Praktische MLS Messung mit typischen Fehlerbildern

In diesem praktischen Beispiel möchten wir Ihnen zeigen, wie Sie mit MLS den Frequenzgang einer Soundkarte messen können. MLS ist ein sehr leistungsfähiges Verfahren. Umgekehrt ist es aber auch recht anfällig für Fehlbedienungen. Daher demonstrieren wir hier die typischen Fallstricke.

Aufbau

- Soundkarte Steinberg/Yamaha UR22
- Windows 7 64 bit
- WinAudioMLS pro ohne weitere Plugins (für 96kHz und 192kHz verwenden wir das ASIO Plugin)
- Line–in und Line-out sind mit einem Kabel verbunden.
- Abtastrate 44100Hz

Durchführung

Frequenzgänge können klassisch mit einem Sinuston gemessen werden. Ein kompletter Durchlauf dauert dabei relativ lange. Mit dem MLS Verfahren sehen Sie den kompletten Frequenzgang in Echtzeit.

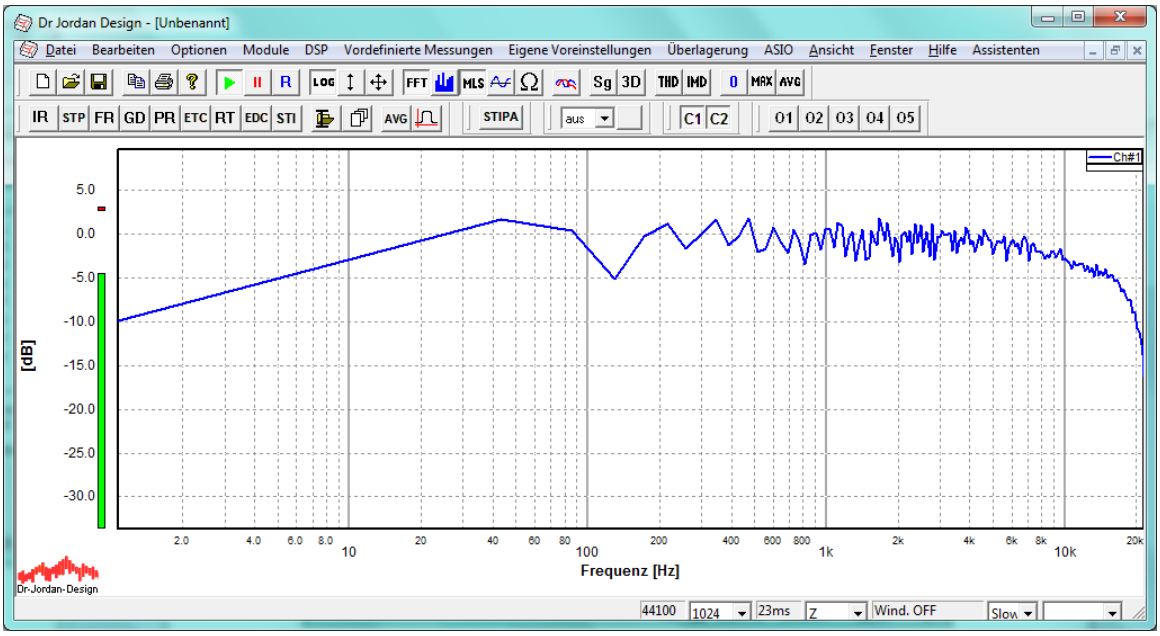
Wenn man den Line-in und out einer hochwertigen Soundkarte verbindet, erwartet man zunächst ein nahezu lineal glatten verlauf von 1 Hz bis 20kHz.

WinAudioMLS hat einige vordefinierte Messungnen, die die Grundeinstellungen für typische Fälle vornehmen.

Wählen Sie aus dem Menu vordefinierte Messungen->Frequenzgang mit MLS

Gegenüber der Grundeinstellungen haben wir die Anzeigebereich angepasst, um auch die tiefen Frequenzen anzuzeigen. Wir haben bei 1kHz auf 0dB normiert, und zum besseren Druck haben wir weissen Hintergrund eingestellt.

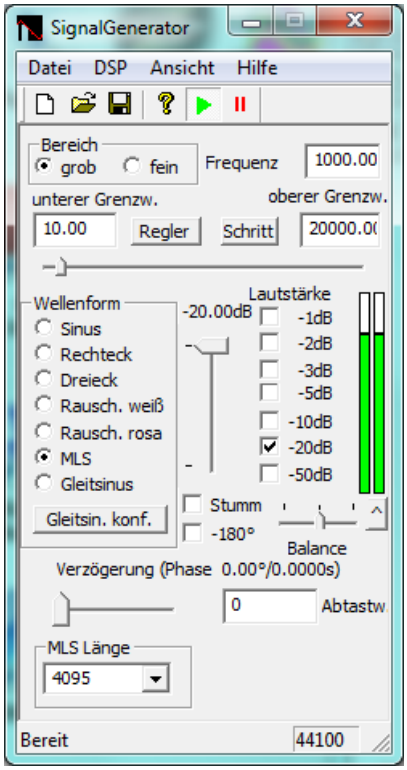
Ein typisches Bild könnte wie folgt sein.



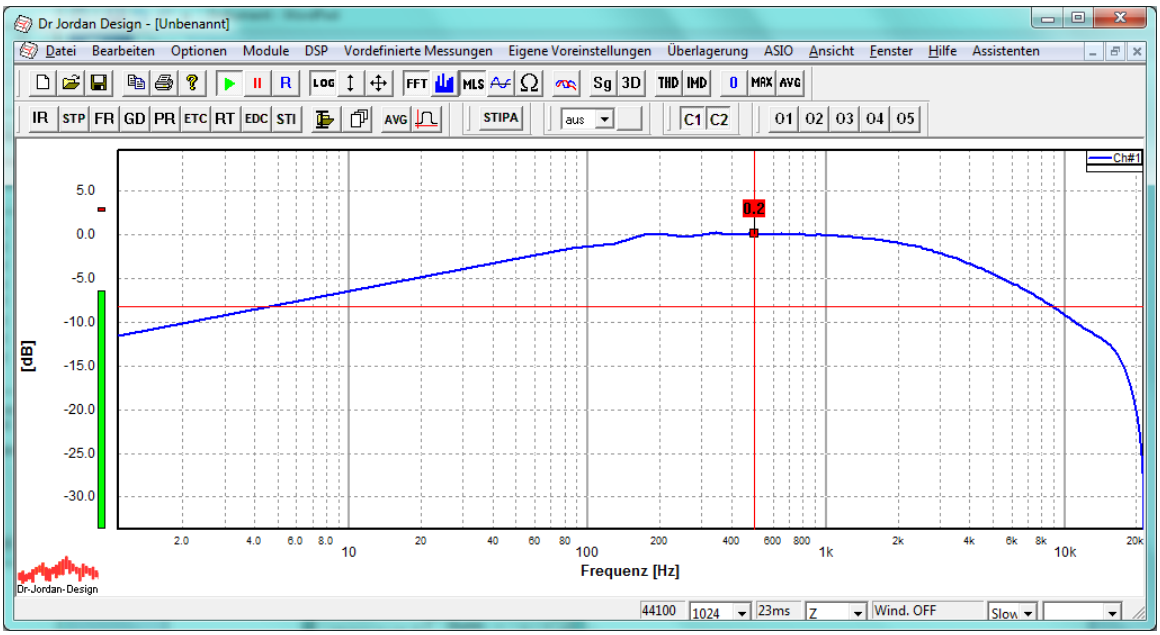
Dieser Frequenzgang enspricht zunächst nicht den Erwartungen. Der tiefe Frequenzbereich ist schlecht aufgelöst und über den gesamten Frequenzbereich ist eine Art „Rauschen“. Es handelt sich aber nicht um Rauschen, da die Anzeige stabil bleibt.

Die Ursache ist hier eine Übersteuerung, die zu solchen Artefakten führt. Da die Eingangs Peak-Leuchte nicht leuchtet, kann nur der Ausgang übersteuert sein.

Daher reduzieren wir den digitalen Ausgangspegel von –3dB auf –20dB.

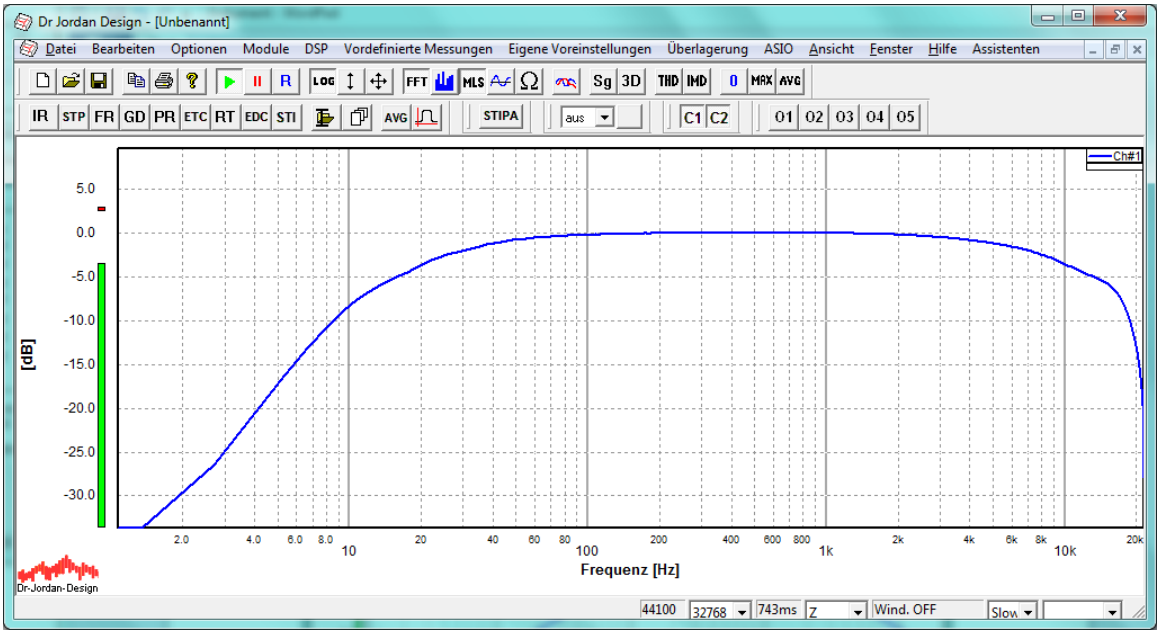


Das Ergebnis ist bereits ein sehr glatter Verlauf ohne Rauschen.



Es fällt jedoch auf, dass im tieffrequenten Bereich der Verlauf nur aus Linien besteht. Das liegt daran, dass die Frequenzauflösung zu gering ist. Bei einer Abtastrate von 44100Hz und einer FFT mit 1024 Punkten beträgt die Frequenzauflösung 44100/1024 ~44Hz. Dies ist natürlich viel zu wenig, um bei 10Hz sinnvolle Werte zu erhalten.

Wir erhöhen die FFT-Länge auf 32768 Punkte, und erreichen damit eine Auflösung von knapp einem Hz. Wesentlich höhere Werte sind nicht sinnvoll, da dadurch andere Artefakte auftreten.



Man erkennt jetzt einen typischen Bandpassverlauf. Die tieferen Frequenzen werden durch ein Hochpass abgeschnitten. In der Praxis ist dies ein Koppelkondensator, der für Audio Anwendungen unerwünschte Gleichspannung abblockt.

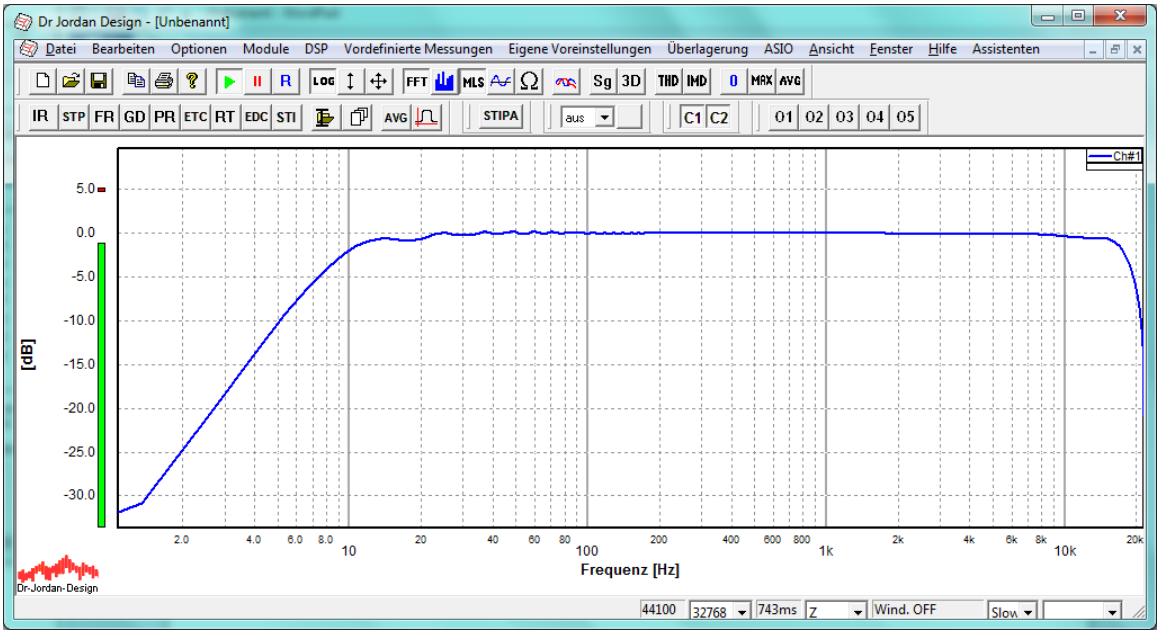
Bei den hohen Frequenzen haben alle Soundkarten ein Anti-Aliasiang Filter.

In diesem Fall macht jedoch ein Pegelabfall von 3dB bei 10kHz stutzig. So etwas dürfte bei dieser hochwertigen Karte nicht sein.

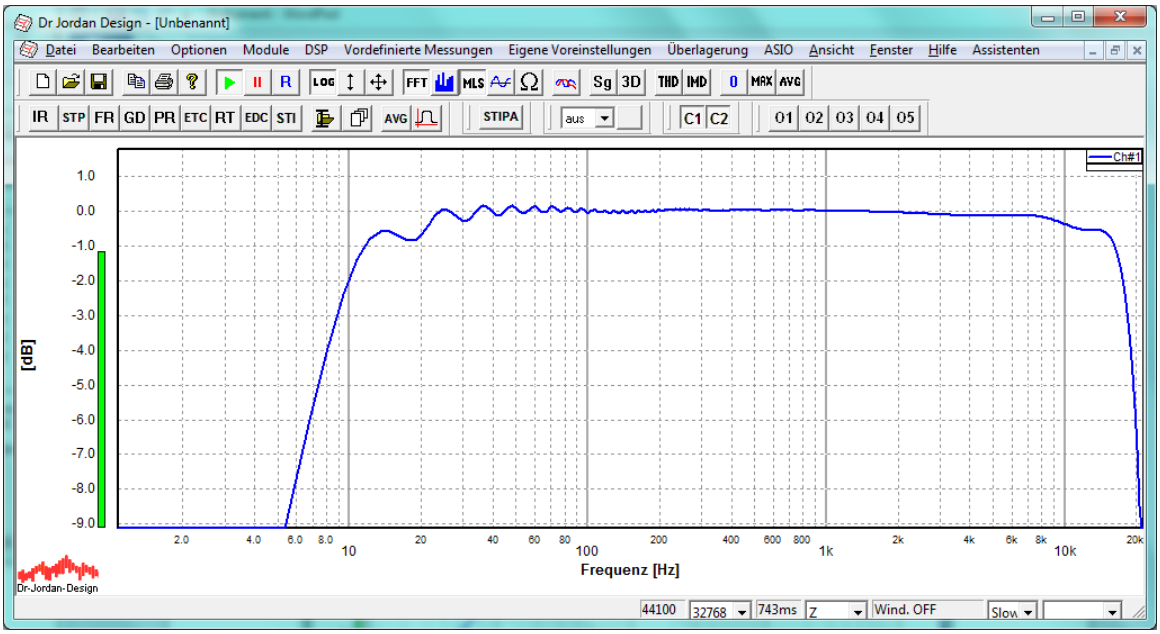
In diesem Fall wurde der MIX-Regler an der Soundkarte nicht beachtet. Viele Soundkarten haben so einen Einstellregler. Entweder als physikalisches Poti oder als Regler im Konfigurations Panel. Hier wird das Eingangssignal intern wieder mit einer kleinen Verzögerung auf den Ausgang gemischt. Auf diese Weise kann die Soundkarte als Mikrofonvorverstärker verwendet werden. Diese Mischung führt bei unserere direkten vernindung zwischen Lin-in und out durch das Kabel zu einem Kamm-Filter und damit zu dem krummen Frequenzgang.

Ein solcher zusätzlicher Signalpfad muss unter allen Umständen abgeschaltet werden.

Im nächsten Bild ist der MIX-Regler komplett auf DAW gestellt. Damit hat sich der Frequenzverlauf deutlich verbessert. Die vorigen Kurven waren auch korrekt. Es entsprach dem physikalischen Frequenzgang. Allerdings wollten wir den Frequenzgang ohne die Mix-Effekte messen.

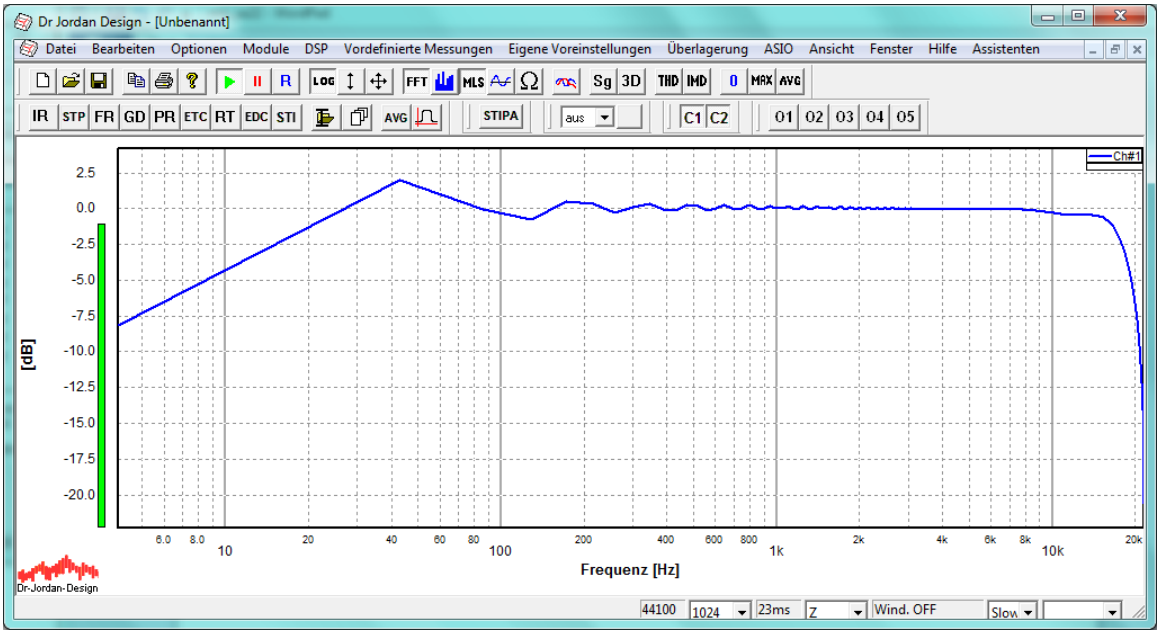


Im nächsten Schritt zoomen wir weiter heran, um weitere Details zu erkennen.



Man erkennt eine Art „Einschwingen“ bei den tiefen Frequenzen.

Zum Vergleich wurde im folgenden Bild die FFT wieder auf 1024 verringert. Hier sieht man deulich die geringe Frequenzauflösung in einem zackigen Verlauf.



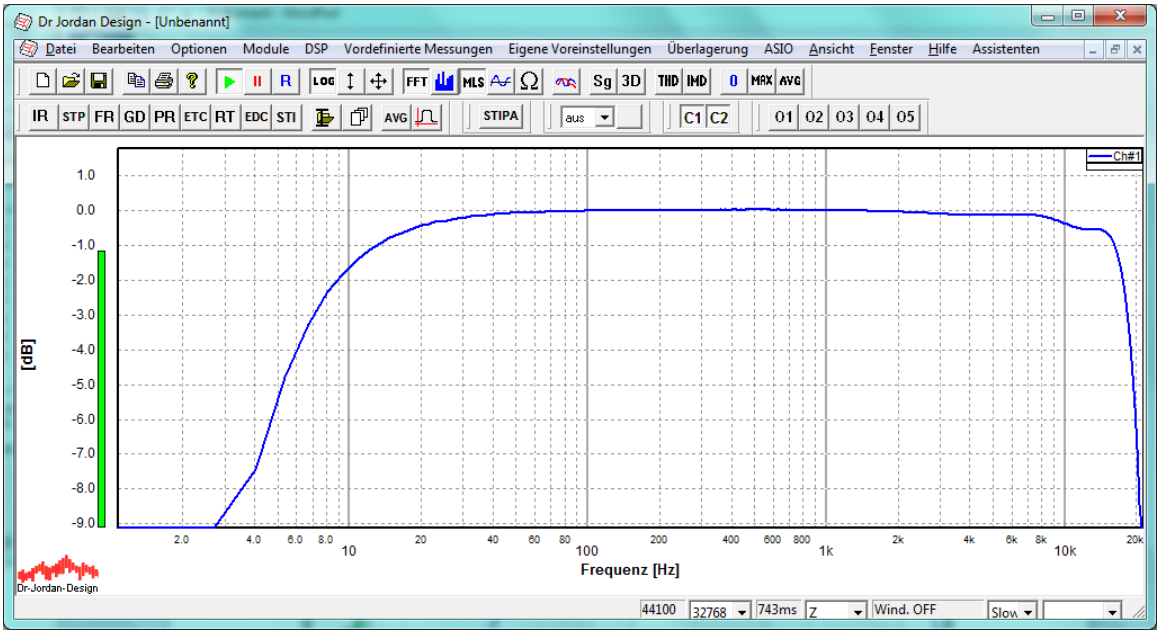
Wir belassen die FFT aber wieder bei 32768.

Die Ursache in dem Einschwingverhalten liegt in dem Eingangsfilter, dass die Gleichspannung abblockt. Dieses Filter ist sehr tieffrequent (-3dB bei 6 Hz) und hat damit eine lange Einschwingdauer. Bei einer MLS-Länge von 4096 wird die Impulsantwort des Filters aber nach ca. 100ms abgeschnitten. Dies ist der sogenannte *Leckeffekt*, der sich im Frequenzbereich als *Einschwingen* bemerkbar macht. Es handelt sich hierbei um ein Artefakt der MLS-Messung und nicht um den wirklichen Frequenzgang! Den **wirklichen** Frequenzgang könnten wir stets mit einzelnen Sinustönen nachmessen.

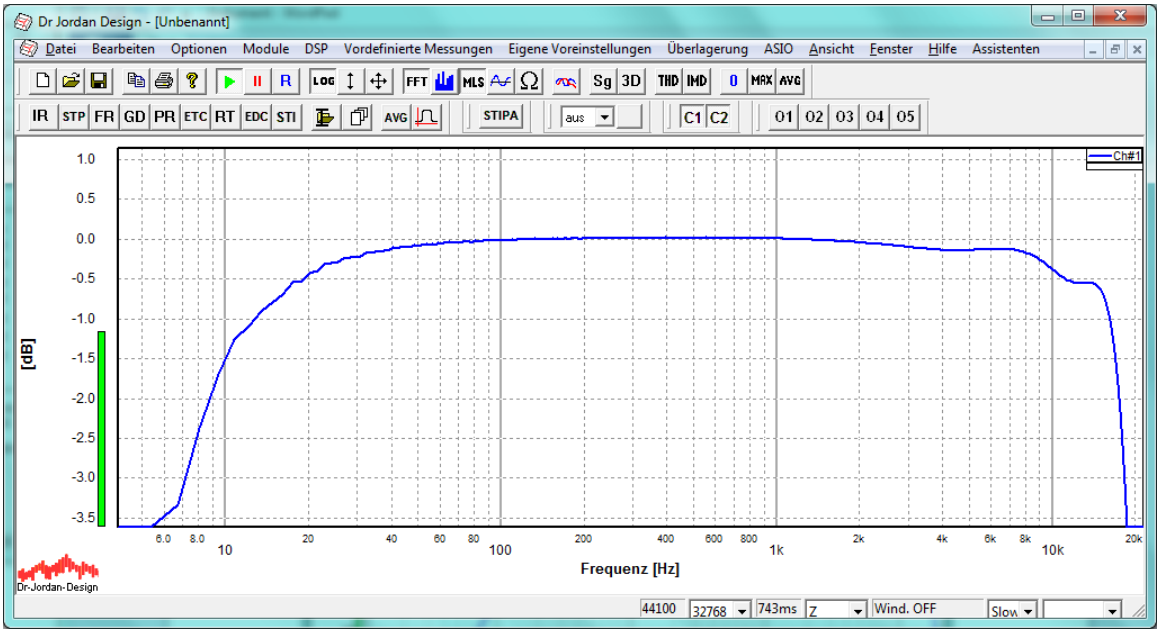
Man darf hier aber nicht vergessen, dass die Messung hier schon auf sehr hohem Niveau verläuft. Das Einschwingen beträgt 0.5dB und ist nur beim Zoomen sichtbar.

Die Lösung besteht darin, die MLS Länge auf 16384 zu erhöhen. Das Einschwingen des Hochpass-Filter wird damit vollständig erfasst und nicht mehr abgeschnitten. Höhere Werte bei elektrischen Messungen sind nicht zu empfehlen, da dies wiederum zu anderen Artefakten führt. Einzig bei *akustischen* Messungen werden lange Sequenzen verwendet, um die Antwort des Raumes zu erfassen. Dort können das mehrere Sekunden also auch mehrere 100.000 Punkte. Wer jedoch bei *elektrischen* Messungen Werte von 1Million einstellt (nach dem Motto viel hilft viel) wird kaum sinnvolle Ergebnisse erzielen. An dieser Stelle verwenden wir diese deutliche Formulierung, da wir viele Kunden-Anfragen erhalten, wo hier recht phantasievolle Werte eingestellt wurden.

Der Frequenzgang sieht jetzt sehr vernünftig aus.

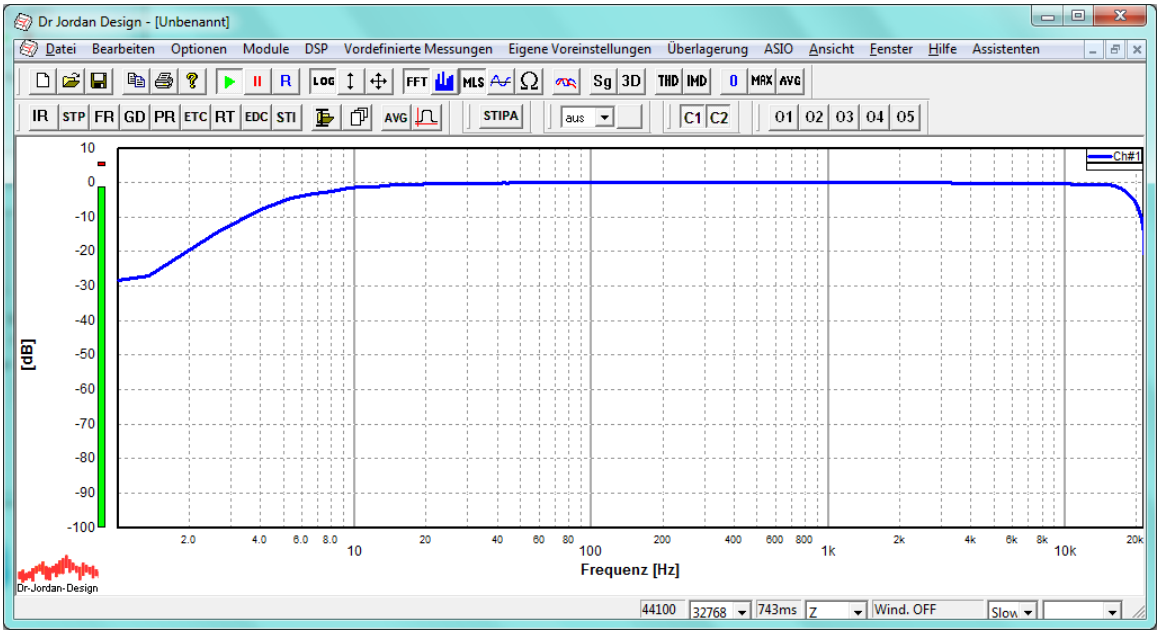


Wir zoomen weiter ran.



Man erkennt hier noch ein minimales Einschwingverhalten bei den tiefen Frequenzen. Bei den *hohen* Frequenzen würde man bei dieser Darstellung eine „schlechte“ Soundkarte vermuten, da diese keinen linealglatten Verlauf bis 20kHz hat. Man darf dabei aber nicht vergessen, dass bei **JEDER** Soundkarte ein sehr steil-flankiges Anti-Aliasing Filter eingebaut ist, das kein Signal oberhalb der halben Abtastfrequenz durchlässt. Ein solches Filter muss sich aber an die Physik halten und kann nicht beliebig steilflankig sein. Dieses Filter führt bei dieser Soundkarte bei 10kHz, also noch im Durchlassbereich, zu einer Dämpfung von 0.5dB, was einen guten Wert darstellt.

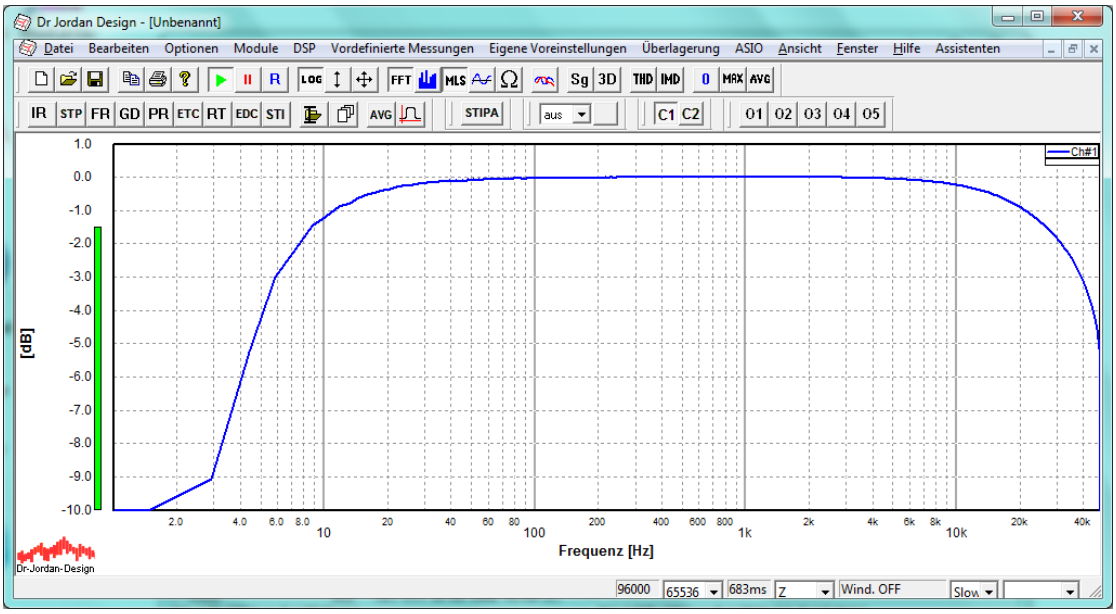
Wie immer ist dies auch eine Frage der Darstellung. Im Datenblatt hätte man vielleicht diese Kurve gefunden.



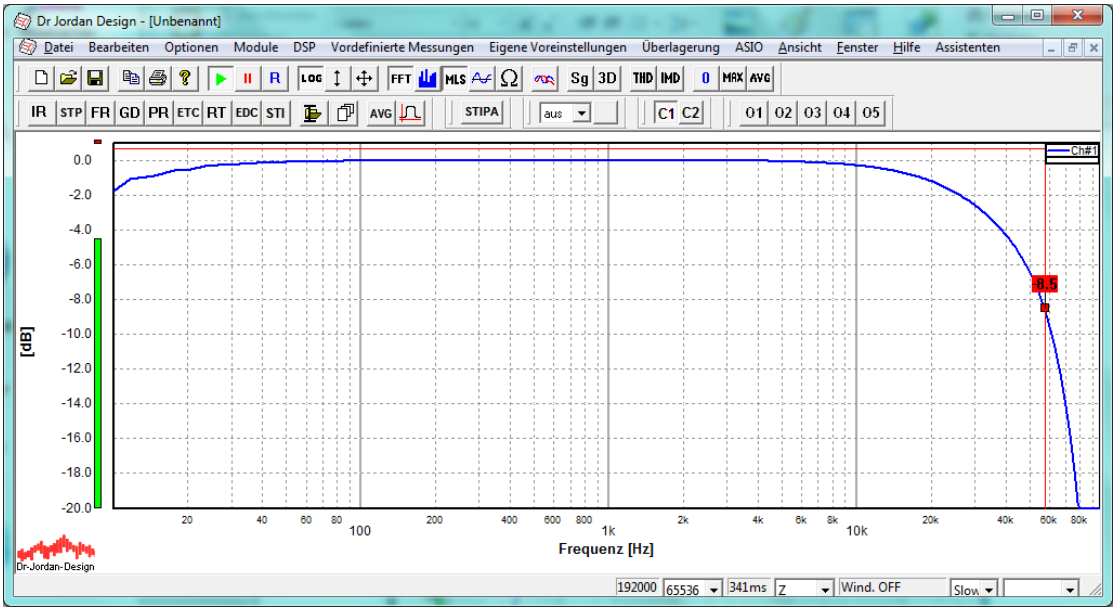
Wer oberhalb von 10kHz auf zehntel dB messen möchte, muss entweder bei 44kHz Abtastrate das Anti-Aliasing Filter durch eine Korrektur berücksichtigen, oder eine höhere Abtastrate von z.B 96kHz verwenden. Das Anti-Aliasing Filter liegt dabei ausserhalb des Hörbereichs bei 48kHz.

Bei 96kHz erhält man folgenden Verlauf. MLS und FFT Größe wurden mit der Abtastfrequenz erhöht (jeweils auf 65536 Punkte).

Man erkennt deutlich den verbesserten Verlauf bei 10-20kHz.



Bei 192kHz erhält man folgenden Verlauf. MLS und FFT sind bei 65536 geblieben, da dies nur Einfluss auf die tiefen Frequenzen hätte, die wir bei dieser Darstellung ausgeklammert haben. Bei dieser Soundkarte führt die Abtastrate von 192kHz jedoch nicht zu einem besseren Verlauf, da hier offenbar an den Filtern gespart wurde. Hier haben wir schon deutlich bessere Karten vermessen, die bis 85kHz maximal um 0.5db abgewichen sind. Und bis 30kHz unterhalb von 0.1dB.


Dr Jordan Design - [Unbenannt]
Datei Bearbeiten Optionen Module DSP Vordefinierte Messungen Eigene Voreinstellungen Überlagerung ASIO Ansicht Fenster Hilfe Assistenten
IR STP FR GD PR ETC RT EDC STI
AVG
STIPA
aus
C1 C2
01 02 03 04 05
Ch#1
-8.5
[dB]
0.0
-2.0
-4.0
-6.0
-8.0
-10.0
-12.0
-14.0
-16.0
-18.0
-20.0
20 40 60 80 100 200 400 600 800 1k 2k 4k 6k 8k 10k 20k 40k 60k 80k
Frequenz [Hz]
Dr-Jordan-Design
192000 65536 341ms Z Wind. OFF Slow