



Auswahl und Aufstellung des Studio- monitors für die eigene Tonregie

In jeder Regie der Welt sind sie fundamentaler Bestandteil der Arbeit. Wesentlicher noch als das prestigeträchtige Mischpult, das bis ins letzte Jahrzehnt oft als monumentales Zentrum die Regie besetzte und auch allzu oft das professionelle Level des ganzen Studios und dessen Preis definierte. Ich schreibe über Studiomonitore, also das Bindeglied zwischen den elektrischen Signalen, die die Musik abbilden und bearbeitbar machen, und dem Medium Luft, welche die Schallenergie trägt und für uns hörbar werden lässt.

Text und Bilder *Johannes Siegler*

Aufgabe eines Studiomonitors

Und damit ist auch schon die Funktion und Aufgabe eines Studiomonitors definiert, nämlich die elektrischen Signale einer Aufnahme adäquat in Schall zu wandeln. Monitor kommt aus dem Englischen in unseren Sprachgebrauch und bedeutet ursprünglich (aus dem lateinischen) Aufseher. Mit Monitoring ist in vielen Zusammenhängen die Rede, zum Beispiel wenn bestimmte physikalische wie nicht physikalische Parameter überwacht werden. Deshalb nutze ich diesen Begriff lieber als den deutschen Begriff Lautsprecher, dessen Konnotation eher auf die Umwandlung in (lauten) Schall abzielt.

Lange Rede kurzer Sinn: Ein Studiomonitor muss die Schallinformation möglichst neutral, das heißt ohne Verfärbung zur Beurteilung darbieten. Um die optimale Studioabhöre für die Arbeit zu finden, sollten wir uns

etwas mit der Aufgabe des Schallwandlers beschäftigen. Denn bei der Transformation der musikalischen Situation, die man wiedergeben möchte – technisch gesehen die Seite des Senders – und der Situation in der Tonregie als der Empfängerseite gibt es extrem unterschiedliche Rahmenbedingungen. Dies beschreibt ziemlich genau die fundamentale Transformations-Leistung des Tonmeisters, der durch die richtige Auswahl von Mikrofonen, die Aufstellung dieser und einen bunten Strauß an technischen Equipment die Musik aus dem Konzertsaal ins Wohnzimmer, ins Auto oder auch in den Kopfhörer transformiert. Ein unendlich komplexes Thema, das ich nur deshalb anspreche, weil es die vielen Aspekte erahnen lässt, die bei der Wiedergabe der Aufnahme in der Studio- regie wichtig sind. Noch komplizierter wird diese Betrachtung durch die Erkenntnis, dass der Lautsprecher extrem mit der Akustik des Wiedergaberaumes interferiert.

Anforderungen an Abhörlautsprecher

Daraus resultieren verschiedene Anforderungen an Abhörlautsprecher:

1. Er muss ein neutrales Schallfeld erzeugen,
2. und dieses Schallfeld möglichst fehlerfrei an die Abhörposition transportieren, also ohne störende Reflexionen von Decke, Pult, Seitenwänden, Bildschirmen, etc.

Einen erheblichen Teil der Anforderungen erfüllt die vom Akustiker entworfene Studio- regie, u. a. dadurch, dass Reflexionen des Direktschallfeld gelenkt und den Nachhall des Raumes optimiert wird.

Die erste Voraussetzung für eine korrekte Beurteilung des Signals über Lautsprecher, also Tonalität, virtuellen Bühne, Tiefenstaffelung, Panorama-Abbildung u.v.m. ist die Aufstellung im definierten Stereodreieck (► Abb. 1).

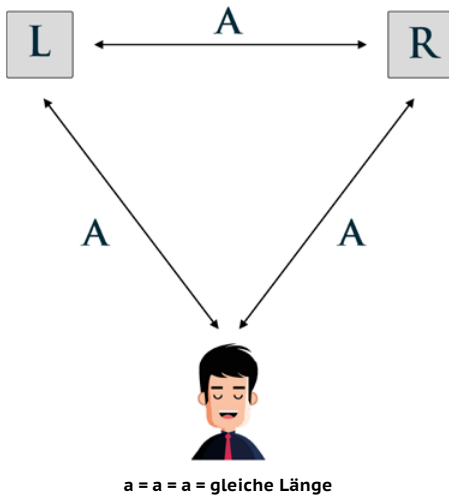


Abb. 1: Aufstellung im definierten Stereodreieck



Abb. 2: C5-Reference im Nahfeldbetrieb

Vielfach wird dies auch in professionellen Studios missachtet, zum Beispiel weil aus bauliche Gründen die Tiefe der Regie nicht ausreichend ist oder ein breites Pult eine zu breite Aufstellung der Monitor auf der Meter-Bridge provoziert.

Verantwortlich für eine korrekte Beurteilung an der Abhörposition ist:

1. der Amplitudenfrequenzgang

Damit ist die tonale Übertragung gemeint. Alle Töne sollten idealerweise mit der gleichen Verstärkung in Schall gewandelt werden, kein tonaler Bereich wird bevorzugt, keiner lauter oder leiser wiedergegeben.

2. der Phasenfrequenzgang

Eine sehr abstrakte physikalische Größe, die letztlich aber das zeitliche Verhalten einzelner tonaler Bereiche untereinander beschreibt, grob gesagt, darf der Bass weder später noch zeitlich vor den Mitten und Höhen abgestrahlt werden.

3. die Abstrahlcharakteristik

Diese beschreibt, in welchen Raumwinkel, horizontal wie vertikal, welcher Frequenz- und Phasengang abstrahlt wird. Jeder Hörer kennt das Phänomen, dass das Klangbild sich ändert, sitzt man nicht ideal in der Achse des Monitors. Bewegt man sich seitlich aus dem Schallfeld heraus, verschwinden zuerst die hohen Höhen, dann immer stärker die oberen Mitten und wenn man hinterm Monitor abhört, hört man nur noch Bass plus das, was der Raum an Reflexion im Mitten- und Höhenbereich zurückwirft. Diese Parameter bestimmen substantziell die Qualität des abgehörten Signals und definieren die Auswahl des passenden Monitors für die vorgegebene Abhörsituation.

Nearfield, Midfield und Fernfeld

Grundlegend muss man die verschiedenen Abhörsituationen nach ihrer Abhörentfernung klassifizieren in Nearfield, Midfield und Fernfeld.

Ein echtes Fernfeld gibt es im Studio nicht, da die Entfernungsbezeichnung immer direkt mit der Wellenlänge des abgestrahlten Schalls korrespondiert. Das Fernfeld bedeutet, dass der Abstand Hörer zu Quelle deutlich größer ist als die Wellenlänge, also mindestens 4 bis 5 Mal so groß. Bei einer 30 Hz-Ton-Wellenlänge von ungefähr 10 Metern müsste die Abhörentfernung 40 bis 50 Meter betragen, keine Dimension, die in einer Studioregie realisierbar wäre. Deshalb endet unsere Betrachtung dort, wo Großmonitore (oft auch als Wandeinbau realisiert) zum Einsatz kommen. Diese bieten neben einem großen Frequenzumfang auch große Schallpegel, welche für manche Produktion nötig sind. Gleichzeitig wird im Fernfeld der Sweetspot proportional größer, es passen somit mehr Hörer in den Bereich korrekter Wiedergabe.

Das andere Extrem ist das Nahfeld, das physikalisch betrachtet die geringste Anforderung an eine Studioakustik bietet. Hier gelangt durch die geringe Entfernung sehr viel Direktschall an das Ohr des Tonmeisters. Beispielsweise kann man die koaxialen KSD-Referenz-Monitore auf Armlänge abhören, also in einem Stereodreieck mit Schenkellänge deutlich unter 1 m (► Abb. 2).

Damit ist die Direktschallenergie am Ohr deutlich größer als jene durch Reflexionen und Nachhall des Raumes geprägte Schallenergie. Das Resultat ist eine präzise Ortung und Beurteilbarkeit des Signals.

Voraussetzung für dieses ausgezeigte Nahfeld-Arbeiten ist eine Konstruktion des Lautsprechers, die Laufzeitfehler und Kammfilter-Effekte am Ohr des Tonmeisters vermeidet – ein gewichtiger Grund für die zeitweise weltweite Verbreitung der „Auratone“-Nahfelder. Dieser mit einem einzigen Chassis arbeitende Punktstrahler vermeidet dadurch jegliche Phasen-/Zeitfehler und ist sowohl in Abstrahlcharakteristik, also auch im Zeitverhalten, prinzipbedingt analog entzerrten Mehrwegesystemen überlegen. Bei digital entzerrten Lautsprechern kann man Zeit- und Phasenfehler analoger Entzerr-Netzwerke durch den Einsatz von phasenlinearer Filter vermeiden. Tonal kann aber ein Breitbänder wie die Auratone oder ähnliche Konstruktionen weder echten Tiefton noch Höhen und schon gar nicht höhere SPL-Abhörpegel wiedergeben. Trotzdem oder gerade wegen der beschriebenen positiven Eigenschaften war sie seinerzeit ein weltweiter Standard für das Nahfeld.

In-Wall-Monitor

Von In-Wall oder auch Wandeinbaumonitor spricht man, wenn die Lautsprecher so in die Wand eingelassen sind, dass die Vorderkante des Monitors bündig mit der Wand abschließt. Dies hat Vorteile, weil die Wandfläche, in die der Monitor eingelassen ist, eine perfekte Reflexionsfläche für die vom Bass abgestrahlte Kugelwelle darstellt. Der Nachteil liegt im hohen Planungs- und Konstruktionsaufwand, denn die komplette Studioakustik sollte möglichst gut auf die In-Wall-Abstrahlung angepasst sein.



Abb. 3: Lautsprecher AB500/300

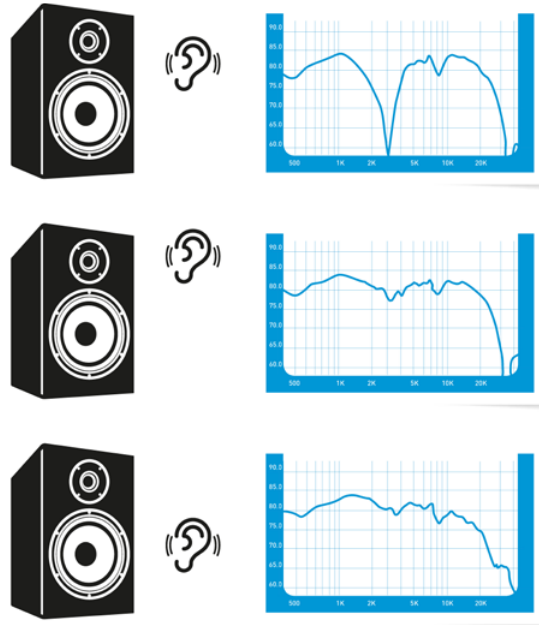


Abb. 4: Frequenzgänge bei verschiedenen Abhörpositionen

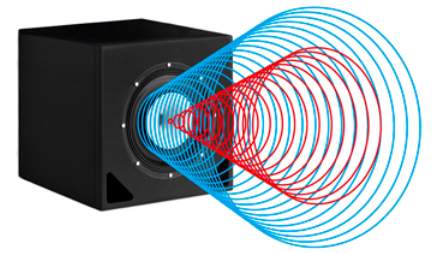


Abb. 5: Prinzipaufbau eines Koaxialmonitors

Freifeldaufstellung

Das gegenteilige Prinzip ist in der Freifeldaufstellung realisiert. Hier stehen die Monitore frei im Raum mit einem Abstand zu den nächsten Wänden, der deutlich größer ist als die jeweilige Wellenlänge. Dies funktioniert in Studios mit bei uns üblichen Raummaßen meist nicht im Tiefton (Abstände von über 10 m zu Decke und Seitenwänden sind meist nicht realisierbar).

Die Vorteile einer Freifeldaufstellung zeigen sich bei Wandabständen von deutlich über 3 Metern. Durch die fehlenden begrenzenden Flächen klingt eine solche Aufstellung sehr ‚luftig‘ und befreit, vielleicht etwas indirekter, da die weiter entfernten Wände keinen wesentlichen Beitrag zur Schallenergie am Ohr beitragen. Stimmt die restliche Raumakustik und die (zeitliche) Wiedergabequalität der Monitore, ist so eine sehr präzise Tiefenstaffelung im Raum mit einer ausgeprägt sauberen Mono-Mitte möglich.

Nebenbei sei bemerkt, dass diese unterschiedlichen Aufstellungsformen, ebenso wie bestimmte Bauprinzipien, stark durch Moden (nicht die raumakustischen) und Designvorstellungen geprägt sind.

Mindesthörabstand

In diesem Zusammenhang steht auch die oft gestellte Frage nach dem Mindesthörabstand. Dieser ist in erster Linie abhängig von der Dimension des Lautsprechers und soll gewährleisten, dass das Schallfeld der einzelnen Chassis (Bass-, Mid-, Hochton) am Ohr als gemeinsame Wellenfront

ankommt. Als Faustregel sollte der Mindest-Hörabstand zum Monitor etwa 3 bis 4 Mal so groß sein wie die längste Kante des Lautsprechergehäuses. Ein 40 cm hoher (oder breiter) Monitor gibt somit einen minimalen Hörabstand von mindestens 120 cm vor. Für spezielle Konstruktionen, wie z. B. Koaxialmonitore gilt dies nicht, aber für alle klassisch konstruierten Monitore ist dies eine gute Näherung.

Gleichzeitig sollte man den Abhörabstand aber nie zu groß wählen. Je weiter wir vom Lautsprecher entfernt sitzen, umso größer werden die Einflüsse des Abhörortes. Der Direktschall des Lautsprechers vermischt sich dann zu stark mit dem indirekten Nachhall im Raum und eine Beurteilung des Aufnahmeortes (Konzertsaal mit Nachhall und eigene Raumakustik etc.) fällt immer schwerer. Wie schon erwähnt, hat der koaxial aufgebaute Monitor gerade im Nahfeld seine Stärke.

Klassischer Mehrwegemonitor versus koaxiale Monitorsysteme

Beim klassischen Monitoraufbau sind die einzelnen Schallwandler (Basschassis, Mittel- und Hochtontreiber) neben und/oder auch übereinander angeordnet. Diese Anordnung führt zu verschiedenen Laufzeiten der verschiedenen Chassis vom Chassis zum Ohr des Hörers und damit zu Kammfilter-Effekten im Frequenzgang des Lautsprechers. Zusätzlich kommt es zu einer zeitlichen Verzerrungen, da der Schall des Chassis mit kurzer Laufzeit eher am Ohr ist als der Schall weiter entfernten Chassis. Die Zeitstruktur im Signal beinhaltet aber jegliche

Rauminformation. Ob ein Instrument bei der Aufnahme tiefer im Raum positioniert ist oder eben näher am Mikrofon sitzt, wird hauptsächlich in der (Lauf-) Zeit abgebildet, ebenso seine Position im Panorama. Es ist evident, dass es zu Unsicherheiten in der Wahrnehmung kommt, wenn bestimmte tonale Anteile dieses Instruments im Bass später erscheinen als im Hochtoner.

Der Koaxialmonitor

Der Koaxialmonitor meidet durch seinen konzentrischen Aufbau der einzelnen Wege auf einer gemeinsamen Achse diese Laufzeitunterschiede und hat so in jeder Abhörposition gleiche Laufzeitbedingungen für alle Chassis. Dies gilt besonders im Nahfeld!

Ein Nachteil dieser Systeme zeigt sich im Hochtonbereich. Da der Hochtoner koaxial vor dem Bassmitteltonchassis sitzt, bildet dessen Membran die Schallwand für den Hochton.

Daraus ergeben sich theoretisch zwei Nachteile:

Erstens ist die Membran nicht so gerade und eben wie eine Schallwand, was zu unterschiedlichen Reflexionen führt. Zweitens bewegt sich die Membran des Bassmitteltonchassis durch die Wiedergabe der Basstöne im Rhythmus der Musik. Diese führt zu einer kleinen Modulation, die proportional zur Abhörleistung wächst. Physikalisch wird dies als Dopplermodulation bezeichnet und bewirkt eine etwas ‚unruhige‘ Hochtonwiedergabe. Wie stark diese Effekte in der jeweiligen Studiosituation

wirken, hängt u. a. vom Einsatzbereich und dem gewünschten Abhörpegel ab. Natürlich kann dieser Dopplereffekt auch durch konstruktive Maßnahmen minimiert werden. Bei der KSD-C8 Reference ist der Hochtöner mit einer leichten Schallführung versehen und sitzt räumlich in der Ebene der Schallwand, so dass die Bassmitteltönen-Membran einfach weniger angestrahlt wird.

Komplett ausgeschaltet ist der Dopplereffekt beim Einsatz eines Horns, das den Schall in Richtung Hörer fokussiert und die anderen Raumwinkel ausblendet wie bei der KSD C-120.

Grundsätzlich arbeiten Koaxialmonitore als eine Punktschallquelle, klingen somit oft direkter und bieten im Near/Midfield ein Mehr an Rauminformation. Vor allem in einer akustisch schlechten Umgebung kann der Koaxialmonitor im Nahfeld seine Vorteile voll ausspielen.

Der Wandabstand

Weiterhin wichtig für eine korrekte Lautsprecherwiedergabe ist der Wandabstand. Wenn uns User nach dem idealen oder oft auch minimalen Wandabstand fragen, ist meist der Abstand zur Rückwand gemeint. Generell gelten die folgenden Aussagen natürlich auch für die Abstände zu Seitenwänden und Decke bzw. Boden. Grundsätzlich gilt: Ist der Abhörraum in seinen drei Dimensionen kleiner als die Wellenlängen, die er abbilden soll, kommt es zu Dämpfungen in diesem Bereich und es bilden sich Raummoden aus. Ein Raum mit den Dimensionen $3 \times 4 \text{ m}$ mit einer Höhe von $2,80 \text{ m}$ bedämpft beispielsweise alle Frequenzen unter ca. 110 Hz .

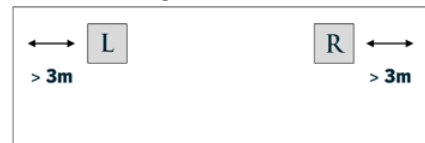
Zweitens bilden sich durch die Reflexionen an den begrenzenden Flächen und die daraus resultierenden Überlagerungen stehende Wellen aus, die Raummoden. Daran lässt sich grundsätzlich nichts ändern. Man kann jetzt versuchen, diese Moden-Bildung so anzuregen, dass an der Abhörposition möglichst geringe Beeinträchtigungen im Frequenzgang auftreten. Eine gute Modenverteilung im Raum ergibt sich, wenn die Raummoden nicht nur an einer Stelle angeregt werden. Dies berücksichtigt der Studioplaner bei der Bestimmung der Position von Lautsprecher und Sweetspot.

Bezüglich des Abstandes zur Rück- und Seitenwand ist aber generell eine möglichst wandnahe Aufstellung zu bevorzugen, um Welligkeit bei der Basswiedergabe

Eckaufstellung



Wandaufstellung



Freie Aufstellung

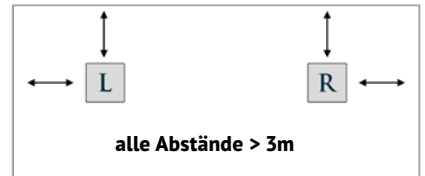


Abb. 6: „Regeln“ für den Abstand zur Wand

zu vermeiden. Da tiefe Frequenzen immer kugelförmig abgestrahlt werden, kommt es zu einer Überlagerung der Direktschallwelle (Monitor → Hörer) mit der von Wänden reflektierten Schallwelle (Monitor → Wand → Hörer), was folglich zu einer frequenzabhängigen Erhöhung des Schalldrucks führt (bei gleichzeitiger Auslöschung benachbarter Frequenzen).

Bei einem Wandeinbau oder sehr naher Wandaufstellung minimiert sich dieser Effekt, da die von der Rückwand reflektierte Welle die gleiche Laufzeit zum Ohr hat wie die direkt abgestrahlte Welle. Ergibt sich aus baulichen oder anderen Gründen ein Abstand zur Rückwand, besteht die Gefahr einer Auslöschung im Bassfrequenzgang entsprechend der Laufzeitdifferenz. Diese muss in einer realen Studioumgebung nicht zwingend extrem ausfallen, da die komplexe Schallausbreitung im Bassbereich mit Beugung und Reflexion oft zu einer Auffüllung der Auslöschung mit Schallenergie aus einer anderen Richtung kommt. Meist ist die Auslöschung aber messbar und sollte in der Studioplanung Beachtung finden. Grundlegend gelten die in Abb. 6 dargestellten „Regeln“.

Bei der Eckaufstellung ergeben sich Reflexionen an Rück- und Seitenwand mit einer deutlichen Überhöhung im gesamten Bassbereich. Die meisten Monitore erlauben deshalb eine Anpassung durch Absenkung des betroffenen Frequenzbereiches (Lowshelf).

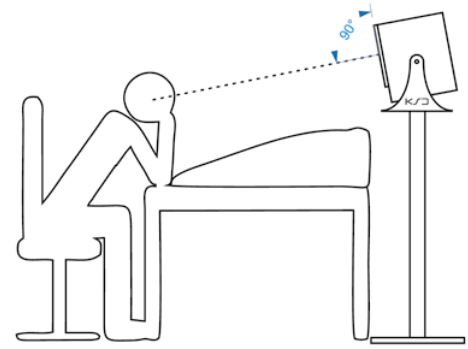


Abb. 7: Monitorhöhe

Eine Wandaufstellung laut Abb. 6 führt ebenso zu einer Bassanhebung, die aber nicht so stark ausfällt und auch per Shelving ausgeglichen werden kann.

Die freie Aufstellung führt zu keiner Überhöhung des gesamten Bass-Bereiches, aber zur beschriebenen Frequenzselektion. Insofern gibt es nicht den grundsätzlich problemlosen Wandabstand. In der Praxis hat sich aber die wandnahe Aufstellung bei Einsatz vom Korrekturfilter am Monitor als leichter beherrschbar gezeigt.

Die Aufstellhöhe

Eine optimale Aufstellhöhe eines Abhörlautsprechers kann man generell angeben. Das Schallzentrum des Monitors sollte auf das Ohr ausgerichtet sein, Höhe und Winkel ergeben sich in der konkreten Situation durch die Berücksichtigung vermeidbarer Reflexionen an Kanten (Bildschirme) und Arbeitsflächen (Mixdesk etc.)



Nach Abschluss des Nachrichtentechnik-Studiums und der Arbeit als freier DSP-Entwickler und Coder gründete **Johannes Sieglar** mit Dieter Klein die Studiomonitorfirma KSDigital GmbH. Diese stellte 1996 auf der TMT in Karlsruhe den weltweit ersten mit FIR-Filter entzerrten Studiomonitor vor.