

Ein Platz an der Sonne

von Dipl. Ing. Bernd Theiß, Audio Physic

Wo ist er - der Platz an dem Ihre Lautsprecher ins richtige Licht gerückt werden? Bevor wir uns mit dieser Frage beschäftigen, sollten erst einmal einige der grundlegenden Phänomene bei der menschlichen Schallwahrnehmung geklärt werden.

P.W. Klipsch, der Entwickler des legendären Klipsch-Horns, sagte einmal: „Gott hat dem Menschen zwei Ohren aber nur einen Mund gegeben, damit er doppelt soviel hört wie er redet“. Es gibt allerdings noch einen zweiten Grund. Aus den Unterschieden der Signale, die von beiden Ohren an unser Gehirn weitergeleitet werden, können wir den Ort der Schallquelle bestimmen. Steht die Schallquelle vor uns, so erreicht der Schall beide Ohren gleichzeitig und mit gleicher Lautstärke, steht sie aber 90 Grad rechts neben uns, so erreicht der Schall das rechte Ohr etwa 0,7 tausendstel Sekunden früher als das linke und der Kopf stellt für das linke Ohr einen akustischen Schatten dar, so daß der Schall an diesem leiser ist (Bild 1).

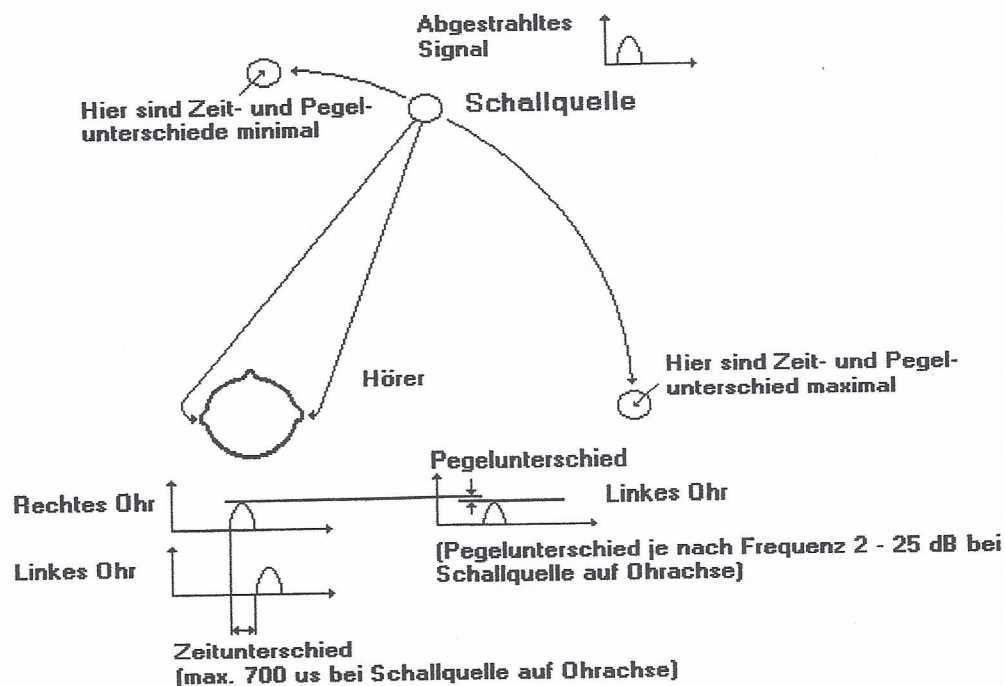


Bild 1: Räumliche Wahrnehmung mittels zwei Ohren

Strahlen nun zwei Schallquellen (Lautsprecher) das gleiche Signal von unterschiedlichen Orten ab, so bildet das Gehirn einen Mittelwert zwischen diesen beiden Orten. Bei der alten Mono-Aufnahme von Maria Callas hören wir die Sopranistin samt Orchester genau aus der Mitte zwischen den Lautsprechern. Bezogen auf Bild 1 erreicht der Schall vom rechten Lautsprecher das rechte Ohr genauso schnell und laut wie der linke Lautsprecher das linke Ohr.

Die Reflexion von einer Wand ist für das Gehirn aber nicht ohne weiteres von einer echten Schallquelle zu unterscheiden. Der Ort der Schallquelle wird bei der Mittelwertbildung vom Lautsprecher in Richtung der Reflexion gezogen. Erfreulicherweise hat das Gehirn im Laufe unserer Evolution eine Taktik entwickelt mit der wir Licht ins dunkle Chaos der Reflexionen bringen können. Tritt ein neues Schallereignis auf, so werden nur die ersten fünf tausendstel Sekunden zur Ortung herangezogen, alles was danach kommt wird erst einmal unterdrückt. In fünf tausendstel Sekunden legt der Schall 1,7 m zurück. Muß der Schall der Reflexion also einen 1,7 m längeren Weg zurücklegen als der der Schallquelle, so hat er keinen Einfluß auf unsere Ortung mehr. Diese intelligente Wertung des Gehörten hat es uns früher ermöglicht auch im dichten Wald mit seinen zahlreichen von Bäumen kommenden Reflexionen immer in der richtigen Richtung vor dem Säbelzahn tiger davonzulaufen.

Aus dem bisher gesagten läßt sich nun die erste Regel für die Lautsprecheraufstellung ableiten: **Der Abstand der Lautsprecher zu allen Wänden sollte so groß wie möglich gewählt werden, damit die Reflexionen so spät wie möglich kommen und ihren Einfluß auf die Ortung verlieren.** Als Idealwert ab dem sich keine weitere Verbesserung mehr ergibt können je nach Hörabstand 85 cm bis 1,5 m angesehen werden, sehr gute Ergebnisse sind aber schon mit Werten von 70 cm zu erreichen. Wer es genau wissen will, kann einen Freund bitten mit einem Spiegel an der Wand lang zu gehen. Dort wo man vom Hörplatz aus den Lautsprecher im Spiegel sieht kommt auch die Schallreflexion her. Mißt man nun die

Abstände Lautsprecher-Spiegel und Spiegel-Hörplatz und zieht den Abstand Lautsprecher-Hörplatz ab, so weiß man ob man unter oder über der kritischen 1,7 m Zone liegt.

Liegt man wesentlich unter diesem Wert, so hat man noch die Möglichkeit den Einfluß der Reflexion durch Dämpfung oder durch Streuung zu vermindern. Bei der Dämpfung wird ein Teil der Energie durch Reibung vernichtet, hierzu sind zum Beispiel schwere Stoffe, die mit einigen Zentimetern Wandabstand aufgehängt sind, geeignet. Wer noch einen Schritt weitergehen will kann auch spezielle Dämmaterialien benutzen, auch hier sind die schwereren vorzuziehen. Eine Fläche von 1 m Höhe und 0,5 m Breite um den Mittelpunkt der Reflexion bringt schon erstaunliche Fortschritte. Bei der Streuung sorgt man dafür das der Schall möglichst ungleichmäßig reflektiert wird, ein mit unterschiedlich großen Büchern zugestelltes Regal kann hier gute Dienste erweisen. Es gibt aber auch sogenannte Diffusoren zu kaufen (z.B. von der amerikanischen Firma RGP oder der deutschen Firma W Vier), die speziell zum Zweck der Streuung von Schallwellen konstruiert sind.

Ein Wort noch zu einer generellen Eigenschaft der räumlichen Wahrnehmung. Kommt ein Mensch in einen vollkommen dunklen Raum so hat er, trotzdem er nichts sieht, sofort eine Vorstellung von der Größe dieses Raumes. Anhand von kleinen Geräuschen wird diese ausge-"echo"-lotet. Dies Wissen über die Raumgröße verhindert in der Regel, daß man bei der Musikwiedergabe etwas gehörtes als „von hinter“ der Rückwand kommend wahrnimmt. Regel 2: **Legt man also auf eine sehr gute Tiefenstaffelung Wert, so sollte man den Abstand des Lautsprechers zur Rückwand entsprechend groß wählen.**

Um das Thema Wandabstand zumindest vorübergehend abzuschließen, sei hier noch erwähnt, daß dieser auch einen großen Einfluß auf den Baßbereich hat. Um so näher die Lautsprecher oder der Hörplatz an eine Wand rücken, um so kräftiger wird der Baß. Man sollte allerdings die Abstände zur Wand hinter und neben dem Lautsprecher nie gleich

wählen, ein Verhältnis von mindestens 1:1,3 ist empfehlenswert. Regel 3: **Durch etwas Experimentieren mit dem Wandabstand von Lautsprecher und/oder Hörplatz kann man seine persönliche Klangbalance einstellen.**

Leider bleibt es in einem Raum nicht bei diesen ersten Reflexionen. Ein Schallereignis wird von den sechs den Raum begrenzenden Wänden reflektiert, jede entstehende Reflexion wird wiederum reflektiert, jede resultierende Re...., bis man nach nur einer zehntel Sekunde sechs Milliarden Reflexionen in einem normal großen Wohnraum hat. Jede neue Generation von Reflexionen hat zwar gegenüber der vorhergehenden etwas Energie verloren, aber es werden halt auch immer mehr. Das Ganze sieht dann etwa wie in Bild 2 aus und wird Nachhall genannt.

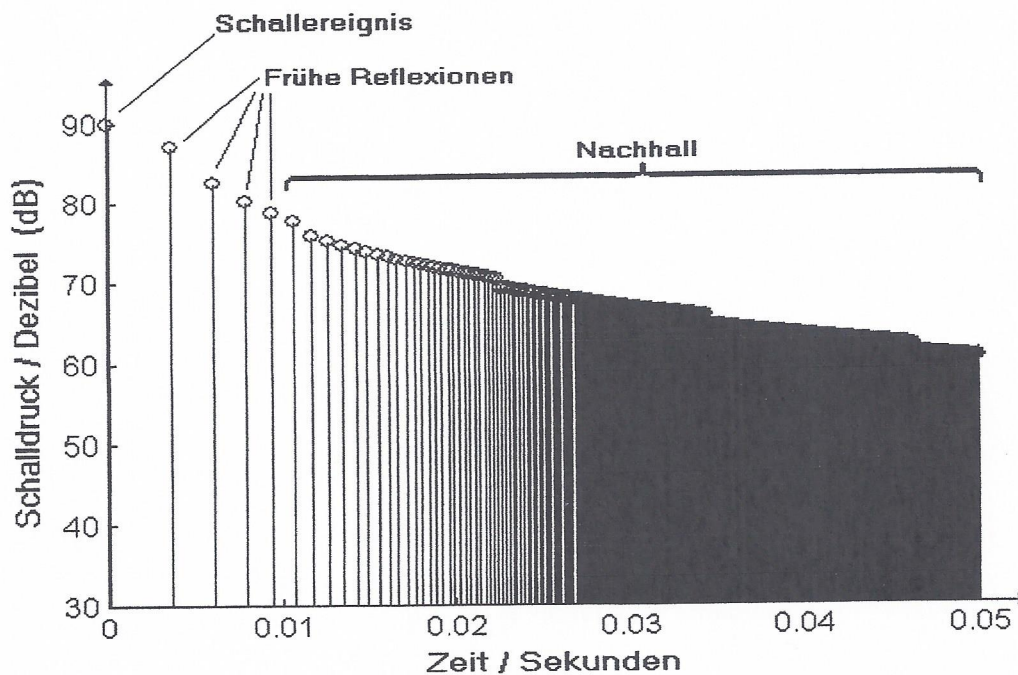


Bild 2: Schalldruck und Zeitpunkt eines Schallereignisses und seiner Reflexionen in einem 30 qm Hörraum

Der direkte Schall des Lautsprechers halbiert seine Lautstärke mit jeder Abstandsverdopplung, während die Lautstärke des Nachhalls überall im Raum gleich ist. Das hat zur Folge das man ab einem bestimmten Abstand zum Lautsprecher mehr vom Nachhall hört als vom eigentlichen Lautsprecher. Der Abstand zum Lautsprecher, oder besser

gesagt der Radius um den Lautsprecher, ab dem dies der Fall ist wird von Akustikern der Hallradius genannt. Dieser liegt in einem durchschnittlichen Hörraum bei etwa zwei Metern. Da Sie wahrscheinlich mehr Interesse haben den Klang Ihrer bevorzugten Aufnahme zu hören als den Klang Ihres Hörraums, folgt nun Regel 4: **Um so näher sie an Ihren Lautsprechern sitzen, um so weniger wird die Wiedergabe durch den Hörraum beeinflusst.** Ein Mindestabstand von 1,75 Metern sollte jedoch in jedem Falle eingehalten werden, damit sich die Schallfelder der einzelnen Chassis richtig addieren. Bei großen Lautsprechern die nicht speziell auch für Nahfeld-Aufstellung optimiert sind kann dieser Mindestabstand auch größer sein (dem Autor ist ein Lautsprecher bekannt der erst ab 4 - 5 Metern richtig summiert). Sollten sich bei Ihnen nur wesentlich größere Hörabstände als zwei Meter realisieren lassen, so ist besondere Sorgfalt bei der Inneneinrichtung des Hörraums zu empfehlen. Jeder Gegenstand dämpft einen Teil der Schallwellen die an ihm reflektiert werden, wobei das Maß der Dämpfung frequenzabhängig ist. Leider werden höhere Frequenzen von fast allem gedämpft, besonders gut von Gardinen, Teppichen, Sesseln und Sofas, tiefe Frequenzen aber nur von großen Schränken oder großen Fenstern. Dies führt schnell zu einer überproportionalen Dämpfung bei hohen Frequenzen und damit zu einem leblosen und baßbetonten Klangbild. Das entfernen von unnötigen Höhen-Killern, z.B. durch zusammenschieben von Vorhängen, bringt hier eine neue Lebendigkeit und Regel 5: **Dämpfendes Raumakustik-Zubehör sollte man nur da sparsam anwenden wo wirkliche Störquellen vorliegen, d.h. bei den oben beschriebenen frühen Reflexionen und bei eventuell vorhandenen Flutter-Echos.**

Flutter-Echos treten hauptsächlich in spärlich eingerichteten Wohnungen auf, wenn der reflektierte Schall mehrmals zwischen den oberen Wänden hin- und hergeworfen wird, bevor er nahezu ungeschwächt das Ohr erreicht. Hat der Schall bis zu diesem Zeitpunkt ca. 30 m zurückgelegt so wird er vom Gehirn als neues Schallereignis aufgefaßt.

Regel 6: Durch in die Hände klatschen lassen sich Flutter-Echos leicht feststellen, und ebenso leicht durch ein paar kleine Kissen in den Raumecken und eventuell an den Kanten zwischen Wänden und Decke eliminieren.

Das am schwierigsten zu behandelnde Thema bei der Lautsprecher Aufstellung sind die stehenden Wellen. Als stehende Wellen bezeichnet man Schallwellen deren Wellenlänge ein geradzahliges Vielfaches des halben Wandabstandes sind (Es gibt auch stehende Wellen die zwischen vier respektive sechs Wänden auftreten, aber das würde hier zu weit führen). Wie stehende Wellen entstehen kann der Autor bei Interesse gerne in einem separaten Artikel darstellen, der dann aber sehr theoretisch ausfallen muß. Hier soll nur auf ihre Auswirkungen eingegangen werden. Stehende Wellen verstärken bei den Frequenzen wo sie auftreten den Baß und machen ihn unpräziser, indem sie das Ausschwingen von Tönen unnatürlich verlängern. Der beste Weg um ihre Wirkung zu vermeiden ist es einen Raum mit optimiertem Verhältnis von Breite zu Höhe zu Tiefe zu konstruieren. Dies Verhältnis ist aber für jede Raumgröße anders, und die meisten Normalsterblichen haben sowieso nicht die Möglichkeit ihre Raumproportionen frei zu wählen. Was kann man also machen? Von der Möglichkeit sich spezielle Absorber, die auf die Frequenzen einzelner stehender Wellen abgestimmt sind, für den Hörraum zu bauen soll einmal abgesehen werden. Der Autor zumindest hat noch kein mit solchen Absorbern ausgestattetes Musikzimmer gesehen. Besonders stark ausgeprägt sind stehende Wellen, wenn entweder der Lautsprecher oder der Hörer sehr nah an einer der Wände plaziert ist zwischen denen eine stehende Welle auftritt. Dies ist ein weiteres Argument für einen großen Wandabstand der Lautsprecher. Ist dieser Weg nicht realisierbar, so hilft es sehr die Ecken des Raumes mit Möbeln, Tube Traps oder Monolithen von RoomTune auf etwa einen Meter Breite und mindestens einen Meter Höhe zuzustellen (Regel 7). Auch eine ungleichmäßige Anregung von vielen verschiedenen Punkten im Raum ist zur Unterdrückung stehender Wellen

sinnvoll (Regel 8). So sind bei der Stereowiedergabe und Raum-Symmetrischer Lautsprecher Aufstellung die stehenden Wellen zwischen linker und rechter Wand gut unterdrückt, da tiefe Frequenzen bei fast allen Aufnahmen zusammen gemischt sind. Für vordere und hintere Wand und für Boden und Decke stehen die Lautsprecher jedoch auf einer Linie. Treten hier Probleme auf, so kann ein zusätzlicher Subwoofer Verbesserung bringen, der möglichst nicht mit den Lautsprechern auf einer Linie steht. Im Extremfall (Wände des Hörraums aus Rigips, Decke und Boden aus Beton) kann das sogar bedeuten, daß die beste Position für den Subwoofer auf einem Sockel zwischen Boden und Decke ist. Auch eine Aufstellung wo die Lautsprecher nicht parallel zu einer Wand stehen, sondern beispielsweise rechts und links von einer Ecke, kann stehende Wellen unterdrücken. Bei solchen Aufstellungen ist es aber häufig schwierig eine symmetrische Klangbühne zu bekommen, wenn dies gelingt wird man aber durch eine Ecken bedingte gute Tiefenstaffelung belohnt.

Eine Frage die nun noch zu klären ist, ist die nach dem Abstand zwischen den Lautsprechern. Diese Frage wurde in den „Kindheitstagen“ der Stereophonie gern mit dem gleichschenkligen Dreieck beantwortet, daß heißt gleicher Abstand zwischen Lautsprechern und Hörer. Diese Empfehlung darf heute getrost als historisch bezeichnet werden. Bei den damals, besonders im amerikanischen Raum üblichen Stereoaufnahmen, mit zwei mehrere Meter voneinander entfernten Mikrofonen entstand bei größerem Abstand zwischen den Lautsprechern ein Loch in der Mitte. Bei modernen Aufnahmen, bei denen der Mikrofonabstand zwischen 0 cm und maximal einem Meter liegt oder bei denen gar jedes Instrument sein eigenes Mikrofon bekommt, und der Ort wo es später zu hören ist am Mischpult bestimmt wird, ist dieses Problem eigentlich ausgeräumt. Bei Audio Physic durchgeführte Forschung hat gezeigt, daß ein Öffnungswinkel von 75° zwischen Hörer und Lautsprechern bei genauer Positionierung noch keine Nachteile hat. In der Praxis heißt das: **Der Abstand zwischen den Lautsprechern darf bis**

zum 1,2-fachen des Abstandes zwischen Lautsprecher und Hörer betragen (Regel 9). Die sich dann ergebende große Bühne hat den Vorteil, daß einzelne Instrumente viel besser räumlich voneinander getrennt werden. Bei einem Fernseher müssen Sie übrigens für 17% mehr Bildbreite ca. 20% mehr Geld anlegen, bei der Lautsprecheraufstellung bekommen Sie 20% mehr Klangbühnen praktisch zum Nulltarif.

Nach soviel grauer Theorie ist nun ein praktisches Beispiel angebracht. Im Hörraum in Bild 3 wurde der Abstand der Lautsprecher zur Rückwand auf 1,3 Meter festgelegt, da unser Beispiel-Hörer auf gute Tiefenstaffelung gesteigerten Wert legt. Die beste Klangbalance ergab sich nun bei einem Wandabstand der Lautsprecher von einem halben Meter. Um störende Reflexionen der Seitenwände zu unterdrücken, wurden an den mit dem Spiegel bestimmten Stellen Diffusoren (oder Bücherregale bzw. Dämpfungselemente) angebracht, denn unser Hörer ist ein Perfektionist. Bei dem sich ergebenden Lautsprecherabstand von 2,4 m, konnte ein optimaler Hörabstand von zwei Metern gewählt werden, womit sowohl eine große räumliche Bühne als auch minimale Raumeinflüsse realisiert wurden. Die Grundvoraussetzungen für ein optimales Hörerlebnis sind damit gegeben. Sogar die Familie kann in diesem Beispiel mitgenießen, allerdings mehr wie aus der zwanzigsten Reihe des Konzertsaals, anstelle der zumindest von Opernregisseuren und Musikkritikern bevorzugten Zehnten (was immer Ihnen ARD und ZDF auch erzählen mögen).

Hat man die Grundaufstellung erst einmal gefunden, so muß man sich nur noch um die Fein-Justage der Lautsprecher kümmern. Über das Anwinkeln der Lautsprecher kann man grob die Frequenzbalance im oberen Hörbereich (bedingt durch die Richtcharakteristik) und die räumliche Tiefenstaffelung an den Rändern der Bühne (bedingt durch den Einfluß von unvermeidlichen Reflexionen an den Gehäusekanten des Lautsprechers) beeinflussen. Generell wird die Höhenwiedergabe um so ausgeprägter, je mehr die Lautsprecher auf die Ohren ausgerichtet sind. Bei guten Lautsprechern ist dieser Einfluß allerdings gering. Audio

Physic Lautsprecher sind so konstruiert, das der Einfluß von Kantenreflexionen am geringsten ist, wenn man vom Hörplatz gerade einen Teil der inneren oder der äußeren Gehäusewand sehen kann.

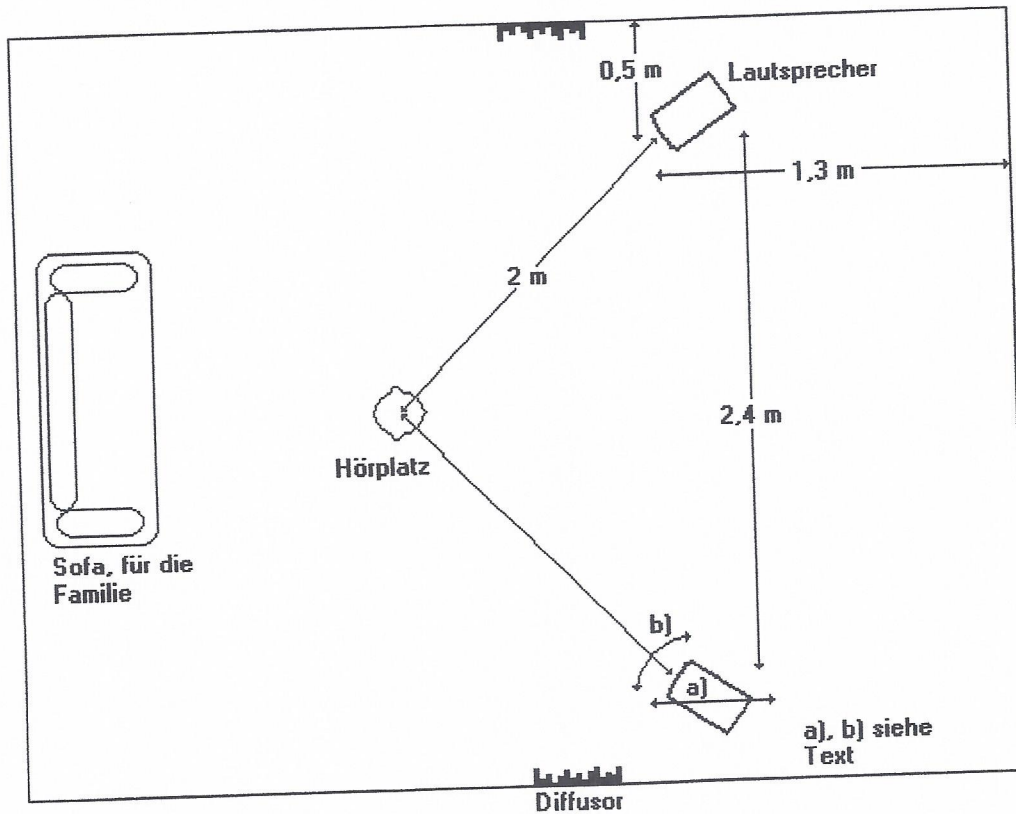


Bild 3: Beispiel für eine gelungene Lautsprecheraufstellung

Will man mit mehreren Hörern gemeinsam hören so empfiehlt sich eine Aufstellung bei der sich die Lautsprecher-Achsen vor dem Hörplatz kreuzen. Für einen einzigen „Sweet-Spot“ sollte der Kreuzungspunkt hinter dem Hörplatz liegen. Um so weiter er hinter dem Hörplatz liegt, um so tiefer wird die räumliche Bühne an den Seiten. Ab einem bestimmten Punkt verliert man allerdings den Fokus, hier ist wie so oft im Leben ein Kompromiß gefragt. Ist dieser gefunden muß noch die Symmetrie der Bühne bzw. der Fokus in der Mitte justiert werden. Mit einer Monoaufnahme (z.B. „Aida“ mit Maria Callas oder Track 15 auf „Boots“ von Nancy Sinatra) wird zuerst ein Lautsprecher Zentimeterweise vor und zurückgeschoben bis das Klangbild im großen und ganzen aus der Mitte kommt (siehe a) in Bild 3). Ist dies der Fall, so

wird der Lautsprecher Gradweise gedreht bis das Klangbild nur noch einen minimalen Raum einnimmt (b in Bild 3). Damit ist die Lautsprecheraufstellung nun endgültig abgeschlossen - der Mühe Lohn sollte ein Platz an der Sonne für Ihre Lautsprecher und ungetrübter Hörgenuß für Sie sein.