

Zur Klangbildung bei Snare-drums

Kersten Voigtsberger, Gunter Ziegenhals

Institut für Musikinstrumentenbau an der TU Dresden, post@ifm-zwota.de (veröffentlicht April 2009)

Einleitung

In die Klangbildung bei Snare-drums gehen im Vergleich zu anderen Komponenten eines Drum-sets eine Vielzahl konstruktiver und materialtechnischer Parameter ein. Darüber hinaus hat der Schlagzeuger beim Snare mehr Gestaltungsmöglichkeiten als bei anderen Komponenten, z.B. den Tom's. Diese Gestaltungsmöglichkeiten reichen aber nicht aus, um alle Stilrichtungen abzudecken. Vielmehr wählt der Schlagzeuger eine spezielle Bauform entsprechend seinen Vorstellungen aus. Die Kenntnisse zum Bau von Snare-drums, entsprechend spezieller klanglicher und spieltechnischer Wünsche von Musikern, beruhen zur Zeit zum großen Teil auf empirischen Kenntnissen der Hersteller, die in enger Zusammenarbeit mit Musikern entstanden. Diese Kenntnisse genügen nicht, um allen Forderungen, gerade moderner und zudem häufig wechselnder und neu entstehender Stilrichtungen, nachzukommen.

Im Gegensatz zu anderen Schlagzeuginstrumenten variieren Maße und Materialien beim Snare wesentlich stärker. So verwendet man z.B. verschiedene Hölzer sowie Metalle als Kesselmaterialien, die Kesselhöhe reicht von 3" bis 15", die Spannelemente sind in Anzahl und Bauform bestimmten Wünschen angepasst u. a. mehr. Obwohl mit konstruktiven Parametern und eingesetzten Materialien viel experimentiert wird, fehlt es bislang an einer systematischen Untersuchung der Wirkung dieser Eigenschaften auf Klang, Ansprache und spieltechnische Eigenschaften der Snare. Ziel der hier beschriebenen Arbeiten aus den Jahren 1996 und 1998 war die systematische Untersuchung des Einflusses folgender Parameter / Komponenten auf Klang, Ansprache und spieltechnische Eigenschaften von Snare-drums:

- Material und Abmessungen der Fellspannreifen
- Schwingungsdämpfung durch Gummiisolierung von Beschlagteilen
- Abmessungen des Snarebetts
- Dimensionierung des Federteppichs
- Kesselmaterial
- Wandstärke und Höhe der Kessel.

Der Schwerpunkt sollte dabei nicht in der getrennten Betrachtung einzelner Parameter, sondern in deren Kombinationen liegen.

Besonderen Wert legen die Firmen auf Aussagen zu Eigenschaften in Zusammenhang mit Randanschlägen. Dabei handelt es sich um Anschläge, bei denen mit dem Trommelstock gleichzeitig Fell und Rand getroffen werden. Im Gegensatz zur historischen Spielweise werden solche Anschläge im Popbereich mit sehr großer Kraft ausgeführt.

Einen wesentlichen Teil der Arbeiten nahm die Entwicklung entsprechender, reproduzierbarer Meßmethoden ein. Der ursprünglich dafür vorgesehene Zeitfond wurde deutlich überschritten, da wir diese Problematik zunächst unterschätzten.

Stand der Forschung

Permanente Forschung zu Schlaginstrumenten ist von BORK, FLEISCHER und ROSSING bekannt. Die meisten Arbeiten zu Snare-drums kommen eindeutig von BORK. Es existieren grundlegende Ergebnisse zu allen, als wesentlich eingeschätzten Funktionen (dies sind das Schwingungs- und das Abstrahlverhalten) der Bestandteile sowie des Gesamtsystems Snare. Systematische Untersuchungen des Einflusses der beeinflussbaren Parameter der Snare, wie Kesselmaterial, Spannreifengeometrie u.a. sind jedoch nicht bekannt.

Die Eigenschwingungen der Trommelfelle bestimmen als wesentlichstes Kriterium den Klang einer Trommel. Der Kessel ist an der Schallabstrahlung kaum beteiligt BORK 1985 /1/. Seine Aufgabe ist die akustische Entkopplung von Vorder- und Rückseite des Felles (ähnlich der Funktion der Lautsprecherbox in Bezug auf die Lautsprechermembran). Die Fellschwingungen werden durch Anschläge mit dem Trommelstock angeregt. Da Fell und Kessel über die Fellaufgabe sowie Spannung und Spannelemente miteinander gekoppelt sind, schwingt der Kessel zwangsläufig mit. Der Kessel trägt nicht zur Abstrahlung bei, also wird dem Klang Energie über die Kesselschwingungen entzogen. In Einzelfällen kann das zum Ausprägen eines charakteristischen Klanges beitragen, im Allgemeinen handelt es sich jedoch um unerwünschte Schwingungen. Die Untersuchungen von BORK zeigten, dass bei ungünstiger Abstimmung von Kessel und Ständer die Abklingzeit um bis zu 90%, infolge unerwünschten Abwanderns von Energie in Schwingungen des Systems "Kessel-Stativ" verkürzt wird.

Die innere Reibung des Kessels wird erheblich von der Herstellungstechnologie insbesondere mehrlagiger Kessel beeinflusst. Untersuchungen im IfM in den 1970er Jahren an gewickelten Kesseln (Papierlagen!) als Extremfall zeigten geringe Dämpfungen des Gesamtinstruments im Frequenzbereich unterhalb 700 Hz und daraus resultierend eine dumpfere Klangfarbe durch Überbetonung des Grundtonbereiches.

Bei der Snare kommt es ebenfalls zu Schwingungskopplungen des Schlagfells; einmal zur umgebenden und eingeschlossenen Luft zum anderen zwischen Schlag- und Resonanzfell, vermittelt über das eingeschlossene Luftvolumen. Im Ergebnis entsteht ein unharmonisches Klangspektrum, das einen unbestimmten Tonhöhen Eindruck, einen Geräuscheindruck hervorruft. Bei den ersten beiden Hauptschwingungen schwingen die Felle jeweils als Ganzes, in der so genannten (0,1)-Fellmode. Die Bezeichnung (0,1) bedeutet, dass die Mode keinen Knotendurchmesser und einen Knotenkreis (Fellrand) aufweist.

Die hier diskutierten Moden sind Schwingungen des Gesamtsystems Snare, d.h. auch Kessel und Beschläge sind beteiligt. In der ersten Hauptschwingung bewegen sich die beiden Felle gleichphasig, die Trommel wirkt als Dipol. In der zweiten Hauptschwingung, die Felle schwingen gegenphasig, bildet die Trommel einen Kugelstrahler. BORK 1988 gibt die Frequenzen der Moden bzw. abgestrahlten Teiltöne mit ca. 100 Hz bzw. ca. 195 Hz an. In der Arbeit von 1992 werden Modenfrequenzen von 180 Hz und 330 Hz angegeben. Im gleichen Artikel sind weitere Moden beschrieben.

Auch für die (1,1)-Mode existieren zwei Phasenlagen: gegenphasig 280 Hz, in Phase 340 Hz. Für die höheren Moden stellte BORK nur noch sehr schwache Kopplungen zwischen den beiden Fellen fest.

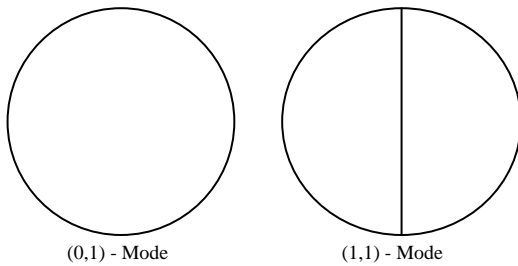


Abbildung 1: Beispiel für Knotenlinien zweier Fellmoden

Das Klangspektrum von Trommeln wird nach BORK von zwei wesentlichen Komponenten geprägt. Die erste Komponente ist auf die (0,1)-Mode (1. Hauptmode) zurückzuführen. Den zweiten wesentlichen Teilton generiert die (1,1)-Mode (gegenphasig). Das Ausklingen wird im Wesentlichen vom Strahlungswiderstand bestimmt. Mit wachsender Frequenz steigt der Strahlungswiderstand der (0,1)-Mode, so daß höher abgestimmte Trommeln rascher ausklingen. Für eine Frequenz der

(0,1)-Mode von 100 Hz wird eine Ausklingzeit von 5 s angegeben. Zur Wirkungsweise des Federteppichs (Snare) konnte die Arbeit von BORK und ROSSING 1992 gefunden werden. Die Erregung der Federn erfolgt fast ausschließlich über die Schwingungen des Resonanzfells. Der charakteristische Snare-Klang entsteht dadurch, daß bei genügend großen Fellamplituden die Snare sich aufgrund ihrer Massenträgheit vom Fell lösen und anschließend wieder auf das Fell aufschlagen. Der Kopplungsgrad und damit die Wirkung der Snare hängen von der Snarespannung, der Snaresmasse und der Fellamplitude ab. Erreicht die Snarespannung eine bestimmte Größe, kann sich die Snare nicht mehr von Fell lösen und sie wirkt nur noch als Massebelastung des Fells. Es werden dann nur noch höhere Fellresonanzen angeregt und somit der Klang verändert. Der charakteristische Klang verschwindet.

Arbeiten zum Einfluß der Dimensionierung des Federteppichs, zum Snare-bed (Form der Auflage für die Teppichhalterung im Kesselrand) und zum Einfluß von Abmessung und Material des Spannreifens sind nicht bekannt. Für moderne Spieltechniken mit extrem harten Randschlägen ist es jedoch von außerordentlicher Bedeutung, die Einflüsse des Spannreifens zu kennen. Aussagen zur Gesamtwirkung bei Kombination verschieden dimensionierter Teile der Snare sind ebenfalls nicht bekannt.

Untersuchungsmethodik

Ziel des Forschungsprojektes war die systematische Untersuchung des Einflusses der wesentlichen Bestandteile auf Klang, Ansprache und spieltechnische Eigenschaften von Snare-drums. Die Beurteilung bzw. Bewertung dieses Einflusses soll durch Messung folgender Merkmale erfolgen:

- Lautstärke
- Klangspektrum
- Einschwingen
- Abklingen
- Schwingungsverhalten
- Übertragungseigenschaften zwischen den Einzelteilen.

Um diese Merkmale näher charakterisieren zu können, benötigt man sowohl Frequenz- als auch Zeitinformationen. Die in der Literatur beschriebenen Untersuchungen an Trommeln und Pauken betrachten das Schwingungsverhalten unter Verwendung der Modalanalyse sowie Klangspektrum und Abklingverhalten anhand von 3 D-(Wasserfall-)Spektren, aufgenommen im Fernfeld. Selten werden nur einzelne Punkte des Fells, des Kessels oder des Ständers bzgl. ihrer Schwingungen betrachtet. Zur Schwingungsabnahme an Kessel und Ständer dienen mechanisch gekoppelte Aufnehmer, im Falle der Felle optische Aufnehmer, um die Felle nicht zu belasten. Für die Messungen werden die Trommeln im allgemeinen frei aufgehängt, um Einflüsse von Ständern zu vermeiden, es sei denn, wie im Falle der Untersuchungen von BORK, man will gerade diesen Einfluss untersuchen. Da die freie Aufhängung jedoch nicht den Spielgegebenheiten entspricht, hatten wir für unsere Untersuchungen eine Lagerung auf einem ständerähnlichen Gebilde vorgesehen.

Da im Rahmen des Projektes eine große Zahl von Snare-Varianten getestet werden sollte, kam die Modalanalyse als generelle Untersuchungsmethodik zum Schwingungsverhalten aus Zeitgründen nicht in Frage. Die wenigen durchgeführten Modalanalysen sollten in Ergänzung zu den Angaben aus der Literatur Aufschlüsse über die Schwingungseigenschaften der kompletten Snare und dabei insbesondere des Kessels geben.

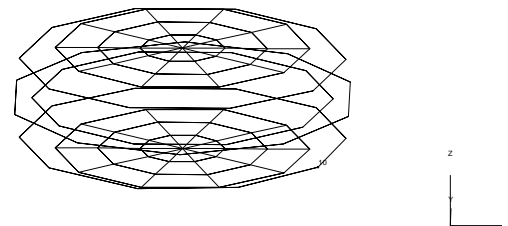


Abbildung 2: Das Gitternetzmodell für die Modalanalyse besteht aus 100 Punkten und beschreibt die Snare in fünf Ebenen

Das gewählte Gitternetzmodell lehnt sich an die Arbeiten von BORK an. Es besteht aus 100 Punkten und beschreibt die Snare in fünf Ebenen. Die beiden äußeren Ebenen stellen die Felle dar. Es folgen nach innen die Spannreifen. Die mittlere Ebene besteht aus zwei Ringen. Der innere stellt einen Punktring auf dem Kessel dar. Die Punkte des äußeren Ringes befinden sich auf den Böcken zur Befestigung der Spannschrauben.

Die vorgenommenen Modalanalysen liefern folgende Ergebnisse:

- Es bestätigten sich die Aussagen der Literatur, dass die Kopplung zwischen den Fellen oberhalb der 1,1-Moden gering ist.
- Alle in die Modalanalyse einbezogenen Komponenten der Snare sind an allen erkannten Moden beteiligt. Bei höheren Fellmoden liegen die Amplituden von Kessel-, Spannelemente- und Fellschwingungen in der gleichen Größenordnung.

Im Ergebnis der Modalanalyse musste festgestellt werden, dass alle Komponenten der Snare-drum nicht vernachlässigbar an den Eigenschwingungen und damit am Gesamtschwingungsverhalten beteiligt sind. Es galt deshalb ein Untersuchungsverfahren zu kreieren, das alle Komponenten einschließt, aber deutlich weniger aufwendig als die komplette Modalanalyse ist.

Der Grundgedanke des Lösungsansatzes bestand darin, daß Schwingungsverhalten anhand des Übertragungsverhaltens innerhalb der Snare zu beschreiben und einen Zusammenhang zwischen Schwingungsverhalten und abgestrahltem Schall herzustellen. Die Verwendung von auf dem Fell befestigten Aufnehmern schied aus, da selbst die kleinsten verfügbaren Typen ($m = 0,5 \text{ g}$) die Felle sehr stark in ihrem Schwingungsverhalten beeinflussen. Bei entsprechenden Versuchen mit verschiedenen optischen Aufnehmern gelang es nicht, den Aufnehmer gegenüber dem Fell so zu befestigen, dass bei kräftigen Anschlägen keine Relativschwingung zwischen Sensor und Fell entsteht und andererseits die Sensorbefestigung das Schwingungsverhalten von Kessel und Beschlagteilen nicht beeinflusst. Es wurde deshalb festgelegt, das Fell als Anregungsort zu verwenden, seine Schwingungen jedoch nicht direkt abzutasten.

Die Felle der Snare-drum sind hinreichend symmetrisch, so daß es einerseits genügt, eine verminderte Anzahl gleichmäßig auf dem Fell beurteilter Anregungspunkte zu verwenden. Betrachtet man andererseits den Kessel entlang seines Umfanges, so ist er ebenfalls symmetrisch aufgebaut. Deutlich unterscheidbare Bereiche zeigen sich aber in der vertikalen Ausdehnung (z-Richtung) des Kessels. So entstand der Gedanke, den Kessel durch mehr oder weniger übereinanderliegende "Ringe" mit unterschiedlichen Eigenschaften zu beschreiben. Jeder der "Ringe" soll seinerseits durch drei um 120° auf dem Umfang versetzte Meßpunkte charakterisiert werden. Wir gehen von neun "Eigenschaftsringsen" aus, die den Kessel beschreiben. In Abbildung 3 sind diese angedeutet.

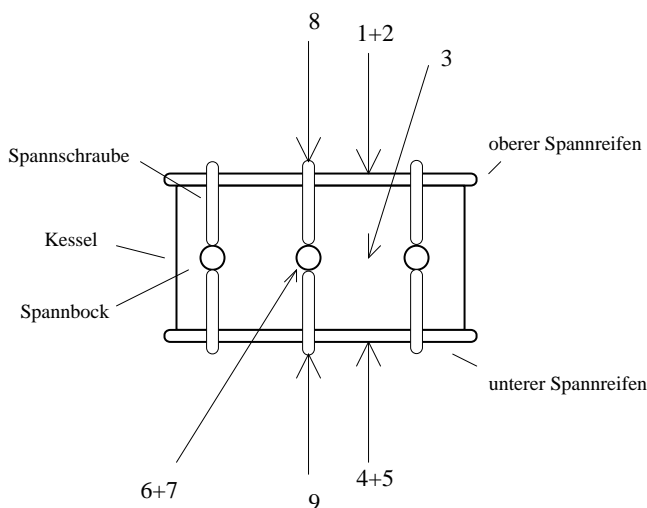


Abbildung 3: Eigenschaftsringse zur Beschreibung des Kessels

Die in Abbildung 3 dargestellten Orte (Ziffern), die die Eigenschaftsringse kennzeichnen, lassen sich verbal wie folgt beschreiben:

- (1) oberer Spannreifen, Mitte zwischen zwei Spannschrauben, Schwingungsabnahme in z-Richtung (z-Richtung senkrecht zum Schlagfell)

- (2) wie 1, Schwingungsabnahme in radialer Richtung
- (3) unter 1, Kesselmitte, Schwingungsabnahme in radialer Richtung
- (4) wie 2, unterer Spannreifen
- (5) wie 1, unterer Spannreifen
- (6) Spannbock links neben Verbindungslinie 1-5 Aufnahme in radialer Richtung
- (7) wie 6, Aufnahme in tangentialer Richtung (von oben gesehen + gegen Uhrzeigersinn)
- (8) obere Spannschraube zum Spannbock 6, Aufnahme in z-Richtung
- (9) wie 8, untere Spannschraube.

Zum Zwecke einer Datenreduzierung bereits während der Messungen kennzeichneten wir jeden der neun Eigenschaftsringse nur durch eine mittlere Schwingungskurve. D.h., es erfolgte eine Mittelung über alle Anschlagorte sowie die drei Aufnehmerpositionen auf dem Umfang. Als Schwingungsaufnehmer diente ein PCB 352 B22 ($m = 0,5 \text{ g}$). Er nimmt Schwingungen in einer Richtung auf und wurde entsprechend, pro Messreihe (alle Eigenschaftsringse) 27 Mal, umgesetzt. Die Befestigung erfolgte mittels, zum Lieferumfang des Aufnehmers gehörenden, Klebewachs.

Für die Anregung wurden fünf Punkte auf dem Fell festgelegt. Sie befinden sich auf einen Kreis um den Fellmittelpunkt mit halben Fellradius und haben einen Winkelabstand von 72° zueinander. Einer der Anschlagpunkte befindet sich auf der Verbindungslinie zwischen Aufnahmeort 1 und Fellmittelpunkt.

Den abgestrahlten Schall nahmen wir mit nur einem Mikrofon im Fernfeld auf. Das verwendete 1"-Mikrofon wurde im Abstand von einem Meter senkrecht über der Schlagfellmitte positioniert. Die Messungen erfolgten im reflexionsarmen Raum des IfM.

Lagerung und Anregung müssen im Zusammenhang betrachtet werden. Die Lagerung muss der Anregung entsprechen (d.h. sie muss die Anschläge verkraften), beide sollten nicht zu weit von der realen Spielsituation entfernt sein und die Aufnahme der gewünschten Messwerte darf nicht beeinträchtigt werden. Man muss hierzu bemerken, daß bei Snare-drums im Gegensatz zu Pauken, Bass-drums oder Stand-Tom-Toms, der Ständer nicht Bestandteil des Instrumentes selbst ist. Er stellt ein Zubehörteil dar, und in der Praxis kommen Trommel und Ständer oft von verschiedenen Herstellern.

Ursprünglich sollten Schwingungs- und Schallmessungen in getrennten Experimenten vorgenommen werden. Das Konzept sah vor, das Schwingungsverhalten durch Übertragungskurven zu charakterisieren, die über Impulshammeranregung an den oben beschriebenen Punkten gewonnen werden. Für die Lagerung favorisierten wir eine freie Aufhängung an Gummibändern. Ein zweites Experiment war für das Abstrahlverhalten vorgesehen: Lagerung auf einem normalen Trommelständer, Anregung mit einer elektromagnetischen Anschlagvorrichtung, Gesamtaufbau im reflexionsarmen Raum. Es zeigte sich nach einer Reihe von Messungen, dass dieser Lösungsansatz nicht realisierbar ist. Die ungleichen Bedingungen für Schall- und Schwingungsmessungen führten dazu, dass der Zusammenhang zwischen den Ergebnissen nicht hergestellt werden konnte. Wir kamen zu dem Schluss, Schall- und Schwingungsmessungen in einem gemeinsamen Experiment unter gleichen Bedingungen auszuführen.

Für diese Messungen wurde ein Labortrommelständer gebaut, der die Snare wie ein normaler Trommelständer an drei Punkten des unteren Spannreifens aufnimmt. Im Gegensatz zum normalen Stän-

der ist er jedoch wesentlich stabiler aufgebaut, so dass unerwünschte Schwingungen im betrachteten Frequenzbereich ausgeschlossen werden können. Der Ständer ermöglicht ein Drehen der Snare, ohne die Justierung der Anschlagvorrichtung gegenüber dem Instrument zu verändern. So war nur einmal das Einstellen der Anschlagvorrichtung für alle fünf Anschlagorte notwendig.

Die Anschlagvorrichtung selbst wurde nach längeren Versuchen rein mechanisch als Pendelvorrichtung ausgeführt, in die ein Trommelstock,

- Rohema LYTTON HI, Länge = 395 mm, Masse = 41,2 g, Material: Hickory

als eigentliches anschlagendes Element, eingespannt ist. Die Pendelvorrichtung wird manuell bis zu einem einstellbaren Fixpunkt ausgelenkt und dann freigegeben. Bei den Normalanschlägen betrug die freie Trommelstocklänge 250 mm, im Falle der Randanschläge 340 mm.

Besonderer Wert wurde auf Aussagen im Zusammenhang mit Randanschlägen gelegt. Beim klassischen Randanschlag wird der Stock etwa in der Mitte gefasst, mit der Spitze auf das Fell aufgesetzt und dann ohne die Spitze anzuheben, das hintere Ende auf den Rand geschlagen. In der Pop-Musik sind andere Randanschläge üblich. Der Stock wird normal gehalten und so geschlagen, dass der Stock gleichzeitig auf Rand (Spannreifen) und Fell auftritt. Die Stockspitze landet bei derartigen Schlägen etwa in der Fellmitte. Unsere Pendelanschlagvorrichtung konnte nun so justiert werden, dass der eingespannte Stock bei der Pendelbewegung derartige Randanschläge ausführt.

Beim Auftreffen auf das Fell wird der Stock zurückgefedert. Um unerwünschte weitere Anschläge zu unterdrücken, musste der Experimentator das zurückschnellende Pendel manuell auffangen. Abbildung 4 bis Abbildung 6 zeigen Details der Messapparatur.



Abbildung 4: Detailaufnahme von Ständer und Anschlagvorrichtung



Abbildung 5: Detailaufnahme von Ständer und Anschlagvorrichtung

Für jede Snare-Kombination erfolgten vier Messreihen:

- Normalanschlag mit und ohne angelegten Snare-Teppich
- Randanschlag mit und ohne angelegten Snare-Teppich



Abbildung 6: Messapparatur im reflexionsarmen Raum

Jede Messreihe lieferte vier mal neun Messkurven:

- 9 mittlere Schwingungsspektren
- 9 Beschleunigungs-Zeit-Funktionen
- 9 mittlere Schalldruckspektren
- 9 Schalldruck-Zeit-Verläufe.

Als Analysator verwendeten wir ein Vier-Kanal-Gerät CF6400 der Fa. ONO SOKKI, so dass die jeweils entsprechenden vier Kurven gleichzeitig aufgenommen werden konnten.

Die 9 Schalldruck-Zeit-Funktionen müssten theoretisch identisch sein, da die Veränderung des Aufnehmerortes nichts an der Schallabstrahlung verändert. Wir haben diese Messung jedoch stets mitlaufen lassen, da sich so eine gute Möglichkeit der Kontrolle bzgl. Gleichmäßigkeit der Anschläge bietet.

In Übereinstimmung mit der Literatur, wo oftmals nur bis 500 Hz betrachtet wird, wählen wir einen Beobachtungsbereich von 0 ... 1 kHz. Folgende Messparameter wurden verwendet:

- | | |
|----------------------|----------|
| • Anzahl Abtastwerte | 2048 |
| • Linienzahl | 800 |
| • Abtastfrequenz | 2560 Hz |
| • Zeitfenster | 800 ms |
| • Fensterfunktion | Rechteck |
| • pre Trigger | 12 ms |

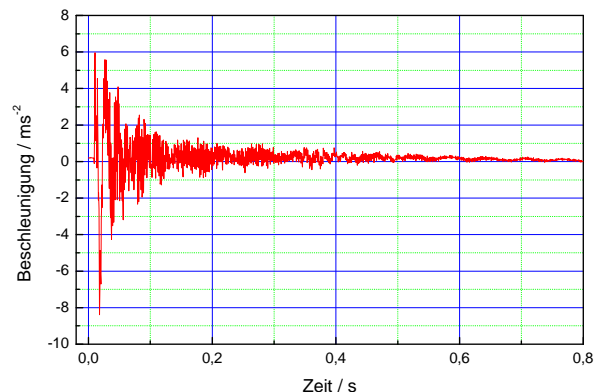


Abbildung 7: Beschleunigungs-Zeit-Funktion Snare mit Federteppich Aufnehmerpunkt 9

Abbildung 7 zeigt ein Beispiel für den Zeitverlauf der Signale. Wir erkennen, dass das Signal innerhalb des Beobachtungsfensters soweit abklingt, dass eine zusätzliche Fensterfunktion nicht notwendig ist, im Gegenteil das Signal verfälschen würde.

Es wurde mehrfach angeführt, dass das Schwingungsverhalten der Snare über das Übertragungsverhalten innerhalb des Instrumentes untersucht werden soll. Für eine strenge Übertragungskurvenmessung müssen aber nicht nur die Ausgangs- sondern auch die Eingangssignale erfasst werden. Dies ist bei unserem Messregime nicht der Fall. Durch die gut reproduzierbare Anregung mittels der Anschlagvorrichtung kann nun aber von einer hinreichend konstanten Erregung ausgegangen werden, so dass die Schwingungsspektren auch das Übertragungsverhalten brauchbar beschreiben.

Stimmen der Instrumente

Von außerordentlicher Bedeutung für die Vergleichbarkeit der Messungen der verschiedenen Kombinationen ist ein sauberes Abstimmen der Instrumente. Abstimmen heißt, durch Drehen der Spanschrauben beide Felle auf definierte, innerhalb des Felles gleichmäßige Spannungen zu bringen. Die sich letztlich bei bestimmten Fellspannungen ergebenden Frequenzen der Moden hängen neben von der Spannung selbst, auch vom Fellmaterial und der Gesamtgeometrie der Snare-drum ab. Detaillierte Angaben zur verwendeten Fellspannung fanden sich nur bei BORK /6/. Er gibt folgende Werte an:

- Schlagfell - 3200 * 200 N/m
- Resonanzfell - 2070 * 100 N/m.

Die Spannung wird über die Auslenkung des Fells beim Aufbringen einer definierten Kraft gemessen. BORK verweist in /6/ auf größere Probleme, die beim Stimmen auftraten. Bei genannten Fellspannungen ermittelt BORK folgende Frequenzen für die unteren Fellmoden:

- 180 Hz - beide Felle 0,1 - Mode in Phase
- 330 Hz - beide Felle 0,1 - Mode gegenphasig
- 275 Hz - beide Felle 1,1 - Mode gegenphasig
- 340 Hz - beide Felle 1,1 - Mode in Phase.

Diese Stimmung entspricht auch der Einstellung der Sonor-Instrumente im Auslieferungszustand, den die Firma selbst als gestimmt bezeichnet. Zunächst versuchten wir die Instrumente auf die gleiche Art und Weise, wie BORK, zu stimmen. Analog ging man auch bereits bei früheren Arbeiten im IfM, MÜLLER 1980, vor. Diesmal stießen wir jedoch, wie auch von BORK beschrieben, auf große Schwierigkeiten. Die schwingungsbedämpften Beschläge einiger Kessel gaben während des Stimmens immer wieder etwas nach, so dass der Stimmvorgang sehr viele Einzelschritte erforderte. Bei jedem dieser Schritte musste die Spannung gemessen werden. Da dies große Sorgfalt verlangt, erwies sich die Prozedur einfach als zu zeitaufwendig. Wir entschlossen uns letztlich doch anhand der abgestrahlten Frequenz zu stimmen. Das Ergebnis einer Manipulation kann einfach und rasch am Analysator abgelesen werden und bei Verwendung eines weichen Schlegels kann man durch Variation des Anschlagortes sehr leicht die 0,1- bzw. 1,1-Mode selektieren. Es bleibt das Problem der gegenseitigen Beeinflussung der Felle im dynamischen Fall. Um dieses Problem zu lösen, verfahren wir wie

folgt: Ausgangspunkt bildete die Zielsetzung, daß die komplette Snare eine 0,1-Mode in Phase von ca. 180 Hz aufweist:

- Es wird nur das Schlagfell aufgezogen und auf 0,1-Mode 140 Hz gestimmt. Über Beobachtung der 1,1-Mode wird die Gleichmäßigkeit der Spannung sichergestellt.
- Das Schlagfell wird mit einer speziell angefertigten Kunststoffplatte (Dicke 10 mm) vollständig bedämpft. Das Resonanzfell wird nun aufgezogen und seine 1,1 Mode auf 285 Hz eingestellt.

Im Ergebnis weisen die ersten vier Moden der Komplettinstrumente folgende Frequenzen auf:

- 175 Hz, 265 Hz, 305 Hz, 335 Hz.

Die Reproduzierbarkeit dieser Methodik war erstaunlich gut. Die Frequenzen sind durchaus vergleichbar mit den Ergebnissen von BORK. Als letztes Argument für unsere Methodik sei noch angeführt, dass der Musiker letztlich auch nach Ton stimmt.

Abschließend sei noch auf die Einstellung der Spannung des Federteppichs verwiesen. Wir kontrollieren die Spannung derart, dass die Kraft gemessen wurde, um gerade den gesamten Federteppich vom Fell abzuheben. Wir stellten diese Kraft für alle untersuchten Federteppiche auf 3 N ein. Diese Spannung entspricht etwa der maximalen Spannung der Versuche von BORK in /15/. Er variiert die Kraft für die einzelne Feder von 0 bis ca. 0,09 N.

Ergebnisse

Für die Messungen standen folgende Komponenten zur Verfügung:

- 3 Kessel Durchmesser 14'', Höhe 5'' (Stahl, Birke, Ahorn)
- 5 Paar Spannreifen Guß und Blech
- 3 Federteppiche (FT) 24, 30 und 34 Spiralen
- 6 Schlagfellvarianten
- 4 Resonanzfellvarianten.

Aus diesen Komponenten stellten wir insgesamt 13 Snare-Kombinationen zusammen.

Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiel der Messergebnisse.

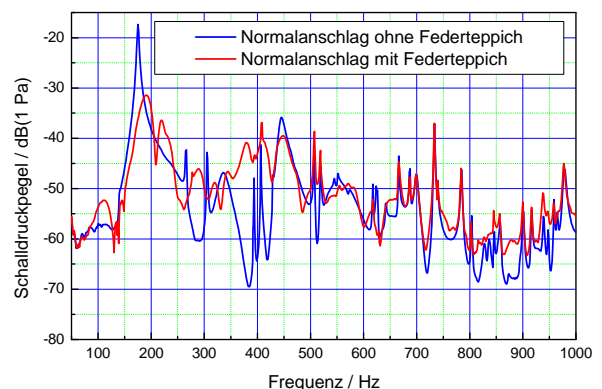


Abbildung 8: Klangspektrum mit und ohne Federteppich

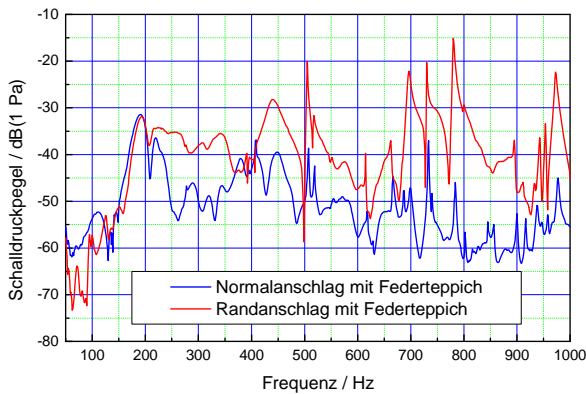


Abbildung 9: Klangspektrum Normal- und Randanschlag

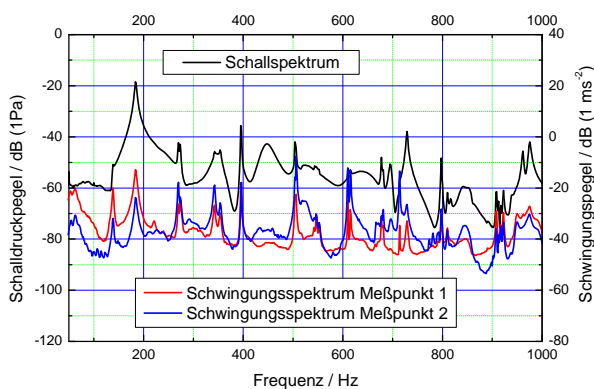


Abbildung 10: Vergleich mittleres Schallspektrum - mittlere Schwingungsspektren Normalanschlag, Federteppich abgehoben

Die Wirkung einzelner Komponenten zeigte sich in den Experimenten wie folgt:

Mittlerer Schalldruckpegel

- Bei Normalanschlag sinkt der Schalldruckpegel beim Zuschalten der Snare um 6 dB, der Schwingungspegel um 2 dB. D.h., der Federteppich bedämpft die Snare-drum.
- Bei Randschlägen ist kein Einfluss des Teppichs erkennbar.
- Randschläge erhöhen den Schalldruckpegel um ca. 10 dB, den Schwingungspegel um 12 dB. Da Energie direkt in den Kessel eingebracht wird (ohne Umweg über das Fell), schwingt dieser stärker und ist offensichtlich auch mit einem relevanten Beitrag an der Abstrahlung beteiligt.
- Eine Vergrößerung der Anzahl der Spiralen erhöht geringfügig die Dämpfung durch den Federteppich.
- Für Normalanschlag sind die Unterschiede zwischen den Kesseln durchweg im Fehlerbereich. Bei Randschlägen ist der Metallkessel gegenüber dem Holzkessel ca. 2 dB niedriger im Schallspektrum. Da die Schwingungspegel aber höher sind, wird hier offensichtlich Energie bei Kesselschwingungen ungenutzt verschwendet.
- Beim Vergleich der Reifen ist die Situation ähnlich. Im Falle Normalanschlag sind die Unterschiede sehr gering.

Gußreifen liefern einen ca. 0,5 dB höheren Schallspektrum. Mit Randschlag liefern sie 2 dB mehr Schallspektrum und schwingen um ca. 3 dB weniger.

Mittlere Pegel in Frequenzbändern

Betrachtet wurden die Frequenzbänder 100 ... 400 Hz, 400 ... 600 Hz, 600 ... 800 Hz und 800 ... 1000 Hz.

- Die Reduzierung des Schalldruckpegels beim Zuschalten der Snare beschränkt sich auf den Bereich 100 ... 400 Hz (-7 dB). In den folgenden beiden Bereichen ist der Effekt gering. Im Band 800 ... 1000 Hz steigt der Pegel um ca. 2 dB, d.h., die Snare nimmt dem Klang Volumen und erhöht etwas die Klarheit.
- Bei Randschlägen ist der Einfluss des Federteppichs in allen Frequenzbereichen sehr gering.
- Der Pegelanstieg durch Randschläge konzentriert sich auf die beiden oberen Frequenzbereiche (+25 dB), (untere Bereiche lediglich um ca. 5 dB), d.h. Randschläge sind deutlich klarer ohne an Volumen zu verlieren.
- Eindeutig lässt sich die Vergrößerung der Anzahl der Federspiralen nur im Bereich 800 ... 1000 Hz nachweisen. Der Pegelanteil steigt um ca. 2 dB bei Vergrößerung der Federanzahl von 24 auf 34.
- Deutliche Unterschiede zwischen den Kesseln finden wir bei Randschlägen in den beiden oberen Frequenzbändern. Der Metallkessel zeigt hier etwa 3 dB geringere Pegel.
- Ähnlich verhalten sich wieder die Unterschiede bei den Spannreifen. Im Falle Randschlag weisen die Gußreifen im Band 600 ... 800 Hz 1 dB höhere, im Bereich 800 ... 1000 Hz 3 dB höhere Pegel auf.

Abklingverhalten (Dämpfung)

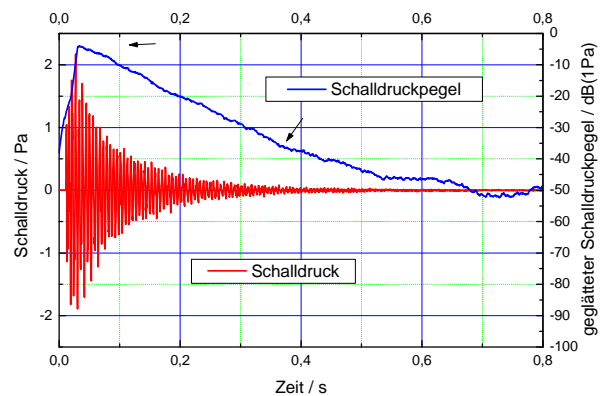


Abbildung 11: Schalldruck-Zeit- und Pegelverlauf Snare-drum, Normalanschlag ohne Federteppich

- Der Federteppich bedämpft den Klang bei Normalanschlag extrem stark, d.h. er ist für den kurzen, prägnanten Klang der Snare-drum verantwortlich. Bei Randschlägen ist der Dämpfungseffekt der Federn nicht nachweisbar.
- Randschläge sind stärker bedämpft als Normalanschläge ohne Snare, aber geringer als Normalanschläge mit

Snare. Da zugeschalteter Federteppich als Normalbetrieb angesehen werden kann, wirken also Randanschläge etwas länger ausklingend. Dieser Effekt wird noch durch den höheren Gesamtpegel verstärkt.

- Die Vergrößerung der Anzahl der Federn des Teppichs weist keine eindeutige Tendenz im Abklingverhalten aus.
- Die Snare-Kombinationen mit Metallkessel weisen deutlich geringere Dämpfungen auf. Im Sinne von kurzen, satten, prägnanten Klängen wären Holzkessel zu bevorzugen. Andererseits ist aus dieser Sicht für bestimmte Stilrichtungen, die einen leichten Nachklang erfordern, wie z.B. Dixieland oder Teile der Klassik der Metallkessel geeigneter.
- Kombinationen mit Gußreifen weisen im Normalbetrieb höhere Dämpfungen auf. Sie sind aus dieser Sicht zu bevorzugen. Die geringere Dämpfung bei Normalanschlag ohne Snare ist darauf zurückzuführen, dass hier die stabileren Gußreifen das Abwandern von Energie auf den Kessel erschweren und so die Felle mehr Energie zum Schwingen und Abstrahlen zur Verfügung haben.
- Wie wir sehen, wirken die Dämpferelemente hier offensichtlich so, daß sie zwar das Übertragen von Energie auf den Kessel mindern, diese Energie jedoch nicht reflektieren, sondern z.T. in innere Reibung umsetzen. Im Sinne des schon erwähnten kurzen, prägnanten Klanges erscheint dies jedoch keineswegs unerwünscht.
- Eine Erhöhung der Fellspannung führt zu größerer Dämpfung, der Klang wird deutlich kürzer. Dieses Phänomen ist subjektiv deutlich beim Stimmen wahrzunehmen. (Bevor der Effekt einsetzt ist natürlich eine Mindestspannung der Felle erforderlich, die einen instrumentengerechten Klang gewährleistet.)

Mittlere Schwingungspegel

- Ein Einfluss des Federteppichs (K10 -K12) ist nicht erkennbar.
- Höhere Fellspannung bringt einen deutlich höheren abgestrahlten Pegel, verbunden mit um 3 ... 5 dB verminderten Schwingungspegeln. Der Effekt ist auf die höhere Dämpfung im Fell und durch die Abstrahlung begründet.
- Kessel 1 weist gegenüber den beiden Holzkesseln im Frequenzband 100 ... 400 Hz einen etwa 1 dB höheren Pegel auf. Er wird im Klang etwas mehr Volumen ausweisen. Generell kann diese Tatsache jedoch nicht auf geringere Schwingungsamplituden gegenüber Kessel 2 und 3 zurückgeführt werden.
- Eindeutig sind die Verhältnisse beim Vergleich des Reifeneinflusses. Gußreifen bringen im Mittel 1 dB höhere Pegel im Frequenzbereich, zeigen andererseits 0,5 ... 3,5 dB niedrigere Schwingungspegel. Der Effekt ist erwartungsgemäß an den Reifen selbst (Messring 1 und 5) am größten.
- Einen sehr deutlichen Effekt zeigt auch das Entfernen der Dämpferelemente in den Beschlägen. Der Schallpegel sinkt deutlich um ca. 3 dB, was mit einem deutlichen Volumenverlust verbunden ist. Die Schwingungspegel steigen um 4 ... 5 dB, d.h. der Verlust an Schallpegel wird durch Umsetzung von Energie in Kesselschwingungen verursacht.

Insgesamt muss man feststellen, dass der Einfluss der einzelnen Bauelemente der Snare-drum auf den Klang gering gegenüber dem Einfluss von Fellauswahl und Fellspannung ist. Spieltests zeigten, dass Musiker trotz reicher Erfahrungen die Felle auch bei unmittelbar aufeinander folgenden Versuchen sehr unterschiedlich stimmen. Darüber hinaus bestehen erhebliche Unterschiede zwischen den Musikern, d.h. ein und dieselbe Snare-drum gestimmt von zwei Musikern wird deutlich hörbare Klangunterschiede aufweisen.

Bei der Beurteilung von Instrumenten hinsichtlich ihrer Eignung bzgl. Rockmusik ist zu beachten, dass hier elektroakustische Hilfsmittel einen erheblichen Einfluss ausüben, und ohne diese charakteristischen Klangbilder gar nicht erzielbar sind.

Literatur

- /1/ BORK, I.: Zum Schwingungsverhalten von Trommelfellen und -kesseln; Fortschritte der Akustik - DAGA '85 S. 443
- /2/ Bericht über Forschungsarbeiten der PTB an Trommelkesseln und Fellen; Sonor-Katalog 1984
- /3/ MÜLLER, U.: Vergleiche der akustischen Kennwerte einer Konzerttrommel mit gewickeltem Kessel mit Konzerttrommeln üblicher Konstruktion; unveröffentlichter FuE-Bericht IfM Zwota 1977 und FuE-Bericht IfM Zwota 1980
- /4/ BORK, I.: Persönliche Mitteilung
- /5/ BORK, I.: Das Schwingungsverhalten von Trommeln Musikinstrumente Neu 11 BW Verlag Bildung und Wissen GmbH Nürnberg 1988
- /6/ ROSSING; BORK; u.a.: Acoustics of snare drum Y. Acoust. Soc. Am. 92 (1992) Juli S. 84-94
- /7/ FLETCHER, N.H.; ROSSING, T.D.: The Physics of Musical Instruments Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, London 1991
- /8/ HALL, D.E.: Musical Acoustics Wadsworth Publishing Company, Belmont, California 1990
- /9/ ROSSING, T.D.: Die Physik der Pauke musik international 37 (1983) 2 S. 175-182
- /10/ AEBISCHER, H.A.; GOTTLIEB, H.P.W.: Theoretical Investigation of the Annular Kettledrum as a New Harmonic Musical Instrument; Acustica 12 (1990) S. 107-117
- /11/ FLEISCHER, H.: Schwingungen und Schallfeld eines Paukenfells; Fortschritte der Akustik DAGA '90 S. 549
- /12/ FLEISCHER, H.: Spinning Modes Forschungsbericht 1/1994 Universität der Bundeswehr Fakultät für Luft- und Raumfahrttechnik

/13/ FLEISCHER, H.: Zur Tonhöhe von Paukenklängen
Forschungsbericht 2/1994 Universität der Bundeswehr Fakultät für
Luft- und Raumfahrttechnik

/14/ BORK, I.: Dynamische Eigenschaften von Schlegeln für
Schlaginstrumente
Instrumentenbau-Zeitschrift 48 (1994) 6 S. 13-17

/15/ BORK, I.: Entwicklung von akustischen Optimierungs-
verfahren für Stabspiele und Membraninstrumente
Bericht Nr. 5267 PTB 1983

/16/ AURES, W.: Berechnungsverfahren für den sensorischen
Wohlklang beliebiger Schallsignale
Acustica 59(1985) Dez. S.130-141

/17/ DIN 45645 Ermittlung des Beurteilungspegels

/18/ TERHARDT, u.a.: Algrithm for extraction of pitch salience
from complex tonal signals
J.A.S.A. 71(3), 1982

/19/ LÄMKE, S.-J.: Programm zur Tonhöhenanalyse
Studienarbeit am Institut für Mechanik Fakultät für Luft- und
Raumfahrttechnik Universität der Bundeswehr 1992

*Das dieser Veröffentlichung zugrunde liegende Forschungsprojekt
wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministerium für Wirtschaft
und Arbeit über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungs-
vereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. gefördert.*