



MIKROFON GRUNDWISSEN

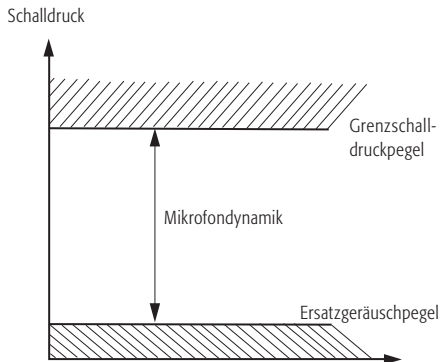
# Die inneren Werte

TECHNIK VERSTEHEN HILFT KLANG SCHAFFEN

Beim Einsatz von Mikrofonen sollte man in erster Linie seinen Ohren vertrauen. Schließlich entscheidet der Klang der Aufnahme. Doch auch die technischen Daten helfen euch weiter. Sie geben Aufschluss darüber, für welches Einsatzgebiet sich ein Mikrofon eignet, was es kann und was nicht. Hier lest ihr, was euch das Datenblatt sagen will – und was das für die Praxis bedeutet.

Ihr habt sicherlich schon einmal in Mikrofonkatalogen herumgeblättert oder das Mikro eurer Träume auf der Homepage des Herstellers bestaunt. Dabei stößt man immer wieder auf die technischen Daten, die der Hersteller für dieses Mikrofon bekannt gibt. Einige dieser Angaben erklären sich von selbst, andere sind einem mitunter ein Rätsel und man fragt sich nach dem Sinn dieser unverständlichen Dinge. Dabei können euch diese Angaben sehr viel Aufschluss über das Innenleben und den sinnvollen Einsatz des Mikros geben. In diesem Beitrag wollen wir uns deshalb die technischen Daten – auch Mikrofonpezifikationen genannt – näher anschauen.





**Die Dynamik eines Mikrofons ist die Differenz zwischen dem höchsten Schalldruckpegel, den es ohne nennenswerte Verzerrungen übertragen kann und dem Ersatzgeräuschpegel.**



**Blasinstrumente erzeugen hohen Schalldruck. Den verkräften oft dynamische Mikrofone besser (hier: beyerdynamic M 88 TG).**

## Das Wandlerprinzip

Ganz oben im Datenblatt ist meist das Wandlerprinzip des Mikrofons aufgeführt. Das beschreibt die Umsetzung des Schallwechseldrucks in elektrische Signale. Da dieser Wandlungsprozess den Klang und die Aufnehmeeigenschaften des Mikrofons entscheidend bestimmt, wird durch den Wandlertypen das jeweilige Einsatzgebiet in gewissem Umfang festgelegt. In der heutigen Audio-technik sind drei Wandlertypen im Gebrauch: Der Tauchspulenwandler, das Kondensatormikrofon sowie die Bändchenwandler. Tauchspulenmikros – auch als dynamisch bezeichnet – sind mechanisch robust und verkräften hohen Schalldruck.

Darum sind sie oft auf Bühnen zu sehen, ebenso wie in der Bassdrum oder vor dem Gitarrenamp. Bekannte Tauchspulenmikros sind zum Beispiel das Shure SM 58 oder das Electro-Voice RE 20.

## Kondensatorwandler geben das Schallereignis wesentlich genauer wieder als dynamische Mikrofone.

Das extrem geringe Membrangewicht sorgt für sehr gute Impulsübertragung. Deshalb werden Kondensatormikrofone gern für die Aufnahme von hochfrequenten Schallquellen wie Akustikgitarre oder Schlag-

zeugbecken eingesetzt. Da Kondensatorwandler darüber hinaus noch ein sehr geringes Eigenrauschen erzeugen, sind sie die idealen Werkzeuge für Aufnahmen im Studio. Dabei wird zwischen True Condenser, also einem „echten“ Kondensatormikrofon oder einem Elektret-Kondensatormikro unterschieden. Oft werden auch die Bezeichnungen wie „externally polarized“ oder „permanently polarized condenser“ benutzt. Extern polarisierte Mikrofone – also die so genannten „echten“ Kondensatormikros – müssen durch Phantomspeisung mit Polarisationsspannung für die Kapsel versorgt werden. Bei Electret Condensern wurde die Polarisationsspannung permanent mit Hilfe einer Elektretschiicht aufge-

bracht. Diese Art der Kondensatormikrofone lassen sich etwas günstiger fertigen, sind aber im Klangverhalten den „True Condensern“ durchaus ebenbürtig.

## Das Kondensatormikrofon: Elektret oder Phantomspeisung?

### Schließlich gibt es noch die Bändchenwandler – auf englisch „ribbon microphones“ genannt.

Bändchenmikros erfreuen sich inzwischen wieder einer großen Beliebtheit bei Recording-Freaks, da sie einen unverwechselbaren Klang erzeugen. Kein anderer Wandlertyp weist dieses drahtig-metallische, aber trotzdem warme Klangbild auf – deshalb werden Bändchenwandler immer dann gern eingesetzt, wenn es zum Beispiel um die natürliche, warme Wiedergabe der Vocals, der Akustikgitarre oder des Gitarrenamps geht. Leider handelt man sich bei Aufnahmen mit Bändchenmikrofonen durch die geringe Ausgangsspannung einen relativ hohen Rauschbeitrag ein, was bei der Aufnahme sehr leiser Signale zum Problem werden kann.

## Das Empfängerprinzip

Eine weitere wichtige Angabe im Datenblatt eines Mikrofons ist das akustische Arbeitsprinzip. Einige Hersteller bezeichnen das Arbeitsprinzip auch mit „transducer type“ oder Empfängerprinzip. Das akustische Arbeitsprinzip gibt Aufschluss darüber, wie der Schallwechseldruck in Membranschwingungen umgesetzt wird. Die meisten im Studio und auf der Bühne eingesetzten Mikrofone arbeiten als Druckgradientenempfänger – im Englischen „pressure gradient transducer“.

Dieser Mikrofontyp weist eine definierte Richtcharakteristik auf und gibt den Schall in der Haupteinfallrichtung – also in der so genannten 0°-Richtung – am deutlichsten wieder. Andere Schalleinfallrichtungen werden vom Mikro mehr oder weniger stark bedämpft, so dass sich Druckgradientenempfänger sehr gut eignen, wenn es um Rückkopplungsunterdrückung auf der Bühne oder um Kanaltrennung im Studio geht.



**Weltbekanntes dynamisches Mikrofon: Das Electro-Voice RE 20 ist oft beim Rundfunk in Benutzung.**



**Klassisches Kondensatormikro mit extern polarisierter Kapsel: Mit dem Neumann U 87 Ai wurde schon so ziemlich jedes Signal einmal aufgenommen.**

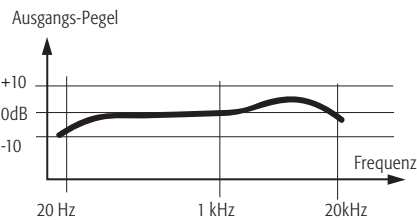


**Unverwundlich und deshalb gerne live eingesetzt: Shure SM58**

**Alle Nieren-, Supernieren- oder Achtermikrofone sind Druckgradientenempfänger, während Mikrofone mit Kugelcharakteristik meist eine Kapsel aufweisen, die nach dem Druckempfängerprinzip arbeitet.**

Druckempfänger sind für Aufnahmen geeignet, bei denen die Schallanteile aus allen Raumrichtungen aufgefangen werden sollen

– zum Beispiel bei Chor- oder Orchesteraufnahmen oder wenn der Ambience-Anteil bei einem Live-Konzert besonders authentisch aufgefangen werden soll. Bekannte Druckempfänger-Mikrofone sind zum Beispiel das Schoeps MK 2S oder das Sennheiser MKH 8020, die man häufig bei Orchesteraufnahmen sieht. Das Thema Richtcharakteristik hat sehr viele weitere Facetten. Worauf es dabei ankommt, lest ihr im entsprechenden Kasten unten auf dieser Doppelseite.



**Der Frequenzgang eines Mikrofons zeigt den Ausgangspegel in Abhängigkeit von der Frequenz.**

## Die Richtcharakteristik

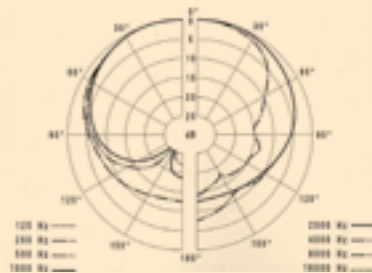
**Die Richtcharakteristik – auf englisch „polar pattern“ – hat einen entscheidenden Einfluss auf das Einsatzgebiet des Mikrofons. Sie veranschaulicht die Richtwirkung eines Mikrofons und wird grafisch dargestellt, indem die Ausgangsspannung in Abhängigkeit vom Schalleinfallswinkel abgebildet wird.**

Zu diesem Zweck wird die Ausgangsspannung des Mikros in ein Polardiagramm eingetragen – die Spannung, die das Mikrofon bei 0°-Einsprechrichtung abgibt, dient als Bezugswert für alle anderen Einfallrichtungen. Die 0°-Einsprechrichtung ist die Richtung, die senkrecht zur Membranoberfläche orientiert ist – sie weist im Polardiagramm meist nach oben. In das Polardiagramm sind konzentrische Ringe eingetragen, an Hand derer man die Bedämpfung des Mikrofonsignals ablesen kann.

### Nierencharakteristik

Sowohl live als auch im Studio ist die Niere (englisch: cardioid) die mit Abstand am häufigsten eingesetzte Richtcharakteristik. Ein Mikrofon mit Nierencharakteristik gibt von vorn die volle Ausgangsspannung ab, während es von der Seite eine Bedämpfung von 6 dB aufweist – mit anderen Worten: Das Nierenmikro überträgt von der Seite halb so laut wie von vorn. Von hinten eingesprochen hat ein Mikro mit Nierencharakteristik eine sehr hohe Bedämpfung – in der Praxis meist um die 20 bis 25 dB. Bei den meisten Mikrofonen ist die

se Bedämpfung jedoch nicht nur abhängig von der Einsprechrichtung, sondern darüber hinaus auch noch von der Frequenz. Deshalb wird die Richtcharakteristik nicht nur bei einer Frequenz, sondern bei einer ganzen Reihe von Frequenzen gezeigt – zum Beispiel bei den Frequenzen 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 2 kHz, 4 kHz, 8 kHz und 16 kHz.



**Die Nierencharakteristik bei verschiedenen Frequenzen: Auf der linken Seite des Richtdiagramms sind die Frequenzen 125 Hz bis 1000 Hz dargestellt, rechts die hohen Frequenzen von 2 kHz bis 16 kHz.**

### Die Superniere

Während bei der Niere das Empfindlichkeitsminimum bei 180° – also auf der Rückseite des Mikrofons – liegt, hat die Superniere (engl.: supercardioid) ihre maximale Bedämpfung bei ungefähr 120°. Auf der Rückseite weist die Superniere noch einen kleinen, keulenförmigen Aufnahmebereich auf, so dass von hinten aufgenommene Signale nicht vollständig bedämpft werden. Die Dämpfung des seitlich einfallenden Schalls beträgt bei der Superniere 9 dB – damit ist die Kanaltrennung bei der Superniere gegenüber seitlich positionierten Instrumenten noch einmal um 3 dB besser als bei der Niere.

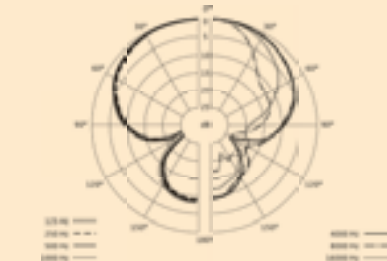
## Der Frequenzgang

Der Frequenzgang zeigt die Spannung, die das Mikrofon bei einem bestimmten einwirkenden Schalldruck abgibt, in Abhängigkeit von der

## Druckempfänger oder Druckgradientenempfänger?

Frequenz. Bei der grafischen Darstellung wird die Frequenz nach rechts und der Ausgangspegel des Mikros nach oben aufgetragen. Die Spannung, die das Mikrofon bei 1000 Hz abgibt, dient als Bezugswert und wird im Frequenzgang meist als 0 dB-Wert angegeben. Der Frequenzgang zeigt den vom Hersteller veröffentlichten Verlauf der Ausgangsspannung für senkrecht auf die Membran auftreffenden Schall – also den 0°-Frequenzgang. Da der Hersteller den Frequenzgang in einem reflexionsarmen Raum misst, wer-

lenden Schalls beträgt bei der Superniere 9 dB – damit ist die Kanaltrennung bei der Superniere gegenüber seitlich positionierten Instrumenten noch einmal um 3 dB besser als bei der Niere.



**Die Superniere: Die Winkel der minimalen Empfindlichkeit liegen bei ca. 120°. Auf der Rückseite hat die Superniere noch einen kleinen, keulenförmigen Aufnahmebereich.**

### Die Hyperniere

Hyperniere und Superniere sind sich in der Form sehr ähnlich – einige Hersteller nennen ihre Mikrofone Hypernierenmikros, dabei handelt es sich eher um eine Superniere und umgekehrt. Die Hyperniere hat eine noch stärkere seitliche Bedämpfung als die Superniere und ist damit der Achtercharakteristik fast ähnlicher als der Niere. Die Winkel der geringsten Einsprechempfindlichkeit liegen bei 110° bzw. 250° – ähnlich wie die Achtercharakteristik nimmt die Hyperniere rückwärtig einfallenden Schall phasengedreht gegenüber von vorn eintreffenden Signalen auf. Falls ein Sänger auf der Bühne zwei Bodenmonitore schräg rechts und links vor sich hat, bietet sich die Wahl



**Auf dem Mikrofongehäuse finden sich meist Informationen über Einsprechrichtung und Richtcharakteristik.**

den andere Schalleinfallrichtungen als die 0°-Richtung nicht berücksichtigt. In einer realen Aufnahmesituation nimmt das Mikro jedoch immer einen Anteil Diffusschall mit auf, der eventuell ganz anders zusammengesetzt ist. Insofern sagt der Frequenzgang zwar etwas über den Grundklang des Mikrofons aus – ihr solltet den Frequenzgang jedoch nicht überbewerten und lieber euren eigenen Ohren trauen.

### Der Übertragungsbereich

Der Frequenzbereich, in dem die Empfindlichkeit nicht mehr als 3 dB gegenüber dem Wert bei 1 kHz abfällt, wird Übertragungsbereich des Mikrofons genannt. Er gibt tendenziell wieder, in welchem Bereich das Mikrofon sauber überträgt. Ein gutes Studio-Kondensatormikrofon hat typischerweise einen Übertragungsbereich von 40 Hz bis 20 kHz. Dynamische Mikrofone weisen

eines Super- oder Hypernierenmikrofons an. Dabei solltet ihr jedoch immer bedenken, dass die rückwärtige Bedämpfung bei der Hyperniere nur noch 6 dB beträgt – Schallquellen, die von hinten auf das Mikro einfallen, werden also recht laut übertragen.

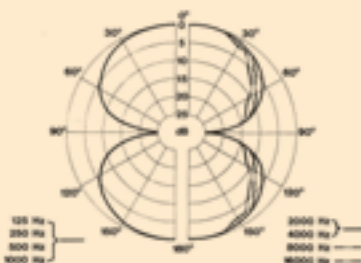
### Die Achtercharakteristik

Bei der Achtercharakteristik (engl.: bidirectional) liegen sich die Einsprechrichtungen mit der größten Empfindlichkeit genau gegenüber – also bei 0° und bei 180°. Seitlich einfallender Schall wird bei der Achtercharakteristik fast vollständig bedämpft, wodurch sich die Acht besonders gut eignet, wenn die Bedämpfung seitlich einsprechender Instrumente optimiert werden soll. Da ein Mikrofon mit Charakteristik Acht jedoch Schall, der von hinten einfällt genauso laut aufnimmt wie aus 0° ankommende

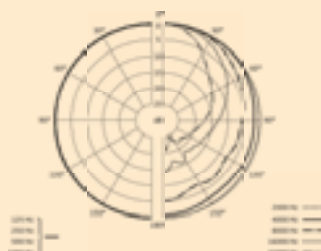
Signale, ist ein gut klingender Raum für den Einsatz von Achtermikros Voraussetzung.

### Die Kugelcharakteristik

Die schon bei den Empfängerprinzipien erwähnte Kugelcharakteristik wird – genauso wie die Acht – relativ selten eingesetzt. Bei der Kugelcharakteristik (engl.: omnidirectional) wird der Schall aus allen Richtungen mit der gleichen Empfindlichkeit aufgenommen – deshalb ist die Kugelcharakteristik für den Einsatz auf der Bühne völlig ungeeignet. Mikrofone mit Kugelcharakteristik nehmen neben dem Direktschall die Reflexionen aus allen Raumrichtungen auf und werden deshalb immer dann gebraucht, wenn neben der Aufnahme des Instruments auch ein großer Anteil des natürlichen Raumklangs mit erfasst werden soll. Bei vielen Aufnahmesituationen im Klassik-Bereich ist ein großer Raumklanganteil gefragt, damit sich das Instrument ausgewogen und natürlich anhört.



**Die Achtercharakteristik wird relativ selten eingesetzt, da sie kompliziert zu handhaben ist. Der große Vorteil der Acht ist ihre Frequenzunabhängigkeit – auf diese Weise können Instrumente wie die Akustikgitarre sehr natürlich und brillant aufgenommen werden.**



**Die Kugelcharakteristik wird nur selten benutzt – zum Beispiel bei Klassik-Produktionen, um den natürlichen Raumklang mit aufzunehmen.**



Eine bekannte Mikrofonkapsel, die nach dem Druckempfänger-Prinzip arbeitet ist die Schoeps MK 2 S. Sie wird auf einen Verstärker aufgeschraubt.



demgegenüber meist einen kleineren Übertragungsbereich auf. Innerhalb dieser 3-dB-Grenzen können aber durchaus Überhöhungen und Absenkungen auftreten.

### Die Empfindlichkeit

Auch Übertragungsfaktor genannt, bezeichnet sie die Größe der vom Mikrofon abgegebenen Span-

pro Pascal ab. Dynamische Mikros kommen lediglich auf eine Empfindlichkeit von 2 bis 3 mV/Pa. Deshalb müssen dynamische Mikrofone im PreAmp viel mehr verstärkt werden, womit leider auch das Grundrauschen lauter wird. Bändchenmikrofone geben eine noch geringere Spannung ab: ca. 1 mV/Pa. Gerade bei der Aufnahme von leisen Instrumenten kann dann das Rauschen störend sein.

### Der Ersatzgeräuschpegel

Der Rauschbeitrag eines Mikrofons wird über den Ersatzgeräuschpegel (engl.: equivalent noise level) angegeben. Dabei wird die Geräuschspannung, die das Mikrofon abgibt in einen Schalldruckpegel umgerechnet. Dieser Pegel wird dann in dB-A oder dB-CCIR angegeben und markiert die untere Aussteuerungsgrenze des Mikrofons: Unterhalb dieser Grenze werden die aufgenommenen Signale vom Rauschteppich verdeckt. Um den Ersatzgeräuschpegel ermitteln zu können, misst der Hersteller die vom Mikro abgegebene Störspannung – gleichzeitig wird der Frequenzgang des Störspannungssignals ermittelt. Dann wird eine frequenzabhängige Wertung des Rauschsignals vorgenommen – üblicherweise nach der A- oder der CCIR-Kurve. Das menschliche Gehör nimmt im Mittenbereich das Rauschen wesentlich stärker wahr. Ein Mikrofon, das im mittleren Frequenzbereich rauscht, wird demnach mit einem höheren Rauschpegel bewertet, als wenn es im tiefen oder hohen Frequenzbereich rauscht. Moderne Kondensatormikrofone weisen einen Ersatzgeräuschpegel von 10 - 20 dBA auf – Mikrofone mit einem wesentlich höheren Eigenrauschen als 20 dBA sind im Studio nur bedingt zu gebrauchen. Verwechselt nicht den dBA- mit dem dB-CCIR-Wert. CCIR- und A-Kurve unterscheiden sich und in der Regel fällt der CCIR-Wert um 10 - 12 dB höher aus als der dBA-Wert.



**Akustikgitarre – die Richtcharakteristik macht den Unterschied: Mit Kugel oder Acht spielt der Raumklang eine viel größere Rolle als mit einer Niere.**



Bändchenmikrofone sind die Exoten unter den Recording-Mikrofonen: Experten wie Bruce Swedien nehmen das R-121 von Royer Labs aber sehr gern für die Abnahme von Gitarren-Amps.

nung in Abhängigkeit vom einwirkenden Schalldruck. Der Hersteller gibt die Empfindlichkeit immer bei einer Frequenz von 1000 Hz an, so dass die Werte verschiedener Mikros miteinander verglichen werden können. Die Messung der Empfindlichkeit (engl.: sensitivity) erfolgt bei einem Schalldruck von 94 dB SPL – also der Lautstärke eines mittelmäßig stark aufgedrehten Gitarrenamps. Dieser Schalldruck entspricht genau einem Pascal (Pa). Deshalb wird die Empfindlichkeit von vielen Herstellern in Millivolt pro Pascal (mV/Pa) angegeben. Einige Hersteller geben die Empfindlichkeit auch als dB-Wert an, zum Beispiel -32 dBV für 25 mV/Pa. In diesem Fall wird die Ausgangsspannung 25 mV auf einen Referenzwert von 1 V bezogen und der entsprechende Pegelwert angegeben.

**Kondensatormikrofone haben eine relativ hohe Empfindlichkeit.** Sie geben in der Regel eine Spannung von zehn bis zwanzig Millivolt

Ersatzgeräuschpegel kann nach A- oder CCIR-Kurve bewertet werden.

### Der Geräuschpegelabstand

Der Geräuschpegelabstand (auch Signal-Rauschabstand) ist die Differenz zwischen dem Bezugsschallpegel von 94 dB SPL und dem Ersatzgeräuschpegel. Anders gesagt: Wenn der Hersteller in seinem Datenblatt den Ersatzgeräuschpegel angegeben hat, dann könnt ihr euch ganz simpel den Geräuschpegelabstand (engl.: signal-to-noise-ratio) selbst errechnen. Der Be-

zugsschallpegel von 94 dB SPL (entsprechend einem Pascal) ist der Schalldruckpegel, bei dem die Empfindlichkeit des Mikrofons gemessen wurde. Die Empfindlichkeit stellt eine Beziehung zwischen der Ausgangsspannung und dem einwirkenden Schalldruck her. Mit dieser Beziehung ist es möglich, den gemessenen Spannungswert der durch das Mikrofonrauschen entsteht, in ei-

### Die Nennimpedanz

Die Nennimpedanz eines Mikrofons ist der Wechselstrom-Innenwiderstand, gemessen bei einer Frequenz von 1 kHz. Die Impedanz eines hochwertigen Studio-Kondensatormikrofons sollte einen Wert von 200  $\Omega$  nicht wesentlich überschreiten. Wird das Mikro an ein Mischpult angeschlossen, muss sein Eingangswiderstand wesentlich größer sein als der Mikrofon-Innenwiderstand. Die meisten Mischpulte weisen eine Impedanz von einem bis drei  $k\Omega$  am Mikrofonein-

gang auf. Ist die Mikrofonimpedanz fünfmal kleiner ist als der Eingangswiderstand des Mischpults, dann fällt der Hauptanteil der vom Mikro erzeugten Spannung am Mischpult-Eingang ab und nicht über dem Innenwiderstand des Mikrofons. Die Folge ist, dass der Gain-Regler nicht so hoch gezogen werden muss und das Mikro weniger stark rauscht. Das waren nun eine Menge Fachbegriffe, aber mit diesem Wissen wird das Zurechtfinden im Mikrofondschungel nun um einiges leichter. ■

*Andreas Ederhof*

## Die Nennimpedanz sollte

unter 200 Ohm liegen.

nen Schalldruckpegel umzurechnen. Aus diesem Grund wird auch der Geräuschpegelabstand auf diesen Wert bezogen. Ihr solltet den Geräuschpegelabstand nicht mit der Dynamik des Mikrofons verwechseln! Die Mikrofondynamik ist wesentlich größer als der Geräuschpegelabstand: Sie ist die Differenz zwischen dem höchsten Schalldruck, den das Mikrofon verarbeiten kann und dem Rauschteppich. Gute Kondensatormikrofone weisen einen Geräuschpegelabstand von 74 - 94 dB-A auf, besitzen dabei aber eine Dynamik von 125 - 135 dB-A.

### Der Grenzschalldruckpegel

Der Grenzschalldruckpegel ist derjenige Schalldruckpegel, ab dem das Mikrofon einen Klirrfaktor von 0,5% aufweist. Einige Hersteller geben den Grenzschalldruckpegel auch für einen Klirrfaktor von 1% an – gemessen wird der Klirrfaktor, indem das Mikro mit einem Sinuston von 1 kHz beschallt wird. Das Mikrofon wird nun hauptsächlich die Frequenz von tausend Hertz wiedergeben, aber auch eine ganze Reihe von harmonischen Obertönen – auch Klirrfrequenzen genannt. Der Klirrfaktor ist der Quotient aus der Summe der vom Mikrofon erzeugten Klirrfrequenzen und dem Gesamtausgangspegel des Mikrofons. Dynamische Mikrofone weisen einen Grenzschalldruckpegel von circa 150 dB SPL auf – Kondensatormikrofone liegen in einem Bereich von 120 - 140 dB SPL. Bei Zuschaltung des Pads erhöht sich der Grenzschalldruck des Mikros meist um 10 dB. Wenn ihr laute Schallquellen, wie die Bassdrum mit einem Kondensatormikrofon abnehmen wollt, solltet ihr darauf achten, dass das Mikro einen Grenzschalldruck von mindestens 135 - 140 dB aufweist.