

Schall-Laufzeiten bei PA-Systemen richtig einstellen

Praxistipps für das Time Alignment von PA-Anlagen



jeder kommt mal zu spät. Doch das kommt nur selten gut an und verursacht schnell schlechte Laune bei allen Beteiligten. Tontechniker haben es da leichter, denn manchmal darf der Ton gerne etwas auf sich warten lassen. Klarer Fall, in diesem Workshop geht's um dezentrale Beschallung, Delay Lines und Time Alignment. Wir erklären, wie ihr eure Signallaufzeiten sinnvoll anpasst.

Was sind Schall-Laufzeiten?

Wenn man sich beim Fernsehabend aus seinem Fernsehsessel schraubt und zum Kühlschrank schreitet, vergeht Zeit. Auch Schall benötigt Zeit, um von der Schallquelle (Lautsprecher) zum Empfänger (Publikum) zu gelangen. Die Schallgeschwindigkeit beträgt 343 Meter pro Sekunde bei einer Temperatur von 20 Grad Celsius. Dividieren wir die 343 Meter durch die Zahl 1000, wissen wir, dass der Schall 34,3 cm pro Millisekunde zurücklegt.

Für die Praxis taugt die Faustregel: 1 Meter = 3 Millisekunden. Das reicht, um die meisten Laufzeitprobleme in den Griff zu bekommen.



Ein Laser-Entfernungsmesser liefert rasch genaue Messwerte.

Laufzeiten in einer Box

Kaum eine Box ist eine perfekte Punktschallquelle, bei der alle Treiber zeitgleich abstrahlen und somit auf der gleichen Zeitachse unterwegs sind. In manchen Boxen strahlt der Tieftöner etwa in ein langes Horn, der Hochtöner hingegen in ein kurzes. Somit verlassen hohe Frequenzen die Box eher als der Bass. Um diesen Laufzeitversatz auszugleichen, werden die Treiber über den Controller im Amprack oder den DSP einer Aktivbox per Delay so aufeinander abgestimmt, dass diese möglichst zeitgleich tönen. Das ist nicht nur innerhalb einer Box vonnöten, sondern oft auch bei einem kompletten Beschallungssystem, wenn es aus mehreren Boxen besteht.

Laufzeiten zwischen Topteilen und Subwoofern

Was sind die wichtigsten Kriterien bei einem Hauskauf? Richtig: Lage, Lage, Lage. Gleiches gilt für die Positionierung einer PA, vor allem was die Lage der einzelnen Boxen zueinander betrifft. Wer für die kleine Sprachbeschallung zwei Topteile links und rechts der Bühne positioniert, braucht sich keine Gedanken über Laufzeiten zu machen. Gleiches gilt für eine herkömmliche Satelliten-PA (Subwoofer, kurze Distanzstange, Topteil). Problematisch wird es aber, wenn Bässe und Topteile in größerem Abstand voneinander aufgestellt sind. Ein Beispiel: Die Topteile stehen links und rechts von der Bühne auf Stativen und die Subwoofer liegen als Mono-Cluster mittig vor der Bühne. Das Publikum vor der Bühne nimmt also den Subwoofer eher wahr als die Topteile. Man sollte daher die Subs auf die Tops verzögern, denn sonst kommt es gerade im Bereich der Übernahmefrequenz zu unerwünschten Klangartefakten.

Nehmen wir an, Bässe und Topteile werden bei 100 Hertz getrennt, dann wird dieser Frequenzbereich sowohl von den Bässen als auch den Topteilen wiedergegeben. Durch die unterschiedlichen Laufzeiten kann es zu Klangeinbußen durch Auslöschungen kommen. Verzögert man die Subwoofer auf die Topteile, wird der Klang deutlich straffer. Aber wie soll man die Entfernung messen und welchen Wert muss ich eingeben? Für den ambitionierten Freizeitbeschaller reicht in der Regel eine Messung mittels Maßband oder eines günstigen Laser-Entfernungsmessers (um die 30 Euro). Profis nutzen Messsysteme mit Software wie Smaart oder Easra Systune, um Laufzeiten zu ermitteln, zu korrigieren und einen korrekten Phasengang sicherzustellen. So ein Setup ist aber recht teuer und erfordert einiges an Erfahrung. Eine einfache Laufzeitkorrektur mittels Entfernungsmessung ist dagegen immer noch hörbar besser, als darauf zu verzichten. Wir messen also die Distanz zwischen den Bässen (linker Bass zu linkem Top, rechter Bass zu rechtem Top). Nehmen wir an, Tops und Subs sind fünf Meter voneinander entfernt. Wir erinnern uns an die Faustformel: 1 Meter = 3 Millisekunden und wählen eine Verzögerung von 15 Millisekunden für den Subwoofer-Ausgang des Lautsprecher-Controllers oder Aktivmoduls.



Fast alle aktuellen Digitalmixer erlauben es, Ausgangsbusse per Line Delay zu verzögern

Laufzeiten zwischen Haupt-PA und Delay-Lautsprechern

Manchmal reicht eine normale PA links und rechts der Bühne nicht aus, um die Publikumsfläche gleichmäßig zu beschallen. Balkone, Galerien oder Nebenflächen erfordern dann eine zusätzliche, dezentrale Beschallung, auch Delay Lines genannt. Doch wie erkennt man, dass zusätzliche Boxen benötigt werden? Ein klares Indiz ist die fehlende Sichtlinie. Akustik verhält sich da ähnlich wie Optik: Einfallswinkel = Ausfallswinkel. Das bedeutet, kann ich die PA nicht sehen, werde ich sie auch nicht gut hören, mit Ausnahme der omnipräsenten Bassfrequenzen vielleicht. In sehr halligen Räumen mit großer Entfernung zum Hauptsystem kann ich die PA vielleicht sehen, aber laute Reflexionen verhindern eine gute Sprachverständlichkeit.

In geschlossenen Venues wird eine Delay Line spätestens dann notwendig, wenn der Direktschall aus dem Hauptsystem und die Raumreflexionen in einem Verhältnis von 50:50 zueinander stehen. Open Air gibt es kaum Probleme durch Reflexionen. Hier sind die Reichweite des Hauptsystems und die Lautstärke des Publikums die bestimmenden Faktoren. Spätestens wenn sich der Gröhlfaktor dem Pegel der PA nähert, ist es Zeit für Delay Lines. Das Aufstellen zusätzlicher Boxen ist jedoch einfacher gesagt als getan. Denn wie wir wissen, benötigt der Schall 3 Millisekunden, um einen Meter Wegstrecke zurückzulegen. Das Publikum im hinteren Teil der Halle hört den Schall also zunächst über die Zusatz-Speaker und erst dann über das Hauptsystem. Das erzeugt unschöne Kammfiltereffekte oder – je nach Abstand – deutliche Delays, was wiederum die Sprachverständlichkeit sabotiert. Die Lösung: Die Zusatzboxen werden auf das Hauptsystem verzögert. Das Delay entspricht der Zeit, die der Schall für die Strecke zwischen Haupt-PA und Delay Line benötigt.

Wie laut sollen die Delay-Lautsprecher sein und müssen sie klanglich extra behandelt werden?

Um ein homogenes, unauffälliges Klangbild zu schaffen, sollten Delay Lines an ihrem Aufstellungsort nicht lauter als das Hauptsystem sein: Man stellt einen Delay-Lautsprecher auf und tritt einige Meter zurück, die Delay Line ist noch ausgeschaltet. Nun schicken wir Rosa Rauschen auf die Front-PA und schauen auf ein SPL-Meter wie das Digital Sound 8928 Produktlink bei thomann.de) eingestellt auf „dB a slow“. Wir erhöhen die Lautstärke bis auf 84 dBa und schalten dann das Hauptsystem stumm. Jetzt wird die Delay-Box aktiviert und die Lautstärke erhöht, bis ebenfalls 84 dBa auf dem SPL-Meter stehen. Die Delay Line soll das Hauptsystem nur stützen und nicht ersetzen. Allerdings können wir, falls nötig, eine gut eingerichtete Delay Line bis zu 10 Dezibel lauter fahren als das Hauptsystem, ohne die Ortung der Haupt-PA auf der Bühne zu gefährden.



Ein einfaches SPL-Meter hilft beim Einstellen der Lautstärke einer Delay Line

In der Regel werden Delay Lines ohne Subwoofer eingerichtet. Doch warum ist das so? Subwoofer haben die unangenehme Eigenschaft, kugelförmig (omnidirektional) abzustrahlen, also auch in Richtung des Hauptsystems. Das wiederum kann zu Phasenauslöschungen führen. Wenn man unbedingt Delay Lines mit Subwoofer nutzen möchte (Open Air bei einer Rock'n'Roll Veranstaltung), dann sollten diese zumindest gerichtet sein, beispielsweise durch eine Cardioid oder Endfire Aufstellung. Haben wir es mit einer Sprachveranstaltung (Vortrag, Comedy usw.) zu tun, verzichten wir auf Subwoofer und versehen die Delay-Boxen mit einem zusätzlichen Low Cut.

Hinsichtlich des Standorts für eine Delay Line gilt: Dort, wo die Delay Lines am sinnvollsten wären, kann man sie fast nie aufstellen. Notausgänge, Laufwege, unverrückbare Stuhlreihen oder Sichtbehinderung - Delay Lines stehen fast immer im Weg. Es sind also Kompromisse gefragt

Der Haas im Pfeffer

„Das Gesetz der ersten Wellenfront“ oder „Der Präzedenz-Effekt“ sind wider Erwarten keine RTL-Thriller. Diese Begriffe beschreiben vielmehr einen für Tontechniker relevanten psychoakustischen Effekt: Trifft ein identisches Schallsignal zeitverzögert aus unterschiedlichen Richtungen bei einem Hörer ein, so nimmt dieser nur die Richtung des zuerst eintreffenden Signals wahr. Das verzögerte Signal wird der Richtung des ersten Signals (der Präzedenz) zugeordnet. Helmut Haas fand heraus, dass bei Verzögerungen zwischen 10 und 30 Millisekunden der zuerst einfallende Schall für die Ortung maßgeblich ist, unabhängig davon, aus welcher Richtung der verzögerte Schall eintrifft.

Für unsere Delay Line hat der Haas-Effekt einen praktischen Nutzen: Wir addieren einfach zehn weitere Millisekunden auf den ermittelten Delay-Wert und stellen so sicher, dass der Zuhörer den Schall garantiert als erstes aus der Haupt-PA hört. So wirkt der Sound wie aus einem Guss. Wenn kurzfristig die Delay Line im Pegel angehoben werden muss, weil beispielsweise ein Lavaliermikrofon durch einen leisen Redner schon an der Koppelgrenze arbeitet, verlieren wir auch nicht die Präzedenz. Das Gehör wird getäuscht und meint, nur das schnellere Hauptsystem zu hören. Diesen Haas-Zuschlag kann man durchaus variabel halten, je nachdem ob einem der Klang der Delay Line oder die Ortung wichtiger ist. Meine letzte Instanz ist das Ohr: Ich prüfe den Gesamtsound immer an mehreren Stellen im Publikum

Laufzeiten zwischen Haupt-PA und Backline

Sobald sich der Publikumssound aus Bühnensound und PA zusammensetzt, haben wir erneut mit Laufzeitunterschieden zu kämpfen. Der Schall der PA gelangt meistens schneller an unser Gehör als das Übersprechen der Backline. Auch hier greift das Gesetz der ersten Wellenfront, was uns als Zuhörer mitunter verwirrt: Wir sehen und hören die Band auf der Bühne, nehmen aber die Signale aus der PA früher wahr, was unsere akustische Ortung zur PA lenkt. Der visuelle Eindruck passt nicht zum akustischen. Lösung: Wir verzögern die PA auf den lautesten Teil der Backline. In der Regel ist das das Schlagzeug oder der Drum Fill. Wir messen den Abstand der PA zu den Drums und nutzen wieder die bekannte Faustformel. Dabei ist diese Vorgehensweise stets ein Kompromiss.

Nicht immer steht die Backline in einer Reihe mit den Drums und lautes Monitoring auf der Bühnenkante verursacht zusätzliches Chaos. Dennoch bringt eine auf die Backline verzögerte PA oftmals einen klaren Klangvorteil.

Beim Einstellen der Verzögerungszeit gehe ich meist wie folgt vor: Ich passe den Pegel der PA der Bühnenlautstärke an, so dass beide Quellen in etwa gleich laut sind. Dann aktiviere ich das Laufzeiten-Delay. Nicht selten wird der Gesamtklang dadurch definierter und fetter. Manchmal ist der Effekt weniger oder nur kaum wahrnehmbar. Ein Versuch ist es wert. Befinden sich in der Signalkette weitere digitale Geräte (Digitalmischpult, PA-Controller usw.), dann erzeugen diese schon eine kleine Verzögerung (meist zwischen 2 – 4 Millisekunden), die wir ebenfalls einkalkulieren sollten. Also nehmt euch die Zeit und probiert es einfach mal aus