

BAUFORMEN VON KONDENSATORMIKROFONEN

# Mikro-Typen

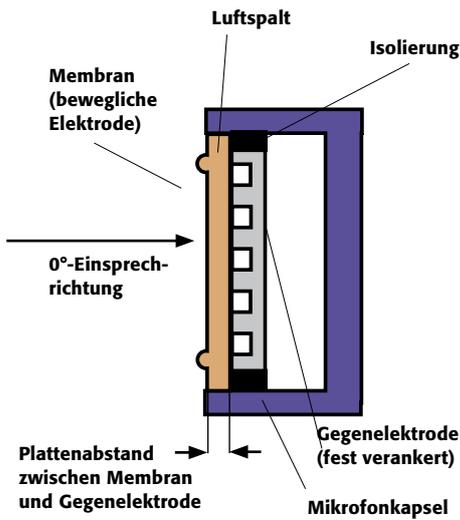
FÜR JEDE AUFNAHME GIBT ES DEN RICHTIGEN SCHALLWANDLER

A photograph of two people in a studio setting. On the left, a woman with dark hair is holding a black condenser microphone with a silver logo. On the right, a man with short dark hair is holding a green condenser microphone with a gold mesh grille. The background is a warm, orange-red gradient.

**Das Studio ist die Domäne der Kondensatormikrofone. Sie können Vocals und Instrumente sehr unverfälscht abbilden und doch haben die unterschiedlichen Typen von Kondensatormikrofonen gewissen Einfluss auf die Übertragungseigenschaften. Doch ob Röhre, Kleinmembran, Übertrager oder Hochfrequenztechnik: Die Besonderheiten der jeweiligen Bauform lassen sich passgenau für eure Produktion nutzen.**

Immer wenn es darauf ankommt, eine Schallquelle möglichst unverfälscht in elektrische Signale zu wandeln, sind Kondensatormikrofone gefragt. Sie zeichnen sich durch ein besonders geringes Rauschen, eine gute Impulsübertragung sowie einen ebenen Frequenzgang aus und sind in dieser Hinsicht allen anderen Wandlertypen überlegen. Gegenüber dynamischen Mikrofonen haben Kondensatorwandler den entscheidenden Vorteil, dass sie

die hohen Frequenzen sehr gut und natürlich übertragen. Der Grund für die gute Auflösung der Obertöne ist das extrem geringe Membrangewicht eines Kondensatorwandlers. Die Membran ist dünner und kann so den schnellen Luftdruckschwankungen hoher Töne wesentlich besser folgen als die Membran eines dynamischen Mikrofons, da bei Tauchspulenmikrofonen an der Rückseite der Membran noch die Spule angebracht ist.



**Schnitt durch eine Kondensatorkapsel. Die bewegliche Membran und die Gegenelektrode wirken zusammen als Plattenkondensator. Wenn Schallwellen die Membran auslenken, verändert sich der Abstand zwischen Membran und Gegenelektrode und damit die Kapazität des Kondensators.**



### Das Funktionsprinzip

Beim Kondensatorwandler wirken eine Membran und eine Gegenelektrode zusammen als Plattenkondensator. Die Membran ist beweglich aufgehängt und den Luftschwingungen ausgesetzt. Auf die Membran auftreffende Schallwellen bewegen diese und verändern ihren Abstand zur Gegenelektrode. Mit der Abstandsänderung zwischen Membran und Gegenelektrode ändert sich auch die Kapazität des Plattenkondensators. Durch eine geeignete Schaltung kann die Kapazitätsänderung in eine Spannungsänderung am Ausgang des Mikros umgewandelt werden. Entscheidend für den Klang eines Kondensatormikrofons ist, wie Kapsel und Ausgangsschaltung konstruiert sind, welche Bauteile verwendet werden und wie die einzelnen Elemente zusammenspielen.

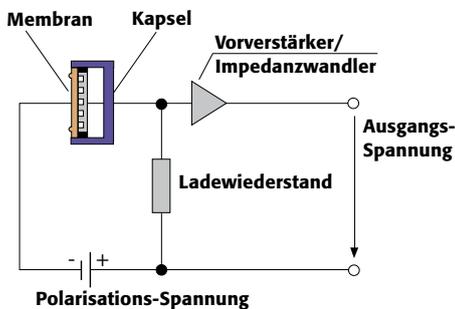
NF-Schaltung genannt. Die Bezeichnung Niederfrequenzschaltung deutet darauf hin, dass die Signalverarbeitung im hörbaren Bereich stattfindet – also in einem Frequenzbereich von 20 Hz bis 20 kHz. Im Gegensatz dazu steht das Prinzip der Hochfrequenzschaltung, das jedoch nur bei wenigen Kondensatormikrofonen zum Einsatz kommt.

### Niederfrequenz- vs. Hochfrequenzschaltung

Bei der Hochfrequenzschaltung ist der Kondensator Teil eines Schwingkreises, der durch die veränderbare Kapazität verstimmt wird. Der hochfrequenten Trägerfrequenz des

## Die Konstruktion, die Bauteile und deren Zusammenspiel ist wichtig.

Schwingkreises wird so eine tieffrequente Schwingung aufmoduliert, die dem Schallwechseldruck entspricht. Die tieffrequente Schwingung wird am Ausgang des Schwingkreises wieder ausgekoppelt. Kondensatormikrofone mit HF-Schaltung zeichnen sich durch einen sehr geringen Klirrfaktor und einen absolut ebenen Frequenzgang aus – übertragen also die Schallquelle noch etwas genauer als die NF-Kondensatormikros. Der einzige Hersteller, der die leider sehr



**Die Niederfrequenz-Schaltung eines Kondensatormikrofons überträgt die Audiosignale direkt ohne Umweg über eine Hochfrequenz-Modulation an den Ausgang des Mikros.**

### Die Schaltung des Kondensatormikros

Die Ausgangsschaltung des Kondensatormikrofons sorgt dafür, dass die Membranschwingungen sehr exakt in Spannungssignale am XLR-Stecker des Mikros umgesetzt werden. Die überwiegende Anzahl der Kondensatormikrofone ist dabei mit der so genannten Niederfrequenzschaltung ausgestattet, auch

teuren HF-Mikrofone baut, ist Sennheiser: Die MKH-Serie besteht aus einer Reihe von Kleinmembranmikrofonen mit unterschiedlichen Richtcharakteristiken. So ist das MKH 40 ein Mikro, das für Aufnahmen im Klassik-Bereich häufig eingesetzt wird, da es Instrumente wie die Geige oder Holzbläser sehr neutral und unverfälscht wiedergibt.

### Die Niederfrequenz-Schaltung

Der weitaus größte Teil aller Kondensatormikrofone ist jedoch mit der Niederfrequenzschaltung ausgestattet. Diese Schaltung überträgt die Audiosignale direkt und ohne den Umweg über eine Hochfrequenz-Modulation an den Ausgang des Mikros. Bei der Niederfrequenzschaltung wird der Kapselkondensator mit einer Gleichspannung auf-

wandler sorgt also für die üblichen 200 Ω Ausgangswiderstand des Mikrofons.

### Röhre vs. Transistor

Der interne Vorverstärker dient also bei den meisten Kondensatormikrofonen nicht der Signalverstärkung, sondern senkt lediglich die Impedanz ab. Der Impedanzwandler kann durch zwei unterschiedliche Schaltungsarten realisiert werden: Durch die Röhrenschaltung oder eine Schaltung, die auf der Transistortechnik basiert. Bis in die 1950er-Jahre hinein waren alle Kondensatormikrofone mit Röhrentechnik ausgerüstet, da der Feldeffekt-Transistor, auch kurz „FET“ genannt, noch nicht erfunden war. Erst nach der Erfindung des Transistors in den 1960er Jahren wurde die Röhrenschaltung durch transistorisierte Schal-

tungen abgelöst. Kondensatormikrofone mit Röhrenschaltung – auch oft einfach

„Röhrenmikrofone“ genannt – geben dem Signal einen hauchigen, warmen Klang mit auf den Weg, den man bei den Vocals meist gut gebrauchen kann.

**Da die Elektronenröhre ein grundsätzlich anderes Funktionsprinzip als ein Transistor aufweist, gibt die Röhrenschaltung den Klang oft nicht ganz so neutral wieder wie das Gegenstück, das mit Halbleitertechnik aufgebaut ist.** Dafür fügt die Röhrenschaltung dem Signal schon bei recht geringer Aussteuerung harmonische Obertöne hinzu, die das menschliche Ohr meist als angenehm empfindet. Obertöne – auch harmonische Obertöne oder einfach nur Harmonische genannt – sind Schwingungen, die ein Vielfaches der Frequenz des Grundtones aufweisen. Insbesondere Instrumente mit hohem Obertonanteil profitieren besonders stark von den seidigen Höhen, die ein Röhrenmikro produziert. Aus diesem Grund werden diese Mikrofone gern für die Aufnahme der akustischen Gitarre, der Hi-hat oder als Overhead-Mikro für die Beckenabnahme genutzt.

**Es gibt eine ganze Reihe von Röhrenmikrofonen, die das Signal recht stark färben.** Hier müsst ihr als Anwender genau wissen, welchen Klangcharakter die Aufnahme später haben soll, sonst bewegt ihr euch mit der Wahl des Mikrofons eventuell in die falsche



**Ein echter Klassiker für die Aufnahme klassischer Instrumente, wie Flügel, Geige oder Holzbläser – das Neumann KM 184.**



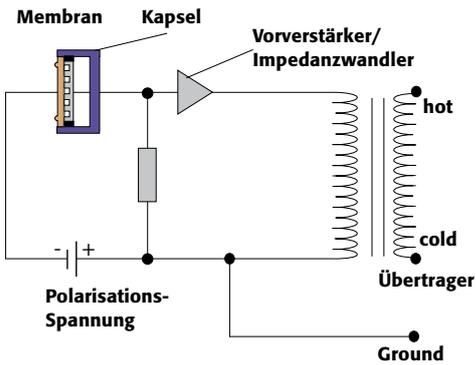
**Das t.bone SCT-2000 ist ein preisgünstiges Röhrenmikrofon, das der Stimme die Wärme und den Hauch gibt, den sie meist gut gebrauchen kann.**

## Kondensatormikrofone sind meist mit Niederfrequenz-Schaltung versehen.

geladen, so dass auf der Gegenelektrode ein Elektronenüberschuss und auf der Membran ein Elektronenmangel entsteht. Diese Ladungstrennung wird durch die Polarisationsspannung erzeugt, die dem Kondensatormikro in Form von Phantomspeisung zugeführt wird. Nähert sich die Membran der Gegenelektrode an, wird der Plattenabstand kleiner und die Kapazität des Plattenkondensators steigt. Solange die Ladungsmenge auf der Gegenelektrode konstant gehalten wird, resultiert aus der Kapazitätsänderung des Plattenkondensators eine Spannungsänderung zwischen den beiden Elektroden.

### Damit die Ladung des Plattenkondensators konstant bleibt, wird ein sehr hochohmiger Widerstand in die Schaltung eingebaut, der so genannte Ladewiderstand.

Der Ladewiderstand liegt im Gigaohm-Bereich und verhindert, dass bei Kapazitätsänderungen im Takte der Audiofrequenz die Ladung zwischen Membran und Gegenelektrode immer wieder hin- und her fließt. Durch den extrem hochohmigen Ladewiderstand taucht jetzt aber natürlich ein anderes Problem auf: Die Impedanz muss mit Hilfe eines Impedanzwandlers so weit herunterschraubt werden, dass das Kondensatormikro an einem ganz normalen Eingangswiderstand eines Mischpults problemlos angeschlossen werden kann. Der Impedanz-



**Symmetrierungsschaltung eines Kondensatormikrofon mit Ausgangsübertrager:** Wie bei einer passiven DI-Box wird das unsymmetrische Kapselsignal mit Hilfe eines Trafos in ein symmetrisches Signal umgewandelt.



**Für Dudelsackaufnahmen werden gerne Kleinmembran-Kondensatormikrofone verwendet. Ihre natürliche Obertonabbildung wird dabei sehr geschätzt. Hier ist das in Hochfrequenztechnik arbeitende Sennheiser MKH 8040 zu sehen. Es überträgt Frequenzen bis zu 50.000 Hz.**

Richtung und werdet diese Klangfärbung bei der Mischung und Nachbearbeitung dann nicht mehr los. Ein Beispiel: Wenn ihr eine weibliche Sopranstimme in der Produktion richtig zum strahlen bringen wollt, dann ist ein AKG C 12 VR mit seiner samtigen Patina eventuell nicht das richtige Mikro für diesen Zweck. Vielleicht passt hier besser ein FET-Condenser, wie zum Beispiel das Rode NT2 A oder ein Neumann TLM 103. Auch Röhren-Klassiker, wie das Neumann U 47 oder das U 67 geben dem Signal eine deutliche Färbung mit auf den Weg – was natürlich auch den Zauber dieser alten Röhrenmikros ausmacht.

**Da es aber durchaus auch Röhrenmikros gibt, die das Signal eher neutral wiedergeben, kann man eigentlich nicht von „dem Röhrensound“ sprechen.** Hört euch das Mikro eurer Wahl in den verschiedenen Aufnahmesituationen genau an und macht gegebenenfalls einen AB-Vergleich mit zwei Test-Kandidaten. Auf diese Weise bekommt ihr am besten heraus, ob es der teure Röhren-Klassiker sein muss oder ob vielleicht ein günstiges Transistor-Mikrofon eure Sound-Vorstellungen sogar besser erfüllt. Eventuell liefert auch ein günstiges Röhren-Modell, wie zum Beispiel ein t.bone SCT-2000 oder das Rode NTK jenen hauchigen, warmen Sound, den ihr in eurer Produktion haben wollt.

### FET-Kondensatormikrofone

Wenn ihr euch alle Optionen für die Gestaltung des Klangbilds offen halten wollt, ist wahrscheinlich ein Kondensatormikrofon auf Transistorbasis die sicherere Wahl. Viele FET-Kondensatormodelle haben erst einmal einen etwas unspektakulären Klang, lassen sich aber eher in die eine oder andere Sound-Richtung bearbeiten. Beim Kauf eines Mikros gilt es daher zu bedenken, wie universell ihr es einsetzen wollt. Um einen weiten Anwendungs-

bereich abzudecken, ist ein eher neutraler Sound oft die bessere und damit kreativere Alternative. Auch bei den FET-Condensern gibt es eine riesige Auswahl mit den unterschiedlichsten Sound-Schattierungen, so dass auch hier die Qual der Wahl nicht einfach ist. Der augenscheinlichste Unterschied ist die Membrangröße: Ein Großmembranmikro hat eine Membran mit einem Durchmesser von min-

**Aufgrund ihrer hohen Impulstreue werden bevorzugt Kleinmembraner für die Abnahme des Tamburins eingesetzt.**



destens einem Zoll, entsprechend 2,54 cm, Kleinmembraner liegen deutlich unter diesem Wert.

### Groß- oder Kleinmembran

Eine kleine Membran hat den Vorteil, dass sie die Obertöne besser abbilden kann. Diese physikalische Tatsache kommt daher, dass hohe Frequenzen mit kurzer Wellenlänge Partialschwingungen auf der Membran hervorrufen, wenn der Schall schräg auf die Membran auftrifft. An der Membran liegen dann gleichzeitig Unter- und Überdruckzonen an – die Überdruckzone schiebt die Membran in die Kapsel hinein und die Unterdruckzone zieht sie heraus. So kann es sein, dass bei seitlichem Schalleinfall die Obertöne nicht oder

**FET-Kondensatormodelle lassen sich noch eher universell bearbeiten.**

nur schlecht abgebildet werden. Um zu vermeiden, dass Schallzonen mit unterschiedlicher Phase gleichzeitig an der Membran ankommen, kann man die Membrangröße so weit reduzieren, dass ihre Ausdehnung kleiner ist als die halbe Wellenlänge der höchsten abzubildenden Frequenz. Tatsächlich ist die Abbildung der Obertöne bei Miniaturmikrofonen am besten – leider rauschen sie sehr



## Die Weichzeichnung durch Großmembraner tut der Stimme oft gut.

membraner gern als Stereomikrofonpaar aufgebaut, um ein möglichst exaktes Abbild des gesamten Klangkörpers und des umgebenden Raumklangs aufnehmen zu können. Für hochwertige Aufnahmen im Klassikbereich haben sich Mikros, wie das Schoeps MK 4 oder das Sennheiser MKH 8040 durchgesetzt. Doch auch günstigere Kleinmembraner, wie das SE 1A oder das Rode NT-5 zeichnen ein beson-

ders natürliches Klangbild und werden sehr gern für die Abnahme von Saiteninstrumenten, wie beispielsweise der akustischen Gitarre oder auch dem Piano erfolgreich eingesetzt.

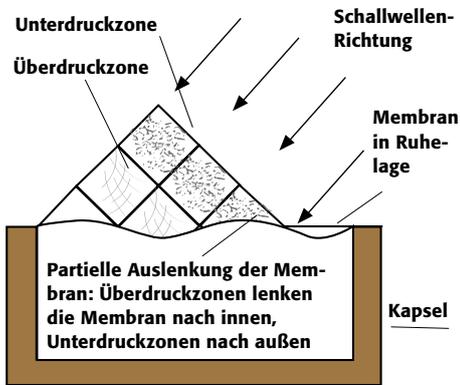
### **Große Membran – Großer Klang**

Wenn es um die Aufnahme der Vocals im Studio geht, sind Großmembran-Kondensatormikrofone meist die beste Wahl. Viele Großmembranmikros haben einen etwas wärme-

stark, da die Kapselkapazität und die durch sie hervorgerufene Ausgangsspannung sehr klein ist.

**Aufgrund ihrer natürlichen Obertonabbildung werden Kleinmembran-Condenser deshalb gern für die Instrumentalabnahme im Studio eingesetzt.** Ob Holzbläser, Dudelsack, Tambourin oder auch Westerngitarre: Der Kleinmembraner ist immer dann das geeignete Mikrofon, wenn eine hohe Impulstreue und ein möglichst neutrales Klangbild gefragt ist. Natürlich gibt es auch unter den Kleinmembranmikros große Klangunterschiede: Ein Neumann KM 184 klingt ganz anders als das Shure SM 81. Das Neumann KM 184 ist für die transparente, durchsichtige Abnahme eines Flügels perfekt geeignet, während das Shure SM 81 auch aus einer uralten Hi-hat noch einen seidigen Sound herauszaubert.

**Trotz der erheblichen Klangunterschiede ist jedoch tendenziell die Abbildung der hohen Frequenzen bei einem Kleinmembraner neutraler als bei einem Großmembranmikro.** Deshalb sind Mikrofone, wie zum Beispiel das AKG C 451 oder das Sennheiser e 914 perfekt für die Abnahme der Schlagzeugbecken geeignet. Auch bei der Chor- und Orchesterabnahme werden Klein-



Frequenzen mit kurzer Wellenlänge rufen bei seitlichem Schalleinfall Partialschwingungen auf der Membran hervor, wodurch Pegelverlust entsteht. Kleinmembranmikrofone sind von diesem Effekt nicht so stark betroffen wie Großmembraner.

ren Klang als die meisten Kleinmembraner und geben die Obertöne nicht ganz so unverfälscht wieder. Doch gerade diese „Weichzeichnung“ tut der Stimme meist in vielerlei Hinsicht recht gut – schließlich möchte man in den meisten Fällen eine schöne Stimme auf der Aufnahme hören und nicht unbedingt das exakte Abbild der Natur-Stimme. Darüber hinaus ist der Rauschbeitrag von Kleinmembranmikrofonen etwas höher als bei Großmembranern. Auch die Poppgeräusche bei der Aussprache von Explosivlauten werden von Kleinmembranmikrofonen wesentlich stärker und deutlicher wiedergegeben als von Großmembranmikros und das als unerwünschter Nebeneffekt.

**Deshalb haben sich für Sprach- und Gesangsaufnahmen Großmembranmikros, wie zum Beispiel das Audio-Technica AT4050 oder das Neumann TLM 170 sehr stark durchgesetzt.** Doch auch für die Instrumentalabnahme sind Großmembraner gut ge-

eignet – so wird das Neumann U 87 gern für die Abnahme von Kontrabass oder Cello herangezogen und auch an der Bassdrum, ca. 20 bis 40 cm vom Resonanzfell-Loch entfernt, nimmt die „US1“ einen schönen Subbass mit, der für ordentlich Schub unten herum sorgt. Günstige Großmembranmikrofone, wie das Studio Projects B 1 oder das AT4050 von Audio-Technica sind für die Instrumental-, aber auch für die Vocal-Abnahme immer eine Alternative, die unter Umständen genau den Sound erzeugen, den ihr in eurer Aufnahme gern haben wollt.

## Übertrager oder elektronisch symmetriert

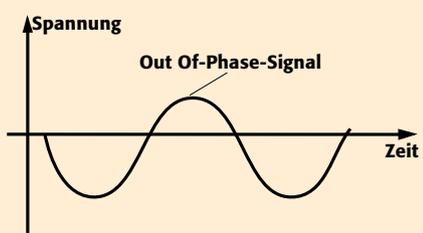
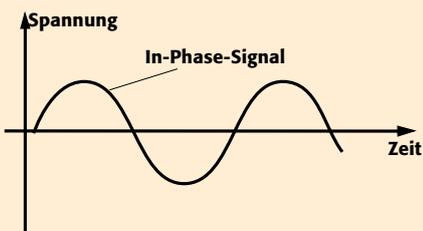
Jedes Kondensatormikrofon braucht eine Symmetrierungsstufe, die das unsymmetrische Signal am Ausgang des Vorverstärkers, beziehungsweise Impedanzwandlers in ein symmetrisches umwandelt. Nähe Informationen zur symmetrischen Signalführung findet ihr im entsprechenden Kasten dieses Artikels. Nur durch die symmetrische Signal-

## Symmetrische Signalführung

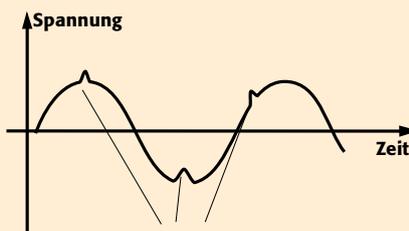
Für die symmetrische Signalführung sind zwei Signaladern und eine Masseleitung notwendig. Auf der einen Signalader wird das Signal geführt, das mit dem Schallwechseldruck in Phase liegt (auch HOT-

Signal genannt), auf der anderen Signalader wird das zum Schallwechseldruck gegenphasige Signal geführt (auch COLD-Signal genannt). Im Mischpult wird das gegenphasige Signal wiederum in der Pha-

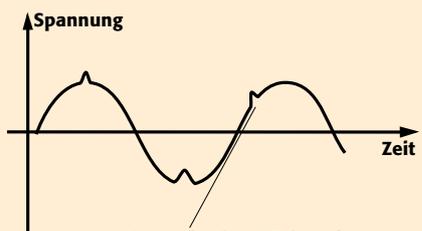
se gedreht und mit dem HOT-Signal addiert. Dabei löschen sich eventuell aufgetretene Störsignale aus, da diese in den beiden Signaladern phasengleich aufgetreten sind.



Beide Signaladern führen gegensinnige Schwingungen aus. Die eine Signalader führt das In-Phase Signal, die andere das Out-of-Phase Signal.



Elektromagnetische Störimpulse, wie zum Beispiel durch Bühnenlicht, treten auf beiden Signaladern phasengleich auf.



Im Mischpult wird das Out-of-Phase Signal wiederum in der Phase gedreht, wodurch sich die nun gegenphasigen Störimpulse auslöschen.



**Das Neumann U 47 ist ein Röhren-Klassiker, der heute für horrenden Summen gehandelt wird – falls man an ein solches Schätzchen überhaupt noch heran kommt. Zu erkennen ist das externe Netzteil für die Spannungsversorgung der Röhre.**



führung gelingt es, das extrem niederpegelige Signal störungsfrei vom Mikro zum Mischpult zu übertragen. Die Symmetrierung im Mikrofon kann auf zweierlei Arten vorgenommen werden: Entweder als Trafoschaltung oder als elektronische Symmetrierung. Die Trafoschaltung arbeitet mit einer Primär- und einer Sekundärspule, bei der das Signal

einer aktiven DI-Box: Der eine Verstärkerkreis gibt das Ausgangssignal phasenrichtig ab, der andere phasengedreht. Elektronisch symmetrierte Mikros geben die Höhen sehr brillant wieder, haben aber nicht den satten Bass wie trafosymmetrierte Mikros. Anhand zweier Mikrofone der Firma Neumann könnt ihr den Klangunterschied ganz gut nachvollziehen:

## Jedes Kondensatormikrofon braucht eine Symmetrierungsstufe.

durch Induktion vom Ein- auf den Ausgang des Trafos übertragen wird. Die Trafosymmetrierung sorgt für eine gewisse Wärme im Bassbereich, ist aber in puncto Hörenauflösung der elektronischen Symmetrierung unterlegen. Da die Induktionsvorgänge in einem Übertrager doch einiges an Zeit in Anspruch nehmen, ist die Trafoschaltung nicht schnell genug für schnelle Impulse und hohe Frequenzen.

Das U 87 Ai ist ein trafosymmetriertes Kondensatormikrofon, während das TLM 170 elektronisch symmetriert ist. Die „U81“ bringt satte Bässe, während die Mikrofone der TLM-Reihe (TLM steht übrigens für Transformatorloses Mikrofon) eine sehr feine Hörenauflösung zeigen.

▣

**Im Unterschied zur Trafosymmetrierung ist die elektronische Symmetrierung in Halbleitertechnik aufgebaut.** Im Grunde genommen ist die Wirkungsweise der elektronischen Symmetrierung wie diejenige



Der Autor **Andreas Ederhof** arbeitete als Studiomanager und Sendetechniker beim Rundfunk und ist als freiberuflicher Toningenieur und Dozent tätig.



**Das SE 1A ist ein Kleinmembraner mit Nierencharakteristik, der sich sehr gut für die Abnahme von akustischen Instrumenten, wie der Gitarre oder dem Piano eignet.**



**Das Neumann M 149 ist ein Röhrenmikrofon mit fünf umschaltbaren Richtcharakteristiken. Das Mikro muss über ein externes Netzteil betrieben werden, um die Röhrenschaltung mit der nötigen Spannung zu versorgen.**



**Das AT4050 von Audio-Technica ist ein Großmembranmikrofon, das sich hervorragend für die Aufnahme von Instrumenten und der Stimme eignet.**



**Das Brauner VM 1 ist ein Röhrenmikrofon der Extraklasse. Das Mikro wird gern für professionelle Sprach- und Gesangsaufnahmen genutzt, da es der Stimme einen warmen, hauchigen Klang verleiht.**



**Das Sennheiser MKH 40 ist ein Kondensatormikrofon, dessen Schaltungstechnik auf dem Hochfrequenz-Prinzip basiert. Dadurch überträgt das Mikro die Schallquelle sehr neutral und unverfälscht.**