

MIT RESOUND DFS ULTRA II UND MUSIC MODE MUSIK GENIESSEN

Tammara Stender, Au.D. du Stephan A. Hallenbeck, Au.D

Kurzfassung

Für audiophile oder außergewöhnliche Musikliebhaber erfüllen Hörsysteme oft nicht die Erwartungen, wenn diese Menschen eine High Fidelity Reproduktion von musikalischen Eingangssignalen anstreben. Die Gründe für diese Defizite wurden in der Literatur dokumentiert^{1,2} und stehen oft mit verschiedenen Schlüsselaspekten der Hörsystemfunktion in Verbindung. Mehr noch, die Musikwahrnehmung ist in der Natur rein subjektiv, sei es über Hörsysteme oder das unversorgte Ohr. Während eine Einheitslösung für eine verbesserte Musikwiedergabe in Hörsystemen attraktiv ist, ist die Realität der Entwicklung einer solchen Lösung sehr unwahrscheinlich. Deshalb müssen die Akustiker, die Musiker oder Musikliebhaber versorgen, ein tiefes Verständnis für die verfügbaren Werkzeuge haben, um den Einfluss der Hörsystemverarbeitung auf das Musiksignal einzuschränken und die höchstmögliche Klangtreue bei der Reproduktion der Klangqualität zu erreichen. Dieser Artikel gibt einen Überblick über einige Probleme in Verbindung mit Musikhören über die Hörsystemverarbeitung, und wie diese Verarbeitung die Klangqualität beeinflusst. Eine neue Lösung für die Verbesserung des Musikhörens, ReSound's Music Mode Einstellung in DFS Ultra II, wird auch ausführlich beschrieben. Eingeführt im Feature-Paket für das ReSound Verso unterdrückt Music Mode Rückkopplungen und behält gleichzeitig eine genauere Repräsentation der Musik bei. Die Entwicklung von Music Mode wird diskutiert sowie praktische Informationen für die Anpassung des neuen Features Music Mode an Patienten.

Musik stellt ein vollkommen einzigartiges auditorisches Erlebnis dar. Während Sprache und andere Umgebungsgeräusche für die verbale Kommunikation und die Wahrnehmung der Umgebungen essentiell sind, kommt der Musik eine mehr emotionale Rolle zu. Musik kann intensive Gefühle wie Freude, Trauer und Liebe auslösen. Sie kann Menschen beim gemeinsamen Musikerlebnis zusammenbringen. Sie kann Erinnerungen an die Vergangenheit wachrufen. Sie kann Menschen mit Begeisterung erfüllen, über sich entwickelnde Genres inspirieren und den Geist für andere Kulturen öffnen. Musik ist wirklich ein spezielles auditorisches Phänomen – und als solches verdient sie auch eine spezielle Behandlung in der Hörsystemverarbeitung.

Normalerweise behandelt die Hörsystemverarbeitung Musik genauso wie andere Geräusche. Es kann für den Patienten ein Musikprogramm mit etwas anderen Verstärkungseinstellungen vorgesehen werden, aber oft werden die Features – wie z.B. die digitale Rückkopplungsunterdrückung – identisch zu den Sprachprogrammen eingestellt. Musik verhält sich aber nicht exakt so wie Sprache und hat ganz andere Eigenschaften, die sie von anderen Geräuschen in der Umgebung unterscheidet.¹ Während Sprache ein allgemein kontrolliertes Spektrum hat, variiert das Musikspektrum sehr stark in Abhängigkeit vom jeweiligen

Musikinstrument. Musik hat auch einen breiteren, variableren Dynamikbereich als Sprache und kann höhere Intensitäten erreichen. Der Crest-Faktor (die Differenz zwischen den Spitzenwerten und den Mittelwerten im Spektrum) liegt für Musik um ca. 6-8 dB höher als für Sprache. Außerdem können die tonalen Qualitäten in der Musik gelegentlich Sinustöne nachahmen, wenn sie von einem Hörsystem verarbeitet werden. Diese Sinustöne können einige Rückkopplungsmanagementsysteme mit einer Rückkopplung verwechseln und evtl. versuchen sie zu eliminieren. Diese fehlerhafte Zuordnung zu Rückkopplungen führt zu Artefakten oder zusätzlich zu tonalen Geräuschen, die das Hörsystem abgibt. Da diese Artefakte für die Hörumgebung unnatürlich sind, sind sie für den Hörsystemträger störend und beeinträchtigen das gesamte Hörerlebnis.

EMPFEHLUNGEN FÜR EINE BESSERE KLANGQUALITÄT DER MUSIK MIT HÖRSYSTEMEN

Das Thema Hörsysteme und Musikübertragung wurde in den letzten Jahren in den Fachzeitschriften und der akademischen Literatur vielfältig publiziert. Einige allgemeine Ergebnisse lassen sich unterteilen in Informationen, die von den Hörsystemherstellern im Entwicklungsprozess angewandt werden oder in Techniken, welche die Akustiker nutzen können, um die Ausgangscharakteristiken der Geräte, die sie anpassen, zu beeinflussen.

ReSound



rediscover hearing

Aktion des Herstellers	Technik für den Akustiker
Erhöhung der Begrenzung der Spitzenpegel am Eingang auf mindestens 105 dB SPL ^{1,3}	Deaktivierung der Rückkopplungsunterdrückung ODER wenn diese Funktion modifiziert werden kann, Auswahl langsamerer Zeitkonstanten , um zwischen einer wirklichen Rückkopplung und transienten, musikalischen Harmonien zu unterscheiden
Verringerung der Mikrofonempfindlichkeit oder Dämpfung des Mikrofons ¹	Deaktivierung der Geräuschreduktion
Wide Dynamic Range Compression ^{1,4} mit einem geringen Kompressionsverhältnis (1,3-1,5) ¹	Aktivierung der Expansion

Tabelle 1. Mögliche Techniken, um die Übertragung von Musik im Hörsystem zu verbessern, unterteilt nach Aufgaben des Herstellers (linke Spalte) und Programmieroptionen für den Akustiker (rechte Spalte), wie von Chasin⁵ beschrieben, soweit nichts anderes angegeben ist.

Tabelle 1 hebt die Aspekte der Hörsysteme hervor, die verändert werden können, um die Musikwahrnehmung zu verbessern. Die linke Spalte zeigt Techniken, die von den Herstellern realisiert werden könnten, und die rechte Spalte zeigt die Feinanpassung und die Programmierereinstellungen, welche die Akustiker durchführen können.

Jede dieser vorgeschlagenen Aktionen bietet die Möglichkeit das Musikhören für den Hörsystemträger zu verbessern. In der Spalte der Verantwortlichkeit des Herstellers in Tabelle 1 reduziert eine Erhöhung der Begrenzung der Spitzenpegel am Eingang die Verzerrung am Frontend der Hörsystemverarbeitung. Ein hoher Eingangsbereich bis zu 105 dB SPL ermöglicht es, dass die hohe Dynamik und die lauten Spitzen in den meisten Musikstücken in den Hörsystemprozessor verzerrungsfrei weitergeleitet werden. Hat das Hörsystem eine geringe Schwelle der Eingangsbegrenzung von weniger als 100 dB SPL, kommt ein Eingangssignal von 105 dB SPL bereits verzerrt oder abgeschnitten in der Hörsystemverarbeitung an, und Versuche das Signal zu reinigen oder zu optimieren stellen die ursprüngliche Intaktheit des Originalsignals nicht wieder her. Viele Hörsysteme auf dem Markt haben normalerweise eine Eingangsbegrenzung von 85 bis 90 dB SPL.¹ Eine Anhebung des Eingangspegels reduziert das Auftreten von Verzerrungen aufgrund von Clipping oder Begrenzen lauter Eingangssignale. Genauso resultiert eine Verringerung der Mikrofonempfindlichkeit in einem geringeren gesamten Aus-

gangspegel vom Mikrofon zum Analog-Digitalwandler, wodurch sich die Höhe der Verzerrungen an der Eingangsstufe der Signalverarbeitung reduziert.

Während die Verbesserung des Dynamikbereichs dabei hilft, dem Zuhörer ein sauberes Signal zu liefern, beinhalten andere Ansätze der Musikverarbeitung eine Strategie des „nicht Schadens“, welche die Transparenz der Hörsystemverarbeitung für den Endverbraucher erhöht. Solche Strategien umfassen die Aktivierung der Expansion, die das interne Geräusch des Hörsystems reduziert. Andere Empfehlungen beinhalten die Deaktivierung der Geräuschreduktion und der Rückkopplungsunterdrückung.⁵ Aus diesem Grund sind die Standardeinstellungen für diese Features im Musikprogramm in einigen Hörsystemen „Aus“. Die Rückkopplungsunterdrückung ist aber oft am trickreichsten zu deaktivieren und trotzdem eine erfolgreiche, rückkopplungsfreie Anpassung sicherzustellen. Dies ist besonders der Fall, wenn die Frequenzcharakteristik eines typischen durch die Musik verursachten Hörverlustes betrachtet wird, der eine Senke für hochfrequente Geräusche beinhaltet. Diese Hörverluste erfordern normalerweise eine Spitzenverstärkung im Bereich von 3-4 kHz, der gleichzeitig genau derselbe Frequenzbereich ist, in dem wahrscheinlich Rückkopplungen auftreten. Um das Auftreten von Rückkopplungen zu reduzieren und gleichzeitig die Intaktheit des Musiksignals beizubehalten, ist es wichtig, ein Rückkopplungsunterdrückungssystem zu realisieren, das speziell für Musik entwickelt wurde.

RESOUND DFS ULTRA II UND MUSIC MODE

ReSound erkennt die Wichtigkeit einer exzellenten Klangqualität für Musik an. Aus diesem Grund integriert die ReSound Technologie verschiedene Parameter, die für eine hohe Klangtreue beim Musikhören empfohlen werden (Tabelle 2). Erstens ist die Begrenzung für Spitzenpegel am Eingang hoch im Vergleich zu den Mitbewerber und liegt bei ca. 106 dB SPL. Dies ermöglicht einen höheren Dynamikbereich als andere Produkte bieten können und liegt auch bei dem in der Literatur empfohlenen Pegel (mindestens 105 dB SPL). Der verbesserte Chip ReSound Range II bietet eine höhere Klangtreue. Die WARP-Verarbeitung bietet geringe Verzerrungen und eine Frequenzauflö-

sung, die auf der menschlichen Cochlea basiert und ihr ähnlich ist. Die Wide Dynamic Range Compression (WDRC) wird für die Verstärkungseinstellungen genutzt, und längere Ausschwingzeiten wurden realisiert, um zu verhindern, dass tiefe Frequenzen hörbare Artefakte verursachen. Im Standard-Musikprogramm in Aventa sind andere Parameter eingestellt, um das Musikhören zu optimieren. Verstärkungswerte für leise Eingangsspiegel sind geringer im Vergleich zu Sprachprogrammen, und das Kompressionsverhältnis ist geringer, normalerweise um 1,5:1 für einen geringgradigen, abfallenden bis hochgradigen Hörverlust. Eine omnidirektionale Richtcharakteristik dient der bestmöglichen Klangrepräsentation. Die Einstellungen der Features wie z.B. NoiseTracker II und WindGuard werden auf „Aus“ gestellt. Zusätzlich wird DFS Ultra II (eine verbesserte Version von DFS Ultra, eingeführt mit ReSound Verso, die eine bessere Präzision und Skalierung bietet, um Rückkopplungen genauer zu unterdrücken) als Standard auf Music Mode eingestellt.

ReSound Technologie für einen High Fidelity Klang	ReSound Aventa Musikprogramm: Standardeinstellungen
Erhöhung der Begrenzung der Spitzenpegel am Eingang auf 106 dB SPL , so dass Spitzenwerte der Musik verzerrungsfrei im Hörsystem ankommen	Die Verstärkungswerte werden auf ein geringeres Kompressionsverhältnis voreingestellt als in Sprachprogrammen
Verbesserter Chip ReSound Range II für eine bessere Klangtreue	Omnidirektionale Mikrofoncharakteristik für die vollste Klangrepräsentation für Musik
WARP Signalverarbeitung für geringe Verzerrungen und einer nach der menschlichen Cochlea modellierten Frequenzauflösung	Features zur Geräuscherdrückung wie z.B. NoiseTracker II und WindGuard voreingestellt auf „Aus“
Wide Dynamic Range Compression	DFS Ultra II Music Mode zur Unterscheidung zwischen wirklichen Rückkopplungen und transienten musikalischen Tönen

Tabelle 2. ReSound Core-Technologie (linke Spalte) und Voreinstellungen in der Aventa Anpasssoftware (rechte Spalte), um die Klangtreue für Musik zu maximieren.

Music Mode unterscheidet sich von anderen Einstellungen von DFS Ultra II, weil es den Eingangsschall über eine längere Zeitdauer analysiert. Dies ermöglicht eine bessere Unterscheidung zwischen einer tatsächlichen Rückkopplung und tonalen Eingangssignalen, wie sie z.B. normalerweise in Musik enthalten sind. Dies sind z.B. Signale wie Flöten- oder Klaviertöne, die Sinustönen sehr ähnlich sein können und vom Hör-

system mit einer Rückkopplung verwechselt werden können. Herkömmliche Rückkopplungssysteme versuchen, diese Töne zu unterdrücken und verursachen dadurch einen störenden oft tonalen Klangartefakt. Music Mode wurde entwickelt, um das Auftreten dieses Artefakts effektiv zu reduzieren. Das Ergebnis ist, dass die Komponente der Rückkopplungsunterdrückung in Music Mode sich weniger wahrscheinlich an schnelle Änderungen im Rückkopplungspfad adaptiert. Music Mode ist als eine weniger aggressive Einstellung der Rückkopplungsunterdrückung konzipiert als andere Einstellungen von DFS Ultra II und wurde exklusiv dazu entwickelt das Musikhören zu verbessern.

EVALUATION VON MUSIC MODE

DFS Ultra II Music Mode wurde entwickelt, um der Musik eine reinere, treuere, authentischere Repräsentation für den Hörsystemträger zu geben. Das Feature wurde sowohl im Labor als auch mit Hörsystemträgern getestet. Die Tests im Labor erfolgten an einem künstlichen Ohr und am KENAR. Die Musikübertragung wurde in Music Mode, Standard Ultra II Einstellungen (mild, moderat und stark) und einer Option ohne DFS modelliert. Diese Einstellungen wurden dann im Hinblick auf die voraussichtlichen Beurteilungen der Klangqualität über den Hearing Aid Speech Quality Index (HASQI) evaluiert. 6 Der HASQI basiert auf dem „Zusammenhang“ zwischen dem Eingangssignal und dem Ausgang des Hörsystems. So erhält man ein physikalisches Maß für das Rauschen und die Verzerrungen, die dem Originalsignal hinzugefügt wurden. Es hat sich gezeigt, dass der HASQI gut mit den subjektiven Qualitätsurteilen von Normalhörenden und gering- bis mittelgradig Schwerhörigen korreliert. Für das Experiment wurden die Verstärkungswerte auf den Pegel der maximalen stabilen Verstärkung ohne aktivierte DFS eingestellt. Dies wäre eine häufige DFS-Einstellung für das Musikprogramm in aktuellen Anpassungen, von denen viele offen sind. Menschen mit offenen Anpassungen haben ohne aktivierte DFS oft spontane oder suboszillatorische Rückkopplungen und sind oft diejenigen, die sich über die Klangqualität beschweren, wenn Sie Musik hören. Zwischen den DFS Ultra II Einstellungen und der Option ohne DFS wurde eine Verbesserung der Klangqualität um

10 % beobachtet. Diese Ergebnisse allein zeigen die Effektivität von DFS Ultra II bei der Eliminierung der Rückkopplung, ohne Probleme bei der Klangqualität zu verursachen, was eine beachtliche Leistung ist. Music Mode verbesserte die Klangqualität aber noch weiter um ca. 3 % im Vergleich zu den Ergebnissen mit den DFS Ultra II Einstellungen (Abbildung 1). Die Ergebnisse unterstützen eine ultimative Klangqualität mit Music Mode.

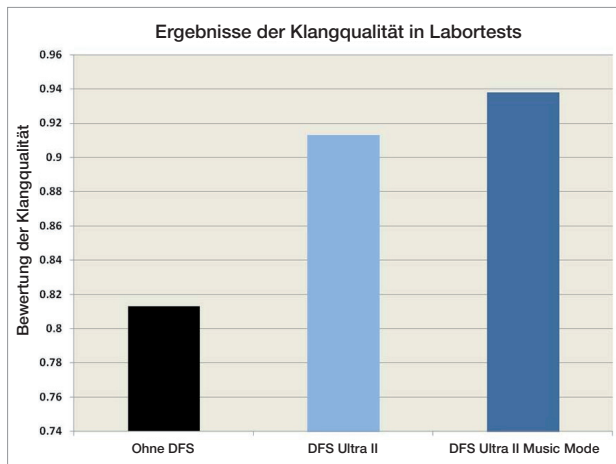


Abbildung 1: Labortests der Klangqualität im Vergleich von Music Mode zu anderen DFS Ultra II Einstellungen und einer Bedingung ohne Rückkopplungsunterdrückung

Es wurde auch eine Studie mit Hörsystemträgern durchgeführt, die angaben, Freude am Musikhören oder Musizieren zu haben. Jeder Teilnehmer erhielt zwei Programme: eins mit Music Mode und ein anderes Programm mit einer typischen Einstellung von DFS Ultra II. Die Programme stimmten in den Einstellungen der Verstärkungswerte und Features überein mit Ausnahme der Rückkopplungsunterdrückung. Die Studie war verblindet, so dass die Probanden nicht wussten, welches Programm welche Einstellung der Rückkopplungsunterdrückung enthielt. Die Reihenfolge der Programme wurde zwischen den Teilnehmern angeglich. Die Probanden wurden gebeten einem bekannten Musikstück zuzuhören und/oder ein Instrument zu spielen, mit dem sie Erfahrung hatten, bevor sie die Klangqualität in beiden Programmen auf einer Fünfpunkteskala beurteilen mussten. Insgesamt berichteten die Teilnehmer über eine gute Klangqualität sowohl mit Music Mode als auch mit den Standardeinstellungen von DFS Ultra II. Wie die HASQUI-

Ergebnisse andeuteten, war es zu erwarten, dass die Klangqualität im Allgemeinen bei Musikhören und Musikspielen gleich gut bewertet wurde. Zusätzlich hatten wahrscheinlich auch andere Musik verbessernde Features von ReSound Anteil an diesem positiven Ergebnis. Darunter sind die Begrenzung der Spitzenpegel am Eingang, die WARP-Verarbeitung und andere Charakteristiken der Signalverarbeitungsstrategie Surround Sound by ReSound. Aber mehr Teilnehmer drückten ihre Präferenz für die Klangqualität mit Music Mode aus.

Teilnehmer, die ihre Präferenz für die Klangqualität mit Music Mode im Vergleich zu anderen Einstellungen von DFS Ultra II ausdrückten, berichteten, dass sie zuhause klassische, rhythmische oder andere Arten von Musik über ihre Stereoanlage hören. Ein Teilnehmer war auch auf einem Livekonzert mit Popmusik der 80-er Jahre. Tabelle 3 zeigt die direkten Kommentare der Probanden über Music Mode und die entsprechenden Hörumgebungen dazu. Diese Kommentare demonstrieren, dass Music Mode in verschiedenen auditorischen Umgebungen gut funktioniert.

Music Mode, Kommentare zum Klangerlebnis	ReSound Aventa Musikprogramm: Standardeinstellungen
Feine Reproduktion der Nuancen und Frequenzen der Musik	Besuch eines Livekonzertes mit Popmusik und Musikhören zuhause über die Stereoanlage
Gute Wahrnehmung der Phrasierung, und hohe und tiefe Tönhöhen bleiben erhalten	Hören von Whitney Houston Songs über die Stereoanlage zuhause
Sehr klarer, reiner Klang	Hören von klassischer Musik über die Stereoanlage zuhause
Klang ist phantastisch	Spielt digitale Orgel
Wenig bis keine Verzerrungen bei lauten Pegeln	Besuch eines Livekonzertes mit Popmusik
Insgesamt gutes Klangerlebnis bei hohen und tiefen Tönen sowie lauten und leisen Pegeln	Hören von Geigenmusik
Gute Klangqualität	Soundtrack eines Films in einem Theater

Tabelle 3. Kommentare der Teilnehmer einer Studie über das Hörerlebnis mit aktiviertem Music Mode und den entsprechenden auditorischen Umgebungen zu jedem Kommentar.

ANPASSUNG VON MUSIK MODE AN PATIENTEN

Music Mode wird über die Anpasssoftware Aventa 3.4 für die ReSound Produktfamilien Verso 9 und 7 aktiviert. Nach dem Abschluss der Rückkopplungskalib-

rierung kann Music Mode als eine DFS Ultra II Einstellung in jedem Programm ausgewählt werden. Es ist als Standardeinstellung exklusiv im Musikprogramm vorgesehen, da es speziell für Musik entwickelt wurde. Abbildung 2 zeigt die für DFS Ultra II verfügbaren Optionen im drop-down Menü in Aventa.

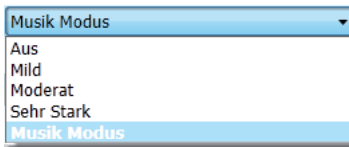


Abbildung 2: DFS Ultra II Optionen verfügbar im drop-down Menü für die Verso Produktfamilie.

Da Musik Mode der Genauigkeit gegenüber der schnellen Analyse den Vorzug gibt, wird es für das Musikhören empfohlen. Andere Betriebsarten von DFS Ultra II, die für Spracheingänge entwickelt wurden, sind in anderen Programmen vorzuziehen.

ZUSAMMENFASSUNG

Wenn auch die meisten Hörsystemtechnologien für eine optimale Sprachverständlichkeit entwickelt werden, haben andere Schallsignale wie z.B. Musik einen signifikanten Einfluss auf das Hörerlebnis des Benutzers. Musik unterscheidet sich von Sprache darin, dass sie einen größeren Dynamikbereich umfasst und oft tonale Signale enthält. Diese Sinusklänge können von traditionellen Rückkopplungsunterdrückungssystemen leicht mit einer Rückkopplung verwechselt werden und sie versuchen evtl. diese zu dämpfen. Diese fehlerhafte Rückkopplungsunterdrückung führt zu Klangartefakten, welche die gesamte Klangqualität verschlechtern. ReSound's Technologie mit der hohen Begrenzung der Spitzenwerte am Eingang, der außergewöhnlichen Signalverarbeitungsstrategie Surround Sound by ReSound und dem neuen Feature DFS Ultra II Music Mode liefert den Hörsystemträgern, die Freude am Musikhören oder Musizieren haben, eine exzellente Klangqualität ohne tonale Artefakte.

LITERATUR

1. Chasin, M. & Russo, F.A. (2004). Hearing aids and music. *Trends in Amplification*, 8(4), 35-47.
2. Ryan, J. & Tewari, S. (2009). A digital signal processor for musicians and audiophiles. *Hearing Review*, 16(2), 38-41.
3. Chasin, M. (2003). Music and hearing. *Hearing Journal*, 56(7), 36-41.
4. Davies-Venn, E., Souza, P., & Fabry, D. (2007). Speech and music quality ratings for linear and non-linear hearing aid circuitry. *Journal of the American Academy of Audiology*, 18, 690-701.
5. Chasin, M. (2009). Music and hearing aids [PowerPoint slides]. American Academy of Audiology eAudiology course. Retrieved from <http://eo2.commpartners.com/users/audio/session.php?id=2939>
6. Kates, J.M. & Arehart, K.H. (2010). The Hearing-Aid Speech Quality Index (HASQI). *Journal of the Audio Engineering Society*, 58(5), 363-381.