

Versteckte Eigenschaften von Schlagzeug-Mikrofonen

Hidden features of microphones for drums

Von Richard Barnert

Kaum ein Instrument erfordert eine so komplexe Aufnahmetechnik wie das Schlagzeugset. Tieffrequente Schläge an der Bassdrum mischen sich mit breitbandigen Spektren eines Splash-Beckens oder dem extrem schnell klingenden Rimshot einer knackigen Snare. So vielfältig wie das Instrument selbst muß daher auch die Mikrophonierung sein. Doch welche Parameter eines Mikrophons sind für die Abnahme wirklich von Bedeutung? Warum haben sich einige spezielle Mikrofone gerade für Schlagzeug weltweit durchgesetzt? Haben diese Mikros „versteckte“ Eigenschaften, die gerade für Schlagzeug besonders wichtig sind und können diese Eigenschaften sichtbar gemacht werden?

Das Ziel

Die technische Charakterisierung von Mikrofonen erfolgt üblicherweise über typische Daten wie Frequenzgang, Empfindlichkeit und Polardiagramm. Diese Daten werden in standardisierten Messverfahren für definierte Abstände von Schallquelle zu Mikrofon ermittelt, woraus ein erfahrener Toningenieur abschätzen kann, wie das Mikro ungefähr klingt und wie es daher in einer spezifischen Anwendung funktionieren sollte. Für die Beurteilung realer Aufnahmesituationen gibt es jedoch keine festgelegten Messverfahren und daher können die klanglichen Ergebnisse meist auch nur mit Charakterisierungen wie „blumig“, „offen“, „transparent“, „warm“, „seidig“, „aggressiv“ oder ähnlichen Attributen beschrieben werden. Diese Beschreibungen sind für den Endverbraucher sicherlich greifbarer als jeder technische Begriff, sind aber nichts anderes

als subjektive Interpretationen des erlebten Klangs. Bei solchen Beurteilungen spielt natürlich auch eine Reihe von anderen Parametern eine große Rolle, wie z.B. die Eigenheiten der mikrophonierten Schallquelle (Bassdrum, Becken, Snare, etc) , die räumliche Umgebung (Kirche, Studio, Bühne, usw) und nicht zuletzt auch die Positionierung des Mikrophons.

In der Entwicklungsabteilung von AKG-Acoustics wurde eine Studie durchgeführt, mit dem Ziel den Klang und das Verhalten verschiedener Mikrophone in typischen Aufnahmesituationen zu beschreiben und zu vergleichen – jedoch mit Meßdaten und Fakten anstelle subjektiver Beurteilungen. Gerade beim Schlagzeug kommt dabei auch das dynamische Übertragungsverhalten besonders gut zur Geltung, d.h. die Unterschiede im zeitlichen Verlauf des Spektrums. Diese Unterschiede im Ein- und Ausschwingverhalten der Schallaufnahme tragen sehr viel zum Klangeindruck bei, werden aber wohl kaum in einem Datenblatt zu finden sein. Umso interessanter ist es daher, die meßtechnischen Analysen der verwendeten Mikrophone „in der Anwendung“ zu betrachten und visuell darzustellen. Dabei wird offensichtlich, daß die üblicherweise publizierten Spezifikationen das tatsächliche Verhalten des Mikrophons nicht hundertprozentig beschreiben können. Es muß also noch weitere „versteckte“ Eigenschaften geben, die zur Klangbeschreibung wichtig und notwendig sind. Wie können diese unsichtbaren Eigenschaften also „sichtbar“ gemacht werden?

Die Aufnahmesituation

Die verschiedenen Teile des Schlagzeugsets (Snare, Tom, Becken, Hi-hat, Bassdrum) wurden einzeln nacheinander mikrophoniert. Um Einflüsse der Raumakustik ausschließen zu können, wurden die Aufnahmen in einem reflexionsarmen Meßraum durchgeführt. Dadurch war es möglich, ein freifeldentzerrtes ½-Zoll-Meßmikrofon mit Kugelcharakteristik als Referenz bei allen Aufnahmen einsetzen können. Die Testmikrophone

wurden möglichst nahe zueinander positioniert und die Pegel abgeglichen. Natürlich können sich hier geringe Klangunterschiede durch die unvermeidbare räumliche Distanz der Wandler ergeben. Als wichtiger Bestandteil der Studie wurden daher auch Mikrophone desselben Typs bewußt an unterschiedlichen Stellen positioniert, um so die positionsbedingten Klangunterschiede dokumentieren zu können.



Abbildung 1: Hihat mit AKG C451B und Referenzmikrofon

Der Profi-Schlagzeuger Richard Filz (Sideman von Bob Berg, Rick Margitza, Bob Mintzer u.a.) sorgte für sauber gespielte Schläge, die auf einem digitalen 8-Spur-Harddiskrecorder aufgenommen wurden. Durch die Mehrspurigkeit wurde sichergestellt, daß allen Mikrophenen dasselbe Quellsignal zur Verfügung stand, was eine wichtige Voraussetzung für die folgende Vergleichsanalyse war.



Abbildung 2: Der Aufnahmerraum mit Profidrummer Richard Filz und Snare

Die Schläge wurden anschließend aus der Multispur-Aufnahme extrahiert und in einzelne Wave-Files zerlegt, die nun für die digitale Weiterverarbeitung im Computer geeignet waren. Eine Datenbank wurde angelegt, in der nach den Kriterien „Instrument“, „Mikrophon“, „Position (Vorne/Hinten, Seitlich/Mitte)“, „Schlagtechnik (Hit, Roll, Rimshot)“, „Schlagposition (Mitte/Rand)“ auf die einzelnen beschnittenen Files zugegriffen werden konnte. Für die Analyse standen schließlich über 400 geschnittene Audio-Files zur Verfügung, die über ein automatisch ablaufendes Computerprogramm analysiert und graphisch aufbereitet wurden. Eine detaillierte Beschreibung des meßtechnischen Hintergrunds wurde auf der Tonmeistertagung 2002 in Deutschland präsentiert [R. Barnert and F. Reining, „The Visible Sound Difference of Microphones“,

Die Analyse

Das besondere Interesse dieser Studie galt der zeitlichen Veränderung des Spektrums, das sich aus der Fourier-Transformation des aufgenommenen Zeitsignals berechnen läßt. Diese Darstellung ist allgemein bekannt als „Wasserfalldiagramm“. In dieser Darstellung kann man hervorragend erkennen, ob einzelne Frequenzbänder in ihrem Amplitudenverlauf Besonderheiten aufweisen bzw. länger oder kürzer zum Ein- oder Ausschwingen benötigen als andere. Dies kann durchaus mehrere Ursachen haben: Anschlagtechnik, Instrument, Position des Mikrophons oder schlußendlich die Mikrophon-Eigenschaften selbst. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird das Wasserfalldiagramm die bevorzugte Darstellung der Meßdaten sein. In einem „normalen“ Datenblatt würde man hier gezeigte Effekte nie erkennen können, trotzdem sind sie vorhanden und prägen auch ganz wesentlich das Klangbild der Aufnahme. Im Prinzip sind diese Phänomene aber einfach erklärbar, und zwar durch das Vorhandensein von mechanisch-akustischen Resonanzen bzw. Resonatoren, die im Bereich der Mikrophonkapsel durch Kombinationen von Volumina mit akustischen Impedanzen entstehen, also ein inhärenter Bestandteil eines jeden Mikrophons sind. Resonatoren wirken aber nicht nur gezielt auf die Amplitude einzelner Frequenzbereiche, sondern haben auch den „Nebeneffekt“, daß sie dort deutliche Ein- und Ausschwingvorgänge verursachen können. Es gilt das Gesetz: Je geringer die Bandbreite im Frequenzbereich, desto größer der Einfluß im Zeitbereich und umgekehrt.

Die Membran jedes dynamischen Mikrophons besitzt eine ausgeprägte Resonanz, die durch Volumina und zusätzliche Massen bedämpft wird,

woraus sich ein annähernd linearer Frequenzgang ergibt. Trotzdem ist diese Resonanz dadurch nicht verschwunden. Im Wasserfalldiagramm wird ihr Vorhandensein schonungslos entlarvt. Das heißt jetzt aber nicht, daß diese Eigenschaften automatisch für jede Anwendung als „schlecht“ zu betrachten sind. Gerade bei der Live-Mikrophonierung einer Snare wird der bandbegrenzte „fette“ Klang dynamischer Wandler Systeme sehr geschätzt - ebenso wie die leichte Verzerrung bei hohen Schallpegeln, wenn die Spule den linearen Bereich des Magnetfelds verläßt. Nicht umsonst werden bei der Live-Mikrophonierung bevorzugt dynamische Wandler für Schlaginstrumente verwendet. Im Studio sieht die Situation aber oft anders aus. Hier will man meist eine „authentische“ Abbildung und greift daher eher zu Kondensatormikrofonen. Diese besitzen eine sehr geringe Membranmasse, weswegen sie auch breitbandigere Frequenzbereiche abdecken und wesentlich schneller auf Impulse reagieren. Diese Eigenschaften spiegeln sich natürlich auch im höheren Preis wider. Aber auch bei Kondensator-Mikrofonen werden zur Modellierung von Frequenzgängen akustische Resonatoren eingesetzt, meist in der Form von Helmholtz-Resonatoren, die sich durch angekoppelte Volumina gar nicht vermeiden lassen. Zur Erinnerung: Jedes mit akustischen Reibungen abgeschlossene Volumen wirkt als Resonator! Nur sind bei den Kondensatormikrofonen die Auswirkungen bei weitem nicht so offensichtlich wie bei ihren dynamischen Kollegen. Natürlich prägt die akustische Auslegung dieser Resonatoren das Zeitverhalten und damit den Klang des Mikrophons ganz entscheidend mit. Auch hier gilt wieder, daß die damit verbundenen Eigenschaften nicht automatisch einen „guten“ oder „schlechten“ Einfluß auf die Aufnahme haben. Der Tonmeister kann entscheiden, wie er die Eigenschaften am effizientesten nutzt und so manch scheinbaren Nachteil in einen Vorteil für seine Anwendung umkehrt.

Die Theorie

Für wissenschaftlich interessierte sei hier noch kurz der technische Hintergrund beleuchtet. Wie jedes technische Übertragungssystem läßt sich auch ein Mikrofon durch seine Übertragungsfunktion $H(f)$ beschreiben

$$\underline{H}_{(f)} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

Das komplexe Übertragungsmaß g entspricht dem negativen Logarithmus der Übertragungsfunktion

$$\underline{g} = -\ln H = a + jb$$

wobei a die Dämpfung und b die Phase der Übertragungsfunktion beschreibt. Jedes System läßt sich nun zerlegen in das Produkt eines sogenannten Minimalphasensystems mit einem Allpaß. Ein Minimalphasensystem besitzt einen definierten Zusammenhang zwischen Dämpfung und Phase, während der Allpaß keine Dämpfung verursacht sondern nur eine (theoretisch beliebige) Phasendrehung. Des weiteren gilt, daß die Laufzeit eines Signalinhalts durch die sogenannte *Gruppenlaufzeit* t_G beschrieben wird.

$$t_G = \frac{\Re\{b\}}{\Re\{\omega\}}$$

wobei ω der komplexen Kreisfrequenz $2\pi f$ entspricht. Bei Minimalphasensystemen kann diese Gruppenlaufzeit mit Kenntnis des Dämpfungsmaßes sofort beschrieben werden. Für minimalphasige Mikrofone würde das bedeuten, daß das zeitliche Verhalten vollständig durch den Frequenzgang beschrieben wäre. Überall wo der Frequenzgang eine Anhebung besitzt, würde ein minimalphasiges Mikrofon genau dort frequenzbezogen länger ausschlagen. Dies ist jedoch nicht der Fall, da die meisten Mikrofone konstruktionsbedingt keine Minimalphasensysteme sein können! Daher kann angenommen werden,

daß die Analyse der Wasserfalldiagramme einige überraschende Eigenschaften im Zeitbereich aufzeigen wird, die im Frequenzgang schlicht und einfach nicht ersichtlich sind!

Die Ergebnisse

Da eine umfassende Präsentation aller Messungen den Rahmen dieses Artikels bei weitem sprengen würde, wird im folgenden Kapitel nur eine grobe Zusammenfassung der Ergebnisse präsentiert - ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

Die Snare

Die Snare ist das wahrscheinlich komplexeste Instrument des gesamten Schlagzeugsets. Sie kann auf verschiedenste Arten gespielt werden: Mit oder ohne Schnarrsaite, mit oder ohne Felldämpfung, sowie mit unterschiedlichsten Schlagtechniken wie z.B. Hit, Roll oder Rimshot, dies wiederum mit Besen, Sticks oder Mallets. Auch die Mikrophonierung kann sehr variantenreich erfolgen und liefert für die verschiedenen instrumententechnischen Spielarten auch unterschiedliche tontechnische Resultate. Die Schallabnahme kann von oben oder unten erfolgen, extrem nahe oder weiter entfernt, in verschiedenen Winkeln zur Schlagrichtung oder mit einer Ausrichtung zum Rand oder zur Mitte des Fells.

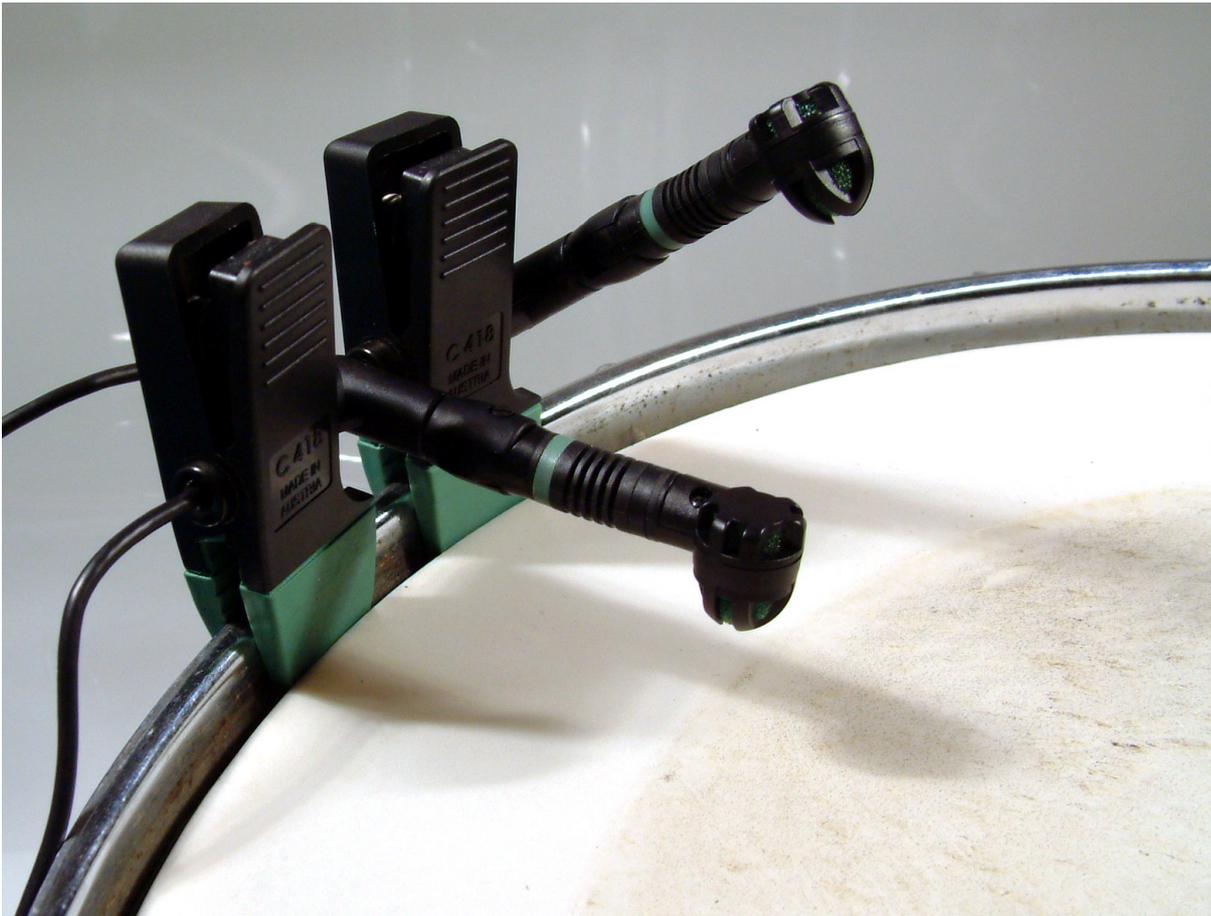


Abbildung 3: AKG C418 in zwei verschiedenen Ausrichtungen

Interessant zu beobachten war auch der Vergleich zwischen der Abnahme am vorderen und hinteren Fell. Beispielhaft werden hier die Wasserfalldiagramme des dynamischen Mikrophons AKG D440 sowie des Kondensatormikrophons AKG C451B für einen Schlag mit dem Stick gezeigt. Besonders auffällig ist die vordere Fellresonanz um ca 600Hz, während die hintere Aufnahme ein deutlich breiteres Spektrum und generell kürzere Ausschwingzeiten aufweist. Im Vergleich zum dynamischen D440 sieht man hier das deutlich breitere Spektrum des Kondensatormikrophons C451B bis zu obersten Frequenzen, was durch den höhenbetonten Frequenzgang des C451B begünstigt wird. Das D440 hingegen besitzt eine Präsenzhebung bei ca 3kHz. Außerdem sind die längeren Ausschwingzeiten bei mehreren Frequenzgruppen hier sehr gut

zu beobachten. Sehr deutlich fällt auch der Klangunterschied zwischen Kondensator und dynamischen Mikrofonen beim Spiel mit Besen aus. Hier konnten im Zeitverhalten zwar kaum Unterschiede ausgemacht werden, jedoch offenbarten die Kondensatormikrophone aufgrund ihres ausgeglicheneren Frequenzgangs unvergleichlich mehr klangliche Details als ihre elektrodynamischen Kollegen. Für Jazzschlagzeuger ist die Verwendung eines Kondensatormikrophons für die Snare daher geradezu Pflicht.

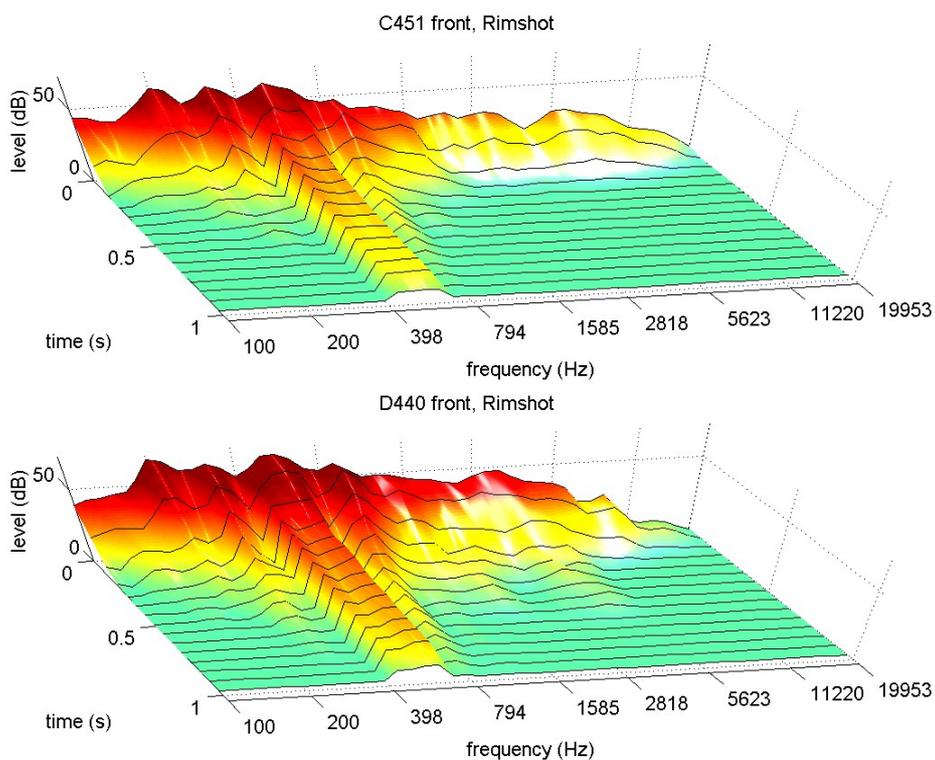


Abbildung 4: AKG C451 und D440, Snare Rimshot von vorne mikrofoniert

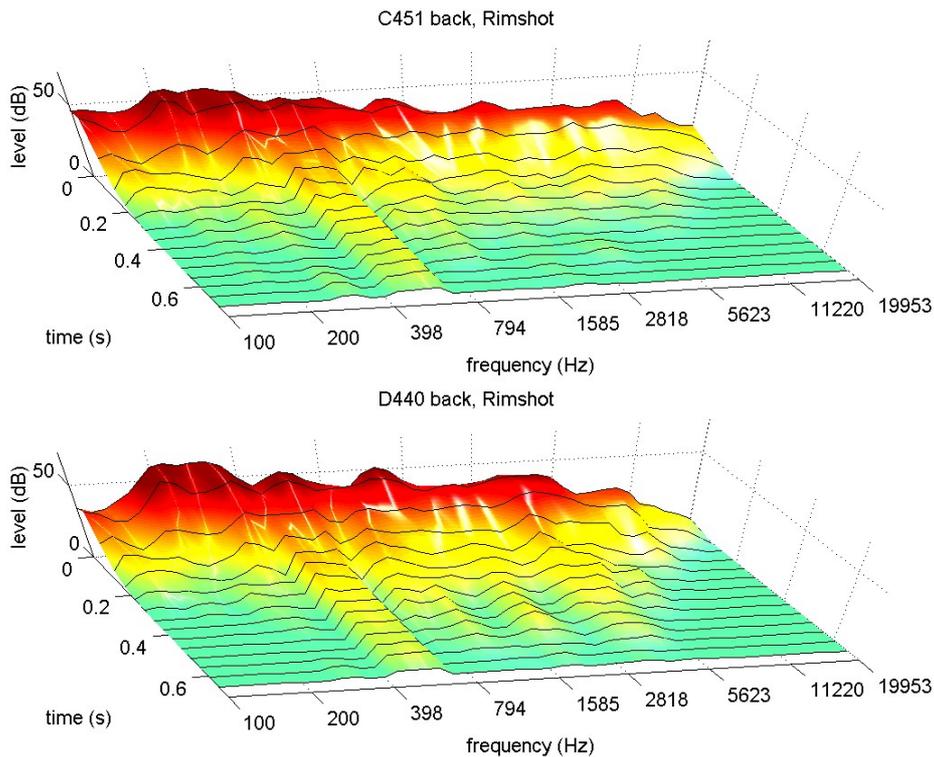


Abbildung 5: AKG C451 und D440, Snare Rimshot von hinten mikroponiert

Die Bassdrum

Für die Bassdrum wurde aus Platzgründen nur die Abnahme seitlich des Schallochs durchgeführt, obwohl in der Praxis auch die Abnahme im Inneren der Trommel sehr oft angewandt wird. Zum Einsatz kamen AKG C414, AKG D112 und AKG D550. Das C414 klang im Hörtest dem Referenzmikrofon am ähnlichsten und weist auch im Wasserfalldiagramm keine auffälligen Abweichungen von der Referenzaufnahme auf. Das D112 hingegen besitzt eine leichte Anhebung bei 2kHz, die dem Mikrofon eine charakteristische Präsenz verleiht, ohne dort das resonatorische Nachschwingen zu verursachen. Das D550 besitzt zwar etwas weniger Höhenanteile als das Referenzmikrofon, hat dafür aber eine sehr kurze Ausschwingphase, die dem Mikrofon einen ausgeprägt druckvollen Charakter verleiht. Das D550 kann daher sicherlich nicht als „ehrliches“ Mikrofon bezeichnet werden, leistet aber gerade deswegen bei der Bassdrum hervorragende Dienste.

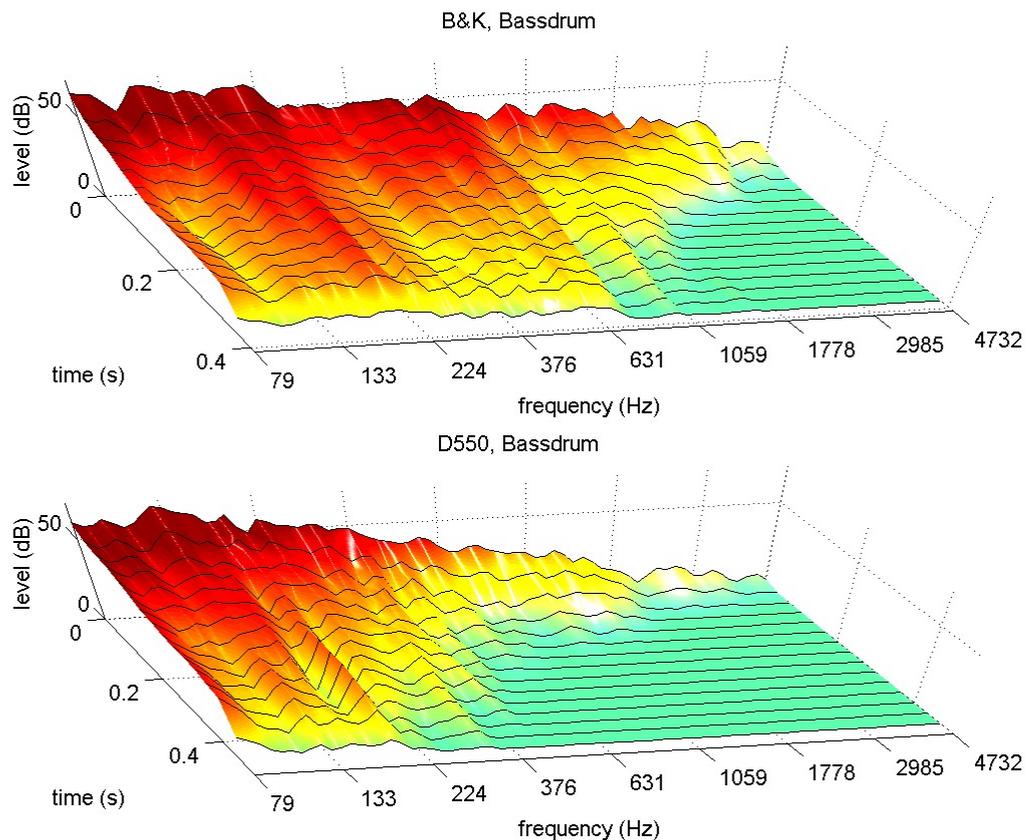


Abbildung 6: AKG D550 an einer Bassdrum

Hihat und Becken

Für Hihat und Becken wurden AKG C451B, AKG C430, AKG C414B-ULS sowie AKG C391B verglichen, die in Overhead-Position angebracht wurden. Hier kamen keine dynamischen Mikrophone zum Einsatz. Auch für Hihat und Becken gibt es verschiedene Arten der Mikrophonierung und Spielweise. Beispielhaft für die hier beobachteten Ergebnisse wird das hart am Rand angeschlagene Splash-Becken gezeigt. Dieses Becken verlangt nach einem Mikrophon, das besonders im Hochtonbereich eine gute Auflösung bietet. Alle Kandidaten verhielten sich hier sehr ähnlich, wiesen jedoch vor allem wieder im Hochtonbereich Abweichungen vom Referenzmikrophon auf. Besonders bemerkenswert ist daher die beinahe exakte Abbildung des AKG C451B im Vergleich zur Referenz – die Wasserfalldiagramme der beiden sind kaum voneinander zu

unterscheiden. Auch im Blindhörtest konnte hier kein Unterschied ausgemacht werden. Dies ist vor allem deshalb interessant, weil die technischen Spezifikationen des AKG C451B sich extrem von jenen des Referenzmikrophons unterscheiden. Und trotzdem war der Klang der beiden (bei dieser Applikation) zum Verwechseln ähnlich.

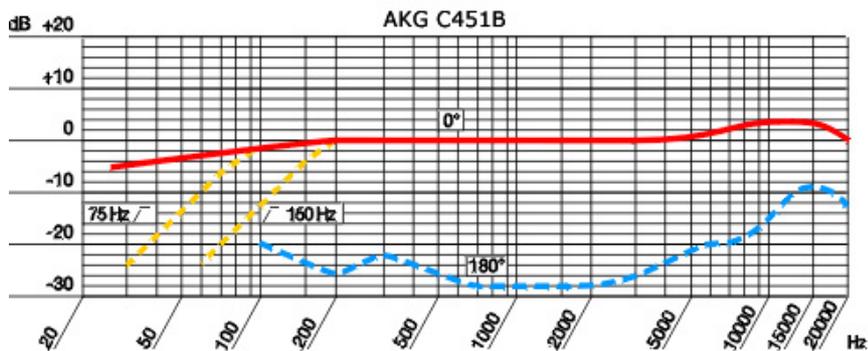


Abbildung 7: Frequenzgang AKG C451B

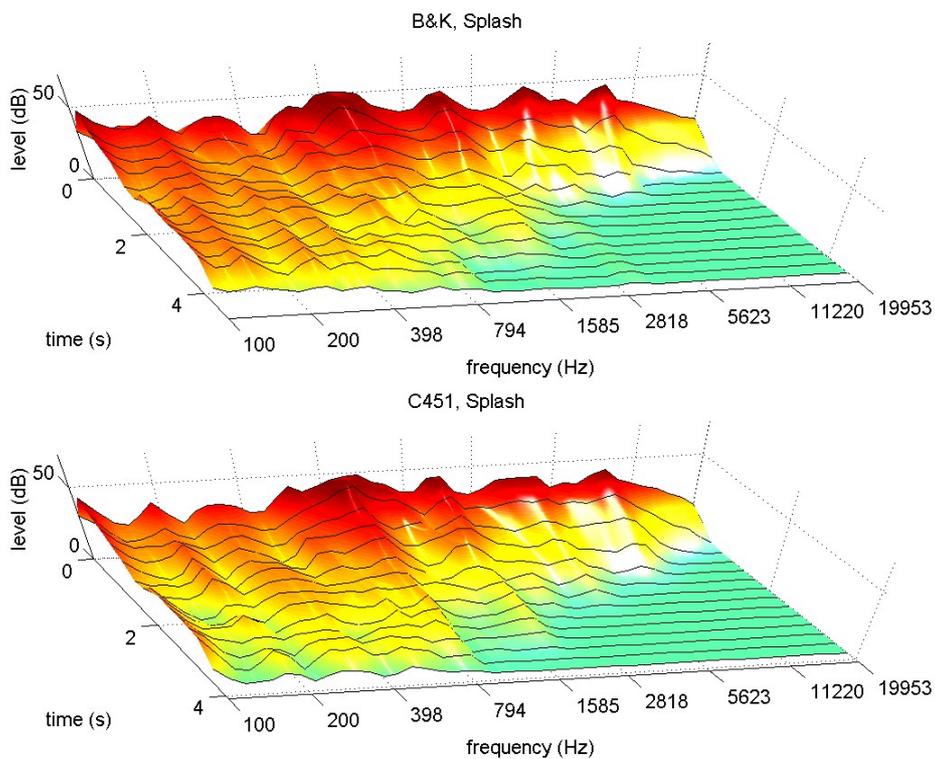


Abbildung 8: Splash-Becken

Zusammenfassung

Der Klang und das Verhalten von Mikrofonen läßt sich nicht alleine durch ihre mitgelieferten technischen Spezifikationen beschreiben. Um die tatsächlichen Eigenschaften aufzudecken, sollte man das Mikrofon „in der Anwendung“ betrachten. Für Toningenieure kann es sich als vorteilhaft erweisen, diese Art der Analyse vor einer Aufnahme durchzuführen, denn klangbeeinflussende Reflexionen und Resonanzen sind im spezifizierten Frequenzgang des Mikrophons üblicherweise nicht ersichtlich. Vor allem das Zeitverhalten trägt zum Gesamteindruck des Klangs einen wesentlichen Teil bei, findet aber in den Spezifikationen der meisten Mikrophone keine Erwähnung. Eine Darstellung der Aufnahme als Wasserfalldiagramm kann hier aufschlußreiche Ergebnisse liefern. Auch Besonderheiten einiger Instrument-Mikrofon-Kombinationen sind klar ersichtlich und können bei Bedarf gezielt korrigiert werden.

PS: Eine CD mit Vergleichsaufnahmen verschiedener Mikrophone ist bei AKG Acoustics unter der Bezeichnung „Mic Check – Microphone Comparison“ erhältlich. Diese Enhanced CD gibt einen Überblick über die Mikrophonierung verschiedener Instrumente einschließlich Gesang.
<http://www.akg.com>



Abbildung 9: Richard Barnert

Der Autor

Dr. Richard Barnert absolvierte ein Doppelstudium Kontrabaß und Tontechnik. 1998 Promotion mit Auszeichnung auf dem Gebiet der digitalen Audiotechnik. Freischaffender Musiker, Produzent und Tontechniker, seit 1998 für AKG-Acoustics GmbH tätig.
<http://www.RichardBarnert.com>.