

Tonmeister-Informationen

VDT magazin



Mikrofon-Technologie heute und morgen - Teil I

Sonderdruck aus Heft 3/2008

Mikrofon-Technologie heute und morgen - Teil I

Elke Wisse

Seit Jahrzehnten werden hochwertige Studiomikrofone speziell für die Aufnahme von klassischer Musik gebaut. Sie unterscheiden sich vor allem in ihren Klangeigenschaften, die mit den gestiegenen Möglichkeiten der Technik stetig optimiert und den Wünschen des Marktes angepasst wurden, so dass sie heute eine kaum noch zu übertreffende Perfektion erreicht haben. Kann man noch weitreichende Innovationen in der analogen Mikrofontechnologie erwarten? Sennheiser hat mit der MKH 8000 Serie und dem MKH 800 TWIN gleich zwei Modelle auf den Markt gebracht, die laut Hersteller eine deutliche Klangverbesserung als auch neue Arbeitsweisen und Einsatzmöglichkeiten bei Stereo- und Surround-Produktionen bieten. Elke Wisse sprach mit den Entwicklern der Sennheiser MKH-Serie Manfred Hibbing und Raimund Staat sowie mit dem Tonmeister und Sennheiser Recording Application Manager Gregor Zielinsky.



MKH 800 TWIN



Manfred Hibbing



Raimund Staat



Gregor Zielinsky

HF-Kondensator-Mikrofone

Als Ende der 50er Jahre die Umstellung von Röhren- auf Transistortechnik begann, gab es bei den Kondensatormikrofonen ein grundsätzliches Problem. Der direkte Ersatz der Röhre durch den Transistor scheiterte, weil dessen niedriger Eingangswiderstand zu einer völligen Fehlanpassung an die extrem hochohmige Kondensatorkapsel führte. Deshalb musste die Impedanz der Kapsel drastisch verringert werden. Da die Kapselimpedanz mit steigender Frequenz immer geringer wird, lag es nahe, die Kapsel mit Hochfrequenz zu betreiben.

Das HF-Prinzip funktioniert folgendermaßen: Der einfallende Schall lenkt die Membran aus und die Kapazität

der Kondensatorkapsel verändert sich entsprechend. Die Kapazitätsänderungen modulieren zunächst ein HF-Signal, das von einem Oszillator im Mikrofon erzeugt wird. Dieses Signal wird noch im Mikrofon demoduliert und ergibt das Audiosignal. Der Innenwiderstand des Demodulators ist so niedrig, dass damit eine problemlose Ansteuerung eines Transistorverstärkers möglich ist. Der Ausgang des Mikrofons liefert wie bei jedem anderen Mikrofon nur das NF-Signal. Das HF-Signal wird durch Filtermaßnahmen unterdrückt. Das HF-Verfahren weist einige Vorteile gegenüber dem NF-Verfahren auf: Es ist besonders rauscharm, klimafest, arbeitet bis 0 Hz herab und liefert ein erdfreies NF-Signal.

Seit mittlerweile acht Jahren ist das Sennheiser MKH 800 auf dem Markt, ein Studio-Kondensator-Mikrofon mit umschaltbarer Richtcharakteristik. Auf der AES wurde das MKH 800 TWIN neu vorgestellt. Welche Grundidee steckt hinter diesem Mikrofon?

MH: Technologisch setzt das MKH 800 TWIN auf dem MKH 800 auf, aber es hat gegenüber seinem Vorgänger eine technische Raffinesse, die dem Tonmeister neue Möglichkeiten bei der Aufnahme und Mischung bietet. Das MKH 800 TWIN enthält die gleiche Doppelkapsel wie das MKH 800 mit nierenförmigen Richtcharakteristiken nach vorne und nach hinten.

Im Unterschied zum MKH 800 werden die beiden Kapselsignale jedoch nicht im Mikrofon kombiniert, um unterschiedliche Richtcharakteristiken zu erzeugen, sondern sie stehen getrennt am Mikrofonausgang des MKH 800 TWIN zur Verfügung.

Die Signale werden auf zwei Regler eines Mischpultes gelegt und über die Stellung der Regler wird die Richtcharakteristik definiert. Damit ist die Richtcharakteristik unter Abhörbedingungen ferneinstellbar.

Der Tonmeister kann kontinuierlich und knackfrei von der einen in die andere Richtcharakteristik überblenden und dabei sofort das Ergebnis akustisch beurteilen, und er kann jederzeit verzögerungsfrei korrigierend eingreifen.

Das ist eine Eigenschaft, die man von digitalen Mikrofonen kennt. Ist das MKH 800 TWIN ein analoges Mikrofon mit digitalen Eigenschaften?

MH: Es ist richtig, man kann die Richtcharakteristik auch bei digitalen Mikrofonen wie beispielsweise beim Solution D fernsteuern, aber das MKH 800 TWIN bietet darüber hinaus einen ganz entscheidenden Vorteil. Wenn man beim digitalen Mikrofon eine Richtcharakteristik einstellt, dann macht man wiederum bereits im Mikrofon aus zwei Kapselsignalen ein Signal und dadurch geht Information unwiederbringlich verloren.

Wir wollten aber die im Mikrofon verfügbaren Informationen komplett zur Verfügung stellen. Wenn man die beiden Kapselsignale getrennt speichert, dann hat man auch im Nachhinein bei der Nachbearbeitung noch die volle Flexibilität bei der Wahl der Richtcharakteristik.

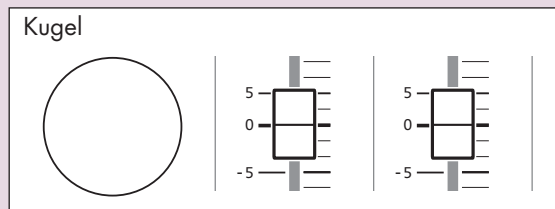
Welche neuen Möglichkeiten bietet dieses Mikrofon dem Tonmeister in seiner praktischen Arbeit?

GZ: Diese Mikrofone werden oft im Klassikbereich eingesetzt. Die Aufnahmen finden oft nicht in Studios statt, sondern an anderen Orten, an denen ein temporärer Regieraum eingerichtet wird. In diesen improvisierten Regieräumen herrschen in der Regel keine optimalen akustischen Verhältnisse, der Raum ist zu klein, es kann laut sein, etc. Die Mischung ist dann oft ein Kompromiss.

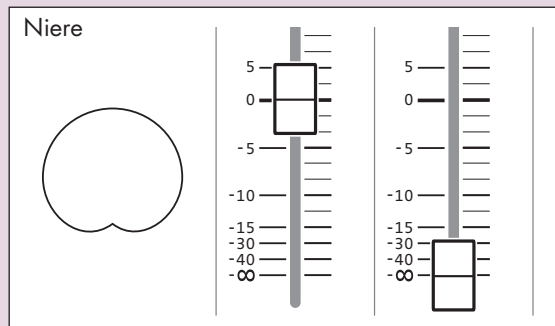
Jetzt kann der Tonmeister ganz entspannt arbeiten, denn er hat die Möglichkeit, bei der nachträglichen Mischung in einem

Ferneinstellung der Richtcharakteristik mit dem MKH 800 TWIN

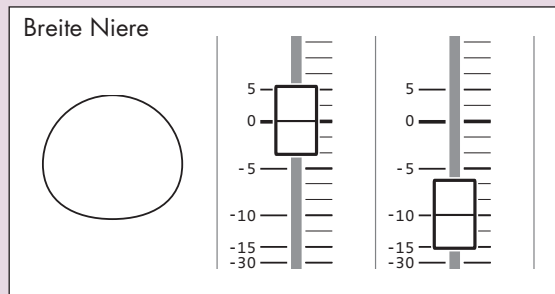
Am MKH 800 TWIN steht ein Ausgang mit einem 5-Pin-XLR-Stecker zur Verfügung, der mit einem Y-Kabel auf zwei 3-Pin-XLR-Stecker adaptiert wird. Die Signale der vorderen und hinteren Mikrofonkapsel werden auf zwei getrennte Mischpult-Eingänge gelegt. Die Panoramaregler beider Kanäle müssen gleich eingestellt sein. Der Pegel wird wie gewohnt mit dem Signal der vorderen Mikrofonkapsel eingestellt. Der Regler bleibt auf diesem eingestellten Wert stehen, der zweite Regler – das Signal der hinteren Mikrofonkapsel – wird variiert, um die gewünschte Richtcharakteristik einzustellen.



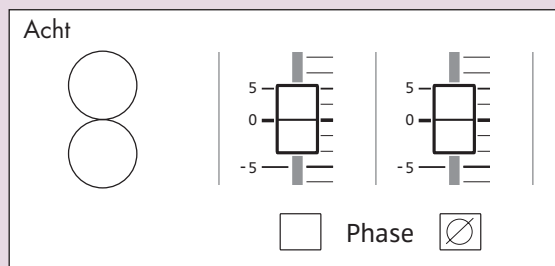
Sind beide Regler auf gleiche Höhe gestellt, bekommt man eine Kugel.



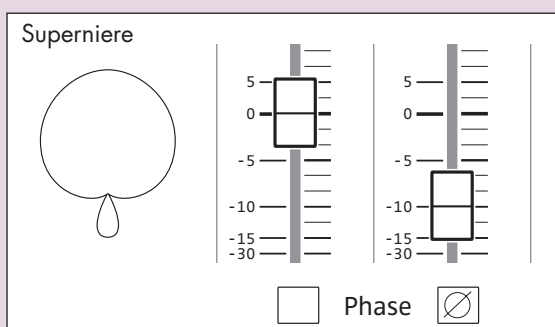
Die Niere ergibt sich, wenn nur der Front-Kanal, das heißt, die vordere Mikrofonkapsel aktiv ist. Der zweite Regler ist auf minus unendlich gestellt.



Zieht man den Regler des Rear-Kanals auf, wird aus der Niere langsam eine Breite Niere. Die Breite Niere wird erreicht, wenn die Verstärkung im hinteren Kanal etwa 10 dB niedriger eingestellt wird als im vorderen Kanal. Man kann dann von der Breiten Niere kontinuierlich zur Kugel übergehen.



Wird im zweiten Kanal die Phase gedreht, bekommt man eine Acht, wenn die beiden Regler auf gleicher Höhe sind.



Die Superniere erhält man, wenn die Phase des hinteren Kanals invertiert wird und dieser etwa 10 dB weniger verstärkt wird als der vordere Kanal. Bei höherer Verstärkung tendiert die Richtcharakteristik zur Hyperniere, andernfalls wird sie nierenförmiger.

Studio unter optimalen Abhörbedingungen noch Änderungen in der Richtcharakteristik der Mikrofone vorzunehmen und damit den Klang zu optimieren. Er kann auch während einer Mischung die Richtcharakteristiken anpassen, sogar innerhalb eines Werkes.

Ein anderer großer Vorteil ergibt sich, wenn parallel sowohl eine Stereo- als auch eine Surround-Mischung produziert wird, die unterschiedliche Mischungen mit unterschiedlichen Richtcharakteristiken erfordern. Normalerweise muss sich der Tonmeister entscheiden, ob er eine optimale Stereo- oder eine optimale Surround-Aufnahme machen will. Jetzt können beide Anforderungen optimal bedient werden.

Wir haben die MKH 800 TWIN in einer Surround-Produktion in der Aula der Musikakademie in Hannover eingesetzt. Es wurde eine große Spinne mit vier TWINs bestückt, eine normale Niere wurde für den Center positioniert.



Spinne bestückt mit vier MKH 800 TWIN und einer Niere als Center

Oft hat man bei Surround-Aufnahmen das Problem, dass das Signal zwischen vorne und hinten zerfällt. Wir können jetzt mit dem TWIN kontinuierlich von der Nieren- zur Kugelcharakteristik übergehen. Das ist ein interessanter Effekt, denn plötzlich ergibt sich eine ideale Einhüllende, die auch die Seiten harmonisch in den Klang einbindet. Man hat es quasi in der Hand, die optimale Einstellung für den jeweiligen Raum zu finden.

Surround mit vier TWINs ist natürlich die Königsklasse. Im Prinzip reichen bereits zwei TWINs, um vier Surround-Kanäle zu erzeugen, indem man die Niere nach vorne dem Surround-Front-Kanal und die Niere nach hinten dem Surround-Rear-Kanal zuordnet. Auch in diesem Fall kann man die Richtcharakteristiken nach vorne und hinten noch beliebig einstellen, und

das Signal ist voll stereo-kompatibel und der Aufwand minimal.

MH: Ich würde das TWIN als universelles Werkzeug bezeichnen. Wer das Prinzip einmal verinnerlicht hat, kommt schnell auf eigene Ideen und kann seiner Kreativität freien Lauf lassen.

Welche weiteren Einsatzmöglichkeiten sehen Sie?

MH: Man kann mit einem einzigen MKH 800 TWIN und einem zusätzlichen Mikrofon mit Richtcharakteristik Acht eine Surround-Aufnahme nach dem Doppel-MS-Verfahren realisieren. Die Acht wird über dem TWIN angebracht und nach links ausgerichtet. Die Front- und Rear-Signale des TWIN ergeben nach MS-LR-Matrizierung mit dem Signal der Acht die Front- und Rear-Surround-Kanäle. Der Center-Kanal mit beliebiger Richtcharakteristik entsteht durch Kombination der Front- und Rear-Signale des MKH 800 TWIN. Für eine Nachbearbeitung müssen in diesem Fall statt der fünf Surround-

auf der Technologie des MKH 800 aufsetzt. Herr Staat, Sie sind verantwortlich für die Entwicklung der MKH 8000 Serie. Was wurde gegenüber den Vorgängern verbessert? Was war Ziel der Entwicklung?

RS: Ziel war eine Miniaturisierung der bisherigen MKH-Modelle. Dabei sollten alle „inneren Werte“ des MKH 800 vollständig in die neue Serie überführt werden. Heraus gekommen ist ein Mikrofon in Modulbauweise, das alles enthält, was notwendig ist, um den kompletten Tonumfang zu übertragen. Das Hauptmodul ist mit einem Kapseldurchmesser von nur 19 mm Durchmesser in einem nur 41 mm langen Gehäuse deutlich kleiner als der Vorgänger.

Das Mikrofon-Modul hat einen niederohmigen, symmetrischen, erdfreien und phantomspeisbaren Ausgang, an den entsprechende Adaptermodule – unter anderem auch ein Digitalmodul – angeschraubt werden können. Bisher sind drei Modelle verfügbar: die Kugel MKH 8020, die Niere MKH 8040 und die Superniere MKH 8050. Das zum Lieferumfang gehörende XLR-Anschlussmodul kann völlig frei entweder direkt am Mikrofon-Modul oder abgesetzt hinter der Kabelführung installiert werden.

Zubehör wie Stative oder Gelenke mit integrierter Kabelführung brauchen keine aktive Elektronik mehr, um störungsfrei zu funktionieren. Wir bieten eine breite Palette an Zubehör an, das den Einsatz in unterschiedlichsten Applikationen zulässt. Das Besondere an den Mikrofonen ist die erweiterte Übertragungsbandbreite von 10 Hz bis über 50 kHz, die Impulsfestigkeit, das geringe Rauschen sowie nahezu frequenzunabhängige Richtcharakteristiken.

Das Herzstück der neuen Serie bildet der neue kapazitive Wandler nach dem Vorbild des symmetrischen Wandlers des MKH 800.

Signale nur die drei Original-Mikrofon-signale gespeichert werden.

Das MKH 800 TWIN wurde gerade neu vorgestellt, schon seit ca. einem Jahr ist die MKH 8000 Serie bei Sennheiser verfügbar, die ebenfalls



Mikrofonkapsel MKH 8050 incl. XLR-Anschlussmodul MZX 8000



Mikrofonkapsel MKH 8050



Vergleich: MKH 20 und MKH 8020 mit XLR-Anschlussmodul

Was wurde gegenüber dem MKH 800 verändert?

RS: Wir haben die gleiche Schaltungstechnik wie beim MKH 800 eingesetzt und dank modernster Fertigungstechnik ist es uns gelungen, den Membrandurchmesser des MKH 800 beizubehalten, aber trotzdem die äußeren Abmessungen zu verkleinern.

GZ: Das MKH 800 ist der geistige Vater der MKH 8000, technisch als auch klanglich. Den Vorgängern des MKH 800 wurde gelegentlich ein klinischer Klang vorgeworfen. Das galt es bei den Nachfolgern zu vermeiden.

MH: Um den erreichten technischen Stand zu verdeutlichen, sollten noch einige Details erwähnt werden: Schon bei der Entwicklung der ersten Kondensatorkapseln haben wir eine spezielle akustische Dimensionierung vorgenommen, um das Mikrofonrauschen zu minimieren. Die Kapseln liefern in dem Frequenzbereich, in dem das menschliche Gehör empfindlich auf Rauschen reagiert, einen besonders hohen Übertragungsfaktor. Sie sind gewissermaßen hörphysiologisch optimiert, indem die Kapselempfindlichkeit an die Ohrempfindlichkeitskurve angepasst ist. Der Frequenzgang der Kapseln ist entsprechend geformt und wird mikrofonintern elektrisch linearisiert.

Dieses Verfahren bietet einige Vorteile. Es ermöglicht unter Anderem, den Frequenzbereich bei den tiefen Frequenzen auszuweiten, ohne dass es dazu eines großen Kapselfurchmessers bedarf. Dadurch lässt sich der Kapselfurchmesser gering halten, um gute Richteigenschaften bei den hohen Frequenzen zu erreichen. Auch eine Fre-

quenzbereichserweiterung bei den hohen Frequenzen ist möglich. Die Kapseln konnten primär auf optimale Richteigenschaften entwickelt werden, da der lineare Frequenzgang

nicht schon in der Kapsel realisiert werden muss.

Mit Einführung der CD Anfang der 80er Jahre stand uns ein Tonträger zur Verfügung, der im Verhältnis zur Schallplatte deutlich geringere Eigenverzerrungen aufwies. Digitale Verzerrungen verhalten sich umgekehrt wie analoge: je weiter man ein digitales System aussteuert, desto weniger Verzerrungen macht es. Bei Mikrofonen ist es umgekehrt. Dadurch wurden die Eigenverzerrungen der Mikrofone hörbar. Sie äußerten sich unter Anderem durch ein vermindertes Auflösungsvermögen bei komplexen Klangstrukturen. Untersuchungen ergaben, dass im Wesentlichen der enge Luftspalt zwischen der Membran und der Gegenelektrode der Kondensatorkapsel für die Verzerrungen verantwortlich war.

Da eine Verbreiterung des Luftspalts nur zu graduellen Verbesserungen und zu anderen Nachteilen geführt hätte, haben wir die symmetrische Gegentaktechnik eingeführt, um eine grundsätzliche Verbesserung der Kapsellinearität zu erreichen. Die Membran schwingt zwischen zwei gleichartigen Gegenelektroden. Dadurch kompensieren sich die Änderungen der Luftspalteigenschaften in den beiden benachbarten Luftspalten und die Kapsel arbeitet nahezu verzerrungsfrei.

Es stellt sich immer wieder die gleiche Frage: Braucht man ein Mikrofon, das bis 50 kHz und unter 10 Hz übertragen kann?

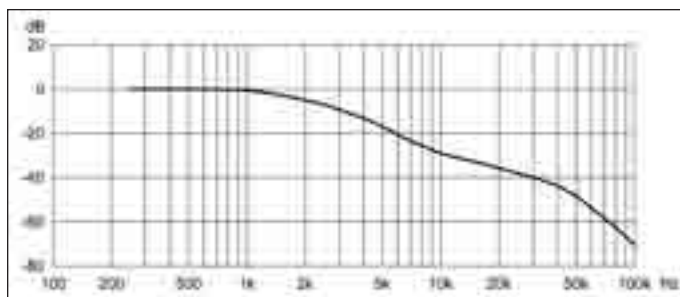


Bild 1: Gemittelttes Terzspektrum eines Sinfonieorchesters. Das Spektrum endet nicht bei 20 kHz, sondern setzt sich mit nur geringem Abfall bis 50 kHz fort und fällt erst danach stärker ab.

MH: Wenn man sich das Terzspektrum eines Orchesters ansieht, dann erkennt man, dass die Welt des Schalls nicht bei 20 kHz aufhört (vgl. Bild 1). Noch ist nicht geklärt, ob Frequenzen jenseits von 20 kHz wahrnehmbar sind. Deshalb wollten wir sie bei dem Mikrofon nicht abschneiden. Normalerweise werden sie von den Mikrofonen weggefiltert. Bei den heute verfügbaren hoch auflösenden Digitalformaten erscheint es aber durchaus sinnvoll, Mikrofone mit 50 kHz Übertragungsbreite einzusetzen.

GZ: Nicht nur die Frequenzerweiterung nach oben ist wichtig, auch die Erweiterung zu den tiefen Frequenzen hin. Man könnte jetzt behaupten, unterhalb von 10 Hz findet gar kein musikalischer Ton statt, aber das stimmt nicht. Es gibt Instrumente, die solche Frequenzen produzieren, wie zum Beispiel Gran Cassas oder die Orgel.

Nicht nur der Frequenzgang ist bei einem Mikrofon entscheidend, sondern auch sein Impulsverhalten. Wie sieht es damit bei der MKH 8000 Serie aus?

MH: Bei axialer Beschallung ist das Impulsverhalten des MKH 800 und des MKH 800 TWIN sowie der MKH 8000 Serie mit dem eines 1/8"-Messmikrofons, das bis zu 100 kHz überträgt, vergleichbar (vgl. Bild 2 und 3).



Bild 2: Impulsverhalten des MKH 800/ MKH 800 TWIN

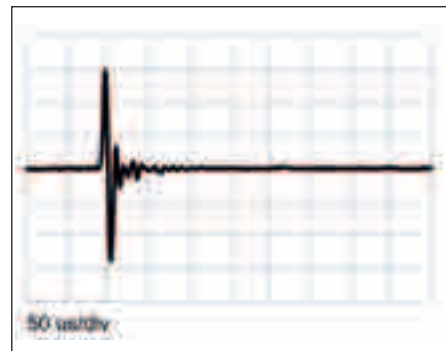
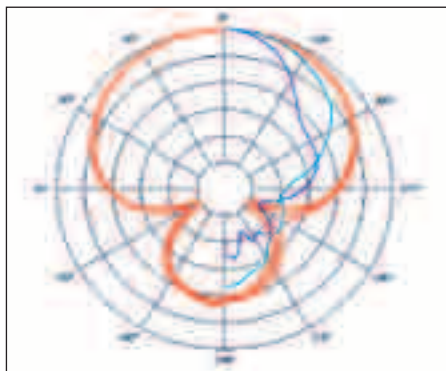


Bild 3: Impulsverhalten eines 1/8"-Messmikrofons



Richtdiagramm des MKH 8050:
links: 125, 250, 500, 1000 Hz;
rechts: 2, 4, 8, 16, 32 kHz;
(bis einschließlich 8 kHz rot, 16 kHz
dunkelblau, 32 kHz hellblau)

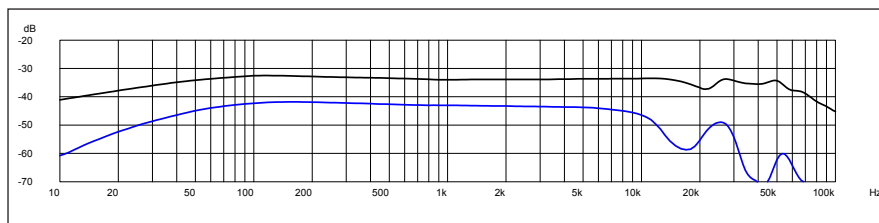
Schaut man sich die Richtdiagramme an, stellt man fest, dass sie nur wenig frequenzabhängig sind.

RS: Die Kapseln des MKH 8000 wurden auf gute Richteigenschaften optimiert. Einer langen MKH-Tradition folgend sind die Richtcharakteristiken der Mikrofone nahezu frequenzunabhängig. Ist der Frequenzgang unabhängig von der Einsprechrichtung, behalten auch größere Schallquellen wie ein Orchester oder ein Flügel ihren natürlichen und homogenen Klang. Der Klang zerfällt nicht. Auch der Einsatz von zusätzlichen Stützen wird dann unproblematisch.

GZ: Auch die Superniere MKH 8050 liefert einen linearen Frequenzgang über das gesamte Spektrum. Normalerweise sind Supernieren eher tiefschwach. Wir haben in Chartres in der Kathedrale die Orgel mit zwei MKH 8050 aufgenommen. Die Orgel in dieser extrem großen Kirche ist kaum zugänglich, weil sie sehr hoch ist. Da war mit einem normalen Stativ nichts zu machen. Deshalb haben wir die Mikrofone auf der anderen Seite des Schiffes aufgestellt, ca. 30 m von der Orgel entfernt. Das Ergebnis war beeindruckend, denn normalerweise können Supernieren das nicht.

Sennheiser wirbt jetzt mit „The soul of sound“. Verbirgt sich dahinter das Bestreben, mehr auf die Klangästhetik eines Mikrofons zu setzen?

GZ: Kein elektroakustischer Wandler, sei es ein Mikrofon oder ein Lautsprecher, ist neutral, selbst wenn der Frequenzgang relativ linear ist. Sennheiser hatte mit den MKH-Mikrofonen MKH 20 bis MKH 50 technisch gute Produkte geliefert. Am Markt wurde der Sound aber mitunter als „klinisch“ beurteilt. Daran sieht man, dass der Frequenz-



Frequenzgang des MKH 8050 bei 0 Grad (schwarz) und 90 Grad (blau)

gang allein nicht den Klang eines Mikrofons definiert. Ein Mikrofon muss musikalisch klingen.

Was ist ein musikalisches Mikrofon?

MH: Früher stand Sennheiser auf dem Standpunkt, Mikrofone sollen möglichst neutral sein. Alle Parameter der Mikrofone sollen bis auf die individuelle Richtcharakteristik gleich sein. Das war das Konzept der MKH 20 bis MKH 50. Aber Mikrofone sind nie ganz neutral. Beim MKH 800 und MKH 800 TWIN und bei der 8000er Serie wurden die Eigenfärbungen noch mehr reduziert, so dass die Mikrofone den Charakter der aufgenommenen Darbietung noch weniger verändern. Da sich das insbesondere bei Musikaufnahmen positiv bemerkbar macht, könnte man den Mikrofonen eine gewisse „Musikalität“ zusprechen.

RS: Mit der MKH 8000 Serie wurde ein neuer Weg beschritten. Jedes der drei MKH 8000 Module hat einen individuellen Charakter. Sie unterscheiden sich um mehr als nur in der Richtwirkung voneinander. In üblichen Mikrofonierungen, wie zum Beispiel MKH 8020 als Hauptmikrofon und MKH 8040 als Stützmikrofon, trägt jedes Modul auf seine Weise zu dem vom Tonmeister gewünschten Klangbild bei. Der Weg dahin führt nichtsdestotrotz über den physikalisch perfekten Aufnahmewandler.

GZ: Wenn ich zum Beispiel eine Geige aufnehme, dann möchte ich den Grundton und das Holz der Geige hören, nicht den Bogen auf der Saite. Am Flügel möchte ich hören, wie der Hammer auf die Saite trifft, aber nicht den Anschlag auf den Tasten. Ich möchte die Seele des Klangs oder des Instrumentes hören, eben „The soul of sound“. Das heißt noch lange nicht, dass alle Tonmeister ein MKH 8000 gut finden. Die Kunst ist, den Klang transparent und für das Ohr angenehm zu gestalten, ohne Klangmanipulation einzusetzen. Bei der Entwicklung der MKH 8000 war ein entscheidendes Kriterium, dass sie mindestens genauso gut klingen sollten wie das MKH 800. Deshalb mussten sich diese Mikrofone schon sehr früh in realen, professionellen Situationen

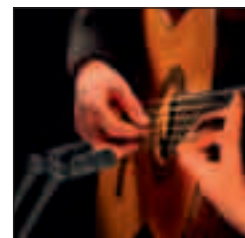
bewähren und wurden frühzeitig in der Praxis getestet. Den Klang eines Mikrofons kann man nur bewerten, wenn alle Rahmenbedingung einer professionellen Aufnahmesituation entsprechen.

Wo sehen Sie die Einsatzbereiche für die MKH 8000 Serie?

GZ: Die Aufnahme von klassischer Musik im Studio ist genauso im Focus wie die Aufnahme von klassischen Live-Konzerten, mit und ohne Kamera. Durch das umfangreiche Zubehör in Verbindung mit der unauffälligen Nextel-Lackierung sind die Mikrofone auch in Live-Situationen gut positionierbar. Die Stative integrieren sich in das Bild eines Orchesters, ihre Ästhetik entspricht der Ästhetik einer Bühne.

Aufgrund der Klangeigenschaften lassen sich die drei bisher verfügbaren Varianten in allen klassischen Mikrofonierungen einsetzen: die Kugel MKH 8020 als Hauptmikrofon, als Stütze das MKH 8040 und MKH 8050. Die Superniere MKH 8050 klingt spektral genauso wie die Kugel und die Niere, so dass sie beispielsweise auch bei Klavieraufnahmen eingesetzt werden kann. Hier hat man immer das Problem, dass das Klaviermikrofon auch Teile des Orchesters aufnimmt. Eine Superniere, die das Orchester ein bisschen mehr ausblendet, kann da Abhilfe schaffen. Für uns ist das MKH 8000 ein unverwertbares Werkzeug, das in allen Aufnahmesituationen eingesetzt werden kann.

Die analoge Mikrofontechnologie scheint also noch nicht ausge-reizt zu sein. Trotzdem kommen immer mehr digitale Mikrofone auf den Markt, die wiederum eine ganz neue Klangästhetik und vor allem eine neue Bedienphilosophie mit sich bringen. Was können digitale Mikrofone? Wie verändern sie das Handling bei der Mikrofonierung? Wo steht die Entwicklung heute?



Lesen Sie mehr dazu in der nächsten Ausgabe des VDT-Magazins. ●