



Vortrag, gehalten auf der 20. Tonmeistertagung 1998

Was wäre Musik ohne Emotion? Ist es da nicht nahe liegend, technische Aspekte Gefühlen unterzuordnen und den Erfolg von Tonaufzeichnungen allein mit empirischen Erfahrungen und Fingerspitzengefühl an den Reglern anzustreben?

Andererseits sind technische Fortschritte nur denkbar, wenn aus einmal gemachten Erfahrungen Erkenntnisse abgeleitet werden, die als gesicherte Grundlage für neue, weitergehende Arbeiten dienen können.

So ist beispielsweise die Kenntnis von Gesetzmäßigkeiten der Stereophonie eine gute Voraussetzung, um bei Versuchen mit Surround-Aufzeichnungen erfolgreich zu sein.

Bei den Mikrofonparametern lohnt es sich, emotional beeinflusste Annahmen kritisch zu prüfen. Manchmal widerspricht die Erwartung den physikalischen Tatsachen. Korrekt durchgeführte Hörtests können dies belegen.

Mikrofon und Gefühle

In unserer modernen Zeit gehören Mikrofone zu den wenigen Elementen des Studiobetriebs, die in den vergangenen Jahrzehnten nur wenig grundlegende Veränderungen erfahren haben. Manche alten Mikrofone sind sogar bis heute im Einsatz und werden hoch geschätzt. Wie traurig ist dagegen die Geschichte von Tonbandgeräten, Plattenspielern und anderem technischen Gerät. Dies alles soll Schrott sein und war doch einst so attraktiv? Insbesondere die schöne Mechanik alter Zeiten, zu denen man Technik noch „anfassen“ konnte, ist nun fast überall durch vorzugsweise schwarze Kästen ersetzt, in deren Schlitz man etwas hineinsteckt, was dann eine Funktion auslöst oder manchmal auch nicht.

Ist es da nicht verständlich, wenn Mikrofone ins Zentrum nostalgischer Gefühle rücken? Je älter, um so besser, lautet dabei die Devise. Dass dieses Gefühl leicht in eine Falle führt, erklären auch Insider, die sich ausgiebig mit alten Mikrofonen auseinander gesetzt haben. Nicht jedes alte Röhrenmikrofon ist ein gutes Mikrofon /1/ (und auch nicht jedes neue).

Der Tonmeister muss die Realitäten der Physik mit der Gefühlswelt der Musik verbinden. Dies ist nicht einfach, weil Physik und Musik fast konträre Disziplinen sind. Während Physik objektiv und nüchtern ist, ist Musik ohne Emotionen unvorstellbar. Der Zwiespalt zwischen Physik und Emotion ergibt sich daraus, dass es auf rein physikalischer Grundlage nicht möglich ist, eine Aufnahme zu beurteilen.

Die Frage, ob es die Attraktionen der Technik sind oder doch eher Liebe zur Musik, was einen Tonmeister bewegt, kann nur individuell beantwortet werden. Letztendlich ist es aber vorteilhaft, wenn gute Kenntnisse in beiden Bereichen vorliegen, denn die gekonnte

Kombination macht stark. Dagegen führt eine unreflektierte Mischung aus Objektivem und Gefühlsmomenten in die Irre.

“Gemischte Gefühle”

Wohin es führt, wenn Technik und Gefühle nicht auseinander gehalten werden, führen uns “Freaks” vor, die aus ihrer Liebe zur “high fidelity“ eine Religion mit allerlei Fetischen machen. Gestandenes Ingenieurwissen, ohne das es die Objekte der Begierden gar nicht gäbe, stört dann nur. Gezielte Entwicklungen werden durch Trends ersetzt, und an die Stelle von Wissen und Verstehen tritt Glaube und Aberglaube.

In einer großen deutschen Hi-Fi Zeitschrift wurde z.B. über Netzverteilerleisten berichtet. Eine ganz besondere hat eine runde Bauform mit kreisförmiger Anordnung der Netz-Steckdosen. Der Tester kam schließlich zu dem erstaunlichen Ergebnis, dass auch das Klangbild irgendwie rund wirke /2/. So etwas ist selbstverständlich einen märchenhaften Preis wert, und daher soll an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass es ein Märchen gibt, das in keiner Audiobibliothek fehlen sollte. Es ist das Märchen: “Des Kaisers neue Kleider”.

Es erfordert keine höhere Psychologie um zu verstehen, wie es möglich ist, dass vorgegebene oder erwartete Klangunterschiede Bestätigung finden, auch wenn sie tatsächlich nicht hörbar sind. Man stelle sich z.B. nur einmal vor, dass ein Tester keinen Unterschied hört! Er würde sich damit doch gegenüber jedem Kollegen disqualifizieren, der mutig von deutlichen Unterschieden berichtet, ob sie nun tatsächlich gegeben sind oder auch nicht. Auch der Käufer, der viel Geld ausgegeben hat, kann es sich in verschiedener Hinsicht nicht mehr leisten, sich mit der Wahrheit auseinander zu setzen.

Hinzu kommt, dass die Wahrheitsfindung schwierig ist. Einfaches Hinhören ist umso ungeeigneter, je feiner die Qualitätsunterschiede sind. Wer ohne unmittelbaren Vergleich ein klangliches Ergebnis einem anderen gegenüberstellt, wird mit großer Wahrscheinlichkeit Opfer seiner Erwartungshaltung. So genannte AB-Vergleiche sind kein sicheres Mittel, um herauszufinden, ob ein Produkt A oder B das bessere Ergebnis bringt, aber sie sind das einzige Verfahren, durch das überhaupt Unterschiede deutlich werden. Richtig durchgeführt, können AB-Tests Mythen entschleiern. Dazu folgen an späterer Stelle noch einige Erklärungen.

Heute, nach einem Zeitraum, der sogar juristisch fast alles verjähren lässt, bekennt der Autor einen Fall, bei dem er selbst zu den Opfern allgemeiner Erwartung gehörte:

In einem Kreis interessierter Hörer stellte er die verbesserte Version eines Vorverstärkers vor. Alle Anwesenden waren vom Klang begeistert. Als sie gegangen waren, folgte ein Schreck: Bei der gesamten Vorfüh-

rung war ein Bypass, der die neue Schaltung inaktivierte, in Betrieb gewesen!! Der ganze "Unterschied" bestand also aus ein paar Stückchen Draht, und die waren nicht „oxygenfree“!

Auch einige Profis sind nicht frei von Erwartungshaltungen. So wird z.B. angenommen, dass die Röhre grundsätzlich eine Garantie für "warmen Klang" sei, völlig unabhängig von den Randbedingungen. Es kann folglich überhaupt keine schlecht klingenden Röhrengeräte gegeben haben. Dann wundert es schon fast nicht mehr, dass es tatsächlich den Liebhaber von Röhrenmikrofonen gibt, der die klangliche Wärme mit der physikalischen Wärme erklärt, gemessen in Grad Celsius oder vorzugsweise Fahrenheit. Dies kann als besonders gravierendes Beispiel dafür genannt werden, wie irreführend die unreflektierte Kombination von Gefühl und Technik sein kann.

Jedem, der mit Ton zu tun hat, ist zu empfehlen, dass er beim Umgang mit technischen Geräten Physik und Emotion trennt.

Objektives und Subjektives

Technik ist objektiv. Im Bereich Newtonscher Physik sind Dinge richtig oder falsch und man hat gelernt, gegebene Aufgabestellungen gezielt zu lösen. Wenn es heute technische Entwicklungsleistungen gibt, die früher undenkbar waren, liegt das vor allem daran, dass die zeitgemäße technische Arbeitsweise streng rational ist, im Gegensatz zu früherer Alchimie. Damit geht einher, dass neue Arbeiten auf den Erkenntnissen unserer Vorfahren aufbauen. Würde man diese außer Acht lassen, müsste man immer wieder von vorne anfangen und könnte nicht weiterkommen. Der Fortschritt ist stets eng mit der Wissenschaft verknüpft. Es stellt sich sogar die Frage, ob es Fortschritt ohne Wissenschaft überhaupt gibt. Man denke nur einmal an die großen Erfolge der modernen Medizin im Vergleich zu der Zeit davor.

Die rationale Betrachtungsweise erschöpft sich andererseits rasch, wenn subjektive Komponenten an Bedeutung gewinnen, wie z.B. in der Kunst. Ob etwas als schön oder gut beurteilt wird, hängt hier vom Geschmack ab, und der unterliegt wiederum verschiedensten Einflüssen. Trotzdem gibt es zum Glück so etwas wie allgemeine Werte, aus denen sich in vielen Fällen ableiten lässt, was einer Mehrheit gefallen wird. So mag z.B. kaum jemand Musikwiedergabe, der alle hohen Töne fehlen, aber schon bei der Frage, wie viel Klirrfaktor gut ist, scheiden sich die Geister. Zwar ist es unfein, Klirrfaktor zu fordern, aber Harmonische zweiter und eventuell auch dritter Ordnung werden oft gemocht. (Sie heißen ja auch „Harmonische“.)

Eine besondere Stärke der subjektiven Beurteilung beruht darauf, dass unser Gehirn in Blitzesschnelle eine sehr große Zahl von Daten auswerten kann. Deshalb können wir z.B. gleich, nachdem wir einen Men-

schen sehen, sagen, ob er uns gefällt oder auch nicht. Natürlich ist auch dabei eine persönliche Filterung in Aktion, aber die Vorstellung, man müsste den gleichen Eindruck durch Messdaten vermitteln, scheint kaum realisierbar zu sein.

Was ist Wahrheit?

Es stellt sich also die Frage, wie man mit größtmöglicher Sicherheit zu repräsentativen Aussagen bezüglich klanglicher Qualitätsmerkmale gelangt.

Der Versuch, objektive in subjektive Daten zu übersetzen, wurde schon verschiedentlich unternommen /3/. Leider ist eine Lösung dieses Unterfangens ziemlich aussichtslos. Man kann aber zwei andere Wege beschreiben, wenn man herausfinden will, welches Audioergebnis „besser“ ist:

Die wissenschaftliche Untersuchung

Messergebnisse sind für Entwicklungsingenieure immer der sicherste Leitfaden. Technische Daten sind objektiv und erlauben exakte Vergleiche. Aufgrund ihrer wissenschaftlichen Auswertung kann man komplexe Verhältnisse klären und Fortschritte erzielen.

Diese Feststellung wird viele Praktiker nicht befriedigen, aber anhand von Beispielen wird gezeigt, welche Realität manchen bekannten Erwartungen gegenübersteht. In vielen Fällen lässt sich die Richtigkeit theoretischer Erkenntnisse in der Praxis beweisen.

Der Hörtest

Er ist immer erforderlich, um letzte Sicherheit in der Beurteilung zu bekommen. Wie bereits erwähnt, muss er durch einen unmittelbaren Vergleich abgesichert werden, besonders wenn die Unterschiede klein sind.

I. Wissenschaftliche Betrachtungen

1. Das Kabel

Da die meisten Mikrofone mit Kabeln betrieben werden, soll auch dieses "heiße Thema" kurz angesprochen werden. Eine ausführliche Beschreibung wäre an dieser Stelle zu lang, denn "Leitungstechnik" ist ein eigener Bereich der Nachrichtentechnik /4//5/. Echte Kabel-Spezialisten sollten gute Mathematiker sein. Demgegenüber macht Mangel an Physikkenntnissen mutig. Da werden klar definierte Fachbegriffe, wie z.B. der Wellenwiderstand, für Vertriebszwecke missbraucht. Dies funktioniert erstaunlich gut, wenn eine Glaubensgemeinschaft dahinter steht, die Unglauben mit Exkommunikation bestraft.

Unbestreitbare Tatsache ist dagegen, dass die Betrachtung des Wellenwiderstands bei Kabeln, deren Länge deutlich unter einem Viertel der Wellenlänge liegt, keinen Sinn hat. $\lambda/4$ bei 20kHz und einer Dielek-

trizitätskonstante des Kabels von $\epsilon=2,5$ beträgt aber knapp 2,5 km! Anders als bei Audiosignalen spielt der Wellenwiderstand bei digitalen Kabeln (AES-EBU) allerdings schon ab einigen zehn Metern eine Rolle, je nachdem, wie genau es auf die Flanken der Impulse ankommt.

Bei allen Übertragungen durch Kabel spielen die Quellimpedanz und der Abschlusswiderstand eine ebenso wichtige Rolle wie die Kabelparameter selbst. Daher kann man Kabeln allein keinerlei allgemein gültigen Prädikate bezüglich ihrer Übertragungsqualität geben.

In der Praxis äußert sich die Qualität von Mikrofonkabeln vor allem durch die Wirksamkeit der Abschirmung, die Gleichheit der Adern und durch Verarbeitungskriterien.

Unter den Kabelparametern spielt bei Mikrofonen in der Praxis der kapazitive Belag die wichtigste Rolle. Er ist umso größer, je hochohmiger die Ausgangsimpedanz ist, aber selbst Mikrofone mit 200 Ohm Innenwiderstand zeigen bei Kabeln bis 100m Länge meist noch keine ernste Beeinträchtigung des Übertragungsverhaltens. Deutlich größere Längen sind auch vertretbar (und kommen vor), wenn die Impedanz der Mikrofone besonders niedrig ist /6/.

Weit wichtiger als die Kabelfrage ist bei Kondensatormikrofonen dagegen eine korrekte Phantomspeisung. Sie wird leider erstaunlich oft geradezu fahrlässig realisiert /8/.

2. AB-Stereofonie

Es ist auch heute noch üblich, dass die Aufstellung des Mikrofonpaares einer AB-Stereoaufnahme empirisch erfolgt. Der Abstand zum Orchester entscheidet dabei über das Verhältnis von direktem zu indirektem Schall (Hallbalance), und der Abstand zwischen den Mikrofonen wird nach Erfahrung und Gutdünken gewählt. Es gibt auch immer wieder Studenten, die der Frage nachgehen, welches wohl der beste Abstand zwischen den Mikrofonen sei.

Diese Verfahrensweise ist aber unnötig. Wissenschaftliche Betrachtungen erlauben es, aus der Geometrie des Orchesters und den Mikrofonen abzuleiten, in welchem Abstand die Mikrofone zueinander stehen müssen, wenn die Stereobasis der Wiedergabe voll ausgefüllt werden soll /9//10//11/. Wenn derartige Erkenntnisse vorausgesetzt werden können, darf man hoffen, weitere Fortschritte in der Aufnahmetechnik zu machen, z.B. im Hinblick auf die Vielkanalstereofonie, deren Komplexität durch reines Experimentieren schwer zu bewältigen ist.

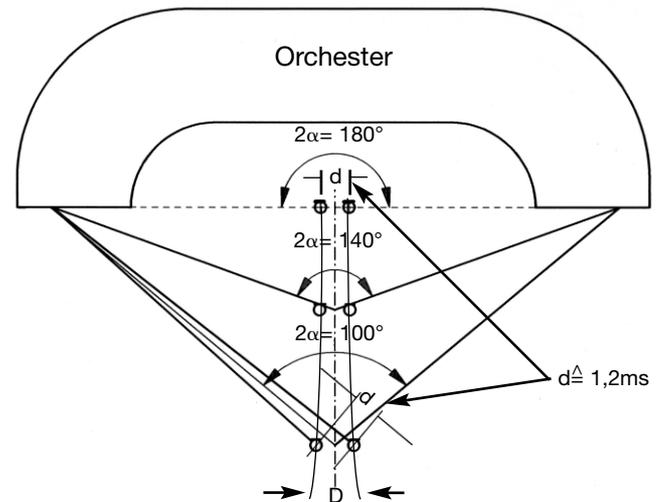
Die wesentlichsten Merkmale der allein auf Laufzeitunterschieden beruhenden AB-Stereofonie sollen hier nochmals kurz beschrieben werden:

Damit ein Signal, das mit gleichem Pegel in beiden Stereokanälen übertragen wird, durch einen Zeitunter-

schied ganz links oder ganz rechts von der Lautsprecherbasis geortet wird, ist ein Laufzeitunterschied von 1,1-1,6ms erforderlich. Dieses Kriterium ist leider nicht sehr scharf, was auch mit der bekannten Lokalisationschwäche von AB-Aufnahmen zusammenhängt.

Da 1,2ms der Laufzeit entspricht, die Schall in Luft für ca. 40cm benötigt, kann man sagen, dass 40cm den kleinsten möglichen Mikrofonabstand darstellen, wenn die extrem außen liegenden Schallquellen, z.B. eines Orchesters, die Stereo-Lautsprecherbasis füllen sollen. Kleinere Laufzeitunterschiede führen zu einer Lokalisation innerhalb der Stereobasis.

Im Fall, dass die parallel ins Orchester weisenden Mikrofone nur 40cm voneinander entfernt aufgestellt werden, müssen sie so nahe aufgestellt werden, dass ihre Verbindungslinie durch die außen liegenden Schallquellen geht (Abb. 1). Wenn die Mikrofone weiter entfernt aufgestellt werden, muss der Abstand zwischen ihnen vergrößert werden, so dass sich für Schall aus extrem linker oder rechter Richtung wieder der Laufzeitunterschied 1,2msec ergibt (Tabelle 1).



2α	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°
D/cm	76	60	50	44	40	38,5	37,5

Abb. 1 AB-Stereoaufnahme bei verschiedenen Abständen zum Orchester und Abstand d zwischen den Mikrofonen, so dass sich $\Delta t=1,2ms$ ergibt.

Den Laufzeiten entsprechen Wegstrecken, die für bestimmte Frequenzen die Abmessung einer halben Wellenlänge haben. Deshalb liefern die Mikrofone bei diesen Frequenzen gegenphasige Signale. Auch für ungeradzahlige Vielfache dieser Frequenzen liegt Gegenphasigkeit der Ausgangssignale vor. Es ist aber bekannt, dass eine Lokalisation bei einer Stereowiedergabe durch gegenphasige Signale – wie z.B. bei

einem verpolten Lautsprecher – unmöglich wird und dass statt dessen nur eine diffuse Räumlichkeit empfunden wird.

Zum Glück ergeben geradzahlige Vielfache der gleichen Frequenz phasenrichtige Signale. Außerdem stimmt die Phase bei tiefen Frequenzen, deren halbe Wellenlänge deutlich größer ist als der Mikrofonabstand. So ist eine Lokalisation immer noch möglich, aber die gegenphasigen Anteile sind genau so häufig und täuschen eine Räumlichkeit vor, die von den einen ghasst wird, weil sie unecht ist /12/ und die andere dennoch mögen. Man kann sie beurteilen wie Zucker im Wein.

Da die Phase zwischen den Kanälen von reinen AB-Aufnahmen ohne Stützmicrofone je zur Hälfte falsch und richtig ist, kann man, anders als bei koinzidenten Aufnahmen, die Polarität eines Lautsprechers durchaus umdrehen, ohne dass dies sicher bemerkt wird! Am ehesten fällt dann eine geschwächte Bass-Wiedergabe auf, besonders bei mono.

Die wissenschaftliche Betrachtung der AB-Technik erweist sich in diesem Beispiel als deutlich leistungsfähiger als der Versuch, AB-Aufnahmen rein empirisch anzugehen.

3. Mikrofonwahl

Ebenso wie Basiswissen der Akustik beim Umgang mit der AB -Technik hilft, erleichtern grundlegende Kenntnisse über Mikrofone die Wahl des richtigen Mikrofons. So sollte man beispielsweise wissen, dass für beste Tieftonübertragung nur elektrostatische Druckempfänger in Frage kommen, oder man muss den Nahheitseffekt von Druckgradientenempfängern ausnutzen, um nur zwei kurze Beispiele zu nennen.

Auch unter guten Mikrofonen gibt es viele verschiedene Typen. Dies ist aber nicht mit dem Wunsch nach entsprechend vielen Klangbildern zu erklären. Im Gegenteil, je besser die Mikrofone sind, umso ähnlicher klingen sie. Ihre Verschiedenartigkeit ist durch unterschiedliche Applikationen begründet. Kondensatormikrofone mit Kugelcharakteristik sind z.B. in vieler Hinsicht fast ideal, wenn man aber nicht nahe genug an eine Schallquelle herankommt oder akustische Rückkopplung zu befürchten ist, kann man sie nicht brauchen, sondern muss richtende Mikrofone einsetzen.

Viel wichtiger als der gewählte Mikrofontyp ist dessen richtige Aufstellung in bezug auf das Abstrahlverhalten der Instrumente /13/. Für Stützmicrofone sollte man den so genannten „Sweet Spot“ suchen (nicht zu verwechseln mit dem „sweet spot“ einer stereofonen Wiedergabeanlage).

Wer etwas von der Funktion von Mikrofonen versteht, wird die verschiedensten Aufgaben gut meistern können. Rezeptwissen ist dagegen einfacher und folgt auch Moden, aber es ist kein guter Helfer bei ständig

wechselnden Aufnahmesituationen. Tonaufnahmetechnik ist nicht einfach. Tonmeister ist ein Beruf.

4. Mikrofon mit Kugelaufsatz

Ein anderes Beispiel wissenschaftlicher Vorhersage ist bei der Verwendung von „attachments“ auf Mikrofonkapseln möglich (Abb. 2). Allerdings kann man die Frage, ob das „gut“ ist, nicht allgemein gültig beantworten. In /14/ wird sehr richtig getitelt: „Engineer turns accessories into art“. Bei Kunst ist es immer eine Geschmackssache, ob etwas gefällt oder nicht.



Abb. 2 Druckempfänger mit Kugelaufsatz

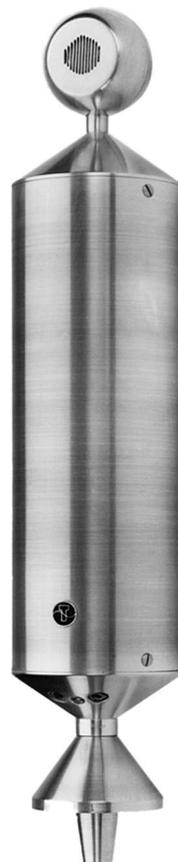


Abb. 3 SCHOEPS-Mikrofon 1948

Technisch gesehen verhält sich eine Kugel im Schallfeld „gutmütig“. Diese Tatsache ist altbekannt (Abb. 3) und wurde schon 1951 beim Neumann-Mikrofon M 50 genutzt.

Die physikalischen Betrachtungen /15/ gehen allerdings bei Kugel und Zylinder von gleichen Durchmessern aus (genauer: normierte Darstellung). Wenn man nun eine Kugel auf ein zylindrisches Mikrofon aufsetzt, ist der Kugeldurchmesser aber zwingenderweise größer als der des Zylinders. Was geschieht, wenn man eine 50mm Kugel auf ein zylindrisches Mikrofon mit 20mm Durchmesser aufbringt, sieht man in Abb. 4b im Vergleich zum Verhalten des unveränderten Mikrofons.

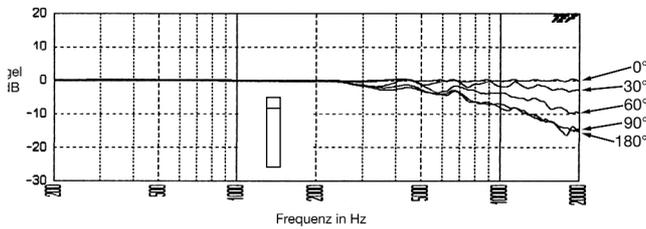


Abb. 4a Frequenzgänge eines Freifeld – Druckempfängers (MK 2) für verschiedene Schalleinfallswinkel

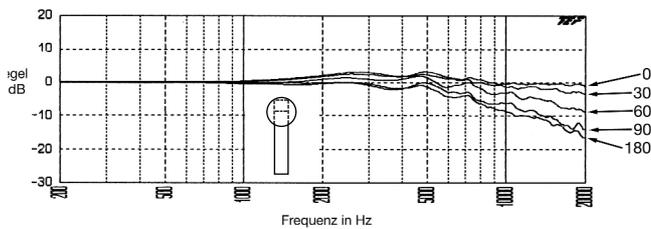


Abb. 4b Frequenzgänge eines Freifeld – Druckempfängers (MK 2) für verschiedene Schalleinfallswinkel mit Ø 50mm Kugelaufsatz

Mit Kugelaufsatz ergibt sich ein leichter Buckel im Frequenzgang, der Töne im Bereich 2 - 8kHz leicht anhebt. Danach fällt der Frequenzgang ab. Ansonsten ist der Einfluss der Kugel erstaunlich gering. Das zeigt, dass eine Kugel mit 50mm Durchmesser einem Zylinder mit 20mm Durchmesser im Schallfeld in akustischer Weise kaum nachsteht. Daher geht ein Kompliment an die Kugel, aber ist das Mikrofon nun besser?

Es kommt auf den Fall an. Bei geschicktem Umgang mit einem guten Equalizer ist eine ähnliche Klangveränderung allerdings auch möglich. Die allgemein folgende Frequenzabhängigkeit des Polardiagramms, auf die ein Equalizer natürlich keinen Einfluss hat, wird durch die große Kugel nur geringfügig verändert.

5. Großmembranmikrofon

Auch die Einstellung vieler Anwender zum Großmembranmikrofon ist oft von Gefühlen und Erwartungen geprägt. Bei einer Umfrage zu den Gründen, aus denen in bestimmten Fällen ein Großmembranmikrofon gewählt wird, zeigte sich, dass die meisten einfach nur ein großes, optisch beeindruckendes Mikrofon wünschten. Das häufigste technische Argument, dass damit tiefe Frequenzen besser aufgenommen werden können, ist falsch. Es genügt, dass ein Mikrofon mit Kugelcharakteristik verwandt wird, damit sogar sehr kleine Kondensatormikrofone tiefste Frequenzen perfekt übertragen /6/.

Physikalisch betrachtet haben Großmembranmikrofone wenig Vorteile, aber einige beachtliche Nachteile /16/, /17/. Die bekannte Tatsache, dass Lautsprecher problematischer sind als Mikrofone, lässt sich damit erklären, dass Lautsprecher nie klein genug gebaut werden können, weil sie Leistung abgeben müssen. Der charakteristischste Nachteil von Mikrofonen mit großen Membranen ist ihre im Vergleich zu Kleinmembran-Mikrofonen höhere Frequenzabhängigkeit des Richtdiagramms. Das führt immer zu einer klanglichen Verfärbung, die jedoch als „Sound“ willkommen sein kann. Eine Richtcharakteristik, die sich bei tiefen Frequenzen zur Kugel aufweitet, bewirkt manchmal einen Klangeindruck, der mit „Wärme“ beschrieben wird.

Es gibt auch andere Beispiele, die zeigen, dass theoretische Nachteile in der Praxis durchaus auch zum Vorteil genutzt werden können /17/. Mit einem neuartigen Mikrofon wird es jetzt möglich werden, diese Parameter gezielt einzustellen /18/.

6. Rohr-Richtmikrofon (Shotgun)

Bei Rohr-Richtmikrofonen (Interferenzrohr) führt die Länge zu Erwartungen, die in der Praxis oft nicht zutreffen. Der Vergleich mit einem Teleobjektiv ist unzutreffend, weil kein handelsübliches Richtmikrofon den auf seiner Achse einfallenden Schall vergrößert. Die Richtwirkung beruht alleine darauf, dass Schall aus anderen Richtungen unterdrückt wird. Im schalltoten Raum kann man mit einer Kugel genauso gut „entfernte“ Schallquellen aufnehmen wie mit einem beliebig starken Richtmikrofon. Erst durch den reflektierten Schall und durch Störschall ergibt sich die Existenzberechtigung von Richtmikrofonen. Bei einer Gleichverteilung des reflektierten Schalls aus allen Richtungen spricht man vom diffusen Schall. Wenn er viel größer ist als der direkte Schall (weit außerhalb des Hallradius¹⁾, kann man mit dem besten Richtmikrofon nicht mehr feststellen, woher der Schall kommt. Daher nimmt die feststellbare Richtwirkung jedes Richtmikrofons ab, wenn der Abstand zur Schallquelle größer wird und der Diffusfeldanteil dabei wächst.

Diese Feststellungen lösen oft Erstaunen und Ungläubigkeit aus. Daher sei zunächst gesagt, dass wir als Mensch höhere Fähigkeiten haben, die nicht einfach gefühlsmäßig auf das technische Produkt „Mikrofon“ übertragen werden dürfen. Die Erklärung ist einfach: Der Mensch hat zwei Ohren, und mit stereofoner Übertragung können wir auch in einem stark diffusen Schallfeld noch erste Wellenfronten der Schallquellen orten.

Ferner haben wir hier ein Beispiel, bei dem es sich lohnt, einmal einen Vergleichstest zu machen, um Glauben durch Wissen zu ersetzen.

Abb. 5 zeigt eine mögliche Erweiterung eines Richtrohrs zu einem MS-Stereomikrofon, indem auf das Rohr ein Mikrofon mit Acht-Charakteristik aufgesetzt

wird. Wenn man in die gleiche Klammer ein Mikrofon mit Supernieren-Charakteristik einsetzt, zeigt dies nach vorne. Diese Klammer ist für den im folgenden beschriebenen Versuch praktisch, da es sonst nicht einfach ist, die beiden Mikrofone so miteinander zu befestigen, dass keine Schlitzlöcher in beeinträchtigender Weise abgedeckt werden. Genau genommen dürfte man die kleine Klammer mit der Superniere auch ganz vorne auf dem Richtrohr montieren, da der frontale Bereich als erster bei einer Bildaufnahme stören würde. Der Abstandsvorteil des Richtrohres ist jedoch relativ unbedeutend, wenn es z.B. 2m von der Schallquelle entfernt ist.



Abb. 5 Rohr-Richtmikrofon mit aufgesetztem Mikrofon mit Acht-Charakteristik für MS-Technik

Um den Unterschied in der Richtwirkung praxisnah zu prüfen, ist es zunächst erforderlich, dass die Schallquelle genau auf der Hauptachse der Mikrofone angeordnet wird und beide Pegel exakt gleich eingestellt werden. Danach dreht man die Mikrofone gemeinsam so, dass der Schall im Winkel von z.B. 45°, 90° und mehr einfällt und hört sich abwechselnd eines der Signale an. Der Unterschied der Abschwächung für unerwünschten Schall wird dadurch deutlich.

Wenn man auf diese Weise Rohr-Richtmikrofone mit einer vergleichsweise winzigen, guten Superniere vergleicht, folgt regelmäßig Verblüffung, weil die Erwartung angesichts des langen Rohrs viel mehr Unterschied unterstellt. Tatsächlich richten Richtrohre nur bei hohen Frequenzen, z.B. oberhalb 5kHz, stärker als Supernieren /6/.

II. Hörvergleich

Immer wenn qualitative Merkmale von Tonproduktionen verglichen werden, muss ein Hörtest letzte Gewissheit herbeiführen. Kleine Unterschiede können anders überhaupt nicht herausgefunden werden. Die menschlichen Sinne sind nicht absolut, und wer sich

vergleichende Hörtests spart und nur ein einzelnes Produkt anhört, wird ständig Opfer seiner Erwartungshaltung. Schlimm daran ist, dass der Betroffene dies meist nicht erfährt und seine Arbeit auf Vorurteilen aufbaut.

Die korrekte Durchführung eines Hörtests ist aber erstaunlich schwierig /7/. Generell ist es vorteilhaft, zwischen zweierlei Fragen zu unterscheiden:

1. Gibt es einen klanglichen Unterschied und welcher Art ist er?
2. Welches Ergebnis ist besser? Zur Beantwortung dieser Frage sind lange Hörsitzungen erforderlich.

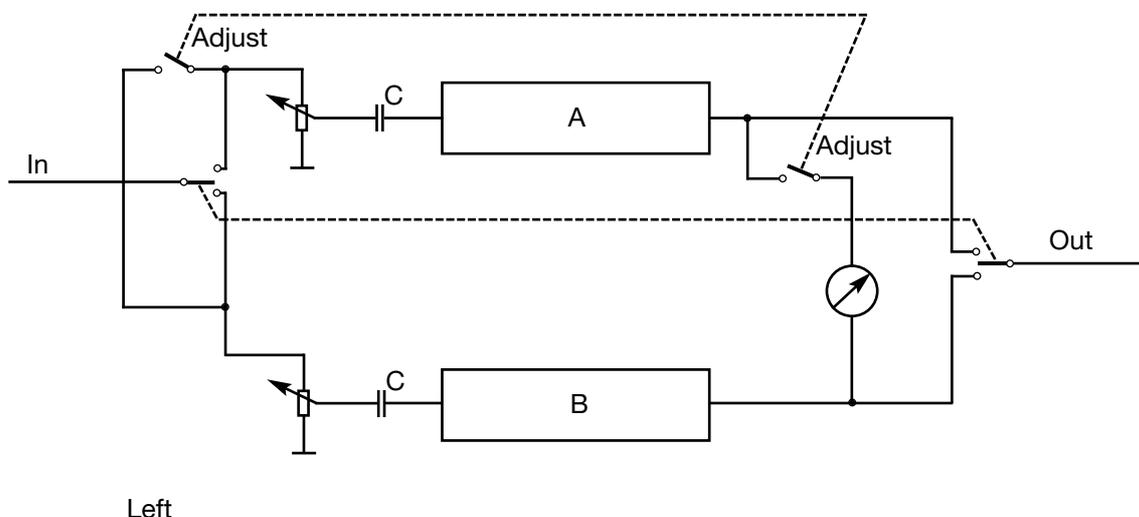
Aus Frage 1 folgt nicht unbedingt, welches Klangergebnis besser ist. Unsere Sinne sind relativ. Ob wir z.B. etwas als kalt oder warm empfinden, hängt u.a. davon ab, von welchen Temperaturen wir zuvor umgeben waren. Wenn aber angenommen wird, dass A besser klingt als B, gibt es keine andere Möglichkeit als einen unmittelbaren Vergleich nacheinander ohne Zeitverlust, eventuell dadurch, dass bei laufendem Programm vom einen zum anderen Signal umgeschaltet wird.

Dann erkennt man, ob ein Unterschied besteht und wie groß und welcher Art er ist. Eine zeitliche Unterbrechung birgt große Gefahren der Fehlbeurteilung.

Bei diesem AB-Vergleich kommt es auf extreme Gleichheit der Pegel der zu vergleichenden Signale an. Ein Unterschied von beispielsweise nur 0,5dB kann normalerweise vom Menschen nicht als Lautstärkeunterschied gehört werden. Dafür wäre etwa 0,5 - 1dB Unterschied erforderlich /19/. (Andere Autoren halten sogar Pegelunterschiede bis zu 2dB für erforderlich, damit man einen Lautstärkeunterschied empfindet.) Statt dessen gelangen wir aber in eine ganz andere Interpretationsebene: Das Signal mit dem höherem Pegel wird klanglich besser beurteilt. Daher muss bei allen AB-Tests peinlich genau auf Pegelgleichheit geachtet werden. Unterschiedliche Frequenzgänge von A und B erschweren den Test sehr. Dann sollten mehrere Vergleiche gemacht werden und einmal das eine und dann das andere Signal im Pegel leicht verändert werden.

Eine gute Methode, die Pegel der beiden Kanäle abzugleichen, ist die Differenzbildung. Sie funktioniert natürlich nur, wenn auch die Phasengänge weitgehend gleich sind.

Dies ist beim Beispiel der Abb. 6 gegeben. A und B sind in diesem Fall der Röhrenverstärker eines Kondensatormikrofons („Flasche“) und ein transistorisiertes, phantomgespeistes Pendant. Die Kondensatoren nach den Potentiometern entsprechen genau den Kapselkapazitäten des jeweiligen Mikrofons. Über sie werden beliebige Musiksignale anerkannter Qualität eingespielt. Betriebstechnisch ergeben sich für die Mikrofonverstärker daher die gleichen Verhältnisse wie bei einer Aufnahme. Es entfallen aber alle Unsicherheiten bezüglich unterschiedlicher Orte der Mikrofone im Raum, und vor allem entfällt der entscheidende



Left

Right = Identical

Abb. 6 Blockschaltbild eines Gerätes für Hörvergleiche mit Pegelabgleich durch Differenzbildung

Einfluss unterschiedlicher Mikrofonkapseln. Es geht also um einen reinen Vergleich der Mikrofonverstärker ohne die Kapseln, denen oft zu wenig Bedeutung beigemessen wird, wenn von Röhrenmikrofonen die Rede ist.

Das in Abb. 6 dargestellte Prinzip wurde schon vor ca. 6 Jahren in einem als „Auditor“ bezeichneten Gerät realisiert (Abb. 7). Nach genauestem Pegelabgleich

seines Urteils sicher ist, führt ein Druck auf die „Wahrheitstaste“ zum Aufleuchten der LEDs in der Zeile „Actual Sequence“, die den Stereokanälen A zugehören. Wenn der Unterschied eindeutig erkannt wurde, müssen den leuchtenden Dioden der Zeile „Preference“ entweder überall leuchtende oder überall nicht leuchtende LEDs der Zeile „Actual Sequence“ gegenüberstehen.

Das Ergebnis sollte jeder Röhrenliebhaber am besten selbst erleben. Bei hohen Pegeln, entsprechend Schalldruckpegeln von mehr als 110dB-SPL, ergibt sich am ehesten ein hörbarer Unterschied. Bei kleinen Pegeln erkennt man die Röhre in den meisten Fällen besonders schnell durch ihr stärkeres Rauschen. Erstaunlich schwierig wird die Unterscheidung bei normalen mittleren Pegeln. In diesem Fall muss man nach geeigneten Tonquellen suchen und mit einem elektrostatischen Kopfhörer abhören. Ein gestrichenes Cello z.B. kann Unterschiede aufzeigen. Bei komplexeren Klängen wird es schwierig bis unmöglich, herauszufinden, wann die Röhre im Einsatz ist und wann nicht.



Abb. 7 Der „Auditor“ mit Fernbedienung

wird ein Zufallsgenerator aktiviert, der für jede Hörstimmung die Signale A und B anders auf die Übertragungswege 1 bis 8 verteilt. Man kann per Fernbedienung beliebig vorwärts und rückwärts zwischen den Übertragungswegen umschalten und erkennt den aktivierten Weg durch die jeweils rot leuchtende LED der Zeile „Actual Sequence“. Die Wege, die einem besser gefallen, kann man markieren. Die markierten Übertragungswegen werden durch gelb leuchtende LEDs in der Zeile „Preference“ angezeigt. Wenn man sich

Literaturverzeichnis:

1. D. Brauner, Valvo ergo sum, Studio – Mikrofon – Spezial, S. 6 – 20, 1998
2. Stereoplay, Sterns Stunde, S. 34, Heft 2, 1994
3. Brüel&Kjaer, Application notes, Multidimensional Audio, AES 1977
4. Steinbuch / Rupprecht, Nachrichtentechnik, S. 248-264, Springer-Verlag Berlin/Heidelberg/ New York, 1967
5. K. Küpfmüller, Einführung in die theoretische Elektrotechnik, 8. Aufl. S. 377-410, Springer-Verlag Berlin / Heidelberg / New York, 1965

6. J. Wuttke, Mikrofonaufsätze, Aufsatz 6 in diesem Band
7. D. Braun, Ein neues Hörversuchskonzept, S. 354ff, Fortschritte der Akustik, DAGA, Bonn 1996
8. J. Wuttke, Die Phantomspeisung und ihre Geister, Studio Magazin – Mikrofon Spezial, S. 38 – 42, 1998, Aufsatz 13 in diesem Band
9. M. Williams, AES Publication European Representative, “Unified theory of microphone systems for stereophonic sound recording”, AES preprint 2466 (H-6), 1987
10. E. Sengpiel, Blätter zu den Vorlesungen “Musikübertragung” an der HdK Berlin, seit 1990
11. J. Wuttke, Mikrofonaufsätze, Aufsatz 3 in diesem Band
12. S.P. Lipshitz, University of Waterloo, Ontario, Canada, “Stereo Microphone Techniques: Are the Purists Wrong?”, AES preprint 2261 (D-5) oder J. Audio Eng. Soc., Vol. 34, no.9, 1986
13. J. Meyer, Akustik und musikalische Aufführungspraxis, Bochinsky, 1995
14. Pro Sound News Europe, Engineer turns accessories into art, S. 14, July 1998
15. H.F.Olson, Acoustical Engineering, S. 20-21, D. Van Nostrand Company, Inc., London/New York, 1957
16. O. Brøsted Sørensen, Groß oder klein?, Studio Magazin – Mikrofon Spezial, S. 58 - 62, 1998
17. J. Wuttke, Mikrofonaufsatz-Sammlung, Aufsatz 7 in diesem Band
18. C. Langen, Mikrofon mit frequenzabhängig einstellbarem Bündelungsmaß, Vortrag auf der 20. Tonmeistertagung, Karlsruhe 1998
19. D.E. Hall, herausgegeben von J. Goebel, Musikalische Akustik, S. 113, Schott, Mainz / London / Madrid / New York / Paris / Tokyo / Toronto, 1997