

Autor : Menno van der Veen
Datum : 24.4.2012
Copyright : Menno van der Veen

Audioqualität besser beurteilen

Vor nicht allzu langer Zeit erschien in einer wissenschaftlichen Audio-Zeitschrift ein hervorragender Artikel über die Beurteilung der Audioqualität. Richtige Audioliebhaber beschäftigen sich täglich mit diesem Thema und geben dafür eine Menge Geld aus. Die im betreffenden Artikel besprochenen Hilfsmittel sind so gut, dass ich an dieser Stelle über sie sprechen möchte und dabei hoffe, dass jeder davon profitiert. Beurteilen und Urteilen ist nicht nur denjenigen vorbehalten, die sich mit Rezensionen beschäftigen: Mit den besprochenen Hilfsmitteln kann das jeder.

Der Artikel⁽¹⁾ von dem ich rede, erschien in einer Zeitschrift der Audio Engineering Society⁽²⁾ (AES). Hierbei handelt es sich um eine weltweit operierende Organisation von Entwicklern, Studio-Aufnahmeleitern, Herstellern von Audiogeräten und Universitäten. Auch ich bin Mitglied dieser Organisation.

Bei der AES geht es um das Hören sowie um das Durchführen hochwertiger Messungen und Untersuchungen, wobei die Aktivitäten sich von der Aufnahme über die Wiedergabe bis hin zur Wahrnehmung erstrecken. Lange bevor wir Audio-Fanatiker neue Entwicklungen zu sehen und zu hören bekommen, wurden diese bereits in der betreffenden Zeitschrift besprochen und getestet. Wer, wie ich, die Veranstaltungen der AES regelmäßig besucht, ist immer über den aktuellen Stand der Dinge informiert.

Die Autoren

Um wen handelt es sich bei den Autoren Blauert und Jekosch? Können wir den Aussagen in ihrem Artikel vertrauen? Dr.-Ing. Jens Blauert ist emeritierter Professor an der Ruhr Universität in Bochum und Autor eines berühmten Buches⁽³⁾ über das räumliche Hören. Dr. phil. Ute Jekosch ist Co-Professorin an der Abteilung *Communication Acoustics* der TU Dresden. Wir haben es hier mit zwei äußerst erfahrenen Wissenschaftlern zu tun, die ihr renommiertes Ansehen mehr als verdient haben. Dass sie ihre Gedanken und ihre Literaturkenntnisse an uns weiter geben, betrachte ich mit höchster Wertschätzung.

Philosophische Grundlagen

Wie betrachte ich Klang und dessen Wahrnehmung? Dazu existieren zwei Hauptmodelle. Das erste heißt *Wissenschaftlicher Realismus*: Klang existiert um uns herum unabhängig von unserer Wahrnehmung. Klang ist einfach da. Man kann ihn messen, und seine Beurteilung verändert ihn nicht. Diese Betrachtungsweise ist ideal für Ingenieure und Wissenschaftler. Sie können nach Belieben messen und ihre Zahlenkolonnen und Berichte produzieren.



Foto 1: Der Ingenieur (Menno) bei der Arbeit

Die zweite Betrachtungsweise heißt: *Perzeptionismus oder radikaler Konstruktivismus*. Das Ganze wird oft auch als "Brainchild" bezeichnet und hat folgende Idee zum Inhalt: "Die Welt um uns herum existiert in unserem Kopf und ist Folge biologischer Aktivitäten im Gehirn".

Tja und doch haben sich die beiden Autoren für die zweite Betrachtungsweise entschieden, denn die Art, wie wir Qualität beurteilen, hat nun einmal etwas mit den Vorgängen in unserem Kopf, unserem Gehirn zu tun. Ein kleines Beispiel: Als Kind haben wir ein Musikstück gehört und uns in diesem Moment glücklich gefühlt. Hören wir diese Musik zu einem späteren Zeitpunkt wieder, so spielt unsere glückliche Erinnerung bei der Qualitätsbeurteilung noch immer eine Rolle. Die Autoren weisen darauf hin, dass Qualität nicht allein durch Zahlen (Realismus), sondern durch uns in unserer Eigenschaft als ganzheitliches Wesen (Perzeptionismus) beurteilt wird. Qualität ist subjektiv – oder verhält es sich doch ein wenig anders?

Was ist Qualität?

Einige Leser haben sich vielleicht einmal mit dem Buch *Zen und die Kunst, ein Motorrad zu warten* ⁽⁴⁾ beschäftigt, in welchem sich die Hauptperson auf der intensiven Suche nach der Bedeutung von Qualität befindet, am

Ende sogar eine Art Gottesbegegnung erfährt, aber nicht imstande war, Qualität genau zu beschreiben.

Die Situation hat sich geändert, denn es gibt nun eine Definition: Nach der deutschen DIN-Norm 55350 ist Qualität ist die *physische Beschaffenheit einer Einheit in Bezug auf deren Möglichkeit, vorausgesetzte und bestehende Erwartungen zu erfüllen*.

Jekosch findet diese Beschreibung noch nicht gut genug und sagt daher: *Qualität ist das Ergebnis der Beurteilung der wahrgenommenen Beschaffenheit einer Einheit im Hinblick auf die erwünschte Beschaffenheit ... Dieses wird gebildet durch die Gesamtheit der Eigenschaften von individuellen und/oder sozialen Erwartungen und/oder vernünftigen Bedingungen*.

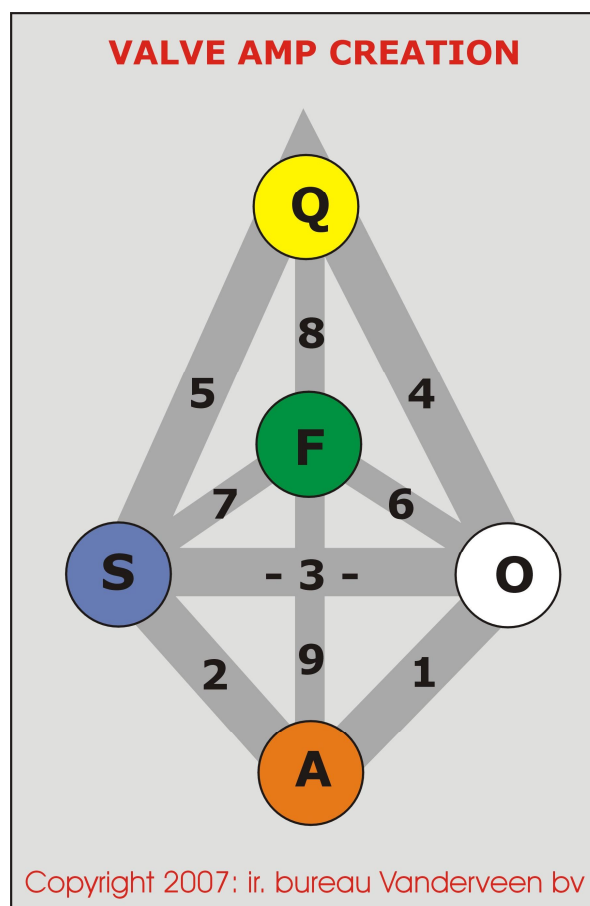


Bild 2: Modell zur Entwicklung eines Verstärkers (Kabbala-Betrachtung)⁽⁶⁾. Die Qualität steht als bedingender und stimulierender Faktor ganz oben. Ganz unten steht der Verstärker, und dazwischen unsere Handlungen, gekennzeichnet mit (O) = objektiv (Wissenschaft) und (S) = subjektiv (Perzeptionismus). Das (F) in der Mitte steht für "tief fühlen", ein Thema, zu dem die beiden Autoren allerdings kaum etwas schreiben. Es ist eine Betrachtung von Menno, die unter anderem ihre Wurzeln in der Sexualität und der übersinnlichen Komponente der Kommunikation hat.

Ich finde diese Beschreibungen fantastisch und gleichzeitig ziemlich komplex. Daher wandle ich es in eine etwas gröbere "Menno-Definition" um: *Die Qualität von etwas wird vollständig von unseren Erwartungen bestimmt.*

Das heißt: Wenn wir eine Anlage per Gehör testen und wir haben zuvor ein besseres Exemplar gehört, dann erfüllt die betreffende Anlage nicht unsere Erwartungen und wir finden ihre Qualität nur mäßig. Dies macht auf erschreckende Weise deutlich, wie subjektiv Qualität doch ist – wie sie letztlich nur in unserem Kopf existiert, so wie bildende Kunst und Literatur. Und solche "Hirngespinnste" sollen eine Rolle spielen, wenn es um teure Verstärker und Lautsprecher geht? Logisch, dass dann jeder ein Recht auf seine eigene Meinung hat. Auf diese Weise bekommen wir die Angelegenheit allerdings nicht in den Griff.

Wie nehmen wir wahr?

Wahrnehmungen lassen sich im Hinblick auf die klassische Unterscheidung von Seele, Körper und Geist in drei Bereiche aufteilen: Wir nehmen etwas wahr, indem wir es fühlen. Denken Sie an Hunger, Schmerz oder Freude. Dies sind Wahrnehmungen in unserem Körper. Weiterhin nehmen wir etwas mit unseren *Sensoren* wahr: Wir sehen, hören und fühlen etwas, das sich außerhalb unseres Körpers ereignet. Die dritte Gruppe besteht aus Ideen, Meinungen, Gedanken und Wünschen, die die Verarbeitung von Wahrnehmungen beeinflussen. Vor allem bei der letzten Gruppe wird die Verwendung des Ausdrucks "brainchild" sehr deutlich nachvollziehbar. Die Summe all dieser Wahrnehmungen führt letztendlich zur Bildung einer Meinung über die Qualität von beispielsweise einem Lautsprecher.

Auf dem Weg zur Lösung

Um sinnvoll über Qualität sprechen zu können, unterscheiden die Autoren vier verschiedene Bereiche der Qualität. Sie stellen eine Einteilung vor, die ihrer Meinung nach funktionell ist, und ich habe diese in den vergangenen Wochen in meine Arbeit aufgenommen. Immer, wenn ich ein Qualitätsurteil abgeben muss, schaue ich nach, in welchen der Bereiche es fällt. Zu meiner Überraschung habe ich festgestellt, dass die Beurteilung von Qualität dadurch transparenter wird. Ich weiß nun viel besser, worüber ich rede. Diese Vierteilung wird im Folgenden besprochen.

1: Qualität des Hörens

Wie laut ist das, was Sie hören? Wie rau klingt es? Oder ist der Klang scharf? Welche Tonhöhe (pitch) nehmen Sie wahr? Wie ist der Klang (das Timbre)? Die Eigenschaften des Hörens sind hier der zentrale Punkt. Mit diesen Eigenschaften und deren Messungen beschäftigt sich die Psychoakustik. Dabei werden bedeutungslos erscheinende, kurze Signale vorgespielt und der Proband gibt an, ob es besser oder schlechter klingt und notiert das Ergebnis seiner Wahrnehmung als Zahl.

Dieser Vorgang wäre ziemlich objektiv, wenn der Wahrnehmende seine Beurteilung nicht in Worte fassen und dann bewusst von einer inneren Referenz oder einem Gefühl Gebrauch machen müsste.

Um die Untersuchungen dennoch so "sauber" wie möglich zu gestalten, bietet man Testsignale an, die so wenig wie möglich an Gefühle und Erwartungen gekoppelt sind. Zum Bereich "Fühlen" stehen noch zahlreiche weitere Untersuchungen in den Startblöcken, und ich verweise dazu auf den Text in Bild 2. Wenn ich diesen Bereich betrachte, dann sehe ich eine Verbindung zu meinen Messungen.

Betrachten wir zum Beispiel Bild 3, bei dem es um meine Messungen der Konstanz der Verstärkung geht (Linearität). Das wollen wir nun mit meinen hörbaren Wahrnehmungen auf Basis der Kurven gleicher Lautstärke ^{(7), (8), (9)} verbinden. In dieses Gebiet fallen Untersuchungen wie: „Welchen Frequenzbereich können wir hören? Welche Verzerrungen nehmen wir nicht mehr wahr? Frequenzmaskierung (breite Anwendung bei MP3), Zeitmaskierung usw.“.

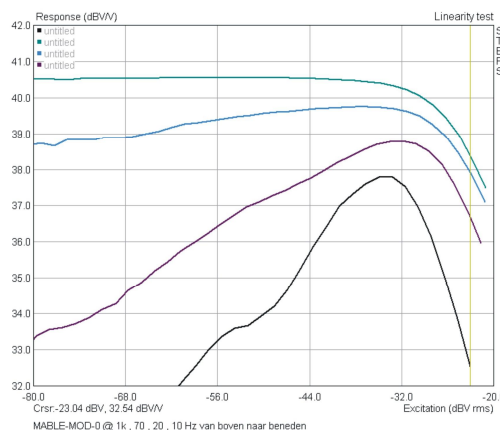


Bild 3: Linearität eines Röhrenverstärkers bei 1000/70/20/10Hz (von oben nach unten). Vertikal: Verstärkung. Horizontal: Eingangsspannung.

2: Qualität der Ausführung

Bei der Qualität des Hörens geht es um eine analytische Betrachtung, aber auf diese Art und Weise hören wir natürlich nur selten – höchstens dann, wenn etwas Unerwartetes geschieht. Meisten hören wir "holistisch", also die Ganzheit der musikalischen Aufführung betreffend. Hierbei handelt es sich um Größen wie: Lokalisierung, Sprachverständlichkeit, Audioperspektive, Tiefe und Breite, Tonale Balance, Transparenz. Dies alles ist Wahrnehmung, und es gibt Grundregeln („*Gestalt-rules*“), mit denen wir wahrnehmen und die wir bereits in unserer Jugend erlernen.

Bei dieser einfachen Beschreibung muss ich an die Arbeit von Tonmeistern und Dirigenten denken. Sie machen aus den merkwürdigsten Klangkomponenten ein wunderbares Gesamtklangbild. Unser Gehirn nimmt dann nicht mehr die seltsamen Einzelteile wahr: Es ist vielmehr ganz zielsicher und in abstrakter Weise damit beschäftigt, das Gesamtgeschehen zu beurteilen.

Ich habe ein paar schöne Beispiele über die in diesem Zusammenhang ausgeübten Einflüsse von Verstärkern. Nach den Untersuchungen von Peter van Willenswaard⁽¹⁰⁾ geben einige die Musik mit einem trägeren *Rhythmus* wieder. Der Zuhörer kann entspannen und allen Details und Klängen folgen. Das Klangbild ist in seiner Gesamtheit transparenter. Warum Verstärker dazu in der Lage sind, hängt mit der Genauigkeit bei der Wahl der Bauteile zusammen. Zum Beispiel: Verbindungskabel sind nicht mehr mikrofonisch⁽¹¹⁾, oder Taktsignale weisen fast keinen Jitter mehr auf⁽¹²⁾.

Um Qualität einer Skala zuzuordnen müssen oftmals multidimensionale Ergebnisse wiedergegeben werden, wobei beim Messen auch das Motto gilt: "Ich finde dies besser als...".

3: Audio Messqualität

Bei diesem Gebiet geht es in erster Linie um Naturwissenschaft. Denken Sie an Hallzeit, Geräuschpegel (dB_{spl}), Impulsantwort, Übertragungsfunktionen, laterale Energie oder Kreuzkorrelation zwischen den Ohren. Auch Eigenschaften von Verstärkern gehören dazu, wie zum Beispiel Verzerrungen, Frequenzbereich usw. Die beiden Autoren sprechen in Ihrem Artikel hauptsächlich über die Qualität der Akustik, aber da ich mich hauptsächlich mit Verstärkern befasse, spreche ich darum nun etwas allgemeiner von "Messqualität".

Zur Bestimmung dieser Größen stehe eine Vielzahl von Messinstrumenten zur Verfügung, wobei die Messmethoden höchst wissenschaftlich und fundiert sind.

Am besten ist es, wenn zwischen diesen abstrakten Messungen und unseren subjektiven Wahrnehmungen ein eindeutiger Zusammenhang besteht. Daran wird übrigens hart gearbeitet, und auch ich habe mir in meinem Arbeitsleben oft die Frage gestellt: "Messe ich, was ich höre und höre ich, was ich messe?".

Betrachten Sie in diesem Zusammenhang noch einmal die in Bild 3 gezeigten Messungen; und als neues Beispiel die Messung in Bild 4, wo ich über die Impulsantwort einen Röhrenverstärker untersuchte und dort einen Fehler fand, den ich durch reines Hören nicht aufspüren konnte.

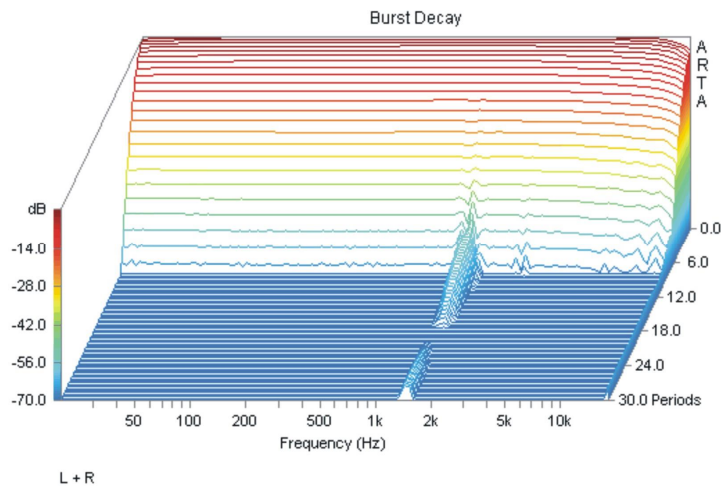


Bild 4: Burst decay Messung, abgeleitet von der Impulsantwort.
Nehmen alle Frequenzen gleichmäßig ab, oder liegt Resonanz vor?
In diesem Fall handelt es sich um eine 1,5-kHz-Resonanz.

4: Kommunikationsqualität

Denken Sie an dieser Stelle um die Vermittlung von Botschaften über einen Klang. Ein Produkt (Harley Davidson) ist mit einem ganz bestimmten Geräusch verknüpft, das schon von weitem eine Assoziation hervorruft. Ist ein Geräusch verständlich, ist es brauchbar, enthält es einen Inhalt oder eine Meinung, so ist ein Dialog möglich. Dieses Gebiet wird durch die Kommunikationswissenschaften beschrieben, wobei ein Geräusch oder ein Klang Träger einer Botschaft ist.

Die Psychologie testet hier mit kognitiven Testmethoden, Fragebögen und Marktuntersuchungen. Hier ein Beispiel aus eigener Erfahrung:

Nach Ende einer Beziehung war ich zeitlich sehr empfindlich gegenüber dem emotionalen Inhalt von Frauenstimmen geworden. Ich verwendete damals die LP "Best Friends" (Magenta MTA201) von Cleo Lane mit John Williams als Gitarrist. Es geht im Text darum, wie die Interpretin quasi in einem Aufschrei ihres ganzen Wesens zum Ausdruck bringt, wie sehr sie ihren Geliebten vermisst und wie sie bereut, ihn verlassen zu haben.

Zu dieser Zeit entwickelte ich einen SR-Gegentakt-Röhrenvorverstärker, bei dem ich wählen konnte, ob ich die Ausgangsspannung von der unteren oder der oberen Kathode abgriff. Der obere Kathodenwiderstand war durch einen hochwertigen Elko überbrückt, so dass der oberste oder unterste Abgriff Punkt sich gleich benehmen sollten (Siehe Schaltung in Bild 5).

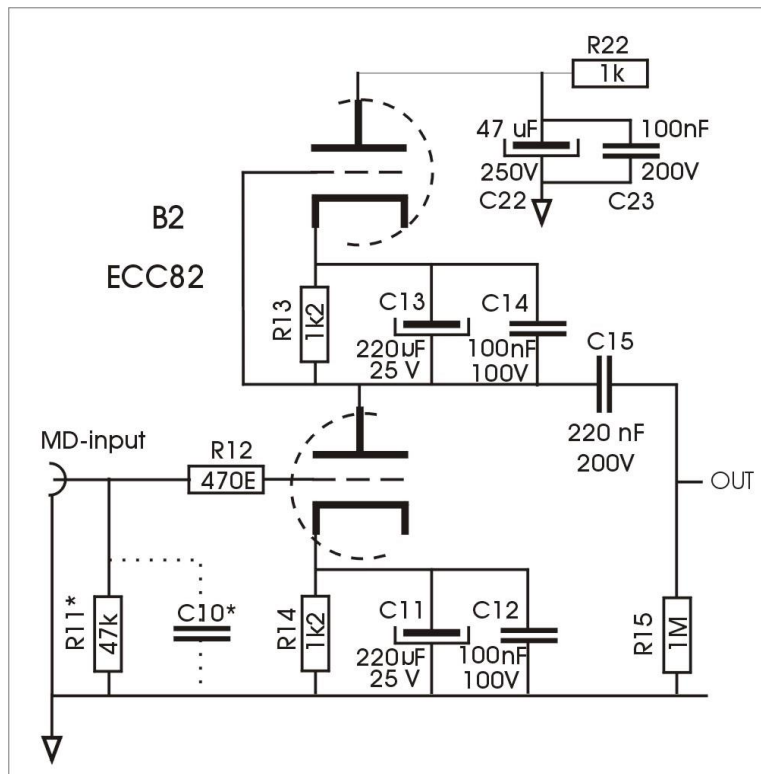


Bild 5: Soll C15 oberhalb oder unterhalb von R13 angeschlossen werden?

Volle zwei Monate habe ich jeden Morgen diesen Test mit der Musik von Cleo Lane durchgeführt und dann endlich beschlossen, dass ihre Stimmungslage am besten hörbar war und mich am tiefsten beeindruckte, wenn C15 unter C13 angeschlossen wird. Das hat mit Messen nichts mehr zu tun, da ich mit meinen Geräten keine Unterschiede feststellen konnte. Das Maß der Abstraktion ist bei solchen Wahrnehmungen sehr groß. Wir beurteilen hier vollständig nach unseren Gefühlen und Erwartungen und nicht mehr nach Frequenz, Lautstärke, Hallzeit und prozentualem Verzerrungsanteil. Hier sind Emotionen im Spiel, und die sagen uns recht deutlich, ob die Qualität gut oder unzureichend ist.

Ist die Einteilung nun vollständig?

Wir haben nun vier Test-Punkte vorliegen, die auf verschiedenen Zweigen der Wissenschaft beruhen und doch alle mit Klang zu tun haben. Wenn wir ein Qualitätsurteil aussprechen, ist es hilfreich, zu wissen, von welchem Kriterium die Rede ist. Das verhindert Verwirrungen.

In der AES wird seit Jahren ein Streit zwischen den Objektivisten und den Subjektivisten ausgetragen ("wir hören aber bis 20 kHz" gegen "SACD mit seiner wesentlich größeren Bandbreite klingt aber besser"). Beide Parteien hauen sich Argumente um die Ohren, denen verschiedene Qualitätskriterien zu Grunde liegen, und können sich nicht einigen. Ich denke jedoch dass, wenn wir uns der verschiedenen Kriterien bewusst

werden, auch ein Zueinander-Finden, zumindest jedoch ein sinnvolleres Kommunizieren möglich ist.

Ich vermisse noch etwas an diesem Modell, und das passt auch nicht so gut dazu. Im Text unter Bild 2 habe ich es bereits angedeutet. Es handelt sich um eine Gruppe von Wahrnehmungen, die ich gerne unter "tiefes Fühlen" einordnen, und mit Sexualität und dem Übersinnlichen verbinden möchte. Vielleicht auch noch mit "Kommunikation", aber das würde an dieser Stelle zu weit führen.

Dazu zwei Beispiele: In früheren Zeiten konnten die Eskimos auch über größere Entfernungen auf geistigem Wege miteinander kommunizieren. Heutzutage verwenden wir Mobiltelefone zu diesem Zweck, aber ich weiß genau, dass Menschen, die in enger Verbindung stehen, auch ohne Handy wissen bzw. fühlen, wie es dem jeweils anderen Menschen geht. Auch eine Mutter fühlt immer, wie es ihrem Kind geht und weiß, wann sie sich Sorgen um ihr Kind machen muss oder nicht. Diese Art von "tiefem Fühlen" wende ich auch auf den Audio-Bereich an (siehe Punkt ⁽⁶⁾ für weitere Informationen).

Bescheidener Nachtrag

Ich schätze die Arbeit der Autoren Blauert und Jekosch sehr. Mit Nachdruck möchte ich auf ihren ursprünglichen Artikel verweisen, in welchem Sie die Gegebenheiten wesentlich besser und ausführlicher formulieren, als ich dies vermag.

Mein Ziel war es, dieses Wissen dem Audio-Liebhaber auf verständliche Weise zu vermitteln. Hier und da habe ich mir zur Verwirklichung dieses Ziels ein paar Freiheiten erlaubt, was zur Folge hatte, dass ich die Zusammenhänge weniger gut beschrieben habe als Blauert und Jekosch. Dies werden Sie mir sicher verzeihen, und ich hoffe, dass dieser Artikel uns helfen wird, mit dem Phänomen "Audio" besser umzugehen.

Selbst ausprobieren

Neulich führten ein paar Leute von der AES einen Wahrnehmungstest mit einem steilen Tiefpassfilter durch, dessen Eckfrequenz bei 15 kHz liegt. Sie konnten das Filter blind ein- und ausschalten und Aussagen über Hörbarkeit dieses Filters machen. Im Internet finden Sie mehr zu diesem Test⁽¹³⁾. Versuchen Sie selbst, herauszufinden, welche der vier Qualitätskriterien bei diesem Test eine Rolle gespielt haben. Viel Erfolg!

Quellen:

- 1) Blauert and Jekosch: "A Layer Model of Sound Quality"; JAES, Vol. 60, Jan/Feb 2012, pp. 4-12
- 2) www.aes.org
- 3) Jens Blauert: "Spatial Hearing"; MIT press, BLASH 0-262-02190
- 4) Robert M. Pirsig: "Zen und die Kunst, ein Motorrad zu warten"
- 5) Jekosch: "Meaning in the Context of Sound Quality Assessment"; Acustica 85, 681-684 (1999)

- 6) Menno van der Veen: "Entwurf von Röhrenverstärkern"; Kapitel 9; Elektor, ISBN 978-3-89576-237-6
- 7) Menno van der Veen: "Low level audio signal transfer through transformers conflicts with permeability behavior inside their cores"; 122nd AES Convention 2007, Austria, paper 7125.
- 8) Menno van der Veen: "Signal level and frequency dependant losses inside audio signal transformers and how to prevent those"; 130th AES Convention 2011 in London, paper 8360.
- 9) zum Download 7) und 8): www.mennovanderveen.nl | Publications
- 10) www.audiomagic.nl
- 11) www.grimmaudio.com
- 12) www.tentlabs.com
- 13) [www.linearaudio.nl/Documents/AES NL april 2012.pdf](http://www.linearaudio.nl/Documents/AES%20NL%20april%202012.pdf)