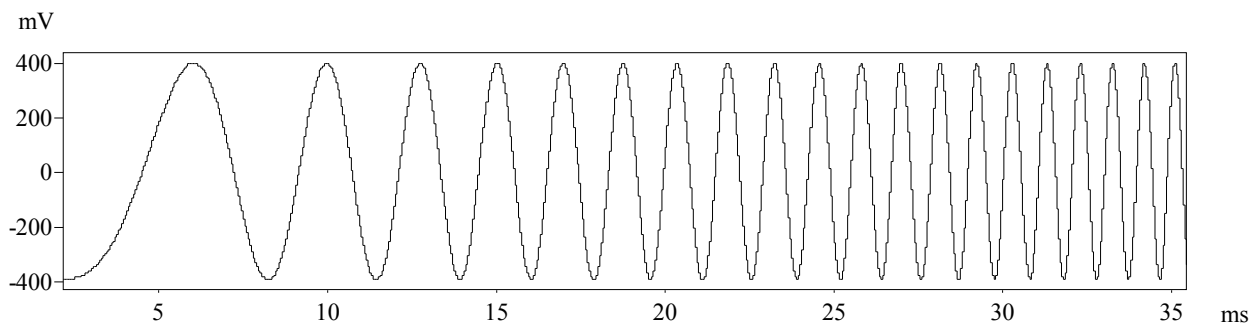


logarithmischen Einteilung der Tonhöhen in Oktaven und Terzen Rechnung getragen. Physikalisch gleich starke Töne unterschiedlicher Frequenz werden vom Menschen unterschiedlich laut wahrgenommen. Diese Unterschiede sind zusätzlich auch noch von der Intensität des Schalls abhängig. Weiterhin treten sogenannte Verdeckungseffekte auf. Bei der gleichzeitigen Wahrnehmung zweier, in der Frequenz eng benachbarter Töne mit unterschiedlicher Intensität kann es vorkommen, daß der jeweils leisere Ton überhaupt nicht wahrgenommen wird. Mehrere kurze aufeinanderfolgende Tonimpulse können vom Gehör zeitlich nicht aufgelöst werden.

Um dennoch eine objektive Beschreibung zu ermöglichen, bedient man sich verschiedener technischer Verfahren zur exakten graphischen Darstellung von Schallereignissen.

Oszillogramm

Ein Oszillogramm ist die einfache Abbildung des zeitlichen Verlaufs des Schalldrucks (Zeitsignal). Hier können Änderungen der Lautstärke (Amplitude) und die zeitliche Struktur (Tondauer, Pausen) gut abgelesen werden. Die Frequenz eines reinen Sinustons kann grob durch Bestimmung der Periodendauer bestimmt werden. Bei komplexeren Frequenzgemischen ist jedoch oft keine Bewertung der Frequenzzusammensetzung möglich. Oszillogramme eignen sich deshalb immer dann, wenn es darauf ankommt, die zeitliche Struktur eines Signalverlaufs zu bewerten.

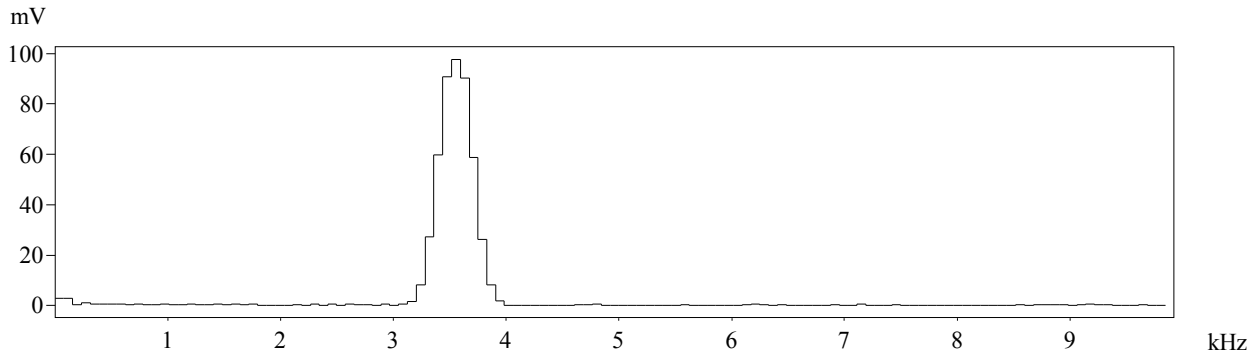


Frequenzspektrum

Um die Frequenzzusammensetzung eines Schallsignals einfach und übersichtlich darzustellen, verwendet man das Frequenzspektrum. Man geht dabei davon aus, daß jedes beliebige Zeitsignal auch durch eine Kombination vieler verschiedener sinusförmiger Teilsignale mit verschiedenen Frequenzen und Amplituden (und Phasenlagen) beschrieben werden kann. Diese Zerlegung des Signals in seine Grundbestandteile kann durch verschiedene Methoden erfolgen. Zunächst kann das zu analysierende Signal mittels verschiedener analoger Filter, die jeweils nur einen engen Frequenzbereich passieren lassen, gefiltert werden (Filterbank). An den Ausgängen dieser Filter kann nach erfolgter Gleichrichtung und Mittelung jeweils die Amplitude



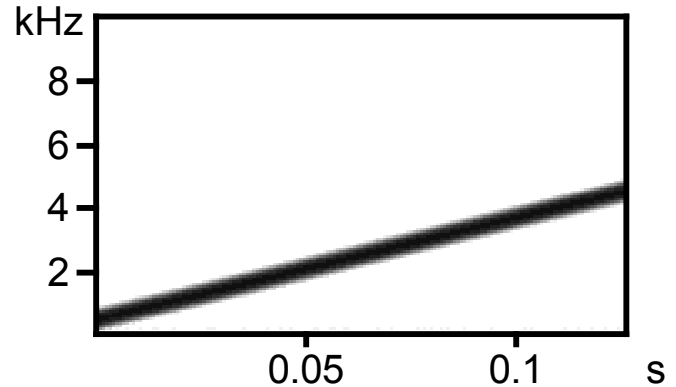
des entsprechenden Frequenzintervalls beobachtet werden. Vom Prinzip her ähnliche Ergebnisse liefert das mathematische Verfahren der Fouriertransformation, das dank leistungsfähiger digitaler Computertechnik kostensparender und präziser verwirklicht werden kann.



Die erzielbare Frequenzauflösung (Genauigkeit der Frequenzanalyse) ist von der Zeitdauer des Analyseintervalls abhängig. Je länger die Beobachtungszeit ist, desto größer ist die erreichbare Frequenzauflösung. Ändert sich die Struktur (Frequenz, Lautstärke) des Signals innerhalb der Beobachtungszeit, d.h. handelt es sich nicht um ein stationäres periodisches Signal, geht die Information über diese zeitliche Struktur im Spektrum verloren. Deshalb unterscheidet man zwischen Langzeit- und Kurzzeitspektren. Beim Kurzzeitspektrum begrenzt man das Analyseintervall auf eine relativ kurze Zeit, so daß man eine gute "Momentaufnahme" der Frequenzzusammensetzung erhält (leider auf Kosten der Frequenzauflösung).

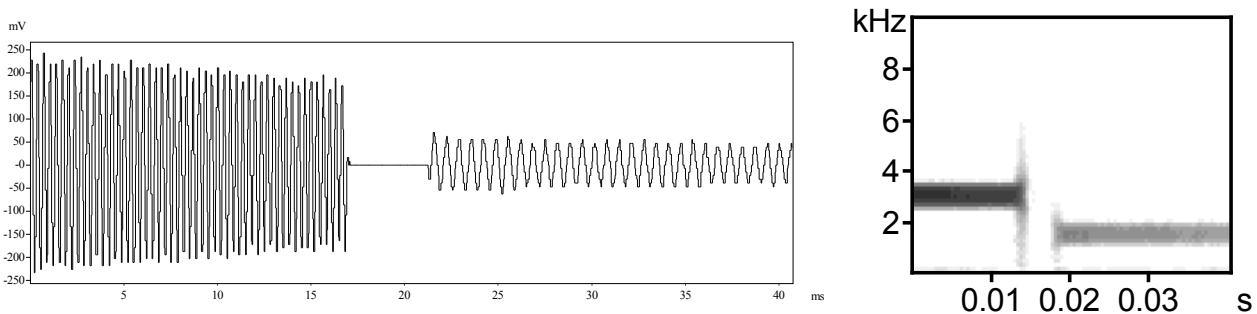
Spektrogramm (Klangspektrogramm)

Um auch nichtstationäre Signale, also Signale, deren Frequenzzusammensetzung zeitlich veränderlich ist, adäquat sichtbar zu machen, generiert man in kurzen Zeitabständen mehrere voneinander unabhängige Kurzzeitspektren, die im Zusammenhang die Grundlage des Spektrogramms bilden. Während für das Frequenzspektrum eine zweidimensionale Darstellung (Frequenz- und Amplitudenachse) ausreicht, ist beim Spektrogramm eigentlich eine dreidimensionale Darstellung (Zeit-, Frequenz- und Amplitudenachse) notwendig. Die einzelnen aufeinanderfolgenden Teilspektren werden dabei aus der Zeichenebene aufgerichtet und rechtwinklig zur Zeitachse parallel nebeneinander aufgestellt (Wasserfalldarstellung). Da eine dreidimensionale Darstellung auf dem zweidimensionalen Papier unübersichtlich ist, verwendet man für das Spektrogramm eine vereinfachte Darstellungsart, die wesentlich klarer ist. Die nebeneinandergestellten Teilspektren werden dabei von oben auf die Zeichenebene





projiziert ("Landkarte" des "Intensitätsgebirges" mit verschiedenfarbigen "Höhenstufen"), wobei die zunächst nicht mehr sichtbare Amplitude mittels verschiedener Farben oder Graustufen gekennzeichnet wird. Im Extremfall beschränkt man sich auf zwei Farben, nämlich Schwarz für alle Spektrogrammpunkte, deren Amplitude einen bestimmten Schwellwert überschreiten und Weiß für alle Punkte, die diesen Schwellwert unterschreiten. Auf diese Weise entsteht ein binäres Schwarz/Weiß-Spektrogramm, das keine genauen Informationen mehr über die Intensitätsverteilung innerhalb des Spektrogramms enthält. Ein Spektrogramm ist also die graphische Darstellung der Veränderung des Signalspektrums in Abhängigkeit der Zeit. Dabei entspricht die X-Achse der Zeit, die Y-Achse der Frequenz und die Färbung oder Schwärzung der Intensität bzw. Lautstärke zu einem bestimmten Zeitpunkt bei einer bestimmten Frequenz.



Oszillogramm- (links) und Spektrogrammdarstellung (rechts) des gleichen Signals

Digitale Signalverarbeitung

Die eben beschriebenen Verfahren der Signalanalyse wurden bis vor wenigen Jahren fast ausschließlich mittels analoger elektronischer bzw. elektromechanischer Geräte realisiert. Infolge der zum Teil sehr komplizierten Elektronik und Mechanik waren diese Geräte extrem teuer und deshalb nur wenigen Forschungseinrichtungen vorbehalten. Die fortschreitende Entwicklung der Computertechnik in den letzten Jahren ermöglichte die Realisierung der spektrographischen Analyse auf digitaler Basis zu einem wesentlich günstigeren Preis. Im Zeitalter von Multimedia sind viele Computer bereits mit allen notwendigen Bausteinen, die zur Spektrogrammerstellung nötig sind (Soundkarte, schneller Prozessor, Farbbildschirm, Drucker), ausgerüstet oder können auf einfache Weise entsprechend nachgerüstet werden.

Da die vom Mikrophon erzeugten Signale analog sind, ist zur Verarbeitung im Computer zunächst eine Umwandlung der analogen Signale in digitale Signale notwendig. Dies erfolgt mit einem entsprechenden Analog-Digital-Wandler, der Bestandteil jeder Soundkarte oder jedes DAT-Recorders ist.



Analoge Signale haben einen kontinuierlichen Frequenz- und Amplitudenverlauf. Zu jedem Zeitpunkt (zeitkontinuierlich) existiert ein theoretisch beliebig genauer Amplitudenwert (wertkontinuierlich). Ein mittels Analog-Digital-Wandler erzeugtes Digitalsignal besteht nur noch aus einer abzählbaren Menge von Stichproben (zeitdiskret), die ihrerseits nur ganz bestimmte Werte annehmen können (wertdiskret). Die digitalen Stichproben des Analogsignals, in der Fachsprache Abtastwerte oder Samples genannt, werden in konstanten Zeitabständen erzeugt. Die Anzahl der Abtastungen je Sekunde wird als Abtastfrequenz bezeichnet und in Kilohertz [kHz] angegeben. Wenn die Abtastfrequenz ausreichend hoch gewählt wird, kann der ursprüngliche Signalverlauf des Analogsignals ohne Verlust rekonstruiert werden. Das sogenannte Abtast-Theorem besagt, daß die Abtastfrequenz mindestens doppelt so groß wie die höchste im Analogsignal enthaltene Signalfrequenz sein muß, damit eine fehlerfreie Rekonstruktion des Analogsignals möglich ist. Aus diesem Grund schaltet man vor den Analog-Digital-Wandler entsprechende Tiefpaßfilter (Antialiasingfilter), um den Frequenzumfang des Analogsignals zu begrenzen.

Die zeitdiskreten Abtastwerte werden als Ganze Zahlen im Computer gespeichert. Je nachdem, wieviele verschiedene Werte ein Abtastwert annehmen kann spricht man von 8-Bit oder 16-Bit Samples. Durch die binäre Kodierung der Zahlenwerte ergeben sich daraus 256 bzw. 65536 darstellbare Amplitudenwerte. Je mehr verschiedene Amplitudenwerte darstellbar sind, desto besser ist die Qualität (Originaltreue) des digitalen Signals.

Spektrogrammparameter

Das Erscheinungsbild eines Spektrogramms und dessen Aussagekraft sind von mehreren Parametern abhängig. Diese Parameter beeinflussen die Auflösung von feinen Signalstrukturen in der Frequenz- und Zeitachse. Frequenz- und Zeitauflösung verhalten sich zueinander umgekehrt proportional. Eine gute Frequenzauflösung geht deshalb immer mit einer schlechteren Zeitauflösung einher (und umgekehrt). Man kann in diesem Zusammenhang auch zwischen der Schmalbandanalyse mit hoher Frequenzauflösung und der Breitbandanalyse mit hoher Zeitauflösung unterscheiden, die entsprechend der jeweiligen Aufgabenstellung ausgewählt werden sollten.

Folgende Parameter haben Einfluß auf die Eigenschaften des Spektrogramms:

Abtastfrequenz

Die Abtastfrequenz bestimmt in erster Linie die maximale im Spektrogramm sichtbare Signalfrequenz (oberer Rand des Spektrogramms). Entsprechend dem Abtasttheorem ist dies die halbe Abtastfrequenz. Beispielsweise können bei einer Abtastfrequenz von 22.05 kHz Signale bis fast 11 kHz im Spektrogramm dargestellt werden. Aufgrund der begrenzten Steilheit der auf den Soundkarten verwendeten Antialiasingfilter ist die



tatsächliche maximale sichtbare Signalfrequenz je nach Soundkartentyp etwas geringer.

Bei gleichbleibenden Parametern FFT-Länge, Fenstertyp und Rahmenlänge erhöht sich mit steigender Abtastfrequenz die zeitliche Auflösung bei gleichzeitig sinkender Frequenzauflösung.

FFT-Länge

Die FFT-Länge bestimmt im Zusammenhang mit der Rahmen-Größe und dem Fenstertyp die Frequenzauflösung des Spektrogramms. Mit steigender FFT-Länge erhöht sich die Frequenzauflösung, das heißt dicht benachbarte Frequenzkomponenten können besser unterschieden werden. Gleichzeitig verschlechtert sich die Zeitauflösung, da je Zeiteinheit weniger Spektren erzeugt werden und dicht aufeinanderfolgende impulsförmige Tonsignale infolge der längeren Mittelungszeit der FFT verwischt werden.

Rahmen

Die Rahmenlänge hat einen ähnlichen Einfluß wie die FFT-Länge. Auch sie bestimmt die Frequenz- und Zeitauflösung. Durch Reduzierung der Rahmenlänge auf zum Beispiel 50% bei einer FFT-Länge von 512 ergibt sich eine effektive FFT-Länge von 256, da nur die Hälfte jedes Datenrecords zur Berechnung des Spektrums herangezogen wird. Würde man eine FFT-Länge von 256 mit einer Rahmenlänge von 100% einstellen, würde sich informationstheoretisch die gleiche Frequenz- und Zeitauflösung ergeben. Der Unterschied besteht darin, daß bei ersterer Einstellung das Spektrogramm in Frequenzrichtung mehr Stützstellen (Bildpunkte) aufweist und somit einen besseren optischen Eindruck macht, da die gegenüber der zweiten Einstellung mehr vorhandenen Stützstellen (Zwischenwerte) interpoliert werden.

Fenstertyp

Das Verfahren der FFT zur Bestimmung des Frequenzspektrums liefert nur dann absolut korrekte Ergebnisse, wenn das zu analysierende Signal impulsförmig ist und sich komplett innerhalb des Analysefensters befindet oder es sich um ein periodisches Signal handelt bei dem genau eine oder mehrere Perioden innerhalb des Analysefensters liegen. Dabei handelt es sich um sehr spezielle Sonderfälle, die in der Praxis kaum auftreten. Wird dagegen von einem realen sinusförmigen Signal ein FFT-Spektrum berechnet, erscheinen im Spektrum zusätzliche, im ursprünglichen Signal nicht enthaltene Frequenzkomponenten, die die objektive Bewertung des Signals erschweren. Um diese Effekte zu reduzieren, bewertet man das Analysefenster mit meist glockenförmigen Bewertungsfensterfunktionen. Diese Bewertungsfenster dämpfen die Unstetigkeiten an den Rändern des Analysefensters, so daß die störenden Verzerrungen des Spektrums stark reduziert werden. Gleichzeitig beeinflussen die Bewertungsfenster jedoch je nach Typ auch die Frequenz- und Zeitauflösung des Spektrogramms. Je stärker die Dämpfung an den Rändern des Analysefensters ist,



desto schlechter wird die Frequenzauflösung bei steigender Zeitauflösung (Analysebandbreite steigt). Das Hammingfenster bietet den besten Kompromiß zwischen Frequenzauflösung und Störunterdrückung. Das Flattop-Fenster bietet eine gute Störunterdrückung und einen mehr rechteckförmigen Durchlaßbereich des Analysefilters bei guter Zeitauflösung mit jedoch beschränkter Frequenzauflösung. Auf Grund des flachen Durchlaßbereichs werden die Amplituden der Frequenzkomponenten im Spektrum oder Spektrogramm sehr genau wiedergegeben. Das Flattop-Fenster liefert Spektrogramme, die denen konventioneller analoger Spektrographen mit der Einstellung "Wide" gut entsprechen.

Überlappung

Ein Spektrogramm besteht aus einer Folge von aufeinanderfolgenden Einzelspektren. Dabei werden dem zugrundeliegenden Zeitsignal schrittweise Signalausschnitte fester Länge (= FFT-Länge) entnommen und jeweils das dazugehörige Spektrum berechnet. Diese schrittweise Entnahme der Signalausschnitte kann in verschiedenen Abständen erfolgen. Wenn die einzelnen Ausschnitte ohne Überlappung aneinandergrenzen, beträgt die Überlappung 0%. Um eine höhere Zeitauflösung zu erreichen, ordnet man die Ausschnitte überlappend an. Eine Überlappung von 50% bedeutet, daß das Analysefenster jeweils nur um die Hälfte der Analysefensterlänge (FFT-Länge) verschoben wird. Das bedeutet, daß ein und dieselben Signalkomponenten zu mehreren aufeinanderfolgenden Spektren beitragen. Eine große Überlappung steigert abgesehen von Spektrogrammen mit verringerter Rahmengröße weder den Informationsgehalt noch verändert sich die Frequenzauflösung des Spektrogramms. Lediglich die optische Auflösung wird erhöht. Wenn eine verringerte Rahmengröße oder ein schmales Bewertungsfenster (z.B. Flattop) gewählt wurde, verhindert eine Überlappung größer als 0%, daß Teile des Zeitsignals überhaupt nicht berücksichtigt werden. Eine schematische Darstellung des Fenstertyps, der Rahmengröße und der Überlappung wird bei ausreichender horizontaler Ausdehnung des Haupt- und Spektrogrammfensters jeweils im oberen Teil der Fenster dargestellt.

Spektrogrammdarstellung

Nach der Berechnung der Teilspektren, die das Spektrogramm bilden, werden diese Spektrogrammdateien über bestimmte Gradationskurven und Farbpaletten farbig dargestellt. Die auswählbaren Gradationskurven legen fest, welche der 16 Farben welchen Amplituden zugeordnet werden sollen. Es gibt lineare und logarithmische oder andere nichtlineare Gradationskurven. Bei linearer Gradationskurve werden die zur Verfügung stehenden Farben gleichmäßig über die Spektrogrammampplituden aufgeteilt. Bei logarithmischer Darstellung werden kleine Signalamplituden stärker als höhere Amplituden differenziert. Die Farbpalette legt fest, welche Farben zur Darstellung des Spektrogramms verwendet werden sollen. Die gebräuchlichste Farbpalette ist der Grauwertkeil, da diese Darstellungsart auf jedem Drucker



ausgegeben werden kann. Regenbogenpaletten ermöglichen die bessere Unterscheidung von Amplitudendifferenzen im Spektrogramm, erfordern jedoch die Verwendung von Farbdruckern zur Spektrogrammausgabe. Die Farbpalette mit Weiß als Hintergrundfarbe sollte aufgrund der Tinteneinsparung beim Ausdruck bevorzugt werden, während Schwarz als Hintergrundfarbe eher zur Auswertung am Bildschirm geeignet ist.

Spektrogrammbearbeitung

Das durch den FFT-Algorithmus berechnete Spektrogramm kann zur Verbesserung der optischen Erscheinung nachbearbeitet werden. Eventuell vorhandenes Bildrauschen kann durch Mittelwert- oder Medianfilterung beseitigt werden, wobei jedoch feine Signalstrukturen ebenfalls verloren gehen können. Vor der Filterung kann es sinnvoll sein, das Spektrogramm zu vergrößern. Dies bedeutet, daß die Bildpunkte des Spektrogramms vervielfacht werden. Nach einer Mittelwertfilterung ergibt sich eine abgerundete Spektrogrammstruktur.

Glossar

Antialiasingfilter

Tiefpaßfilter zur Unterdrückung von Signalkomponenten mit Frequenzen oberhalb der halben Abtastfrequenz. Diese Filter sind normalerweise Bestandteil der Soundkarte, um eine fehlerfreie Digitalisierung zu gewährleisten.

Abtastfrequenz

Frequenz, mit der das analoge Signal mit der Soundkarte abgetastet wird. Die Abtastfrequenz bestimmt, welcher Signalfrequenzbereich noch verarbeitet werden kann.

Binärbild

Graphische Darstellung, bestehend aus nur zwei Farben. Eine Strichzeichnung mit einem einfarbigem (schwarzem) Stift wäre zum Beispiel auch ein Binärbild.

Dithering

Methode zur Nachbildung von Grauwerten mittels verschieden dichter Punktraster oder Punktgrößen.

dpi



Maßeinheit zur Charakterisierung des Auflösungsvermögens eines Druckers. Sie beschreibt die Anzahl der Punkte pro 2,54 cm (**dots per inch**) und bestimmt die Fähigkeit zur Darstellung von verschiedenen Graustufen mittels Dithering.

FFT

Rechenalgorithmus zur schnellen Bestimmung des Frequenzspektrums eines digitalen Zeitsignals. (**F**ast **F**ourier **T**ransformation)

Frequenzauflösung

Auflösungsvermögen eines Spektrogramms in Y-Richtung. Die Frequenzauflösung beschreibt, in wie weit eng beieinanderliegende Frequenzbänder unterschieden werden oder kleine Frequenzänderungen sichtbar gemacht werden können.

Frequenzspektrum

Charakterisiert ein Signal durch seine spektrale Zusammensetzung. Das Frequenzspektrum kann mittels der FFT aus dem Zeitsignal berechnet werden.

Zeitauflösung

Auflösungsvermögen eines Spektrogramms in X-Richtung. Die Zeitauflösung beschreibt, in wie weit kurz aufeinanderfolgende Tonimpulse oder Frequenzänderungen sichtbar gemacht werden können.

Zeitsignal

Zeitlicher Verlauf des Schalldrucks, der in eine proportionale elektrische Spannung oder ein entsprechendes digitales Signals umgewandelt wurde.



Hard- und Software-Voraussetzungen

Zum Betrieb der Software ist mindestens ein IBM-kompatibler AT386 mit 2 MB RAM und etwa 10 MB freier Festspeicherplatz notwendig. Zusätzlich muß eine WINDOWS-kompatible Soundkarte (8- oder 16 Bit- Digitalisierung) installiert sein, wenn Audio-Daten direkt aufgezeichnet werden sollen.

Neben Microsoft-WINDOWS 3.1 oder Windows 95 muß auch der Gerätetreiber zur Steuerung der Soundkarte unter WINDOWS installiert sein. Die Vorgehensweise bei der Installation der Soundkarte ist dem Bedienungshandbuch Ihrer Soundkarte zu entnehmen. Weiterhin sollte ein 256-Farben-Bildschirmtreiber installiert sein, damit Farbspektrogramme in hoher Qualität dargestellt werden können. (SETUP.EXE von Windows)

Installation

Stecken Sie zunächst den mitgelieferten Hardware-Schutzstecker (Dongle) auf die Druckerschnittstelle des PC's. Falls an dieser Schnittstelle bereits ein Drucker angeschlossen ist, schalten Sie den Schutzstecker einfach zwischen PC und Drucker. Die Installation der Software erfolgt durch Start der auf der Programmdiskette befindlichen Datei "SETUP.EXE". Dazu starten Sie zunächst WINDOWS und geben im Programm-Manager-Menüpunkt "Datei"/"Ausführen..." die Befehlszeile "b:setup" oder "a:setup" ein, jenachdem, ob sich die Programmdiskette in Laufwerk A: oder B: befindet.

Bei manchen Druckern können beim Drucken Probleme mit dem Schutzstecker auftreten, wenn der Avisoft-SASLab nicht mindestens einmal aufgerufen wurde. Im Avisoft-SASLab -Verzeichnis befindet sich das Hilfsprogramm SONAKEY.EXE, das Sie in diesem Fall in die AUTOEXEC.BAT-Datei Ihres Computers einbinden sollten. Auf diese Weise wird der Schutzstecker immer initialisiert, wodurch das Druckproblem beseitigt wird.

Falls die Druckerschnittstelle im ECP-Modus arbeitet, kann der Dongle eventuell nicht erkannt werden. Abhilfe schafft die Deaktivierung des ECP-Modus im BIOS-Setup des Computers. Alternativ kann durch Einfügen der folgenden Zeile in die AUTOEXEC.BAT-Datei der ECP-Modus während der Dongleabfrage inaktiviert werden:

```
SET HL_SEARCH=278e,378e,3BCe
```



Alternativ kann der Dongle an den seriellen Port angeschlossen werden. Um diese Option zu nutzen, muß die entsprechende Port-Adresse des benutzten seriellen Ports in der Datei AUTOEXEC.BAT definiert werden:

```
SET HL_SEARCH=2f8s,3f8s
```

Abhängig von der Computer-Konfiguration muß die Adresse eventuell angepaßt werden.

Unter Windows NT muß ein zusätzlicher Treiber zur Behandlung der Dongle-Zugriffe installiert werden. Dies erfolgt durch Ausführen des Installationsprogramms HLINST.EXE von einer DOS-Box aus. Dazu muß innerhalb der DOS-Box in das Avisoft-SASLab-Verzeichnis gewechselt werden. Folgende Kommandozeile startet die Installation:

```
HLINST .
```


Es ist das Leerzeichen sowie der Punkt zu beachten!

Programmbeschreibung











Die Software gliedert sich im Wesentlichen in vier verschiedene Fenster. Nach dem Start des Programms erscheint das Hauptfenster der Anwendung. Hier kann die Datenaufnahme von der Soundkarte erfolgen oder eine bereits vorhandene Sound-Datei geladen werden. Diese Datei wird im Hauptfenster graphisch dargestellt. Teile dieser Datei können in dem separaten Spektrogramm-Fenster spektrographisch dargestellt werden. Das Echtzeit-Spektrogramm-Fenster dient der Darstellung von Spektrogrammen in Echtzeit mit paralleler Datenaufzeichnung. Ein separates Kurvenfenster dient der Darstellung von eindimensionalen Datensätzen.

Schnelleinstieg

Im folgenden wird ein kurzer Überblick über den normalen Arbeitsablauf bei der Erstellung eines Spektrogramms gegeben.

- Soundkarteneinstellung : Wahl der Abtastfrequenz.
- (siehe Seite 25)
- Einstellung des Aufnahmepegels über die mit der Soundkarte gelieferte Software.



- Datenaufnahme: Start über "Datei/Aufnahme"  (siehe Seite 24), Stoppen der Aufnahme mit . Alternativ kann der Echtzeit-Spektrograph (Menüpunkt "Datei/Echtzeit-Spektrogramm" ) zur Datenaufnahme benutzt werden (siehe Seite 70).
- Selektieren des zu spektrographierenden Abschnitts durch Anklicken des gewünschten Anfangspunktes und Ziehen bis zum Endpunkt innerhalb der erscheinenden Hüllkurvendarstellung. Kontrolle des selektierten Bereichs durch Abspielen über die Soundkarte .
- Einstellung der Spektrogramm-Parameter im Menüpunkt "Analyse/Spektrogrammparameter..."  (siehe Seite 28).
- Spektrogramm erstellen  (siehe Seite 27).
- Darstellungsparameter innerhalb des Spektrogramm-Fensters anpassen (Menüpunkt Darstellung/ Darstellungsparameter...) 
- (siehe Seite 56).
- Bei sehr langen Spektrogrammen kann der zu betrachtende Ausschnitt mit der Bildlaufleiste am unteren Fensterrand ausgewählt werden. Eventuell ist die Veränderung der Größe des Spektrogramm-Fensters in horizontaler Richtung zweckmäßig.
- Einstellung der Exportparameter zum Ausdrucken des Spektrogramms (Menüpunkt Datei/Export-Parameter...)  (siehe Seite 51).
- Direktes Drucken des Spektrogramms (Menüpunkt Datei/Spektrogramm drucken) 
- oder:
- Kopieren des Spektrogramms in die Zwischenablage (Menüpunkt Datei Spektrogramm kopieren) .
- Wechsel in ein Text- oder Graphikprogramm (Write, Paint-Brush, usw.) und Einfügen des Spektrogramms. Eventuell Eingabe einer Bildunterschrift und anschließendes Drucken des Spektrogramms.



Binär: Offsetdarstellung: Null = 0x7fff,
kleinster Wert = 0x0000,
maximaler Wert = 0xffff

Normalerweise liegen 8-Bit-Dateien in Offsetdarstellung
und 16-Bit-Dateien im Zweierkomplementformat vor.

ASCII

Meßbereich

Meßbereich der ASCII-Datei. Dieser Wert wird zur Umrechnung der ASCII-Daten ins binäre WAVE-Format benutzt. Der Meßbereich sollte möglichst dem maximalen Betrag der ASCII-Datei entsprechen, damit eine hohe Dynamik der Binärdatei gewährleistet ist.

Reihenfolge der Teilbytes bei 16-Bit-Daten

Intel-Format: 1. Byte ist Low-Byte,
 2. Byte ist High-Byte
(IBM-PC)

Motorola-Format: 1. Byte ist High-Byte,
 2. Byte ist Low-Byte
(Apple Macintosh)

Bit-Tiefe

Hier ist die Digitalisierungstiefe bzw. Wortlänge der Sounddatei anzugeben (Bei 12-Bit-Daten 16 Bit wählen!).

Modus

Mono: Die einzulesende Sounddatei ist eine Monodatei

Stereo: Die einzulesende Sounddatei ist eine Stereodatei.
 Beide Kanäle werden übernommen.

Eins aus N Die einzulesende Datei besteht aus mehreren Kanälen,
 wobei nur einer dieser Kanäle übernommen wird.

Kanalanzahl [n] Die Anzahl der Kanäle, die in der einzulesenden Datei enthalten sind. (nur aktiv bei "Eins aus N")



Kanal [1..n] Die Nummer des Kanals, der übernommen werden soll. (nur aktiv bei "Eins aus N")


Header-Länge [Bytes] Sounddateien besitzen im allgemeinen am Dateianfang einen Header (Dateikopf), der Informationen über die gespeicherten Daten enthält. Damit dieser Dateiabschnitt nicht als Datenbereich interpretiert wird, muß die Größe des Headers angegeben werden. Beim Öffnen der Sounddatei wird die hier angegebene Anzahl von Bytes übersprungen. Dies gilt nur, wenn kein "Start-String" (siehe unten) spezifiziert wurde. Andernfalls wird dieser Wert als Offset bezüglich des Start-Strings interpretiert.

Start-String Manche Dateiformate kennzeichnen den Beginn des Datenabschnitts durch ein bestimmtes Schlüsselwort, wenn die Header-Länge variabel ist. Durch Eingabe dieses Schlüsselwortes wird beim Importieren der Datei zunächst die Position des Schlüsselwortes ermittelt und der im Eingabefeld "Header-Länge" angegebene Betrag zu dieser Position hinzuaddiert. Falls die Daten direkt hinter dem Schlüsselwort beginnen, muß bei "Header-Länge" immer eine Null eingetragen werden!

Abtastfrequenz Die Abtastfrequenz der einzulesenden Sounddatei. (Einheit [Hz])

Nachdem das gewünschte Datenformat auf diese Weise definiert wurde, kann die entsprechende Sounddatei unter dem Menüpunkt "Öffnen..." geladen werden. Dabei muß in der "Datei Öffnen"-Dialogbox das Dateiformat "Benutzerdefiniertes Import-Format (*.*)" selektiert werden.

Aufnahme

Start der Datenaufzeichnung über die Soundkarte. Voraussetzung für die Datenaufzeichnung ist die zuvor erfolgte Installation einer Soundkarte und des dazugehörigen Gerätetreibers. Falls die Soundkarte über eine Einstellmöglichkeit des Aufnahmepegels (Mixer o.ä.) verfügt, kann die mit der Soundkarte gelieferte Software zur Regelung des Aufnahmepegels verwendet werden. Die Aufzeichnung kann vorzeitig durch Betätigung der Stop-Taste  beendet werden. Beachten Sie auch, daß genügend freier Speicherplatz für die aufzunehmenden Daten auf der Festplatte vorhanden ist.

Linker Kanal / Rechter Kanal

Das Programm erlaubt jeweils nur die Darstellung eines Audio-Kanals. Es ist jedoch möglich, eine Stereo-WAVE-Datei zu laden. Im Menüpunkt "Datei"/"Linker Kanal",



"Rechter Kanal" kann deshalb ausgewählt werden, welcher der beiden Stereo-Kanäle dargestellt und ausgewertet werden soll.


Echtzeit-Spektrogramm

Dieser Menüpunkt aktiviert das Echtzeit-Spektrograph-Fenster.
(siehe Seite 70)

Sichern

Dieser Menüpunkt ermöglicht das Abspeichern der im Hauptfenster sichtbaren Sound-Daten. Neben dem Standard-Format *.WAV können auch *.AU, *.SND, *.AIF sowie das ASCII-Format geschrieben werden. Falls zuvor ein Bereich markiert wurde, ist noch anzugeben, ob nur dieser markierte Bereich oder die gesamte Datei abgespeichert werden soll.

Wiedergabe der Zeitdaten

Hier werden die im Hauptfenster sichtbaren Tonsequenzen über die Soundkarte abgespielt. Falls eine Markierung vorgenommen wurde, wird nur dieser markierte Bereich abgespielt. Die Wiedergabe kann vorzeitig durch Betätigung der Stop-Taste  abgebrochen werden.

Soundkarteneinstellung

Dieser Menüpunkt dient der Einstellung der Soundkarten-Parameter. Es kann die Abtastfrequenz, die Bit-Tiefe und die maximale Aufnahmedauer festgelegt werden. Weiterhin kann zwischen Mono und Stereo-Aufzeichnung gewählt werden. Es ist zu beachten, daß die Abtastfrequenz an die zu analysierenden Signale angepaßt werden muß. Die Abtastfrequenz sollte mindestens doppelt so groß wie die höchste im zu untersuchenden Signal vorhandene Signalfrequenz sein. Andernfalls erfolgt eine entsprechende Bandbegrenzung. Es ist auch zu beachten, daß die Abtastfrequenz auch die im Spektrogramm erreichbare Frequenzauflösung beeinflusst. Die Frequenzauflösung steigt dabei proportional mit sinkender Abtastfrequenz. Dies bedeutet, daß bei tieffrequenten Signalen kleine Abtastfrequenzen bevorzugt werden sollten. Im Interesse einer guten Dynamik sollte stets eine Bit-Tiefe von 16 gewählt werden.

Falls mehrere Soundkarten im Computer installiert sind, kann in der Liste „aktive Soundkarte“ die für Aufnahme und Wiedergabe vorgesehene Karte gewählt werden.



Hüllkurve speichern

Speichert die aktuelle Hüllkurvendarstellung entsprechend der eingestellten Exportparameter als BMP-Datei.

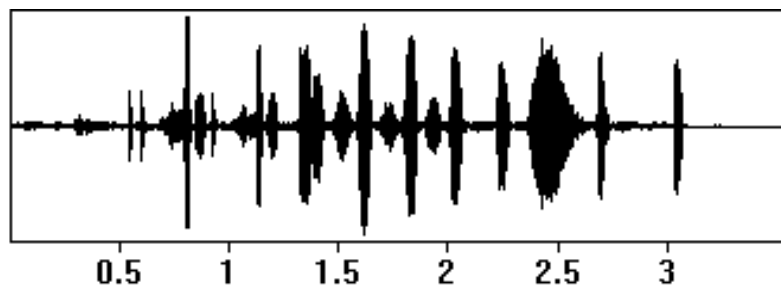
Hüllkurve kopieren

Kopiert die aktuelle Hüllkurvendarstellung entsprechend der eingestellten Exportparameter in die Zwischenablage.

Exportparameter Hüllkurve

Hier wird festgelegt, in welcher Form die Hüllkurve (Oszillogramm) des im Hauptfenster sichtbaren Signals exportiert werden soll. Folgende Eigenschaften können beeinflusst werden:

Rahmen: Die Hüllkurve wird innerhalb eines Rahmens mit Zeitachsen-Beschriftung (Lineal) dargestellt.



relative Zeitachsenbeschriftung: Wenn der Rahmen aktiviert ist kann festgelegt werden, ob die Zeitachsen-Beschriftung am linken Rand mit Null (relativ) oder dem absoluten Zeitwert bezüglich des Dateianfangs erfolgen soll.

Zeit-Maßstab: Bei nicht aktivem Rahmen kann festgelegt werden, ob ein Zeit-Maßstab unterhalb der Hüllkurve dargestellt werden soll.





hohe Auflösung: Die Hüllkurve wird gegenüber der Bildschirmdarstellung in erhöhter Auflösung exportiert.

Konfiguration laden / sichern

Diese beiden Menüpunkte erlauben die Verwaltung von verschiedenen Parameterkonfigurationen. Soll eine aktuell eingestellte Konfiguration später noch einmal benutzt werden, kann diese unter einem neuen Namen im Menüpunkt "Konfiguration sichern" abgespeichert werden. Die Konfigurationsdateien sollten mit der Erweiterung INI versehen werden. Eine einmal abgespeicherte Konfiguration kann mit "Konfiguration laden" wieder abgerufen werden. Der Name der gerade benutzten Konfigurationsdatei wird in der Titelzeile des Hauptfensters angezeigt. Vor dem Verlassen des Programms werden die momentanen Parameter-Einstellungen in der aktuellen Konfigurationsdatei abgespeichert.

Markierung von Zeitabschnitten

Durch Anklicken eines Punktes innerhalb der Hüllkurven- oder der Spektrogramm-Darstellung der geladenen Sound-Datei und anschließendes Ziehen des Mausursors bei gedrückter Maustaste kann ein Teilbereich der Sound-Datei markiert werden. Ein einmal markierter Bereich kann durch Ziehen an den Bereichsgrenzen in seiner Größe verändert werden. Die Lage des Bereichs kann durch Anklicken innerhalb des Bereichs und anschließendes Ziehen bei gedrückter Maustaste verändert werden, wobei sich die Breite (Zeitdauer) der jeweils markierten Bereiche nicht ändert. Die Markierung kann im Menüpunkt "Werkzeuge/Markierung aufheben" rückgängig gemacht werden. Rechts oben im Fenster werden die genauen Parameter (t1: Anfang, t2: Ende, dt: Zeitdifferenz) der Markierung in Sekunden angezeigt.

Analyse

Spektrogramm erstellen

Die im Hauptfenster mögliche optionale Übersichtsdarstellung von Spektrogrammen unterstützt nicht die Ausgabe und Vermessung der Spektrogramme, da diese Darstellungsart lediglich der besseren Orientierung innerhalb der Sounddatei dienen soll. Aus diesem Grund besteht die Möglichkeit, ein Spektrogramm in einem extra Fenster anzulegen. Mit dem Menüpunkt "**Analyse/Spektrogramm erstellen**" oder dem entsprechenden Schaltfeld wird ein Spektrogramm des markierten Bereichs generiert. Falls kein Bereich markiert ist, wird ein Spektrogramm der gesamten Datei erstellt. (Achtung, dies kann sehr lange dauern!) Dabei werden die unter dem



Menüpunkt "**Analyse/Spektrogramm-Parameter**" definierten Einstellungsparameter verwendet.

Spektrogramm-Parameter

Die Spektrogramm-Parameter bestimmen die Auflösung des Spektrogramms in der Zeit- und Frequenzachse. Die Frequenzauflösung, die der Filterbandbreite bei konventionellen Sonagraphen entspricht, ist abhängig von der Abtastfrequenz, der FFT-Länge, der Rahmengröße und dem Fenstertyp.

Folgende Spektrogramm-Parameter können beeinflusst werden:

FFT-Länge

Die Hälfte des eingestellten Wertes entspricht der Höhe des Spektrogramms in Pixeln. Große Werte für die FFT-Länge liefern hohe Frequenzauflösungen bei geringen Zeitauflösungen. Für normale Anwendungen sollte eine FFT-Länge von **256** Punkten gewählt werden. Bei Benutzung der 1024-Punkte-FFT ist die Installation eines hochauflösenden Bildschirmtreibers (1024*768) empfehlenswert, um das gesamte Spektrogramm sichtbar zu machen.

Rahmen-Größe

Bestimmt die pro Spektrum ausgewertete Zeitdauer in Prozent der FFT-Länge. Je kleiner die Rahmen-Größe ist, desto besser wird die zeitliche Auflösung des Spektrogramms. Gleichzeitig verschlechtert sich jedoch auch die Frequenzauflösung des Spektrogramms. Für normale Anwendungen sollte deshalb die Rahmengröße auf **100%** eingestellt werden.

Bewertungsfensterfunktion

Beeinflusst die Unterdrückung der verfahrensbedingten Fehler. Weiterhin wird durch den Fenstertyp auch die Frequenzauflösung beeinflusst. Es kann zwischen Hamming-, Hann-, Blackmann-, Dreieck-, Rechteck- und Flattop- Fenster ausgewählt werden. Das **Hamming**-Fenster liefert für die meisten Anwendungen die besten Ergebnisse bezüglich Fehlerunterdrückung und Frequenzauflösung. Das Flattop-Fenster bietet maximale Fehlerunterdrückung (höchste Nebenzipfeldämpfung) verbunden mit der schlechtesten Frequenzauflösung. Das Rechteck-Fenster hat die beste Frequenzauflösung, allerdings auch die schlechteste Fehlerunterdrückung.

Überlappung

Das Spektrogramm wird durch die gleitende Berechnung von Einzelspektren berechnet. Die Schrittweite zwischen den benachbarten Teilspektren ist die hier anzugebende Überlappung. Je größer die Überlappung eingestellt wird, desto höher ist



die zeitliche Auflösung des Spektrogramms. Für die meisten Anwendungen ist eine Überlappung von **50%** optimal. Es ist zu beachten, daß durch große Überlappungen allein keine zusätzliche Information gewonnen werden kann, da die benachbarten Teilspektren sich dann nur unwesentlich voneinander unterscheiden. Deshalb sollten große Überlappungen stets mit reduzierter Rahmengröße verbunden werden. Diese Verhältnisse werden nach Berechnung des Spektrogramms auch im oberen Teil des Spektrogrammfensters graphisch veranschaulicht.

Der Abschnitt *Spektrogrammparameter* auf Seite 14 enthält weitere Hinweise zum Einfluß der Parameter.

Fließkomma-Arithmetik

Durch Aktivierung dieser Option wird das Spektrogramm anstelle der standardmäßigen Festkomma-Arithmetik mittels Fließkomma-Arithmetik berechnet. Dadurch wird eine höhere Präzision der berechneten Spektrogramme erreicht. Ungenauigkeiten bei der Festkomma-Arithmetik machen sich hauptsächlich bei schlechter Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Dynamikbereichs der Soundkarte bzw. bei kritischen Kontrasteinstellungen durch scheinbare, im Signal jedoch nicht vorhandene Signalanteile im unteren Frequenzbereich bemerkbar. Im Vergleich zur Festkomma-Berechnung dauert die Fließkomma-Berechnung etwa vier mal länger. Der Fließkomma-Algorithmus sollte insbesondere dann benutzt werden, wenn aus dem Spektrogramm einzelne oder mittlere Spektren abgeleitet und vermessen werden sollen.

Fenster

Diese Schaltfläche zeigt ein separates Fenster mit einer detaillierten grafischen Darstellung der selektierten Bewertungsfenstersfunktion.

Selektivität

Diese Schaltfläche zeigt ein separates Fenster mit der Filtercharakteristik der selektierten Bewertungsfenstersfunktion.

Übersichts-Spektrogramm

Zur besseren Orientierung kann parallel zur Hüllkurvendarstellung auch ein Übersichts-Spektrogramm der geladenen Sounddatei im Hauptfenster dargestellt werden. Dieses Spektrogramm wird durch Aktivierung des Menüpunktes "**Analyse/Übersicht**" angezeigt. Beachten Sie, daß die zusätzliche Berechnung des Spektrogramms die Darstellungsgeschwindigkeit bei häufigem Vergrößern oder Verkleinern negativ beeinflusst.

Übersichts-Parameter



Dieser Menüpunkt dient der Auswahl der Darstellungsparameter des Übersicht-Spektrogramms. Hier kann zunächst zwischen Schwarz/Weiß- und Farbdarstellung ausgewählt werden. Bei S/W-Darstellung kann der Schwellwert zur Binarisierung des Spektrogramms mittels der Bildlaufleiste oder über das damit verbundene Zahlen-Eingabefeld festgelegt werden. Bei der Farbdarstellung kann zwischen verschiedenen Farbpaletten und Gradations-Kennlinien ausgewählt werden.

Weiterhin kann die Frequenzauflösung der Spektrogramm-Darstellung beeinflusst werden. Dies geschieht durch:

- die FFT-Länge (die Hälfte des eingestellten Wertes entspricht der Höhe des Spektrogramms in Pixeln),
- die Rahmen-Größe (bestimmt die pro Spektrum ausgewertete Zeitdauer in Prozent der FFT-Länge) und
- die Bewertungsfensterfunktion (beeinflusst die Unterdrückung der verfahrensbedingten Fehler sowie Frequenz- und Zeitauflösung)

Diese Parameter beeinflussen auch die zeitliche Auflösung des Spektrogramms. Allgemein gilt, daß eine hohe Frequenzauflösung mit einer schlechteren zeitlichen Auflösung erkaufte werden muß. Die zeitliche Auflösung wird natürlich auch von der momentan eingestellten Vergrößerung der Ansicht (Menüpunkt "Bearbeiten/Zoom") beeinflusst.

Der Abschnitt *Spektrogrammparameter* auf Seite 14 enthält weitere Hinweise zum Einfluß der Parameter.

Hüllkurve normiert

Hier kann zwischen normierter und normaler Darstellung der Hüllkurve ausgewählt werden. Bei normierter Darstellung wird das Oszillogramm so skaliert, daß der gesamte zur Verfügung stehende Raum ausgenutzt wird, auch wenn die Soundkarte nicht voll angesteuert wurde.

Eindimensionale Transformation

(Menüpunkt ANALYSE im Hauptfenster)

Unter diesem Menüpunkt sind zusätzliche Darstellungsarten bzw. Transformationen des markierten Sounddatei-Abschnitts abrufbar. Die Ergebnisse dieser Transformationen werden in einem separaten Kurvenfenster (siehe Seite 65) dargestellt. Folgende Funktionen sind verfügbar:

Zeitsignal



Der Kuvenverlauf des Zeitsignals wird im Kuvenfenster angezeigt. Die Darstellung im Kurvenfenster erlaubt im Gegensatz zur normalen Darstellung im Hauptfenster eine genauere Vermessung und hochauflösendere Anzeige des Zeitsignals.

Betragspektrum

Das Betragspektrum (Einheit [V]) des markierten Bereichs wird berechnet. Dieses Spektrum hat eine Linienanzahl, die proportional zur Länge des markierten Bereichs ist. (Langzeitspektrum)

Leistungsspektrum

Das Leistungsspektrum (Einheit [dB]) des markierten Bereichs wird berechnet. Dieses Spektrum hat eine Linienanzahl, die proportional zur Länge des markierten Bereichs ist. (Langzeitspektrum)

Autokorrelation

Die Autokorrelationsfunktion (AKF) des markierten Bereichs wird berechnet. Die AKF ermöglicht das Erkennen von periodischen bzw. ähnlichen Signalanteilen innerhalb eines Signals.

Cepstrum

Das Cepstrum des markierten Bereichs wird berechnet. Das Cepstrum wird durch Ermittlung der inversen FFT des logarithmierten Leistungsspektrums berechnet. Das Cepstrum dient der Analyse von multiplikativen Überlagerungen mehrerer Signalanteile.

Kreuzkorrelation (Stereo)

Die Kreuzkorrelationsfunktion (KKF) zwischen linkem und rechtem Kanal des markierten Bereichs einer Stereo-Sounddatei wird berechnet. Die KKF dient der Erkennung von Übereinstimmungen zweier Kanäle. Bei der Verwendung von zwei getrennten Mikrofonen kann zum Beispiel die Laufzeitdifferenz (Wegdifferenz) eines Rauschsignals anhand des Maximums innerhalb der KKF bestimmt werden.

Kreuzkorrelation (2 Dateien)

Die Kreuzkorrelationsfunktion (KKF) zwischen dem markierten Bereich und dem Inhalt der Ablage wird berechnet. Dies setzt voraus, daß der zu vergleichende Signalabschnitt zuvor in die Ablage kopiert wurde (Befehl *BEARBEITEN/KOPIEREN*). Weiterhin muß die Abtastfrequenz der Sounddatei innerhalb der Ablage mit der Abtastfrequenz der geladenen Datei übereinstimmen. Diese Form der KKF dient der Untersuchung von Ähnlichkeiten zweier Signale. Das Maximum der KKF ist ein Maß für die Ähnlichkeit der beiden Dateien.



Übertragungsfunktion (Stereo)

Diese Funktion ermöglicht die Ermittlung der Übertragungsfunktion (Frequenzgang) eines Systems mittels Fouriertransformation. Dazu sollte an den Eingang des zu untersuchenden Systems ein möglichst weißes Rauschsignal angelegt werden. Der linke Kanal der Soundkarte wird dann mit dem Systemeingang verbunden, während der Ausgang des Systems an den rechten Kanal angeschlossen wird. Nach erfolgter Datenaufnahme (wenige Sekunden sind ausreichend) wird ein Teilbereich markiert und die Übertragungsfunktion mittels dieses Menüpunktes errechnet. Dabei ist zu beachten, daß der markierte Block mindestens 1024 Abtastwerte enthält. Wird ein längerer Block markiert, werden mehrere Teil-Übertragungsfunktionen gemittelt, was zu genaueren Ergebnissen führt, jedoch auch eine längere Rechenzeit erfordert.

Die Übertragungsfunktion liefert nur bei den Frequenzen korrekte Meßwerte, an denen die Amplitude des Testsignals (Rauschen) ausreichend groß ist. Deshalb werden diejenigen Spektrallinien der Übertragungsfunktion, die im Frequenzspektrum des Eingangssignals einen bestimmten Schwellwert nicht überschreiten bei der Anzeige im Kurvenfenster unterdrückt. Dieser Schwellwert kann über den Schieber am rechten Fensterrand verändert werden. Durch diesen Anzeigemechanismus können auch andere Testsignale als weißes Rauschen verwendet werden. Denkbar wäre ein Rechtecksignal, wobei jeweils nur bei den vorhandenen spektralen Komponenten (f_0 , $3f_0$, $5f_0$, ...) Meßwerte angezeigt werden.

Bei der Berechnung der Übertragungsfunktion bleiben eventuell innerhalb des Systems entstehende Rauschsignale unberücksichtigt, da nur jene Signalkomponenten verwendet werden, die auch im Eingangssignal enthalten sind. $|G(f)| = |S_{XY}(f)| / |S_{XX}(f)|$.

Histogramm

Die Verteilungsfunktion der aufgetretenen Werte innerhalb des markierten Bereichs wird berechnet. Je nach Auflösung (Bit-Tiefe) der Sounddatei können bis zu 65536 Klassen definiert werden. Das Histogramm kann unter anderem zur Bewertung der Linearität des AD-Wandlers der Soundkarte benutzt werden.

Impulsdichte-Histogramm

Die zeitlichen Abstände zwischen dem Auftreten von kurzen Signalimpulsen werden in Form eines Histogramms dargestellt. Die Detektion der einzelnen Signalimpulse erfolgt durch Schwellwertvergleich der Hüllkurve des Zeitsignals. Zur Adaption des Algorithmus auf das konkrete Signal können einige Parameter eingestellt werden:

Schwellwert:

Dieser in Prozent vom Maximalwert der Hüllkurve anzugebende Schwellwert bestimmt, welche Impulse berücksichtigt werden sollen.

Totzeit:



Da die Signalimpulse gewöhnlich eine bestimmte Zeitdauer aufweisen und die mehrfache Erfassung eines Impulses unerwünscht ist, ist die Angabe einer Verzögerungszeit (Totzeit) nötig. Nachdem der Beginn eines Impulses erkannt wurde, wird für die Zeitdauer der Totzeit kein weiterer Impuls erfaßt, auch wenn der Schwellwert überschritten ist. Als Totzeit sollte ein Wert, der etwas größer als die maximale Impulsdauer ist, gewählt werden, um Doppelerfassungen ein und desselben Impulses zu vermeiden. Bei zu groß gewählter Totzeit können dicht aufeinanderfolgende Impulse nicht erkannt werden.

Auflösung:

Die Auflösung bestimmt, in welchem Zeitraster die Impulsabstände erfaßt werden sollen.

Impulsabstände

Die zeitlichen Abstände zwischen dem Auftreten von kurzen Signalimpulsen werden aufgelistet und in einem Kurvenfenster grafisch dargestellt. Die Detektion der einzelnen Signalimpulse erfolgt durch Schwellwertvergleich der Hüllkurve des Zeitsignals. Gemessen wird der Abstand jeweils zwischen zwei positiven Impulsflanken. Zur Adaption des Algorithmus auf das konkrete Signal können einige Parameter eingestellt werden:

Schwellwert:

Dieser in Prozent vom Maximalwert der Hüllkurve anzugebende Schwellwert bestimmt, welche Impulse berücksichtigt werden sollen.

Totzeit:

Da die Signalimpulse gewöhnlich eine bestimmte Zeitdauer aufweisen und die mehrfache Erfassung eines Impulses unerwünscht ist, ist die Angabe einer Verzögerungszeit (Totzeit) nötig. Nachdem der Beginn eines Impulses erkannt wurde, wird für die Zeitdauer der Totzeit kein weiterer Impuls erfaßt, auch wenn der Schwellwert überschritten ist. Als Totzeit sollte ein Wert, der etwas größer als die maximale Impulsdauer ist, gewählt werden, um Doppelerfassungen ein und desselben Impulses zu vermeiden. Bei zu groß gewählter Totzeit können dicht aufeinanderfolgende Impulse nicht erkannt werden.

Hüllkurve

Die Hüllkurve des markierten Bereichs wird berechnet. Die Berechnung beruht auf der Ermittlung des Analytischen Signals mittels Hilbert-Transformation. Diese Methode der Hüllkurvenberechnung liefert im Vergleich zur Hüllkurvendarstellung im Hauptfenster ein genaueres Ergebnis.



Momentanfrequenz

Der Verlauf der Momentanfrequenz innerhalb des markierten Bereichs wird berechnet. Die Berechnung beruht auf der Ermittlung des Analytischen Signals mittels Hilbert-Transformation und Differentiationsfilter. Zur Isolation von getrennten Signal-Impulsen wird die Momentanfrequenz nur an den Abschnitten als Linienzug angezeigt, wo ein bestimmter Pegel der Hüllkurve des Signals überschritten wird. Dieser Schwellwert wird als Prozentwert der maximalen Hüllkurvenamplitude definiert. Der Scrollbar am rechten Rand des Kurvenfensters dient zur Optimierung des Schwellwertes.

Es ist zu beachten, daß diese Methode der Frequenzberechnung nur dann sinnvoll ist, wenn das zu analysierende Signal annähernd sinusförmig ist (ohne Oberwellen). Insbesondere bei sich in der Frequenz schnell verändernden Signalen können mittels dieser Funktion sehr präzise Frequenzmessungen erfolgen.

Effektivwert (linear) / (logarithmisch)

Der Effektivwert des markierten Bereichs wird berechnet. Im Eingabefeld "Mittelungszeit" kann die gewünschte Mittelungszeit in Millisekunden angegeben werden. Bei kleinen Mittelungszeiten sind kurzfristige Änderungen des Effektivwertes besser erkennbar. Mit den Schaltflächen "F" und "S" können die genormten Mittelungszeiten für FAST (125ms) und SLOW (1000ms) aktiviert werden. Im Optionsfeld "exp." kann festgelegt werden, wie die Mittelung erfolgen soll. Bei aktiver Option erfolgt die Mittelung exponentiell (rekursiv) mit der angegebenen Mittelungszeit als Zeitkonstante. Andernfalls wird eine arithmetische Mittelung über die jeweils spezifizierte Mittelungszeit ausgeführt. Der Effektivwert kann linear oder logarithmisch ausgegeben werden. Für Schallpegelmessungen in dB sollte der logarithmische Effektivwert benutzt werden.

Hüllkurve

Die Hüllkurve des markierten Abschnitts wird berechnet. Dabei wird folgender Algorithmus benutzt: Die Hüllkurve folgt dem gleichgerichteten Zeitsignal, solange deren Amplitude steigt. Wenn der Eingangspegel abfällt, klingt die Hüllkurve mit der angegebenen Zeitkonstante ab. Auf diese Weise werden „Täler“ des Signals überbrückt. Die Zeitkonstante sollte an das zu analysierende Signal angepaßt werden.

Schwellwert

Diese Funktion kann benutzt werden, um die Zeitstruktur von Signalen zu untersuchen. Die Hüllkurve (siehe obige Funktion) wird dazu mit einem Schwellwert verglichen. Die Schwellwert-Funktion ist gleich eins, solange der Schwellwert überschritten wird und ist null, wenn der Schwellwert unterschritten wird. Um kurze Signaleinbrüche oder kurze Störsignale zu überbrücken, ändert sich die Schwellwert-Funktion nur dann, wenn der interne Zustand für eine minimale Totzeit unverändert bleibt. Diese Totzeit bestimmt auch die zeitliche Auflösung der Schwellwert-Funktion.



Schwellwert (Signal/Pausen-Dauer)

Diese Funktion entspricht mit Ausnahme des Ausgabeformats der obigen Schwellwert-Funktion. Im Gegensatz zur normalen Schwellwert-Funktion, die eine zeitkontinuierliche Sequenz von Nullen und Einsen ausgibt, liefert diese Funktion lediglich die Dauer der Signalereignisse und der Pausen zwischen den Ereignissen. Die Y-Werte (Zeitdauer in s) sind positiv für die Signalereignisse und negativ für die Pausen zwischen den Ereignissen. Auf diese Weise ergibt sich eine alternierende Sequenz von positiver Ereignisdauer und negativer Pausendauer, wobei die X-Achse die Nummern der Ereignisse darstellt.

Bearbeiten

Im Menüpunkt "Bearbeiten" werden verschiedene Funktionen zur Nachbearbeitung der Sounddatei zur Verfügung gestellt. Diese Funktionen können zur Beseitigung von Störgeräuschen oder zur Erstellung von künstlichen Strophen für Vorspielexperimente genutzt werden.

Zur Organisation dieser Bearbeitungsfunktionen wird eine programmspezifische Ablage benutzt, die nicht mit der WINDOWS-Zwischenablage identisch ist!

Rückgängig

Die letzte Änderung wird rückgängig gemacht.

Kopieren

Der markierte Bereich wird in die Ablage kopiert.

Einfügen

Der markierte Bereich wird durch den Inhalt der Ablage ersetzt.

Ausschneiden

Der markierte Bereich wird aus der Datei herausgeschnitten und in die Ablage kopiert.

Stutzen

Alle außerhalb des markierten Bereichs liegenden Teile der Datei werden entfernt. Wenn kein Bereich markiert ist, werden die außerhalb des sichtbaren Bereichs liegenden Abschnitte entfernt.

Lautstärke verändern...



Der markierte Bereich wird in der Lautstärke verändert. Die Art der Lautstärkeänderung kann ausgewählt werden:

konstant

Dazu ist unter a ein entsprechender Verstärkungsfaktor einzugeben. Der Faktor 2 bewirkt z.B. eine konstante Verdopplung (+6dB) der Signalamplitude, während der Faktor 0.5 eine Halbierung (-6dB) der Signalamplitude bewirkt. Im Eingabefeld **tan/aus** kann zusätzlich die Zeitdauer des sanften Übergangs an den Rändern des markierten Bereichs vorgegeben werden. Die Form des An- und Abschwellens ist in Listbox (linear, sinusförmig 1/2, sinusförmig 1/4) auswählbar.

Normieren

Der markierte Abschnitt wird bezüglich seines Maximalwertes auf den gewünschten Wert normiert. Dabei wird die Lautstärke des gesamten Abschnitts so verändert (erhöht oder verringert), daß das Maximum genau dem in Prozent des Dynamikbereichs angegebenen Sollwert entspricht. Um einen eventuell vorhandenen Offset (Gleichspannungsanteil, der eine exakte Normierung verhindern würde.) zu eliminieren, sollte die Optionsbox „*Offset entfernen*“ aktiviert werden.

Diese Normierungsfunktion kann vorteilhaft zur Erstellung von einheitlichen Spektrogrammen mit übereinstimmenden Helligkeiten aus unterschiedlich angesteuerten Aufnahmen benutzt werden.

Anschwellen

Innerhalb des vorher markierten Bereichs wird die Amplitude kontinuierlich von Null auf 100% geregelt (Einblendung). Die Form des Anschwellens ist in der Listbox (linear, sinusförmig 1/2, sinusförmig 1/4) auswählbar.

Abschwellen

Innerhalb des vorher markierten Bereichs wird die Amplitude kontinuierlich von 100% auf Null geregelt (Ausblendung). Die Form des Abschwellens ist in der Listbox (linear, sinusförmig 1/2, sinusförmig 1/4) auswählbar.

(Amplitudenmodulation / Multiplikation mit)

a-t ASCII-Datei

Der markierte Bereich wird mit der auswählbaren ASCII-Datei (Endung ".at") multipliziert.

**WAV-Datei**

Der markierte Bereich wird mit der auswählbaren WAV-Datei (Endung ".wav") multipliziert.

Ablage

Der markierte Bereich wird mit dem Inhalt der Ablage (WAV-Datei) multipliziert.

Division

Wenn diese Option aktiv ist, wird keine Multiplikation mit der Datei ausgeführt, sondern durch die Datei geteilt. Auf diese Weise können z.B. Normierungen vorgenommen werden.

Begrenzen auf

Der markierte Bereich wird auf einen vorgegebenen Pegel symmetrisch begrenzt. Bei der Option "sinusförmig" erfolgt der Übergang in die Sättigung nicht plötzlich, sondern langsam in Form einer Sinusfunktion

Löschen

Der markierte Bereich wird gelöscht, d.h. die Lautstärke wird auf Null gesetzt.

Stille einfügen

An der Einfügeposition wird ein stummer Abschnitt mit der Länge des markierten Bereichs in die Datei eingefügt

Einmischen

An der Einfügeposition wird der Inhalt der Ablage zum Signal hinzuaddiert. Achten Sie bei der Nutzung dieser Funktion darauf, daß die zu addierenden Signale klein genug sind, damit keine Übersteuerung auftreten kann.

Rückwärts

Die Samples des markierten Bereichs werden in der zeitlichen Reihenfolge umgekehrt. Nach Anwendung dieser Funktion wird der entsprechende Abschnitt der Sounddatei rückwärts abgespielt.

Info über Ablage 

Dieser Menüpunkt liefert Informationen über den Inhalt der Ablage.

Stereo->Mono

Falls eine Stereo-Sound-Datei geöffnet ist, erlaubt diese Option die Umwandlung in eine Mono-Sound-Datei. Dabei wird derjenige Kanal übernommen, der in den



Menüpunkten "Datei"/"Linker Kanal" bzw. "Datei"/"Rechter Kanal" aktiviert ist. Der jeweils andere Kanal wird aus der Sounddatei entfernt.

8<-->16 Bit Konvertierung

Falls die aktuelle Datei im 8-Bit-Format vorliegt, wird eine Konvertierung ins 16-Bit-Format vorgenommen. Falls die aktuelle Datei im 16-Bit-Format vorliegt, wird eine Konvertierung ins 8-Bit-Format vorgenommen. Um den begrenzten Dynamikbereich des 8-Bit-Formats optimal auszunutzen, wird ein eventuell vorhandener Offset entfernt und eine Normierung vorgenommen.

Die aktuelle Einfügeposition wird durch einen kleinen dunklen Pfeil oberhalb des Spektrogramms markiert. Dieser Punkt ist immer mit der linken Begrenzung der Markierung identisch.

Synthesizer (Dialog)

Siehe Seite 74.

Synthesizer (graphisch)

Siehe Seite 76.

IIR Zeitsignal-Filter

Dieser Menüpunkt erlaubt die Filterung der geladenen WAVE-Datei im Zeitbereich. Unerwünschte Störsignale können so beseitigt werden. Es kann zwischen verschiedenen Filterarten ausgewählt werden:

Hochpaß

Unterdrückt alle Signale unterhalb der angegebenen Grenzfrequenz.

Tiefpaß

Unterdrückt alle Signale oberhalb der angegebenen Grenzfrequenz.

Kerbfilter

Unterdrückt alle Signale mit exakt der angegebenen Filtermittenfrequenz.

Benutzerdefiniert



Ein benutzerdefiniertes Rekursionsfilters (IIR), dessen Filterkoeffizienten zuvor in einer "*.flt"-Datei definiert wurden, erlaubt die Realisierung beliebiger Filtercharakteristiken. Das IIR-Filter besteht aus einer frei wählbaren Anzahl von kaskadierten Biquads. Unter der Rubrik [main] ist die Filterordnung des Filters hinter dem Schlüsselwort "order=" anzugeben. Das benutzerdefinierte Filter kann maximal eine Ordnung von 28 haben. Beachten Sie, daß nur geradzahlige Ordnungen möglich sind. Weiterhin ist hinter dem Schlüsselwort "sampling_frequency" die Abtastfrequenz, für die die Filterkoeffizienten berechnet wurden, anzugeben. Dann folgen unter den Rubriken [BIQUADx] die Koeffizienten jedes einzelnen Biquads.

Die ASCII-Datei zur Definition des Filters hat den folgenden Aufbau (siehe auch die Beispieldatei demo.flt):

```
[main]
order=6
sampling_frequency=20.0
description=

[BIQUAD1]
a1=1.0
a2=-1.514
a3=0.5141
b1=-0.4303
b2=0.3788

[BIQUAD2]
a1=1.0
a2=1.1206
a3=0.2770
b1=-1.1663
b2=0.4186

[BIQUAD3]
a1=1.0
a2=0.0804
a3=0.4838
b2=0.0876
b1=0.5802
```

Halbband-Reduktions-Filter

Halbiert die Abtastfrequenz mit entsprechender Antialiasingfilterung.

Beim Hochpaß-, Tiefpaß- und Bandsperrfilter kann die Ordnung des Filters ausgewählt werden. Das Filter achter Ordnung hat eine höhere Steilheit als das Filter vierter Ordnung. Bei Hoch- und Tiefpaß kann noch der Filtertyp (Filtercharakteristik) festgelegt werden. Der Filtertyp bestimmt, wie schmal der Übergangsbereich vom Durchlaßbereich zum Sperrbereich ist. Weiterhin werden die Impulsübertragungseigenschaften des Filters beeinflusst. Beim Tschebyscheff-Filter kommt es im Gegensatz zum Bessel-Filter zum Überschwingen (Ringing) an den Flanken eines Rechtecksignals. Folgende Filtercharakteristiken stehen zur Verfügung: *Tschebyscheff*, *Butterworth*, *Bessel* und *kritische Dämpfung* (Die Reihenfolge entspricht den Übertragungssteilheiten der Filter).



Beachten Sie, daß bei der Nutzung der Filterfunktionen das Vorhandensein eines mathematischen Coprozessors die Filteroperationen sehr wesentlich beschleunigt.

FIR-Zeitsignal-Filter

Dieser Menüpunkt erlaubt die Filterung der gesamten geladenen WAVE-Datei mittels FIR-Filter. FIR-Filter haben im Gegensatz zu den IIR-Filtern eine endliche Sprungantwort, d.h. es gibt keine Rückkopplung. Dadurch ergibt sich ein linearer Phasengang. Alle Frequenzkomponenten werden um die gleiche Zeitdauer verzögert. Diese Eigenschaft der FIR-Filter ist sehr vorteilhaft, wenn es darum geht, die Signalstruktur im Durchlaßbereich des Filters möglichst wenig zu beeinflussen. Bei gleicher Filter-Steilheit benötigen die FIR-Filter im Vergleich zu den IIR-Filtern eine längere Rechenzeit.

Folgende Filtertypen stehen zur Verfügung:

Hochpaß

Unterdrückt alle Signale unterhalb der angegebenen Grenzfrequenz.

Tiefpaß

Unterdrückt alle Signale oberhalb der angegebenen Grenzfrequenz.

Bandpaß

Der markierte Bereich wird mit der anzugebenden unteren und oberen Grenzfrequenz bandpaßgefiltert. Alle Signalanteile unterhalb der unteren Grenzfrequenz f_{gu} und oberhalb der oberen Grenzfrequenz f_{go} werden unterdrückt.

Bandsperre

Alle Signalanteile zwischen der anzugebenden unteren (f_{gu}) und oberen Grenzfrequenz (f_{go}) werden innerhalb des markierten Bereichs unterdrückt.

Benutzerdefiniert

Hier kann ein benutzerdefinierter Frequenzgang für den FIR-Filterentwurf ausgewählt werden. Der gewünschte Frequenzgang muß zuvor in einer "*.flf"-Datei gespeichert worden sein. In dieser ASCII-Datei werden entsprechend des gewünschten Frequenzganges beliebig viele Koordinatenpaare [Frequenz in Hz] [Faktor] definiert. Die Frequenz wird in Hertz angegeben, während die Dämpfung ein Wert zwischen 0 und 1 ist. Die Erstellung dieser Datei kann vorteilhaft in einem Tabellenkalkulationsprogramm erfolgen, da hier eine einfache graphische Darstellung (X-Y-Diagramm) des definierten Datensatzes möglich ist.



Die ASCII-Datei zur Definition des Frequenzbereich-Filters hat den folgenden Aufbau (siehe auch die Beispieldatei demo.flf):

```
100 0,1
200 0,3
500 0,3
1000 0,3
2000 0,8
3000 1
3500 1
4000 0,1
6000 0
20000 0
```

Koeffizientenanzahl

Hier kann die Anzahl der FIR-Filterkoeffizienten (Taps) ausgewählt werden. Mit steigender Koeffizientenzahl wird eine höhere spektrale Selektivität erreicht, das heißt die Übergänge zwischen Durchlaß- und Sperrbereich werden schmaler. Damit verbunden ist jedoch auch eine längere Rechenzeit.

Fenstertyp

Die ermittelten FIR-Filterkoeffizienten werden mit den hier auswählbaren Zeitbewertungsfunktionen bewertet. Dadurch kann die Welligkeit des Frequenzgangs reduziert werden. Damit ist jedoch auch immer eine Verringerung der spektralen Selektivität verbunden.

Koeffizienten

Hier können benutzerdefinierte FIR-Koeffizientensätze ausgewählt werden, die zuvor in `*.FIR`-Dateien gespeichert wurden. Dies sind normale 16-Bit-Mono-Sounddateien im WAVE-Format, die anstelle von "WAV" die Erweiterung "FIR" aufweisen. Die maximale Werteanzahl dieser Dateien beträgt 2048. Die Koeffizienten eines FIR-Filters entsprechen der Impulsantwort des Filters. Deshalb kann eine `*.FIR`-Datei auch eine mit einer Soundkarte experimentell ermittelte Impulsantwort enthalten. Eventuell ist noch eine Umskalierung der so erstellten Datei nötig, um eine geeignete Verstärkung bzw. Dämpfung bei der Filterung zu erreichen. Der Faktor 1.0 entspricht dem Binärwert 32767 in der `*.FIR`-Datei. (Koeffizienten > 1 sind unzulässig.) Wenn die Koeffizienten mit einem anderen Filterentwurfsprogramm oder manuell ermittelt wurden und in einer ASCII-Datei abgespeichert sind, kann die Avisoft-SASLAB-Datenimport-Funktion (Datei/Import-Format) benutzt werden, um eine entsprechende WAVE-Datei zu erstellen. Nach dem Laden der Datei muß diese als `*.FIR`-Datei abgespeichert werden, damit sie in der Listbox "Koeffizienten" dieses Dialogs erscheint.

**Impulsantwort**

Diese Schaltfläche zeigt die Impulsantwort des eingestellten Filters in einem separaten Kurvenfenster.

Frequenzgang

Diese Schaltfläche zeigt den Frequenzgang des eingestellten Filters in einem separaten Kurvenfenster.

Die Grenzfrequenzen können auch sehr komfortabel mittels der Meßkursoren im Spektrogramm- bzw. im Kurvenfenster eingegeben werden. Dazu muß lediglich der Filterdialog geöffnet und die gewünschte Filterart ausgewählt werden. Parallel dazu wird der Cursor im Spektrogramm- bzw. Kurvenfenster an die gewünschte Filter-Grenzfrequenz bewegt. Dabei wird automatisch der jeweilige Cursor-Meßwert in den Filter-Dialog eingetragen.

Frequenzbereich-Transformation (FFT)

Dieser Menüpunkt erlaubt die Filterung von Teilen der geladenen WAVE-Datei im Frequenzbereich mittels FFT-Technik. Vor der Anwendung dieser Filter muß ein Abschnitt der Sounddatei markiert worden sein.

Folgende Funktionen stehen zur Verfügung:

Frequenzverschiebung

Der markierte Bereich wird um den angegebenen Betrag in der Frequenz verschoben. Positive Werte erhöhen die Frequenzlage, während negative Werte zu einer höheren Frequenzlage führen. Es ist zu beachten, daß es sich hierbei um eine additive Frequenzveränderung handelt. Eventuell im Signal vorhandene harmonische Oberwellen sind nach der Transformation nicht mehr Vielfache der Grundfrequenz!

Diese Funktion kann zum Beispiel bei Playback-Experimenten zur Untersuchung der Reaktionen auf Frequenzabweichungen dienen.

Hochpaß

Der markierte Bereich wird mit der anzugebenden unteren Grenzfrequenz hochpaßgefiltert. Alle Signalanteile unterhalb der unteren Grenzfrequenz f_{gu} werden unterdrückt.

Tiefpaß



Der markierte Bereich wird mit der anzugebenden oberen Grenzfrequenz tiefpaßgefiltert. Alle Signalanteile oberhalb der oberen Grenzfrequenz fgo werden unterdrückt.

Bandpaß

Der markierte Bereich wird mit der anzugebenden unteren und oberen Grenzfrequenz bandpaßgefiltert. Alle Signalanteile unterhalb der unteren Grenzfrequenz fgu und oberhalb der oberen Grenzfrequenz fgo werden unterdrückt.

Bandsperre

Alle Signalanteile zwischen der anzugebenden unteren (fgu) und oberen Grenzfrequenz (fgo) werden innerhalb des markierten Bereichs unterdrückt.

Benutzerdefiniert

Hier kann ein benutzerdefinierter Frequenzgang auf den markierten Bereich angewendet werden. Der gewünschte Frequenzgang muß zuvor in einer "*.flf"-Datei gespeichert worden sein. In dieser ASCII-Datei werden entsprechend des gewünschten Frequenzganges beliebig viele Koordinatenpaare [Frequenz in Hz] [Faktor] definiert. Die Frequenz wird in Hertz angegeben, während die Dämpfung ein Wert zwischen 0 und 1 ist. Die Erstellung dieser Datei kann vorteilhaft in einem Tabellenkalkulationsprogramm erfolgen, da hier eine einfache graphische Darstellung (X-Y-Diagramm) des definierten Datensatzes möglich ist.

Die ASCII-Datei zur Definition des Frequenzbereich-Filters hat den folgenden Aufbau (siehe auch die Beispieldatei demo.flf):

```
100    0,1
200    0,3
500    0,3
1000   0,3
2000   0,8
3000   1
3500   1
4000   0,1
6000   0
20000  0
```

Datei-Abtastfrequenz / Zeitdehnung ändern

Dieser Menüpunkt erlaubt das Editieren der in der Sounddatei gespeicherten Abtastfrequenz. Dadurch kann eine Sounddatei durch Festlegung der entsprechenden Abtastfrequenz schneller oder langsamer wiedergegeben werden.

Weiterhin kann ein Zeitdehnungsfaktor spezifiziert werden, der bei der Skalierung von Oszillogrammen, Spektren und Spektrogrammen berücksichtigt wird. Die sich aus der Datei-Abtastfrequenz und dem Zeitdehnungsfaktor ergebende resultierende Abtastfrequenz fr wird unten angezeigt. Insbesondere bei der Analyse von



Fledermaus-Rufen im Ultraschallbereich kann hier der entsprechende Transformationsfaktor des verwendeten Fledermausdetektors (mit Zeitdehnungsverfahren) oder des Hochgeschwindigkeitsrecorders eingetragen werden. Auf diese Weise wird eine korrekte Achsenskalierung der Spektrogramme erreicht.

Abtastfrequenz-Konvertierung

Dieser Menüpunkt erlaubt die Veränderung der Abtastfrequenz der Sounddatei. Im Gegensatz zur Funktion Datei-Abtastfrequenz, wird hier eine Nachabtastung der Sounddaten durchgeführt, wodurch die Tonhöhe der in der Datei gespeicherten Signale unverändert bleibt. Es ist zu beachten, daß nicht alle in der Auswahlbox „zu“ auswählbaren Abtastfrequenzen von der Soundkarte bei der Wiedergabe korrekt wiedergegeben werden können. Es ist sowohl Unter- als auch Überabtastung möglich, wobei auch jede beliebige, nicht in der Lisbox aufgeführte Abtastfrequenz eingegeben werden kann. Beim Unterabtasten (Reduzierung der Abtastfrequenz) kann durch die Optionsbox „Antialiasing-Filterung“ festgelegt werden, ob eine entsprechende Tiefpaßfilterung vor dem Nachabtasten durchgeführt werden soll. Dies ist immer dann nötig, wenn oberhalb der halben gewünschten Abtastfrequenz irgendwelche Signale vorhanden sind. Die Auswahlbox „Genauigkeit“ bestimmt die Qualität der Abtastfrequenz-Konvertierung. Kleine Werte bewirken eine schnelle Ausführung der Operation, können aber gewisse Verzerrungen hervorrufen. Große Werte liefern eine bessere Qualität bei geringerer Ausführungsgeschwindigkeit. Immer wenn der Genauigkeitswert verändert wurde (und beim ersten Start der Funktion), wird eine zusätzliche, einige Sekunden dauernde Vorbereitungsphase eingefügt.

Die Ausführungsgeschwindigkeit der Unterabtastung ist vom Verhältnis der gewünschten zur momentanen Abtastfrequenz abhängig. Wenn dieses Verhältnis durch eine Ganze Zahl ausgedrückt werden kann (z.B. Konvertierung von 44,1 zu 22,05 kHz), wird nur sehr wenig Zeit benötigt. In allen anderen Fällen wird eine etwas länger dauernde spezielle Prozedur ausgeführt.

Werkzeuge

Markierung aufheben

Die momentane Bereichs-Markierung der geladenen Sounddatei wird aufgehoben.

Zoom

Nach dem Laden einer Sound-Datei oder der abgeschlossenen Datenaufzeichnung wird zunächst die gesamte Datei innerhalb des Fensters als Hüllkurve bzw. Übersichts-Spektrogramm dargestellt. Um einen Teilbereich der Datei vergrößert



darzustellen, kann dieser Menüpunkt verwendet werden. Nach Aktivierung des Menüpunktes verwandelt sich der Cursor in einen senkrecht nach oben zeigenden Pfeil. Jetzt kann ähnlich wie beim Markieren eines Bereichs der zu vergrößernde Abschnitt der Datei durch Anklicken des Anfangspunktes und Ziehen bei gedrückter Maustaste ausgewählt werden. Nach dem Loslassen der linken Maustaste wird der eben markierte Bereich über das gesamte Fenster dargestellt. Alternativ kann zunächst ein Bereich markiert werden, der anschließend durch einen Doppelklick innerhalb dieses Bereichs vergrößert dargestellt wird. Der nun sichtbare Teilbereich kann durch Betätigung der horizontalen Bildlaufleiste am unteren Fensterrand verschoben werden.

Rezoom

Mittels dieser Funktion wird nach erfolgter Zoom-Einstellung wieder die gesamte Sounddatei im Hauptfenster dargestellt.

Zoom Vorher

Diese Funktion schaltet zur jeweils vorherigen Ansicht der Sounddatei zurück.

Markierungsdauer setzen

Dieser Menüpunkt erlaubt das manuelle Setzen der Länge der Markierung im Hauptfenster. Die Länge wird im Eingabefeld "dt" in Sekunden eingetragen. Diese Option sollte immer dann benutzt werden, wenn eine genau definierte Länge der Markierung erforderlich ist, um beispielsweise mehrere Spektrogramme mit einer exakt übereinstimmenden Länge zu erstellen.

Meßwerte (t1, t2) kopieren

Kopiert die Zeit-Meßwerte t1 und t2 des Markers in die Zwischenablage und bei entsprechender Parametrierung im Menüpunkt *Werkzeuge/DDE-Parameter / Log-Datei* (siehe Seite 53) zusätzlich per DDE (Dynamic Data Exchange) in andere Anwendungen bzw. in eine ASCII-Datei. Alternativ kann das Kopieren durch Anklicken des Anzeigefeldes oben rechts im Hauptfenster veranlaßt werden.

DDE-Parameter / Log-Datei...

Siehe Seite 53.

Kalibrierung



Bei der Datenaufzeichnung über eine Soundkarte ist zunächst keine absolute Spannungs- oder Schallpegelmessung möglich. Je nach eingestelltem Aufnahmepegel (Verstärkung) ergeben sich unterschiedliche, zunächst undefinierte Meßbereiche, da die jeweilige Verstärkung der Soundkarte unbekannt ist. Für die meisten Anwendungen ist auch keine Information über absolute Amplitudenwerte nötig, da es ausreichend ist, die relativen Änderungen der Amplitude zu beschreiben.

Falls dennoch absolute Messungen notwendig sind, können auch mit einer einfachen Soundkarte durch Vergleich mit einem bekannten Referenzsignal absolute Messungen durchgeführt werden. Voraussetzung ist allerdings, daß die verwendete Soundkarte keine automatische Aussteuerungsregelung durchführt. Dies würde eine entsprechende Kalibrierung unmöglich machen.

Ablauf der Kalibrierung

Zunächst wird das bekannte Referenzsignal, eine kalibrierte Schallquelle oder eine definierte Sinusspannung, über die Soundkarte aufgezeichnet. Dabei ist eine Aufnahmedauer von einigen Sekunden ausreichend. Der Aufnahmepegel sollte so gewählt werden, daß die später zu analysierenden Signale ohne Übersteuerung aufgezeichnet werden können. Nach Aufnahme des Referenzsignals kann ein repräsentativer Ausschnitt markiert werden. Anschließend erfolgt im Menüpunkt "Werkzeuge/Kalibrierung..." die Kalibrierung. In der Auswahlliste "Einheit" wird zunächst die Einheit des Referenzsignals bzw. des Meßbereichs ausgewählt. Bei Schallpegelmessungen sollten hier die Einheiten dB oder Pa verwendet werden. Die Einheit dB wird als relativer Schallpegel bezüglich $20\mu\text{Pa}$ verstanden. Im Eingabefeld "Referenz" ist der Wert des Referenzsignals in der im Feld "Einheit" gewählten Einheit anzugeben. In der darunter befindlichen Auswahlliste "Referenz-Art" wird angegeben, wie der Referenz-Wert gemessen wurde. Zur Auswahl stehen:

A_p : Peak (Spitzenwert),

A_{pp} : Peak to Peak-(2*Spitzenwert)

A_{rms} : Root mean square (Effektivwert),

für Sinusspannungen gilt $A_{rms} = A_p/1.41$

Bei Schallpegelmessungen in dB ist der Referenzwert meist der Effektivwert des Schallsignals (A_{rms}). Bei Referenzspannungen ist es der Spitzenwert.

Nach Spezifikation des Referenzsignals wird mittels der Schaltfläche "Kalibrieren" der momentane Meßbereich ermittelt und im Eingabefeld "Meßbereich" angezeigt. Damit



ist die Soundkarte für die momentan eingestellte Aussteuerung kalibriert. Wenn die Aussteuerung (Verstärkung) verändert wird, muß eine erneute Kalibrierung erfolgen.

Stapelverarbeitung

Zur Automatisierung der gleichartigen Bearbeitung mehrerer Sounddateien in einem Arbeitsgang stehen folgende Funktionen zur Verfügung:

Mehrzeiliges Spektrogramm drucken

Aus jeder Sounddatei wird ein Spektrogramm berechnet, das anschließend seitenfüllend ausgedruckt wird.

Einzeiliges Spektrogramm drucken

Aus jeder Sounddatei wird ein Spektrogramm berechnet, das anschließend einzeilig ausgedruckt wird.

Mehrzeiliges Spektrogramm sichern

Aus jeder Sounddatei wird ein Spektrogramm berechnet, das anschließend als Graphikdatei gespeichert wird. Die Dateinamen dieser Graphikdateien werden aus den Dateinamen der Sounddateien gebildet, wobei lediglich die Erweiterung (aus .WAV wird .WMF, .TIF bzw. .BMP) ersetzt wird.

Einzeiliges Spektrogramm sichern

Aus einer Sounddatei wird ein Spektrogramm berechnet, das anschließend als Graphikdatei gespeichert wird. Die Dateinamen dieser Graphikdateien werden aus den Dateinamen der Sounddateien gebildet, wobei lediglich die Erweiterung (aus .WAV wird .WMF, .TIF bzw. .BMP) ersetzt wird.

IIR-Filter

Jede Sounddatei wird entsprechend der Parameter, die im Menüpunkt „Bearbeiten“/„IIR-Zeitsignal-Filter“ eingestellt sind, gefiltert. Das Ergebnis der Filterung wird unter dem gleichen Dateinamen abgespeichert.

FIR-Filter

Jede Sounddatei wird entsprechend der Parameter, die im Menüpunkt „Bearbeiten“/„FIR-Zeitsignal-Filter“ eingestellt sind, gefiltert. Das Ergebnis der Filterung wird unter dem gleichen Dateinamen abgespeichert.

Eindimensionale Transformation drucken



Aus einer Sounddatei wird die im Menüpunkt „Analyse“/„Eindimensionale Transformation“ ausgewählte Funktion berechnet und das Ergebnis als WMF-Graphikdatei gespeichert. Die Dateinamen dieser Graphikdateien werden aus den Dateinamen der Sounddateien gebildet, wobei lediglich die Erweiterung (aus .WAV wird .WMF) ersetzt wird.

ASCII/Binär-Spektrogramm sichern

Aus einer Sounddatei wird ein Spektrogramm berechnet, das anschließend als ASCII- oder Binärdatei gespeichert wird. Die Dateinamen dieser Dateien werden aus den Dateinamen der Sounddateien gebildet, wobei lediglich die Erweiterung (aus .WAV wird .TXT bzw. .SON) ersetzt wird.

Bei all diesen Funktionen werden jeweils die zuvor in den zugehörigen Dialogboxen interaktiv eingestellten Parameter benutzt.

Dateien

Mit der Schaltfläche „Dateien“ werden zunächst die zu bearbeitenden Sounddateien ausgewählt. Im Öffnen-Dialog können durch Drücken der „Strg“-Taste mehrere Dateien selektiert werden. Die momentan selektierten Dateien werden in der Stapelverarbeitungs-Dialogbox angezeigt.

Start

Die Stapelbearbeitung wird durch die Schaltfläche „Start“ gestartet.



Das Spektrogramm-Fenster

Wenn der Meßbereich auf andere Weise bestimmt wurde oder bereits bekannt ist, kann der entsprechende Wert direkt im Eingabefeld "Meßbereich" angegeben werden. Dies kann der Fall sein, wenn die Aufzeichnung nicht mit einer normalen Soundkarte, sondern mit einer kalibrierten Meßkarte erfolgte und die Meßdaten als ASCII- oder Binär-Datei importiert wurden.

Datei

Spektrogramm drucken

Das momentan im Spektrogramm-Fenster sichtbare Spektrogramm wird direkt auf dem Drucker ausgegeben. Der Ausdruck erfolgt im Querformat, wobei das gesamte Blattformat ausgenutzt wird. Soll dagegen das gesamte Spektrogramm gedruckt werden, sollte der Menüpunkt "Datei/Spektrogramm drucken/mehrzeilig (gesamtes Spektrogramm)..." benutzt werden.

Wenn eine größere Flexibilität der Spektrogrammausgabe gewünscht wird, sollte eine der folgenden Funktionen benutzt werden. Nach dem Einfügen in andere Anwendungen kann die Größe und das Seitenverhältnis der Spektrogrammbilder verändert werden, Bildunterschriften eingefügt werden sowie mehrere Spektrogramme auf eine Seite plaziert werden. Der Abschnitt *Spektrogrammausgabe* auf Seite 63 enthält weitere Hinweise zur Erstellung hochwertiger Spektrogrammausdrucke.

Spektrogramm sichern Spektrogramm

Das im Spektrogramm-Fenster sichtbare Spektrogramm wird als WMF-, BMP- oder TIFF-Grafikdatei abgespeichert. Falls ein Bereich markiert ist, wird nur dieser Teil des Spektrogramms gespeichert. Dabei werden die im Menüpunkt "Export-Parameter..." eingestellten Parameter zugrundegelegt. Das WMF-Format (Windows-Metafile) sollte immer bevorzugt werden, da nur dieses Format eine nachträgliche Skalierung der Spektrogrammbilder ohne Qualitätsverlust der Beschriftung erlaubt. Die Ziffern werden dabei als TrueType-Fonts gespeichert, was eine hochwertige publikationsreife Spektrogrammausgabe ermöglicht. Der Abschnitt *Spektrogrammausgabe* auf Seite 63 enthält weitere Hinweise zur Erstellung hochwertiger Spektrogrammausdrucke.

Spektrogramm kopieren



Das im Spektrogramm-Fenster sichtbare Spektrogramm wird in die Zwischenablage kopiert. Falls ein Bereich markiert ist, wird nur dieser Teil des Spektrogramms kopiert. Dabei werden die im Menüpunkt "Export-Parameter..." eingestellten Parameter zugrundegelegt.

Beim Ausdrucken von Schwarz-Weiß-Spektrogrammen unter Beibehaltung des ursprünglichen Seitenverhältnisses stört oft die geringe zeitliche Auflösung der Spektrogramme, die sich durch eine auffällige Rasterung des Spektrogrammbildes bemerkbar macht. Um diesen Mangel zu beseitigen, kann das Spektrogramm mit größerer Überlappung (siehe Spektrogramm-Parameter) erstellt werden. Dadurch wird das Spektrogramm entsprechend länger. Mit der Option "gesamtes Spektrogramm kopieren" kann dieses breite Spektrogramm komplett kopiert werden. Nach dem Einfügen in das Text- oder Grafikprogramm erscheint das Spektrogramm aufgrund seiner Länge dann sehr schmal. Diesem Effekt kann durch Vergrößerung der Bildhöhe entgegengewirkt werden. Dadurch wird zwar das ursprüngliche Seitenverhältnis des Spektrogrammbildes verändert, was bei Verwendung des Metafileformats (WMF) jedoch keine Verzerrung der Beschriftung zur Folge hat. Eventuell werden dabei die Teilstriche der Frequenzachse und die Abstände der Teilstriche der Zeitachse mit den Skalenwerten verkürzt. Dieser Stauchung kann durch eine entsprechende Anpassung der Exportparameter (Teilstrichabstand, minimaler Teilungsabstand) entgegengewirkt werden. Der Abschnitt *Spektrogrammausgabe* auf Seite 63 enthält weitere Hinweise zur Erstellung hochwertiger Spektrogrammausdrucke.

gesamtes Spektrogramm sichern Spektrogramm

Das gesamte Spektrogramm (nicht nur der im Fenster sichtbare Bereich) wird als BMP-, TIFF- oder WMF- Grafikdatei abgespeichert. Dabei werden die aktuellen Export-Parameter zugrundegelegt. Das WMF-Format (Windows-Metafile) sollte immer bevorzugt werden, da nur dieses Format eine nachträgliche Skalierung der Spektrogrammbilder ohne Qualitätsverlust der Beschriftung erlaubt. Die Ziffern werden dabei als TrueType-Fonts gespeichert, was eine hochwertige publikationsreife Spektrogrammausgabe ermöglicht. Der Abschnitt *Spektrogrammausgabe* auf Seite 63 enthält weitere Hinweise zur Erstellung hochwertiger Spektrogrammausdrucke.

gesamtes Spektrogramm kopieren

Das gesamte Spektrogramm (nicht nur der im Fenster sichtbare Bereich) wird in die Zwischenablage kopiert. Dabei werden die aktuellen Export-Parameter zugrundegelegt. Das Spektrogramm wird im Windows-Metafileformat (WMF) und im Bitmapformat (DIB, BMP) abgelegt.



Beim Ausdrucken von Schwarz-Weiß-Spektrogrammen unter Beibehaltung des ursprünglichen Seitenverhältnisses stört oft die geringe zeitliche Auflösung der Spektrogramme, die sich durch eine auffällige Rasterung des Spektrogrammbildes bemerkbar macht. Um diesen Mangel zu beseitigen, kann das Spektrogramm mit größerer Überlappung (siehe Spektrogramm-Parameter) erstellt werden. Dadurch wird das Spektrogramm entsprechend länger. Mit der Option "gesamtes Spektrogramm kopieren" kann dieses breite Spektrogramm komplett kopiert werden. Nach dem Einfügen in das Text- oder Grafikprogramm erscheint das Spektrogramm aufgrund seiner Länge dann sehr schmal. Diesem Effekt kann durch Vergrößerung der Bildhöhe entgegengewirkt werden.

Dadurch wird zwar das ursprüngliche Seitenverhältnis des Spektrogrammbildes verändert, was bei Verwendung des Metafileformats (WMF) jedoch keine Verzerrung der Beschriftung zur Folge hat. Eventuell werden dabei die Teilstriche der Frequenzachse und die Abstände der Teilstriche der Zeitachse mit den Skalenwerten verkürzt. Dieser Stauchung kann durch eine entsprechende Anpassung der Exportparameter (Teilstrichabstand, minimaler Teilungsabstand) entgegengewirkt werden. Der Abschnitt *Spektrogrammausgabe* auf Seite 63 enthält weitere Hinweise zur Erstellung hochwertiger Spektrogrammausdrucke.

Export-Parameter

Bei der Ausgabe der Spektrogramme als Grafikdatei über den Menüpunkt "Datei/Sichern" oder beim Kopieren der Spektrogramme in die WINDOWS-Zwischenablage können verschiedene Eigenschaften der Spektrogramm-Darstellung beeinflußt werden. Dies geschieht über den Menüpunkt "Darstellung/Export-Parameter". Folgende Eigenschaften sind über Kontrollkästchen einstellbar:

Frequenzachsenbeschriftung

Beschriftung anzeigen: Aktiviert die Anzeige der Frequenzachsenbeschriftung.

Bereichsgrenzen darstellen: Die Null auf der Frequenzachse wird angezeigt.

Einheit [kHz] anzeigen: Die Einheit der Frequenzachse wird dargestellt.

Teilstrichlänge: Relative Länge der Teilstriche der Frequenzachse in Prozent der Standardlänge. Dieser Wert sollte entsprechend der Veränderung des Seitenverhältnisses erhöht werden, wenn sehr lange Spektrogramme erzeugt werden sollen, die vor dem Ausdruck in horizontaler Richtung gestaucht werden sollen, da die Teilstriche sonst zu kurz dargestellt würden. (gilt nur für das Metafileformat)

Minimaler Teilungsabstand: Relativer Minimalabstand zwischen den einzelnen Teilstrichen der Frequenzachse in Prozent des Standardabstandes.

Frequenzbereich von ... bis ... kHz: Der normale Frequenzbereich des Spektrogramms von null bis zur halben Abtastfrequenz der zugrundeliegenden Sounddatei kann durch diese Bereichsangaben eingeschränkt werden.



Zeitachsenbeschriftung

Beschriftung anzeigen: Aktiviert die Anzeige der Zeitachsenbeschriftung.

absolute Zeitachse: Wenn diese Option aktiviert wurde, entspricht die Zeitachse im exportierten Spektrogramm der im Spektrogramm-Fenster vorhandenen Zeitachse, auch wenn nur der markierte Teil des Spektrogramms ausgegeben wird. Andernfalls beginnt das exportierte Spektrogramm immer mit der Zeit Null.

Einheit [s] anzeigen: Die Einheit der Zeitachse wird dargestellt.

Teilstrichlänge: Relative Länge der Teilstriche der Zeitachseachse in Prozent der Standardlänge. (gilt nur für das Metafileformat)

Minimaler Teilungsabstand: Relativer Minimalabstand zwischen den einzelnen Teilstrichen der Zeitachse in Prozent der Standardabstandes. Wenn sehr lange Spektrogramme erzeugt werden, die vor dem Ausdruck in horizontaler Richtung gestaucht werden, sollte dieser Wert entsprechend der Veränderung des Seitenverhältnisses erhöht werden, da sich sonst die Abstände zwischen den Teilstrichen und deren Beschriftung verkürzen würden.

Schriftgröße: Relative Schriftgröße in Prozent der Standardgröße.

Linienstärke: Relative Linienbreite des Spektrogrammrahmens und der Skalenteilstriche in Prozent der Standardbreite.

Skalierung beim Drucken

automatisch: Die Spektrogrammgröße wird automatisch gewählt, wobei stets die gesamte Druckseite ausgenutzt wird. Daraus ergibt sich, daß verschieden lange Spektrogramme unterschiedlich groß ausgedruckt werden.

max. Zeilenanzahl pro Seite: Wenn ein Spektrogramm ganzseitig gedruckt wird (Menüpunkt „Datei“/„gesamtes Spektrogramm drucken“/„mehrzeilig“) und die Option **automatisch** gewählt wurde, begrenzt der hier angegebene Wert die Anzahl der pro Seite gedruckten Spektrogrammzeilen. In Abhängigkeit dieses Wertes und der Spektrogrammlänge wird das Spektrogramm eventuell über mehrere Seiten verteilt.

statisch: Die Spektrogrammgröße wird unabhängig von der Spektrogrammlänge durch die in Millimetern vorgegebene **Spektrogramm-Höhe** bestimmt. In Abhängigkeit der Spektrogrammlänge wird ein Spektrogramm gegebenenfalls auf mehrere Seiten verteilt.

Voreinst.: Diese Schaltfläche stellt alle Parameter auf ihre Standardwerte zurück.

Meßwert kopieren



Der zuletzt mit einem Meßkursor ermittelte Meßwert wird im ASCII-Format in die Zwischenablage kopiert. Bei entsprechender Parametrierung im Menüpunkt "Datei/DDE-Parameter, Log-Datei" können die Meßwerte zusätzlich per DDE (Dynamic Data Exchange) automatisch in andere Anwendungen transferiert oder in eine Textdatei geschrieben werden.

DDE-Parameter / Log-Datei

In diesem Dialog kann festgelegt werden, ob die Meßwerte beim Kopieren in die Zwischenablage zusätzlich auch per DDE (Dynamic Data Exchange) in andere Windows-Applikationen transferiert werden oder in eine Log-Datei geschrieben werden sollen.

DDE-Datenübertragung aktivieren

Wenn diese Option aktiv ist, werden die Meßwerte beim Kopieren in die Zwischenablage auch automatisch in die spezifizierte DDE-fähige Windows-Applikation transferiert. Besonders effektiv gestaltet sich der Datentransfer in ein Tabellenkalkulationsprogramm wie zum Beispiel Excel. Hier können automatisch ohne weitere Aktivitäten seitens des Benutzers ganze Meßwerttabellen erzeugt werden.

Applikation (Application)

Name der Windows-Applikation, die die Daten empfangen soll (zum Beispiel "Excel").

Thema (Topic)

Name des Fensters bzw. der Datei, der die Daten zugeordnet werden sollen (zum Beispiel "Tab1" bei Excel).

Name (Item)

Datenelement, zu dem die Daten gesendet werden sollen (zum Beispiel "Z1S1" - Zeile 1, Spalte 1- bei Excel)

Beim Datentransfer nach Excel sollte hier die Zellenadresse angegeben werden, an die der erste Datenrekord gesendet werden soll. In Excel wird die Zellenadresse in der Form "ZyySxx" angegeben, wobei "yy" der Zeilennummer und "xx" der Spaltennummer entspricht. "Z2S1" bezeichnet also beispielsweise die Zelle in der zweiten Zeile in der ersten Spalte.

neue Zeile nach x Records



Beim Datentransfer nach Excel sollte hier angegeben werden, wieviele Datenrecords jeweils in einer Zeile abgelegt werden sollen. Nach jeweils x Records wird zur nächsten Zeile weiterschaltet. Auf diese Weise kann automatisch eine individuelle Meßwerttabelle erstellt werden. Besteht zum Beispiel die Aufgabe, bei einer großen Anzahl verschiedener Strophen jeweils die Anfangs- und End-Koordinaten eines charakteristischen Gesangelements statistisch auszuwerten, kann folgendermaßen vorgegangen werden:

- Fadenkreuzkursor im Spektrogramm-Fenster aktivieren (siehe Seite 61)
- DDE-Datenübertragung aktivieren, Anfangszellenadresse Z1S1 vorgeben, neue Zeile nach 2 Records einstellen.
- Excel oder anderes Windows-Tabellenkalkulationsprogramm starten
- Nacheinander Anfangs- und Endpunkte der zu untersuchenden Elemente der ersten Strophe anklicken. Dabei werden automatisch die Koordinaten (Zeit, Frequenz, Amplitude) in den Excel-Zellen Z1S1 bis Z1S6 abgelegt. Die Meßwerte der nächsten Strophe werden dann in den Zellen Z2S1 bis Z2S6 abgelegt. Eventuell notwendige Kommentare könnten manuell in Spalte 7 hinter den jeweiligen Datensätzen eingetragen werden.

Voraussetzung für die sequentielle Weiterschaltung der Zellenadressen ist die korrekte Angabe der Anfangszellenadresse unter "Name" entsprechend der obigen Beschreibung.

Im Eingabefeld "neue Zeile nach X Records" sollte eine Null eingetragen werden, wenn keine automatische Weiterschaltung gewünscht wird.

Meßwerte in Log-Datei schreiben

Wenn diese Option aktiv ist, werden die Meßwerte beim Kopieren in die Zwischenablage auch automatisch in die spezifizierte ASCII-Datei geschrieben. Dabei wird für jeden Datenrecord eine neue Zeile angelegt.

Dateiname

Hier wird der Name der ASCII-Datei zur Abspeicherung der Meßdaten festgelegt. Der Name wird ohne Pfadname erwartet, da sämtliche Dateien im Avisoft-SASLab Verzeichnis (SASLAB) abgelegt werden.

Kommentar

Mittels dieses Eingabefeldes können Textkommentare in die Log-Datei eingefügt werden, die jeweils in einer neuen Zeile abgespeichert werden.

Weitere Informationen zum Meßwertexport sind auf Seite 62 zu finden.



Spektrum kopieren

Das links neben dem Spektrogramm sichtbare mittlere (oder einzelne) Spektrum (aktivierbar im Menüpunkt "Darstellung"/"Zusatzinformationen...") wird im ASCII-Format in die Zwischenablage kopiert. Die Amplitudenwerte der einzelnen Frequenzlinien werden bezüglich der maximalen Amplitude des gesamten Spektrums auf den Wert eins normiert. Die einzelnen Werte sind durch Tabulatoren voneinander getrennt. Am Ende der Zahlenfolge wird der Frequenzabstand zwischen den Amplitudenwerten in der Einheit Hertz ausgegeben. Dahinter folgen noch die Zeichen Carriage Return und Line Feed (CR/LF). Damit können diese Daten zum Beispiel direkt in ein Tabellenkalkulationsprogramm wie MS-Excel transferiert und dort statistisch ausgewertet werden.

ASCII-Spektrogramm kopieren

Das im Spektrogramm-Fenster sichtbare Spektrogramm wird im ASCII-Format in die Zwischenablage kopiert. Falls ein Bereich markiert ist, wird nur dieser Teil des Spektrogramms kopiert. Beachten Sie, daß größere ASCII-Spektrogramme in manchen Anwendungen nicht über die Zwischenablage eingefügt werden können. In diesem Fall kann die Funktion "ASCII-Spektrogramm sichern" benutzt werden.

ASCII-Spektrogramm sichern

Das im Spektrogramm-Fenster sichtbare Spektrogramm wird als ASCII-Grafikdatei abgespeichert. Falls ein Bereich markiert ist, wird nur dieser Teil des Spektrogramms gespeichert.

ASCII-Frequenzverlauf kopieren

Falls im Spektrogramm Zusatzinformationen (Maximum, Schwerpunkt, Quartile) aktiviert sind, kann mit dieser Funktion der Frequenzverlauf im ASCII-Format in die Zwischenablage kopiert werden. Dabei wird jedem Frequenzwert die zugehörige Zeit in Sekunden vorangestellt. Die Frequenzangabe ist in Hertz. Diese Darstellungsart erlaubt in Tabellenkalkulationsprogrammen die Erstellung eines XY-Diagramms. Falls ein Bereich markiert ist, wird nur dieser Teil des Frequenzverlaufs kopiert.

Amplitudenverlauf in Kurvenfenster kopieren

Wenn über dem Spektrogramm der Amplitudenverlauf einer einzelnen Frequenz oder eines Frequenzintervalls (Aktivierbar unter "Darstellung/Zusatzinformationen") dargestellt wird, kann dieser Amplitudenverlauf in ein separates Kurvenfenster kopiert werden. (siehe Seite 65) Das Kopieren kann auch durch Doppelklick auf den



Amplitudenverlauf veranlaßt werden. Falls die Option "Leistungsspektrum" (siehe unten) aktiv ist, wird anstelle des Amplitudenverlaufs (Skalierung in V oder Pa) der Leistungsverlauf (Skalierung in dB) kopiert.

Spektrum in Kurvenfenster kopieren

Wenn links neben dem Spektrogramm ein einzelnes oder mittleres Spektrum (Aktivierbar unter "Darstellung/Zusatzinformationen") dargestellt wird, kann dieses Spektrum in ein separates Kurvenfenster kopiert werden. (siehe Seite 65) Das Kopieren kann auch durch Doppelklick auf das Spektrum veranlaßt werden. Falls die Option "Leistungsspektrum" (siehe unten) aktiv ist, wird anstelle des Amplitudenspektrums (Skalierung in V oder Pa) das Leistungsspektrum (Skalierung in dB) kopiert.

Mittleres Spektrum des gesamten Spektrogramms

Das mittlere Spektrum des gesamten Spektrogramms (nicht nur des sichtbaren Bereichs) wird in einem separaten Kurvenfenster dargestellt.

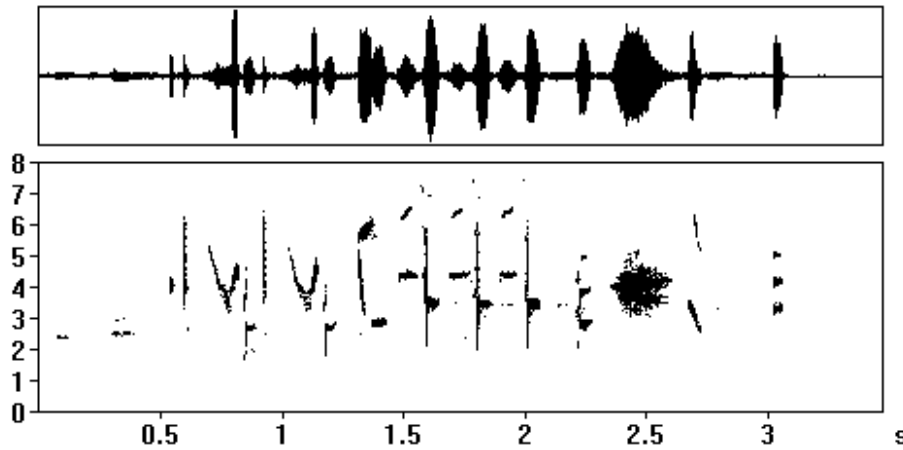
Leistungsspektrum

Wenn die Option "Leistungsspektrum" aktiv ist, wird bei den beiden obigen Funktionen anstelle des Amplitudenspektrums (Skalierung in V oder Pa) das Leistungsspektrum (Skalierung in dB) kopiert.

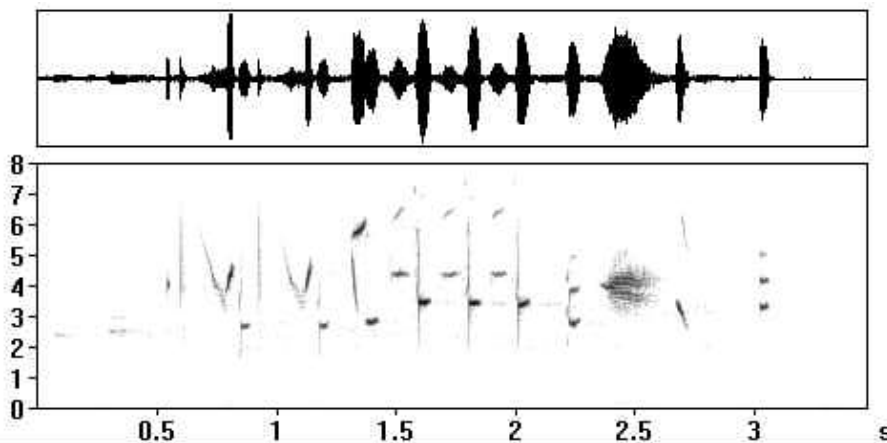
Darstellung

Darstellungs-Parameter

Dieser Menüpunkt dient der Auswahl der Darstellungsparameter des Spektrogramms. Hier kann zunächst zwischen Schwarz/Weiß- und Farbdarstellung ausgewählt werden. Bei S/W-Darstellung kann der Schwellwert zur Binarisierung des Spektrogramms mittels der Bildlaufleiste oder über das damit verbundene Zahlen-Eingabefeld festgelegt werden. Bei der Farbdarstellung kann zwischen verschiedenen Farbpaletten und Gradations-Kennlinien ausgewählt werden. Bei der Farbdarstellung steuert die Bildlaufleiste die Skalierung der Gradationskurve. Die Veränderung dieses Wertes steuert also die Schwärzung des Spektrogrammbildes. Die Betätigung des Schaltknopfes "Übernehmen" läßt die vorgenommenen Änderungen im Spektrogramm wirksam werden.



Schwarz/Weiß-Darstellung



Farb-Darstellung

Gitter

Ein Gitternetz wird innerhalb des Spektrogramms ein- bzw. ausgeschaltet.

untere Grenzfrequenz

Oft sind bei Freilandaufnahmen tieffrequente Störsignale (Windgeräusche) im Signal vorhanden, die im Spektrogramm unterhalb des interessierenden Nutzsignals liegen. Zur Unterdrückung dieser Störsignale in der Spektrogramm-Darstellung kann hier die entsprechende untere Grenzfrequenz, unterhalb derer kein Nutzsignal vorhanden ist, angegeben werden. Diese Einstellung verändert nicht das zugrundeliegende Zeitsignal, sondern blendet nur optisch die tiefen Frequenzen innerhalb des Spektrogramms aus. Eine Unterdrückung der tiefen Frequenzen auch im Zeitbereich kann mit der Funktion "Bearbeiten"/"Zeitsignal-Filter" erreicht werden.



Zusatzinformationen

Neben dem eigentlichen Spektrogramm können verschiedene weitere Informationen im Spektrogramm-Fenster sichtbar gemacht werden. Diese Zusatzinformationen sind in Angaben längs der Zeitachse, Angaben längs der Frequenzachse und Informationen innerhalb des Spektrogramms gegliedert:

Zeitachse

Hüllkurve: Die Hüllkurve des Signals wird oberhalb des Spektrogramms angezeigt,

einzelne Frequenz: Der Amplitudenverlauf einer einzelnen Frequenz, die durch einen freien Frequenzkursor festgelegt wurde, wird oberhalb des Spektrogramms angezeigt.

Frequenzintervall: Der Amplitudenverlauf des Frequenzintervalls, das durch zwei freie Frequenzkursoren festgelegt bestimmt wurde, wird oberhalb des Spektrogramms angezeigt.

ohne: Entlang der Zeitachse wird keine Zusatzinformation angezeigt.

Frequenzachse

einzelnes Spektrum: Das Spektrum bei dem zuletzt markierten Zeitpunkt wird angezeigt (=linker Rand des markierten Bereichs),

mittleres Spektrum: Das mittlere Spektrum des markierten Bereichs wird angezeigt.

ohne: Entlang der Frequenzachse wird keine Zusatzinformation angezeigt.

In den Kontrollkästchen "normiert" kann jeweils festgelegt werden, ob die Zusatzinformationen (Hüllkurven, Spektren) bezüglich ihrer Maxima normiert werden sollen. Dadurch kann der zur Verfügung stehende Darstellungsbereich jeweils optimal ausgenutzt werden. Bei nicht aktiver normierter Darstellung wird der im Feld "Skalierung" angegebene Referenzwert zur Festlegung der Skalierung herangezogen. Der Wertebereich dieses Wertes reicht von 0,1 bis 100. Der Wert 100 entspricht dabei der maximalen Amplitude.

Spektrogramm

Maximum: Zu jedem Zeitpunkt werden die Maxima der Momentanspektren bestimmt und durch Linien miteinander verbunden.

Schwerpunkt (50%): Zu jedem Zeitpunkt werden die Schwerpunkte (mittlere Frequenzen) der Momentanspektren bestimmt und durch Linien miteinander verbunden. Diese Darstellungsart kann vorteilhaft zur Visualisierung von geräuschhaften Signalen benutzt werden.

Quartile (25%, 50%, 75%): Zu jedem Zeitpunkt werden die Quartile der Momentanspektren bestimmt und jeweils durch Linien miteinander verbunden. Dazu



wird jedes einzelne Amplitudenspektrum integriert und in vier gleich große Teile zerlegt. Die drei Frequenzen, die das Integral des Spektrums in vier gleiche Teile zerlegen, werden als Quartile bezeichnet und dienen zur objektiven Beurteilung der Energieverteilung innerhalb des Spektrums. Diese Darstellungsart kann vorteilhaft zur Visualisierung von geräuschhaften Signalen benutzt werden. Die Abstände zwischen unterem (25%) und oberem Quartil (75%) sind ein Maß für die Klangreinheit des Signals zu einem bestimmten Zeitpunkt. Die Aussagekraft der Quartil-Darstellung kann mitunter erhöht werden, wenn das Spektrogramm zuvor gemittelt wurde. (Menüpunkt *Werkzeuge/Bildfilter: Mittelwert*)

Die Linien der Zusatzinformationen Maximum, Schwerpunkt und Quartile werden nur an den Stellen gezeichnet, wo die Maxima der Momentanspektren einen bestimmten Schwellwert überschreiten. Dieser Schwellwert ist an den Schwellwert bzw. den Helligkeitswert des Spektrogramms gebunden, der im Dialog *Darstellung/Darstellungsparameter* mittels der Bildlaufleiste variiert werden kann.

ohne: Innerhalb des Spektrogramms wird keine Zusatzinformation angezeigt.

Spektrogramm ausblenden: Wenn diese Option aktiviert ist, wird das Spektrogramm selbst nicht dargestellt. Dies hat den Vorteil, daß die Zusatzinformationen *Maximum*, *Schwerpunkt* und *Quartile* übersichtlicher dargestellt werden können.

Farbpalette erstellen

Die zur Spektrogramm-Darstellung bereits mitgelieferten Farbpaletten können mittels dieser Funktion verändert oder erweitert werden.

In der erscheinenden Dialogbox sind in den 16 Feldern "Selbstdefinierte Farben" zunächst die aktuellen Palettenfarben sichtbar. Durch Markieren eines dieser Felder mit der Maus und anschließende Farbdefinition im rechten Teil der Dialogbox kann diese selektierte Farbe verändert werden. Nach Beendigung der Farbdefinition ist zu entscheiden, ob diese neue Farbpalette in einer neuen oder der bereits bestehenden Datei abgespeichert werden soll. Falls eine neue Datei angelegt wurde, kann diese zukünftig in der Dialogbox "Darstellungsparameter" ausgewählt werden.

Werkzeuge

Wiedergabe 

Der markierte Bereich wird über die Soundkarte wiedergegeben.

Markierung aufheben



Die momentane Bereichs-Markierung des Spektrogramms wird aufgehoben.

Bild vergrößern

Das Spektrogrammbild wird um den Faktor 2 bis 16 vergrößert. Durch anschließendes Filtern kann die nach dem Vergrößern sichtbar werdende Rasterung ausgeglichen werden. Bitte beachten Sie, daß jede Vergrößerung um den Faktor 2 jeweils eine Vervielfachung der Datenmenge des Spektrogramms bedeutet. Aus diesem Grund kann der Vergrößerungsvorgang bzw. das nachfolgende Neuzeichnen des Spektrogramms sehr viel Zeit beanspruchen, da unter Umständen sehr große Datenmengen auf der Festplatte bearbeitet werden müssen. Aus diesem Grund sollte diese Funktion nur ausnahmsweise benutzt werden.

Bildfilter : Mittelwert, Median

Zur Bildverbesserung kann ein Median- oder Mittelwertfilter auf das Spektrogramm angewendet werden. Diese Filter bewirken eine Glättung des Bildes, d.h. verrauschte Bildteile werden unterdrückt. Beachten Sie bitte, daß durch diese Filteroperationen auch relevante Spektrogramm-Strukturen beeinträchtigt werden können.

Verwendung der Meßkursoren

Im Spektrogramm-Fenster stehen grundsätzlich zwei verschiedene Meßkursor-Typen zur Verfügung:

- Markierungs-Modus mit Aktivierungsmöglichkeit von mehreren verschiedenen Frequenz-Kursoren, die gleichzeitig angezeigt werden können. Der normale Mauscursor dient zum Positionieren der Kursoren durch "Anfassen" (linke Maustaste drücken und ziehen).
- Fadenkreuz- Cursor-Modus mit Verwandlung des normalen Mauskursors in ein Fadenkreuz.

Markierungs-Modus

Analog zu der Markierungsmöglichkeit im Hauptfenster kann auch im Spektrogramm-Fenster ein Bereich durch Anklicken und anschließendes Ziehen bei gedrückter Maustaste markiert werden. Die Zeit-Koordinaten werden ebenfalls oben rechts im Fenster in Sekunden angezeigt. Die Zeitdauer eines Signals ($dt=...$) innerhalb des Spektrogramms kann also durch entsprechende Positionierung des Bereichsmarkers bestimmt werden.



Zur präzisen Bestimmung der Signalfrequenzen stehen zwei verschiedene Kursor-Typen zur Verfügung. Zunächst können bis zu vier verschiedene Frequenz-Hilfslinien durch Anklicken des schmalen Bereichs oberhalb des Spektrogramms und anschließendem Herunterziehen dargestellt werden. Jede einzelne Hilfslinie kann nachträglich in ihrer Position verschoben werden. Eine Hilfslinie wird wieder entfernt, indem Sie über den oberen Rand des Spektrogramms hinweg geschoben wird.

Zur Erleichterung der Bestimmung der Grundfrequenz von harmonischen Signalen mit mehreren Oberwellen kann im Standard-Markierungsmodus ein spezieller Harmonischer Frequenz-Kursor aktiviert werden. Dies geschieht durch Anklicken des Fensterbereiches zwischen unterem Rand der Stauszeile und oberem Rand des Spektrogramms während die Umschalt (Shift-) Taste gedrückt wird. Die Grundfrequenz des harmonischen Cursors kann durch Verschieben jeder einzelnen Oberwellen-Linie verändert werden.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, zwei an die jeweiligen Maxima im Spektrogramm gebundene Kursoren anzuzeigen. Dies geschieht durch Anklicken des Fensterbereiches links neben dem Spektrogramm und anschließendes Herausziehen des Cursors in Richtung des Spektrogramms. Dieser Fadenkreuz-Kursor kann in horizontaler Richtung mit der Maus verschoben werden, wobei der Frequenz-Zeiger immer auf der maximalen Spektralfrequenz entlang wandert, wodurch eine sehr einfache Frequenzbestimmung von sinusähnlichen Signalen möglich ist.

Fadenkreuz-Meßkursor

In der normalen Betriebsart des Spektrogramm-Fensters können Meßkursoren durch Anklicken des Spektrogramms oder der entsprechenden Fensterbereiche aktiviert werden. Diese Kursoren werden durch Anklicken und Schieben bei gedrückter Maustaste bewegt.

Alternativ dazu besteht die Möglichkeit, einen Fadenkreuz-Meßkursor zu aktivieren, der im Bereich des Spektrogramm-Bildes den normalen Mauscursor ersetzt. Es steht ein frei beweglicher Cursor zu Verfügung, der das Auslesen von Zeit- und Frequenz-Werten an beliebigen Positionen innerhalb des Spektrogramms ermöglicht. Der gebundene Meßkursor wandert nur auf der Frequenz mit der maximalen Amplitude entlang. Sind diese Fadenkreuz-Meßkursoren aktiv, bewirkt das Drücken der linken Maustaste über dem Spektrogramm das Kopieren des gerade aktuellen



Koordinatenpaares (Zeit, Frequenz) in die WINDOWS-Zwischenablage bzw. den DDE-Transfer in eine andere Windows-Anwendung.



freier Fadenkreuz-Meßkursor

Aktiviert einen freien Fadenkreuz-Meßkursor



gebundener Fadenkreuz-Meßkursor

Aktiviert einen an das Maximum gebundenen Fadenkreuz-Meßkursor



Standard-Markierungs-Kursor

Schaltet zum normalen Markierungsmodus um.



Radier-Kursor

Aktiviert den Radier-Modus. Dabei kann mit der Maus ein rechteckiger Ausschnitt des Spektrogramms markiert werden. Der so markierte Teil des Spektrogramms kann dann mit dem Menüpunkt "Werkzeuge"/"Markierten Abschnitt löschen" entfernt werden. Alternativ kann dies auch durch Drücken der rechten Maustaste erfolgen. Bei gedrückter linker und rechter Maustaste können durch Bewegen des Rechtecks größere Gebiete selektiv gelöscht werden.

Markierten Abschnitt löschen

Im Radier-Kursor-Modus löscht dieser Menüpunkt den jeweils markierten Bereich.

Methoden des Meßwertexports

Avisoft-SASLab Pro bietet drei verschiedene Möglichkeiten zum Meßwertexport für spätere statistische Analysen:

Zwischenablage

Jeweils ein Datenrecord wird in die Zwischenablage kopiert. Danach muß in eine andere Windows gewechselt werden, um diese Daten dort manuell einzufügen. Um das ständige Neuzeichnen der Fenster zu verhindern, sollten die Fenster von Avisoft-SASLab nicht das Fenster der Applikation überlappen, in die die Daten eingefügt werden. Zur Beschleunigung des Kopiervorgangs kann das Einfügen der Daten mittels des entsprechenden Tastaturkommandos erfolgen. Beim Einfügen der Daten kann durch eine entsprechende Organisation eine strukturierte Anordnung der Daten erfolgen.



Log-Datei

Die Datenrecords werden sequentiell in eine ASCII-Datei geschrieben, wobei im Gegensatz zur Zwischenablage keine weiteren Aktivitäten seitens des Benutzers nötig sind, um die Daten zu sichern. Nachteile sind die unflexible Struktur (jeder Datenrecord in einer neuen Zeile) und der versteckte Ablauf der Datensicherung (die einzelnen Datenrecords sind nicht sofort am Bildschirm sichtbar).

DDE-Datentransfer

Die größte Flexibilität, Übersichtlichkeit und Geschwindigkeit ermöglicht der Datenexport mittels DDE (Dynamic Data Exchange). Dabei werden die Daten ohne weitere Aktionen des Benutzers in eine andere Windows-Applikation übertragen. Ist die empfangende Applikation (DDE-Server) ein Tabellenkalkulationsprogramm (z.B. Excel) kann eine strukturierte Datenspeicherung in Tabellenform erreicht werden.

Siehe auch Seite 53.

Spektrogrammausgabe

Die auf dem Bildschirm erscheinenden Spektrogramme können auf vielfältige Weise ausgegeben werden. Zunächst kann der jeweils auf dem Bildschirm sichtbare Teil des Spektrogramms direkt ausgedruckt werden. Eine größere Flexibilität des Spektrogrammausdrucks erreicht man, wenn das Spektrogrammbild zunächst in die Zwischenablage kopiert oder als Grafikdatei auf der Festplatte abgespeichert wird. Die so exportierten Bilder können in andere Windowsanwendungen eingefügt werden, wobei die Größe und das Seitenverhältnis verändert werden können. Weiterhin können hier Bildunterschriften zugefügt werden oder mehrere Spektrogramme auf einer Seite abgebildet werden.

Die Qualität der ausgedruckten Spektrogramme ist sehr stark von den verwendeten Spektrogrammparametern und den Eigenschaften des verwendeten Druckers bzw. des Druckertreibers abhängig. Spektrogramme sollen meist in Graustufendarstellung dargestellt werden. Normale und damit preiswerte Computerdrucker können systembedingt zunächst keine verschiedenen Graustufen darstellen. Ein Pixel (Bildpunkt) kann nur schwarz oder weiß abgebildet werden, Zwischenwerte sind nicht möglich. Um trotzdem eine Graustufendarstellung zu erreichen, bildet der Druckertreiber die Grauwerte mittels verschieden dichter Punktraster nach. Die Punktgröße oder Punktdichte verhält sich dabei proportional zur darzustellenden Schwärzung eines Bildelements. Da das Auflösungsvermögen eines Standarddruckers meist begrenzt ist (300dpi=300 Punkte pro 2,54 cm) ist die entstandene Rasterung mit bloßem Auge deutlich wahrnehmbar, was meist als störend empfunden wird. Oft kann der Algorithmus des Druckertreibers zur Nachbildung von Graustufen vom Benutzer



beeinflusst werden (Druckereinrichtung/Optionen), um für den jeweiligen Anwendungsfall eine optimale Druckausgabe zu erreichen. Bei der Einstellung "Grob" entsteht ein grobes Punktraster mit deutlich sichtbarer Rasterung aber guter Wiedergabe der Grauwerte. Die Einstellung "Fein" liefert dagegen eine feineres Punktraster auf Kosten der Dynamik der Grauwertwiedergabe. Um auch mit einem normalen Standarddrucker eine gute Grauwertdarstellung zu erreichen, sollten die Spektrogramme möglichst groß ausgedruckt werden damit das zur Verfügung stehende Papierformat optimal ausgenutzt wird (evtl. Querformat benutzen). Wird der Ausdruck anschließend mit einem Kopierer oder in einer Veröffentlichung verkleinert dargestellt, erscheint das Spektrogrammbild trotzdem in guter Qualität, da das menschliche Auge dann die einzelnen Rasterpunkte nicht mehr auflösen kann und nur noch den Mittelwert, also den darzustellenden Grauwert, wahrnimmt.

Mit steigender Auflösung des Druckers (z.B. 600dpi, 1200 dpi) erhöht sich folglich die Qualität der Grauwertdarstellung. Für höchste Ansprüche an die Grauwertwiedergabe können spezielle, aber leider auch kostenintensive Graustufen-, Farbsublimations- oder Farbthermodrucker verwendet werden, die die Graustufen oder Farben ohne merkliche Rasterung (Dithering) ausgeben können.

Bei der Ausgabe von binären Schwarz-Weiß-Spektrogrammen stört oft die deutlich sichtbare Rasterung des Spektrogramms. Diesem Effekt kann durch Wahl einer hohen Frequenzauflösung (FFT-Länge 512 oder 1024) und einer hohen Zeitauflösung (Überlappung 87.5, 93.75 %) entgegengewirkt werden. Da bei hoher zeitlicher Auflösung pro Zeiteinheit mehr Teilspektren im Spektrogramm dargestellt werden, das Spektrogrammbild also länger wird, kann der Menüpunkt "Gesamtes Spektrogramm kopieren" oder "speichern" benutzt werden, um trotzdem die gewünschte Zeitdauer des Spektrogramms darzustellen. Nach dem Einfügen in ein Text- oder Grafikprogramm sollte dann das Seitenverhältnis des Bildes verändert werden, um ein ausgewogenes Erscheinungsbild zu erhalten (Bildhöhe vergrößern).

Alternativ oder zusätzlich kann mittels des Menüpunktes "Werkzeuge"/"Bild vergrößern" das Spektrogramm vergrößert werden. Durch anschließende Mittelung (Menüpunkt Werkzeuge"/"Bildfilter: Mittelung") werden die Rasterpunkte abgerundet, was ebenfalls zu einer Verbesserung des Erscheinungsbildes beiträgt.



Das Kurvenfenster

Das Kurvenfenster wird über den Menüpunkt „Analyse“/„Eindimensionale Transformation“ im Hauptfenster aktiviert. Zwei Meßkursoren können durch Anklicken des Bereichs links neben der graphischen Darstellung und anschließendes Ziehen (nach rechts) aktiviert werden.

Datei

Drucken

Der sichtbare Bereich des Kurvenfensters wird ausgedruckt. Dabei werden die unter dem Menüpunkt Exportparameter spezifizierten Parameter berücksichtigt. Optional kann eine Bildunterschrift angegeben werden.

Sichern

Speichert den Inhalt des Kurvenfensters als WMF-Grafikdatei ab.

Kopieren

Kopiert den Inhalt des Kurvenfensters als WMF-Grafik in die Zwischenablage.

Exportparameter

In diesem Dialog können verschiedene Parameter für das Drucken, Sichern und Kopieren in die Zwischenablage festgelegt werden:

Bereichsgrenzen darstellen: Wenn diese Option aktiv ist, werden die Teilstriche inklusive Label an den Rändern des Koordinatensystems angezeigt. Andernfalls werden diese Rand-Teilstriche ausgeblendet.

keinen geschlossenen Rahmen: Wenn diese Option aktiv ist, wird kein geschlossener Rahmen um das Diagramm gezeichnet, lediglich die x- und y-Achse werden gezeichnet.

ohne Koordinatensystem: Wenn diese Option aktiv ist, wird kein Koordinatensystem gezeichnet. Lediglich der Kurvenzug selbst und ein x-Maßstab erscheinen in der exportierten Kurvendarstellung. Diese Art der Darstellung eignet sich für Signale, bei denen die genaue Y-Skalierung nicht von Interesse ist. (z.B. Hüllkurven von Heuschrecken oder Amphibien-Lautäußerungen)



Seitenverhältnis beibehalten: Das im Kurvenfenster eingestellte Seitenverhältnis und die Verteilung der Teilstriche werden auch für die exportierte Kurve beibehalten. Wenn diese Option nicht aktiv ist, wird beim Drucken das gesamte Blatt ausgefüllt, d.h. es werden das Seitenverhältnis und die Verteilung der Teilstriche an das Papierformat angepaßt.

Kurvenzug-Linienbreite: Relative Linienbreite des Kurvenzuges.

Rahmen-Linienbreite: Relative Linienbreite des Koordinatensystem-Rahmens.

Gitter-Linienbreite: Relative Linienbreite des optionalen Gitters.

Zeichengröße: Relative Schriftgröße der Koordinatenbeschriftung.

Teilstrichabstand der X-Achse: Relativer Abstand zwischen den Teilstrichen entlang der X-Achse.

Teilstrichabstand der Y-Achse: Relativer Abstand zwischen den Teilstrichen entlang der Y-Achse.

Voreinst.: Durch Betätigung dieser Schaltfläche werden die Voreinstellungen für alle Parameter gesetzt.

ASCII-Datei sichern

Speichert die Kurvenfenster-Daten in einer ASCII-Datei.

ASCII-Datei kopieren

Kopiert die Kurvenfenster-Daten im ASCII-Format in die Zwischenablage.

Meßwerte kopieren

Die jeweils letzten Meßwertpaare werden in die Zwischenablage und bei entsprechender Parametrierung im Menüpunkt "Datei/DDE-Parameter, Log-Datei" per DDE (Dynamic Data Exchange) automatisch in andere Anwendungen kopiert oder in eine Textdatei geschrieben.

DDE-Parameter / Log-Datei

Siehe Seite 53.

Darstellung

**Zoom** 

Ein Teilbereich der Kurve wird vergrößert dargestellt.

Rezoom 

Die gesamte Kurve wird angezeigt.

Rezoom mit Null

Die gesamte Kurve inklusive der Null-Linie wird angezeigt.

Darstellungsbereich...

Diese Dialogbox dient der manuellen Einstellung des sichtbaren Ausschnitts des Kurvenfenster-Datensatzes. In den Eingabefeldern " X_{\min} =" bzw. " X_{\max} =" ist der linke bzw. rechte Rand des gewünschten Ausschnitts anzugeben. In den Eingabefeldern " Y_{\min} =" bzw. " Y_{\max} =" ist der untere bzw. obere Rand des gewünschten Ausschnitts anzugeben. Diese Dialogbox kann alternativ durch einen Doppelklick auf die Kuvendarstellung aktiviert werden.

Zoom vorher 

Die letzte Ansicht der Kurve wird wiederhergestellt.

Gitter

Ein Gitternetz wird eingeblendet.

Stufen

Wenn diese Option aktiv ist, werden die benachbarten Datenpunkte durch horizontale und vertikale Linien miteinander verbunden. Die Länge der horizontalen Linie repräsentiert den Abstand der diskreten Stützpunkte (Abtastzeit bzw. Δf). Wenn diese Option nicht aktiv ist, werden die benachbarten Punkte lediglich durch einfache Geraden miteinander verbunden.

Spektrale Kennwerte...

Dieser Menüpunkt aktiviert ein separates Fenster zur Anzeige spezieller Kennwerte von Betrags- und Leistungsspektren.

Folgende Kennwerte werden ermittelt:

Maximum: Die maximale Amplitude innerhalb des Spektrums.

bei Frequenz: Die Frequenz an der Stelle des Amplitudenmaximums.



Die folgenden drei Meßwerte charakterisieren die Energieverteilung innerhalb des Spektrums. Dabei wird das Amplitudenspektrum integriert und in vier gleich große Teile zerlegt.

unteres Quartil (25%): Frequenz, unterhalb derer 1/4 der Gesamtenergie des Spektrum angeordnet ist.

Schwerpunkt (50%): Frequenz, unterhalb derer die Hälfte der Gesamtenergie des Spektrums angeordnet ist. Dies ist die mittlere Frequenz oder der Schwerpunkt des Spektrums.

oberes Quartil (75%): Frequenz, unterhalb derer 3/4 der Gesamtenergie des Spektrums angeordnet ist.

Der Abstand zwischen unterem und oberem Quartil ist ein Maß für die Klangreinheit eines Signals.

Schwellwert: Die Angabe in diesem Editierfeld bestimmt den Schwellwert zur Definition der nachfolgend berechneten Grenzfrequenzen. Es ist zu beachten, daß dieser Wert bei Betrags- und Leistungsspektren unterschiedliche Auswirkungen auf die bestimmten Grenzfrequenzen hat.

Untere Grenzfrequenz:

Obere Grenzfrequenz: Bezogen auf das Maximum des Spektrums werden diejenigen Frequenzen im Spektrum ermittelt, an denen die Amplitude das Maximum um den im Editierfeld "Schwellwert" angegebenen dB-Wert unterschreitet.

Bandbreite: Differenz zwischen Oberer und Unterer Grenzfrequenz.

Die Schaltfläche "**Ende**" schließt das Anzeigefenster.

Mittels der Schaltfläche "**Kopieren**" können die in der Dialogbox angezeigten Meßwerte in die Windows-Zwischenablage kopiert werden. Es werden dabei nur jene Werte kopiert, die mittels der hinter den Meßwerten befindlichen Optionsschaltflächen markiert wurden. Die einzelnen Meßwerte sind durch Tabulatoren voneinander getrennt. Ein Datensatz wird jeweils durch CR/LF abgeschlossen. Dadurch ist eine direkte Übertragung in Tabellenkalkulationsprogramme zwecks statistischer Auswertung auf einfache Weise möglich.

Bearbeiten

Mittelung

Der Datensatz wird gemittelt. Jeweils drei benachbarte Werte werden summiert und durch drei geteilt.

Leistungsspektrum

Falls der im Kurvenfenster angezeigte Datensatz ein Betragsspektrum ist, kann dieses in ein Leistungsspektrum umgewandelt werden.



auf Maximum normieren

Der im Kurvenfenster angezeigte Datensatz wird bezüglich seines Maximums normiert. Dabei wird das Maximum auf 1 Volt skaliert. Beim Leistungsspektrum wird das Maximum auf 0 dB skaliert.




Zur Vermessung des im Kurvenfenster dargestellten Datensatzes können zwei Fadenkreuz-Kursoren aktiviert werden. Dies geschieht durch Anklicken des Fensterbereichs links neben der Y-Achse der Kurvendarstellung und anschließendes Ziehen des Mauskursors zur gewünschten X-Position innerhalb der Kurve.




Das Echtzeit-Spektrograph-Fenster


(Menüpunkt Datei/EchtzeitSpektrogramm im Hauptfenster)

Der Echtzeit-Spektrograph gewährleistet die Spektrogrammanzeige noch während der Datenaufnahme. Dabei werden die vom Bandgerät oder Mikrofon kommenden Tonsignale in Echtzeit, d.h. ohne wesentliche Verzögerung sofort in Form einer endlos fließenden spektrographischen Darstellung am Bildschirm visualisiert.

Die Echtzeit-Darstellung wird mit dem Menüpunkt "Aufnahme"/"Start" oder der Schaltfläche  gestartet. Die Anzeige kann mit dem Menüpunkt "Aufnahme"/"Stop" oder der Schaltfläche  abgebrochen werden. Zur Unterbrechung der Echtzeit-Darstellung wird der Menüpunkt "Aufnahme"/"Pause" oder die Schaltfläche  betätigt.

Parallel zur Berechnung und Darstellung des Spektrogramms werden die jeweils letzten aufgenommenen Zeitdaten in einem speziellen Datenpuffer aufbewahrt. Die Größe dieses Datenpuffers kann im Menüpunkt "Parameter"/"Puffergröße" festgelegt werden. Wenn eine interessante Sequenz akustisch oder visuell erkannt wurde, kann mit dem Menüpunkt "Aufnahme"/"Transport zum Hauptfenster" oder der Schaltfläche  das Abspeichern des Datenpufferinhalts veranlaßt werden. Diese Daten werden daraufhin in das Hauptfenster des Programms geladen. Auf diese Weise ist es möglich, aus längeren Tonsequenzen gezielt die jeweils interessierenden Abschnitte zur genaueren Analyse auszuwählen.

Da MS-Windows kein echtes Multitasking-Betriebssystem ist, funktioniert die Datenspeicherung während der Echtzeitdarstellung nur dann korrekt, wenn parallel dazu keine zeitintensiven Aktionen (Festhalten und Verschieben von Fenstern, Neuausgabe von Fensterinhalten...) ausgeführt werden. Um sicherzugehen, daß keine Daten verlorengehen, sollte die Bedienung des Computers während der Datenaufnahme eingestellt werden!

Im Menüpunkt "Parameter"/"Spektrogramm-Parameter.." oder mittels der Schaltfläche  können die Spektrogramm-Parameter für die Echtzeit-Spektrogrammdarstellung festgelegt werden. Die FFT-Länge ist hier auf maximal 256 Punkte begrenzt.

Puffergröße



Hier erfolgt die Festlegung der Größe des Datenpuffers für die Aufbewahrung der vergangenen Zeitdaten während der Echtzeit-Darstellung. Die Puffergröße wird in kByte angegeben. Aus diesem Wert ergibt sich in Abhängigkeit der Abtastfrequenz, der Datenbreite (8 oder 16 Bit) und dem Aufnahmemodus (Mono oder Stereo) die entsprechende Zeitdauer. Wählen Sie hier entsprechend der auszuwertenden Signale immer einen möglichst kleinen Wert, da der Pufferspeicher den für andere Windowsanwendungen verfügbaren Speicherplatz stark verringern kann. Je nach dem Speicherausbau Ihres Computers und der Anzahl der parallel laufenden Anwendungen ist es möglich, daß die angeforderte Puffergröße nicht verfügbar ist. In diesem Fall erscheint eine entsprechende Fehlermeldung, woraufhin andere Anwendungen geschlossen oder eine kleinere Puffergröße gewählt werden müssen.

Die "Auffrischungszeit" bestimmt, wie oft die Echtzeit-Spektrogrammdarstellung aufgefrischt wird. Dieser Wert wird als Prozentwert vom Voreinstellungswert definiert. Kleinere Werte ergeben, daß das laufende Spektrogramm in kleineren Schritten gezeichnet wird, was oft als angenehmer empfunden wird. Häufiges Updaten der Spektrogrammdarstellung bedeutet jedoch auch eine stärkere Prozessorbelastung, was bei langsameren Rechnern zu Datenverlusten führen kann. Deshalb sollte die Auffrischungszeit nur entsprechend der Rechnerleistung verringert werden. Der optimale Wert kann experimentell ermittelt werden. Die Auffrischungszeit ist ausreichend, wenn keine Verzerrungen oder Lücken bei der Aufzeichnung entstehen.

Der Knopf "Voreinst." setzt alle Parameter auf sinnvolle Voreinstellungen.

Roll-Modus

Das Spektrogramm läuft von rechts nach links über das Fenster, wenn diese Option aktiv ist.

Soundkarteneinstellung...

Siehe Seite 25.

Exportparameter...

Siehe Seite 51.

Automatische Aufzeichnung

Während der laufenden Echtzeit-Spektrogrammdarstellung ist es möglich, automatisch akustische Ereignisse aufzuzeichnen. Jeweils bei Überschreitung eines vordefinierten Schwellwertes innerhalb eines bestimmten Frequenzbandes wird eine neue *.WAV-Datei erzeugt und das Eingangssignal (Mikrofon oder LINE IN) wird für eine vordefinierte Zeit (Haltezeit) auf der Festplatte aufgezeichnet. Falls der Schwellwert



innerhalb dieser Haltezeit nochmals überschritten wird, verlängert sich jeweils die Aufzeichnungsdauer für die aktuelle WAV-Datei. Dieser Mechanismus gewährleistet, daß kurze Pausen innerhalb einer komplexeren Lautäußerung nicht zur Erzeugung mehrerer Dateien führen.

In der Dialogbox „Automatische Aufzeichnung“ im Menüpunkt „Aufnahme“ werden die dafür nötigen Parametereinstellungen vorgenommen:

Automatische Aufzeichnung aktivieren

Diese Checkbox aktiviert die automatische Aufzeichnung während der Echtzeit-Spektrogrammdarstellung. Auch wenn diese Option nicht aktiviert ist, wird der Triggerstatus am oberen Rand des Echtzeit-Spektrograph-Fensters angezeigt.

Trigger

Schwellwert

Der Schwellwert für die getriggerte Aufzeichnung wird in Prozent des Meßbereichs (Vollaussteuerung) erwartet. Kleine Werte bewirken, daß der Trigger schon bei leisen (und eventuell unerwünschten) Ereignissen auslöst. Der Schwellwert sollte sorgfältig gewählt werden, um alle gewünschten Ereignisse zu erfassen, ohne daß jedoch irrelevante Störgeräusche die Aufzeichnung starten. Ein zu großer Schwellwert hätte zur Folge, daß nicht alle Ereignisse detektiert werden können. Um den Schwellwert zu optimieren, ist es sinnvoll, die automatische Aufzeichnung zunächst abzuschalten (siehe oben) und die den Schwellwert bzw. das Frequenzintervall schrittweise so zu verändern, bis das gewünschte Verhalten erreicht ist. Ein detektiertes Triggerereignis wird am oberen Rand des Echtzeit-Spektrograph-Fensters durch die Zeichenkette „TRG“ signalisiert.

Frequenzintervall

Der Vergleich des Eingangssignals mit dem Schwellwert erfolgt nur in dem hier vorgegebenen Frequenzintervall. Diese Frequenzselektivität erlaubt es, unwichtige Störsignale von der Triggerung auszuschließen. Das Frequenzintervall wird intern auf die Spektrogrammauflösung der Echtzeit-Spektrogrammdarstellung abgebildet. Das bedeutet, daß nur solche Frequenzen unterschieden werden können, die auch im Spektrogramm unterscheidbar sind. (Frequenzauflösung=Abtastfrequenz/FFT-Länge).

Haltezeit

Immer wenn der eingestellte Schwellwert überschritten wurde, wird eine neue Datei angelegt. Die Datenaufzeichnung erfolgt mindestens für die hier angegebene Haltezeit. Wird der Schwellwert innerhalb dieser Haltezeit nochmals überschritten, verlängert sich die Aufzeichnungsdauer der aktuellen Datei entsprechend. Die Haltezeit sollte entsprechend der Struktur der aufzuzeichnenden Ereignisse so kurz wie möglich eingestellt werden, um nicht unnötig große Dateien zu erzeugen. Während der



Aufzeichnung wird der Dateiname der aktuellen WAV-Datei am oberen Rand des Echtzeit-Spektrogramm-Fensters eingeblendet.

Datei-Nummer

Der Dateiname der nächsten Aufzeichnungsdatei wird hier angezeigt. Zur Unterscheidung der aufeinanderfolgenden Aufzeichnungen wird der Dateiname aus dem Buchstaben „T“ und der laufenden Dateinummer gebildet. Entsprechend des erzeugten Dateityps lautet die Erweiterung stets „.WAV“. Die Dateinummer wird nach jeder abgeschlossenen Aufzeichnung inkrementiert.

Reset

Diese Schaltfläche erlaubt es, die interne Datei-Nummer auf eins (T0001.WAV) zurückzusetzen. Damit erfolgt die nächste Aufzeichnung in der Datei T0001.WAV. Eventuell bereits bestehende Dateien gleichen Namens würden dann überschrieben werden.



Dialog-orientierter Synthesizer

Dieser Dialog-gesteuerte Synthesizer ist zur schnellen Erzeugung von relativ einfach strukturierten Einzelsignalen geeignet. Dabei kann eine Vielzahl von Parametern variiert werden. Diese sind im Dialogfenster nach Frequenz- und Amplituden-Parametern gegliedert:

The screenshot shows the 'Synthesizer-Dialog' window with the following settings:

- Frequenz / FM:**
 - f_0 = 1.000 kHz (Grundfrequenz) kHz
 - df = 0.500 kHz (Frequenzänderung) $f(t)$ = linear (Frequenzverlauf)
 - benutzerdefinierter Frequenzverlauf: (empty) (f,t - ASCII-Datei)
- Frequenzmodulation:**
 - f_m = 5 Hz (Modulationsfrequenz)
 - keine (dropdown)
 - ϕ = 0 Grad (Phasenlage des Modulationssignals)
 - df = 1000 Hz (Modulationsbandbreite)
- Amplitude / AM:**
 - A = 0.500 V (Amplitude, Lautstärke) O = 0.000 V (Offset)
 - benutzerdefinierte Hüllkurve: (empty) (a,t - ASCII-Datei)
 - t = 10.0 ms (An- und Abschwelzeit) linear (Anschwell-Form)
 - an/aus
 - A_0 = 0.0 dB A_2 = dB A_4 = dB A_6 = dB (Dämpfung der Oberwellen)
 - A_1 = dB A_3 = dB A_5 = dB A_7 = dB
 - Amplitudenmodulation: f_m = 500 Hz (Modulationsfrequenz)
 - keine (dropdown) m = 50 % (Modulationsgrad)
 - dt = 1.000 s (Tondauer)

Buttons: Einfügen, Abbruch, Hilfe, Reset.

Frequenz / FM

f_0 (Grundfrequenz) Anfangsfrequenz

df (Frequenzänderung) Änderung der Frequenz über die gesamte Elementdauer dt . Wenn ein Signal mit konstanter Frequenz erzeugt werden soll, muß dieser Parameter auf Null gesetzt werden.

$f(t)$ (Frequenzverlauf) Form der Frequenzänderung df über die Elementdauer dt .

Möglich sind folgende Formen:

linear, quadratisch, quadratisch2, cosinusförmig, sinusförmig2, Datei.



Bei der Option "Datei" wird die in der Listbox "**benutzerdefinierter Frequenzverlauf**" ausgewählte ASCII-Datei (*.ft) zur Definition des Frequenzverlaufs herangezogen. In diesem Fall werden die Einträge bei f0 und df ignoriert.

Die Checkbox **kHz** legt fest, in welcher Einheit die Frequenzparameter vorgegeben werden.

Frequenzmodulation

In diesem Abschnitt kann optional eine Frequenzmodulation festgelegt werden.

Folgende Optionen sind möglich:

keine (Frequenzmodulation inaktiv),

Sinus (sinusförmige Frequenzmodulation),

Dreieck.(dreieckförmige Frequenzmodulation).

fm (Modulationsfrequenz) Bei hohen Modulationsfrequenzen entspricht dieser Wert dem Abstand der Seitenbänder untereinander. Bei niedrigen Modulationsfrequenzen entspricht der Kehrwert dieses Wertes ($t=1/f$) der Periodendauer der im Spektrogramm sichtbaren Frequenzänderung.

phi (Phasenlage des Modulationssignals) Dieser Wert bestimmt den Anfangswert der Frequenzmodulation. Dieser Parameter hat nur bei kleinen Modulationsfrequenzen einen sichtbaren bzw. hörbaren Einfluß.

df (Modulationsbandbreite) Dieser Parameter bestimmt den Frequenzhub der Frequenzmodulation.

Amplitude / AM

A (Amplitude, Lautstärke) Absolute Amplitude der Grundfrequenz in Volt (1V entspricht Vollaussteuerung)

O (Offset) Offsetspannung, die zum Sinussignal hinzuaddiert wird. (1V entspricht Vollaussteuerung)

benutzerdefinierte Hüllkurve (a,t-ASCII-Datei) Die ausgewählte ASCII-Datei (*.ft) wird zur Definition des Amplitudenverlaufs (Hüllkurve) herangezogen.

t an/aus (An-und Abschwelzeit)

A0 Dämpfung der Grundfrequenz gegenüber A

A1 Dämpfung der 1. Oberschwingung gegenüber A

A2 Dämpfung der 2. Oberschwingung gegenüber A

...

A7 Dämpfung der 7. Oberschwingung gegenüber A

0 dB bedeutet, daß der jeweiligen Oberschwingung die Amplitude, die unter A angegeben wurde, zugewiesen wird. -20 dB erzeugt eine Oberschwingung mit 1/10 der Amplitude, die unter A angegeben wurde.

Wenn einzelne Oberschwingungen nicht gewünscht sind, muß ein Wert kleiner als -96dB oder überhaupt kein Zahlenwert angegeben werden. Um ein reines Sinussignal



ohne Oberschwingungen zu erzeugen, darf nur bei A0 ein Wert größer -96 dB angegeben werden.

Amplitudenmodulation

In diesem Abschnitt kann optional eine Amplitudenmodulation festgelegt werden.

Folgende Optionen sind möglich:

keine

Amplitude: Normale Amplitudenmodulation, bei der das Trägerfrequenzsignal (die Grundfrequenz) erhalten bleibt.

Ring: Spezielle Amplitudenmodulation, bei der das Trägerfrequenzsignal (die Grundfrequenz) unterdrückt wird.

fm (Modulationsfrequenz)

Die Modulationsfrequenz entspricht dem Abstand der Seitenbänder vom Grundsignal.

m (Modulationsgrad) Modulationstiefe. 0% bedeutet keine Amplitudenmodulation, 100% bedeutet maximale Modulation, d.h. Das Grundsignal wird maximal bis auf Null herab bedämpft.

dt (Tondauer)

Hier wird die Dauer des zu erzeugenden Signals festgelegt. Als Voreinstellung wird hier die Länge der Markierung im Hauptfenster verwendet.

Reset

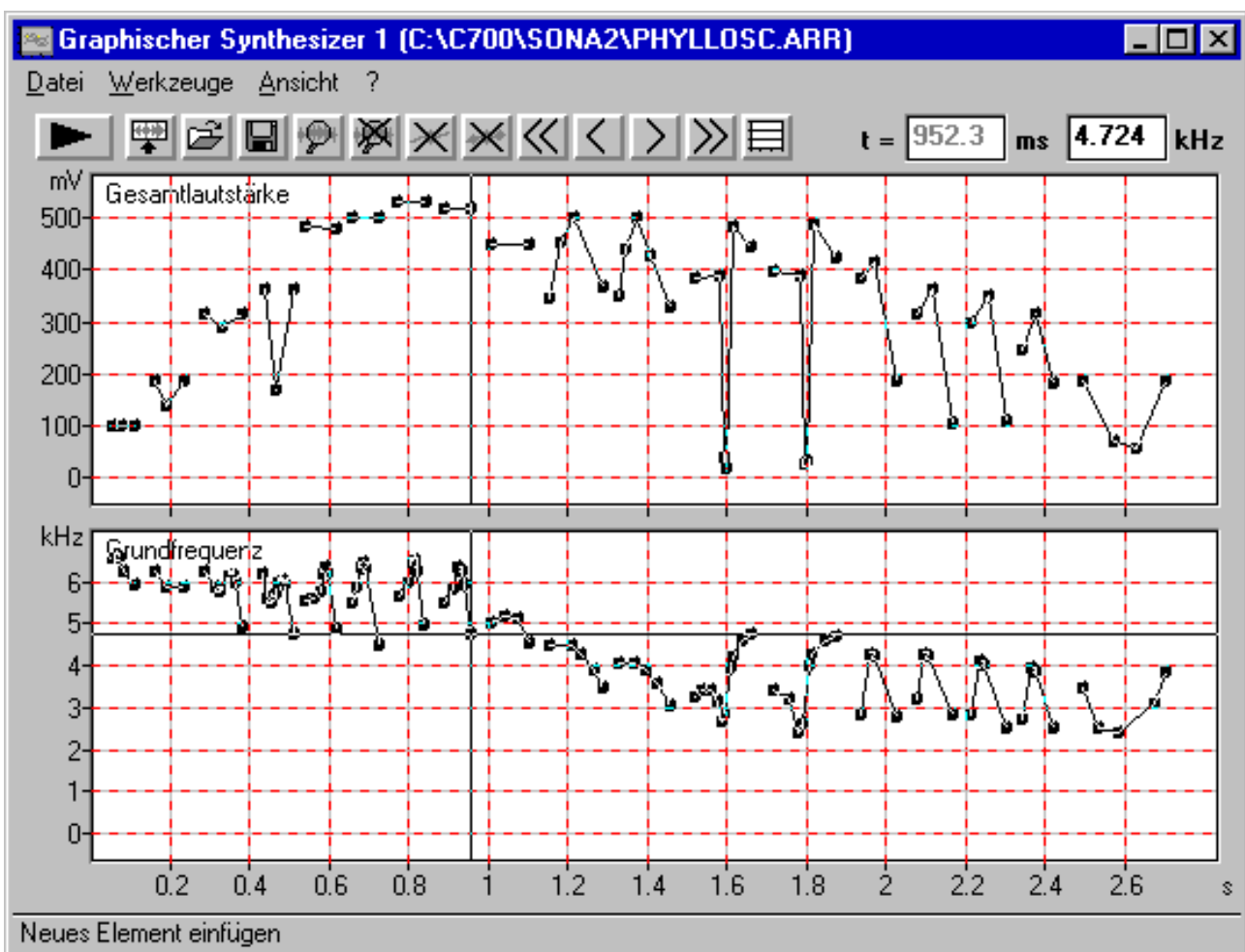
Diese Schaltfläche setzt alle Parameter auf ihre Grundeinstellungen zurück. In der Grundeinstellung wird ein reines 1kHz-Sinussignal mit der Amplitude 0.5 Volt eingestellt.




Graphischer Synthesizer










Der graphische Synthesizer unterstützt die komfortable Signalsynthese durch graphische Vorgabe des zeitlichen Verlaufs der Synthese-Parameter. Es handelt sich hierbei um einen (bzw. mehrere) sehr flexibel steuerbare(n) Sinusgenerator(en). Es werden jeweils nur diejenigen Parameter interaktiv gesteuert, die zuvor aktiviert wurden, wodurch ungeachtet der Komplexität eine einfache Bedienung gewährleistet ist. Einmal definierte Parameterverläufe können als Arrangements gespeichert und geladen werden. Der graphische Synthesizer ist im Gegensatz zum Dialog-Synthesizer zur Definition von komplexeren Signalen geeignet.



Der Graphische Synthesizer wird vom Hauptfenster aus gestartet (Menüpunkt "Bearbeiten"/"Synthesizer (graphisch)"). Zur Erstellung eines Arrangements kann ein bestehendes verändert werden (Menüpunkt "Datei"/"Sichern unter") oder ein leeres Arrangement mit dem Menüpunkt ("Datei"/"Neu") erstellt werden. Zunächst sollte im Konfigurations-Dialog  festgelegt werden, welche Parameter überhaupt gesteuert werden sollen bzw. wie die Grundeinstellungen der einzelnen Parameter sein sollen.



Im Synthesizer-Fenster werden die im Konfigurations-Dialog aktivierten Parameter-Kurven übereinander dargestellt, wobei die horizontale Zeitachse immer einheitlich skaliert ist. Nach dem Neubeginn sind die Parameter-Diagramme zunächst leer. Durch Anklicken eines Anfangspunktes und anschließendes Ziehen können neue Elemente erstellt werden. Hierbei ist es unerheblich, in welchem Parameter-Diagramm das Zeichnen erfolgt ist. In den anderen Diagrammen wird synchron eine Linie mit identischen Start- und Endpunkten, sowie den im Konfigurations-Dialog definierten Grundeinstellungen gezeichnet. In einen bestehenden Linienzug können neue Stützpunkte durch einfaches Anklicken eingefügt oder entfernt werden. Die einzelnen Stützpunkte können jederzeit verschoben werden. Durch Anklicken und gleichzeitiges Drücken der Umschalt-Taste kann ein gesamter Linienzug (Element) verschoben werden. Alternativ können Stützpunkte numerisch editiert werden. Dazu muß der Fadenkreuz-Marker zunächst auf den zu editierenden Stützpunkt gesetzt werden. Das Positionieren des Marker erfolgt entweder mit der Maus oder durch Betätigung der entsprechenden Schaltflächen. (Nächstes Element , Nächster Punkt , Vorhergehender Punkt , Vorhergehendes Element ). Die Editierfelder befinden sich oben rechts im Synthesizer-Fenster. Zum präzisen Zeichnen von Parameterverläufen können Teilbereiche vergrößert werden ( oder Menüpunkte "Werkzeuge"/"Zoom" bzw. "Werkzeuge"/"Ansicht ändern" bzw. Doppelklick auf die Achsen-Beschriftung). Diese Arbeitstechniken entsprechen dem allgemeinen Vorgehen in Vektorgraphik-Applikationen. Im Menüpunkt "Ansicht" können einzelne Parameter-Kurven aus- bzw. eingeblendet werden, um mehr Platz für die gerade zu bearbeitenden Parameter zu gewinnen. Der momentane Bearbeitungszustand des Arrangements kann jederzeit akustisch überprüft werden.(Menüpunkt "Datei"/"Wiedergabe" ) Nach Fertigstellung des Arrangements kann die anhand der vorgenommenen Parameterdefinition synthetisierte Sequenz in das Hauptfenster eingefügt werden (Menüpunkt "Datei"/"Einfügen". )

Datei

Neu

Ein neues (leeres) Arrangement wird erstellt.

Laden

Ein vorhandenes Arrangement wird geladen.

Sichern

Das aktuelle Arrangement wird unter dem aktuellen Namen gespeichert.



Sichern unter

Das aktuelle Arrangement wird unter einem neuen Namen gespeichert. Das Arrangement wird in mehreren Dateien gespeichert. Die Datei *.arr enthält dabei allgemeine Informationen über die benutzten Parameter. Je nachdem, welche Parameter für das jeweilige Arrangement aktiviert wurden, werden zusätzliche ASCII-Dateien mit den eigentlichen Daten erstellt. Jede dieser Dateien enthält eine Liste mit den definierten Stützpunkten. Die erste Spalte enthält immer die Zeit in Sekunden, die zweite Spalte den Wert des Parameters in Hz, V, dB bzw. %. Diese Dateien können aufgrund dieses Aufbaus sehr einfach in Tabellenkalkulationsprogramme (z.B. Excel) importiert werden. Die Erweiterung des Dateinamens kennzeichnet jeweils den Typ des Parameters. (ft, at, a1t, a2t, ... , a7t, fmt, fht, amt, aht; siehe Synthesizer-Parameter)

Konfiguration

(Synthesizer-Parameter)

Dieser Dialog dient der Konfiguration des Graphischen Synthesizers. Es werden hier sowohl die im Synthesizer-Fenster graphisch zu bearbeitenden Parameter ausgewählt, als auch die Voreinstellungen der Parameter, die nicht graphisch editiert werden sollen, vorgenommen. Weiterhin kann das Ein- und Ausblenden der einzelnen Elemente parametrisiert werden. Im Dialog-Fenster sind alle Synthesizer-Parameter aufgelistet. Die Checkboxen links neben den Parameter-Bezeichnungen bestimmen, ob der jeweilige Parameter im Synthesizer-Fenster erscheinen soll. Die Eingabefelder hinter den Parameter-Bezeichnungen erlauben das Eingeben der Parameter-Voreinstellungen. Es ist zu beachten, daß diese Werte auch dann benutzt werden, wenn der jeweilige Parameter nicht graphisch editiert wird (Checkbox nicht aktiv).

Grundfrequenz Grundfrequenz in Hertz (Erweiterung der Parameter-Datei: ".ft")

Gesamtlautstärke Absolute Gesamtamplitude Volt (1V entspricht Vollaussteuerung) (Erweiterung der Parameter-Datei: ".at")

Dämpfung der Grundwelle Dämpfung der Grundfrequenz gegenüber der Gesamtlautstärke in Dezibel.(Erweiterung der Parameter-Datei: ".a0t")

Dämpfung der 1. Oberwelle Dämpfung der 1. Oberschwingung gegenüber der Gesamtlautstärke in Dezibel. (Erweiterung der Parameter-Datei: ".a1t")

Dämpfung der 2. Oberwelle Dämpfung der 2. Oberschwingung gegenüber der Gesamtlautstärke in Dezibel. (Erweiterung der Parameter-Datei: ".a2t")

...



Dämpfung der 7. Oberwelle Dämpfung der 7. Oberschwingung gegenüber der Gesamtlautstärke in Dezibel. (Erweiterung der Parameter-Datei: ".a7t")

FM-Frequenz Frequenzmodulations-Frequenz (Erweiterung der Parameter-Datei: ".fmt")

Frequenzhub der FM Betrag der Frequenzänderung. Dieser Parameter muß auf 0 Hz gesetzt werden, wenn keine Frequenzmodulation erwünscht ist. (Erweiterung der Parameter-Datei: ".fht")

AM-Frequenz Amplitudenmodulations-Frequenz (Erweiterung der Parameter-Datei: ".amt")

Modulationstiefe der AM Betrag der Amplitudenmodulation. Dieser Parameter muß auf 0 % gesetzt werden, wenn keine Amplitudenmodulation erwünscht ist. (Erweiterung der Parameter-Datei: ".aht")

t an/aus Zeitdauer des Ein- und Ausschwingvorgangs am Beginn und Ende jedes Elements. Das langsame Ein- und Ausschwingen verhindert das Auftreten von störenden Knackgeräuschen. In der dahinter befindlichen Listbox kann die Form des Ein- und Ausschwingens ausgewählt werden. Es kann zwischen linear, sinusförmig 1/2 (1/2 Periode) und sinusförmig 1/4 (1/4 Periode) ausgewählt werden.

Reset Diese Schaltfläche setzt alle Parameter auf die Grundeinstellungen zurück.

Wiedergabe 

Das aktuelle Arrangement wird synthetisiert und über die Soundkarte wiedergegeben.

Einfügen 

Das aktuelle Arrangement wird synthetisiert und in das Hauptfenster eingefügt. Das Einfügen erfolgt an der aktuellen Einfügeposition (linker Rand des Markers).

Werkzeuge

Zoom 

Ein vergrößerter Teilbereich des gesamten Signalverlaufs wird mittels Mauscursor dargestellt.

Rezoom 

Der gesamte Signalverlauf wird dargestellt.

Rezoom mit Null



Der gesamte Signalverlauf wird einschließlich der Nulllinie dargestellt.

Ausschnitt ändern

Der sichtbare Ausschnitt des Signalverlaufs wird manuell eingestellt.

Gitter

Ein Koordinatengitter wird ein- bzw. ausgeblendet.

Nächstes Element >>

Die Markierung wird auf das nächste Element positioniert.

Nächster Punkt >

Die Markierung wird auf den nächsten Stützpunkt positioniert.

Vorhergehender Punkt <

Die Markierung wird auf den vorhergehenden Stützpunkt positioniert.

Vorhergehendes Element <<

Die Markierung wird auf das vorhergehende Element positioniert.

Punkt löschen ✕

Der markierte Punkt wird entfernt.

Element löschen ✕

Das markierte Element wird entfernt.

Zeitachse fixieren ✕

Die Zeitkoordinaten werden fixiert. Diese Option sollte immer dann aktiviert werden, wenn es darauf ankommt, die y-Koordinaten eines Elements zu ändern, ohne jedoch die zeitliche Lage zu beeinflussen.

y-Achsen fixieren ✕

Die y-Achsen werden fixiert. Diese Option sollte immer dann aktiviert werden, wenn es darauf ankommt, die Zeit-Koordinaten eines Elements zu ändern, ohne jedoch die y-Parameter zu beeinflussen (zeitliche Verschiebung von Elementen).

Spektrogramm abtasten

Aus einem zuvor im Spektrogrammfenster abgespeicherten Spektrogramm (Menüpunkt „Datei“/“ASCII/Binär-Spektrogramm sichern“, Dateityp Binärdatei (*.SON)) werden der Grundfrequenzverlauf und die zugehörige Amplitude extrahiert. Das Ergebnis dieser Abtastung kann wie ein manuell eingegebenes Arrangement bearbeitet werden. Da lediglich die Grundfrequenz anhand des Maximums im Spektrogramm ermittelt wird, führt diese Funktion nur bei sinusförmigen Signalen



ohne, oder nur schwache Oberwellen zu erfolgreichen Ergebnissen. Der Erfolg der Abtastung ist auch wesentlich von der Qualität des Spektrogramms und dessen Auflösung abhängig. Nach Auswahl des Menüpunktes muß zunächst die gewünschte Spektrogramm-Datei (*.SON) ausgewählt werden. In dem dann erscheinenden Dialogfenster können einige Parameter eingestellt werden:

Schwellwert: Dieser in Prozent der Maximalamplitude anzugebende Schwellwert bestimmt, ab welcher Amplitude ein Element innerhalb des Spektrogramms als solches erkannt wird.

max. Abweichung F(t): Diese Auswahlliste bestimmt die Genauigkeit der Abtastung des Grundfrequenzverlaufs. Der in dieser Liste ganz oben aufgeführte kleinste Wert liefert die maximal erreichbare Genauigkeit der Abtastung, die durch die Frequenzauflösung des zugrundeliegenden Spektrogramms begrenzt wird. Größere Werte liefern weniger Stützpunkte im abgetasteten Grundfrequenzverlauf, was das nachträgliche Editieren vereinfacht. Falls kein Editieren nötig ist, sollte im Interesse einer maximalen Genauigkeit immer der kleinste Wert ausgewählt werden.

max. Abweichung A(t): Diese in Prozent der Maximalamplitude anzugebende Abweichung bestimmt die Genauigkeit der Abtastung des Amplitudenverlaufs. Größere Werte liefern weniger Stützpunkte im abgetasteten Grundfrequenzverlauf, was das nachträgliche Editieren vereinfacht. Falls kein Editieren nötig ist, sollte im Interesse einer maximalen Genauigkeit immer 0% angegeben werden.

Zeit- und Frequenzskalierung

Dieser Menüpunkt dient der Umskalierung der Zeit- und Frequenzparameter des aktuellen Arrangements. Zeit und Frequenz können dabei unabhängig voneinander verändert werden.

Zeit *= Die Zeitachse wird mit diesem Faktor multipliziert. Dies führt bei einem Faktor größer Eins zu einer Verlangsamung bzw. Verlängerung des Arrangements. Entsprechend bewirkt ein Faktor kleiner Eins eine Beschleunigung bzw. Verkürzung.

Frequenz *= Der Grundfrequenzverlauf wird mit diesem Faktor multipliziert.

Frequenz += Zur Grundfrequenz wird der angegebene Frequenzbetrag [Hz] hinzuaddiert. Dieser Wert kann sowohl positiv als auch negativ sein.

Ansicht

Spektrogramm einblenden

Wenn diese Option aktiv ist, wird das im Menüpunkt „Spektrogramm auswählen“ ausgewählte Spektrogramm im Parameter-Diagramm „Grundfrequenz“ als



Hintergrundbild dargestellt. Auf diese Weise ist es möglich, ein synthetisches Signal interaktiv von einem realen Spektrogramm abzuleiten.

Spektrogramm auswählen

In diesem Dialog kann ein Spektrogramm ausgewählt werden, das im Parameter-Diagramm „Grundfrequenz“ als Hintergrundbild dargestellt wird. Das Spektrogramm muß zuvor im Spektrogramm-Fenster unter dem Menüpunkt „Datei/ASCII/Binär-Spektrogramm sichern“ im Binärformat *.SON gespeichert worden sein. Das ausgewählte Spektrogramm wird nur dann angezeigt, wenn im Menüpunkt „Spektrogramm einblenden“ aktiv ist.

Grundfrequenz, Gesamtlautstärke, Rel. Amplitude, ...

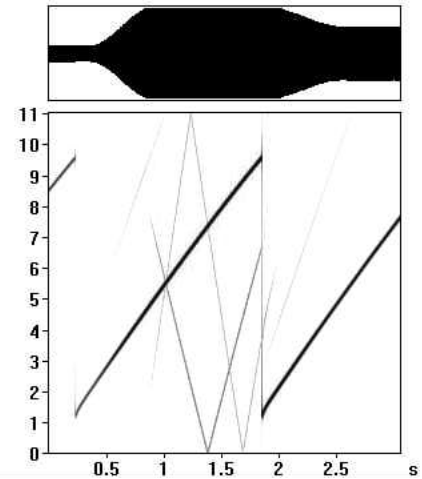
Unter dieser Menüpunkt-Gruppe sind alle im Konfigurationsdialog aktivierten Parameter aufgelistet. Die im Synthesizer-Fenster sichtbaren Parameter sind durch ein Häkchen markiert. Einzelne Parameter können hier temporär ausgeblendet werden, um mehr Platz für die anderen zu erhalten. Dies kann alternativ auch durch Anklicken der Parameter-Beschriftungen erfolgen.



Fehlerquellen bei der Spektrogramm-Erstellung

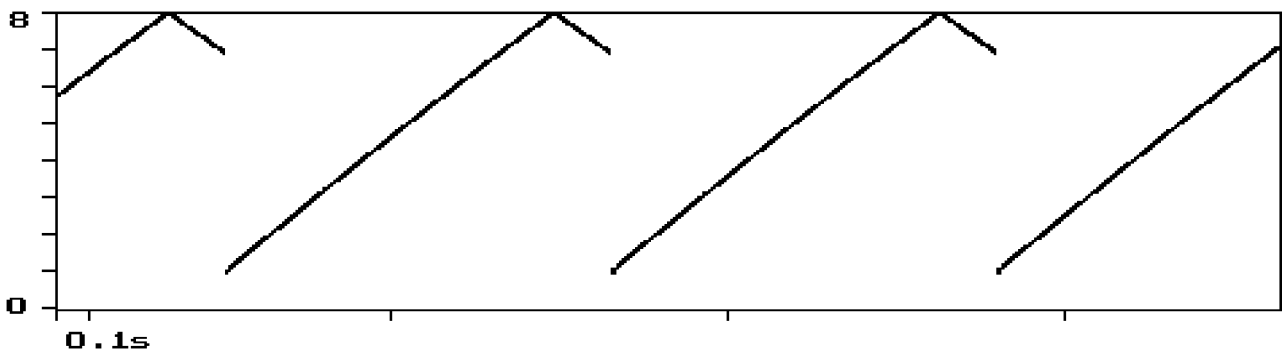
Übersteuerung

Während des Überspielens der Tonsignale vom Bandgerät auf die Soundkarte ist darauf zu achten, daß keine Übersteuerung der Soundkarte auftritt. Übersteuerungen sind im Spektrogramm als zusätzliche, im Originalsignal nicht vorhandene, Oberwellen erkennbar. In der Oszillogramm-Darstellung sind Übersteuerungen daran zu erkennen, daß der Dynamikbereich 100%-ig ausgenutzt ist. (gut erkennbar in der nichtnormierten Darstellung)



Aliasing

Eine grundsätzliche Forderung in der digitalen Signalverarbeitung ist, daß die Abtastfrequenz mindestens doppelt so groß wie die maximale im abzutastenden Signal enthaltene Frequenz sein muß. (Abtast-Theorem) Alle Signale mit Frequenzen über der halben Abtastfrequenz müssen also unterdrückt werden. Dies geschieht auf den meisten Soundkarten automatisch durch ein bereits eingebautes Anti-Aliasing-Filter. Falls kein solches Filter vorhanden ist, ist stets darauf zu achten, daß das Abtast-Theorem nicht verletzt wird.



Ein Sinus-Signal mit einer ansteigenden Frequenz von 1 bis 9 kHz wurde mit einer Abtastfrequenz von 16 kHz abgetastet. Der Bereich von 8 bis 9 kHz wird am oberen Rand des Spektrogramms gespiegelt!



Der Avisoft-CORRELATOR

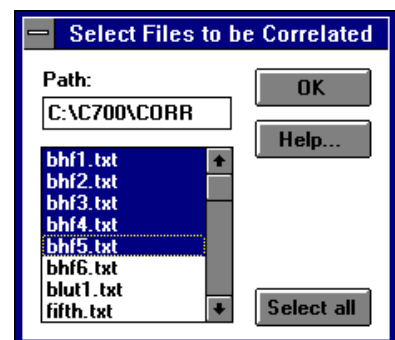
Der Avisoft-CORRELATOR erlaubt die Berechnung von Sound-Similarity-Matrizen von Spektrogrammen, die mit *Avisoft-SASLab Pro für Windows* erstellt wurden. Dabei können die Ähnlichkeiten von mehreren Spektrogrammen quantitativ bestimmt werden. Jedes der ausgewählten Spektrogramme wird mit allen anderen Spektrogrammen verglichen. Der Vergleich erfolgt durch schrittweises gegenseitiges Verschieben jeweils zweier Spektrogramme entlang der Zeitachse. Eine zusätzliche Verschiebung entlang der Frequenzachse ermöglicht die Tolerierung von Frequenzabweichungen der zu vergleichenden Signale. Für jeden Verschiebungsbetrag wird der Korrelationskoeffizient bestimmt. Der maximale Korrelationskoeffizient aller Verschiebungen wird in einer Korrelationsmatrix gespeichert.

Bedienungsanleitung des Avisoft-CORRELATORS

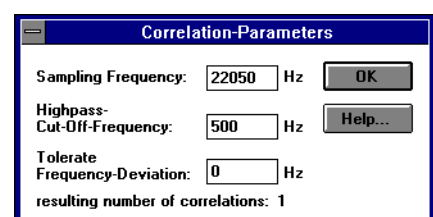
Die zu korrelierenden Spektrogramme müssen innerhalb von Avisoft-SASLab mittels des Menüpunktes "Datei"/"ASCII-Datei sichern" abgespeichert werden. Die ASCII-Dateien sind mit der Erweiterung ".TXT" in einem einzelnen Verzeichnis abzuspeichern. Alle untereinander zu vergleichenden Spektrogramme sollten die gleiche Abtastfrequenz und identische Spektrogramm-Parameter aufweisen.

Auswahl der zu vergleichenden Spektrogramme

Zuerst sind die zu vergleichenden Spektrogramme auszuwählen. Dies erfolgt im Menü "File"/"Select...". In der Dialogbox "Path:" wird der Pfadname der Spektrogramme eingegeben. In der Auswahlbox können die entsprechenden Dateien ausgewählt werden. Es ist zu beachten, daß nur Dateien mit der Erweiterung ".TXT" aufgelistet werden. Die Auswahl erfolgt durch Anklicken der gewünschten Dateien. Nach erfolgter Auswahl ist die "OK"-Schaltfläche zu betätigen. Daraufhin wird eine leere Korrelationsmatrix angezeigt.



Starten des Korrelationsprozesses und Definition der Korrelationsparameter





Nach Auswahl der zu vergleichenden Spektrogramme kann die Berechnung der Korrelationsmatrix mit dem Menüpunkt "Analyse"/"Start..." gestartet werden. Danach erscheint eine Dialogbox zur Definition der Korrelationsparameter.

Hier ist zunächst die Abtastfrequenz (**sampling frequency**) der Sound-Dateien, von denen die zu vergleichenden Spektrogramme angefertigt wurden, anzugeben. Diese Angabe ist erforderlich, da die Abtastfrequenz nicht in den ASCII-Spektrogrammdateien gespeichert ist.

Um niederfrequente Störsignale zu unterdrücken, die die berechneten Korrelationskoeffizienten verzerren würden, kann eine entsprechende Grenzfrequenz (**cut-off-frequency**) angegeben werden. Alle Spektrogrammstrukturen unterhalb dieser Grenzfrequenz werden dann bei der Korrelation nicht berücksichtigt.

Wenn die zu untersuchenden Signale geringfügig in der Frequenzlage differieren, würde ein einfacher Korrelationsalgorithmus keine Übereinstimmung finden. Damit trotz bestimmter Frequenzabweichungen eine Übereinstimmung im Korrelationskoeffizienten repräsentiert wird, kann eine entsprechende tolerierbare Frequenzabweichung im Eingabefeld "**frequency deviation**" angegeben werden. In diesem Fall werden die Spektrogramme zusätzlich zur horizontalen Verschiebung auch vertikal entlang der Frequenzachse verschoben, um den maximalen Korrelationskoeffizienten zu finden. Die Anzahl der für diese zusätzliche Verschiebung notwendigen Korrelationen je Zeit-Offset-Position wird im Feld "**resulting number of correlations**" angezeigt. Es ist zu beachten, daß die Rechenzeit proportional zu diesem Wert steigt. Durch Betätigung der "OK"-Taste wird der Korrelationsvorgang gestartet.

Die Berechnung der Korrelationsmatrix kann je nach Größe und Anzahl der zu vergleichenden Spektrogramme eine längere Zeit in Anspruch nehmen.

Der Korrelationsprozess kann durch Anklicken der "Cancel"-Schaltfläche vorzeitig beendet werden.

Die Korrelation kann mit denselben selektierten Dateien unter Verwendung verschiedener Korrelationsparameter wiederholt werden. Dazu muß vor jeder weiteren Korrelation die Korrelationsmatrix mittels des Menüpunktes "Analyse"/"Reset" zurückgesetzt werden.

Export der Korrelationsmatrix (Sound-Similarity-Matrix)

Die Matrix der Korrelationskoeffizienten, die nach abgeschlossener Berechnung im Hauptfenster der Anwendung dargestellt wird, kann mittels der Funktion "File"/"Copy Matrix" in die Windows-Zwischenablage kopiert werden. Dies ermöglicht die



Auswertung der berechneten Sound-Similarity-Matrix in anderen Programmen wie Tabellenkalkulationen oder Statistik-Programmen.

Der Korrelationsalgorithmus

Die in der Korrelationsmatrix angezeigten Kreuzkorrelationskoeffizienten werden folgendermaßen berechnet:

Die jeweils zu vergleichenden Spektrogramme werden schrittweise entlang der Zeitachse gegeneinander verschoben. Für jede Verschiebe-Position wird der Grad der Übereinstimmung der beiden Spektrogramme nach folgender Formel berechnet:

$$\phi_{XY} = \frac{\sum_x \sum_y ((a_{xy} - m_a) * (b_{xy} - m_b))}{\sqrt{\sum_x \sum_y (a_{xy} - m_a)^2 * \sum_x \sum_y (b_{xy} - m_b)^2}}$$

a_{xy} und b_{xy} sind die Intensitätswerte an den Positionen x,y innerhalb des Spektrogramms. m_a und m_b sind die Mittelwerte der Spektrogramme.

Der Korrelationskoeffizient ist ein Wert zwischen -1 und 1. Der Wert 1 bedeutet, daß die beiden Spektrogramme identisch sind. Null kennzeichnet zwei völlig unterschiedliche Spektrogramme. Werte kleiner Null würden auftreten, wenn die Intensitätsverteilung der beiden Spektrogramme invers wäre.

Der maximale Korrelationskoeffizient zwischen den beiden Spektrogrammen aller Verschiebe-Positionen entlang der Zeit- und Frequenzachse wird in der Korrelationsmatrix abgespeichert und ist ein Maß für deren Ähnlichkeit.

Diskussion der Korrelationsmethode

Bei der Nutzung des Avisoft-CORRELATORs ist stets zu beachten, daß die verwendete numerische Korrelationsmethode auf einem formalen mathematischen Algorithmus beruht. Deshalb können keine komplizierten Spektrogramm-Strukturen erkannt werden, die der menschliche Beobachter sofort als übereinstimmend klassifizieren würde.

Aus diesem Grund ist der Avisoft-CORRELATOR nur für die Auswertung folgender Spektrogramme geeignet:



- Das Spektrogramm sollte möglichst nur eine Silbe enthalten, da geringfügige Unterschiede der zeitlichen Abstände zweier Silben nicht toleriert werden können, obwohl vielleicht trotzdem eine gute Übereinstimmung der Strukturen vorliegt.
- Die Spektrogramme sollten unter Verwendung kleiner FFT-Längen oder (und) kleinen Rahmen-Größen erstellt werden, um die Frequenzauflösung zu reduzieren. Hohe Frequenzauflösungen würden keine aussagekräftigen Ergebnisse liefern, wenn geringfügig unterschiedliche Frequenzverläufe vorliegen.

In vielen Fällen kann alternativ eine parametrische Vergleichsmethode vorteilhafter sein. Dabei können solche Parameter wie Frequenz, Anfangs- bzw. Endfrequenz eines Elements, Frequenz maximaler Intensität, Dauer, Abstand, und Elementanzahl verglichen werden. Diese Meßwerte können auf einfache Weise manuell innerhalb von Avisoft-SASLab mittels der verfügbaren Meßkursoren ermittelt werden.



Literaturhinweise

Wenn Sie sich tiefer in die Bioakustik einarbeiten wollen, kann folgende Literatur zum Studium empfohlen werden:

- BEECHER, M. D.: Spectrographic Analysis of Animal Vocalizations: Implications of the "Uncertainty Principle". Bioacoustics Vol.1, No 2/3, AB Academic Publishers, 1988.1
- BERGMANN, H.-H., u. HELB, H.-W.: Stimmen der Vögel Europas. BLV-Verlag, München 1982.
- BRADBURY, J.W. u. S.L. VEHRENCAMP: Principles of animal communication. Sinauer Associates, Massachusetts 1998. ISBN 0-87893-100-7.
- CATCHPOLE, C.K. u. SLATER, P.J.B.: Bird Song: Biological themes and variations. Cambridge University Press 1995.
- CRAMP, S. (ed.): Handbook of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa., Oxford University Press, Oxford, London, 1977-1994.
- GLUTZ VON BLOTZHEIM, U. N. u. BAUER, K.: Handbuch der Vögel Mitteleuropas. Aula-Verlag, Wiesbaden 1966-1993.
- HOPP, S.L.; M.J. OWREN; C.S. EVANS.(ed): Animal Acoustic Communication. Springer-Verlag Berlin/Heidelberg 1998. ISBN 3-540-53353-2.
- HESELNANN, N.: Digitale Signalverarbeitung. Vogel-Verlag Würzburg 1983.
- KROODSMA, D.E.; E.H. MILLER: Ecology and Evolution of Acoustic Communication in Birds. Cornell University Press, Ithaca and London 1996 1996. ISBN 0-8014-8221-6.
- McGREGOR, P.K. (ed): Bioacoustics. The International Journal of Animal Sound and its Recording. British Library National Sound Archive. AB Academic Publishers.
- ROCHE, J.-CL.: Die Vogelstimmen Europas. Franckh-Kosmos, Stuttgart 1990.
- ROSEN, S., u. HOWELL, P.: Signals and systems for speech and hearing. Academic Press, London 1991.
- SCHÖBER, W. u. GRIMMBERGER, E.: Die Fledermäuse Europas. Franckh-Kosmos, Stuttgart 1987.
- TEMBROCK, G.: Tierstimmenforschung. NBB 250, Wittenberg 1977.
- THIELKE, G.: Vogelstimmen. Springer-Verlag, Berlin 1970.
- WILLIAMS J.M. u. SLATER P.J.B.: Computer Analysis of Bird Sounds: A Guide to Current Methods. Bioacoustics Vol.3, No 2, AB Academic Publishers, 1991.



—8—

8<-->16 Bit Konvertierung 37

—A—

Abschwellen 36
Abtastfrequenz 14; 25
Abtastfrequenzreduktion 38
Aliasing 82
Amplitudenmodulation 36; 74; 78
Amplitudenverlauf kopieren 53
Anschwellen 35
ASCII 23
ASCII-Frequenzverlauf kopieren 53
Aufnahme 24
Ausschneiden 35
Autokorrelation 31
Automatischen Aufzeichnung 69

—B—

Bandbreite 66
Bandpaß 39; 42
Bandsperre 39; 42
Bearbeiten 34; 66
Begrenzen 36
Betragsspektrum 31
Bewertungsfensterfunktion 28
Bild vergrößern 58
Bildfilter 58

—C—

Cepstrum 31
CORRELATOR 83

—D—

Darstellung 54
Darstellungsbereich 65
Darstellungs-Parameter 54
Datei 47
Datei-Abtastfrequenz 42
Datenaufzeichnung 24
DDE-Parameter 51
Digitale Signalverarbeitung 13

—E—

EchtzeitSpektrogramm 25
Effektivwert 34
Eindimensionale Transformationen 30
Einfügen 34
Einführung 9
Einmischen 36
einzelne Frequenz 56
einzelnes Spektrum 56
Export der Korrelationsmatrix 84
Export-Parameter 49
Exportparameter Hüllkurve 26

—F—

Fadenkreuz-Meßkursor 59
Farb-Darstellung 55
Farbpalette 57
Fehlerquellen 82
Fenstertyp 15
FFT-Länge 15; 28
Filter 37
Filter, benutzerdefiniert 38; 42
FIR-Zeitsignal-Filter 39
Fließkomma-Arithmetik 29
Frequenzachsenbeschriftung 49
Frequenzbereich-Transformation 41
Frequenzgang 41
Frequenzintervall 56
Frequenzmodulation 73
Frequenzmodulations 78
Frequenzspektrum 11
Frequenzverschiebung 41

—G—

Gehörs 10
Gitter 55; 65
Glossar 17

—H—

Halbband-Reduktions-Filter 38
Haltezeit 70
Hamming-Fenster 28
Hard- & Softwarevoraussetzungen 19
Hauptfenster 22
Histogramm 32
Hochpaß 38; 39; 42
Hüllkurve 33; 56
Hüllkurve kopieren 26
Hüllkurve normiert 30
Hüllkurve speichern 26
Hüllkurve, Exportparameter 26

—I—

Import-Format 22
Impulsabstände 33
Impulsantwort 41
Impulsdichtehistogramm 32
Info über Ablage 37
Installation 19

—K—

Kalibrierung 44
Kanalauswahl 24
Kerbfilter 38
Klangspektrogramm 12
Konfiguration 27
Kopieren 34; 48
Korrelationsalgorithmus 85
Korrelationsmethode 85



Kreuzkorrelation 31
 Kreuzkorrelationskoeffizient 85
Kreuzkorrelation 31
 Kurvenfenster 63

—L—

Lautstärke verändern 35
Leistungsspektrum 31; 54; 66
 Linker Kanal 24
 Literaturhinweise 87
 Log-Datei 51
 Löschen 36

—M—

Markierung aufheben 43; 57
 Markierung von Zeitabschnitten 27
 Markierungsdauer 43
 Markierungs-Modus 58
Maximum 56; 65
 Meßkursoren 58
 Meßwert kopieren 51
 Meßwertexport 60
 Mittelung 66
mittleres Spektrum 56
Momentanfrequenz 33

—N—

Normieren 35; 66

—O—

Obere Grenzfrequenz 66

—Ö—

Öffnen 22

—O—

Oszillogramm 11

—P—

Programmbeschreibung 20
 Puffergröße 69

—Q—

Quartile 56; 65

—R—

Radier-Kursor 60
 Rahmen 15
Rahmen-Größe 28
 Rechter Kanal 24
 Rezoom 43
 Rückgängig 34
 Rückwärts 37

—S—

Schallsignale 10
 Schnelleinstieg 20
Schwarz/Weiß-Darstellung 55
Schwellwert 70
Schwerpunkt 56; 65
 Scroll-Mode 69
 Sichern - Sounddatei 25
Soanogramm, Darstellungsparameter 54
 Soundkarteneinstellung 25
 sound-similarity-matrix 83
 Spektrale Kennwerte 65
 Spektrogramm 12
 Spektrogramm drucken 47
 Spektrogramm erstellen 27
 Spektrogramm kopieren, ASCII-Format 53
 Spektrogramm kopieren, gesamtes 48
 Spektrogramm sichern 47
 Spektrogramm sichern, ASCII-Format 53
 Spektrogramm sichern, gesamtes 48
 Spektrogramm, Zusatzinformationen 56
 Spektrogrammausgabe 61
 Spektrogrammbearbeitung 17
 Spektrogrammdarstellung 16
 Spektrogramm-Fenster 47
 Spektrogrammparameter 14
 Spektrogramm-Parameter 28
 Spektrum kopieren 53; 54
 Starten des Korrelationsprozesses 83
 Stereo->Mono 37
 Stille einfügen 36
 Stufen 65
 Stutzen 35
 Synthesizer
 Dialog 72
 Graphisch 75

—T—

Tiefpaß 38; 39; 42
 Tonhöhe 10

—Ü—

Überlappung 16; 28
 Übersichts-Parameter 29
 Übersichts-Spektrogramm 29
 Übersteuerung 82
 Übertragungsfunktion 31

—U—

untere Grenzfrequenz 55; 66

—W—

Werkzeuge 43; 57
 Wiedergabe 25; 57

—Z—

Zeitachsenbeschriftung 50
Zeitsignal 30



Zeitsignal-Filter 37
Zoom 43

Zoom Vorher 43
Zusatzinformationen 56