

# Mikrofone für Film und Fernsehen

Für den Einsatz in Film und TV gibt es spezialisierte Mikrofontypen. Im Beitrag wird ein Überblick gegeben über die verschiedenen Mikrofone, deren Eigenheiten und Einsatzgebiete. Da zunehmend Mikrofone mit digitalem Ausgangsformat eingesetzt werden, verändert sich aufgrund zusätzlicher Funktionalität das Aufgabenspektrum des Toningenieurs.

A multitude of specialised microphones, each developed for a specific application, are used in film and television production. This article overviews the different microphone types and their modes of operation. The enhanced functionality of microphones with direct digital output will change some aspects of sound engineering.

## Einleitung

Tonmeistern und Toningenieuren steht eine Vielzahl von Mikrofontypen zur Verfügung [1]. Insbesondere die Anforderungen bei Film, Rundfunk und TV haben in den letzten 80 Jahren dazu geführt, dass spezialisierte Typen entwickelt wurden, die an die jeweilige Aufnahmesituation angepasst sind. Die zunehmende Nutzung von Mikrofonen mit digitalem Ausgangsformat verändert aufgrund derer zusätzlichen Funktionalitäten das Aufgabenspektrum des Toningenieurs.

Es wird ein Überblick über verschiedene Mikrofone, deren Eigenheiten und Einsatzgebiete gegeben, um bestmögliche Audioqualität passend zum Bild zu erreichen.

## Wandlerprinzipien

Die am häufigsten verwendeten Wandler arbeiten nach dem elektrodynamischen oder dem elektrostatischen Prinzip mit einer Membran, die durch den Schalleinfall bewegt wird. Der elektrodynamische Wandler, meist einfach „*dynamisches Mikrofon*“ genannt (**Bild 1**), arbeitet wie ein umgekehrter Lautsprecher. Die Bewegung einer Spule in einem Magnetfeld induziert einen Strom, der am folgenden Mikrofonvorverstärker zu einem Spannungsabfall führt. Das dynamische Mikrofon enthält meist keine weitere Schaltung und benötigt auch keine Spannungsversorgung (Speisung). Aus physikalischen und konstruktiven Gründen hat es aber einen eingeschränkten Frequenzgang und wird deshalb meist nur für Sprache verwendet oder in Situationen, in denen keine Speisung zur Verfügung steht.

Beim etwas komplexeren elektrostatischen Wandler (**Bild 2**) wird auf die Membran eine statische elektrische Ladung gebracht,



**Bild 1.** Dynamischer Mikrofonklassiker MD 421

**Bild 2.** Kondensatormikrofon-Klassiker U87A

entweder durch eine extern anliegende Spannung oder in einer Folie „eingefrorene“ Ladung (Elektret- oder dauerpolarisierte Mikrofone). Diese Ladung führt zu einer elektrischen Spannung zwischen Membran und der sogenannten Gegenelektrode – entsprechend einem Kondensator –, weshalb der elektrostatische Wandler generell als „*Kondensatormikrofon*“ bezeichnet wird. Wird die Membran vom Schall bewegt, ändert sich die Spannung. Ein sehr hochohmiger Verstärker (Impedanzwandler) folgt in direkter Nähe auf den Wandler. Erst danach kann das Signal über ein fast beliebig langes Kabel zum Mikrofonvorverstärker geschickt werden. Wegen der enthaltenen Schaltung benötigt das Kondensatormikrofon immer eine Spannungsversorgung.

Prinzipiell sind Kondensatormikrofone etwas störungsempfindlicher und meist teurer als dynamische Mikrofone, bieten aber eine detaillierte und genaue Klangwiedergabe über den gesamten Audiofrequenzbereich. Außerdem können insbesondere Elektretmikrofone für bildbezogene Anwendungen weitgehend miniaturisiert werden.

Mit dem Ziel der bestmöglichen Audio-

qualität werden deshalb größtenteils Kondensatormikrofone eingesetzt. In Film und TV muss diese Audioqualität aber häufig in nicht störungsfreien Umgebungen erzielt werden, und in vielen Fällen darf das Mikrofon gar nicht sichtbar sein.

Im bildbezogenen Bereich muss meist mit versteckten Mikrofonen oder aus größerer Entfernung gearbeitet werden. Da damit das Nutzsignal im Vergleich zu den Umgebungsgereuschen geringer wird, ist das bestimmende Qualitätskriterium für den Bild-Toningenieur das Nutz-Störsignal-Verhältnis. Um dennoch eine befriedigende Signalqualität und saubere Kanaltrennung zwischen mehreren Mikrofonen für die Tonmischung zu ermöglichen, werden bevorzugt richtende Mikrofone eingesetzt.

## Richtcharakteristik

Mikrofone werden mit unterschiedlichen Richtcharakteristiken konstruiert. Die gebräuchlichsten Richtcharakteristiken sind (**Bild 3**):

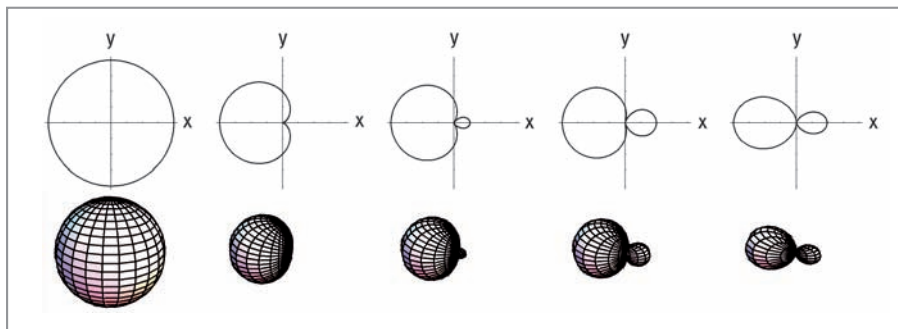
- Kugel, das heißt ungerichtet,
- Niere, bevorzugte Schallaufnahme von vorne, und
- Superniere, Hypernieren, Keule (jeweils noch stärker gerichtet).

Während die Kugel also Schall aus allen Richtungen weitestgehend gleichförmig aufnimmt, zeigen die gerichteten Charakteristiken für Schalleinfall von der Seite und von hinten eine geringere Empfindlichkeit. Damit kann, für ein ähnliches Ergebnis wie mit einer Kugel, in einer geräuschkvollen Umgebung ein Nierenmikrofon in 1,7-facher Entfernung und eine Hypernieren in doppelter Entfernung platziert werden: Anders ausgedrückt reduziert eine Niere diffusen Störschall um 4,7 dB, die Hypernieren um 6 dB. Stärkere Richtwirkung ist nur mit aufwendigeren Mitteln zu erzielen, zum Beispiel mit Richtrohrmikrofonen, Parabolspiegeln oder Mikrofonarrays. Da bei den Herstellern die Begriffe Super- und Hypernieren nicht eindeutig getrennt werden, wird im Weiteren nur der Begriff Hypernieren verwendet.

Gerichtete Mikrofone müssen für beste



Dipl.-Ing. **Martin Schneider** ist Mikrofonentwickler bei der Georg Neumann GmbH (Berlin) und hat Lehraufträge für Elektroakustik an der HfM Detmold sowie für Mikrofonmesstechnik an der TU Berlin



**Bild 3.** Gebräuchliche Richtcharakteristiken: Kugel, Niere, Superniere, Hyperniere, Keule

Ergebnisse verständlicherweise immer auf die Signalquelle zielen, denn ansonsten wird das Nutzsignal geringer und der Klang verändert sich bei seitlichem Schalleinfall frequenzabhängig. Bei guten Nieren- und Hypernierenmikrofonen hält sich der klangliche Effekt in Grenzen. Richtrohre, aber auch Hypernieren, sollten nur mit erfahrenen Sprechern bzw. erfahrenen Tontechnikern verwendet werden, damit der Sprecher nicht aus dem Aufnahmewinkel gerät. Stärker bündelnde Mikrofone müssen zum Beispiel durch den Tonangler nachgeführt werden.

Einschränkend muss erwähnt werden, dass alle gerichteten Mikrofone empfindlicher auf tieffrequente Störungen, zum Beispiel durch Wind, Erschütterungen, Griffgeräusche und „Pop“-Laute, reagieren als ungerichtete.

### Nahbesprechungseffekt und Abstand

Ein weiterer Effekt verändert nur im Nahbereich den Klang der Schallquelle: der Nahbesprechungseffekt. Bei allen gerichteten Mikrofonen erhöht sich der Bassanteil bei Annäherung an die Schallquelle. Deshalb sind unter anderem Handmikrofone für den Gebrauch in wenigen Zentimetern Abstand vom Mund so gebaut, dass sie den Nahbesprechungseffekt kompensieren. In größerem Abstand werden solche Mikrofone hingegen „Bass-schwach“.

Das Signal wird bei Annäherung des Mikrofons an die Quelle natürlich lauter und das Störgeräusch relativ dazu leiser. Für die meisten Schallquellen verdoppelt sich die Signalstärke bei jeder Abstandshalbierung (6 dB Gewinn). Der Kamerawinkel gibt dabei die natürliche Grenze für diesen Gewinn vor. Dennoch muss betont werden, dass durch Abstandsverringerung Störgeräusche stärker unterdrückt werden können als durch die Verwendung „noch so richtender Mikrofone“.

Miniaturmikrofone in Elektret-Technik können zum Beispiel mit einem Taschensender unauffällig oder unsichtbar an einem

Moderator oder Schauspieler platziert werden, um ein möglichst sauberes Sprachsignal zu erhalten.

### Mikrofontechniken Drahtlose Mikrofone

Behindert ein kabelgebundenes Mikrofon den Akteur oder benötigt der Tonangler viel Bewegungsspielraum, werden Funkstrecken (Bild 4) eingesetzt. Bei Handmikrofonen sollte dafür aus optischen Gründen eine Ausführung mit eingebautem Sender eingesetzt werden. Aufstecksender, die gegebenenfalls auch ein Kondensatormikrofon speisen können, bieten eine Alternative für alle Mikrofone außerhalb des Kamerawinkels. Ansteckmikrofone sind meist so konzipiert, dass sie alternativ auch an Taschensender angeschlossen und von diesen gespeist werden können.

Der Betrieb der Sendestrecken sollte allerdings von einem Fachmann betreut werden. Die Auswahl der Sendefrequenz, Positionierung der Sende- und Empfangsantennen, Überprüfung der Empfangsqualität ist insbesondere bei mehreren Sendestrecken eine „Kunst für sich“. Bei einzelnen Sendestrecken



**Bild 4.** ENG-Funkstrecke mit Aufstecksender, Taschensender- und Empfänger, Ansteckmikrofon und Kameraschuhadapter

zum Beispiel am Filmset muss die Sendestrecke von einem erfahrenen Tonassistenten betreut werden.

Durch die Einführung der digitalen TV-Übertragung und einer neuen Frequenzzuteilung ist absehbar, dass die erlaubten Sendefrequenzen sich ändern und ältere Sendestrecken damit teils obsolet werden, soweit sie nicht umrüstbar sind. Neuentwicklungen zeigen sich außerdem im Bereich von digitalen Funkstrecken, das heißt mit A/D-Wandlung schon im Hand- bzw. Taschensender und in digitaler Übertragung.

### Speisung

Alle Kondensatormikrofone benötigen eine Speisung. Nur wenige Typen sind, allein schon der Größe wegen, mit einem internen Batterie-fach versehen. Im Studiobereich ist eine Phantomspeisung mit 48 V etabliert (P48). Die Stromaufnahme darf maximal 10 mA betragen, typisch sind 1 bis 4 mA. Geringe Stromaufnahme ist besonders für portable Anwendungen von Bedeutung. Im Filmbereich werden noch einige historische Richtrohrmikrofone mit Tonaderspeisung und 12 V eingesetzt (T12).

Elektretmikrofone benötigen meist nur wenige Volt zum Betrieb. Diese können aus dem Taschensender, dem Aufnahmegerät oder einem Phantomspeisungsadapter bereitgestellt werden. Leider hat sich in diesem Bereich keine herstellerübergreifende Norm etabliert, sodass Mikrofon und Taschensender oder Speiseadapter meist von demselben Hersteller stammen müssen.

### Mikrofontypen und ihre Anwendungen

Eine Übersicht über die geläufigen Mikrofontypen und ihre bevorzugten Anwendungen ist in Tabelle I dargestellt.

### Großmembranmikrofone

Bezeichnung für Kondensatormikrofone mit Wandlerdurchmesser im Bereich 25 bis 35 mm, meist in größeren Gehäusen (s. Bild 2), auch mit umschaltbaren Richtcharakteristiken. Dieser Mikrofontyp wird vornehmlich für Sprach- und Gesangsaufnahmen verwendet, im Off-Bereich oder Sprecher-/Synchronstudio. In einer elastischen Halterung („Spinne“) vor Körperschall geschützt, sorgt ein zusätzlicher Gaze-Popschutz für die Unterdrückung der „Pop“-Störungen, die bei „plosiven“ Lauten entstehen.



**Bild 5.** Kleinmikrofon (rechts) und Variante mit abgesetzter Kapsel



**Bild 6.** Headset



**Bild 7.** Richtrohrmikrofon in elastischer Aufhängung und mit zusätzlichem Windschutzkorb und Fellüberzug

Aufgrund ihres sehr geringen Eigenrauschens und ihrer Flexibilität werden Großmembranmikrofone in der Postproduktion auch gern für Geräuschaufnahmen eingesetzt.

### Kleinmikrofone

Bezeichnung für Kondensatormikrofone mit Wandlerdurchmesser ~20 mm, typischerweise zylindrische Bauform mit axialer Einsprache. Häufig werden modulare Systeme angeboten, die über austauschbare Kapseln mit unterschiedlicher Richtcharakteristik und bzw. oder Frequenzgang (**Bild 5**) verfügen. Meist stellen diese Mikrofone den optimalen Kompromiss dar zwischen Unauffälligkeit, Flexibilität, geringem Eigenrauschen, gleichförmiger Richtcharakteristik und ausgewogenem Klang. Wie Tabelle 1 zeigt, werden sie in fast allen Anwendungen eingesetzt.

Modulare Systeme bieten häufig eine Auswahl an Zubehör an, um Mikrofone versteckt oder optisch ansprechend zu positionieren. Wenn die Kapsel vom Mikrofonkorpus abgesetzt werden kann, reduziert sich die sichtbare Größe des Wandlers auf ~20 mm × 45 mm. Für Nachrichtensprecher im TV und ähnliche exponierte Anwendungen werden häufig spezielle Designs und Gehäusemodifikationen als Einzelausführung eingesetzt.

### Clips und Headsets

Die kleinste gebräuchliche Bauform stellen derzeit Elektretmikrofone mit Durchmessern zwischen 3 und 6 mm dar. Als Ansteckmikrofone (s. Bild 4) können sie unauffällig an der Kleidung oder unsichtbar im Haaransatz positioniert werden. In einem Headset (**Bild 6**) bieten sie, direkt in der Nähe des Mundes, ein noch besseres Signal-Störgeräusch-Verhältnis. Da sie aber am Kopf oder an der Brust außerhalb der Hauptabstrahlungsrichtung des Mundes angebracht sind, muss generell eine klangliche Entzerrung durchgeführt werden.

Ein Headset erfordert einen geübten Sprecher und exakte Positionierung, meist leicht seitlich neben dem Mund, da in der Nä-

he von Nase und Mund Atem- und Windgeräusche sehr auffällig werden. Beim Ansteckmikrofon hingegen muss sorgfältig darauf geachtet werden, dass keine Reibungsgeräusche an der Kleidung erzeugt werden, außerdem müssen Kabel und gegebenenfalls Taschensender unauffällig an Körper oder Kleidung fixiert werden.

Da nur ein geringer Abstand zur Schallquelle vorliegt, werden meist störunempfindliche Mikrofone mit Kugelcharakteristik eingesetzt. Bei genauer Positionierung ergeben allerdings Nierenmikrofone noch bessere Resultate. In großer Entfernung zu Schallquellen können Elektretmikrofone meist nicht eingesetzt werden, da ihr Eigenrauschen bis zu 30 dBA beträgt.

### Richtrohrmikrofon

Richtrohre (**Bild 7**) sind die Standardmikrofone für die Filmtonaufnahme. Bei diesem Mikrofontyp ergibt sich die erhöhte Richtwirkung dadurch, dass sich bei seitlichem Schall-

einfall die Schallanteile im Rohr zumindest partiell durch Interferenz auslöschen. Da das aber nicht frequenzunabhängig für alle Winkel gelingen kann, ist der Nutzbereich des Richtrohrs auf einen frontalen Bereich von ±30 bis 45° begrenzt. Das Richtrohr wird dementsprechend hauptsächlich dort verwendet, wo es manuell nachgeführt werden kann.

Richtrohrmikrofone bündeln abhängig von ihrer Länge ab einer bestimmten Frequenz stärker als eine Hyperniere, typischerweise ab 1 bis 2 kHz. Sie weisen häufig eine starke Empfindlichkeit für Schall aus 180° auf. Besonders in stark reflektierenden Innenräumen, erhält man mit den kleineren Hypernierenmikrofonen gleichwertige oder bessere Ergebnisse, die zudem eine weniger richtungsabhängige Klangfärbung zeigen.

### Parabolkonferenz

Wie bei einer Parabolantenne wird hier der Schall über eine größere Fläche gebündelt

**Tabelle 1.** Mikrofontypen mit ihrer Richtcharakteristik und bevorzugte Anwendungen  
(■ häufig, □ gelegentlich)

Typ	Richtcharakteristik	Anwendung										
			Moderator/Bühne	Interview	Nachrichtensprecher	Off-Sprecher/Synchron	Angel	Gesamt-Szene	Atmo	Geräuschaufnahmen	Sport/Tieraufnahmen	Musik
Handmikrofon	Kugel			□								
	(Hyper)Niere		■	■								■
Clip	Kugel/Niere		■	■	■							□
Headset	Kugel/Niere		■	□	□							□
Kleinmikrofon	Kugel							■	■	□		■
	Niere			□	■	■	□	■	■	■	□	■
	Hyperniere			□		□	■		■		□	□
Großmembran	(Hyper)Niere				■					■		■
Richtrohr (kurz)	Keule			■		□	■	□	□	□	■	
Richtrohr (lang)	Keule						□	□			■	
Parabol	Keule									□	□	
Arrays	„ebene Niere“							□		□	□	
Grenzfläche	Kugel/Niere			□				■	■	□		□
Stereo/Mehrkanal	divers						□	■	■	■	□	■





**Bild 8.** Mikrofonarray: Kardioid-Ebenen-Mikrofon mit unterschiedlicher Richtwirkung in vertikaler und horizontaler Richtung



**Bild 9.** Grenzflächenmikrofon mit Halbkugelcharakteristik



**Bild 10.** Stereo-Mikrofon: Doppelsystem mit zwei Wandlern und umschaltbarer Richtcharakteristik

und in ein im Brennpunkt positioniertes Kleinmikrofon reflektiert. Dadurch ergibt sich, oberhalb einer durchmesserabhängigen Grenzfrequenz, eine große Empfindlichkeit in frontaler Richtung, für seitlichen Schalleinfall aber sehr winkelabhängige Frequenzgänge. Das Parabolmikrofon wird deshalb nur in Sonderfällen eingesetzt, zum Beispiel bei der Verfolgung eines Fußballs vom Spielfeldrand und Aufnahmen von Tierstimmen aus großer Entfernung.

### Mikrofonarrays

Werden mehrere Mikrofone im Raum platziert, zum Beispiel in einer Linie, und ihre Signale frequenz- und phasenkorrigiert aufsummiert, können auch andere, stärker bündelnde Richtcharakteristiken als die bisher besprochenen erzeugt werden.

Diese Technik wird gelegentlich in Richtrohren eingesetzt. Die bekannteste Realisierung dürfte aber das Kardioid-Ebenen-Mikrofon sein, das im Deutschen Bundestag am Sprecherplatz eingesetzt wird (**Bild 8**). Dieses Mikrofon erzeugt in der Horizontalen eine Nierencharakteristik, bündelt in der Vertikalen aber scharf. Damit kann Schall vornehmlich aus einer „nierenförmigen Scheibe“ des Raums aufgenommen werden. Für Bühnen- und Sprecheranwendungen geeignet, sind die Kosten wegen der acht intern verwendeten Mikrofonkapseln allerdings recht hoch.

### Grenzflächenmikrofone

Eine letzte spezielle Konstruktionsform ist besonders für szenische Aufnahmen geeignet. Bündig in eine möglichst große Oberfläche („Grenzfläche“) integriert, ergibt ein Kugelmikrofon eine halbkugelförmige Richtcharakteristik (**Bild 9**). Es existieren auch Varianten mit horizontal liegender Halbnieren-Charakteristik.

Neben einer um 6 dB erhöhten Empfindlichkeit ist der größte Nutzen die Vermeidung von Tisch- und Bodenreflexionen gepaart mit Unauffälligkeit der flachen Konstruktion.

Gelegentlich in Round-Table- oder Interviewsituationen zentral positioniert, sind die größten Nachteile die Kugelcharakteristik, die alle Störungen und Raumeffekte aufnimmt, und der relativ große Abstand zu den Sprechern. Zudem wird es nicht immer als Mikrofon erkannt und Gegenstände werden darauf abgelegt.

### Stereo und Mehrkanal

Bisher ging es ausschließlich um die Aufnahme von Einzelsignalen, das heißt monofone Technik. Insbesondere Sprache wird fast ausschließlich monophon aufgenommen und nur selten, über den Panoramaregler in der Mischung, für Stereowiedergaben außermittig positioniert. Ausgedehnte Schallquellen und Geräusche hingegen klingen in stereofoner oder Mehrkanal-Wiedergabe natürlicher und definieren den Raumeindruck. Meist werden dabei für die Aufnahme Kleinmikrofone und Richtrohre in verschiedenen Aufstellungen eingesetzt. Einige spezielle Stereomikrofone kombinieren entweder zwei gleiche, drehbar gelagerte Wandler (**Bild 10**) oder eine Kombination aus Richtrohr und seitlicher Achter-Charakteristik (**Bild 11**).

**Koinzidente Aufstellungen**, das heißt mit mehreren Mikrofonen am gleichen Ort (**Bild 12**), arbeiten ausschließlich mit Pegelunterschieden durch unterschiedliche Ausrichtung der Mikrofone. Koinzidente Aufstellungen ergeben eine präzise Richtungswahrnehmung, aber nur eine eingeschränkte „Räumlichkeit“. Ein wichtiger Vorteil ist die Monokompatibilität koinzidenter Aufnahmen.

Die **XY-Aufstellung** wird typischerweise

mit zwei Nierenmikrofonen in einem eingeschlossenen Winkel zwischen 90° und 150° realisiert. Die stereophone Breite der Abbildung wird durch den eingeschlossenen Winkel bestimmt.

Die **MS-(Mitte-Seite-)Aufstellung** kombiniert ein frontal ausgerichtetes Mikrofon mit einem zweiten mit seitlich ausgerichteter Achter-Charakteristik. Das Mittenmikrofon ist meist eine Niere, Hypernieren oder auch ein Richtrohr. Diese Technik wird bevorzugt im Bildbereich eingesetzt, da über die Verstärkung des Seitensignals die Breite der Stereo-Abbildung auch nachträglich bestimmt werden kann. Durch eine geeignete Matrizierung können MS- und XY-Signale ineinander überführt werden (s. Kasten).

**Laufzeitstereofone Aufnahmen** (AB-Technik) arbeiten mit zwei gleichen, parallel ausgerichteten Mikrofonen und einem Abstand zwischen den Mikrofonen von typisch 25 bis 100 cm. Über die Wahl der Charakteristik kann das Verhältnis zwischen frontalem und diffusem Schall beeinflusst werden. Laufzeitstereofone Aufnahmen zeichnen sich durch größere Räumlichkeit aus, sind aber generell nicht monokompatibel und nicht so präzise in der Richtungsabbildung.

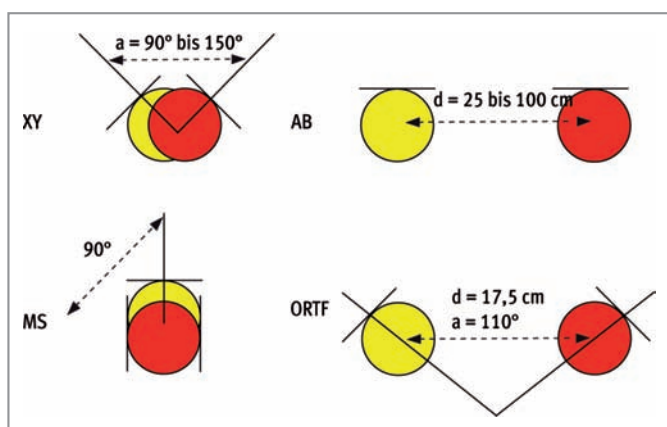


**Bild 11.** Stereo-Mikrofon: Doppelsystem mit Richtrohr und querliegender Achter-Charakteristik

Die Kombination aus Pegeldifferenzen und Laufzeitunterschieden erlaubt die gemischten Aufstellungen, zum Beispiel die sogenannte **ORTF-Aufstellung**, mit zwei Nieren-Charakteristiken in 17,5 cm Abstand und einem eingeschlossenen Winkel von 110°. Diese Aufstellungen sind häufig ein geeigneter Kompromiss in Bezug auf Räumlichkeit und Monokompatibilität.

**Mehrkanal-Aufstellungen** für Surround [3] basieren auf Extrapolationen der Stereo-Aufstellungen, wobei meist übliche Kleinmikrofone eingesetzt werden. Für frontal szenenorientierte Aufnahmen werden drei Mikrofone für L, C und R verwendet, für Atmo-Aufnahmen inklusive LS- und RS-Kanal können die Aufstellungen auf bis zu sieben Mikrofone erweitert werden. Aus der großen Zahl von Vorschlägen ist eine gebräuchlichere, kompakte Aufstellung die koinzidente Doppel-MS- oder MSM-Technik (**Bild 13**). Dabei sind, wie bei MS-Technik, ein Mikrofon nach vorne ( $M_v$ ) und die Achter-Charakteristik (S) seitlich ausgerichtet. Hinzu kommt ein drittes Mikrofon, das nach hinten gerichtet ist ( $M_h$ ). Mit dem Seiten-Mikrofon ergibt sich ein zweites, nach hinten gerichtetes Stereo-Signalpaar, aus dem sich die beiden Surroundsignale matrizieren lassen.

Weitere Aufstellungen sind im **Bild 14** und **15** dargestellt. Diese arbeiten sowohl mit Laufzeit- als auch Pegeldifferenzen und sind geeignet zur räumlichen Abbildung einer Szene oder Atmo. Aufgrund ihrer Größe und der erschwerten Handhabung wird man diese Surround-Setups meist statisch aufstellen und selten portabel einsetzen. Die eigentliche Surroundton-Mischung entsteht meist erst in der Postproduktion, die mehrkanalige Aufnahme bildet nur eine Grundlage dazu. Weitere Details zu Aufnahme und Wiedergabe finden sich in [3,4].



**Bild 12.** Stereoaufstellungen: XY-, MS-, AB- und ORTF-Techniken mit ihren typischen Abständen und Winkeln. Zusatz: Stereoaufstellungen mit Kleinmikrofonen, teils mit abgesetzten Kapseln

## Aufzeichnungsformat

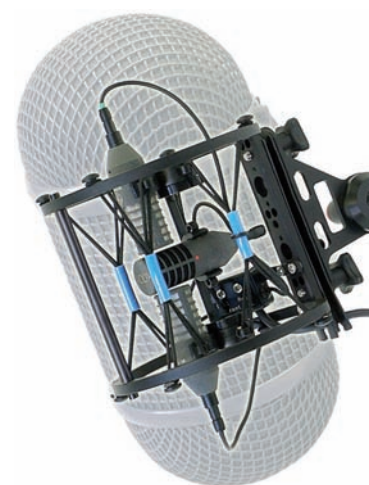
Die Aufzeichnung der Audiosignale erfolgt mittlerweile fast ausschließlich digital, bevorzugt in den unkomprimierten Formaten WAV und Broadcast-WAV (BWF) oder für geringere Ansprüche auch MP3. Analoge Speichermedien, wie Audiokassetten und Tonband, werden auch im portablen Anwendungsgebiet nur noch selten eingesetzt. Portable, digitale Aufzeichnungsgeräte ermöglichen mittlerweile bis zu achtkanalige Aufnahmen. Insbesondere bei mehrspurigen Aufnahmen ist damit eine eindeutige Kanaluordnung essentiell, um in der Postproduktion nicht zu Fehlern zu führen. Bevorzugt werden nicht-codierte Signale aufgenommen. MS-Stereosignale zum Beispiel können zu Verwirrung führen und müssen eindeutig gekennzeichnet werden. Bei stark frontal orientierten Szenen ist die Spur mit dem S-Signal, das die Stereoinformation enthält, nur gering ausgesteuert und wird gegebenenfalls nicht als valide Spur erkannt. Bei Surround-Aufnahmen erleichtert Farbcodierung die Kanaluordnung: L = **g**e**L**b, R = **R**ot, C = **O**range, LS = **b**Lau, RS = **g**Rün, LFE = grau/schwarz. Nach ITU-Empfehlung [4] sollte folgende Zuordnung für die Spuren 1 bis 6 gewählt werden: L-R-C-LFE-LS-RS. Im Filmbereich hingegen ist die bevorzugte Reihenfolge: L-C-R-LS-RS-LFE.

## Technische Kriterien zur Mikrofonwahl

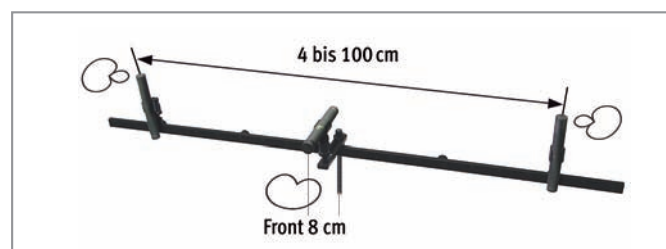
Anhand des Datenblatts (**Tabelle II**) ist zumindest eine erste Beurteilung möglich, ob ein Mikrofon für eine bestimmte Anwendung geeignet ist. Der klangliche Aspekt wird durch den **Frequenzgang** (**Bild 16**) dargestellt. Dabei muss aber beachtet werden, ob er im Nah-

feld aufgenommen wurde, zum Beispiel bei 1 m Abstand, und damit durch den Nahbesprechungseffekt mehr Bässe angibt als andere Mikrofone, die im Fernfeld gemessen wurden. Im dargestellten Frequenzgang sind beide Fälle dargestellt. Die Gleichförmigkeit der Kurven im **Polardiagramm** (**Bild 17**) zeigt an, wie sehr sich der Klang bei seitlichem Schalleinfall verändert, das heißt, welches der nutzbare Aufnahmewinkel ist. Beim dargestellten Mikrofon erkennt man, dass für den gesamten hinteren Halbraum nur geringe Empfindlichkeit vorliegt und im vorderen Halbraum der Klang weitgehend konstant bleibt.

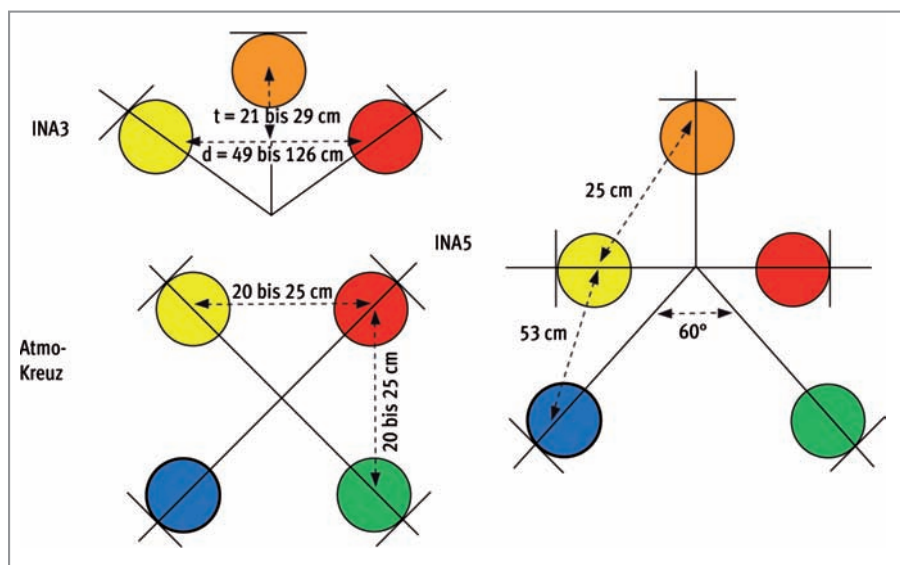
Der **Ersatzgeräuschpegel** ist das entscheidende Kriterium für sehr leise Schallquellen, zum Beispiel für Atmos oder Geräuschaufnahmen im Film. Typische gute Werte liegen bei 7 bis 14 dBA (Großmembran), 10 bis 16 dBA (Kleinmembran), 20 bis 26 dBA (Miniatur-Elektrete). Dynamische Mikrofone scheiden für solche Aufnahmen aus. Nur für sehr laute Signale wird der **Grenzschalldruckpegel** von Interesse sein, der typischerweise über 130 dB SPL liegt. Damit ist auch klar, dass heutige Mikrofone nur in Ausnahmefällen übersteuert werden können. In den meisten Fällen ist es die folgende Signalkette, die bei unerwartet lauten Signalen verzerrt, wenn



**Bild 13.** Doppel-MS-Mikrofonaufstellung →



**Bild 14.** OCT-Aufstellung



**Bild 15.** Surround-Aufstellungen mit Nieren-Mikrofonen: INA3, INA5, Atmo-Kreuz

**Tabelle II.** Technische Daten KMS 105

Feldübertragungsfaktor bei 1 kHz an 1 kOhm	4,5 mV/Pa
Ersatzgeräuschpegel CCIR	28 dB
Ersatzgeräuschpegel, A-bewertet	18 dBA
Grenzschalldruckpegel für $K < 0,5\%$	150 dB
maximale Ausgangsspannung	12 dBu



kein ausreichender Headroom vorgesehen war.

Zur Beurteilung, ob der Eingang des Aufnahmeegeräts geeignet ist, dient die Angabe des **maximalen Ausgangspegels** bei Grenzschalldruck. Der **Übertragungsfaktor** („Empfindlichkeit“) ist meist nur bei dynamischen Mikrofonen oder stark rauschenden Aufnahmeegeräten von Bedeutung. Bei Kondensatormikrofonen und richtig ausgesteuerten professionellen Aufnahmeegeräten dominiert das (geringe) Mikrofonrauschen. Bei dynamischen Mikrofonen, mit ihrer um typisch 20 dB geringeren Empfindlichkeit, ist hingegen größere Verstärkung nötig, womit auch das Rauschen des Mikrofoneingangs mit eingeht und dominiert.

### Weitere Kriterien und Handhabung

Aspekte, die die Störsicherheit betreffen, können den Datenblättern häufig nicht entnommen werden. Lager- und Betriebstemperatur sind für die meisten Situationen ausreichend. **Klima- und Feuchteresistenz** betreffen aber besonders NF-(Niederfrequenz-)Kondensatormikrofone und damit auch Elektretmikrofone. Aufgrund der hochohmigen Eingangsschaltung müssen in der Konstruktion Kriechströme vermieden werden, die zu geräuschhaften Störungen (Knacksen, Prasseln, Rumpeln) führen können. Das kann besonders bei sehr hoher Luftfeuchtigkeit und Verschmutzung auftreten, verstärkt noch bei Kondensation, wenn ein kaltes Mikrofon in

feuchtwarme Umgebung gerät. Bei derartigen Anwendungen können dynamische sowie HF-(Hochfrequenz-)Kondensatormikrofone der MKH-Serie im Vorteil sein. Kugelmikrofone können fast vollständig abgedichtet werden, um zum Beispiel selbst in den Haaransatz geschminkte Elektretmikrofone möglichst schweißresistent zu machen.

Die häufigsten Störungen werden durch **Wind** und **„Pop“**-Laute verursacht. Da in keinem Mikrofon genügend Platz für einen ausreichenden Windschutz vorhanden ist, werden als Zubehör Schaumstoff-Windschutze [1,5] und Windschutzkörbe gegebenfalls mit Fellüberzug („Windjammer“) eingesetzt (s. Bild 7). Kurz zusammengefasst gilt hier die Prämisse „so viel wie möglich, aber nur so viel wie nötig“, denn:

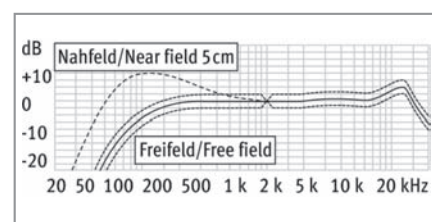
- je größer der Windschutz, desto effizienter;
- je größer der Windschutz, desto stärker werden die Höhen bedämpft;
- bei Kugelmikrofonen genügt ein Schaumstoff-Windschutz;
- bei gerichteten Mikrofonen und stärkerem Wind müssen Windschutzkörbe/Fellüberzüge eingesetzt werden;
- geringerer Abstand zur Schallquelle erhöht das Nutz-Störsignal-Verhältnis.

Regen muss zusätzlich, in geeigneter Höhe über dem Mikrofon, geräuscharm aufgefangen und abgeleitet werden, da nach wenigen Minuten auch ein Fellüberzug vollgesogen ist und dabei klanglich unbrauchbar wird.

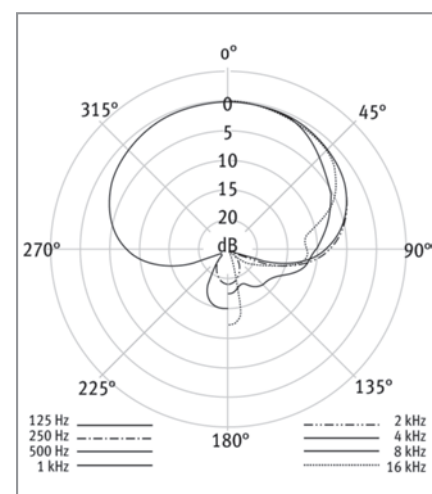
Die gleichen Regeln gelten auch für alle Sprachmikrofone, um die Windanteile der Sprache zu unterdrücken. Nur bei Handmikrofonen kann man davon ausgehen, dass ein effizienter Wind- und „Pop“-Schutz integriert ist und sie außerdem auf geringe Körperschallempfindlichkeit (Handling-Geräusche) optimiert sind.

Kugelmikrofone zeigen eine geringe **Körperschallempfindlichkeit**. Bei fast allen anderen Mikrofontypen muss situationsabhängig zusätzliches Zubehör zur Isolierung verwendet werden. Tisch- oder Bodenstative haben zum Beispiel Gummifüße oder -unterlagen. Die effektivste Isolierung ist durch elastische Aufhängungen („Spinnen“) gegeben, die zum Beispiel für Nachrichtensprecher auch unauffällig unter dem Tisch montiert werden können. Damit auch bei Mikrofonbewegung, zum Beispiel an der Angel, keine Störungen auftreten, müssen allerdings eine Vielzahl von Aspekten berücksichtigt werden: klapperfreie XLR-Stecker mit Gummimanschette, Kabelführung in nicht gespannten Schlaufen, Kabelentkopplung über Kabelabfang und klapperfreie Fixierung an der Angel, dünne flexible oder auch textilumspinnene Kabel usw.

Mikrofone werden häufig in Situationen



**Bild 16.** Frequenzgang eines Gesangsmikrofons/Handmikrofons



**Bild 17.** Polardiagramm des Sprach- und Gesangsmikrofons KMS105, Supernieren-Charakteristik



mit starken elektromagnetischen Feldern betrieben, seien es die unvermeidlichen Mobiltelefone, der eigene Sendemast, gesteuerte Lichtleitungen oder Walkie-Talkies am Set. Bei aktuellen Mikrofonmodellen sollte dies generell berücksichtigt sein. Mangels technischer Dokumentation sollte aber die **EMV-Festigkeit** gegebenenfalls beim Hersteller nachgefragt werden.

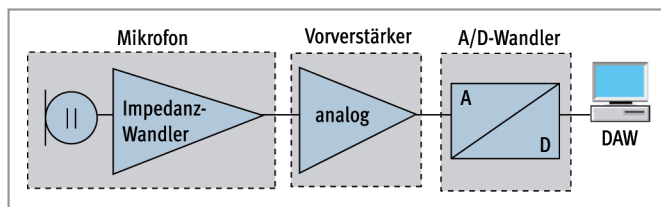
Weitere Aspekte können die Mikrofonauswahl beeinflussen: ganz pragmatisch die Verfügbarkeit oder Vertrautheit von Mikrofonen, aber zum Beispiel auch die klangliche Continuity (bei Nachvertonung im Studio wird deshalb häufig das gleiche Mikrofon wie am Set verwendet).

## Aktuelle Entwicklungen – Digitale Mikrofone

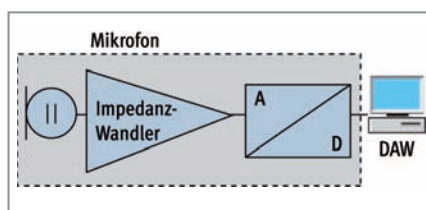
Die erwähnten Mikrofontypen werden kontinuierlich weiterentwickelt, sind aber schon so ausgereift, dass es sich vornehmlich um Detailverbesserungen handelt. Ein größerer Umschwung zeigt sich bei der Neueinführung von digitalen Mikrofonen (**Bild 18**) im Musikbereich, Rundfunk und beginnend auch im Filmsektor. Dies sind Kondensatormikrofone in bekannter Baugröße, aber mit eingebautem A/D-Wandler, der eine störungsfreie Übertragung eines hochpegeligen Digitalsignals im AES/EBU-Format ermöglicht. Die vorhandene Mischpult-, Netzwerk- und Geräteperipherie beginnt sich auf diese Mikrofone einzustellen [6]. Das Mikrofonsignal wird mit einer Dynamik von bis zu 130 dBA intern gewandelt. Damit reduziert sich die Komplexität der Aufnahmekette, denn im Vergleich zur analogen Aufnahmekette (**Bild 19**) entfällt die Notwendigkeit von hochwertigen Mikrofonvorverstärkern und präzisiertem Einpegeln, um größtmögliche Dynamik zu erhalten (**Bild 20**). Allein der Er-



**Bild 18.** Digitales Kleinmikrofon: Kondensatormikrofon mit integriertem A/D-Wandler



**Bild 19.** Analoge Aufnahmekette: Kondensatormikrofon, Vorverstärker, A/D-Wandler



**Bild 20.** Digitale Aufnahmekette: Digitales Kleinmikrofon mit integriertem A/D-Wandler

(Fotos: 1, 4, 6 = Sennheiser; 2, 5, 7, 10, 11, 16, 17, 18, 20 = Neumann; 8 = Microtech Gefell; 9 = beyerdynamic; 13, 14 = Schoeps)

satzgeräuschpegel und Grenzschalldruck des Mikrofons bestimmen die verfügbare, große Dynamik [7]. Durch die vorhandene, interne Rechenleistung können auch zusätzliche Funktionen wie Peak-Limiter, Kompressor und De-Esser direkt im Mikrofon realisiert werden. Insbesondere für mobile und unvorhersehbare Aufnahmesituationen kann dadurch schon im Mikrofon ein verzerrungs- und störungsfreies sowie sendefähiges Signal garantiert werden.

## Schrifttum

- [1] Schneider, M.: Mikrofone. In Weinzierl, S.: Handbuch der Audiotechnik. Springer, Berlin, 2008.
- [2] Goossens, S.; Wollherr, H.: KEM – das ganz andere Mikrophon. Hüthig Verlag, FKT 51, S. 186–191, 1997.
- [3] Theile, G.: Natural 5.1 Music Recording Based on Psychoacoustic Principles. 19th AES International Conference, Paper 1904, 2001.
- [4] VDT-IRT-SRT: Informationsdokument SSF – 04.1-

2002, Mehrkanal-Surround-Sound: Systeme und Betriebsanwendungen. 2002, [www.tonmeister.de](http://www.tonmeister.de).

- [5] Goossens, S.: Der neue ARD-Mikrophon-Windschutz. Fachverlag Schiele & Schön GmbH, FKT 4/2005, S. 175–179.
- [6] Breitlow, J.; Schneider, M.: Digitale Mikrofone – Anschluss technik, Netzwerke, Erfahrungen. Tagungsband, 25. Tonmeister tagung, Leipzig, 2008.
- [7] Schneider, M.; Breitlow, J.: Stand der digitalen Mikrofontechnik. Tagungsband, 25. Tonmeister tagung, Leipzig, 2008.

## Ergänzende Literatur

- Boré, G.; Peus, S.: Mikrophone – Arbeitsweise und Ausführungsbeispiele. Georg Neumann GmbH, Berlin, 1999.
- Dickreiter, M.: Mikrophon-Aufnahmetechnik. Hirzel, Stuttgart, 2003.
- Görne, T.: Mikrophone in Theorie und Praxis. Elektor-Verlag, Aachen, 2007.
- Wuttke, J.: Mikrophonaufsätze. Schalltechnik Dr.-Ing. Schoeps GmbH, Karlsruhe, 2000.
- Yewdall, D. L.: Practical Art of Motion Picture Sound. Focal Press, Burlington, 2007.



## Test Chest

Kompaktes Video und Audio-Messgerät in einer Hand

- Testsignal Generator
- Wave-Form Monitor
- Oscilloscope
- Audiopegel Anzeige
- Lautsprechen
- Kabelfehler-Detektor

Ausführliche Gerätebeschreibung mit weiteren Bildern finden Sie unter [www.Test-Chest.de](http://www.Test-Chest.de) oder fordern Sie ein Demogerät an:

Video-Optik Brähler · 65396 Walluf · ☎ 0 61 23/710 08 · ✉ [info@video-optik.de](mailto:info@video-optik.de)