

Zur Differenzierbarkeit von Musikinstrumenten: Untersuchungen an gespielten Solomusikstücken

Hannes Löschke

Institut für Musikinstrumentenbau, 08247 Zwota, Deutschland, Email: hannes_loeschke@yahoo.de

Einleitung

In einem Verbundprojekt zwischen der Technischen Universität Dresden und dem Institut für Musikinstrumentenbau Zwota wird untersucht, auf welche Weise und mit welcher Genauigkeit sich Musikinstrumente anhand aufgezeichneter Soloanspiele voneinander unterscheiden lassen. Die diesem Beitrag zugrunde liegende Diplomarbeit behandelt im speziellen den Teilaspekt der Unterscheidbarkeit von Gitarren anhand aus den Aufzeichnungen gewonnener psychoakustischer Merkmale.

Für psychoakustische Messungen und Beurteilungen von Lärm und Industrieschall können die Größen Lautheit, Schärfe, Rauigkeit sowie Schwankungsstärke als eingeführt angesehen werden. Praktisch jedes kommerziell erhältliche moderne Akustik-Messsystem verfügt über eine Möglichkeit Werte zu diesen vier Merkmalen auszugeben. Auf den zweiten Blick wird jedoch ersichtlich, dass diese in der Regel nicht miteinander vergleichbar sind. So existieren für die Schärfe zwei gleichermaßen anerkannte Algorithmen, wobei der ältere, von Bismarck veröffentlichte, Algorithmus generell deutlich kleinere Schärfewerte liefert, als dies beim Verfahren nach Aures der Fall ist. Trotzdem erscheint die Anwendung der älteren Methode in einigen Fällen angebracht und sei es um die Vergleichbarkeit mit älteren Untersuchungen zu erhalten. Für Rauigkeit und Schwankungsstärke existieren sogar so viele Modelle, dass man beinahe davon ausgehen kann, dass jeder Hersteller sein eigenes Verfahren umsetzt.

Musikalische Psychoakustik

Neben der in der Lärmbeurteilung eingeführten Schärfe eines Schallsignals tauchen bei der verbalen Beurteilung des Klangcharakters eines Instruments eine Reihe weiterer Merkmale auf. Darunter vor allem das Klangvolumen, jedoch auch die Offenheit. Da diese Merkmale für Lärmschalle eine untergeordnete Bedeutung haben und das Volumen zudem ein im Grunde inverses Verhalten zur Schärfe zeigt, sind bisher noch keine Messsysteme erhältlich, die diese Größen realisieren. Untersuchungen von Valenzuela [2] bestätigten die Offenheit als ein wichtiges Merkmal bei der Beurteilung von Klavierklängen. In diesem Zusammenhang wurde eine Messvorschrift formuliert, welche die Offenheit als ein gewichtetes Moment des Klangspektrums modelliert. An die Modelle von Offenheit und Schärfe angelehnt lässt sich auch aus der in der Literatur gefundenen verbalen Beschreibung des Klangvolumens eine Messvorschrift hierfür angeben.

In der zugrunde liegenden Arbeit [1] wird das akustische Volumen V als spektrales Moment der spezifischen Lautheit $N'(z)$ über die Tonheit z

$$V = \frac{c_{Vol}}{N} \int_0^{24Bark} N'(z) g_{Vol}(z) dz \quad (1)$$

ermittelt, wobei als Gewichtsfunktion die Gleichung

$$g_{Vol} = e^{-(0,013z)^2} \quad (2)$$

eingesetzt wird.

Ausgangsmaterial

Zur Auswertung standen digitale Kunstkopfaufnahmen von Gitarrenanspielen zur Verfügung. Um Abhängigkeiten der gewonnenen Merkmale von den Randbedingungen der Aufzeichnung darstellen zu können, wurden die Aufzeichnungen mit

- 5 verschiedenen Spielern
- 3 verschiedenen Notensequenzen
- in 2 akustisch unterschiedlichen Räumen

durchgeführt. Mit der zu Grunde liegenden Stichprobe von 10 repräsentativ ausgewählten Gitarren und jeweils einer Wiederholung des Anspiels ergibt sich ein gesamter Stichprobenumfang von 600 Einzelaufnahmen. Diese Stichprobe wurde noch einmal um 15 Aufnahmen erweitert, wobei Spieler, Raum und Notensequenz nicht verändert wurden.

Musikalisches Klangmaterial

Im Gegensatz zu Lärmschall und Industriergeräuschen besitzt musikalischer Schall eine starke zeitliche Gliederung. Dies hat zur Folge, dass die für zumindest quasistationäre Signalverläufe ausgelegten Algorithmen der klassischen Psychoakustik wenig sinnvolle Aussagen über musikalische Signale liefern. Ein besonders prominentes Beispiel hierfür ist die Ermittlung der Rauigkeit nach einem der von Aures abgeleiteten Modelle. Die Formulierung dieser in einer quasi kontinuierlichen Rechenumgebung führt unsinnigen Signalverläufen [3], da nun auch kritische Signalkonditionen gleichwertig zu günstigen Verläufen ausgewertet werden, die vorher durch Fensterung im Zeitbereich wenig Einfluss hatten. Abhilfe kann der in [1] vorgeschlagene Ansatz zur Rauigkeit bieten. Als Ausgangssignal für die Bildung psychoakustischer Merkmale wird ein Filterbank-Modell der Gehörschnecke gewählt, deren Ausgangssignale die neuronale Erregung der entsprechenden Nervenbahn modellieren. Ein Maß für die Rauigkeit wird daraus durch Gleichrichtung und Effektivwertbildung derjenigen Anteile im jeweiligen Teilband ermittelt, die im Frequenzbereich der für die Rauigkeitsempfindung relevanten Schwankungsfrequenzen zwischen 20Hz und 120Hz liegen.

Die eingeführten Modelle für spektrale Merkmale verhalten sich im quasikontinuierlichen Betrieb unkritisch. Sie können zu jedem Zeitpunkt aus den Ausgangssignalen der Ohrfilterbank gewonnen werden. Dabei wird lediglich die zeitliche Glättung dieser Signale durch die aus der Literatur bekannten Integrationszeiten des Gehörs angepasst.

Zusammenfassung im Zeitbereich

Die über den gesamten Signalverlauf ermittelten psychoakustischen Größen müssen zur sinnvollen Auswertung zu einem Merkmal zusammengefasst werden, das den beim Hörer zurückbleibenden Klangeindruck widerspiegelt. Dieser Eindruck lässt sich in der Regel mit Einzahlwerten quantifizieren, so dass davon auszugehen ist, dass die zeitliche Abfolge der Größen keine direkte Rolle mehr spielt.

Da keine naheliegenderen Modellvorstellungen zur zeitlichen Zusammenfassung akustischer Merkmale vorliegen, wurde auf das von Zwicker vorgestellte Modell zur Wahrnehmung subjektiver Dauer zurückgegriffen. Demnach werden alle Größen in eine Mittelwertbildung einbezogen, die zu Zeitpunkten ermittelt wurden, an denen der Signalpegel einen Mindestwert überschritten hat.

Unterscheidbarkeitsschwellen

Setzt man voraus, dass die Gesamtheit der psychoakustischen Merkmale eine eindeutige Charakterisierung eines Instrumentes zulassen, so muss als notwendige Bedingung gelten, dass zwei Instrumente dann voneinander unterschieden werden können, wenn sie sich in ihren Merkmalen um mindestens soviel unterscheiden, wie die Merkmale eines einzelnen Instruments bei Wiederholung des Anspiels streuen. Da für die verwendeten spektralen Merkmale Offenheit und Volumen noch keine Daten zu Unterscheidbarkeitsschwellen vorliegen, wurde die Reproduktionsstreuung der Unterscheidbarkeitsschwelle gleichgesetzt. Diese Annahme dürfte Ergebnisse liefern, die oberhalb des Leistungsvermögens des menschlichen Gehörs liegen sollten.

Einfluss der Randbedingungen

Im Experiment konnte gezeigt werden, dass sich einzelne Instrumente in ihren psychoakustischen Merkmalsätzen systematisch voneinander unterscheiden lassen. Die verwendete Mittelung der Werte über den gesamten relevanten Signalverlauf scheint jedoch noch Probleme zu bereiten. Dies zeigt sich besonders an der Abhängigkeit der Merkmale vom gespielten Notenmaterial. Offenbar fließen zeitliche und spektrale Veränderungen, die von der Noteninformation herrühren in starkem Maß in die Mittelwertbildung ein. Dies kann soweit gehen, dass sich die Merkmalsverhältnisse zwischen zwei Instrumenten umkehrt, das vormals als schärfer klingend eingestufte Instrument als weniger scharf klingend eingestuft wird. Diese, in Abbildung 1 dargestellte, Abhängigkeit bleibt auch bei Austausch des Spielers erhalten.

Alle untersuchten Merkmale zeigen systematische Veränderungen bei Änderung der akustischen Eigenschaften des Aufnahmeortes, die auf die Beeinflussung des Signalspektrums durch die frequenzabhängige Nachhallzeit des Raumes. Zudem kann der Spieler selbst durch seine Spielweise zu einem erheblichen Teil die ermittelten Merkmalsausprägungen verändern. Interessant ist dabei, dass diese vom Spieler hervorgerufenen Veränderungen für den jeweiligen Spieler charakteristisch zu sein scheinen. Eine erste Vermutung, dass diese Unterschiede zum größten Teil auf die individuelle Spieltechnik zurückführbar sein könnten, konnte jedoch nicht bestätigt werden.

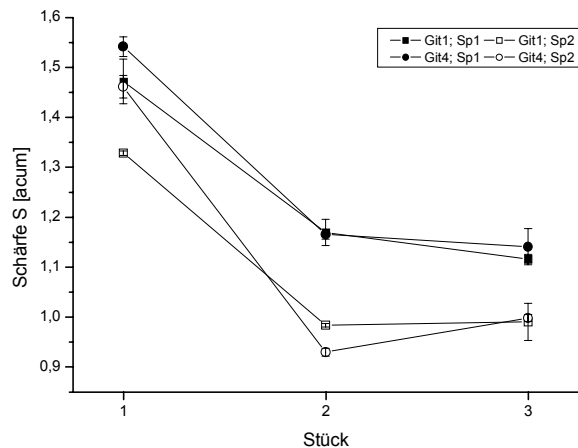


Abbildung 1: Dargestellt ist die Abhängigkeit der Schärfe für die Gitarren 1 (Quadrat) und 4 (Kreis) vom Musikstück und vom Spieler (Spieler 1: volle Symbole; Spieler 2: leere Symbole)

Ergebnis

Es konnten mit den zum Teil neu definierten psychoakustischen Merkmalen Lautheit, Schärfe, Offenheit und Volumen, sowie einer modifizierten Form der Rauigkeit Gitarren anhand realer Anspiele voneinander unterschieden werden, sofern die Randbedingungen der Aufnahme konstant gehalten wurden.

Literatur

- [1] Lösckke, H.: Entwicklung einer Methodik zur Differenzierung und Beurteilung von Musikinstrumenten anhand von Solomusikstücken. TU-Dresden, Diplomarbeit, 2005
- [2] Valenzuela, M.: Untersuchungen und Berechnungsverfahren zur Klangqualität von Klaviertönen, Herbert-Utz-Verlag, 1998
- [3] Sottek, R.: Modelle zur Signalverarbeitung im menschlichen Gehör. RWTH Aachen, Dissertation, 1993.