

Dipl.- Ing. (FH) Thomas Neumann

# Time Alignment in der Praxis

Version 3.1

Stand 15.07.2026



## Was bedeutet 'Timealignment'

Unter Timealignment versteht man die Anpassung der Laufzeiten der verschiedenen Lautsprecherkomponenten eines Beschallungssystems. Da sich die Abstrahlorte der einzelnen Lautsprecher (bis auf die Ausnahme von Coaxsystemen) nicht an einem Punkt befinden, kann die zeitliche Anpassung nur für einen Standort zu einhundert Prozent korrekt ausgeführt werden.

Konnte man früher in aktiv getrennten Systemen<sup>1</sup> nur die Trennfrequenz einstellen, so bieten die heute günstig erhältlichen digitalen Lautsprechercontroller neben der Auswahl verschiedenster Filter für die Frequenzweiche auch die Möglichkeit einzelne Wege individuell zu verzögern.

Die Vielzahl der Parameter dieser Controller macht es fast unmöglich, ohne den Einsatz von Messtechnik diese optimal einzustellen, speziell wenn der Hersteller der Lautsprecher keine Vorgaben für die Controllereinstellungen zur Verfügung stellt oder das System aus Komponenten verschiedener Hersteller zusammen gesetzt ist.

## Warum ist Time Alignment nötig?

Überlagert man zwei identische Signale so kommt es, je nach zeitlichem Bezug der beiden Signale zueinander, zu einer frequenzabhängigen Verstärkung oder Abschwächung. Dieser Effekt ist am stärksten, wenn die Amplitude beider Signale gleich groß ist.

Da sich die Frequenzen für Absenkung und Anhebung regelmäßig wiederholen, ergibt sich (bei linearer Frequenzskalierung) ein Bild, das einem Kamm gleicht. Daher wird dieser Effekt *Kammfilter* genannt.

Bei Lautsprechern soll durch das Timealignment erreicht werden, dass sich die Energie der einzelnen Komponenten im Übergangsbereich möglichst optimal addiert.

Daher erfolgt die Einstellung des Timealignments immer in dem Frequenzbereich, in dem beide Lautsprecher näherungsweise den gleichen Pegel abgeben. Die Frequenz, bei der beide Systeme gleich laut sind, nennt man akustische Übergangsfrequenz. Diese kann sich deutlich von der an der Frequenzweiche eingestellten Trennfrequenz unterscheiden.

<sup>1</sup> Bei einem aktiven System erfolgt die Aufteilung der einzelnen Frequenzbereiche vor der Verstärkung.



## Eine Messung in der Praxis

Dieses Dokument behandelt das Timealignment zwischen einem Subwoofer und einer Mitten-Hochtonbox. Die Bedienungsschritte werden kurz erläutert, sodass der Leser in der Lage ist, die Schritte am Rechner nachzuvollziehen.

### Vorbereitungen für die Messung

Für die Messung wird ein externes Audiointerface mit dem Rechner verbunden.

### Audiokonfiguration

Nun wird die Einstellung für die I/O Geräte im Menü *Einstellungen* aufgerufen.

| Art des Audiotreibers | ASIO Treiber     |
|-----------------------|------------------|
| ASIO Treiber          | ASIO4ALL V2      |
| Samplerate            | Mikrosignal      |
| 48,0 kSamples/s       | VB-AUDIO POINT 1 |
|                       | Bezugssignal     |
|                       | VB-AUDIO POINT 2 |

Wählen Sie links oben die Treiberart ASIO<sup>2</sup>. Dann kann unter ASIO Treiber das gewünschte Gerät gewählt werden. Nun wählen Sie in den entsprechenden Bereichen die Eingangskanäle und den Ausgangskanal.

Im Menü oben links stehen weitere Einstellungen zur Verfügung. Diese werden im Normalfall nicht benötigt.

Nach dem Sie die gewünschten Einstellungen vorgenommen haben, verlassen Sie das Fenster durch einen Klick auf die Taste übernehmen. Diese finden Sie sowohl links oben als auch rechts unten.

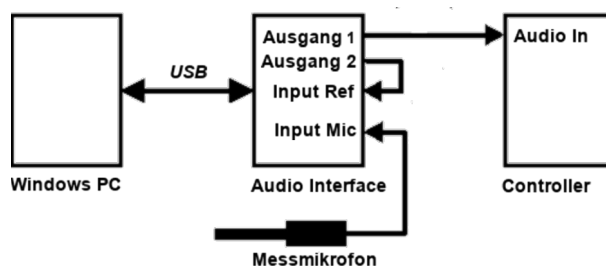


<sup>2</sup> Sollte kein ASIO Treiber zur Verfügung stehen oder bei dessen Benutzung Probleme auftreten, dann können Sie hier ein anderes Treibermodell wählen.



## Verkabelung

Das verwendete USB Audiointerface stellt einen Mikrofonvorverstärker mit Phantomspeisung zur Verfügung, an dem das Messmikrofon direkt angeschlossen werden kann.



Ein Ausgang des Audiointerfaces wird mit dem Eingang des Controllers verbunden. Der andere Ausgang dient als Referenzsignal und wird über ein kurzes Kabel mit dem Eingang für das Bezugssignal verbunden. **Verwenden Sie hierzur, um zu verhindern, dass die Phantomspeisung an den Ausgang gelangt, nach Möglichkeit KEIN XLR Kabel sondern ein symmetrisches Klinkenkabel oder verwenden Sie einen Trennübertrager.**

Am zweiten Eingang wird das Messmikrofon angeschlossen. Verwenden Sie, um zu verhindern, dass die Phantomspeisung an den Ausgang gelangt, nach Möglichkeit KEIN XLR Kabel sondern ein symmetrisches Klinkenkabel.

## Einstellungen am Audiointerface

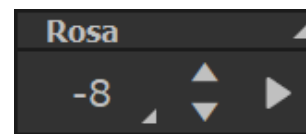
Da verschiedenste Audiointerfaces am Markt erhältlich sind, können die Einstellungen nur allgemein beschrieben werden. Nicht alle Einstellungen sind für alle Interfaces verfügbar.

- Aktivieren Sie die Phantomspeisung für das Messmikrofon. Das Messmikrofon ist ein Kondensatormikrofon und benötigt Phantomspeisung um arbeiten zu können.
- Stellen Sie sicher, dass die Eingänge nicht auf die Ausgänge geroutet sind. Deaktivieren Sie alle Abhöroptionen ( Direct Monitoring, Zero Latency Monitoring), sowohl am Interface als auch in dessen Treiber.
- Kann die Quelle des Ausgangssignals gewählt werden, so stellen Sie diese so ein, dass das vom Rechner erzeugte Signal wiedergegeben wird. Die Bezeichnungen variieren hier sehr, daher empfiehlt sich im Zweifelsfall ein Blick in die Anleitung des Interfaces.



## Audio testen

Als Messsignal kommt **rosa Rauschen** zur Anwendung. Die Art des Messsignals wird im Bereich Tongenerator, der sich rechts unten befindet, Auswahlliste gewählt werden. Klicken Sie dazu auf den Namen es aktuellen Signals. Damit öffnen Sie ein Pop-Up-Menü aus dem Sie das gewünschte Signal wählen können.



Ein Klick auf das Symbol Play startet das Signal. Mithilfe der Pfeiltasten kann der Ausgangspegel eingestellt werden.

## Hinweise

- Seien Sie bei der Pegeleinstellung vorsichtig und starten Sie mit niedrigen Pegelwerten. Im Normalfall ist eine moderate Lautstärke für eine Messung völlig ausreichend.
- Die Messung erfolgt als Vergleich der beiden Eingangssignale. Daher wird der Einfluss aller Geräte im Signalpfad erfasst. Daher sollte man sich vor dem Beginn der Messung überzeugen, dass hier keine unerwünschte Signalbeeinflussung erfolgt. Prüfen Sie daher den Signalpfad auf eventuell aktivierte Equalizer, Low-Cut Filter, bereits gesetzte Delays und ähnliche Dinge.
- Pegeln Sie das Audiointerface und Ihr System so ein, dass sich die Eingangspegel am VU Meter im Bereich zwischen -20 dB und -10 dB befinden.
- Prüfen Sie die korrekte Zuordnung der Eingänge. Eine Vertauschung von Bezugs- und Mikrofonsignal führt zu einer Inversion des Ergebnisses.



## **Aufstellung des Messmikrofons**

Wählen Sie einen repräsentativen Standort für das Messmikrofon. Dieser sollte on Axis und etwa mittig im vom System zu beschallenden Bereich liegen. Im Normalfall wird das Messmikrofon auf Kopfhöhe auf einem Stativ aufgestellt. Sollten sich in akustisch schwierigen Räumen mit dieser Aufstellung keine sinnvollen Ergebnisse erzielen lassen, dann empfiehlt sich, das Mikrofon auf den Boden, am besten auf akustisch wirksames Material (Decke, Jacke o.ä) zu legen („Ground-Plane“).

## **Durchführung des Timealignments**

### ***Ziel***

Das Ziel des Timealignments ist eine Angleichung der Ankunftszeiten des Schalls der beiden Quellen. Hierdurch wird erreicht, dass sich beide Signale addieren und somit eine höherer Nutzschallpegel zur Verfügung steht.

Dies kann nur durch eine Veränderung der Eintreffzeit des Schalles aus einer der beiden Quellen realisiert werden.

### ***Einflüsse***

Die Eintreffzeit des Schalles, und damit die Qualität der Addition, wird durch viele Faktoren beeinflusst:

- Latenz (Laufzeit bei der digitalen Verarbeitung von Signalen).
- Schallausbreitung in der Luft.
- Verwendete Filter (Hochpass, Tiefpass, aber auch Equalizer im betroffenen Frequenzbereich).
- Gewollte Verzögerung (Delay, Allpassfilter).
- Bauart des Lautsprechers.
- Die Polarität („Phase“) führt zu keiner Änderung der Laufzeit, ändert aber die Phasenbeziehung der beiden Signale und hat damit Auswirkungen auf die Interaktion der beiden Signale.



## Methodik

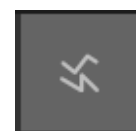
In der Praxis erfolgt das Timealignment meistens mithilfe einer zusätzlichen Signalverzögerung (Delay).

Im Folgenden werden zwei verschiedene Möglichkeiten des Timealignments aufgezeigt. Bei der ersten Methode erfolgt die Auswertung händisch, im zweiten Fall werden die in **SATlive** vorhandenen Werkzeuge genutzt. Die ersten Schritte sind in beiden Fällen gleich.

## Messung der Ist – Situation

Als erstes wird eine Messung durchgeführt, bei der beide Lautsprecher aktiviert sind. Diese dient zum einen als Referenz um den Erfolg der Optimierung zu überprüfen und zum anderen der Anpassung der Pegelverhältnisse.

Dies erfolgt in der Messart Übertragungsfunktion, die durch einen Klick auf das entsprechende Symbol ausgewählt wird.



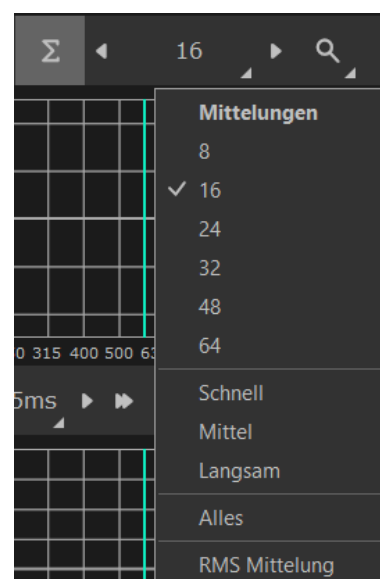
Die Messung startet, sobald der Tongenerator aktiviert wurde. Um, gerade in den Höhen, sinnvolle Resultate zu erreichen, muss als erstes die Laufzeit zwischen den beiden Eingängen kompensiert werden.

Drücken Sie hierzu die Tastenkombination *Strg + D*. SATlive stellt weitere Möglichkeiten zur Bestimmung von Delayzeiten zur Verfügung, diese sind jedoch nicht Gegenstand dieser Anleitung.

Nun stabilisiert sich die Anzeige der Kurve.

Sollte die Kurve weiterhin sehr schwanken, dann können Sie in der Werteeingabe nach der entsprechenden Auswahl (Symbol  $\Sigma$ ) Menüleiste) die Anzahl der Mittelungen erhöhen. Wählen Sie hierzu entweder einen Wert aus dem Pop-Up-Menü oder verändern Sie ihn mit Hilfe der Pfeile rechts und links der Werteanzeige.

Können Sie auch damit keine Stabilisierung der Anzeige erreichen, dann prüfen Sie bitte erneut die Einstellungen des Audiointerfaces und die Verkabelung.

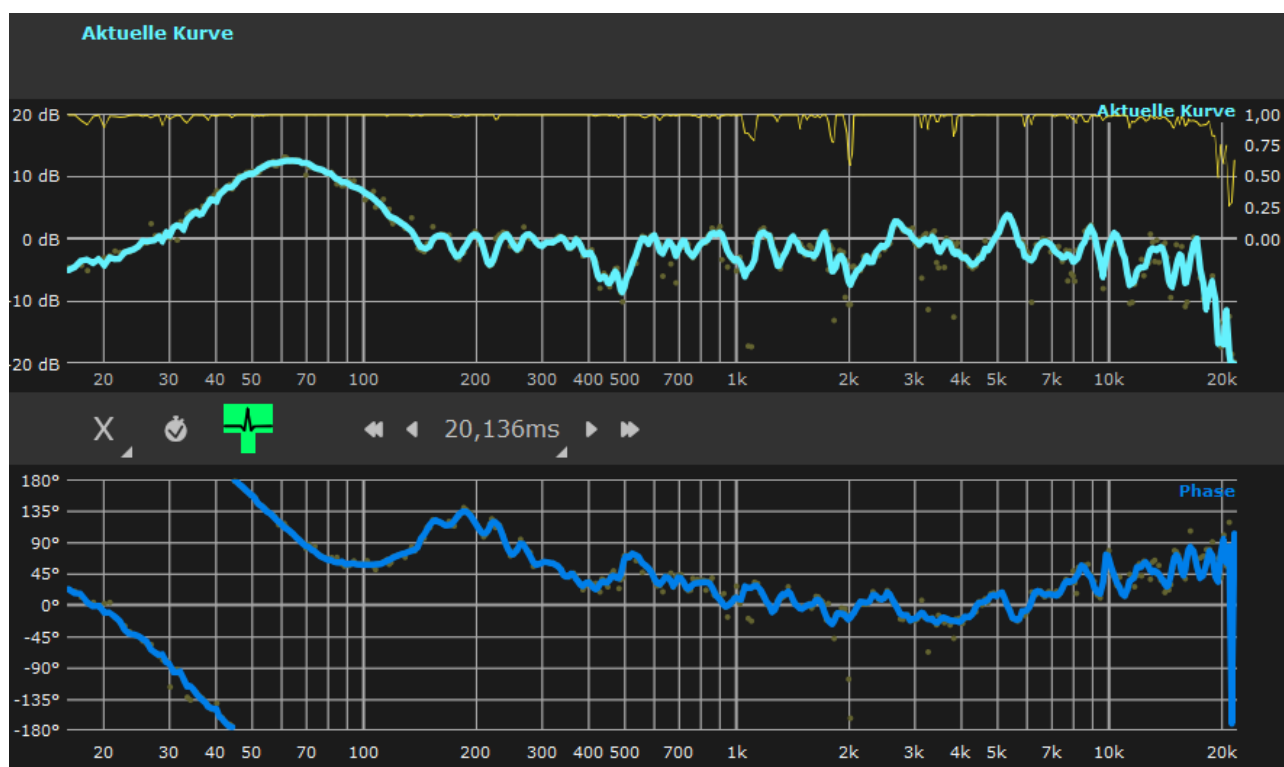




Diese Bild zeigt die Messung des unbearbeiteten Systems.



Für die gewünschte Beschallung ist der Subwoofer im Moment noch zu leise, so wird der Subwooferpegel deutlich angehoben und die Messung erneut gestartet.

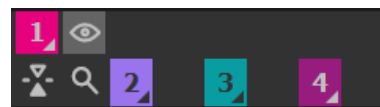




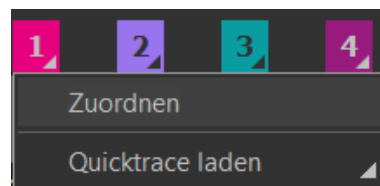
## Die Messung speichern

Damit die Messung für Vergleichszwecke zur Verfügung steht, wird sie in einen der acht Kurvenspeicher gespeichert. Diese Kurvenspeicher werden über ihre Symbole in der

entsprechenden Menüleiste verwaltet. Über einen Klick auf das Feld, das die Nummer der Kurve zeigt, kann das entsprechende Pop-up-Menü aufgerufen werden.

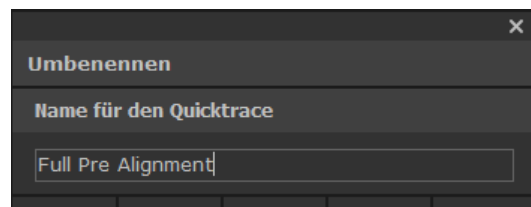


Dort kann über den Eintrag **Zuordnen** die Kurve in diesen Speicher abgelegt werden.



Jetzt öffnet<sup>3</sup> sich ein Fenster, in dem Sie eine Beschreibung der Kurve eingeben können. Um die Kurve zu speichern

 klicken Sie in diesem Fenster auf die Taste **Übernehmen**.

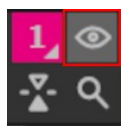


## Die Kurvenspeicher verwenden

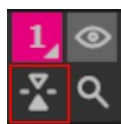
Sobald einem der Kurvenspeicher eine Kurve zugeordnet wurde, erscheinen drei weitere Symbole, mit deren Hilfe Sie die Anzeige des Kurvenspeichers modifizieren können.



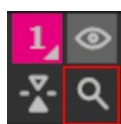
Das Symbol links oben zeigt weiterhin die Nummer des Speichers sowie die Farbe der zugeordneten Kurve an und ermöglicht den Zugriff auf das Pop-up-Menü, welches nun weitere Optionen besitzt.



Durch einen Klick auf das Symbol Auge rechts oben können Sie die Sichtbarkeit der Kurve umschalten. Ist das Symbol hinterlegt, dann ist die Kurve sichtbar.



Das Symbol links unten erlaubt es, die Kurve in der Anzeige an der Nulllinie zu spiegeln. Dies kann bei der Anpassung eines Equalizers an die Kurve hilfreich sein.



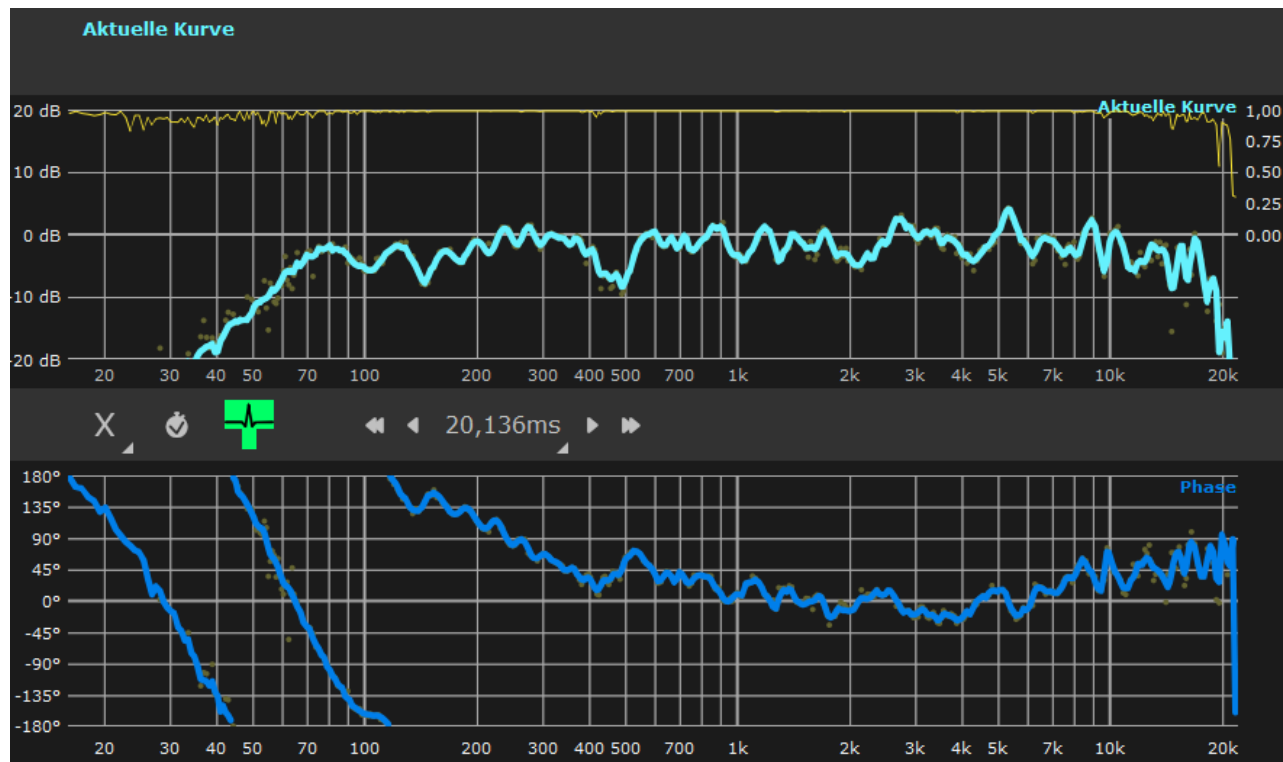
Mit dem Symbol Lupe, das sich links unten befindet, kann die Kurve zur Auswertung ausgewählt werden. Damit wird die Kurve in der Anzeige in den Vordergrund gebracht und ihre Werte mit dem Cursor ausgelesen.

<sup>3</sup> Diesen Schritt kann man unterbinden, wenn man den Haken bei *Nameneditor bei Zuweisung* öffnen entfernt. Diese Option finden Sie auch in den *Einstellungen* → *Optionen*.



## Messung des Topteils

Um eine Referenz für die Auswertung zu erhalten, wird nun das Topteil alleine gemessen.

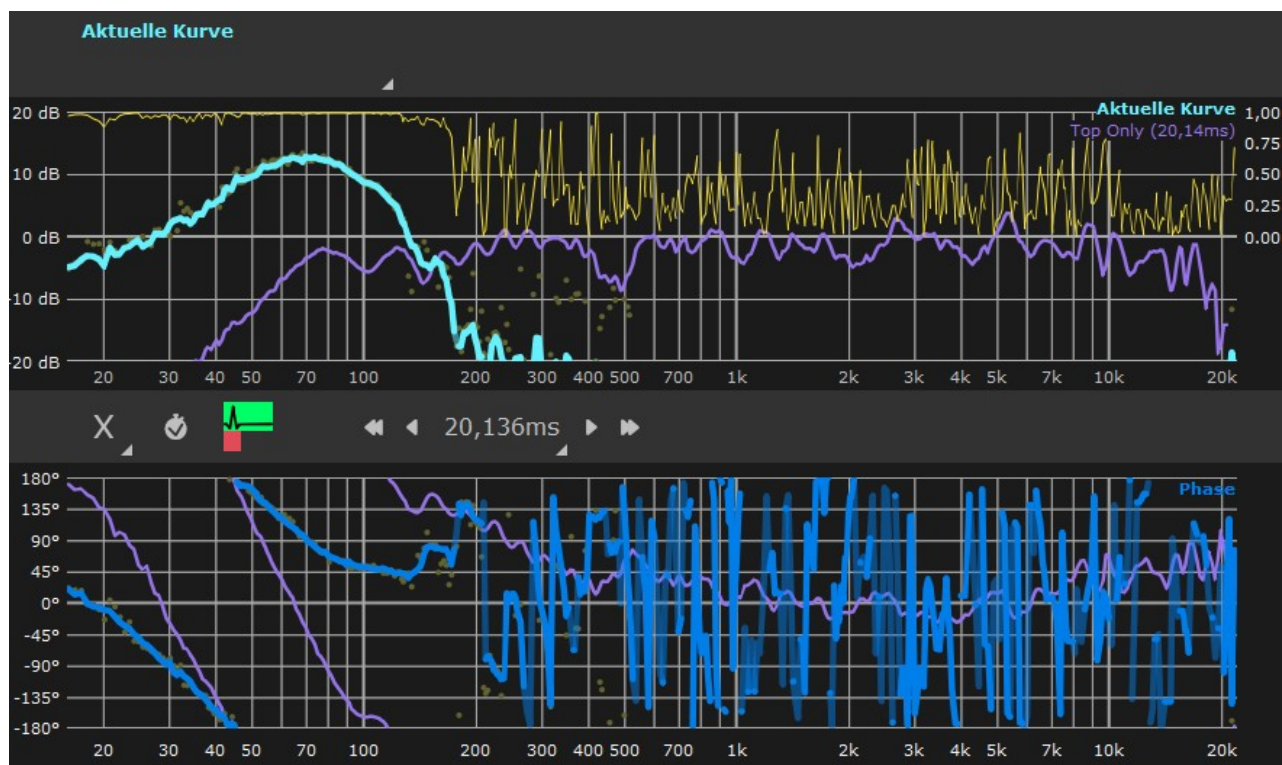


Das Ergebnis wird, wie auf Seite 9 beschrieben, ebenfalls in einem Kurvenspeicher gespeichert.



## Messung des Subwoofers

Als Nächstes wird nur der Subwoofer gemessen. Dabei ist es wichtig, das Delay in **SATlive** nicht zu verändern, da sonst der zeitliche Bezug verloren gehen würde.



Die aktuelle Messung wird in blau und die gespeicherte Kurve des Topteils in violett angezeigt.



## Die Optimierung

### Werkzeuge für die Optimierung

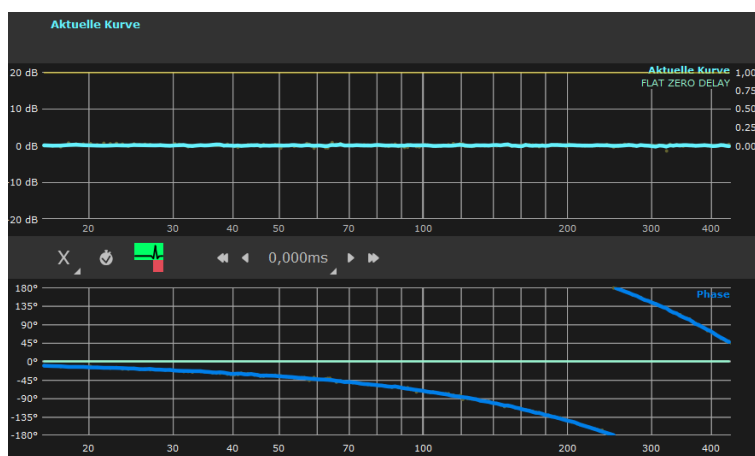
Wie bereits erwähnt, erfolgt die Optimierung durch eine Angleichung der Phasenkurve im Übergangsbereich. Für eine Veränderung der Phasenkurve bieten die aktuellen Lautsprechercontroller die folgenden Werkzeuge an:

#### Verzögerung (Delay)

Eine Verzögerung (Delay) bewirkt eine Erhöhung der Phasenwerte.

Diese Erhöhung steigt mit zunehmender Frequenz, so dass sich eine Abfall der Phasenkurve in Richtung der hohen Frequenzen ergibt.

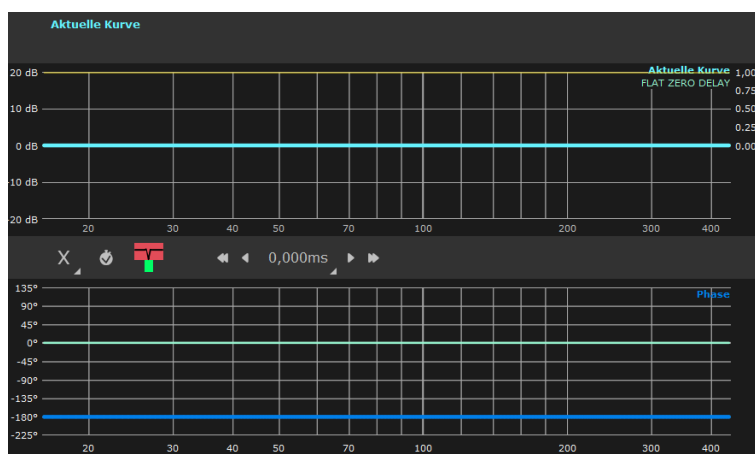
Eine Verzögerung hat keinen Einfluss auf den Frequenzgang des einzelnen Lautsprechers.



#### Inversion der Polarität

Durch die Inversion der Polarität, im Volksmund auch als ‚Phasendrehung‘ bezeichnet, verschiebt die Phasenkurve unabhängig von der Frequenz um einen festen Betrag von 180°.

Auch hier bleibt der Amplitudenfrequenzgang unverändert erhalten.



Bitte beachten sie, dass hier die Darstellung der Phasenkurve um 45° verschoben wurde damit der frequenzabhängigen Unterschied von 180° deutlicher sichtbar ist.



## Filter

Wird ein normales Hochpass- oder Tiefpassfilter verwendet, so erfolgt eine frequenzabhängige Veränderung der Phasenkurve.

Am Beginn des Durchlassbereichs beträgt die Abweichung  $0^\circ$ , bei der vorgegebenen Übergangsfrequenz (im Bild 100 Hz) beträgt sie  $45^\circ$  \*

Filterordnung, also bei einer

Filtersteilheit von 12dB/Oktave  $90^\circ$  oder bei 24dB / Oktave  $180^\circ$ .

Am Ende des Sperrbereiches wird

eine Abweichung von  $90^\circ$  \*

Filterordnung erreicht, also bei

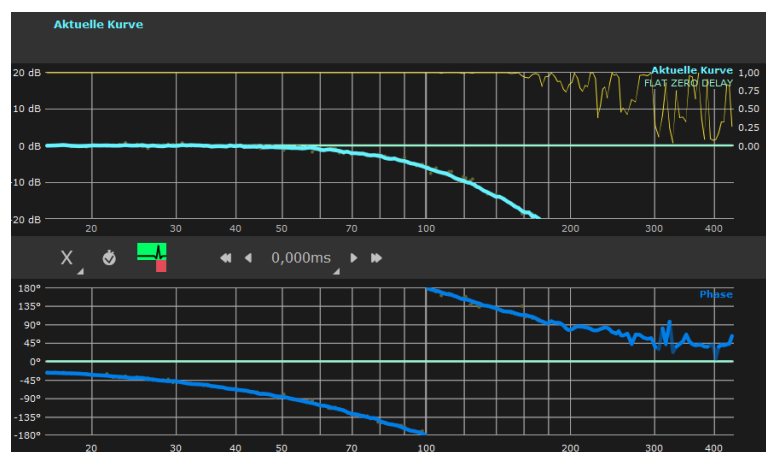
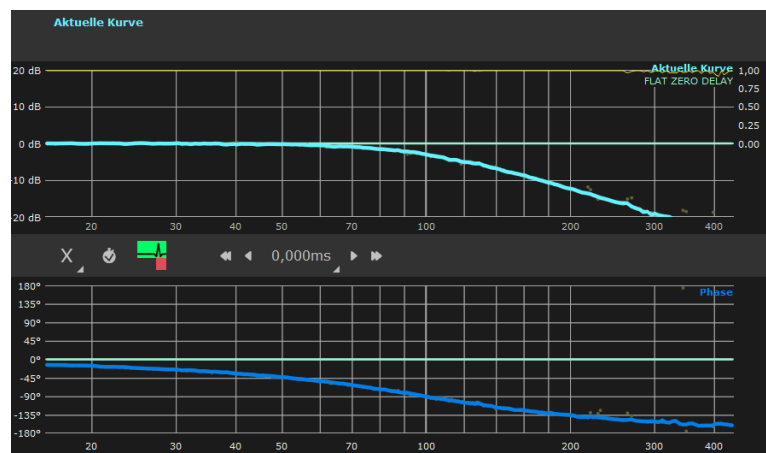
einem Filter mit einer Steilheit von 12dB/Oktave  $180^\circ$  und bei einem

Filter mit einer Steilheit von

24dB/Oktave  $360^\circ$ .

Die Filter haben, mit Ausnahme der sogenannten Allpassfilter, eine, meist gewünschte, Auswirkung auf den Frequenzgang.

Hieraus folgt, dass jede Änderung der Filtereinstellung am Controller eine Auswirkung auf die Phasenkurve hat. Daher sollte die Filtereinstellung vor der Optimierung bereits festgelegt sein und im Zuge der Optimierung unter Beachtung der Daten der einzelnen Komponenten mit optimiert werden. Es ist darauf zu achten, dass die Einstellung der Frequenzweiche nach der Optimierung nicht mehr verändert wird.

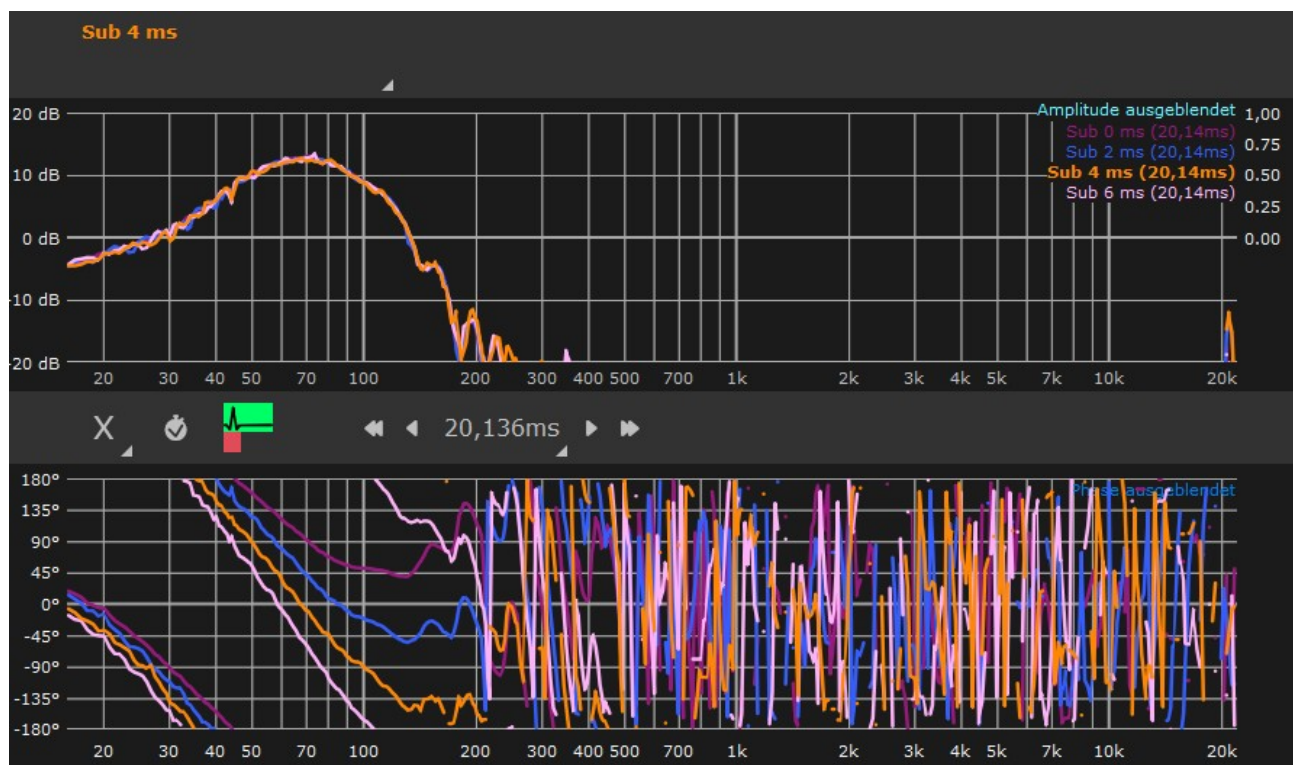




## Die Optimierung im Beispiel

Für die Optimierung in unserem Beispiel wird nur eine mit Verzögerung und der Inversion der Polarität gearbeitet.

Durch eine zusätzliche Verzögerung nimmt die Steigung der Phasenkurve zu. Das Bild zeigt die Messung des Subwoofers ohne zusätzliche Verzögerung (Violett), mit 2 ms Verzögerung (Blau), mit 4 ms Verzögerung (braun) und mit 6 ms Verzögerung (Rosa).



Während der Amplitudenfrequenzgang (obere Kurve) unverändert bleibt, hat die Verzögerung einen deutlichen Einfluss auf den Phasengang (unterer Kurve).

## Manuelle Optimierung

### Festlegung des Interaktionsbereiches

Als erstes muss festgelegt werden, welcher Bereich für die Optimierung betrachtet werden soll. Da die Interaktion in den Bereichen mit ähnlicher Amplitude am stärksten ist, wird man sich auf den Bereich um die akustische Übergangsfrequenz konzentrieren. In betrachteten Fall wird der Bereich von ca. 70 Hz bis ca 170 Hz betrachtet, da hier der Pegelunterschied bei maximal ca. 10 dB liegt.



## Verschiebung der Phasenkurve

Nun wird, bei laufender Messung, das Delay variiert, bis die Steigung der beiden Phasenkurven im betrachteten Bereich annähernd gleich ist. Bei Problemen mit der Darstellung kann diese mit den Tasten *Strg + Bild auf* und *Strg + Bild ab* in Schritten von 45° vertikal verschoben werden.

Durch einen Reset (Taste **R** auf der Tastatur oder Symbol Neustart) passt sich die Anzeige schneller an die geänderte Situation an.



Nach einigem Experimentieren ergibt sich, mit einer Delayzeit von 6,1 ms folgendes Bild.



Bitte beachten Sie, dass hier die Phasenkurven im Gegensatz zu den vorherigen Darstellungen vertikal verschoben sind.

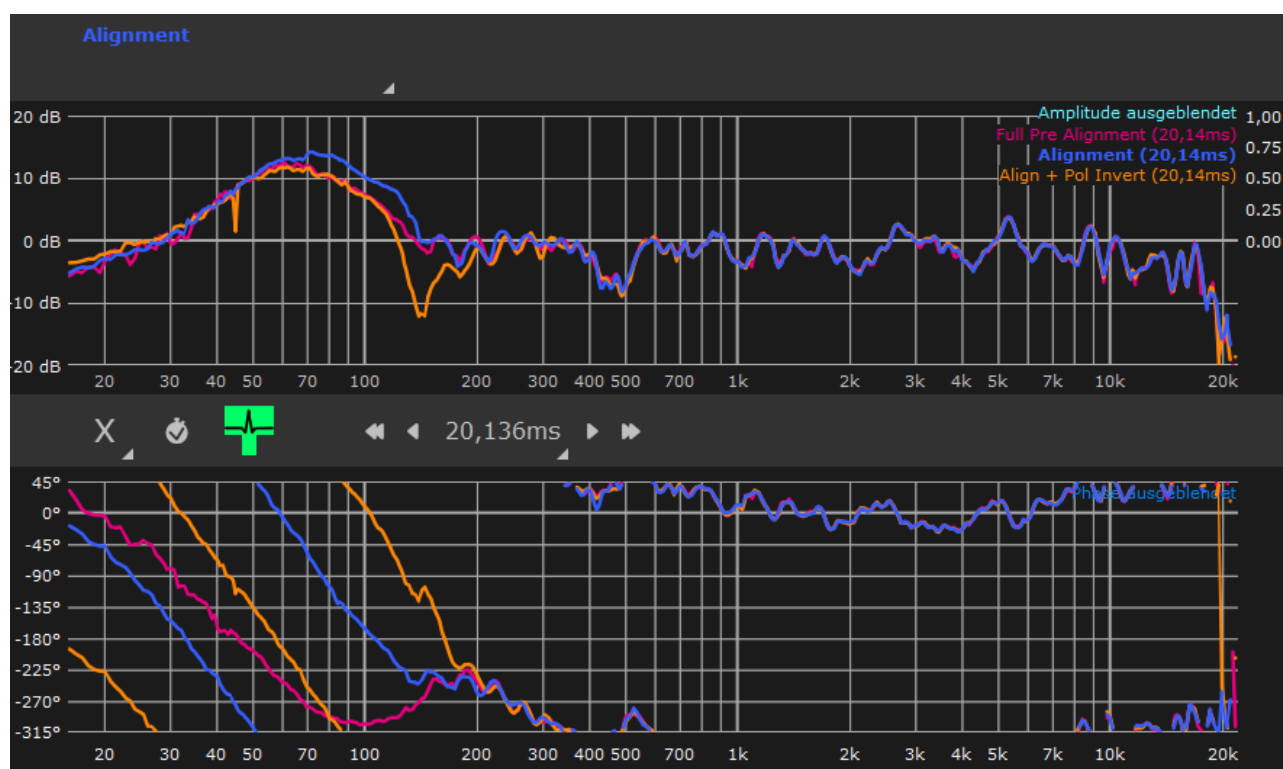


## Verifikation der Optimierung

Nun kann das Timealignment überprüft werden. Hierzu sind zwei Verfahren sinnvoll:

- Ein Vergleich mit dem Frequenzgang ohne die Anpassung. Hier sollte im sichtbare Verbesserung im betrachteten Bereich sichtbar sein.
- Eine Messung, bei der einer der beiden Wege in der Polarität gedreht wird. Hier sollte sich, im Vergleich zur optimierten Version ein starker Pegelabbruch im betrachteten Bereich einstellen, da aus der perfekten Addition nun eine perfekte Auslöschung wird.

**VERGESSEN SIE NICHT NACH DIESER TESTMESSUNG DIE INVERSION DER POLARITÄT RÜCKGÄNGIG ZU MACHEN.**



In diesem Bild zeigt die blaue Kurve den Zustand nach dem Timealignment, die rote Kurve den unbearbeiteten Zustand und die orange Kurve die Optimierung mit gedrehter Polarität. Es zeigt sich, gerade im betrachteten Übergangsbereich, ein deutlicher Unterschied, sodass das Timealignment als gelungen angesehen werden kann.



### ***Timealignment mit den Werkzeugen von SATlive***

Der hauptsächlich Vorteil der Verwendung der in **SATlive** integrierent Werkzeuge ist, dass der eigentliche Abgleich in der Software vorgenommen werden kann, und somit in der Optimierungsphase keine Messung nötig ist. Damit kann die Belastung anderer Gewerke deutlich reduziert werden.

Vom Ablauf werden die selben Schritte wie bei der manuellen Optimierung durchgeführt, wobei diese jedoch durch die Werkzeuge erleichtert und beschleunigt werden.

Nachdem auch hier der Frequenzgang des Tops und des Subwoofers gemessen und gespeichert worden sind, kann die Messung beendet werden.

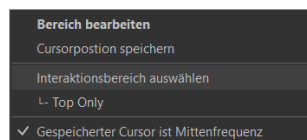
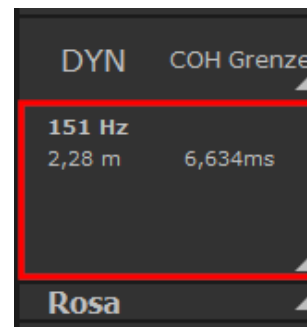


## Festlegung des Interaktionsbereichs

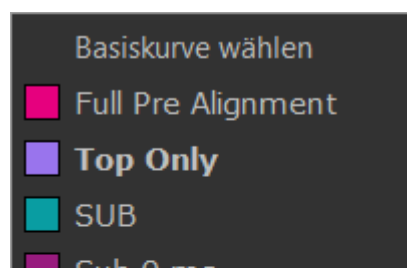
**SATlive** kann den Interaktionsbereich automatisch auswählen, indem ausgehend von der Cursorposition der Pegelunterschied zwischen zwei Kurven berechnet wird und der Bereich als Interaktionsbereich markiert wird in dem dieser Pegelunterschied unter 10 dB liegt.

Um das Werkzeug für die automatische Festlegung zu nutzen, wird als erstes der Cursor auf die akustische Übergangsfrequenz gesetzt.

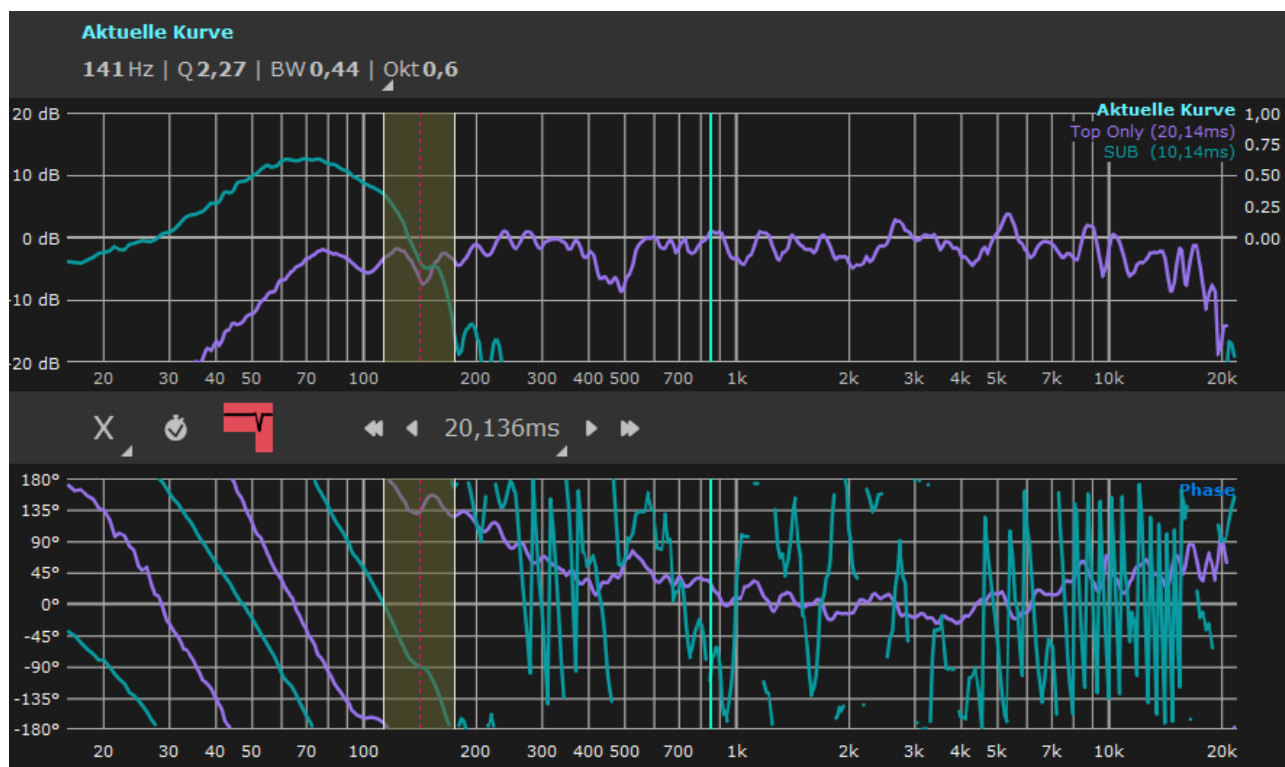
Dann wird das Pop-Up-Menü des Bereichs *Cursorposition* durch einen Klick auf diesen Bereich aufgerufen.



Hier klickt man auf den Eintrag *Interaktionsbereich auswählen*. Es erscheint nun ein das Menü



*Basiskurve wählen*, indem die entsprechende Kurve, in unserem Fall der Frequenzgang des Tops, ausgewählt werden kann.



Nun ist der entsprechende Bereich in der Anzeige markiert. Alternativ kann man den gewünschten Bereich auch manuell festlegen.



## Optimierung mit dem Werkzeug Delayvorschlag

 Jetzt kann das Pop-up-Menü Delayvorschlag über des entsprechende Menüsymbol aufgerufen werden.

Über den Menüeintrag *Basiskurve wählen* kann eine Kurvenauswahl, analog zur Auswahl für die Festlegung des Interaktionsbereichs, geöffnet werden.

Alternativ kann, wenn die gewünschte Kurve im Menü angezeigt wird, diese direkt ausgewählt werden. Durch die Auswahl der Kurve, sei es direkt in diesem Menü oder im Auswahlmenü *Basiskurve wählen*, wird die Berechnung automatisch gestartet.

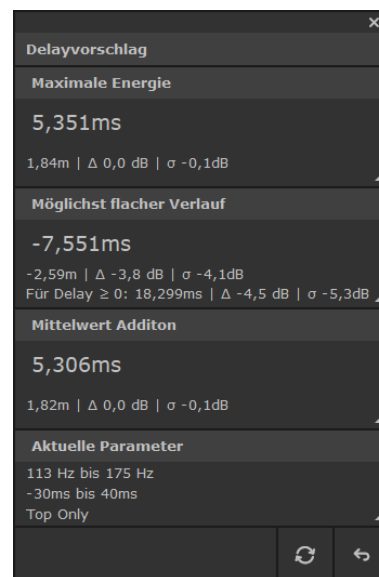
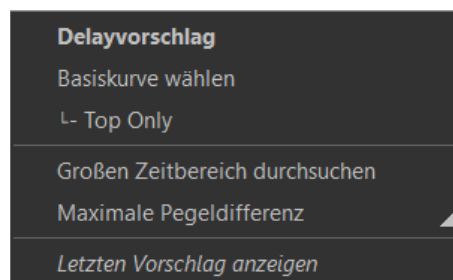
Nach dem Ende der Berechnung erscheint das Fenster mit den Resultaten der Berechnung.

Da eine optimale Addition gewünscht wird, ist in diesem Falle das Resultat im Bereich *Maximale Energie* von Interesse. Dieses stimmt nahezu perfekt mit dem bei der manuellen Optimierung (siehe Seite 14) erzielten Delaywert überein. Der Delayvorschlag bezieht sich immer auf die aktuelle Messung, d.h. das Delay muss dem aktuell aktivem Lautsprecher, in diesem Fall dem Subwoofer, zugewiesen werden.

Der Delayvorschlag kann auch negativ sein. In diesem Fall ist das Delay dem anderen Lautsprecher zuzuweisen, oder falls der aktuell gemessene Lautsprecher bereits mit einem Delay versehen ist, so kann dies entsprechende verringert werden.

Wenn der Delayvorschlag eine Inversion der Polarität eines der beiden Lautsprecher erfordert, so wird diese mit dem Hinweis (*INV*) angezeigt.

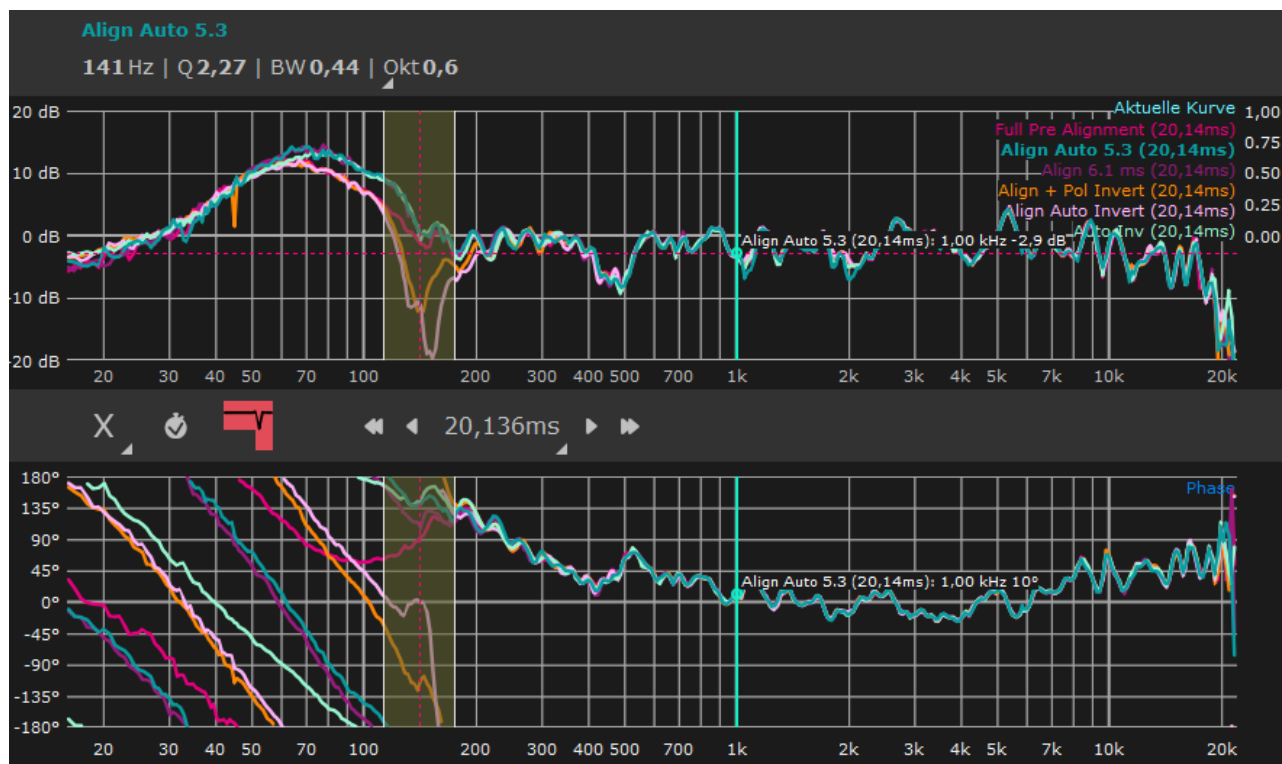
Ein Klick mit der Maus auf das entsprechende Ergebnisfeld zeigt weitere Möglichkeiten, sowie deren Abweichung zum besten Ergebnis, an.





## Verifikation der Optimierung

Die Verifikation der Optimierung erfolgt auf die gleiche Weise, wie sie im Rahmen der manuellen Optimierung auf der Seite 16 beschrieben wurde.



Diese Bild zeigt die Resultate für die automatische Optimierung (Dunkelgrün), und für den manuell ermittelten Wert (Violett), die sehr ähnlich sind. Der Vergleich der beiden Verifikationen mit invertierten Polarität (Orange: Manuelle Optimierung, Pink: Automatische Optimierung), zeigt das die automatische Optimierung im markierten Bereich noch etwas exakter erfolgt ist. In rot wird als Referenz die Messung ohne Optimierung angezeigt.

In Hellgrün wird die Optimierung entsprechend der Werte für die Optimierung **Maximale Energie -> Invertiere Polarität** angezeigt. Auch hier ist, wie aufgrund des niedrigen Unterschiedes (Symbol  $\Delta$ ) zu erwarten war, kein deutlicher Unterschied im Amplitudenfrequenzgang wahrnehmbar.

| Maximale Energie                   |  |
|------------------------------------|--|
| Unbearbeitet                       |  |
| Delay: 5,351 ms   1,84m            |  |
| $\Delta$ 0,0 dB   $\sigma$ -0,1dB  |  |
| Invertierte Polarität              |  |
| Delay: 1,655 ms   0,57m            |  |
| $\Delta$ -0,1 dB   $\sigma$ -0,1dB |  |
|                                    |  |



## Anhang

- Eine Testversion von SATlive können Sie von der Website [www.satlive.audio](http://www.satlive.audio) herunterladen.
- Beim Timealignment können durchaus verschiedene Wege zum Ziel führen, und es sind verschiedene Optimierungsziele (breitbandige Addition oder optimale Addition an Stellen, an denen der akustische Output der Lautsprecher abfällt) möglich.
- Am Anfang sollte man die Abläufe des Timealignments möglichst ohne Zeit- und Erfolgsdruck trainieren. Auf alle Fälle sollte man ein funktionierendes Controllersetup ‚in der Hinterhand‘ haben.



Copyright 2006 – 2026 Dipl. Ing. FH Thomas Neumann

[www.satlive.audio](http://www.satlive.audio)

info@satlive.audio