

Sie engagieren sich für eine erlebnisreiche und genussvolle Musikwiedergabe!

Dann sollten Sie den folgenden Erläuterungen Ihre Aufmerksamkeit schenken.

## Lautsprechertechnik ANNO 2010

Seit Generationen arbeiten Techniker an der Reproduktion von Schall mit Hilfe von Lautsprechern (elektroakustischen Wandlern).

**Fakt ist - es gibt keinen einzigen Wandler, der innerhalb des menschlichen Hörspektrums das ihm zugeführte elektrische Abbild des Schalls in die äquivalenten Schallwellen wandeln kann!**

**Die elektrischen Eingangssignale werden nicht in die entsprechenden Schallwellen gewandelt!**

Lautsprecher machen mit weitem Abstand die größten Fehler innerhalb der Übertragungsstrecke!

Keine andere Komponente verändert/verzerrt derart stark die Musiksignale.

Die physikalischen Rahmenbedingungen und der derzeitige Stand der Analog- und Digitaltechnik machen die richtige Wandlung/Wiedergabe zu einer sehr großen Herausforderung.

Myro Lautsprecher unterliegen denselben physikalischen Bedingungen wie alle anderen Produkte.

Dennoch ist es uns nach langjähriger Forschungsarbeit gelungen, die Wandlerqualität und somit die Naturtreue der Wiedergabe unserer Lautsprecher auf ein absolutes Spitzenniveau zu heben.

Die Wandlerqualität lässt sich zuverlässig und einfach mit Hilfe von Messungen objektiv prüfen. Die Messung, in der sich die Übertragungsfunktion des Lautsprechers widerspiegelt, ist die Messung mit einer Sprunganregung. Die sprunghafte Anregung findet sich in der Musik in Form der sogenannten Transienten. Das sind die unzähligen Einschwingvorgänge beim Anzupfen, Anblasen oder Anschlagen von Instrumenten oder beim Ansatz eines Stimmlautes.

Transienten sind maßgeblich für die Erkennung und Ortung von Schallereignissen. Evolutionär geprägt reagiert das Gehör bevorzugt auf Transienten mit einer vielfach höheren Nervenintensität.

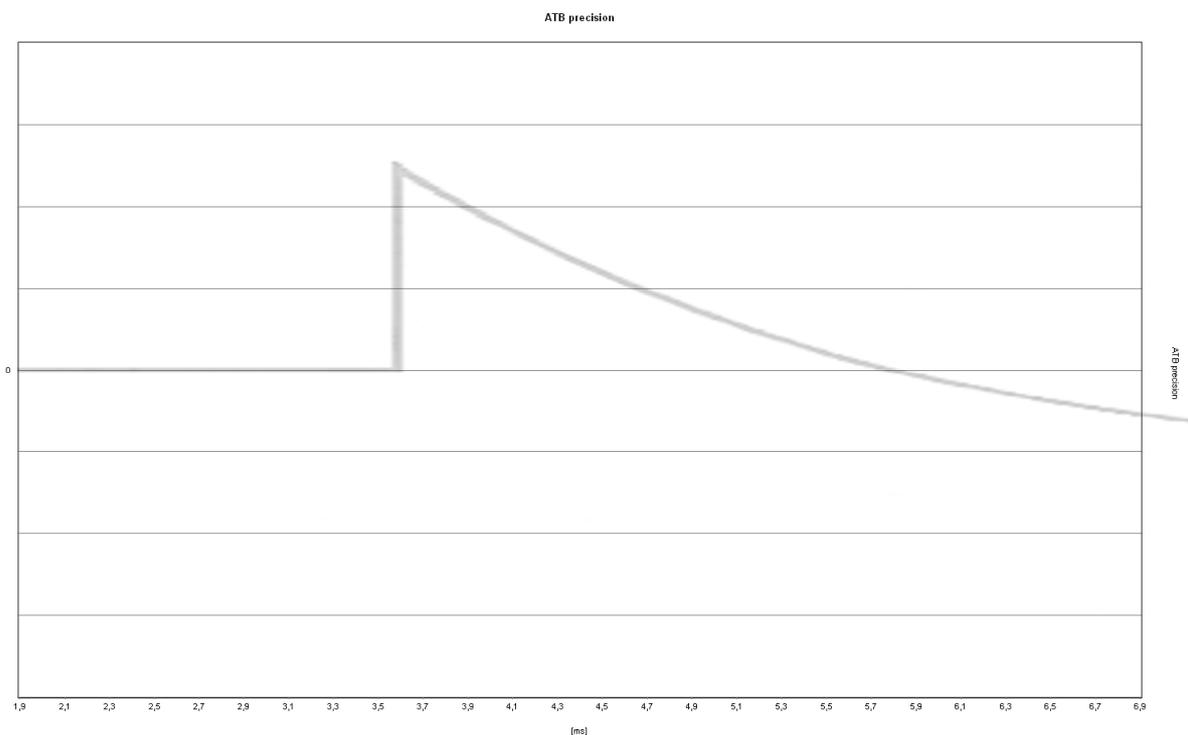
Im Folgenden sehen Sie eine Vielzahl von Sprungmessungen der unterschiedlichsten Lautsprecher, analoge Passivlautsprecher und Aktivlautsprecher sowie Lautsprecher mit digitalen FIR und IIR Filtern. Die Beispiele präsentieren eine bunte Mischung verschiedener renommierter Fabrikate aus dem Home-Hifi und Studiobereich bis hinein in die höchsten Preislagen.

Der theoretische Idealverlauf der Luft auf eine sprunghafte Druckänderung ist als Anhaltspunkt eingefügt, für Sie zur besseren Orientierung, ohne Anspruch auf eine graphisch genaue Druck-Zeit-Skalierung.

Die vertikale Achse des Graphen zeigt die Druckintensität, die horizontale Achse ist die Zeitachse.

Entscheidend für den Klang des Signals ist die Form der Schwingung. Kurze spitze Signalformen weisen auf hochfrequente Anteile hin, lange gestreckte Signalformen stellen die tieferen Anteile dar.

Die erste Graphik zeigt Ihnen den theoretischen Idealverlauf der Sprungantwort.

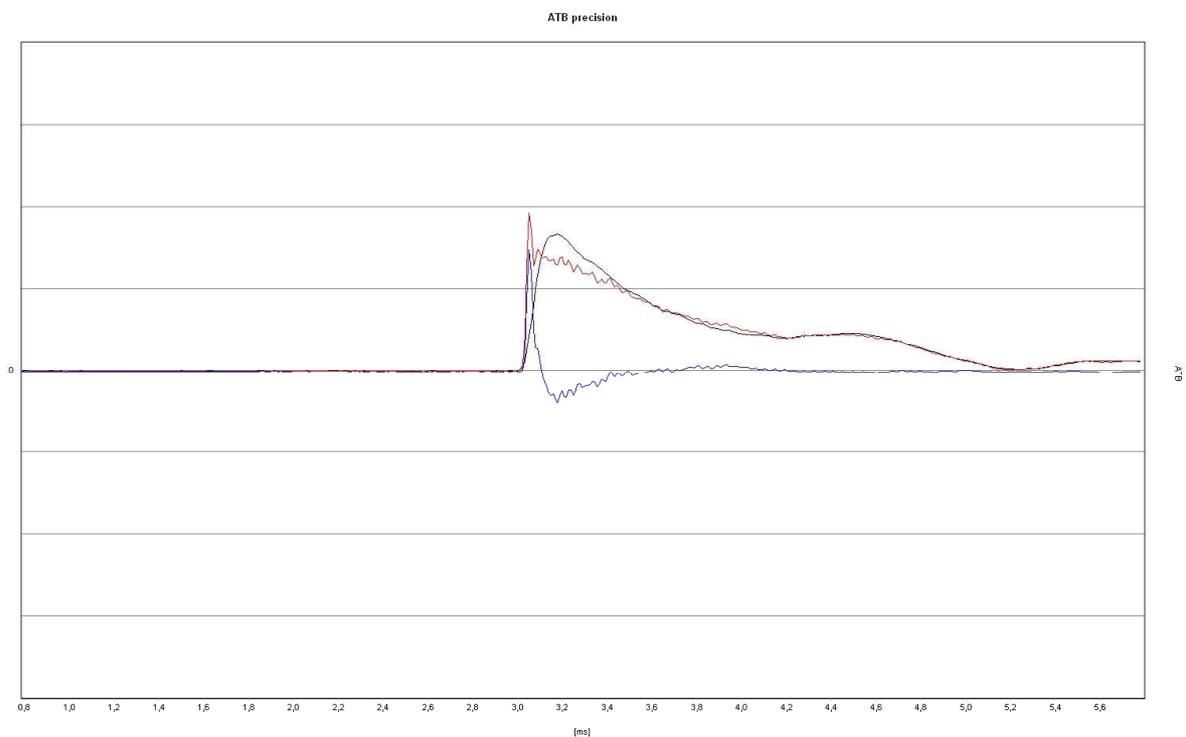


Die Lautsprechermembranen werden sprunghaft nach vorne bewegt und müssen alle synchron ihre Schallanteile zum gemeinsamen Ganzen zusammenfügen.

Dem Hochtöner werden über die Frequenzfilter der Frequenzweiche die schnellen Schwingungen zugewiesen. Der Hochtöner bestimmt mit seiner Anstiegsgeschwindigkeit die Startflanke des Graphen.

In der folgenden Graphik sehen Sie die Sprungantwort des Hochtöners als blauen Graph, die kurze Spitze der Startflanke. Die schwarze Kurve zeigt die Antwort des Mitteltieftöners und der rote Graph ist die Summe aus beiden, die Sprungantwort des gesamten Lautsprechers.

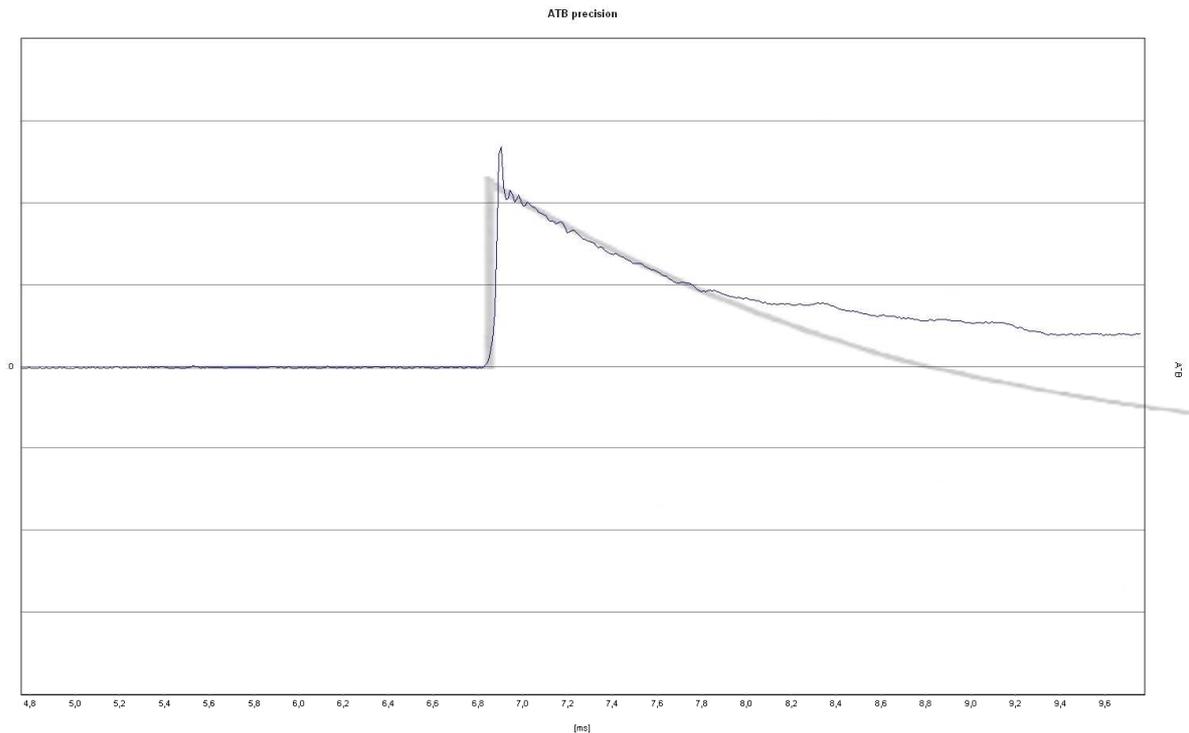
Die Schallanteile der Lautsprecher-Systeme erreichen zeitgleich das Mikrofon, das stellvertretend für das Ohr des Zuhörers die Schallsignale erfasst und fügen sich mit den entsprechenden Druckanteilen sehr gut zusammen.



Das sieht sehr einfach aus; dennoch löst ein solches Ergebnis unter Fachleuten ungläubiges Erstaunen aus. Es werden auch Zweifel erhoben, - die Darstellungen seien keine echten akustischen Messergebnisse.

Aber seien Sie versichert, es sind tatsächlich reale Messungen, ohne Manipulation.

Die zweite Graphik zeigt die Sprungantwort der myro Ocean mit der eingefügten Idealkurve.



Die Sprungantwort der Ocean ist vorbildlich und befindet sich auf höchstem Niveau. Die Abweichungen vom theoretischen Ideal resultieren aus den allgemeinen physikalischen Rahmenbedingungen an den Grenzen des Übertragungsbereichs sowie aus dem Einfluss des Raumes, den wir in den sich addierenden ersten Reflexionen im rechten Bereich der Graphik sehen.

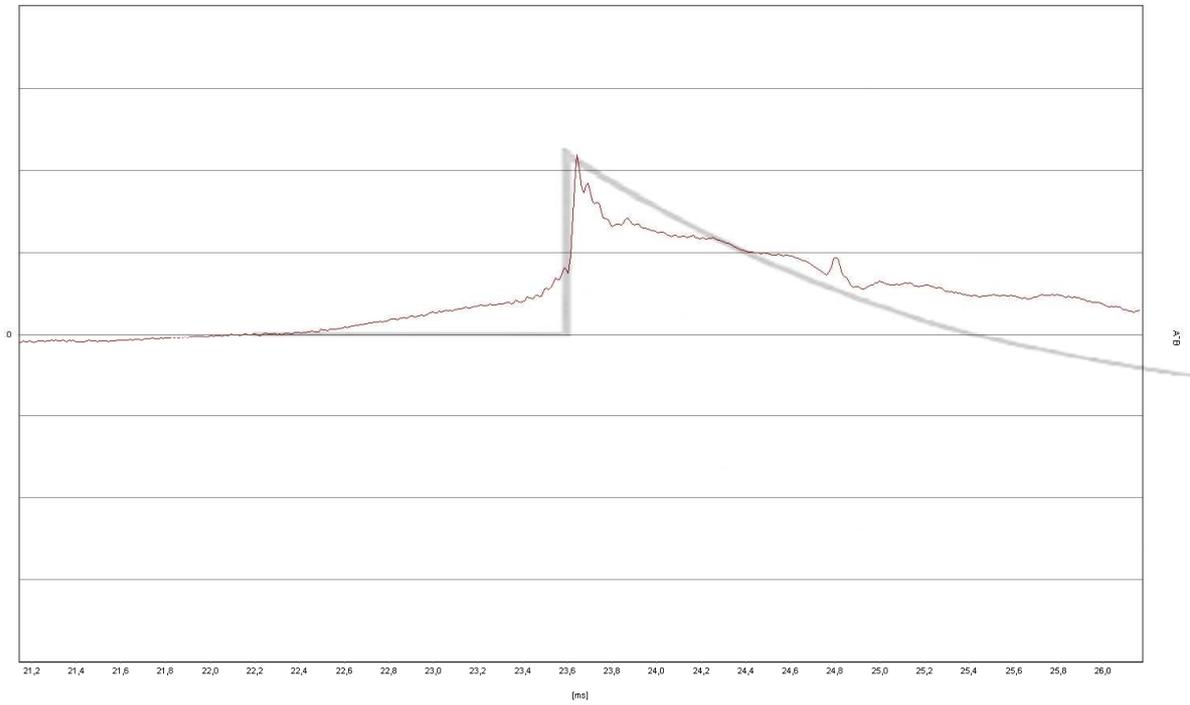
Die folgende Reihe von Messungen ist repräsentativ für die derzeitige Situation.

Jeder Lautsprecher verzerrt auf seine eigene Art und Weise und präsentiert dem Hörer seinen lautsprechertypischen Eigenklang.

Als Ergänzung zu den hier vorgestellten Messungen schauen Sie bitte in die online verfügbaren Datenbanken der Stereophile <http://stereophile.com/> (Loudspeakers - Measurements - step response) und der STEREO <http://www.stereo.de/index.php?id=38>.

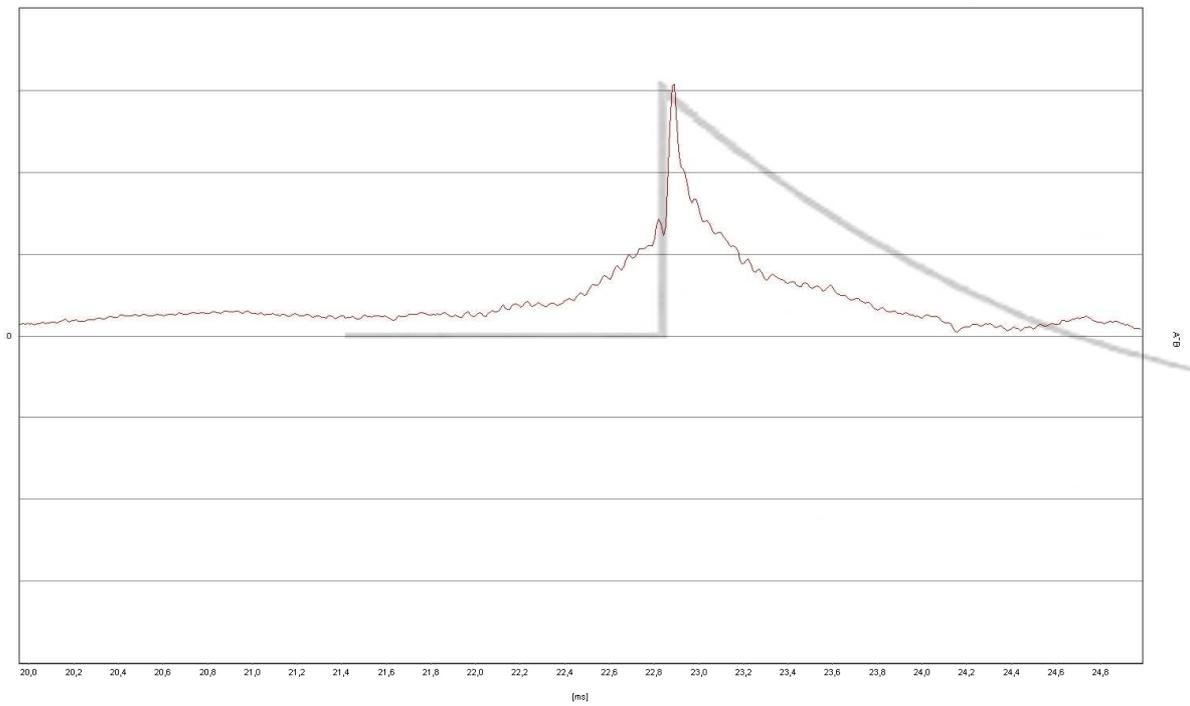
Lesen Sie dazu bitte mit gebotener Skepsis die Kommentare zu den Sprungantworten. Sie wissen ja nun, wie diese auszusehen haben.

ATB precision



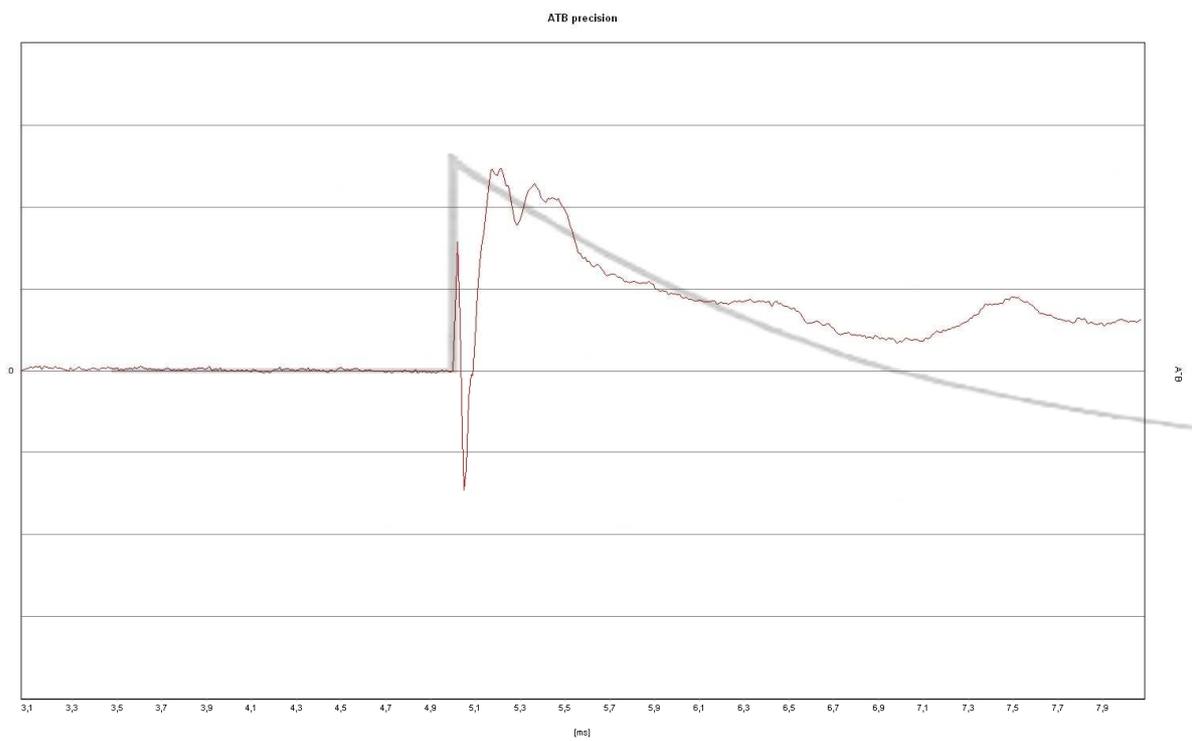
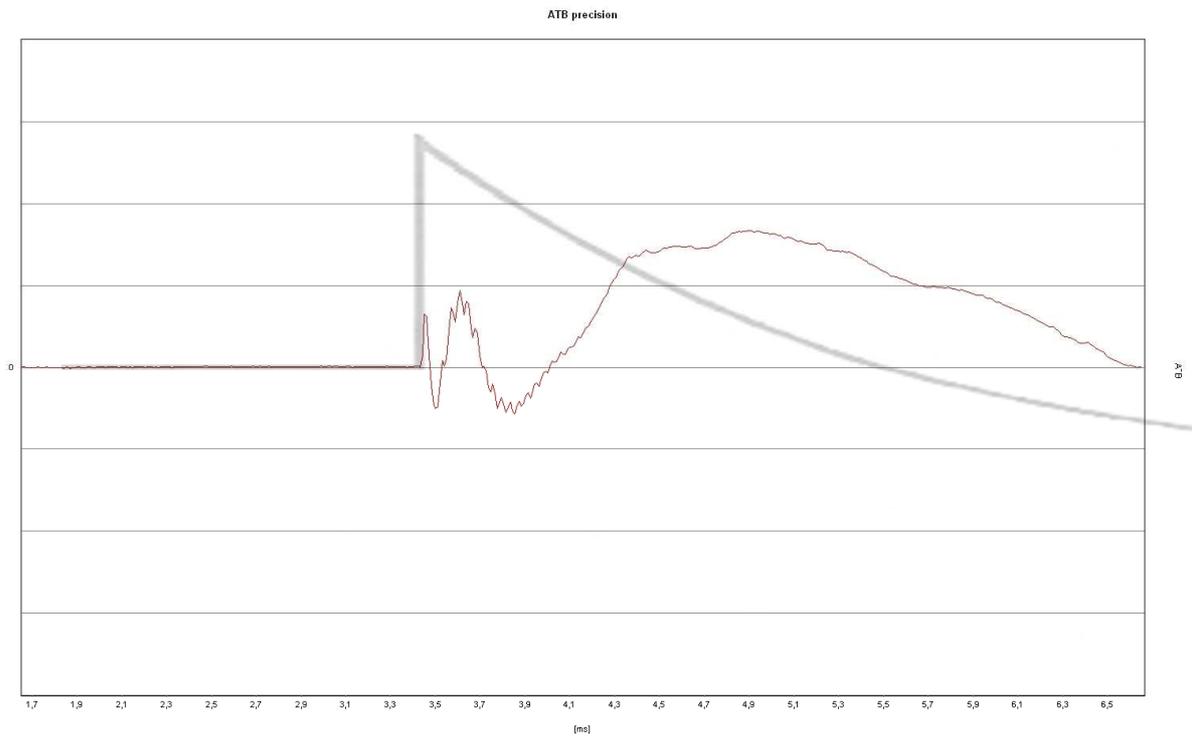
Digitallautsprecher mit IIR Filter

ATB precision

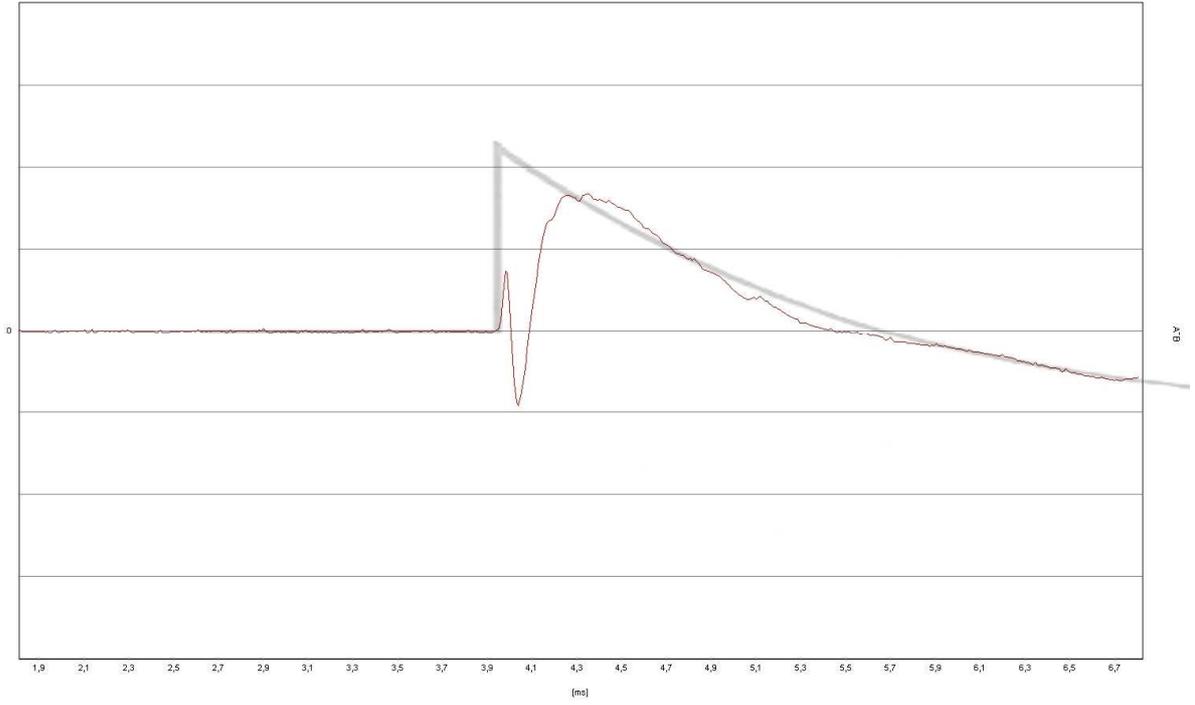


Digitallautsprecher mit FIR Filter

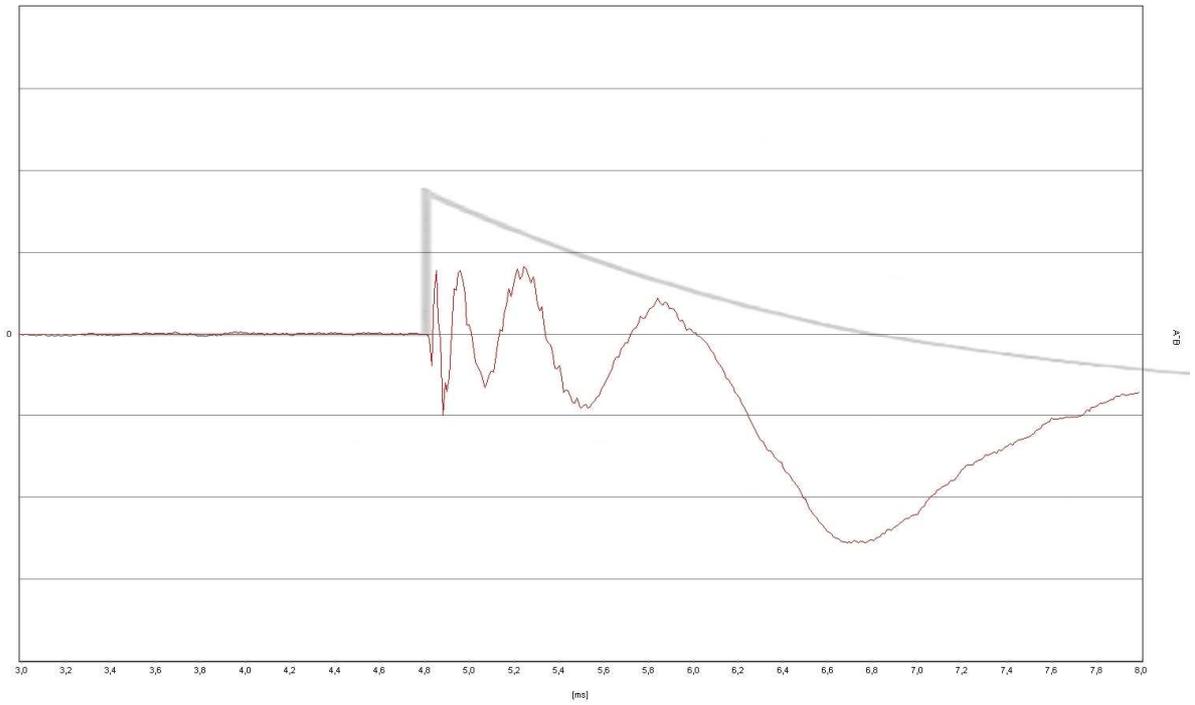
Die folgenden Messungen repräsentieren analoge Lautsprecherkonzepte



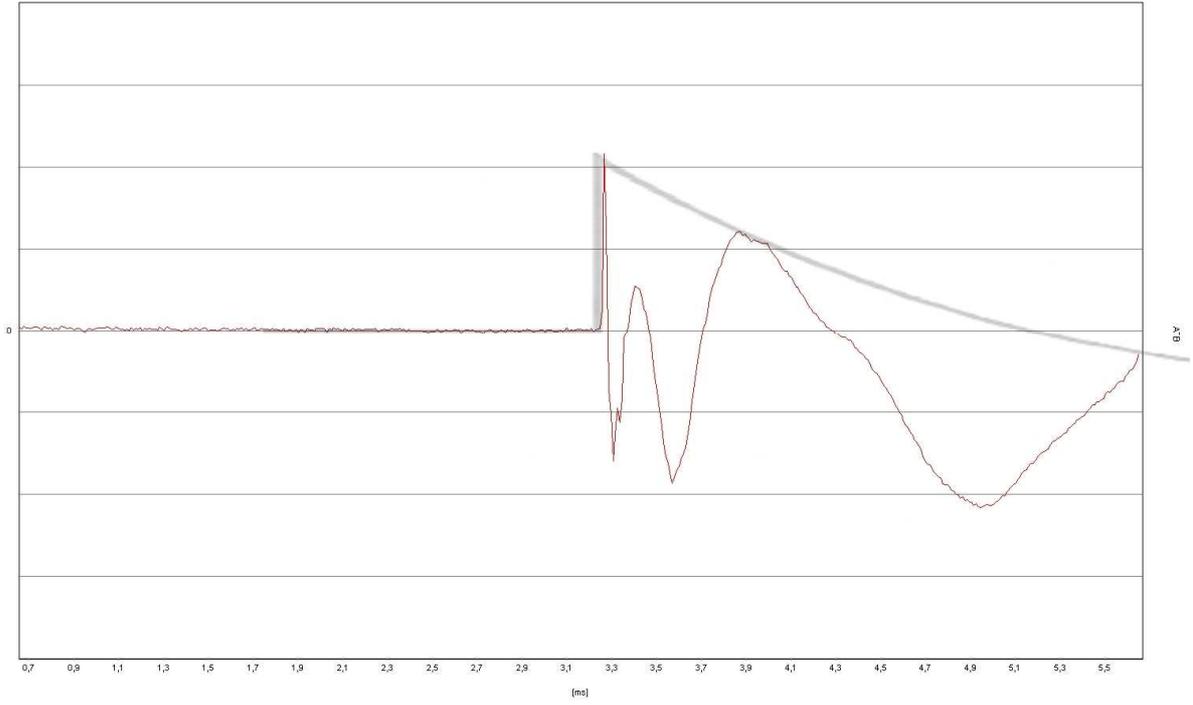
ATB precision



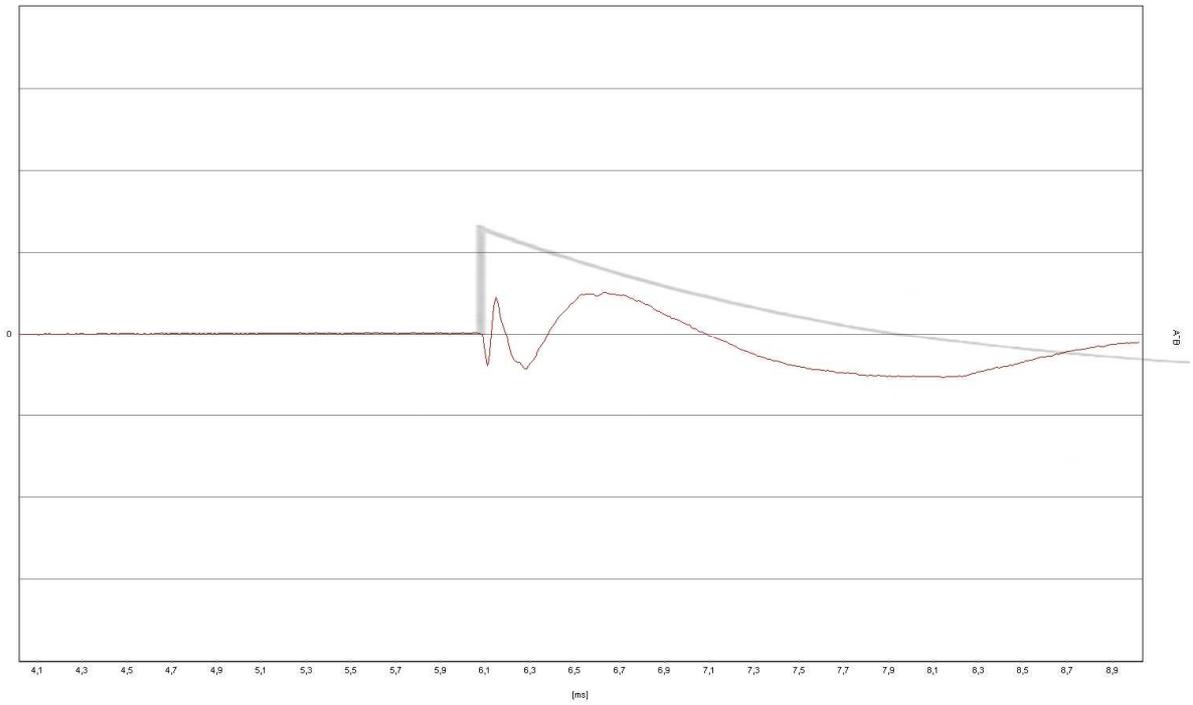
ATB precision



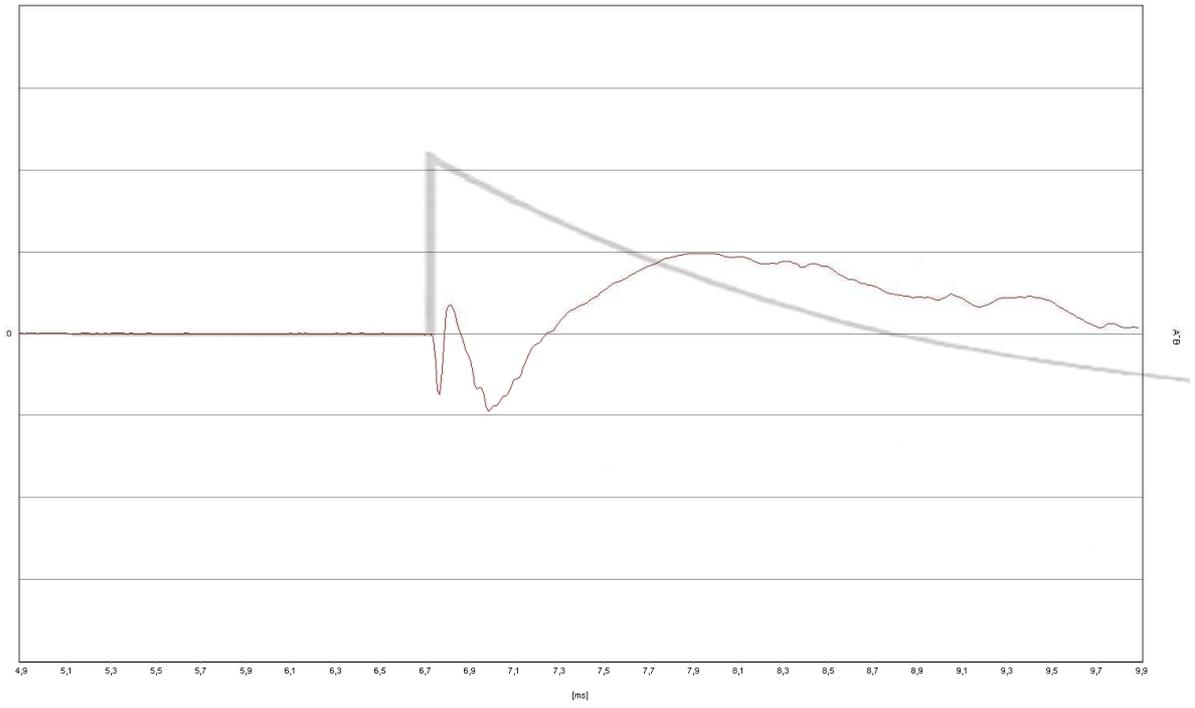
ATB precision



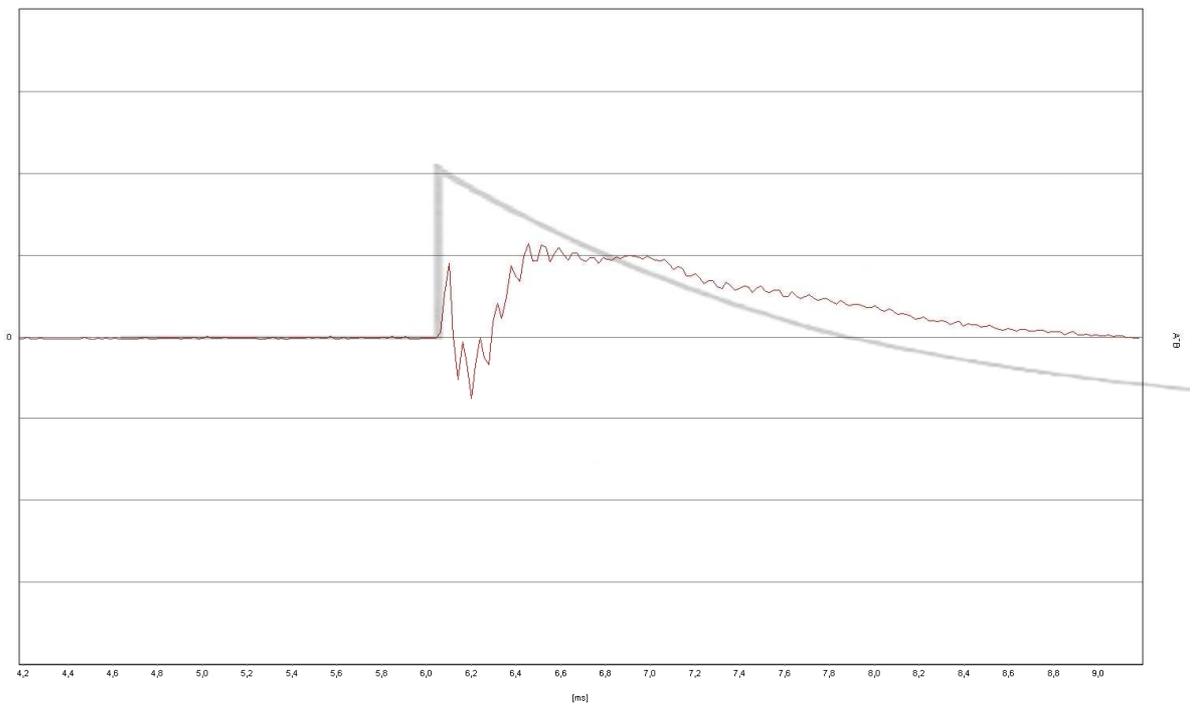
ATB precision



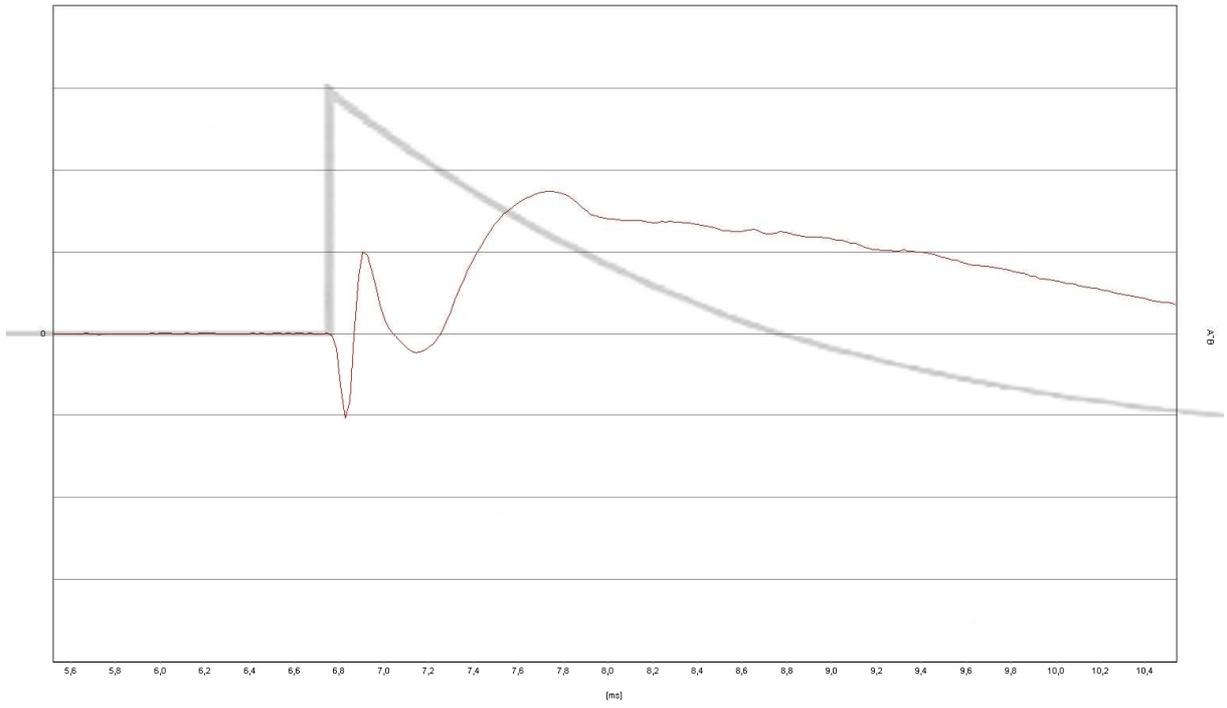
ATB precision



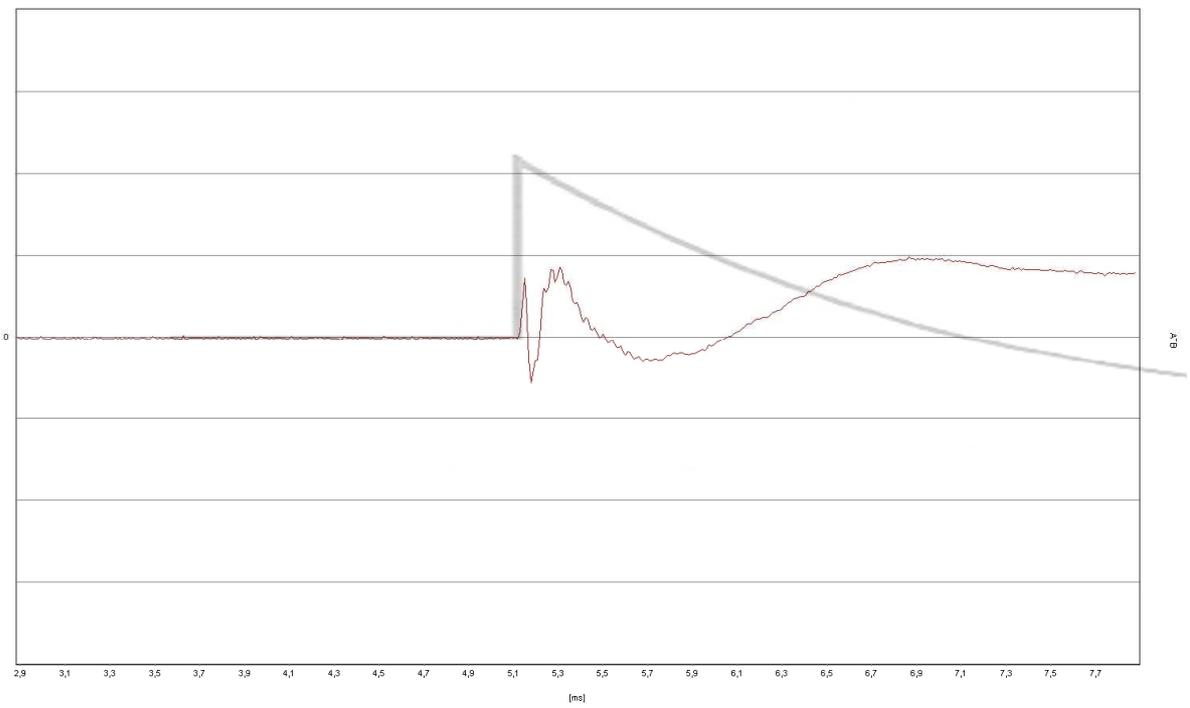
ATB precision



ATB precision



ATB precision



Die voranstehenden Diagramme zeigen die große Vielfalt der lautsprechertypischen Verzerrungen.

Während des Messvorgangs kann man übrigens den Klangcharakter der unterschiedlichen Sprungantworten sehr gut unterscheiden, obwohl sie sehr kurz sind.

Wir hören dabei einen eindeutigen klaren Knall (Ocean) oder aber ein eher rasselndes, stotterndes oder knatterndes Geräusch mit einer Tick-Bum-Charakteristik bei verzerrter Sprungantwort.

Genau mit diesen Klangcharakteren werden bei der Musikwiedergabe die Einschwingvorgänge (Transienten) wiedergegeben.

Die Sprungantwort eines Lautsprechers repräsentiert seine Übertragungsfunktion und zeigt somit auch die Verzerrung jedes beliebigen anderen Eingangssignals. Das betrifft den Anschlag eines Schlagzeugs, das Anschlagen von Klaviertasten oder das Anblasen einer Flöte, das Anstreichen einer Saite oder den Ansatz eines Stimmlautes.

Technisch-mathematisch betrachtet können aus der Sprungantwort, der Amplitudenfrequenzgang, der Phasenfrequenzgang, die Gruppenlaufzeit etc. abgeleitet werden. Das erklärt deutlich die Aussagekraft der Sprungantwort. Das komplexe Verhalten eines Lautsprechers spiegelt sich darin wieder.

Bei der klanglichen Beurteilung von Lautsprechern neigen Hörer dazu, den Hochtonklang eines Lautsprechers allein dem Klang des Hochtöners zuzuschreiben.

Klingt ein Lautsprecher in den Höhen hart, so wird dies nicht nur vom Hochtöner verursacht. Wenn Sie den gezeigten Diagrammen Aufmerksamkeit schenken, können Sie die vielen spitzen Schwinger erkennen, die i.d.R. einer langen, tieferfrequenten Schallwelle voranklingen. Das sind die Schallanteile der Hochtöner und ! die durch die Zeitverschiebung verursachten Geräusche aus dem fehlerhaften Zusammenspiel mit dem Mitteltonanteil.

So kann ein selbst weich klingender Hochtöner zu einer echten Nervensäge werden. Insbesondere S-Laute der Stimmen fallen dann unangenehm heraus und trennen sich von der Ortung der Stimmen ab.

Die gesamte Erkennung des Ursprungsraumes hängt von den korrekten Zeitbeziehungen bei der Wandlung durch den Lautsprecher ab. Räume erkennen wir durch Zeitunterschiede zwischen direktem und reflektiertem Schall und durch den Einfallwinkel des Schalls. Die räumliche Ortung hängt wesentlich von der Wahrnehmung der stets herausragenden Transienten ab.

Die Zeitbeziehungen innerhalb einer Aufnahme werden von Lautsprechern verzerrt wiedergegeben. Der Ursprungsraum ist damit kaum noch erkennbar. Die Zeitbeziehungen sind nicht mehr plausibel für unsere Wahrnehmung. Der Raumeindruck der Wiedergabe bezieht sich zunehmend auf den Eigenklang des eigenen Hörraumes und die Lokalisation der Schallquellen darin.

Die Stereophonie mit ihrer rechts-links-Auffächerung bestimmt das Geschehen.

Die Problematik der verzerrten Einschwingvorgänge ist noch nicht im Bewusstsein der Hifi- und Tontechnik-Gemeinde verankert.

Die Suche nach den Ursachen unangenehmer, unbefriedigender Klänge führt daher leider oftmals ins Nichts. Stattdessen meidet man verhängnisvoller Weise den Einsatz bester neutraler, Fehler bloßstellender Komponenten innerhalb der Übertragungskette.

An Stelle der Ursachenbeseitigung tritt die Kompensation!

Ein in den hohen Lagen harter Klang wird beispielsweise durch Komponenten kaschiert, die ihrerseits entsprechend gegenteilige Tendenzen aufweisen und eine verdeckende Wirkung im schnellen, hochfrequenten Bereich erzeugen.

Problematisch ist dies in zweierlei Hinsicht.

Erstens entspricht die Kompensation nicht dem Spiegelbild der Ursache und zudem verschließt man sich damit dem vollen Potenzial des in den Aufnahmen angebotenen Klanggenusses.

Ein weiterer Aspekt der üblichen Lautsprecherwiedergabe ist der Eindruck, dass Instrumente verstimmt klingen.

Die Verzerrung der Sprungantwort und die damit einhergehende Verzerrung der Einschwingvorgänge ändert selbstverständlich auch den Klang - beispielsweise einer Klavierwiedergabe.

Die angespielten Klaviersaiten klingen deutlich verstimmt. Die Tonalität des Anschlaggeräusches der Saiten wird von falsch wandelnden Lautsprechern verändert. Dabei entsteht der Eindruck eines verstimmten oder manipulierten (präparierten) Klaviers. Die Ursachen dafür werden mitunter irrtümlich dem Spielvermögen des Pianisten zugerechnet.

Die Suche nach weitgehend richtig wandelnden Lautsprechern gleicht der Suche nach der Stecknadel im Heuhaufen.

An dieser Stelle möchten wir Ihnen daher einige positive Beispiele auf dem Weg zur richtigen Wandlung aufzeigen.

Grundsätzlich zeigen Ein-Wege-Systeme keine derart signalverzerrenden Eigenschaften, wie wir sie von den üblichen Mehrwegesystemen kennengelernt haben.

Zu erwähnen wären hier Breitbandlautsprecher und Vollbereichsflächenstrahler; aber nur dann, wenn es wirklich Ein-Wege-Systeme sind, die mit keinem Subwoofer oder Superhochtöner ergänzt werden.

Nachteil dieser Ein-Wege-Breitband-Systeme ist, dass sie sehr schmalbandig sind, ganz im Gegenteil zur üblichen Bezeichnung. Auch die Fähigkeit zur Übertragung hoher Schalldrücke ist sehr begrenzt.

Mehrwegesysteme haben bisher nur ganz wenige Entwickler in Richtung Signalgenaue Wandlung optimieren können.

Diesbezüglich aufgefallen sind: Richard Vandersteen (USA) und Jim Thiel (USA).

Josef und Daniela Manger haben sich ebenfalls mit viel Engagement und Forschung der richtigen Wandlung gewidmet und veröffentlichen dazu auf ihrer Webseite umfassendes Grundlagenwissen. [www.manger-msw.de](http://www.manger-msw.de)

Zum Thema – Die richtige Signalwandlung von Lautsprechern – bietet myro Workshops und Seminare an.

Dozent: Michael Weidlich

Michael Weidlich leitete verschiedene Workshops mit Tonmeistern, Studenten und Musikinteressierten und war als Gastdozent an einer Fachhochschule tätig.

Seine über 20-jährige Forschungsarbeit und Praxiserfahrung machen seine Vorträge zu einem interdisziplinären Feuerwerk.

Anfragen richten Sie bitte an Dr. Peter Mayer.