



Je lauter desto bumm! – The Evolution of Loud

**Untersuchung zur Evolution der Lautheit und Klangcharakteristik in 60
Jahren westlicher Popularmusik.**

Master-These

Eingereicht am:
Department für Kunst- und Bildwissenschaften
Zentrum für Zeitgenössische Musik
Musikmanagement (MA)
an der Donau-Universität Krems

Betreuer:
Univ.-Ass. Mag.art. Mag.phil. Dr.phil. Werner Goebel
Institut für Wiener Klangstil
Universität für Musik und Darstellende Kunst Wien

Von:
Rudolf Matthias Ortner
9709932

Abgabedatum:
11. September 2012

„Je lauter desto bumm! – The Evolution of Loud“

Untersuchung zur Evolution der Lautheit und Klangcharakteristik in 60 Jahren westlicher Popularmusik.

Die Geschichte der Musik ist in ihrer ästhetischen Entwicklung untrennbar mit den Innovationen im Instrumentenbau verbunden. Die Möglichkeit musikalische Darbietungen zu konservieren, fügt dieser Wechselwirkung einen weiteren, davon unabhängigen Parameter hinzu. Nicht mehr die Beschaffenheit und der Tonumfang der Instrumente alleine, sondern auch die technischen Voraussetzungen der Aufnahme- und Abspiel- bzw. Endgeräte, durch die der Rezipient die akustische Wahrnehmung erfährt, hat Einfluss auf ihre Entwicklung. Von der Verbreitung über Radio, Vinyl, Musikkassette, CD, bis zu komprimierten Dateiformaten wie MP3 hat sich das Umfeld in dem, respektive mit dem Musik konsumiert wird, in den letzten Jahrzehnten immer wieder grundlegend geändert. Die Musikindustrie reagierte darauf mit ästhetischen Veränderungen.

Ziel dieser Master These ist es, den Einfluss von Abhörgeräten, Medienformaten und der Entwicklung von Produktions-Technologien auf die Klangcharakteristiken der produzierten Musik zu beschreiben. Es werden Wege und Wechselwirkungen analysiert, die diese Entwicklungen genommen haben und noch nehmen können. Grundlage der Untersuchung ist ein repräsentativer Korpus von über 10.000 ausgewählten erfolgreichen Titeln aus über 60 Jahren Popularmusikgeschichte. Dabei werden die Veränderungen zwischen mehreren Merkmalen wie Kurzzeit- und Langzeit-Dynamik, Spitzenpegel und medianer Leistung in 42 verschiedenen ERB-Frequenzbändern, zusammen mit den Parametern des kürzlich veröffentlichten EBU R128 Lautheits-Standards gemessen und in qualitativen Interviews mit Florian Camerer, Bob Katz, Thomas Lund und James D. Johnston besprochen.

The Evolution of Loud

Dissecting the Evolution of Loudness and Characteristics of Sound during the Past 60 Years of Popular Music

The history of music and its aesthetic development are inextricably linked with the innovations of the musical instruments and instrument-making. The possibility of conserving musical performances with recording technology adds another independent parameter to this interplay. It is no longer the nature and range of the instruments alone that has an impact on its development, but also the technical condition and requirement of the playback device through which the recipient experiences the acoustic recording.

From the distribution via radio, vinyl, MC, CD, to compressed digital formats like MP3, the landscape of music production and consumption in recent decades has repeatedly changed. The music industry responded with aesthetic changes.

The objective of this thesis is to demonstrate the influence of listening devices, media formats and developing production-technology on the aesthetics of produced music. It shows which paths and interactions this developments has caused and might cause in the near future. Basis of the study is a representative body more than 10.000 successful titles, selected from more than 60 years of popular music history. Changes between several features such as short-term and long-term dynamics, high level sample density, peak level and median power in 42 different ERB-bands, measured along with the parameters of the recently published EBU R128 loudness standard are shown and discussed in qualitative interviews with Florian Camerer, Bob Katz, Thomas Lund and James D. Johnston.

Eidesstattliche Erklärung

Ich, **Rudolf Matthias Ortner**.....

erkläre,

dass ich meine Master These selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe,

dass ich meine Master These bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe,

dass ich, falls die Arbeit mein Unternehmen betrifft, meinen Arbeitgeber über Titel, Form und Inhalt der Master These unterrichtet und sein Einverständnis eingeholt habe.

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift

Danksagung

Das Zustandekommen dieser Arbeit wäre ohne die Unterstützung der folgenden Personen nicht geschehen: In erster Linie gilt mein Dank meiner Lebensgefährtin Berith, meinen Kindern Elliot und Liv, sowie meinen Eltern, ohne deren Ansporn, Entlastung und Unterstützung das Studium und die Arbeit an dieser Master-These für mich nicht möglich gewesen wäre. Werner Goebel möchte ich für die großartige Unterstützung als Betreuer, die inspirierenden Gespräche und konstruktiven Vorschläge herzlich danken. Ohne seine fachkundige Hilfe wäre der Rechenaufwand, den diese Arbeit verursacht hat, nicht bewältigbar gewesen. Ein besonderer Dank gilt Bob Katz, Thomas Lund, Florian Camerer und James D. Johnston, die mich durch ihre Gesprächsbereitschaft motiviert und angespornt haben. Erich Stanek und dem Archiv des ORF Funkhauses-Wien danke ich für die Möglichkeit des Zugriffs auf die Audio-CDs die den Korpus dieser Arbeit bilden. Bei Nugen-Audio bedanke ich mich für das zur Verfügung stellen der Software Nugen LMB. Bedanken möchte mich auch bei meinen KollegInnen Alexander, Andreas, Barbara, Florian, Matthias und Sebastian, die es mir durch ihre Flexibilität ermöglicht haben, ein Studium neben meiner Vollzeitbeschäftigung durchzuführen. Ihnen und Monika Eigensperger danke ich auch für die Freistellung während der letzten Monate zur Erstellung dieser Arbeit. Großer Dank gilt Johannes Ortner, Reinhard Pilz und Riem Higazi für alle eingeflossenen Korrekturen und Anregungen.

Für die produktive und inspirierende Zeit die ich während dieses Studiums an der Donau-Universität Krems verbringen durfte, möchte ich auch meinen Studienkollegen – allen voran Klemens Bittmann und Susanne Schwaiger – danken. Abschließend gilt mein Dank der Studienleitung, Eva Stöckler, Nora Bammer, Cornelia Fries und Andrea Kaufmann, für Ihre tatkräftige Unterstützung und Organisation des gesamten Studiums.

Inhaltsverzeichnis

I	EINFÜHRUNG	1
I.1	MOTIVATION	2
I.2	ZIEL	2
II	HINTERGRUND	5
II.1	BESCHREIBUNG EINES SCHALLEREIGNISSES	5
II.1.1	SCHALLDRUCK UND SCHALLINTENSITÄT	5
II.1.2	BEL UND DEZIBEL	6
II.1.3	SCHALLDRUCKPEGEL	7
II.1.4	PSYCHOAKUSTISCHE MAßEINHEITEN	8
II.1.4.1	Phon	8
II.1.4.2	Gehörriichtige Lautstärkekurven	8
II.1.4.3	Sone	11
II.1.5	FREQUENZ	11
II.1.5.1	Prozess der Tonhöhenerkennung im Ohr	11
II.1.5.2	ERB-Skala	12
II.1.6	EINFLUSS DER ZEIT	13
II.1.7	ZUSAMMENHANG ZWISCHEN INTENSITÄT UND LAUTHEIT	14
II.2	PROZESSABLAUF EINER MUSIKPRODUKTION	15
II.2.1	KLANGBEARBEITUNG DURCH KOMPRESSOR	15
II.2.2	KLANGBEARBEITUNG DURCH GATE	16
II.2.3	KLANGBEARBEITUNG DURCH FILTER	17
II.2.4	KLANGBEARBEITUNG DURCH LIMITER	18
II.3	BESCHREIBUNG VON QUALITÄTSMERKMALEN	18
II.3.1	SUBJEKTIVE QUALITÄTSBEURTEILUNGSVERFAHREN	19
II.3.2	OBJEKTIVE QUALITÄTSBEURTEILUNGSVERFAHREN	19
II.3.3	LOUDNESS WAR	20
II.3.3.1	ITU BS.1770	22
II.3.3.2	CALM-Act – ATSC A/85	24
II.3.3.3	EBU R128	25
II.3.3.4	ReplayGain	26

II.3.3.5	Soundcheck – Mastered for iTunes (Apple).....	27
II.4	UNTERSUCHUNGEN ZUR BESCHREIBUNG VON QUALITÄTSMERKMALEN	27
II.4.1	ELEMENTS OF POPULAR MUSIC ANALYSIS	28
II.4.2	INTER-BAND RELATIONSHIP ANALYSIS	30
II.4.3	WAHRNEHMUNG KOMPRIMIERTER AUDIOSIGNALE.....	32
II.4.4	VERGLEICH VON ALGORITHMEN ZUR MESSUNG DES DYNAMIKUMFANGS	33
III	METHODE	35
III.1	KORPUS.....	35
III.1.1	AUSWAHL VON AUDIO-CDS	36
III.1.2	IMPORTIEREN VON AUDIO-CDS	38
III.2	AUSWAHL DER INTERVIEWPARTNER	39
III.2.1	FLORIAN CAMERER.....	39
III.2.2	BOB KATZ	40
III.2.3	THOMAS LUND.....	41
III.2.4	JAMES D. JOHNSTON	41
III.3	DEFINITION DER PARAMETER	42
III.3.1	PARAMETER DER LAUTHEITSMESSUNG NACH EBU R128	42
III.3.1.1	Programmlautheit – I.....	42
III.3.1.2	Lautheitsbereich – LRA	43
III.3.1.3	Maximale Momentane Lautheit – MaxM.....	43
III.3.1.4	Kurzzeit-Lautheit – MaxS	44
III.3.1.5	Exakter Maximaler Spitzenpegel – MaxTP	44
III.3.1.5.1	Hintergrund zum MaxTP	44
III.3.2	PARAMETER DER MATLAB-MESSUNGEN.....	45
III.3.2.1	RMS – Zeitliche Konstanten	45
III.3.2.2	Spitzenpegel 10ms RMS.....	46
III.3.2.3	Medianpegel 10ms RMS.....	46
III.3.2.4	Spitzenpegel Absolute Samples.....	46
III.3.2.5	Medianpegel Absolute Samples.....	46
III.3.2.6	FFT-Analyse	46
III.3.2.6.1	10ms RMS Spitzenpegel pro Band (1..42).....	48
III.3.2.6.2	10ms RMS Medianpegel pro Band (1..42).....	48
III.3.2.7	High Level Sample Density – HLSD	49
III.3.3	SPITZEN- DURCHSCHNITTSWERTDIFFERENZ – CREST	49
III.3.3.1	CREST EBU1.....	49
III.3.3.2	CREST EBU2.....	50

III.3.3.3	CREST EBU3	50
III.3.3.4	CREST 10ms RMS	50
III.3.3.5	CREST Absolute Samples.....	50
III.3.3.6	CREST MaxTP– Spitzenpegel Absoluter Samples.....	50
III.3.3.7	CREST RMS(1..42)	50
IV	<u>ERGEBNISSE</u>	<u>51</u>
IV.1	PROGRAMMLAUTHEIT (I)	51
IV.2	EXAKTER MAXIMALER SPITZENPEGEL (MAXTP)	52
IV.3	MAXIMALE MOMENTANE LAUTHEIT (MAXM)	54
IV.4	MAXIMALE KURZZEIT-LAUTHEIT (MAXS)	55
IV.5	VERGLEICH (I, MAXM, MAXS, MAXTP)	55
IV.6	CREST VERGLEICHE EBU R128	56
IV.6.1	CREST EBU1	56
IV.6.2	CREST EBU2	57
IV.6.3	CREST EBU3	58
IV.7	LAUTHEITSBEREICH (LRA)	59
IV.8	HIGH LEVEL SAMPLE DENSITY (HLSD).....	61
IV.9	10 MS RMS SPITZENPEGEL.....	63
IV.10	10 MS RMS MEDIAN.....	64
IV.10.1	CREST RMS SPITZENPEGEL – RMS MEDIAN.....	64
IV.11	SPITZENPEGEL ABSOLUTER SAMPLES.....	65
IV.12	MEDIANPEGEL ABSOLUTER SAMPLES.....	67
IV.13	SPEZIALAUSWERTUNGEN „BEAT IT“	68
IV.14	ERB SPITZENPEGEL	71
IV.15	ERB MEDIANPEGEL	74
IV.16	ERB CREST	77
IV.17	ERB SPITZENPEGEL NORMALISIERT	81
IV.18	ERB MEDIANPEGEL NORMALISIERT.....	86
V	<u>FAZIT.....</u>	<u>91</u>
V.1	AUSBLICK.....	93
VI	<u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</u>	<u>94</u>
VII	<u>TABELLEN</u>	<u>95</u>
VIII	<u>LITERATURVERZEICHNIS.....</u>	<u>97</u>

IX	ANHANG.....	107
IX.1	INTERVIEW TRANSKRIPTE	107
IX.1.1	FLORIAN CAMERER INTERVIEW	107
IX.1.2	BOB KATZ INTERVIEW 1	119
IX.1.3	BOB KATZ INTERVIEW 2	122
IX.1.4	THOMAS LUND INTERVIEW	131
IX.2	EMAIL KORRESPONDENZ.....	137
IX.3	LISTE DER UNTERSUCHTEN AUDIO CDs	155

I EINFÜHRUNG

„If recordings are considered to be primarily works of art, they can signify as such only by using the prevailing technological tools of their age“ (Millner, 2009, S. 22)

Die Geschichte der Tonaufzeichnung beginnt im ausgehenden 19. Jahrhundert. Thomas Alva Edison, Emil Berliner und Alexander Graham Bell arbeiteten an unterschiedlichen Orten zur selben Zeit an Techniken, die es erstmals ermöglichten, Schall zu konservieren. Dabei entstand ein regelrechter Wettstreit um eine möglichst naturgetreue Wiedergabe des einmal aufgezeichneten Ereignisses. Die Verfahren waren einander sehr ähnlich, und im Kern handelte es sich um die akustisch-mechanische Umwandlung von Schallschwingungen, die von einem Schalltrichter aufgenommen und durch einen Stichel direkt auf ein Trägermedium (erst Walzen, später Schallplatten) übertragen wurden. Dem entgegen steht die Entwicklung der Aufzeichnung mit der Erfindung des elektrischen Schallwandlers Mikrofon. Dieses macht es möglich einzelne Ereignisse in ihrer Lautstärke zu regulieren und damit in das akustische Geschehen direkt einzugreifen. Durch die Verwendung von mehreren Mikrofonen entstand so eine Kunstform, die es zuvor nicht gab. Eine Musikkomposition ist in ihrem Ausdruck nicht mehr durch ihre akustische Aufführung begrenzt. Sie gewinnt die Ebene der Nachbearbeitung im Studio.

„We must be prepared to accept the fact that, for better or worse, recording will forever alter our notions about what is appropriate to the performance of music.“
(Gould, 1966)

Bei der Musik, die in dieser Arbeit mit Populärmusik beschrieben wird, handelt es sich immer um nachbearbeitete Musik – um Musik, die im Studio bearbeitet wurde und somit immer auch die Verwendung von Mikrofonen als wesentlichen Baustein miteinbezieht. Alexander Graham Bell teilt diese beiden Arten der Musikaufnahme in „akustische“ und „elektrische“ Aufnahmen und spricht in diesem Zusammenhang auch von der Erfindung der „erweiterten Musik“ („*enhanced music*“) (Millner, 2009, S. 50). Erweitert auch um die Möglichkeiten der Verstärkung des aufgenommenen Ereignisses durch die Technik des Lautsprechers, der es ermöglicht, an sich sehr leise akustische Ereignisse in einer völlig veränderten Lautstärke wiederzugeben. Die Art und Weise des Eingriffes in Kompositionen ist nicht nur Moden, Trends und Hörgewohnheiten, sondern auch technischen Weiterentwicklungen unterworfen.

Wie Musik zu einer gegebenen Zeit klingt, ist das Ergebnis eines Dialoges zwischen Kunst und Technik – zwischen kompositorischem Stil und technologischen Möglichkeiten. Das Studio entwickelte sich vom Werkzeug zum Instrument, vom Konservator zum Komponisten.

„Recordings deal with concepts through which the past is reevaluated, and they concern notions about the future that will ultimately question even the validity of evaluation“ (Gould, 1966)

I.1 Motivation

Seit nunmehr 15 Jahren beschäftige ich mich hauptberuflich mit Musik. Durch meine Arbeit als Produzent und Redakteur für Radiostationen in Österreich, hatte ich das Vergnügen an einer Schnittstelle zwischen Musikindustrie und Publikum zu arbeiten. Als freier Produzent lernte ich die Grundlagen der Musikproduktion und Mastering Techniken – dem letzten Schritt in der Kette von Komposition zur Fertigung – kennen, und in all den Jahren konnte ich als Beobachter der Popularmusikszene eines klar erkennen: Die Art und Weise wie Musik klingt, wie sie produziert und als fertiges Produkt präsentiert wird, hat sich grundlegend geändert. Auf der einen Seite konnte ich einen großen Qualitätsanstieg von sogenannten Low-Budget-Produktionen erkennen, die ich auf die immer kostengünstigere Technologie, welche in den zahlreicher werdenden Heimstudios Einzug gehalten hat, zurückführe. Auf der anderen Seite war aber auch ein Qualitätsverlust von High-Budget-Produktionen zu beobachten. Während also der „Underground“ in puncto Klangqualität aufholte, bauten große Studioproduktionen ab. Was ist passiert?

I.2 Ziel

Da man als Beobachter natürlich nur einen sehr subjektiven Blick auf diese Entwicklung werfen kann, zumal ja auch eigene Vorzüge bezüglich Ästhetik und Klangcharakteristik einem laufenden Wandel unterzogen sind, habe ich mir vorgenommen, die Hintergründe dieses Wandels zu beleuchten. In der vorliegenden Arbeit versuche ich durch eine breit angelegte Untersuchung zu beschreiben, welche Wege diese Entwicklung eingeschlagen hat und stelle eine Prognose für einen möglichen, zukünftigen Verlauf. Grundlage dieser Untersuchung ist ein Korpus von 10.128 Musikstücken aus über 60 Jahren Popularmusikgeschichte. Dieser wird auf unterschiedliche, miteinander vergleichbare Parameter hin untersucht. Die Ergebnisse dieser Analyse werden anschließend mit einflussreichen Größen der Musikbranche im Interview besprochen. Die Interviewergebnisse fließen in die Beurteilung und Beschreibung der gewonnenen Daten ein. Somit kann ein

detailliertes Bild über den Zusammenhang zwischen künstlerischem Ausdruck und den technologischen Entwicklungen, der diesen ermöglichte, hergestellt werden.

II HINTERGRUND

Bevor über die Methoden der Untersuchung gesprochen werden kann, ist ein Verständnis der physikalischen und psychoakustischen Grundlagen nötig (II.1). Ein Überblick über den klassischen Ablauf einer Musikproduktion, von der Idee bis zum fertigen Produkt, beschreibt jene Prozesse, die den größten Einfluss auf die Klangcharakteristik eines veröffentlichten Albums haben (II.2). Eine Zusammenfassung der Methoden zur Beschreibung von Qualitätsmerkmalen in der Musik und die Bemühungen um einen internationalen Standard zur Bewertung der Lautheit (II.3) schilden den Hintergrund der abschließend vorgestellten Studien, die bereits Teilaspekte dieser Arbeit beleuchtet haben (II.4).

II.1 Beschreibung eines Schallereignisses

Die Beschreibung eines Schallereignisses, welches das Ohr erreicht, kann im Wesentlichen auf drei voneinander unabhängige physikalische Größen reduziert werden. Den Schalldruck (p = pressure), mit dem man die Lautheit oder Lautstärke beschreibt, die Frequenz (f = frequency), die für die empfundene Tonhöhe verantwortlich zeichnet, und den Einfluss der Zeit (t = time), mit der das Schallereignis auftritt.

II.1.1 Schalldruck und Schallintensität

Der Schalldruck beschreibt die Druckschwankungen des schallübertragenden Mediums (z.B. Luft), die das Trommelfell in Bewegung versetzen und in weiterer Folge den Prozess des Hörens auslösen. Diese Druckschwankung, die in der Regel wesentlich geringer ist als der umgebende, statische Luftdruck, kann mit dem Verhältnis Kraft (F) pro Fläche (A) und der Einheit N/m^2 beschrieben werden.

$$p = \frac{F}{A} \left[\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

Die Ursache für den Schalldruck ist die Schallintensität (I), welche die physikalische Leistung (P = Power = Energie pro Zeit = E/T , während $E = P \cdot T$ ist) eines Schallereignisses mit der Einheit W/m^2 beschreibt.

$$I = \frac{p^2}{p_0 c} = \frac{\left(\frac{F}{A}\right)^2}{p_0 c} \left[\frac{W}{m^2}\right]$$

p_0 steht hierbei für die Dichte des Mediums und c für die Schallgeschwindigkeit mit der sich die Druckschwankung p in einem Medium (z.B. Luft) ausbreitet (Yost, 2007, S. 25).

II.1.2 Bel und Dezibel

Die hohe Sensibilität des menschlichen Ohrs ermöglicht es uns, sehr geringe Druckschwankungen und damit Schallereignisse zu erfassen. Während ein eben noch hörbares Ereignis (Hörschwelle) eine Schallintensität von $0,000000000001$ (10^{-12}) W/m^2 misst, weist ein Geräusch, das so laut ist, dass ein gesundes Ohr es eben noch verträgt, bevor es überlastet und beschädigt wird, $100 W/m^2$ auf. (Sengpiel, Dezibel-Tabelle-SPL-Lautstärkevergleichstabelle, o.J.). Dazwischen liegt ein Dynamikbereich von 10^{14} Intensitätseinheiten. Aufgrund dieses enormen Umfangs ist die Verwendung der Schallintensität als Messgröße nicht geeignet. Weitaus praktikabler ist es, das Verhältnis von zwei Schallintensitäten (I_1 und I_2) auf einer logarithmischen Skala zu beschreiben. Der daraus resultierende Wert trägt die dimensionslose Einheit „Bel“, benannt nach dem britischen Erfinder Alexander Graham Bell.

$$Bel = \log_{10} \frac{I_1}{I_2}$$

Für eine noch bessere Handhabung wird in der akustischen Messtechnik ein Bel in zehn weitere Bruchteile aufgelöst, daraus ergibt sich die Einheit Dezibel (dB).

$$dB = 10 \cdot \log_{10} \frac{I_1}{I_2}$$

Setzt man nun das Verhältnis zwischen der kleinsten und der größten wahrnehmbare Schallintensität in diese Formel ein, so ergibt sich ein Dynamikumfang von 140 dB, den ein gesundes menschliches Ohr auflösen kann. (Yost, 2007, S. 26)

$$10 \cdot \log_{10} \frac{10^{14}}{1} = 10 \cdot \log_{10}(10^{14}) = 140 \text{ dB}$$

Die Einheit Dezibel ist somit eine relative Maßeinheit und beschreibt das Verhältnis zwischen zwei gleichartigen physikalischen Größen. Dabei bleibt sie selbst dimensionslos und braucht daher immer einen beschreibenden Zusatz, der die Verbindung zum verglichenen Bezug herstellt. In der Audiomesstechnik findet man unter anderem folgende Bezeichnungen.

dBu	Spannungspegel mit Bezugsgröße $\sqrt{600\Omega \cdot 0,001 W} \approx 0,7746 V$
dBV	Spannungspegel mit Bezugsgröße 1 V
dBA	A-bewerteter Schalldruckpegel
dB SPL	Schalldruckpegel mit Bezugsgröße $p_0=20 \mu\text{Pa}$
dBFS	„Full Scale“ Pegel im digitalen tontechnischen System

Tabelle II-1 dB Bezeichnungen

In digitalen Systemen ist der maximale Pegelwert für jedes einzelne Sample mit der Ausschöpfung der vollen Wortbreite (für Audio CDs 16 Bit pro Kanal bei einer Samplingrate von 44,1 kHz) begrenzt. Dieser Maximalwert ist mit 0 dBFS erreicht. Die Pegelskala läuft daher in digitalen Systemen in eine negative Richtung.

II.1.3 Schalldruckpegel

Unter Schalldruckpegel L_p oder auch „Sound Pressure Level“ (SPL), versteht man das logarithmische Verhältnis zwischen dem Quadrat des auftretenden Schalldrucks (p_1) zum Quadrat eines Bezugsschalldrucks (p_0), der in den 1930er Jahren als Hörschwelle mit $p_0 = 20 \mu\text{Pa} = 2 \cdot 10^{-5}$ Pascal definiert wurde. Der daraus resultierende Wert in dB-SPL vergleicht also den Schalldruck des auftretenden akustischen Ereignisses, mit dem Schalldruck der Hörschwelle. Es handelt sich dabei um den Schallwechseldruck als Effektivwert (Sengpiel, Der Zusammenhang der Schallgrößen, o.J.).

$$L_p = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{p_1^2}{p_0^2} \right) dB_{SPL} = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{p_1}{p_0} \right) dB_{SPL}$$

Zur Veranschaulichung der dB-SPL Skala dient folgende Tabelle.

0 dB SPL	Hörschwelle
10 dB SPL	ruhiges Atmen
20 dB SPL	Flüstern
40 dB SPL	ruhiges Zimmer
60 dB SPL	normale Konversation
110 dB SPL	ins Ohr schreien
120 dB SPL	Donner
140 dB SPL	unmittelbare Gehörschäden

Tabelle II-2 dB SPL Ambiente (vgl. Yost, 2007, S. 27)

II.1.4 Psychoakustische Maßeinheiten

„Intensity is correlated with what happens outside our head, but loudness exists only inside our heads“ (Lloyd, 1947)

Während die oben erwähnten Maßeinheiten die physikalischen Rahmenbedingungen für das Auftreten von Schall in einem Medium beschreiben, braucht es für den vom Menschen subjektiv empfundenen, psychoakustischen Eindruck weitere beschreibende Größen. Die relative Bewertung eines Schallereignisses durch die Verhältnismaßzahl Dezibel ist unabhängig von seiner Frequenz (Tonhöhe). Das menschliche Ohr reagiert allerdings mit unterschiedlicher Sensibilität auf verschiedene Frequenzen. So ist der Hörbereich eines durchschnittlichen, gesunden Ohrs mit einem Frequenzspektrum von 20 Hz bis 20 kHz begrenzt. Dieser Umfang nimmt mit zunehmendem Alter speziell im Hochtonbereich ab. Um diesen Eindruck zu beschreiben, wurden zwei weitere Maßeinheiten eingeführt.

II.1.4.1 Phon

Die Einheit Phon wurde 1925 vom deutschen Physiker Heinrich Barkhausen beschrieben. Sie gibt an, welchen Schalldruckpegel ein Ton beliebiger Frequenz besitzen muss, um als gleich laut wahrgenommen zu werden, wie ein Referenzton mit der Frequenz von 1000 Hz. Da dieser Vergleich nur subjektiv durch einen Hörtest erfolgen kann, wurden im Laufe der Jahre mehrere Experimente mit unterschiedlicher Anzahl von Versuchspersonen durchgeführt, deren zusammengefasste Ergebnisse in den „Gehörrechten Lautstärkekurven“ beschrieben werden.

II.1.4.2 Gehörrechte Lautstärkekurven

Die ersten Laborversuche dazu wurden von H. Fletcher und W.A. Munson unter dem Titel *„Normal Equal-Loudness Contours for Pure Tones“* veröffentlicht (Fletcher & Munson, 1933). Diese Untersuchung zu den „Gehörrechten Lautstärkekurven“ wurde 1956 von den beiden Wissenschaftlern D.W. Robinson und R.S. Dadson unter besseren Bedingungen (freies Schallfeld anstelle von Kopfhörern (Robinson & Dadson, 1956)) wiederholt und zur Grundlage des heute gültigen Standards ISO226:2003 (siehe Abbildung II-1, Seite 9).

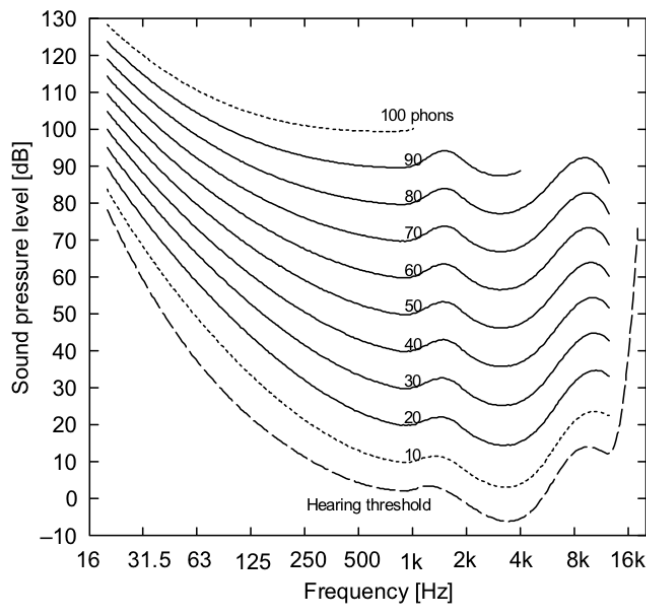


Abbildung II-1 ISO226:2003 (Suzuki, 2003, S. 6)

Dieser beruht auf Testergebnissen aus mehreren Laboratorien weltweit, die unter der Leitung von Yôiti Suzuki zusammenfassend publiziert wurden. Sie gelten für Sinustöne mit einer Dauer von über 500ms (Suzuki, 2003).

Die Definition des Referenztones für die resultierenden „Kurven gleicher Lautheit“ in Phon wurde mit dem gleichzahligen Schalldruck und einer Frequenz von 1000Hz beibehalten. Die Hörtests zu dieser Kurve wurden mit Sinustönen in 29 verschiedenen Frequenzen durchgeführt, die von den Testpersonen auf eine jeweils gleich empfundene Lautheit des Referenztones eingepegelt werden mussten. Die Punkte zwischen diesen Frequenzen sind interpoliert. Für einen Lautstärkepegel von 40 Phon sind folgende Werte (Tabelle II-3, Seite 10) im Standard ISO226:2003 festgeschrieben.

Betrachtet man den Referenzton als Nullpunkt, kann durch das Ermitteln der Pegeldifferenz zu den übrigen Frequenzen eine Kurve zur Frequenzgewichtung errechnet werden. Die angegebenen Pegelwerte in dBSPL werden dabei zu Gain-Korrekturwerten (siehe Abbildung II-, Seite 10). Unter der Annahme, dass zwei verschiedene Töne, einer mit der Frequenz von 80 Hz und einer mit 1000 Hz, mit dem selben Signalpegel vom Abspielgerät wiedergegeben werden, wird jener mit der Tonhöhe von 80 Hz um subjektiv -28,5 dBSPL leiser wahrgenommen als der 1000 Hz-Ton. Durch Pegelmessung nach dem Einsatz einer Filter-Gewichtungskurve erhält man die Möglichkeit, die wahrgenommene Lautheit einzelner Frequenzen annähernd abzuschätzen.

SPL						Gain					
Hz	dB	Hz	dB	Hz	dB	Hz	dB	Hz	dB	Hz	dB
20	99,9	200	53,4	2000	39,2	20	-59,9	200	-13,4	2000	0,8
25	93,9	250	50,4	2500	36,5	25	-53,9	250	-10,4	2500	3,5
32	88,2	315	47,6	3150	35,6	32	-48,2	315	-7,6	3150	4,4
40	82,6	400	45,0	4000	36,6	40	-42,6	400	-5,0	4000	3,4
50	77,8	500	43,1	5000	40,0	50	-37,8	500	-3,1	5000	0,0
63	73,1	630	41,3	6300	45,8	63	-33,1	630	-1,3	6300	-5,8
80	68,5	800	40,1	8000	51,8	80	-28,5	800	-0,1	8000	-11,8
100	64,4	1000	40,0	1000	54,3	100	-24,4	1000	0,0	1000	-14,3
125	60,6	1250	41,8	1250	51,5	125	-20,6	1250	-1,8	1250	-11,5
160	56,7	1600	42,5			160	-16,7	1600	-2,5		

Tabelle II-3 40Phon SPL (Heo & Sung, 2008, S. 3)

Gleiche Signalpegel – nach erfolgter Korrektur – werden auch annähernd gleich laut wahrgenommen. Dies gilt allerdings nur für eine Wiedergabelautstärke (Schalldruckpegel) von 40 Phon für den 1000 Hz-Ton. Bei höheren Wiedergabelautstärken sinkt diese Differenz merklich, was eine Bewertung für sämtliche Abhörlautstärken schwierig macht (siehe Abbildung II-1, Seite 9). In der Praxis hat man dafür Annäherungen von Bewertungskurven für verschiedene Lautstärken in der DIN EN 61672-1 2003-10 (DIN-IEC 651) definiert. Diese gliedern sich in die Bewertungen dB(A) für leise, dB(B) für mittlere und dB(C) für laute Schalldruckpegel. Dabei handelt es sich aus Vereinfachungsgründen aber maximal um Annäherungen (siehe Abbildung II-2).

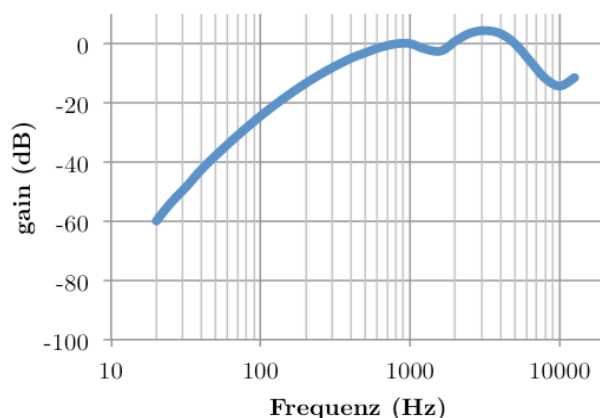


Abbildung II-2 Frequenzgewichtung 40 Phon

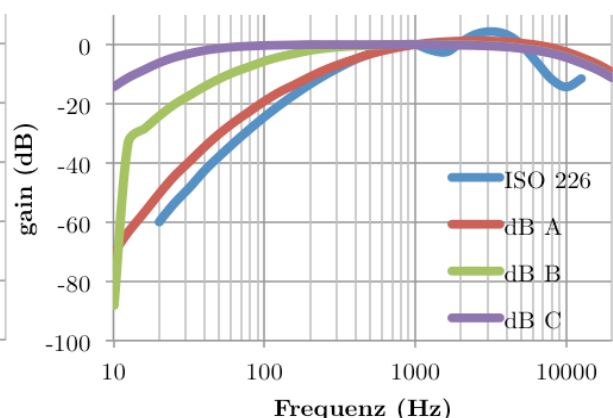


Abbildung II-2 Bewertungsfilter DIN-IEC 651

II.1.4.3 Sone

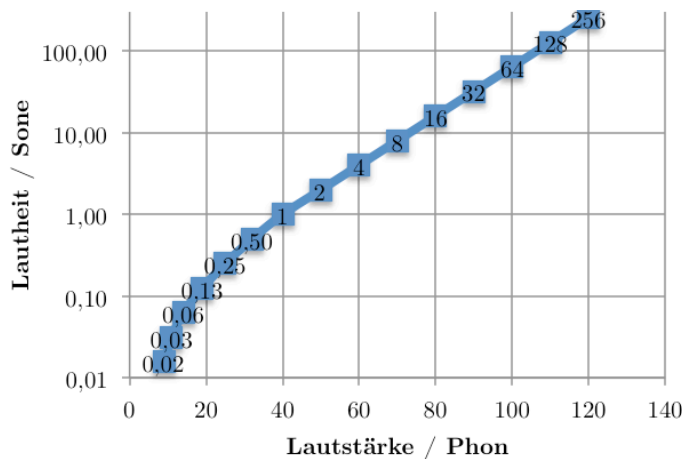


Abbildung II-3 Sone/Phone Skala

Einen Schritt weiter geht die Festlegung der Maßeinheit Sone für die subjektive Lautheit N eines Schallereignisses, die 1936 von Stanley Smith Stevens definiert wurde (Stevens, Volkmann, & Newman, A Scale for the Measurement of the Psychological Magnitude Pitch, 1937). Dabei wird dem Lautstärkepegel von 40 Phon die Lautheit 1 Sone zugeordnet.

Ein doppelt so laut wahrgenommenes Schallereignis hat nach Stevens' Definition eine Einheit von 2 Sone. Verdoppelt sich die Lautheit weiter, so verdoppelt sich auch der Sone-Wert. Eine Verdoppelung der Lautheit verursacht umgekehrt eine Zunahme des Schalldruckpegels (Lautstärke) um ungefähr 10 Phon (siehe Abbildung II-3). Dieser proportionale Zusammenhang gilt allerdings nur für Schallereignisse über 40 Phon (Yost, 2007, S. 189).

II.1.5 Frequenz

Die Amplitude eines Schallereignisses, deren Frequenz in Hertz (Schwingungen pro Sekunde, Hz) gemessen wird, bestimmt die empfundene Tonhöhe. Diese ist unabhängig vom Schalldruck.

II.1.5.1 Prozess der Tonhöhenerkennung im Ohr

Der Prozess der Erkennung von Tonhöhen geschieht in der Hörschnecke (Cochlea) im Innenohr, in deren Windungen sich die Basilarmembran mit seinen Haarzellen befindet. Unterschiedliche Frequenzen erzeugen an verschiedenen Stellen der Basilarmembran ein Erregungsmaximum, das die an dieser Stelle befindlichen Haarzellen schwingen lässt. Die Stärke dieser Schwingung ist abhängig vom Schalldruck, welcher für die empfundene

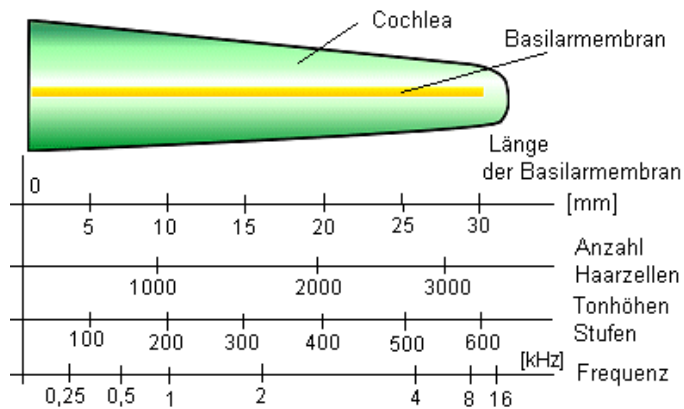


Abbildung II-4 Basilar membran (Kremer, 2004)

Lautstärke steht. Ausgerollt würde die Basilar membran eine Länge von ca. 32 mm besitzen. In Abbildung II-4 kann man eine örtliche Zuordnung zu Frequenz und Tonhöhe erkennen. Ein Schallereignis besteht in der Regel aus einer gleichzeitigen Überlagerung von verschiedenen Frequenzen. Dabei werden unterschiedliche Bereiche der Basilar membran gleichzeitig stimuliert. In Untersuchungen von E. Zwicker und R. Feldtkeller konnte nachgewiesen werden, dass sich die subjektiv empfundene Lautheit von gefiltertem weißen Rauschen – bei gleichbleibendem Pegel – solange nicht erhöht, bis ein bestimmter Frequenzabstand ΔF des Filters überschritten wird. Im Experiment konnten Versuchspersonen gleichzeitig zum Rauschen einen Ton hören, dessen Frequenz sich genau in der Mitte des gefilterten Rauschens befand. Dieser Ton wurde so eingepegelt, dass er gleich laut wie das Rauschen wahrgenommen wurde. Anschließend wurde bei gleichbleibender Lautstärke die Bandbreite ΔF des Rauschens solange erhöht, bis die Testperson ein subjektives Ansteigen der Lautstärke und damit ein Verdecken des Tons empfand. Diese Grenzfrequenz ΔF wird als „Kritische Bandbreite“ bezeichnet und steigt mit der Höhe der Mitten-Frequenz an (Zwicker & Feldtkeller, Über die Lautstärke von gleichförmigen Geräuschen, 1955).

II.1.5.2 ERB-Skala

In einer Weiterführung dieser Experimente konnten Brian C.J. Moore und Brian R. Glasberg die relativ ungenaue Auflösung der Zwicker/Feldtkeller Untersuchungen, speziell in Frequenzen unterhalb von 500 Hz, verbessern (Moore & Glasberg, 1996). Ihr Modell der äquivalent rechteckigen Filter („Equivalent Rectangular Bandwidths“, ERB) dient als Grundlage dieser Untersuchung.

$$ERB_N(f) = 24,7 \cdot (4,37 \cdot f + 1)$$

ERB_N ist dabei die Bandbreite (ΔF) des Filters in Hz, f steht für die Mitten-Frequenz in kHz. Diese Formel ist für jeden Punkt auf der Basilarmembran gültig (Glasberg & Moore, 1990). Durch ein Aneinanderreihen von äquivalenten Rechteckbandbreiten kann eine ERB-Skala erzeugt werden, deren Schrittweite sich durch die Formel der ERB-Zahl errechnen lässt (Moore B. C., 2003, S. 74).

$$ERB_N number = 21,4 \cdot \log_{10}(4,37 \cdot f + 1)$$

II.1.6 Einfluss der Zeit

Ein Ton braucht abhängig von seiner Frequenz eine kritische Menge an Energie, um vom Ohr erfasst werden zu können. Der Einfluss der Zeitdauer (T) eines Schallereignisses auf die Hörbarkeit eines Tones lässt sich über den physikalischen Zusammenhang in der Beschreibung von Leistung (P) und Energie (E) erklären:

$$P = \frac{E}{T} \quad E = P \cdot T$$

Umgerechnet in einer dB-Skala präsentiert sich dieses Gesetz so:

$$10 \cdot \log_{10} P = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{E}{T} \right) = 10 \cdot \log_{10} E - 10 \cdot \log_{10} T$$

$$10 \cdot \log_{10} E = 10 \cdot \log_{10}(P \cdot T) = 10 \cdot \log_{10} P + 10 \cdot \log_{10} T$$

Verkürzt man die Dauer des Tones, muss nach dem Gesetz der Energie die Leistung erhöht werden, um gleich laut zu erscheinen. Wird die Dauer eines 500 ms langen Tones zum Beispiel um das Zehnfache auf 50ms reduziert, bedeutet das – bei gleichbleibender Energie – eine Erhöhung der Leistung um 10dB (Yost, 2007, S. 148). Dieser Zusammenhang ist relevant für die Erfassung von Tönen, deren Dauer unterhalb von 300 ms liegt. Ab dieser Dauer hat das Ohr also seine volle Leistungsfähigkeit zur Erkennung von Schallereignissen entwickelt und der Einfluss der Zeit ist vernachlässigbar (Watson & Gengel, 1969).

II.1.7 Zusammenhang zwischen Intensität und Lautheit

„Loudness is not intensity“ (Johnston J. D., 2006)

Intensität (SPL in dB) ist eine objektive Größe, die das Auftreten von Schallereignissen beschreibt, bevor diese vom Ohr aufgenommen werden. Lautheit hingegen ist eine Empfindung die im Ohr entsteht und sich von Person zu Person durchaus unterscheiden kann. Wie genau die Cochlea auf Schallereignisse reagiert, ist noch Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Modelle zur Ermittlung der empfundenen Lautstärke unterscheiden sich in mehreren Punkten. So ist zum Beispiel noch umstritten, welchen Einfluss sehr kurze Spitzen in einem Signal (unterhalb 1 ms) auf die empfundene Lautheit haben. Der Zusammenhang zwischen Intensität und Lautheit ist komplex. Als Annäherung gilt, dass sich Lautheit bei unverändertem Spektrum eines Signals proportional zur Intensität – potenziert mit dem Faktor $1/3,5$ – verhält (Johnston J. D., 2006). Während sich die Intensitätsänderung von Signalen innerhalb eines ERB-Bandes mit diesem Zusammenhang beschreiben lässt, nimmt die Lautheit von Signalen, deren Frequenzabstand größer als ein ERB ist, linear zu. Während also die Verdoppelung der Intensität 1 eines Signals innerhalb eines ERB-Bandes zu einem Anstieg der Lautheit um den Faktor $(1+1)^{1/3,5} = 1,21$ führt, steigt die Lautheit bei Hinzufügen eines zweiten Signals mit der selben Intensität 1 im Abstand von mindestens einem ERB-Band um den Faktor $1+1=2$. Die Differenz der Lautheit beider Signale mit selber Energie ist also 1,21 zu 2. Teilt man die Energie 1 eines Signals auf zwei Signale ($2*0,5$) mit Abstand von mehr als einem ERB auf, so nimmt die Lautheit um den Faktor $2*0,5^{1/3,5}=1,64$ zu (Johnston J. D., 2006). Abbildung II-5 zeigt die Zunahme der wahrgenommenen Lautheit, wenn ein Signal mit Intensität 1 auf mehrere Bänder aufgeteilt wird (für Signale über der Hörschwelle). Die Gesamtenergie des Signals bleibt dabei immer gleich.

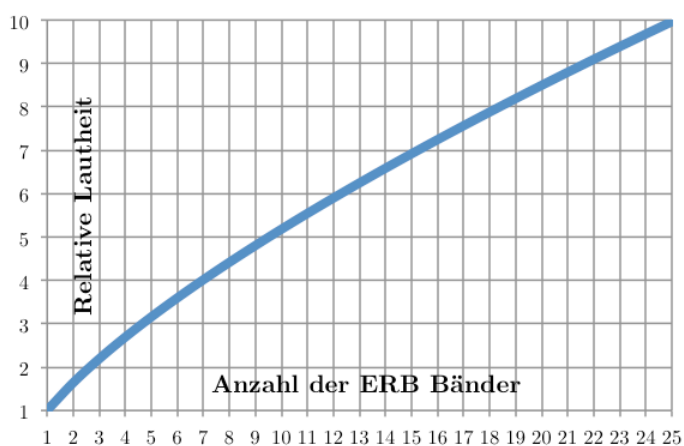


Abbildung II-5 Lautheitsanstieg bei Signalsplittung

II.2 Prozessablauf einer Musikproduktion



Abbildung II-6 Produktions-Prozess einer Audio-CD

Eine fertiggestellte Musikproduktion, die auf Audio-CD oder Datenträger erscheint, ist das Ergebnis mehrerer Fertigungsschritte, welche in einem Prozessdiagramm (Abbildung II-6) überblicksartig zusammengefasst werden können. Bei digitalen Veröffentlichungen wird zeitgleich mit dem letzten Schritt der CD-Vervielfältigung eine Konvertierung und Bereitstellung für diverse Downloadplattformen durchgeführt.

Ab dem Schritt der Aufnahme kommen im Studio und später auch im Mix- und Mastering-Prozess verschiedene Werkzeuge zur Klangbearbeitung zum Einsatz. Die wichtigsten davon werden im Folgenden kurz vorgestellt.

II.2.1 Klangbearbeitung durch Kompressor

Durch Komprimieren eines Audiosignals wird das Verhältnis der Spitzenpegel zu den Durchschnittspegeln reduziert. Die sogenannte „Ratio“ des Kompressors ist Ausdruck für den Grad der Kompression. Befindet sich ein Pegel oberhalb eines definierten Schwellwertes, wird dieser im Verhältnis der eingestellten Ratio (zum Beispiel 1:2, 1:4, 1:10) – nach definierten zeitlichen Bedingungen (Attack, Release) – reduziert. Das Signal wird dadurch „dichter“ während der Wert des Spitzenpegels sinkt. Wird der Wert der komprimierten Signalspitzen nun auf den Wert der unkomprimierten Signalspitzen angehoben, steigt

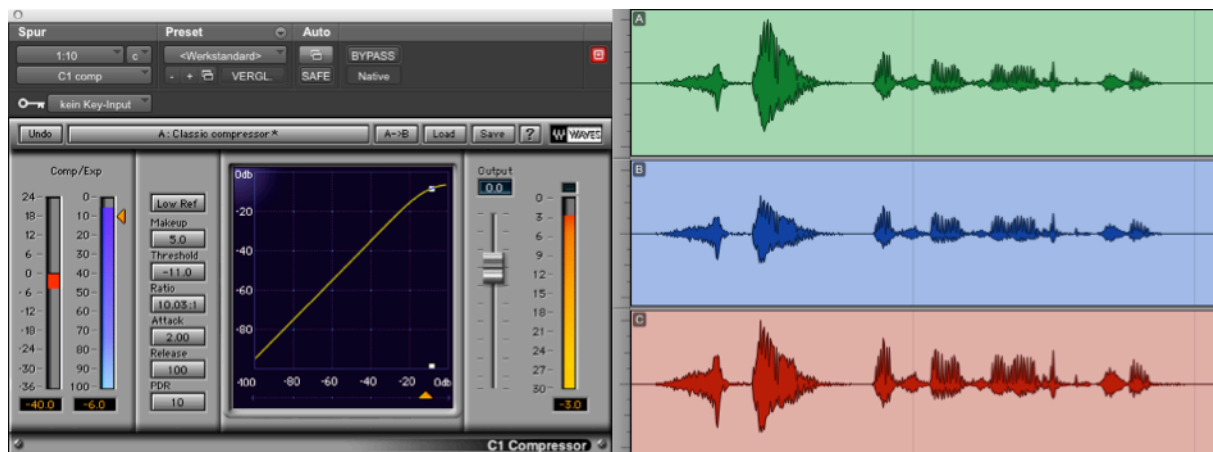


Abbildung II-7 Waves C1 Compressor / Sprache Original und Komprimiert

gleichzeitig auch der Wert der Durchschnittspegel und man gewinnt – bei gleichbleibenden Spitzenpegel – an Lautheit. Die Steuerung des Kompressors kann auch über einen Seitenkanal (Sidechain) gesteuert werden. Der Kompressor beginnt dabei erst zu arbeiten, wenn das Signal des Seitenkanals den Schwellwert überschreitet.

Eine erweiterte Form des Kompressors ist der sogenannte Multiband-Kompressor. Dabei wird die Wirkung mehrere unabhängiger Kompressoren auf verschiedene Filterband-Bereiche aufgeteilt. Damit können zum Beispiel tiefe Frequenzen in einem anderen Verhältnis komprimiert werden, als mittlere oder hohe Frequenzen. Der Multibandkompressor ist damit eine Mischform zwischen Filter und Kompressor.

Die Wirkung eines Kompressors auf ein Audiosignal kann am besten anhand des folgenden Beispiels beschrieben werden. Wie in Abbildung II-7 zu erkennen ist, sinkt der Spitzenpegel des unkomprimierten Signals (A) bei erfolgter Komprimierung (in diesem Fall mit der Ratio 1:10 und einem Schwellwert von -11 dB) stark ab (B). Die restlichen Pegel, welche unter dem Schwellwert des Kompressors liegen, bleiben dabei unbehandelt. Nach dem Anheben des Spitzenpegels (C) werden jedoch auch diese erhöht, was wiederum einen höheren RMS Wert ergibt.

II.2.2 Klangbearbeitung durch Gate

Ein Gate ist ein Effektprozessor, der leise Abschnitte im Audiosignal unterdrückt oder ausblendet. Die wichtigsten Parameter, die sein Funktionsverhalten festlegen, sind der Schwellwert (Threshold), die Reaktionszeiten der Hüllkurve (Attack, Release) und das Regelverhältnis (Ratio). Der Schwellwert legt fest, ab welcher Signalstärke (dB) das Gate ein Audiosignal passieren lässt bzw. es unterdrückt. Die Reaktionszeiten der Hüllkurve steuern

das zeitliche Ansprechen des Prozessors nach erfolgter Schwellwertunterschreitung (Attack) und dessen zeitliches Rücklaufverhalten nach darauf folgender Schwellwertüberschreitung.

II.2.3 Klangbearbeitung durch Filter

Um die verschiedenen Klänge einer Aufnahme zu kombinieren besteht die Möglichkeit einzelne Klanganteile hervorzuheben oder auszublenden. Dies wird mit dem Einsatz von Filtern durchgeführt. Die Eigenschaft von Filtern kann in drei grundlegende Typen eingeteilt werden: Tiefpass-/Hochpass-Filter, Bandpass-Filter und Low-Shelf-/High-Shelf-Filter. Das Tiefpass-Filter (Low-Pass-Filter) dämpft Frequenzen oberhalb, das Hochpass-Filter (High-Pass-Filter) Frequenzen unterhalb eines bestimmten Einsatzpunktes. Der Grad der Unterdrückung wird mit der Flankensteilheit in dB/Oktave angegeben. Das Bandpass-Filter ermöglicht ein Anheben oder Absenken eines gewünschten Frequenzbandes rund um eine wählbare Mittenfrequenz. Die Breite oder Güte (Q) des Bandes kann dabei meist variabel gewählt werden. Ein Shelf-Filter unterscheidet sich vom Bandpass-Filter dadurch, dass sich seine Einsatzfrequenz nicht in der Mitte, sondern am Rand des Filterbandes befindet. Bei einem High-Shelf-Filter werden Frequenzen oberhalb, bei einem Low-Shelf-Filter Frequenzen unterhalb der Einsatzfrequenz verstärkt oder gedämpft.

In Abbildung II-8 sind von links nach rechts folgende Filter zu erkennen: Hochpass-Filter mit einer Dämpfung von 6 dB/Oktave und einer Einsatzfrequenz von 57 Hz (grau); Low-Shelf-Filter mit einer Einsatzfrequenz von 180Hz, einer Güte von 1.0 und einer Verstärkung von 5 dB (rot); Bandpass-Filter mit einer Mittenfrequenz von 700 Hz, einer Güte von 5,25 und einer Verstärkung von 12 dB (gelb); Bandpass-Filter mit einer Mittenfrequenz von 2 kHz, einer Güte von 10.0 und einer Absenkung von -15dB (grün); High-Shelf-Filter mit einer Einsatzfrequenz von 1.8 kHz, einer Güte von 0,47 und einer Verstärkung von 5 dB (blau), sowie ein Tiefpass-Filter mit einer Einsatzfrequenz von 12 kHz und 24 dB/Oktave Dämpfung.

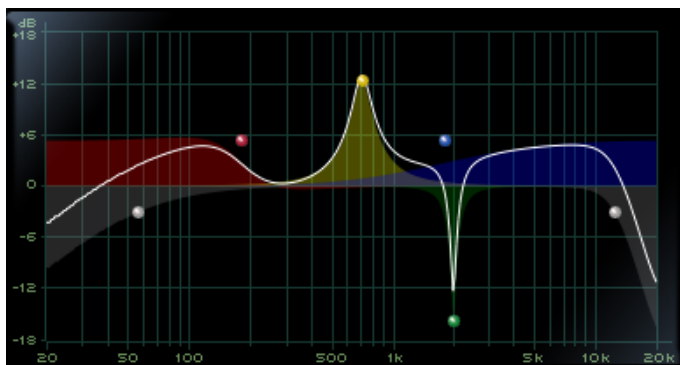


Abbildung II-8 Digidesing EQIII Filter

II.2.4 Klangbearbeitung durch Limiter

Die Funktion des Limiters (Peak Limiter) in der Audiotbearbeitung ist die Pegelbegrenzung. In der Signalkette sitzt der Limiter meist an letzter Stelle. Dabei arbeitet er nach den Prinzipien eines Kompressors. Der Unterschied liegt in der Höhe des Regelverhältnisses (Ratio), das bei digitalen Limitern bei einer Größe von $1:\infty$ liegt. Der Schwellwert (Threshold) des Limiters bestimmt die Grenze ab der ein Signal bearbeitet (abgeschnitten) wird. Die zeitlichen Parameter (Attack und Release) sind im Gegensatz zum Kompressor sehr kurz.

Meilensteine in der Entwicklung von digitalen Limitern setzte der israelische Softwarehersteller Waves. Mit seinem Anfang der 1990er-Jahre veröffentlichten Plug-Ins L1 wurde eine „look-ahead“ Funktion integriert, die eine noch kürzere Ansprechzeit ermöglichte. Mittels der Funktion „Out Ceiling“ kann dabei auch ein maximaler Ausgabepegel eingestellt werden. Nachfolger dieses erfolgreichen Prozessors sind die Plug-Ins L2 und L3. Bei letzterem handelt es sich um einen Multiband-Peak-Limiter.

II.3 Beschreibung von Qualitätsmerkmalen

„Qualität“ an sich ist für Musikproduktionen sehr schwer zu definieren. Woran erkennt der Konsument, dass es sich bei Produkt A um eine bessere Qualität handelt als bei Produkt B? Diese Frage ist wohl kaum zu beantworten, zumal es für den Hörer ja keine Möglichkeit gibt, ein und denselben Musiktitel in unterschiedlichen Versionen zu vergleichen, und er sich wohl in erster Linie nach inhaltlichen Kriterien für Produkt A oder B entscheidet, wobei der Qualitätsaspekt eine untergeordnete Rolle spielt. Entscheiden sich besonders viele Konsumenten für ein bestimmtes Produkt, kann man aber umgekehrt davon ausgehen, dass dieses die Qualitätskriterien vieler erfüllt. Zeitlich nachfolgende Produkte, die einen ähnlichen Erfolg anstreben, orientieren sich immer auch an vom Konsumenten schon für qualitativ hochwertig befundenen Exemplaren und passen ihre Produktionsmethoden entsprechend an, oder versuchen diese in welcher Richtung auch immer, zu optimieren – siehe auch (Katz, Interview 1, 2012, S. 123). Dieser Evolutionsprozess lässt sich rückblickend durch den Vergleich von verschiedenen objektiven Parametern wie Lautheit, Frequenzverlauf und Dynamik nachzeichnen.

Unabhängig von musikalischen Präferenzen und künstlerischen Kriterien, wurde die Frage über die Entwicklung von Produktionstechniken in den vergangenen Jahren immer wieder

durch verschiedene Arbeiten und Initiativen beleuchtet. Zahlreiche Untersuchungen wurden durchgeführt, um Qualitätsmerkmale in Musikproduktionen zu definieren. Diese sind in Aufwand, Umfang und Methodik sehr unterschiedlich. Prinzipiell kann man aber zwischen zwei grundlegenden Verfahren zur Beschreibung von Qualitätsmerkmalen unterscheiden.

- Subjektive Qualitätsbeurteilungsverfahren (Hörtest)
- Objektive Qualitätsbeurteilungsverfahren (automatisierte Untersuchung)

II.3.1 Subjektive Qualitätsbeurteilungsverfahren

Hörtests werden nach wie vor als die verlässlichste Quelle zur Untersuchung der Audioqualität angesehen. Drei Empfehlungen, die für Codec-Tests entwickelt wurden, gelten hier als Standard (Internationale Telekommunikations Union, 1997), (Internationale Telekommunikations Union, 2003), (Internationale Telekommunikations Union, 1996). Ihre Methodik stützt sich auf den subjektiven Vergleich eines vom Codec übertragenen Signals mit dem unbehandelten Originalsignal. Der daraus resultierende Index wird als Subjektiver-Differenz-Grad (SDG „Subjective Difference Grade“) bezeichnet.

II.3.2 Objektive Qualitätsbeurteilungsverfahren

Für die automatisierte Qualitätsmessung von Audiosignalen werden laufend neue objektive Messverfahren entwickelt. Mit ihnen soll die „Basic-Audio-Quality“ (BAQ) ermittelt werden. Viele dieser Techniken wurden von der Internationalen Telekommunikations Union (ITU) standardisiert (Internationale Telekommunikations Union, 2001) und sind unter dem Kürzel PEAQ („Perceptual Evaluation of Audio Quality“) bekannt. PEAQ ist mit mehreren Patenten belegt und kombiniert in der Basisversion zwölf verschiedene Model Output Variablen (MOV) um einen Objektiven-Differenz-Grad (ODG, „Objective-Difference-Grade“) zu errechnen. Die erweiterte Variante beinhaltet zusätzliche fünf MOV's.

Sowohl die subjektiven als auch die objektiven Verfahren arbeiten auf Vergleichsbasis. Sie vergleichen das Testsignal mit der originalen Referenz – also zum Beispiel das kodierte mit dem unkodierten Signal, das Komprimierte mit dem Unkomprimierten. Für die Beurteilung von fertig gemischten und veröffentlichten Musiktiteln, denen ja als Vergleichsbasis die unbehandelte Referenz fehlt, sind diese Standards, nicht zuletzt auch wegen des großen Zeitaufwandes, nahezu unbrauchbar.

Eine weitere von der Musikindustrie seit Jahren sehr breit geführte, auf die Klangqualität von Audioproduktionen abzielende Diskussion, findet unter dem Begriff „Loudness War“ oder „Lautheitsrennen“ statt.

II.3.3 Loudness War

„If you take three people and play them the same three CDs with three different levels, they'll pick the loudest one. It doesn't matter if it's an audiophile, a kid who's fourteen, or someone who's fifty-nine. The louder will sound better... CDs are for listening enjoyment of people who are driving cars, who have MP3 players, who are jogging. Some of them have stereos at home, but what's the setup? The dog is barking, the wife is banging dishes in the kitchen, the kid is crying in the bedroom. Are they worrying about dynamics? What dynamics? I work with classical people. They want dynamics. It's absolutely gorgeous. I know how to do that. But that's not what the Chili Peppers want, that's not what Puddle of Mud wants, and it's not what Limp Bizkit wants. It's a totally different world. (Vlado Meller – Mastering Engineer und lebende Legende)“ (Millner, 2009, S. 291)

„Wenn zwei identische Musikstücke präsentiert werden, von denen eines ein wenig lauter erklingt, scheint das lautere der beiden „besser“ zu klingen.“ (Katz, 2010, S. 204)

Diese beiden Zitate beschreiben sehr gut, worum es bei der Diskussion um das Lautheitsrennen geht. Earl Vickers berichtet vom Workshop 20, der bei der 127. AES Convention 2009 in New York unter dem Titel *„Turn It Down! The Consequences of the Ever-Escalating Loudness Wars“* abgehalten wurde, dass Bob Katz im Experiment folgendes feststellte:

„If you play the same piece of music at two different volumes and ask people which sounds better, they will almost always choose the louder, partly because more of the frequencies are audible.“ (Vickers, 2011, S. 347)

Hintergrund für diesen Effekt ist das nicht-lineare Verhalten des Ohrs für Frequenzen bei unterschiedlicher Lautstärke. Speziell bei geringen Lautstärken weist das Ohr eine schwache Sensitivität für tiefe und hohe Frequenzen auf (siehe II.1.4). Bei höheren Lautstärkepegeln steigt diese Sensitivität und es wird eine höhere Bandbreite an Frequenzen hörbar. Da jedes Speichermedium über unterschiedliche Grenzen bezüglich maximaler Lautheit bzw. Pegel verfügt (Völz, 2007, S. 412 ff.), ist eine Anhebung der Gesamtlautstärke nur mit Hilfe einer höheren Komprimierung möglich. Dabei werden laute Stellen (es handelt sich dabei vor allem

um perkussive Anteile) in ihrem Pegel reduziert, um im nächsten Schritt den Gesamtpegel und damit auch leisere Stellen auf einen höheren Gesamtpegel anzuheben (siehe II.2.1).

„Während das Grundrauschen des Mediums nicht wahrnehmbar ist, stellen wir populäre Musikaufnahmen her, die kaum mehr Dynamik besitzen als die eines Edison-Zylinders aus dem Jahre 1909!“ (Katz, 2010, S. 203)

Mit dieser zugegeben etwas dramatischen Zuspitzung bringt der anerkannte Mastering-Engineer Bob Katz das Ergebnis eines Lautheitskrieges auf den Punkt. Das Rennen um immer lautere Klangkörper ist allerdings keineswegs eine Entwicklung der letzten Dekaden. So wurde, lange bevor es möglich war, Musik technisch zu konservieren, immer wieder nach Möglichkeiten gesucht, Klänge lauter erscheinen zu lassen. Beispiele dafür sind die Erhöhung der Anzahl von Musikern in Orchestern und das stetige Erhöhen der Grundstimmung mit der damit einhergehenden Verschiebung des Frequenz-Spektrums in einen sensibleren Hörbereich, sowohl bei Orchestern als auch bei einzelnen Instrumenten wie zum Beispiel der Geige.

„Eine aus Händels Besitz stammende Stimmgabel steht bereits im Verhältnis zum a von 440 Schwingungen auf etwa g, d. h. auf 392 Schwingungen. Die Pariser Stimmung von 1788 stand auf 409, die ältere sogenannte Mozartstimmung auf 421 Schwingungen.... Da um 1850 das a in der Wiener- und Berlinerstimung bereits auf 442 Schwingungen angelangt war, versuchte eine Pariser Kommission von 1858 ebenso wie die Internationale Wiener Stimmtonkonferenz von 1885 die Entwicklung aufzuhalten, indem sie 435 Schwingungen festlegte. Dem weiteren Ansteigen ist 1939 die Londoner Konferenz mit einer Festlegung auf 440 Schwingungen nachgekommen; es wird aber jetzt schon gelegentlich mit 450 musiziert. Im Verhältnis zu unserem Kammerton hörte Beethoven seine Fünfte annähernd in b-Moll! Das ständige Steigen geht auf die Tendenz der großen Orchester und ihrer Dirigenten zurück, dem Ohr einen immer wieder stärkeren Klangreiz zu bieten und damit eine besondere tonliche Qualität vorzutäuschen.“ (Kolneder, 1993, S. 254)

Die rasante Geschwindigkeit der Erhöhung des Pegels in Audio-Aufnahmen ist allerdings ein sehr junges Phänomen, das sehr schnell an seine Grenzen gestoßen ist. Möglich wurde dies durch die Entwicklung und den Einsatz von immer besseren Algorithmen zur Dynamikbearbeitung wie Multibandkompressoren und Limitern und den Umstand, dass für die Messung der Lautstärke hauptsächlich der Spitzenpegel als Wert verwendet wurde.

Der Aspekt, dass der Hörer mit der Bedienung des Lautstärkereglers die Kontrolle über eine ideale Lautstärke selbst in der Hand hat, wurde dabei weitgehend übersehen.

Das Erhöhen der durchschnittlichen Lautstärke und die damit einhergehenden Effekte des Lautheitsrennens sind also einem kommerziellen Umstand zuzuschreiben. Dieser ist naturgemäß nicht auf den Bereich der Musik-Aufnahmen begrenzt. Nichts ist kommerzieller als Werbung. Somit ist es nicht verwunderlich, dass speziell auf diesem Gebiet das Ausreizen von Dynamik-Grenzen am weitesten fortgeschritten ist. Dieser Umstand schlägt sich in dem Effekt nieder, dass Werbung bei Rundfunkstationen meist wesentlich lauter als das übrige Programm klingt.

Eine weitere Schwierigkeit bereitet die unterschiedliche Gesamt-Lautheit der einzelnen Sender zueinander. Sowohl Radio- als auch Fernsehsender versuchen aus oben genannten Gründen, lauter zu klingen als ihre direkten Konkurrenten, was bei steigender Differenz den Wechsel zwischen den Programmen für den Konsumenten unangenehm erscheinen lässt. Seit kurzem versucht man daher weltweit dieses Phänomen mit Regulativen und Empfehlungen zu unterbinden. Der gemeinsame, grundlegende Ansatz dieser Empfehlungen beruht auf einem Paradigmenwechsel bei der Messung von Audioinhalten. Anstelle der Messung von Spitzenpegel, sollen in Zukunft unterschiedliche Durchschnittswerte die Lautheit des wiedergegebenen Schallereignisses beschreiben.

II.3.3.1 ITU BS.1770

2003 lud die Internationale Telekommunikations Union (ITU) Forschungseinrichtungen und Unternehmen ein, Lautheitsalgorithmen einzureichen, die in einer Studie mit subjektiven Testergebnissen gegeneinander antreten sollten. Dieser Wettbewerb fand unter der Schirmherrschaft des Canadian Research Centres (CRC) in Ottawa statt. Zehn Algorithmen, eingereicht von sieben privaten Firmen, und zwei weiteren Algorithmen die von Gilbert A. Soulodre durch das CRC als Bezugsbewertung dienten, wurden mit einer Datenbank bestehend aus 96 monophonen Audiobeispielen, die mittels subjektiver Bewertung die Testgruppe bildeten, abgeglichen. Der Algorithmus, der am besten die subjektiven Testergebnisse vorausberechnete, wurde von der ITU-R als Basis zur Empfehlung BS.1770 gewählt (Internationale Telekommunikations Union, 2006). Zwei weitere Testreihen, die erste mit 96 weiteren monophonen Sequenzen, die zweite mit 144 Mono-, Stereo- und Mehrkanalsequenzen, wurden mit diesem erstaunlich einfachen Algorithmus am CRC bis 2006 durchgeführt (Norcross, Lavoie, & Thibault, 2011).

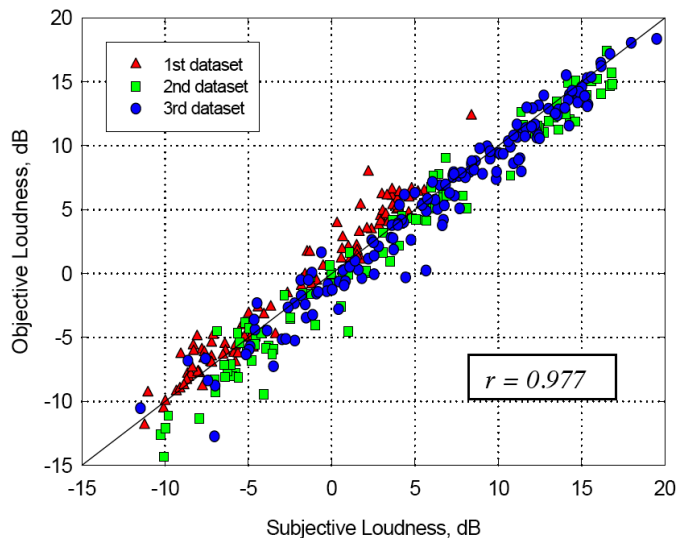


Abbildung II-9 ITU-R Lautheit Vergleich mit Objektiven Ergebnissen (Norcross, Lavoie, & Thibault, 2011, S. 7)

Soulodres Lautheits-Algorithmus konnte gegen die insgesamt 336 Audiosequenzen mit einer Korrelation von $r=0,977$ bestehen (siehe Abbildung II-9). Mit ein Grund für die Wahl dieses sehr einfachen Algorithmus war, dass kein Patent auf ihn bestand und er somit ohne weitere Kosten verbreitet werden konnte. Die ITU übernahm diesen Algorithmus in ihre Empfehlung BS.1770, die erstmals auch eine Methode zur Messung des maximalen Exakten Spitzenpegels (True Peak) enthielt, um eine Annäherung der Messung von Spitzenwerten und möglichen Verzerrungen nach einer für Lautsprecher nötigen Wandlung eines digitalen Signals in ein analoges Signal (AD-Wandlung) zu ermöglichen. Durch die Untersuchungsergebnisse der EBU PLOUD-Group wurde der BS.1770 Standard 2011 durch ein Gate erweitert, das leise Programmteile aus der Bewertung nimmt, um die sogenannte „Vordergrundlautheit“ zu bewerten. Die nun gültige Revision des Standards lautet BS.1770-2 (Internationale Telekommunikations Union, 2011).

Abbildung II-10 (Seite 24) zeigt das Block-Diagramm des Mehrkanal-Algorithmus, der in der BS.1770-2 Empfehlung standardisiert wurde. Die einzelnen Kanäle (x_L , x_R , ...) werden getrennt voneinander durch eine zweifache Filterstufe (K-Filter) geschickt. Dabei wird auf jeden Kanal in einer ersten Stufe ein High-Shelf-Filter (ab etwa 1 kHz), der die akustischen Effekte des Kopfes, in der zweiten Stufe ein RLB (Revised Low-frequency B) Hochpass-Filter (ab etwa 100 Hz), welcher die geringe Empfindlichkeit gegenüber tiefen Frequenzen berücksichtigen soll, berechnet.

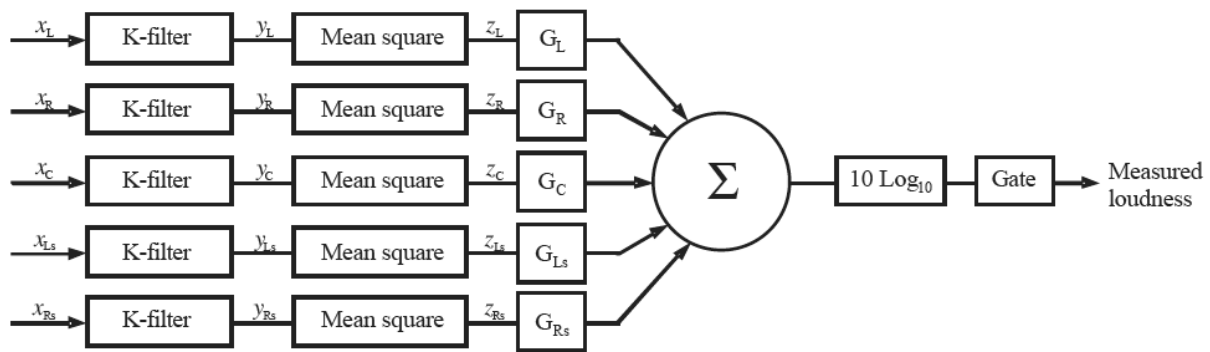


Abbildung II-10 BS.1770-2 Algorithmus (Internationale Telekommunikations Union, 2011, S. 3)

Vom daraus resultierenden Signal (y_L, y_R, \dots) wird ein quadratischer Mittelwert über die Gesamtdauer des Signals berechnet. Die durchschnittliche Energie jedes Kanals (z_L, z_R, \dots) wird vor der Zusammenführung durch Koeffizienten (G_L, G_R, \dots) gewichtet. Die Kanäle L, R und C mit dem Faktor 1, die Surround Kanäle L_S und R_S mit dem Faktor 1,41. Dieser Faktor berücksichtigt den Umstand, dass Schallereignisse die von hinten kommen, subjektiv lauter wahrgenommen werden als jene von vorne. Der LFE Kanal wird übrigens nicht in die Berechnung der Lautheit einbezogen. Die Summierung der einzelnen Kanäle zur ITU-R Lautheit L_K mit der Einheit LKFS („Loudness K-weighted Full Scale“) erfolgt linear nach folgender Formel:

$$\text{Lautheit } L_K = -0,691 + 10 \log_{10} \sum_i G_i \cdot z_i$$

Für das Gating wird das Zeitfenster der Messung in 400ms Blöcke mit 75% Überlappung geteilt. Ein erster Schwellwert mit -70 LKFS bereinigt das Signal von sehr leisen Anteilen. Der zweite Schwellwert liegt 10 LKFS unterhalb jener Messergebnisse, die mit dem ersten Schwellwert berechnet wurden. Diese Methode wurde auf Vorschlag der EBU PLOUD-Group dem ursprünglichen Algorithmus BS.1770 von 2006 hinzugefügt und gilt nun als weltweit anerkannter Standard zur Lautheitsmessung (Camerer, Interview, 2012, S. 115).

II.3.3.2 CALM-Act – ATSC A/85

Am 15. Dezember 2010 wurde in den USA ein Gesetz unter dem Titel „*Commercial Advertisement Loudness Mitigation Act*“ (CALM-Act) verabschiedet (The Library of Congress, 2010). Dieses legt fest, dass die Werbung in Fernsehprogrammen nicht lauter gesendet werden darf als der Rest des Programmes. Zur Messung der Lautheit werden darin

die Empfehlungen des ATSC-Standard A/85 festgeschrieben, welcher seit der Einbringung der Gesetzesinitiative 2008 parallel dazu entwickelt wurde (Advanced Television Systems Committee Inc., 2011) und auf dem Standard BS.1770 basiert. Der Fokus wird hier auf die Lautheit des Dialoges (Sprache) in einem Programm gelegt. Die Erweiterung des ITU-Standards mit der Implementierung eines Gates wurde bislang nicht übernommen.

II.3.3.3 EBU R128

Auf europäischer Ebene haben sich die Sender der EBU (European Broadcasting Union) freiwillig dazu verpflichtet, ihre Fernsehprogramme mit einem ähnlichen Standard auf einen einheitlichen und durchgängigen, definierten Lautheitswert zu senden. Grundlage dafür bilden die Ergebnisse der EBU PLOUD-Group. Seit 2008 wurde in dieser Gruppe unter dem Vorsitz des ORF-Tontechnikers Florian Camerer an einem eigenen Standard zur Lautheitsmessung gearbeitet. Die abschließend verabschiedete Empfehlung (European Broadcasting Union, 2011) unterstützt, ähnlich dem ATSC A/85 Standard, eine Umstellung der bisherigen Praxis der Messung von Spitzenpegel auf frequenzgewichtete Durchschnittspegel, der die subjektiv empfundene Lautheit misst und auf dem Standard der ITU BS.1770-2 beruht. Damit soll, wie im Falle des CALM-Acts, den immer zahlreicher werdenden Beschwerden der Zuseher, wegen zu lauter Werbung und den Lautheits-Sprüngen beim Wechseln der Kanäle, entsprochen werden. Im Gegensatz zur Messgrößenbezeichnung LKFS der ITU empfiehlt die EBU die Verwendung der Einheiten LU („Loudness Units“) und LUFS („Loudness Units Full Scale“). Der Fokus des EBU R128 Standards liegt, im Gegensatz zum A/85 Standard, auf der Messung des gesamten Programminhaltes. Fernsehsender in Frankreich senden seit 1.1.2012 mit diesem Standard¹. Seit 29.02.2012 wird die EBU-Richtlinie im Schweizer Fernsehen², ab 31.08.2012 in Deutschland³ und per 01.09.2012 in Österreich⁴ umgesetzt. Sowohl öffentlich-rechtliche, als auch private Fernsehsender, nehmen an dieser Umstellung teil.

¹ http://www.ebu.ch/fr/union/news/2011/tcm_6-72914.php abgerufen am 05. Juni 2012

² <http://www.publisuisse.ch/dynasite.cfm?dsamid=106432&dspaid=9332> abgerufen am 05. Juni 2012

³ <http://tech.ebu.ch/news/german-broadcasters-take-a-joint-approac-21dec11> abgerufen am 5. Juni 2012

⁴ http://enterprise.orf.at/typo3conf/ext/up_downloadcluster/pi1/downloadfile.php?filename=Lautheit_Technische-Info_.pdf abgerufen am 05. Juni 2012

Die EBU empfiehlt im Dokument EBU-Tech 3341 für den Fernseh-Rundfunk eine Normalisierung der Programmlautheit einzelner Programme auf einen Pegel von -23 LUFS (+/- 1 LU für Liveprogramme) (European Broadcasting Union, 2011).

II.3.3.4 ReplayGain

Eine alternative Methode zur Bestimmung der Lautheit bietet „*ReplayGain*“ (hydrogenaudio, 2011). Dabei wird die Lautheit L eines Stereosignals gemessen und mit einer Referenzlautheit LR_{n14} verglichen. Ein Korrekturwert RG wird so errechnet und in den Metadaten des Files gespeichert:

$$RG = LR_{n14} - L$$

RG wird von der Abspielsoftware ausgelesen und als Lautstärkekorrektur beim Abspielen angewandt. Das Audiomaterial selbst wird nicht verändert.

Der von David Robinson am 10. Juli 2001 veröffentlichte Algorithmus hat methodische Ähnlichkeit mit dem ITU-BS.1770 Standard. Eine vorgeschaltete Filterstufe kombiniert einen Hochpass-Filter (150 Hz Einsatzfrequenz) mit dem einer Annäherung an die ISO 226 Lautstärkenkurve für Matlab entworfenen IIR Filter („yulewalk“ Infinite Impulse Response Filter). Nach dieser Filterstufe wird eine RMS Berechnung mit einem Zeitfenster von 50ms durchgeführt. Die Lautheit L ergibt sich aus dem 95% Perzentil-Wert der statistischen Verteilung aller Messwerte. Für den Referenzwert LR_{n14} orientiert sich Robinson an dem Standard der „Society for Motion Picture and Television Engineers“ SMPTE RE 200-2002. Diese als „Kinostandard“ bekannte Empfehlung legt fest, dass ein monophones Rosa-Rauschen mit einem Pegel von -20 dBFS mit der Wiedergabelautstärke von 83 dB SPL korrespondieren soll. Der Referenzpegel von -14 dBFS, den ReplayGain verwendet, korrespondiert demnach mit einer Wiedergabelautstärke von 89 dB SPL. Die Kalibrierung des Rosa-Rauschen Signals erfolgt bei ReplayGain, im Gegensatz zur SMPTE Empfehlung, allerdings mit einem Stereo Signal.

ReplayGain (RG) ist Kern zahlreicher freier und auch kommerzieller Software zum Abspielen gespeicherter digitaler Audioinhalte. Eine umfangreiche Auflistung der Softwarelösungen, die den ReplayGain Standard implementiert haben, findet sich laufend aktualisiert im englischen Wikipedia-Eintrag zu ReplayGain (ReplayGain, 2012).

II.3.3.5 Soundcheck – Mastered for iTunes (Apple)

Mit dem Algorithmus „Soundcheck“ hat Apple in iTunes eine Lautheitsanalyse implementiert, die jeden einzelnen Track auf seine empfundene Lautheit untersucht. Dabei werden, ähnlich dem ReplayGain-Modell, die Werte der Analyse in einem ID3-Tag gespeichert und der Lautstärkepegel bei Wiedergabe um den jeweiligen Wert angehoben oder abgesenkt. Die „Soundcheck“ Funktion muss vom Benutzer aktiviert werden. Der Algorithmus dazu ist nicht bekannt. Es werden jedoch Gespräche seitens der EBU PLOUD-Group mit Apple geführt, diesen Standard auf den der EBU und ITU anzugleichen. Der Referenzwert der Soundcheck-Analyse liegt etwa bei -16,5 LUFS. Eine bekannte Schwachstelle des Soundcheck Algorithmus ist der Umstand, dass er keine albumbezogene Analyse anbietet. So werden beim Hören von ganzen Alben leisere Musikstücke auf den Referenzwert angehoben, während lautere reduziert werden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass dies in einem der nächsten Updates beseitigt wird.

Einen weiteren Schritt zur Steigerung der Audioqualität und der Eindämmung des Lautheitsrennens ist die Initiative „Mastered for iTunes“, die Apple Anfang 2012 startete (Apple, 2012). Diese richtet sich an Labelbetreiber und Mastering-Studios. Soundfiles können mittels eines von Apple zur Verfügung gestellten Mastering-Tools auf ihre Qualität nach einer Konvertierung überprüft werden. Dieses zielt auf eine Reduzierung der maximalen Exakten Spitzenpegel ab. Weiters werden Labels dazu aufgefordert, nicht mehr nur konvertierte Files in den iTunes Store zu laden, sondern Apple die originalen linearen Files in voller Auflösung (bis 24 Bit, 96 kHz) zur Verfügung zu stellen. So sollen zukünftige Verbesserungen in der Entwicklung von Kompressionsalgorithmen schneller auf den gesamten iTunes Katalog umgesetzt werden. Im Dokument zur Erklärung der Initiative wird im Übrigen darauf hingewiesen, dass Soundcheck bereits über die Funktion einer Albumnormalisierung verfügt. In der aktuellen iTunes Version 10.6.3 (veröffentlicht am 11.Juni 2012) scheint diese Funktion jedoch nicht auf.

II.4 Untersuchungen zur Beschreibung von Qualitätsmerkmalen

In den letzten Jahren wurden einige Untersuchungen zur Beschreibung von Qualitätsmerkmalen in Tonaufzeichnungen durchgeführt, die Einfluss auf die Durchführung der vorliegenden Untersuchung hatten und im folgenden vorgestellt werden.

II.4.1 Elements of Popular Music Analysis

Emanuel Deruty hat in seiner Studie mit dem Titel „Elements of Popular Music Analysis“ einen Korpus von ca. 5000 Titel aus den Jahren 1966 bis 2011 untersucht (Deruty, Elements of Popular Music Analysis, 2011). Diese wurden von Audio-CDs eingespielt, auf mehrere Parameter hin untersucht und in halben Dekaden von 1970 bis 2009 zusammengefasst ausgewertet. Neben den EBU Messgrößen Programmlautheit I (European Broadcasting Union, 2011) und Lautheitsbereich LRA (European Broadcasting Union, 2011) wurde auch eine nicht frequenzbewertete RMS-Messung mit einer Integrationszeit von 400 ms und 50% Überlappung durchgeführt.

Ein Vergleich der RMS-Messergebnisse und der Programmlautheit I ergibt eine weitgehende Übereinstimmung. Die Median-Werte der Programmlautheit I für Produktionen ab 1990 sind dabei nur gering leiser als die RMS-Werte im selben Zeitraum (siehe 29Abbildung II-11 und Abbildung II-12, Seite 29). Für den Crest-Faktor wurde ein RMS-Wert mit einer Integrationszeit von 300 ms und 50% Überlappung und dem Spitzenpegel berechnet. Die Analyse weist ein Sinken dieser Pegeldifferenz ab 1980 nach, was eine höhere durchschnittliche Kompression der Titel widerspiegelt (siehe Abbildung II-13, Seite 29). Bei der Auswertung der Ergebnisse zum Lautheitsbereich stellt Deruty keine markanten Veränderungen fest (siehe Abbildung II-14, Seite 29). Er schließt daraus, dass das Lautheitsrennen nicht für einen signifikanten Rückgang der Makrodynamik in Musikproduktionen verantwortlich gemacht werden kann (Deruty, Dynamics: evolution over the years, distributions, 2012). Ein sehr interessanter Ansatz wurde bei der Ermittlung der „High Sample Level Density“ (HLSD) gewählt. Dabei werden die dBFS-Werte jedes einzelnen Samples analysiert. Nach Normalisierung der Messwerte wird die Anzahl jener Samples mit einem Pegel zwischen 0 und -1 dBFS durch die Gesamtanzahl der Samples des so analysierten Tracks dividiert und davon ein Logarithmus gebildet. Das Ergebnis lässt einen Rückschluss auf den Einsatz von Peak-Limitern zu. Ein Anstieg in der HLSD-Analyse ist ab 1990 zu erkennen (siehe Abbildung II-15, Seite 30). Deruty hat mit seiner Studie erstmals einen Korpus von relevanter Größe (ca. 4500 Tracks) untersucht. Seine Ergebnisse wurden veröffentlicht, als sich die vorliegende Master-These in der Planungsphase befand. Ein Vergleich der Ergebnisse von ähnlichen Messgrößen ist also zulässig.

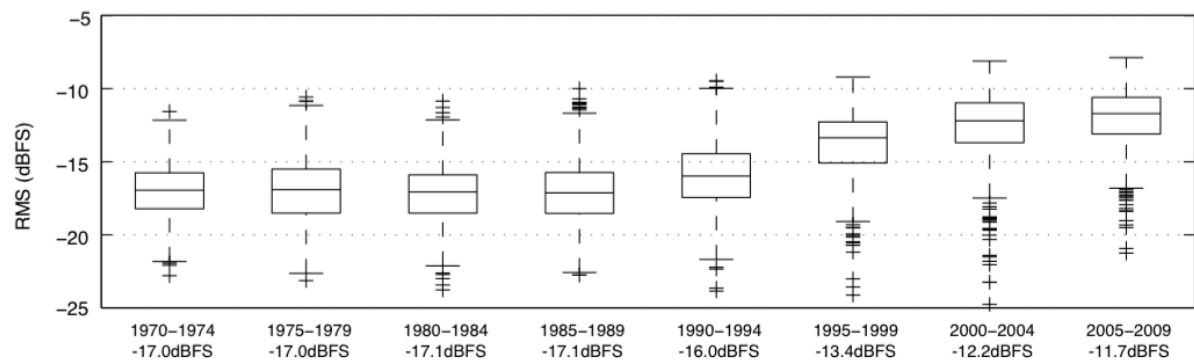


Abbildung II-11 RMS (Deruty, 2011)

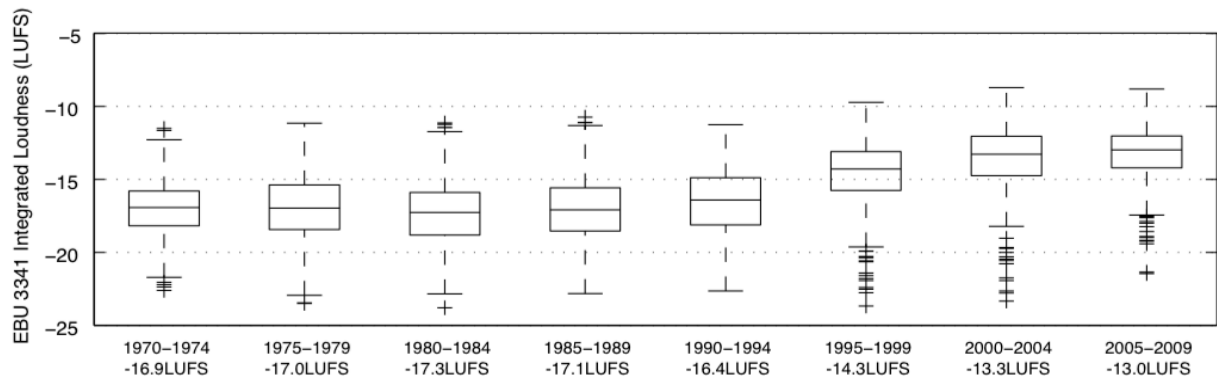


Abbildung II-12 Programmlautheit I (Deruty, 2011)

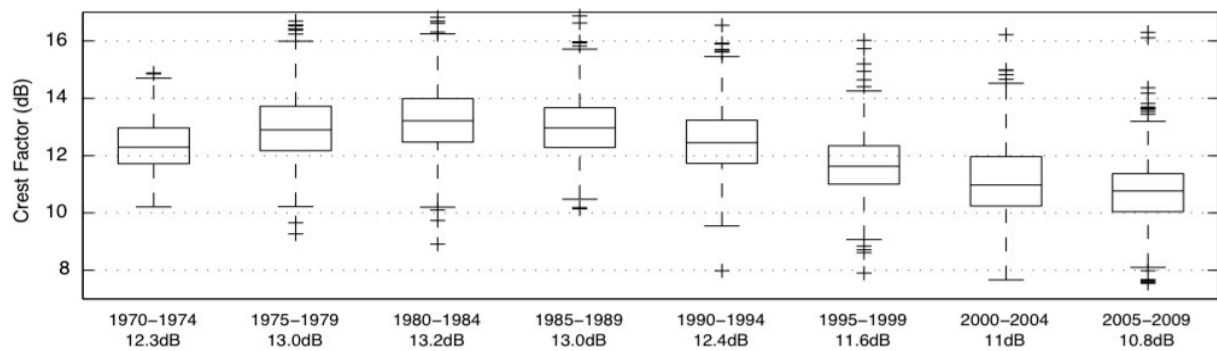


Abbildung II-13 Crest Factor (Deruty, 2011)

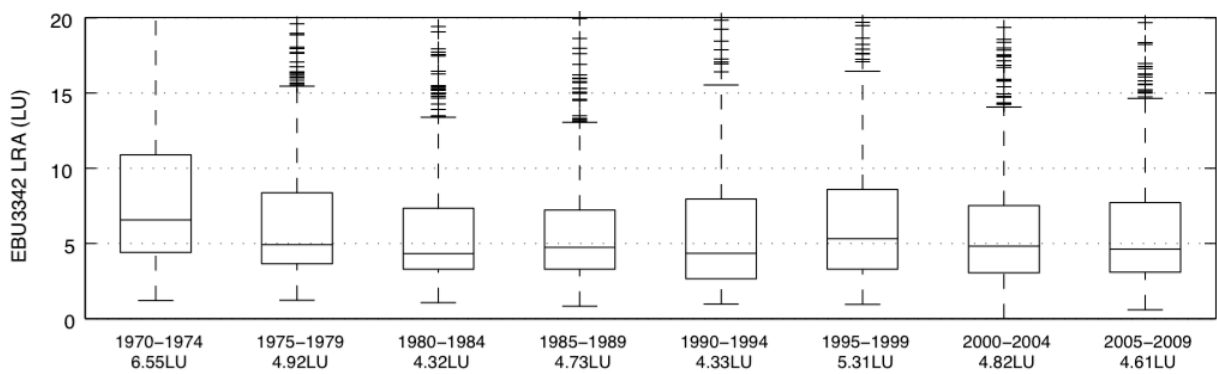


Abbildung II-14 Lautheitsbreich (Deruty, 2011)

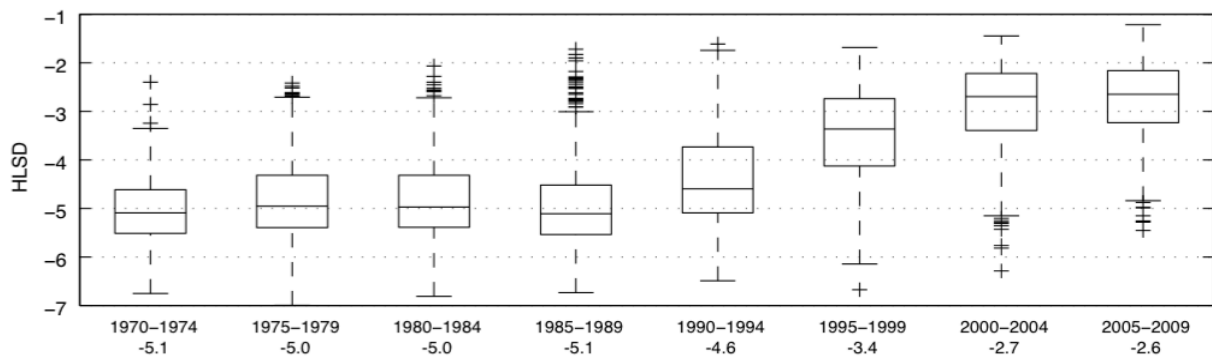


Abbildung II-15 High Level Sample Density (Deruty, 2011)

II.4.2 Inter-Band Relationship Analysis

Die Wahrnehmungsempfindlichkeit des menschlichen Ohrs hängt vom Frequenzbereich ab (International Organisation for Standardization, 2003). Die Studie „*Objective Measurement of Music Quality Using Inter-Band Relationship Analysis*“ (durchgeführt an der University of Huddersfield) argumentiert, dass sich eine Ermittlung des Dynamikbereichs über den gesamten Frequenzbereich (auch „Wideband“ genannt) nicht eignet, um die „Basic Audio Quality“ (BAQ) eines Audiosignals zu beschreiben. Laut Annahme der Studienautoren lässt sich damit nur ein mittlerer Leistungswert beschreiben, der aber zu indifferent ist, um Rückschlüsse über Qualitätsmerkmale zu ziehen (Fenton, Fazenda, & Wakefield, 2011). Fünf Musikbeispiele wurden nach objektiven Kriterien untersucht und mit einem Hörtest durch 57 erfahrene Probanden nach subjektiven Kriterien wie „Druck“, „Klarheit“, „Klangfarbe“ und „Ausgeglichenheit“ („Relative Punch“, „Clarity“, „Overall Tone“, „Balance“), kurz „Allgemeine Produktionsqualität“, verglichen. Diese Bewertungen wurden in einem „*Mean Subjective Score*“ (MSS) zusammengefasst. Die objektive Analyse der Audiobeispiele wurde in drei Frequenzgruppen („*Critical Bands*“), die ungefähr einer Drittelung der Bark-Skala entsprechen (Zwicker & Fastl, *Psychoacoustics - Facts and Models*, 1999), unterteilt: Den Tiefbassbereich von 0-947 Hz (ca. Bark 1-8), den Mittenbereich von 947-3186 Hz (ca. Bark 9-15) und den Hochtonbereich ab 3186 Hz (ca. Bark 16-24). Untersucht wurde der Dynamikbereich in diesen drei Frequenz-Bändern und die Interaktion jedes Bandes mit dem kombinierten arithmetischen Mittel (MSS). Dieses Inter-Band Verhältnis („Inter-Band Relationship“, IBR) repräsentiert die Korrelation zwischen den existierenden Dynamikschwankungen („Dynamic Range“) der drei Frequenzbereiche. Ein kleiner Wert steht für geringe Abweichung der Dynamik über die Bänder, wohingegen ein großer Wert eine hohe Abweichung quer über die Bänder belegt. Die Autoren vermuten, dass Musikstücke

mit sehr geringer Abweichung der Dynamikschwankungen über die Frequenzbereiche mit einer schlechteren subjektiven Qualitätsbewertung im Hörtest korrelieren.

Abbildung II-16 zeigt die Korrelation zwischen den normalisierten Ergebnissen des Mean-Subjective-Score (MSS), Interband-Relationship (IBR) und Low-Mid-Inter-Band-Relationship. Im Rahmen der Untersuchung wurde eine Wechselwirkung zwischen subjektiver und objektiver Bewertung festgestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem der tiefe und mittlere Frequenzbereich einen großen Einfluss auf das Ergebnis hat. Wird die Abweichung des hohen Frequenzbandes in der Berechnung der Beziehungen unter den Bändern nicht miteinbezogen (LMIBR), zeigt sich eine noch höhere Korrelation zwischen objektiven und subjektiven Testergebnissen. Interessant scheint auch, dass das subjektiv am schlechtesten bewertete Musikbeispiel die größten Dynamikschwankungen im tiefen Frequenzbereich (im Vergleich zu den anderen Beispielen im selben Frequenzbereich) aufweist. Es ist also weniger „stabil“ im Bassbereich bzw. lässt ebendort mehr Dynamik zu. Der IBR-Wert dieses Musikstücks ist aber, aufgrund seiner Korrelationen im Mitten- und Höhenbereich, am geringsten. Der reduzierte Dynamikbereich des unteren Frequenzbereiches bei den bestplatzierten Beispielen steht also einem hohen Dynamikbereich in dem Mittel- und Hochfrequenzbereichen gegenüber und ergibt somit einen höheren IBR-Wert. Das „festzurren“ des Bassbereichs im Mastering, so folgert diese Studie, scheint also ein Qualitätsmerkmal für subjektiv gut bewertete Musik zu sein. Dieses Ergebnis ist jedoch aufgrund der geringen Anzahl von Stichproben (n=5) nicht aussagekräftig. Die Reduktion der Dynamikschwankungen im tieffrequenten Bereich geht mit einer Anhebung der Lautstärke und damit einer gesteigerten Wahrnehmung bei für das menschliche Ohr schwerer erfassbaren Frequenzen einher – vgl. (International Organisation for Standardization, 2003).

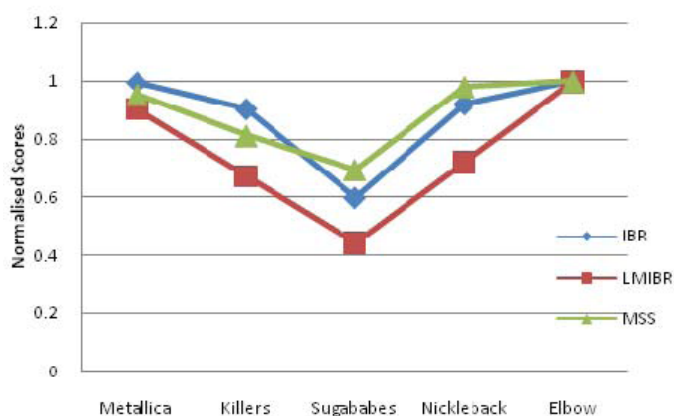


Abbildung II-16 Interband Inter-Band Relationship Analysis (Fenton, Fazenda, & Wakefield, 2011, S. 7)

II.4.3 Wahrnehmung komprimierter Audiosignale

Der Einsatz von Kompressoren in der Bearbeitung von Audiosignalen ist ein üblicher Vorgang, um die Lautheit eines Signals zu erhöhen (siehe II.2.1). Dabei werden Spitzenpegel reduziert und das Verhältnis zum Durchschnittspegel verkürzt. Ein ähnlicher Effekt ist auch im Ohr beobachtbar. Die Basilarmembran reagiert bei Schallereignissen mittlerer Frequenz zwischen 30 und 90 dB SPL mit einer Kompression im Verhältnis von ca. 3:1. Dieser Umstand ergibt sich aus einer automatischen Verstärkerfunktion für leise Ereignisse, die mit steigender Schallintensität progressiv abnimmt (Moore B. C., 2003, S. 30). Signale mit hohen Spitzenpegeln und einem relativ niedrigem Durchschnittspegel evozieren daher eine niedrigere effektiv wahrgenommene Lautheit als komprimierte Signale, deren Spitzenpegel näher am Durchschnitt liegen. Dieser Effekt konnte in einer Studie der Universität Cambridge nachgewiesen werden (Moore, Glasberg, & Stone, 2003). Dabei wurden Sprachaufnahmen mit unterschiedlicher Ratio (1:1,43 / 1:2,5 / 1:10) komprimiert und durch eine Testgruppe, bestehend aus drei Männern und drei Frauen im Alter von 19 bis 21 Jahren, auf gleich empfundene Lautheit im Vergleich zur unkomprimierten Originalaufnahme eingestellt. Die Untersuchung wurde mit verschiedenen Referenzlautstärken (50, 65 und 80 dB SPL) durchgeführt. Das Experiment zeigte, dass bei gleich empfundener Lautheit die RMS-Pegel der komprimierten Signale durch die Testpersonen konstant niedriger eingestellt wurden als die Pegel der unkomprimierten Original-Signale. Daraus folgt, dass komprimierte Sprachaufnahmen bei gleichem durchschnittlichem RMS-Pegel lauter wahrgenommen werden als unkomprimierte Sprachaufnahmen (siehe Abbildung II-17). Dieser Effekt nimmt bei lauten SPL-Pegeln zu. Ein Angleichen des Spitzenpegels von stark komprimiertem (Ratio 1:10) und unkomprimiertem Signal ergibt bei einer Abhörlautstärke

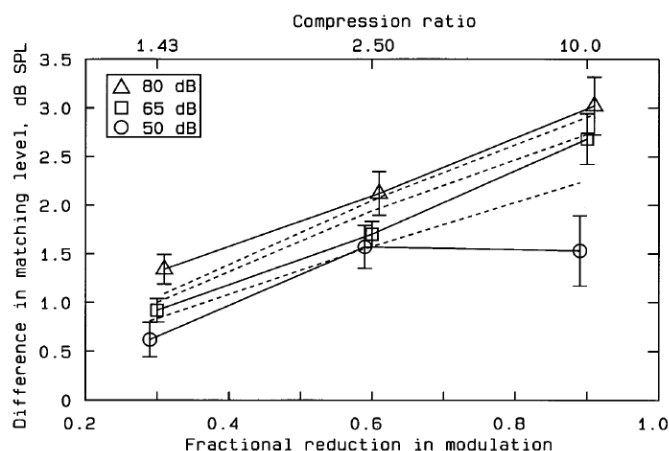


Abbildung II-17 Wahrgenommene Lautheit bei komprimierten Sprachaufnahmen (Moore, Glasberg, & Stone, 2003)

von 80 dB SPL eine um 58% gesteigerte wahrgenommene Lautheit (Moore, Glasberg, & Stone, 2003, S. 1126). Das Messen von Spitzenpegeln ist daher völlig ungeeignet um eine Aussage über die wahrgenommene Lautheit zu treffen.

Die gestrichelten Linien in Abbildung II-17 (Seite 32) markieren berechnete Werte eines von Moore und Glasberg vorgeschlagenen Lautheitsmodells (Glasberg & Moore, 2002). Die durchgezogenen Linien zeigen die Ergebnisse des Hörtests, welche sehr nahe an der Modellvorschau liegen und dessen Relevanz damit bestätigen.

II.4.4 Vergleich von Algorithmen zur Messung des Dynamikumfangs

Es existiert kein anerkannter Standard um den Dynamikumfang von Musik zu messen. In der Studie „*Measuring Dynamics: Comparing and Contrasting Algorithms for the Computation of Dynamic Range*“ (Boley, Lester, & Danner, 2010) wurden die quantitativen Ergebnisse der folgenden fünf vorgeschlagenen Algorithmen anhand von Ausschnitten aus zehn Musikstücken (mit einer Länge von 10 bis 20 Sekunden) auf ihre Plausibilität untersucht. Die sehr unterschiedlichen Spezifikationen dieser fünf verglichenen Algorithmen beschreiben lediglich die Makro-Dynamik (Ausnahme pfpf mit 10 ms Integrationszeit) einer Aufnahme:

Algorithmus	Definition
LRA	3000 ms, Differenz der Perzentilen 95 und 10 (European Broadcasting Union, 2011)
Dynamic Range	Verhältnis Peak/RMS(top20%) ohne Definition der Integrationszeit (Tischmeyer, 2011)
Dynamic Spread	Mittlere absolute Abweichung zum Median (MAD) ohne Definition der Integrationszeiten (Vickers, Automatic Long-Term Loudness and Dynamics Matching, 2001)
pfpf	Lautheit nach ITU-BS.1770 mit 10ms, 200ms und 3000ms (Tollerton, 2008)
BS.1770	Mit unterschiedlichen Integrationszeiten 400, 1500, 3000 ms und Perzentilauswertungen 30-35, 35-40, 30-40, 35-45, 0-90, 0-95, 0-100 % (Internationale Telekommunikations Union, 2006)

Tabelle II-4 Definition von Algorithmen zur Messung der Dynamikumfangs

Eine Gruppe aus 16 Tontechnik-Studenten bewertete die zehn Ausschnitte in einem Hörtest subjektiv. Anschließend wurden beide Ergebnisse miteinander verglichen. Dabei konnten nur sehr geringe Korrelationen festgestellt werden. Die besten Kovarianzen erzielten dabei Messergebnissen mit Integrationszeiten von 400 ms und 1500 ms und einer Differenz der Perzentilen zwischen 0% und 100%.

Rang	Kovarianz	Fenster	Perzentile
1	0.16575	400ms	0%-100%
2	0.155111	1500ms	0%-100%
3	0.154583	1500ms	0%-95%
4	0.154028	400ms	0%-95%
5	0.15275	1500ms	0%-90%

Tabelle II-5 Messung des Dynamikumfangs (Boley, Lester, & Danner, 2010, S. 5)

Aufgrund der sehr geringen Anzahl von Probanden und getesteten Musiktitel kann die Relevanz dieser Untersuchung aber nicht als hoch gewertet werden.

III METHODE

In der vorliegenden Untersuchung wurden 10.128 Musiktitel mittels objektiver Analyse auf unterschiedliche, vergleichbare Parameter untersucht. Die Ergebnisse wurden in 3-Jahres-Intervallen zusammengefasst und statistisch ausgewertet. Ausgewertete Analysen wurden anschließend in Interviews mit Experten besprochen. Die Auswahl der Musikstücke, sowie die Wahl der Parameter, werden im folgenden Kapitel genau beschrieben.

III.1 Korpus

Um die Relevanz der gewonnenen Erkenntnisse zu steigern, wurde besonderes Augenmerk auf die Auswahl der Musiktitel gelegt (geografisch begrenzt auf die Musikmärkte USA, Großbritannien und Deutschland). Ausgehend von der Annahme, dass jene Alben und Titel den höchsten Verbreitungsgrad, und somit auch den größten Einfluss auf die Hörgewohnheiten der Konsumenten erzielen, welche sich am besten verkaufen, respektive verbreitet haben, wurden die Verkaufslisten der Online-Enzyklopädie Wikipedia als eine von mehreren Quellen verwendet. Folgende Listen wurden dabei berücksichtigt – alle (Wikipedia, 2012):

- List of World's Best-Selling Albums
- List of Million Selling Singles in the United Kingdom
- List of Best-Selling Albums in Germany
- List of Best-Selling Singles 1950s UK
- List of Best-Selling Singles 1960s UK
- List of Best-Selling Albums 1960s UK
- List of Best-Selling Singles 1970s UK
- List of Best-Selling Albums 1970s UK
- List of Best-Selling Singles 1980s UK
- List of Best-Selling Albums 1980s UK
- List of Best-Selling Singles 1990s UK
- List of Best-Selling Albums 1990s UK
- List of Best-Selling Singles 2000s UK
- List of Best-Selling Albums 2000s UK

Die Verkaufszahlen einiger Titel wurden durch Neuauflagen zu späteren Zeitpunkten gesteigert. Viele Titel von Abba, den Beatles oder Michael Jackson sind zum Beispiel erst Jahre nach ihrer Erstveröffentlichung in unterschiedlicher Zusammenstellung wiedererschienen. Diese „Re-Issues“ wurden nicht dem originalen Erscheinungsjahr, sondern dem Jahr der Neuauflage zugeordnet. Dieser besondere Umstand lässt einen Vergleich der Originalfiles mit denen der Neuerscheinungen zu (siehe IV.13).

Um den steigenden Einfluss von Downloads und File-Sharing, sowie die Verbreitung über Funk, Fernsehen und die Empfehlungen von Zeitschriften zu berücksichtigen, wurde als weitere Quelle die Jahres-Statistik der Website „*Best Ever Albums*“ benutzt (Best Ever Albums, 2012). Diese Website aggregiert über 4.100 verschiedene „Greatest Album Charts“ und verdichtet diese Daten in Rankings für jedes einzelne Jahr seit 1940. Für die Auswahl der Musiktitel im zu untersuchenden Korpus wurden die 30 bestplatzierten Titel der einzelnen Jahreslisten ab 1950 herangezogen.

Eine weitere Quelle bietet der „*Music Blog Zeitgeist*“. Dieser sammelt Einträge von Bloggern, die sich überwiegend mit Musik beschäftigen und reiht deren Top 10 Empfehlungen in Artist, Album und Song-Listen. Für die Jahre 2009 bis 2011 wurden auch diese berücksichtigt und in die Auswahl aufgenommen (Hypemachine, 2012). Aus allen oben angeführten Quellen wurde eine Excel-Liste mit 3.100 Einträgen (nach Entfernung von Duplikaten) erstellt.

III.1.1 Auswahl von Audio-CDs

Diese Excel-Liste wurde Titel für Titel händisch mit dem Bestand des Hauptarchivs der Hörfunkintendanz des Österreichischen Rundfunks (ORF HI-Archiv) und des CD-Archivs des Radiosenders FM4 abgeglichen. Das HI-Archiv verfügt über ca. 30.000 Schallplatten und mehr als 110.000 Audio CDs, das Archiv des Radiosenders FM4 über ca. 30.000 CDs mit einem Schwerpunkt auf den letzten 15 Jahren. Dabei wurde nur auf den Bestand der Audio-CDs zurückgegriffen. Die Alternative des Einspielens von Original LP-Pressungen hätte das Zeitkorsett dieser Untersuchung gesprengt und zusätzliche methodische Fragen aufgeworfen. Rückschlüsse auf grundlegende Tendenzen sind jedoch auch in dieser Form möglich. Zu beachten bleibt jedenfalls das unterschiedliche Verhalten der Materialien wie Vinyl und Magnetband bezüglich des Frequenzverlaufs. So haben Magnetbänder die Eigenschaft hohe Frequenzen stärker zu dämpfen. Diesem Umstand wird man bei einer Überspielung auf Vinyl mit einer Anhebung eben dieser Frequenzen gerecht.

Nach der Markteinführung der Audio-CD 1982 wurden immer mehr Alben direkt auf CD veröffentlicht. Die Produktionen selbst wurden aber nach wie vor in analogen Studios aufgenommen. Die ersten Presswerke standen in Europa und Japan. Erst 1984 wurde mit „*Born in the U.S.A.*“ (Bruce Springsteen) die erste in den USA gepresste Audio-CD veröffentlicht. Bei Aufnahmen die vor 1985 entstanden und im Original nicht auf Audio-CD erschienen sind, wurde daher gründlich darauf geachtet, dass es sich um möglichst nicht nachbearbeitetes Material, sondern um Überspielungen der originalen Masterbänder handelt. Der Einfluss der digitalen Wandlung ist dabei natürlich nicht von der Hand zu weisen. Während bei Wiederauflagen von berühmten Alben, die Mitte der 1980er Jahre erschienen sind, noch davon auszugehen ist, dass die digitale Nachbearbeitung sich nur auf das Wandeln des Signals beschränkt hat, wurde bei Werken die Ende der 1980er und speziell Anfang der 1990er Jahre auf CD wiedererschienen sind, auf spezielle Hinweise des Mastering Engineers geachtet. Auszugsweise sind hier einige Hinweise, die sich in mehreren beschreibenden Zusatztexten von eingespielten Audio-CDs befanden, angeführt. Diese belegen dem Hörer die Authentizität der Aufnahmen und Überspielungen.

„The music on this Compact Disc was originally recorded on analog equipment. We have attempted to preserve, as closely as possible, the sound of the original recording. Because of it's high resolution, however, the Compact Disc can reveal limitations of the source tape.“ (Phil Collins, 1985)

„This is a true re-issue of the classic RCA LP series of the fifties and sixties. Remastered from the original analog tapes with no electronic enhancement whatever.“ (Bud Powell, 1993)

„All the tapes used to create these new masters are the original mixes. However, due to the fact that many of the tapes are at least 25 years old, they have „softened up“ to varying degrees. So, the sound has been through the most up to date digital processing equipment, at 20 Bit Resolution; namely The Sadie Digital System and Prism Super Noise Shaper. The effect is purely to „enhance“ rather than „colour“ the sound. As the original producer, I would have used this equipment at the time, had it been available for mastering. The very nature of analogue recordings being transferred to vinyl demanded major compromises. With the benefits of digital sound these constraints are removed, and the recordings can be heard much closer to the reproduction we had originally intended. (Gus Dudgeon).“ (Elton John, 1995)

III.1.2 Importieren von Audio-CDs

Nach Abgleich der Listen mit den Archiven wurden 10.285 Musiktitel von 1143 CDs auf einer Festplatte digitalisiert. Dabei wurde die Software iTunes (Version 10.6.) von Apple verwendet. Die Audio-CDs wurden als lineare Files (.WAV) mit einer Abtastrate von 44,1kHz und 16bit unter Verwendung der Fehlerkorrektur eingelesen. Die Anbindung von iTunes an die Content Datenbank der Firma Gracenote (Gracenote, 2012) wurde dabei für das Auslesen der Metadaten (Komponist, Album-Titel, Track-Titel, Jahr) verwendet. Da es immer wieder zu Fehlern in dieser Datenbank kommt, wurden diese Metadaten mit den Daten, die sich auf der jeweiligen CD befinden, manuell abgeglichen. Unbekannte oder lückenhafte Einträge wurden durch einen Abgleich mit der Datenbank „Discogs“ vervollständigt (Discogs, 2012).

iTunes speichert die digitalisierten Audiofiles in einer Verzeichnisstruktur die nach Künstler, Album-Titel, und Track-Titel gereiht ist. Dieser Dateipfad wird im Verbund mit den restlichen Metadaten in einem XML-File gespeichert, welches den Datenabgleich zwischen den beiden verschiedenen Analyseprogrammen Matlab und Nugen LMB ermöglicht.

Folgende drei CD-Laufwerke wurden für das Einlesen der Audio-CDs verwendet:

- Pioneer DVR-110D – internes Laufwerk eines Power Mac G5 (Dual 2GHz)
- Sony DRX-510ULK – parallel via Firewire an Power Mac G5 angeschlossen
- Matshita DVD-R UJ-898 – internes Laufwerk eines MacBook Pro (Intel Core2 Duo)

Es wurde darauf geachtet, eine möglichst gleichmäßige Verteilung der Titellanzahl pro Produktionsjahr zu erzielen. Diese wird allerdings durch die schlechte Verfügbarkeit von Alben aus einigen Jahren (speziell aus den frühen 1960er Jahren) beeinträchtigt. Auf einigen Alben befinden sich sehr kurze Titel oder „*Interludes*“, bei denen es sich nicht um konventionelle Musiktitel handelt. Diese wurden nach der Analyse aus dem Korpus entfernt und haben somit auf die Auswertung der Daten keinen Einfluss. Weiters wurden Titel, deren Authentizität während des Einlese-Prozesses nicht eindeutig ermittelt werden konnte, nach Durchsicht der analysierten Parameter kontrolliert und bei Hinweisen auf Nachbearbeitung aus der Wertung genommen.

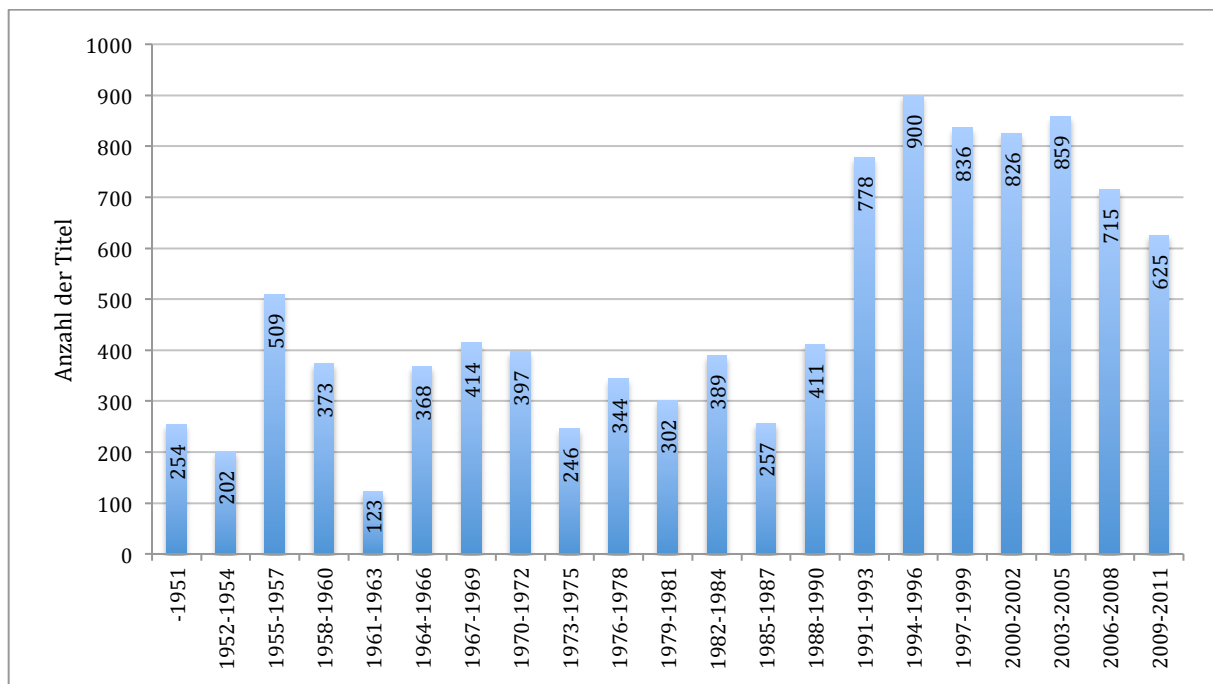


Abbildung III-1 Titel-Verteilung nach Jahren

Der zur Analyse verwendete Korpus beinhaltet somit 10.128 Titel und weist folgende Häufigkeits-Verteilung über 3-Jahres-Intervalle auf (siehe Abbildung III-1).

Das Erstellen, Einlesen und Nachbearbeiten des gesamten Datensatzes fand zwischen 01.März 2012 und 28.April 2012 statt und beanspruchte ca. 200 Arbeitsstunden.

III.2 Auswahl der Interviewpartner

Zusätzlich zur objektiven Analyse wurden Gespräche mit vier Experten geführt. Ihre Interpretationen zu den gewonnenen Daten fließen in die Bewertung mit ein. Die qualitativen Interviews wurden im direkten Gespräch (Camerer, Interview, 2012), via Telefon (Katz, Interview 1, 2012) (Katz, Interview 2, 2012) (Lund, Interview, 2012) und per Mail (Johnston, Katz, Lund, & Ortner, 2012) durchgeführt. Die Fachbereiche der Experten sind weit gestreut.

III.2.1 Florian Camerer

„Ing. Florian Camerer begann 1990 als Ton-Techniker beim ORF und ist dort seit 1995 als Tonmeister im Bereich Außenaufnahmen und Nachbearbeitung tätig. Bereits 1993 befasste sich Ing. Florian Camerer mit Mehrkanalproduktionen. Ing. Florian Camerer mischte das erste Dolby-Surround Programm des ORF und ist inzwischen

hauptverantwortlich für alle Mehrkanaltonfragen beim ORF, was die Produktion und Nachbearbeitung betrifft.“⁵

Florian Camerer ist Mitglied der Organisationen AES (Audio Engineering Society), VdT (Verband deutscher Tonmeister), ÖTMV (Österreichischer Tonmeisterverband) und IBS (Institute of Broadcast Sound) (Camerer, Xing). Als Vorsitzender der EBU PLOUD-Group hat er wesentlichen Anteil an der Entwicklung des Lautheits-Standards EBU R128. Im Interview berichtete er über das Zustandekommen und die Bedeutung dieses neuen Standards (Camerer, Interview, 2012), siehe X.1.1 Seite 107 ff.

III.2.2 Bob Katz

Robert A. Katz begann seine Karriere 1972 als Audio Supervisor des „Conneticut Public Television Network“. Von 1978-79 unterrichtete er am „Institute for Audio Research“ in New York. 1988 wurde er von dem renomierten Label „Chesky Records“ als Recording-Engineer engagiert, wo er 1989 den ersten DBX/UltraAnalog 128x Oversampling A/D Converter baute, mit dem er auch das weltweit erste kommerzielle Album mit Oversampling-Technologie aufnahm. 1990 gründete er das Mastering-Studio „Digital-Domain“, mit dem er 1996 von New York nach Orlando übersiedelte. Bob Katz ist Erfinder des K-Stereo und K-Surround Standards den er mit seinem „Ambience Recovery Processor“ patentieren lies. Einige von ihm gemasterte Alben erhielten den begehrten Grammy Award⁶.

Bob Katz ist engagiertes Mitglied der AES (Audio Engineering Society), für die er über die Jahre mehrere Artikel verfasst und Workshops abgehalten hat. Als Mitglied der EBU PLOUD-Group war auch er an der Entwicklung des EBU R128 Standards beteiligt. Die Interviews mit ihm wurden via Skype und Mail geführt (Katz, Interview 1, 2012) (Katz, Interview 2, 2012). Viele seiner Interpretationen sind in die Bewertung der Ergebnisse eingeflossen.

⁵http://ssb-info.com/ueber-uns/trainer/?tx_wecstaffdirectory_pi1%5Bcurstaff%5D=3 abgerufen am 21. Juni 2012

⁶ http://www.digido.com/images/00495-Bob_Katz_Bio.pdf abgerufen am 21. Juni 2012

III.2.3 Thomas Lund

Thomas Lund studierte Medizin an der Aarhus Universität in Dänemark. Seit nunmehr 15 Jahren arbeitet er in der High-Definition Forschungsabteilung von „TC Electronic“ und ist dort momentan „HD Development Manager“. In diesem Labor wurden mit dem „M5000“ System und dem „TC Finalizer“ Prozessoren entwickelt, die maßgeblichen Einfluss auf die Klangästhetik von Audioproduktionen hatten (Lund, Interview, 2012, S. 134). Thomas Lund ist Verfasser zahlreicher Artikel für die Audio Engineering Society und hält weltweit Vorträge über digitale Audioproduktionen und Audiotechnik. Auch er ist Mitglied der EBU PLOUD-Group und hat somit Anteil an der Entwicklung des EBU R128 Standards.

III.2.4 James D. Johnston

Dr. James D. Johnston ist Psychoakustiker und war führender Forscher bei der Entwicklung des MPEG-2 AAC „Audio Coding Algorithmus“. Seine Arbeit floss in die Entwicklung des MP3-Standards ein. Als Forscher arbeitete er in den Laboratorien von AT&T Bell, Microsoft und DTS. 2006 erhielt er den „IEEE James L. Flannigan Signal Processing Award“. Weitere Auszeichnungen wie der „AT&T Standards Award“ (1998), „AT&T Technology Medal“ (1998) und die Auszeichnung als „New Jersey Inventor of the Year Award“ (2001) bestätigen seine außerordentlichen Fähigkeiten⁷. Johnston wurde von Bob Katz in die Diskussion über die Messdaten eingebunden und hat mit seiner Expertise zu einem besseren Verständnis der psychoakustischen Auswirkungen beigetragen (Johnston, Katz, Lund, & Ortner, 2012, S. 144 ff).

⁷ <http://www.signalprocessingsociety.org/lecturers/distinguished-lecturers/> abgerufen am 21. Juni 2012

III.3 Definition der Parameter

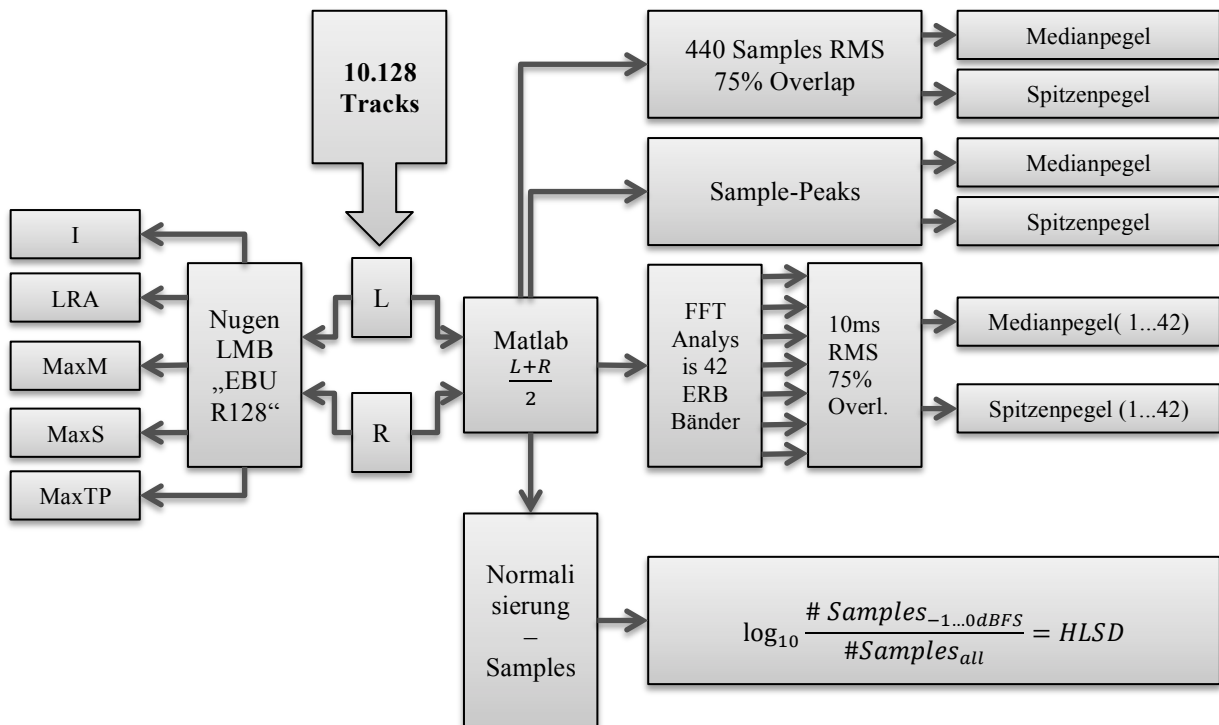


Abbildung III-2 Untersuchungsaufbau

Für jeden Titel des Korpus wurden in zwei verschiedenen Analyseprogrammen (Nugen, Matlab) unterschiedliche Parameter ermittelt. Abbildung III-2 beschreibt schematisch den Untersuchungsaufbau.

III.3.1 Parameter der Lautheitsmessung nach EBU R128

Alle Titel des Korpus wurden auf die Parameter des Standards EBU R128 hin untersucht. Diese Messungen wurden mit der Software Nugen-LMB (Loudness Management Batch Prozessor, Version 1.0.0) automatisiert durchgeführt. Folgende Parameter wurden dabei in die Analyse der Daten einbezogen:

III.3.1.1 Programmlautheit – I

Die Programmlautheit (Programme Loudness, Integrated Loudness, I) beschreibt die Lautheit über die gesamte Dauer des Programms. Als Programm wird ein einzelnes Musikstück, eine Sendung (von Signation-Beginn bis Signation-Ende) oder auch ein einzelner Werbespot bezeichnet. Die Programmlautheit wird in LUFS (Loudness Units Full Scale) angegeben und beschreibt, ähnlich einer RMS-Messung, wie laut das gesamte Programm im Durchschnitt ist. 1 LU (Loudness Unit) entspricht dabei dem Äquivalent von 1 dBFS. Gemessen wird die Programmlautheit mit der von der EBU vorgeschlagenen und in die ITU Empfehlung

aufgenommenen Gating Methode (Internationale Telekommunikations Union, 2011) (Camerer, Interview, 2012, S. 115). Dabei wird ein permanentes Gate mit einem Schwellwert (Threshold) von -70 LUFS (Absolute Silence Gating) vorgeschaltet, um einen ersten Absoluten Lautheitswert (Absolute-Gated Loudness) zu ermitteln. In einem zweiten Schritt wird ein weiteres relatives Gate, dessen Schwellwert 10 LU unterhalb des zuvor ermittelten Absoluten Lautheitswertes liegt, zugeschaltet. Die dabei verwendeten Zeitfenster der zur Ermittlung des Eingangssignals sind mit 400 ms und einer konstanten Überlappung von 75% definiert. Jene Zeitfenster der Messung, deren Ende innerhalb eines Gating-Blocks liegen, werden nicht in die Messung aufgenommen. Der Wert der Programmlautheit I ergibt sich aus dem Durchschnittswert der gemessenen Zeitfenster. Die Methode zur Ermittlung der Programmlautheit I wird im Dokument EBU-Tech 3341 erläutert (European Broadcasting Union, 2011).

III.3.1.2 Lautheitsbereich – LRA

Der Lautheitsbereich (Loudness Range, LRA) quantifiziert die Varianz der sich zeitlich verändernden Lautheit. Er ist eine ergänzende Kennzahl zur Programmlautheit. LRA misst also die Veränderung der Lautheit auf einer makroskopischen Zeitebene. Die Einheit ist LU. Die Messung basiert auf den Spezifikationen der ITU (Internationale Telekommunikations Union, 2011), verwendet allerdings einen anderen relativen Gating-Schwellwert. Dabei wird der filtergewichtete RMS-Wert über ein Zeitfenster von 3 Sekunden (mit einer Überlappung von mindestens 66% oder 2 Sekunden) ermittelt. Der Threshold für das Relative Gate wird bei -20 LU unterhalb des ermittelten Absoluten Lautheitswertes (mit Absolutem Threshold von -70 LUFS) gesetzt. Damit wird erreicht, dass der Einfluss von sehr leisen Programmteilen wie Hintergrundrauschen oder Stille aus der Bewertung fällt. Der LRA-Wert in LU ergibt sich aus der Differenz zwischen der 10ten und der 95ten Perzentile aus der Distribution aller Messwerte. Die Methode zur Ermittlung des Lautheitsbereichs wird im Dokument EBU-Tech 3342 erläutert (European Broadcasting Union, 2011).

III.3.1.3 Maximale Momentane Lautheit – MaxM

Für die Ermittlung der Maximalen Momentanen Lautheit („momentary-loudness“, M) wird eine filtergewichtete RMS-Messung (nach ITU-R BS.1770-2) in einem Zeitfenster von 400ms durchgeführt. Im Unterschied zur Programmlautheit (I) werden dabei leise Programmteile mitberücksichtigt. Es findet also kein Gating statt (EBU-Tech 3341, 2011). Für die vorliegende Untersuchung wurde der Maximalwert der Momentanen Lautheit gemessen (MaxM).

III.3.1.4 Kurzzeit-Lautheit – MaxS

Zur Ermittlung der im Dokument EBU-Tech 3341 beschriebenen Kurzzeit-Lautheit („short-term-loudness“, S) wird die filtergewichtete RMS-Messung (nach ITU-R BS.1770-2) in einem Zeitfenster von 3000 ms (3 Sekunden) durchgeführt und ebenfalls auf ein Gating verzichtet (European Broadcasting Union, 2011). Mit der Messung der maximalen Kurzzeit-Lautheit (MaxS) lassen sich sogenannte Forte-Passagen in einem Programm beschreiben.

III.3.1.5 Exakter Maximaler Spitzenpegel – MaxTP

Im Standard EBU R128 ist auch die Messung des Exakten Maximalen Spitzenpegels (Maximum True Peak, MaxTP) definiert, dessen Methode sich wiederum an dem ITU-R BS.1770-2 Standard orientiert. Dabei werden durch Oversampling Zwischenwerte der Samples interpoliert. Diese Werte ermöglichen einen Rückschluss auf analoge Spitzenwerte nach einer DA-Konvertierung. Der EBU R128 Standard definiert die Grenze des maximalen True-Peak Pegels mit -1 dBTP (dB True Peak) (EBU R 128, 2011).

III.3.1.5.1 Hintergrund zum MaxTP

Bei der Aufzeichnung von Audiosignalen werden die physikalischen Schallwellen in ein elektrisches Wellensignal umgewandelt. Passiert dies in digitaler Form, wird dieses Wellensignal in binäre Zahlenwerte transformiert. Damit eine Schallquelle qualitativ ausreichend wiedergegeben werden kann, muss die Abtastfrequenz ausreichend hoch sein. Laut dem Abtasttheorem muss die Abtastfrequenz mindestens doppelt so hoch sein wie die Frequenz des wiederzugebenden Signals. Das durchschnittliche Gehör kann Frequenzen bis 20 kHz verarbeiten. Demnach ist eine Abtastrate von mindestens 40 kHz notwendig. Die Audiosignale einer CD werden mit einer Abtastfrequenz von 44,1 kHz aufgezeichnet. DVDs bieten eine Abtastfrequenz von 48 kHz. Man spricht in diesem Zusammenhang von der Samplerate. Zur Wiedergabe des digitalen Signals werden diese Samples wieder in eine analoge Wellenschwingung rückkonvertiert. Dies geschieht mittels Digital-zu-Analog-Konvertieren (DA-Konverter). Aufgrund verschiedener physikalischer Effekte ist diese Konvertierung aber nicht vollkommen akkurat. Es können zwischen den einzelnen Samplewerten durchaus höhere analoge Amplituden entstehen. Man spricht in diesem Zusammenhang von dem Effekt des „Überschwingens“. Befinden sich die Samplewerte nahe der digital maximal möglichen Auslenkung von 0 dBFS, resultiert die Konvertierung in einer nicht-linearen Verzerrung (0 dBFS+) des analogen Signals. Diese Verzerrung nimmt mit abnehmender Abtastrate, wie sie bei Konvertierungen in komprimierte Formate wie MP3 oder

AAC üblich sind, zu (Lund, Stop Counting Samples, 2006, S. 6). Die übliche Messung der Signalspitzen mittels Sample-Peak-Meter, welches die Spitzenwerte von Samples misst, oder mit der in Studios nach wie vor sehr verbreiteten Messung mittels Quasi-Peak-Programmmeter (QPPM), dessen Integrationszeit bei 10ms liegt, ist eine Lokalisation solcher überschwingender Signalstellen nicht möglich.

Um das Überschwingen der analogen Wiedergabe schon im digitalen File zu quantifizieren, besteht die Möglichkeit, die annähernde Amplitude „zwischen“ den einzelnen Samples zu ermitteln. Mit einer üblicherweise 4x höheren Abtastrate – man spricht dabei von Oversampling – werden Inter-Sample Peaks (True-Peaks) ermittelt, die den analogen Wert nach der DA Konvertierung abbilden. Sind diese True-Peak Werte höher als 0 dBFS (0 dBFS+), entsteht eine Verzerrung, die je nach Ausgangsmaterial die Qualität des Signals negativ beeinflussen kann.

III.3.2 Parameter der Matlab-Messungen

Die folgenden Messwerte wurden mit der Softwareumgebung Matlab auf einem Server des Institutes für Wiener Klangstil der Musikuniversität Wien berechnet. Die Implementation der dafür notwendigen Codes wurde von Werner Goebel durchgeführt. Aufgrund des umfassenden Korpus wurde dabei auf eine Vereinfachung bezüglich des Stereospektrums zurückgegriffen. Dabei wurden beide Kanäle eines Musikstückes vor der Analyse summiert und danach durch zwei geteilt. Die Berechnung aller Parameter für 10.128 Titel konnte somit auf eine Rechenzeit von ca. 3 Tagen begrenzt werden.

III.3.2.1 RMS – Zeitliche Konstanten

Der RMS-Wert ist die Quadratwurzel der durchschnittlichen Amplitude in einem Frequenzband, gemessen über ein definiertes Zeitfenster. Quadratische Mittelwerte geben im Gegensatz zu geometrischen Mittelwerten größeren Werten eine höhere Bedeutung. Der RMS-Wert wird auch als Effektivwert bezeichnet. Für alle folgenden RMS-Berechnungen wurden Zeitfenster von 440 Samples verwendet. Bei der hier verwendeten Samplerate von 44,1 kHz (44.100 Samples pro Sekunde) ergibt dies umgerechnet ca. 10 ms (0,0098 s). Mit einer Verschiebung der Zeitfenster von 110 Samples wurde eine Überlappung von 75% erreicht. In jedem Fenster wurde ein RMS-Wert des Signals gebildet. Die Verteilung der Messergebnisse wurde abschließend in einem Histogramm zusammengefasst. Die Verkürzung des Zeitfenster für die Matlab-Messungen gegenüber den EBU-Zeitkonstanten erfolgte mit der Intention, kurzen Pegeländerungen eine größere Gewichtung beizumessen.

III.3.2.2 Spitzenpegel 10ms RMS

Für die Ermittlung des Maximalpegels wurde nach Berechnung des RMS-Wertes über den gesamten Frequenzverlauf die Perzentile von 99,9% aus den Histogrammen jedes einzelnen Musikstücks verwendet. Durch die Wahl dieser Perzentile soll der Einfluss von seltenen Spitzenwerten, die durch Konvertierungsfehler von CDs auftreten können, ausgeschlossen werden. Die Messwerte enthalten keine Filtergewichtung.

III.3.2.3 Medianpegel 10ms RMS

Für die Ermittlung des Medianpegels wurde nach Berechnung des RMS-Wertes über den gesamten Frequenzverlauf die Perzentile von 50% (Median) aus den Histogrammen jedes einzelnen Musikstücks verwendet. Die Messwerte enthalten keine Filtergewichtung.

III.3.2.4 Spitzenpegel Absolute Samples

Alternativ zur RMS-Messung wurde auch der Spitzenpegel absoluter Samples über den gesamten Frequenzverlauf gemessen. Dabei wurden die Pegelwerte jedes einzelnen Samples in eine dBFS-Skala umgerechnet und die daraus resultierenden Werte in einem Histogramm gespeichert.

$$dBFS = 20 \cdot \log_{10}(abs(sound))$$

Sowohl die 100% als auch die 99,9% Perzentile dieser Messergebnis-Verteilung wurde in die Analyse aufgenommen.

III.3.2.5 Medianpegel Absolute Samples

Analog zum Spitzenpegel der Samples wurde auch der Median der Pegelwerte einzelner Samples über den gesamten Frequenzverlauf aus dem oben genannten Histogramm ausgelesen. Der Medianpegel ist die 50%-Perzentile der Messergebnis-Verteilung.

III.3.2.6 FFT-Analyse

In Anlehnung an Zwickers Lautheitsmodell (Zwicker & Fastl, 1999) wurde für die Ermittlung der Lautheit einzelner Frequenzbänder eine Zerlegung in äquivalente Rechteck-Bänder (Moore B. C., 2003) vorgenommen. Mittels der Matlab-Implementierung „Gammatone-Like Spectrograms“ (Ellis, 2009) wurde im Analyseprozess jeder Track in 42 ERB-Bänder getrennt. Anschließend wurden dann für jedes einzelne Band die RMS-Werte der unter III.3.2.1 definierten Zeitfenster berechnet und in Histogrammen zusammengefasst.

Die Mittenfrequenz des ersten ERB-Bandes wurde mit 26 Hz festgesetzt. Darauf aufbauend ergeben sich die restlichen 41 Bänder (siehe II.1.5.1), die mit ihren Frequenz-Ober- und Untergrenzen in Tabelle III-1 beschrieben sind.

ERB _N number	ERB _N (f)	f center (Hz)	f bottom (Hz)	f top (Hz)	overlap (Hz)
1,000	27,5	26	12,2	39,8	
1,989	30,6	54,62	39,3	69,9	0,4
2,979	34,0	86,46	69,4	103,5	0,5
3,968	37,9	121,87	102,9	140,8	0,5
4,957	42,1	161,26	140,2	182,3	0,6
5,947	46,8	205,08	181,7	228,5	0,7
6,936	52,1	253,82	227,8	279,9	0,7
7,925	57,9	308,03	279,1	337,0	0,8
8,915	64,5	368,33	336,1	400,6	0,9
9,904	71,7	435,4	399,6	471,2	1,0
10,893	79,7	510,01	470,1	549,9	1,1
11,883	88,7	592,99	548,6	637,3	1,2
12,872	98,7	685,3	636,0	734,6	1,4
13,861	109,8	787,97	733,1	842,8	1,5
14,851	122,1	902,18	841,1	963,2	1,7
15,840	135,8	1029,2	961,3	1097,1	1,9
16,829	151,0	1170,5	1095,0	1246,0	2,1
17,818	168,0	1327,7	1243,7	1411,7	2,3
18,808	186,9	1502,5	1409,1	1595,9	2,6
19,797	207,9	1697	1593,1	1800,9	2,9
20,786	231,2	1913,3	1797,7	2028,9	3,2
21,776	257,2	2153,9	2025,3	2282,5	3,6
22,765	286,1	2421,5	2278,5	2564,5	4,0
23,754	318,2	2719,2	2560,1	2878,3	4,4
24,744	353,9	3050,3	2873,3	3227,3	5,0
25,733	393,7	3418,6	3221,7	3615,5	5,5
26,722	437,9	3828,3	3609,3	4047,3	6,1
27,712	487,1	4284	4040,4	4527,6	6,8
28,701	541,8	4790,9	4520,0	5061,8	7,6
29,690	602,7	5354,7	5053,4	5656,0	8,5
30,679	670,4	5981,8	5646,6	6317,0	9,4
31,669	745,7	6679,4	6306,6	7052,2	10,4
32,658	829,4	7455,4	7040,7	7870,1	11,5
33,647	922,6	8318,4	7857,1	8779,7	13,0
34,637	1026,2	9278,5	8765,4	9791,6	14,3
35,626	1141,4	10346	9775,3	10916,7	16,3

ERB _N number	ERB _N (f)	f center (Hz)	f bottom (Hz)	f top (Hz)	overlap (Hz)
36,615	1269,7	11534	10899,2	12168,8	17,6
37,604	1412,3	12855	12148,9	13561,1	20,0
38,594	1570,9	14325	13539,5	15110,5	21,6
39,584	1747,4	15960	15086,3	16833,7	24,2
40,573	1943,6	17778	16806,2	18749,8	27,5
41,562	2161,9	19800	18719,1	20880,9	30,8

Tabelle III-1 ERB-Skalenwerte der FFT-Analyse

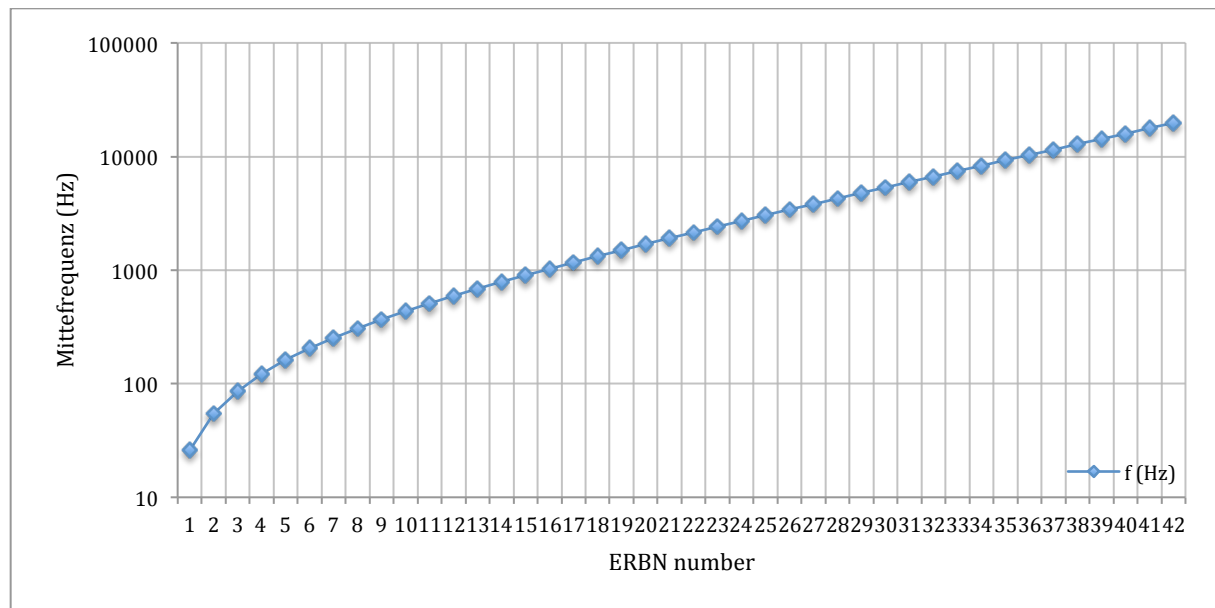


Abbildung III-3 ERB-Skala, 42 Mittenfrequenzen

Abbildung III-3 zeigt den daraus resultierenden Anstieg der Mittenfrequenz.

III.3.2.6.1 10ms RMS Spitzenpegel pro Band (1...42)

Für jedes der oben beschriebenen Frequenzbänder wurden RMS-Werte der unter III.3.2.1 beschriebenen Zeitfenster errechnet und in Histogrammen gespeichert. Für den Maximalpegel wurde der Wert der 99,9%-Perzentile gewählt.

III.3.2.6.2 10ms RMS Medianpegel pro Band (1...42)

Zur Ermittlung der Medianpegel pro Band wurde die 50%-Perzentile aller RMS-Messungen jedes einzelnen Histogramms ausgelesen und gespeichert.

III.3.2.7 High Level Sample Density – HLSD

Die Ermittlung der HLSD beruht auf den Untersuchungen von Deruty (Deruty, 2011) (siehe II.4.1, Seite 28). Dabei werden die dBFS Werte jedes einzelnen Samples analysiert. Nach Normalisierung der Messwerte wird die Anzahl jener Samples mit einem Pegel zwischen 0 und -1dBFS durch die Gesamtanzahl der Samples des Tracks dividiert und davon ein Logarithmus gebildet.

$$HLSD = \log_{10} \frac{\# Samples_{-1dBFS...0dBFS}}{\# Samples_{Total}}$$

Zur besseren Anschaulichkeit der gemessenen Ergebnisse, wurde die Anzahl der Samples pro Sekunde berechnet.

$$HLSD_s = Samplerate \cdot \frac{\# Samples_{-1dBFS...0dBFS}}{\# Samples_{Total}}$$

Befinden sich besonders viele Samples zwischen -1dBFS und 0dBFS, ist das ein Hinweis auf massiven Einsatz von Peak-Limitern um die Lautheit zu erhöhen.

III.3.3 Spitzen- Durchschnittswertdifferenz – Crest

Die Differenz zwischen dem Spitzenwert und dem Durchschnittswert einer Audioaufnahme wird mit Crest bezeichnet. Als Durchschnittswert der Matlab-Messungen wurde der jeweilige Medianwert in der Verteilung der zeitlich gefensterten Messwerte definiert. Für die Ermittlung der Crest-Werte wurden die Parameter-Differenzen jedes einzelnen Musikstückes errechnet und anschließend statistisch ausgewertet. Je enger Spitzen- und Medianwerte bzw. Spitzen- und Durchschnittswerte beieinander liegen, desto geringer ist der Crest-Wert. Folgende Crest-Werte konnte mit den gemessenen Ergebnissen ermittelt werden:

III.3.3.1 CREST EBU1

$$CREST EBU_1 = MaxTP - Programmlautheit (I)$$

Crest EBU₁ setzt die durchschnittliche gewichtete Lautheit eines Musikstückes in Beziehung zu seinem Exakten Spitzenpegel (MaxTP). Es sei darauf hingewiesen, dass der Vergleich auf zwei unterschiedlichen Zeitfenstern beruht und damit nicht der eigentlichen Definition eines Crest-Faktors entspricht. Nichtsdestoweniger können daraus Rückschlüsse über das Zusammenspiel dieser beiden Parameter geschlossen werden.

III.3.3.2 CREST EBU2

Für die Ermittlung des Crest EBU₂-Wertes wurde die Differenz zwischen Programmlautheit und Maximaler Momentaner-Lautheit (MaxM) ermittelt. Beide Parameter haben die selbe Integrationszeit (400 ms).

$$CREST EBU_2 = MaxM - Programmlautheit (I)$$

III.3.3.3 CREST EBU3

Crest EBU₃ drückt das Verhältnis zwischen der maximalen Kurzzeit-Lautheit (3 Sekunden Integrationszeit) und der Programmlautheit aus.

$$CREST EBU_3 = MaxS - Programmlautheit (I)$$

Auch hier muss der Umstand, dass es sich um einen Vergleich von Parametern mit unterschiedlichen Zeitkonstanten handelt, berücksichtigt werden.

III.3.3.4 CREST 10ms RMS

$$CREST 10ms_{RMS} = 10ms \text{ Spitzenpegel}_{(RMS)} - 10ms \text{ Medianpegel}_{(RMS)}$$

Crest 10ms_{RMS} gibt Aufschluss über das Verhältnis der RMS-Pegel in sehr kleinen Zeitfenstern, bezogen auf das gesamte Frequenzspektrum zueinander.

III.3.3.5 CREST Absolute Samples

$$CREST \text{ Absolute Samples} = \text{Spitzenpegel}_{(Sample)} - \text{Medianpegel}_{(Sample)}$$

Crest Absoute Samples drückt das Verhältnis der Sample Spitzenpegel und Medianpegel zueinander aus.

III.3.3.6 CREST MaxTP– Spitzenpegel Absoluter Samples

$$CREST \text{ Oversampling} = \text{MaxTP} - \text{Spitzenpegel Absolute Samples}_{100\%}$$

Crest MaxTP gibt Aufschluss über den Anstieg der Exakten Spitzenpegel im +0dBFS Bereich im Vergleich zu den Spitzenpegeln Absoluter Samples.

III.3.3.7 CREST RMS(1..42)

$$CREST RMS_{(1...42)} = RMS \text{ Spitzenpegel}_{(1...42)} - RMS \text{ Medianpegel}_{(1...42)}$$

Crest RMS_{1..42} drückt das Verhältnis der RMS-Pegel in sehr kleinem Zeitfenster pro Frequenzband zueinander aus.

IV ERGEBNISSE

Die folgenden Diagramme stellen die Auswertung der Messergebnisse von 10.128 analysierten Musikstücken dar. Die statistischen Berechnungen wurden in Excel mit Hilfe der Software XLSTAT-Pro (Version 2012.3.02) durchgeführt. Die Linien in den Diagrammen stellen jeweils Medianwerte (50%-Quantil) dar. Die Fehlerbalken markieren das erste und dritte Quartil der Messergebnisverteilung. Innerhalb der Bandbreite der Fehlerbalken befinden sich also 50% aller Messergebnisse (Verteilung von 25% bis 75%).

IV.1 Programmlautheit (I)

Die Messung der Programmlautheit (I) (III.3.1.1) zeigt einen Anstieg der durchschnittlichen Lautheit im Jahresverlauf. Die Jahre 1979–1981 (-17,66 LUFS) und 1982–1984 (-17,61 LUFS) scheinen als die durchschnittlich leisesten auf (siehe Abbildung IV-1). Dies erklärt sich mit dem Zeitpunkt der Einführung des CD-Standards. Das Medium CD hat gegenüber dem zuvor vorherrschenden Medium Band einen höheren Rauschabstand und lässt somit auch mehr Dynamik zu. In der Übergangszeit der Medien wurden viele Alben noch analog produziert und anschließend für die CD-Produktion digitalisiert.

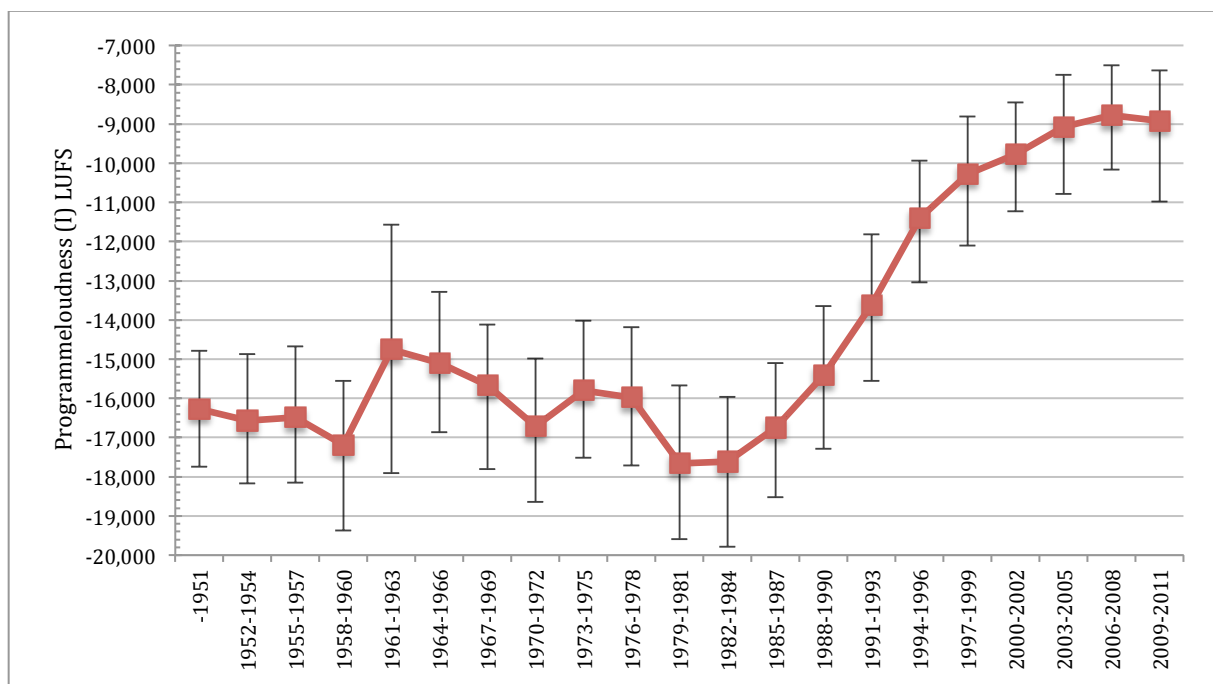


Abbildung IV-1 Programmlautheit I nach EBU R128

Dabei wurde nicht der gesamte Dynamikbereich ausgenutzt, sondern auf eine sehr konservative Art der Konvertierung gesetzt. Im Laufe der Jahre wurden dann neue Technologien für die Spitzenpegel-Limitierung verwendet, was die durchschnittliche Lautheit sukzessive ansteigen ließ.

Ab dem Zeitraum 1991–1993 ist ein stärkerer Anstieg zu erkennen, der in den Jahren 2006–2008 mit einem Spitzenwert von -8,78 LUFS (+8,88 LU im Vergleich zu 1979–1981) ein Maximum erreicht. Maßgeblich dafür verantwortlich sind Produkte wie der Peak-Limiter L1 und L2 von Waves und der TC Electronic Finalizer. Mit diesen Produkten gelang es erstmals kostengünstig digitale Spitzen zu regulieren. Dieses Limitieren wird auch als entscheidender Faktor für die Eskalation im Lautheitsrennen verantwortlich gemacht. Ein minimaler Rückgang der Programmlautheit von 0,14dB ergibt sich für den Jahreszeitraum 2009–2011 (-8,92 LUFS).

Der Anstieg der Programmlautheit in den frühen 1960er Jahren ist auf einen kleineren Korpus an Musikstücken aus diesen Produktionsjahren zurückzuführen. Hier zeigt sich im Korpus eine Vorherrschaft des Genres Rock'n Roll, der auf die außerordentlich erfolgreichen Alben von den Beatles fußt. Dieser Umstand muss auch in den folgenden Analysen berücksichtigt werden.

IV.2 Exakter Maximaler Spitzenpegel (MaxTP)

Die Analyse der Exakten Maximalen Spitzenpegel (III.3.1.5, Seite 44) zeigt ein ähnliches Bild wie das der Programmlautheit. Der Einsatz von Peak-Limitern ist auch hier sehr gut zu erkennen (siehe Abbildung IV-2, Seite 53). Ab 1991 verursachen diese einen Anstieg der gemessenen Exakten Spitzenpegel auf über 0 dBFS. Bei der für eine Wiedergabe notwendigen Wandlung in ein analoges Signal ergeben sich dabei non-lineare Verzerrungen, die einen hohen Einfluss auf die empfundene Klangcharakteristik und Lautheit haben. Noch problematischer gestaltet sich die Konvertierung in komprimierte Formate wie MP3, da Codecs eine hohe Fehlerrate bei Pegeln über +0dBFS produzieren.

„For me, the 0dB True Peak is a good indicator and it's also a good indicator that if you're above that level, then something is terribly wrong with the master.“ (Lund, Interview, 2012, S. 137)

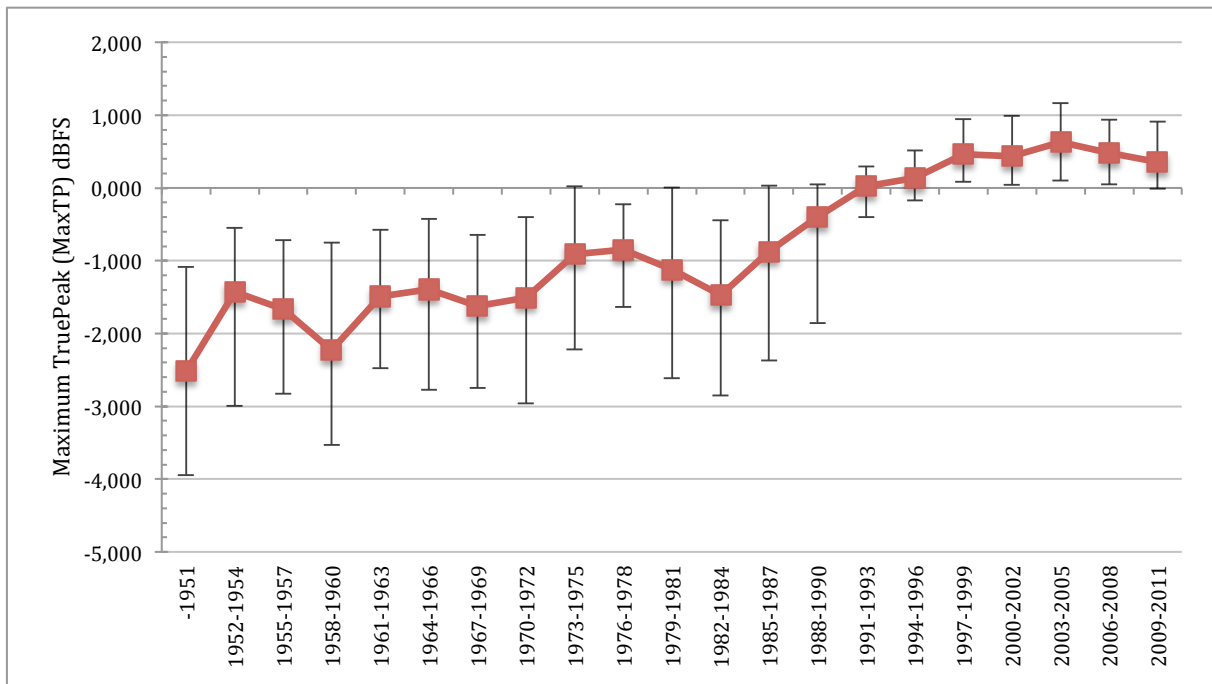


Abbildung IV-2 Exakter Maximaler Spitzenpegel (Max TP) nach EBU R128

Möglich wurde diese Pegelsteigerung Anfang der 1990er Jahre durch die Verwendung der Software Sonic Solutions, die auch einen Limiter enthielt. Die Mastering Software MD2 des M5000 Systems von TC Electronic und der Limiter des DAA 1630 Systems von Sony waren ebenfalls, durch die hohen Anschaffungskosten jedoch wenig verbreitet, in professionellen Studios im Einsatz. Mitte der 1990er Jahre kam der Peak-Limiter „L1“ als Software Plug-In von „Waves“ und der „TC Finalizer“ als kostengünstigere Variante des „M5000“ von „TC Electronic“ auf den Markt. Aufgrund ihrer niedrigen Preise fanden diese Produkte schnell eine sehr weite Verbreitung. Bob Katz erinnert sich im Interview an eine Zeit in der viele Mix-Engineers den „TC Finalizer“ verwendeten, um sich die Kosten für ein Mastering zu sparen. Zwischen 1982–1984 (-1,47 dBFS) und dem Spitzenwert von 2003–2005 (+0,63 dBFS) liegt eine Differenz von 2,1 dB. Ein minimaler Rückgang der Spitzenpegel um 0,27 dBFS ist zwischen den Jahreszeiträumen 2003–2005 (+0,63 dBFS) und 2009–2011 (+0,36 dBFS) zu erkennen. In diesen Zeitraum fällt die Entwicklung von Oversampling-Brickwall-Limitern. Diese versuchen mittels Schätzung der Intersample-Peaks eine Verzerrung zu verhindern und das immer lauter werdende Signal so vor +dBFS Werten zu schützen.

„If I try to send a very hot signal with lots of distortion into the TC oversampled Brickwall-Limiter, it gives up. It's not perfect. It will produce TruePeaks higher than 0 dBFS. There's a limit how good even the Brickwall-Limiter can be, when you start bombarding it.“ (Katz, Interview 2, 2012, S. 129)

IV.3 Maximale Momentane Lautheit (MaxM)

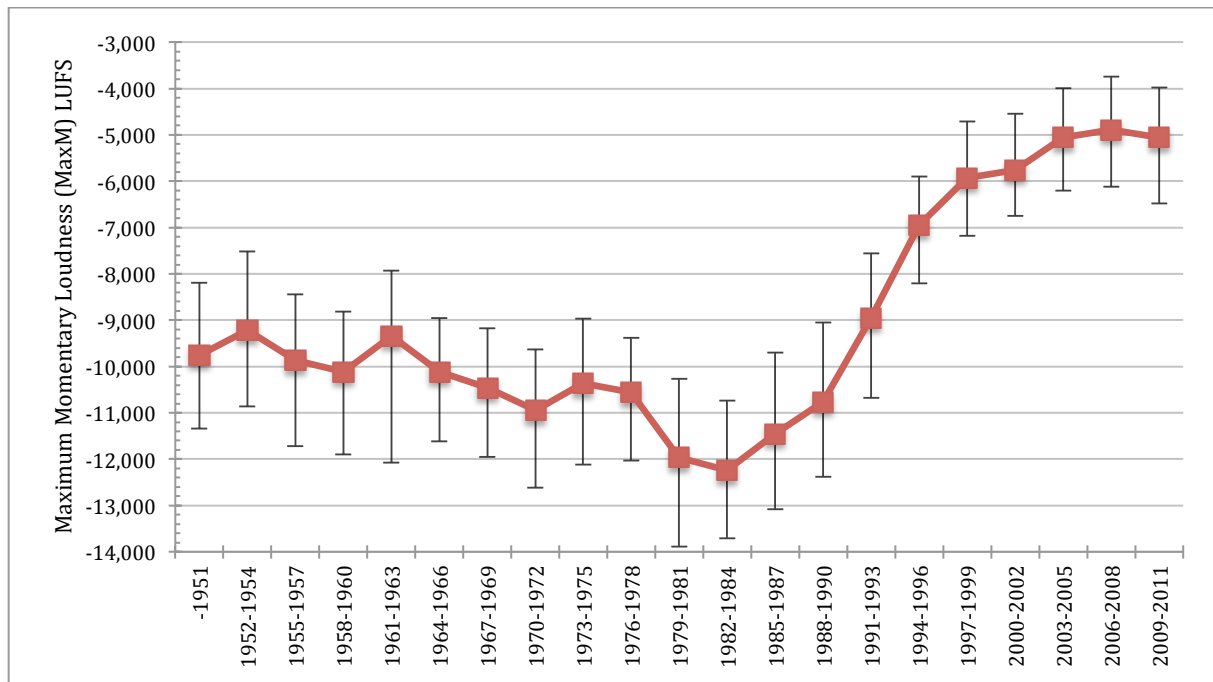


Abbildung IV-3 Maximale Momentane Lautheit nach EBU R128 (400ms Integrationszeit)

Die Maximale Momentane Lautheit ist ein Gradmesser für sogenannte Forte-Passagen (III.3.1.3, Seite 43). Der Anstieg folgt dem der Programmlautheit. Zwischen 1982–1984 und 2006–2008 steigt der Medianwert für die Momentane Lautheit von -12,24 LUFS auf -4,89 LUFS um 7,35 LU (siehe Abbildung IV-3). Der minimale Rückgang zwischen dem Spitzenwert 2006–2008 (-4,89 LUFS) und 2009–2011 (-5,06 LUFS) beträgt 0,17 LU.

IV.4 Maximale Kurzzeit-Lautheit (MaxS)

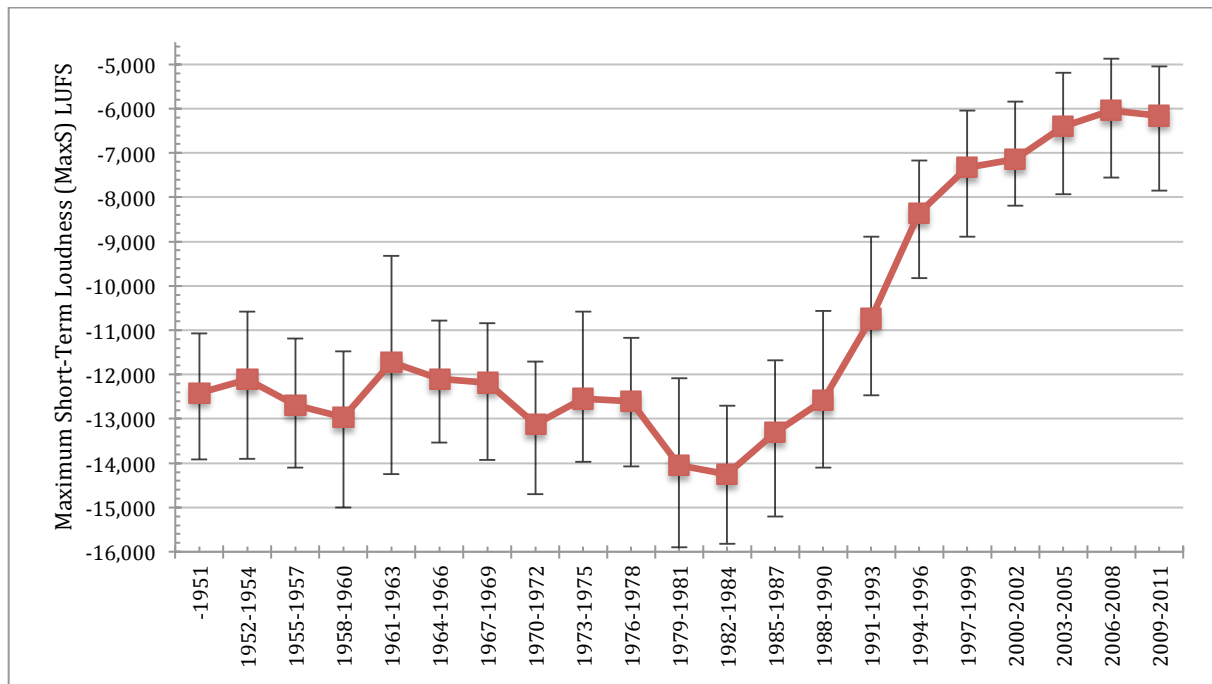


Abbildung IV-4 Maximale Kurzzeit-Lautheit nach EBU R128 (3000ms Integrationszeit)

Auch die Analyse der maximalen Kurzzeit-Lautheit (III.3.1.4) folgt im Schema der der Programmlautheit. Der geringste Medianwert ergibt sich für die Jahre 1982–1984 (-14,25 LUFS). Das Maximum erreicht die Kurzzeit-Lautheit in den Jahren 2006–2008 mit -6,04 LUFS (siehe Abbildung IV-4). Dazwischen liegen 8,21 LU. Der minimale Rückgang zwischen 2006–2008 (-6,04 LUFS) und 2009–2011 (-6,16 LUFS) beträgt 0,12 LU.

IV.5 Vergleich (I, MaxM, MaxS, MaxTP)

Die Unterschiede im Verlauf aller EBU R128 Parameter werden bei einer gleichzeitigen Betrachtung sichtbar (siehe Abbildung IV-5, Seite 56). Der Abstand zwischen der Programmlautheit und den beiden Maximalwerten der Kurzzeit- und Momentanen-Lautheit, nimmt in jüngeren Jahren ab. Dies gilt auch für die Differenz zwischen der Programmlautheit und dem flacher ansteigenden Maximalen Exakten Spitzenpegel. Der Werteanstieg von MaxS und MaxM verläuft etwas flacher als der der Programmlautheit I. Die Steigerung der MaxTP-Werte ist durch die physikalischen Gegebenheiten der 0 dBFS-Grenze am geringsten.

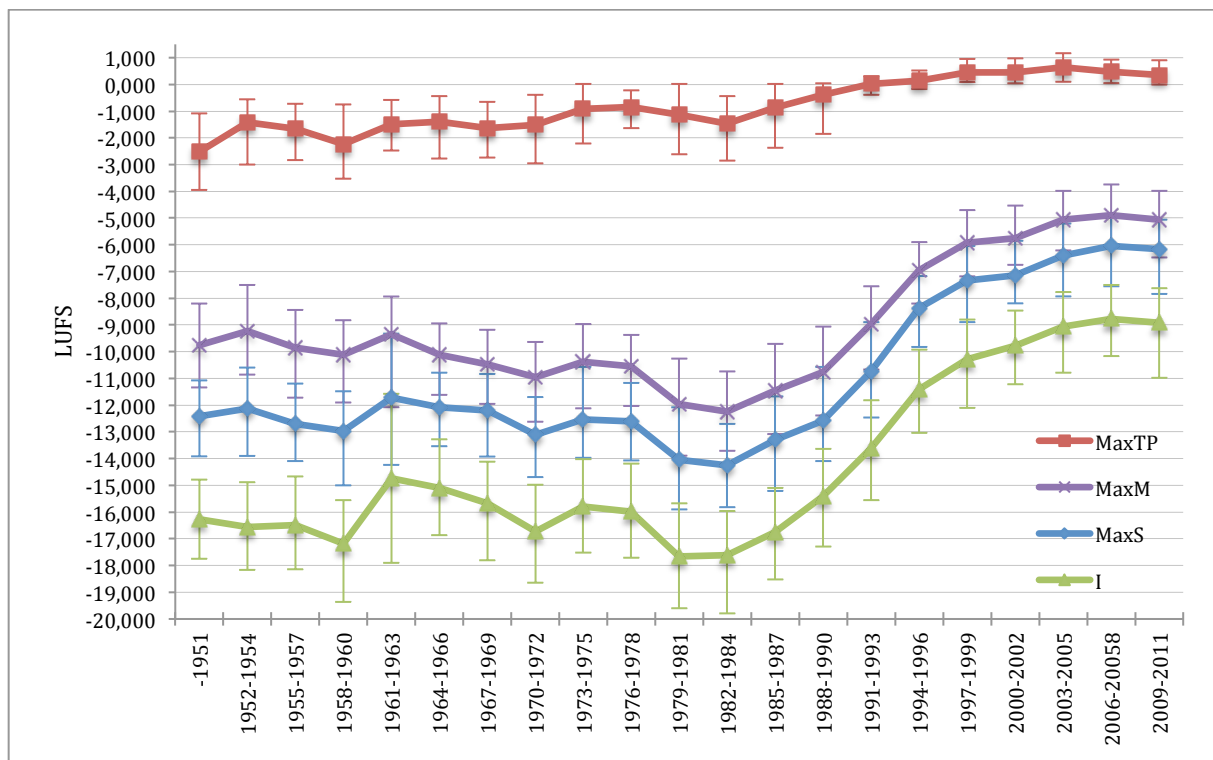


Abbildung IV-5 Vergleich der EBU R128 Parameter MaxTP, MaxM, MaxS und I

IV.6 Crest Vergleiche EBU R128

Das Verhalten der unterschiedlichen Parameter der Lautheitsmessung nach EBU R128 lässt sich mit der Differenz zur Programmlautheit ausdrücken. Dabei werden wie in III.3.3 beschrieben, die jeweiligen Differenzen zwischen den Parametern jedes einzelnen Musikstückes ermittelt und statistisch ausgewertet.

IV.6.1 Crest EBU1

Die Differenz zwischen dem Maximalen Exakten Spitzenpegel und der Programmlautheit zeigt folgenden Verlauf (siehe Abbildung IV-6, Seite 57). Die größte Differenz zwischen diesen beiden Parametern zeigt sich im Jahreszeitraum 1982–1984 (16,13 LU). Dieser Zeitraum markiert den Übergang zwischen analogem und digitalem Trägermedium. Im Zeitraum davor ist der Crest EBU1 Wert annähernd konstant. Mit Ausnahme der frühen 1960er-Jahre, die genrebedingt eine höhere Kompression aufweisen, ist der leichte Anstieg zwischen 1952–1954 (14,53 LU) und 1982–1984 um 1,6 LU, Ausdruck eines zunehmenden Dynamikumfangs, der durch das Senken des Grundrauschens von Bandmaterialien erzielt wurde. Der starke Abfall des Crest EBU1 Wertes nach 1982–1984 zeigt eine Zunahme der Kompression kurzer Transienten und die Auswirkungen digitaler Limitierung.

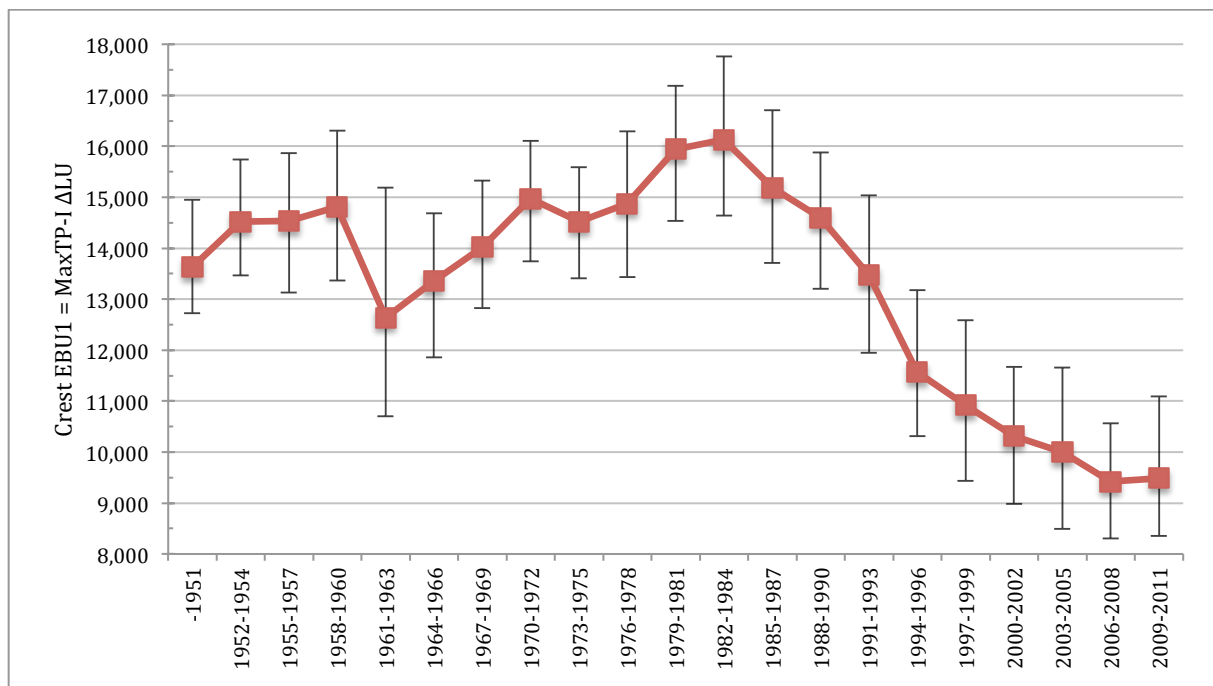


Abbildung IV-6 Crest EBU1

Der Abstand zwischen Spitzenpegel und durchschnittlicher Lautheit hat sich in den Zeiträumen zwischen 1982–1984 (16,13 LU) und 2006–2008 (9,42 LU) um 6,71 dB verringert. Bob Katz bringt es im Interview auf den Punkt. Bezüglich der maximalen Differenz in den Jahren 1982–1984 meinte er:

„...it's the maximum potential, before mastering engineers became nasty.“ (Katz, Interview 2, 2012, S. 126)

IV.6.2 Crest EBU2

Die Differenz zwischen maximaler Momentaner-Lautheit und Programmlautheit ist aufgrund der selben Integrationszeiten (400 ms) besonders interessant. Hier zeigt sich, abgesehen von den Anomalien in den 1960er-Jahren, ein kontinuierlicher Abfall der Differenzen zwischen 1952–1954 (7,49 LU) und 2006–2008 (3,17 LU) von 4,32 LU (siehe Abbildung IV-7). Das Abfallen des Crest EBU2 Wertes ist Ausdruck für die Zunahme der Kompression mit langen Regelzeiten. Diese Form der Komprimierung wird unter anderem zur Einschränkung der Dynamikschwankungen von Gesangsstimmen oder Soloinstrumenten verwendet.

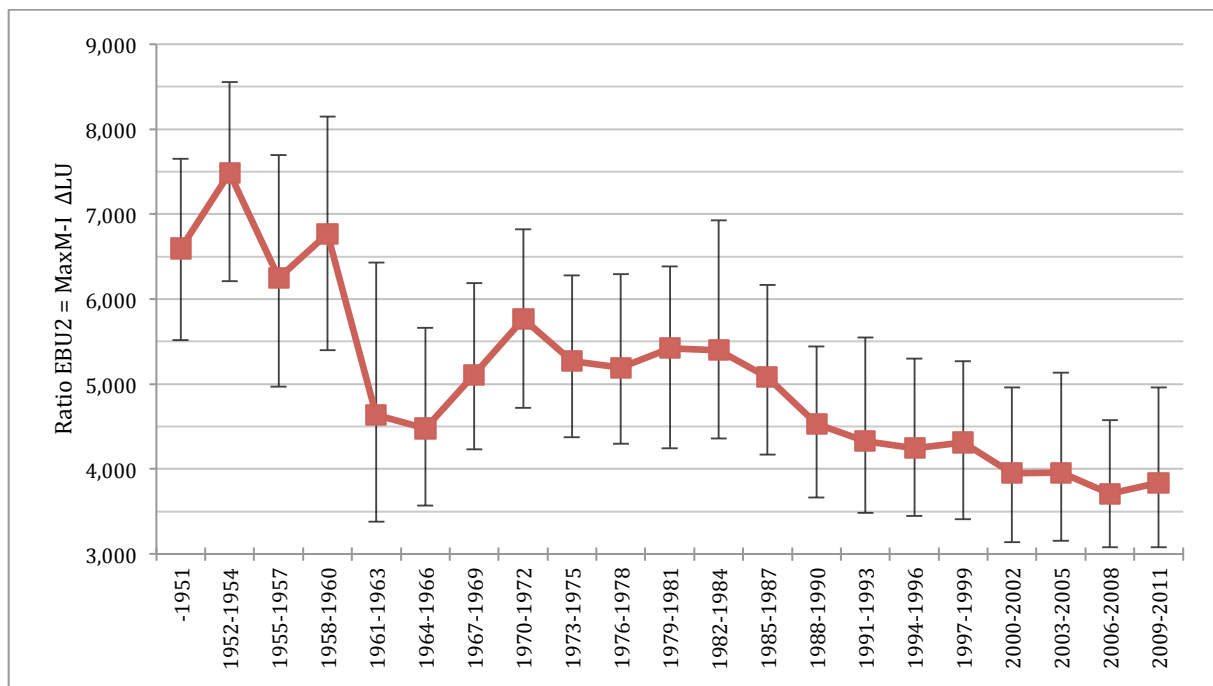


Abbildung IV-7 Crest EBU2

IV.6.3 Crest EBU3

Aufgrund der längeren Integrationszeit der Kurzzeit-Lautheit (3000 ms), ist die Differenz zur Programmlautheit wesentlich geringer. Die minimale Differenz wird in der ersten Hälfte der 2000er-Jahre erreicht (2,52 LU). Der Unterschied im Jahresverlauf zum Zeitraum 1952–1954 (4,29 LU) ergibt nur 1,77 LU (siehe Abbildung IV-8).

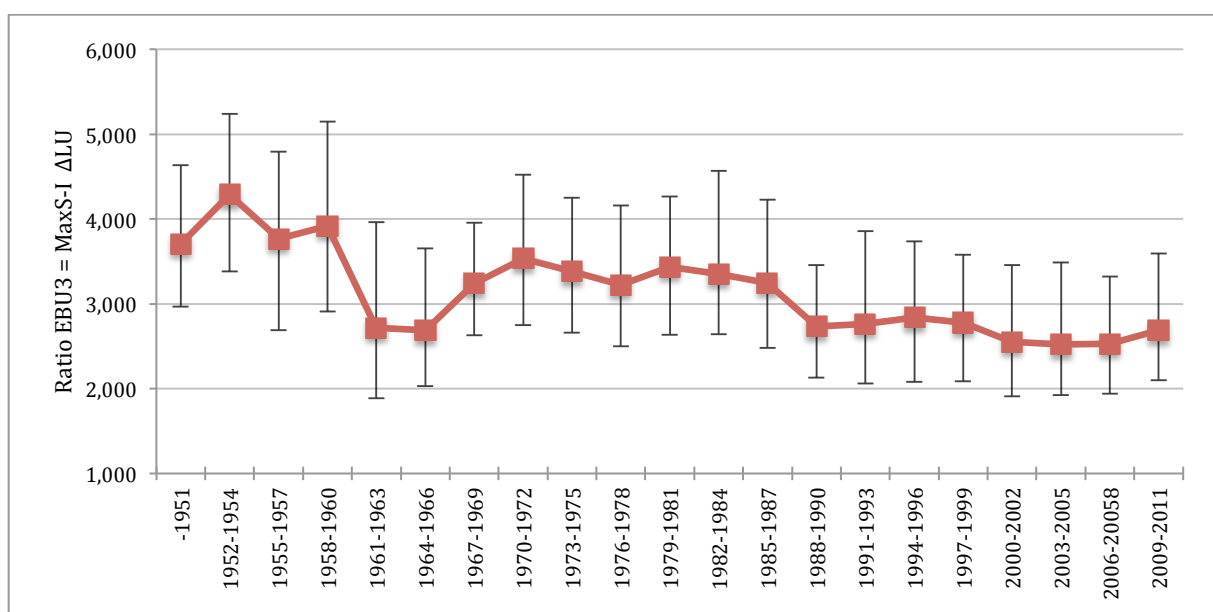


Abbildung IV-8 Crest EBU3

IV.7 Lautheitsbereich (LRA)

Der Lautheitsbereich ist ein Maß für die Differenz zwischen leisen und lauten Programmteilen (siehe III.3.1.2, Seite 43). Sein Verlauf zeigt, dass es keinen wesentlichen Unterschied der Lautheitsvariationen auf makroskopischer Zeitebene im Jahresverlauf gibt (siehe Abbildung IV-9). Die Medianwerte des LRA verändern sich nicht relevant und liegen in etwa bei 6 LU. Die höheren Abweichungen zur 3. Quartile zeigen, dass die Perzentilen 50% bis 75% stärker variieren als jene Werte zwischen 25% und 50% der gesamten Verteilung. Der Mittelwert liegt in der statistischen Verteilung konstant über dem Medianwert.

Der relativ konstante Verlauf des Lautheitsbereiches lässt jedoch nicht den Schluss zu, dass die zunehmende Kompression von Musikstücken, die in den Crest Auswertungen gezeigt werden konnte, keinen Verlust an Lautheitsvariationen ergab. In der Definition des Lautheitsbereiches wird lediglich das Vorhandensein von leisen und lauten Programmteilen ermittelt, nicht jedoch deren zeitlicher Anteil am Programm (Musikstück) selbst.

„Loudness Range should not be confused with other measures of dynamic range or crest factor, etc.“ (European Broadcasting Union, 2011, S. 5)

Da sich der Schwerpunkt des Lautheitsbereiches mit der Programmlautheit zwischen 1979–1981 und 2006–2008 um +8,88 LU nach oben verschoben hat (siehe Abbildung IV-1, Seite 51), findet seine Varianz auf einem deutlich höheren Niveau statt.

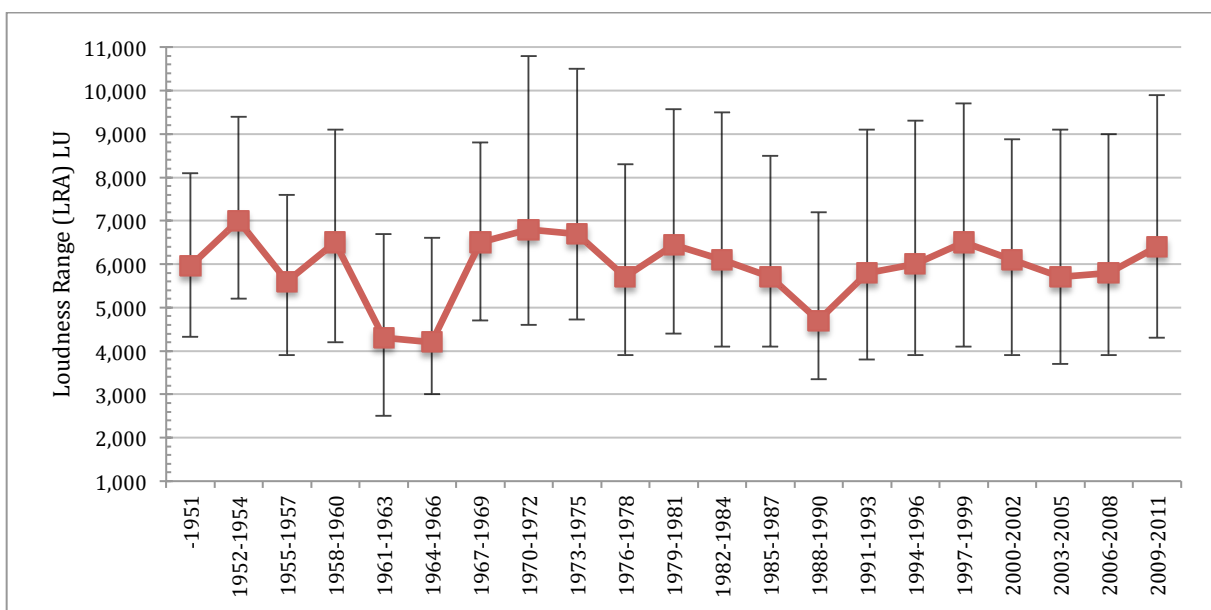


Abbildung IV-9 Lautheitsbereich nach EBU R128

Mit dem Durchbrechen der 0dBFS Grenze des Exakten Spitzenpegels MaxTP seit 1991–1993 (siehe Abbildung IV-2, Seite 53), werden zusätzlich nicht-lineare Verzerrungen in der Wiedergabe erzeugt. Betrachtet man die Veränderungen des Lautheitsbereich in Zusammenhang mit der Programmlautheit (siehe Abbildung IV-10), wird dieser Zusammenhang klar ersichtlich.

„[...] the only thing you can use the LRA for is to see if a track would be a problem to play back for instance on an airplane or in a car or something like that [...] to guide a production engineer if he has excessive loudness jumps inside his programme. And maybe he wants it. Maybe if you are creating a new Pink Floyd type of track then maybe you want to do it. It's not that you should not have a high LRA, you should just be aware that this could be challenge under some playback conditions.“ (Lund, Interview, 2012, S. 136)

Die obere Grenze des Lautheitsbereiches in Abbildung IV-10 folgt der Maximalen Kurzzeit-Lautheit MaxS, die bei gleicher Integrationszeit (3000 ms) den 100% Wert in der ermittelten Verteilung des LRA (10%-95%) markiert. Es handelt sich dabei also um eine Annäherung, die um die lautesten 5% der Verteilung höher liegt. Es kann dennoch eine leichte Abwärtsverschiebung des unteren, leisen Endes des Lautheitsbereiches in den Jahren 1988-2011 in der Höhe von ungefähr 1 LU festgestellt werden.

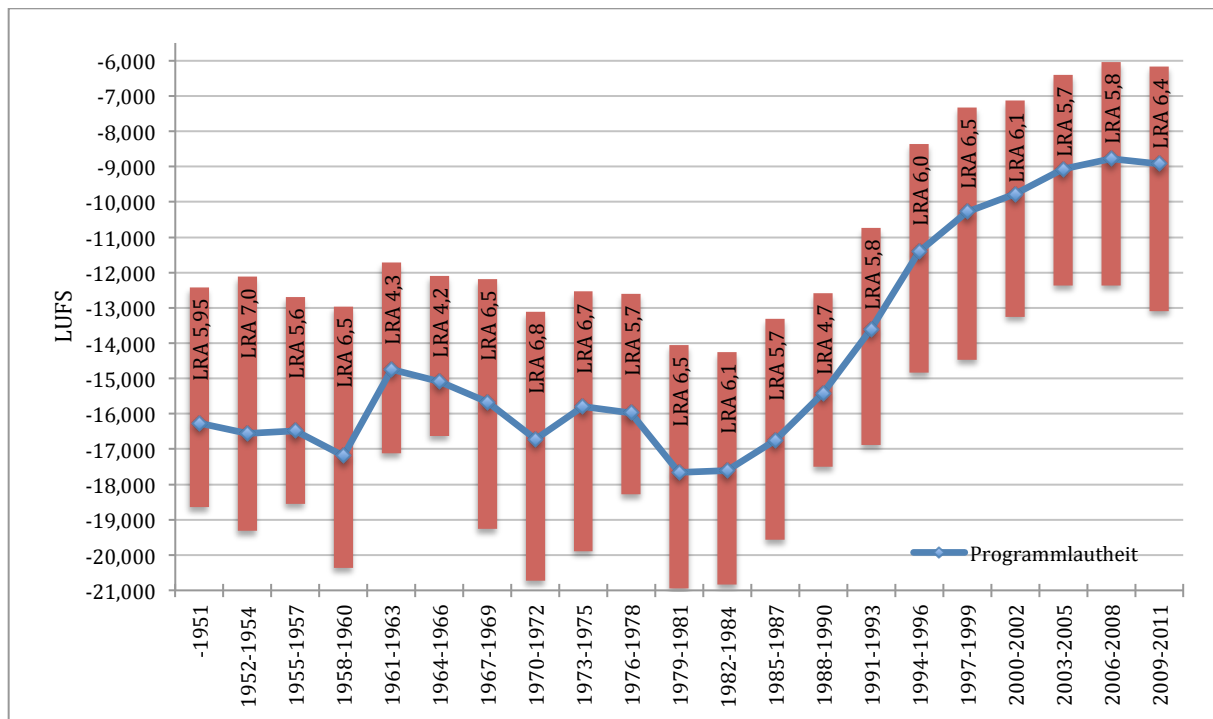


Abbildung IV-10 Lautheitsbereich bezogen auf Programmlautheit

„It is possible that this data indicating a slight increase in dynamic range at the soft end might be real. If it is real, it is surprising given the noisy environments where music is enjoyed today (car, iPod). Regardless, I believe the current clipping, compression and limiting practices in popular music probably outweigh any audible dynamic range advantage that a slightly softer soft passage might have achieved. I can tell you that in mastering of dynamic music if I am using a little too much parallel compression (for purposes of raising soft passages) and I reduce the compression by lowering the output gain of the parallel compressor even a dB the music then breathes more at the upper levels. The ear perceives a more open sound. In other words, the amplitude of soft passages affects our perception of upper level microdynamics.“
(Johnston, Katz, Lund, & Ortner, 2012, S. 156)

IV.8 High Level Sample Density (HLSD)

Der Blick auf die Dichte der Samples zwischen -1 und 0 dBFS ermöglicht einen Rückschluss auf den Einsatz von digitalen Limitern in Musikstücken. Dieser ist sehr klar ab dem Zeitraum 1994–1996 zu erkennen (siehe Abbildung IV-11, Seite 62). Der logarithmische Verlauf der HLSD stimmt mit den Ergebnissen der Deruty Untersuchung weitgehend überein (siehe Abbildung II-15, Seite 30).

Ein noch klareres Bild ergibt sich, wenn der logarithmische Bezug aufgelöst, und die durchschnittliche Anzahl der Samples pro Sekunde, die sich zwischen den Grenzen -1 und 0 dBFS befinden, linear dargestellt wird (siehe Abbildung IV-12, Seite 62). Ab dem Jahreszeitraum 1994–1996 ist ein starkes Ansteigen der Anzahl von Samples zwischen -1 und 0 dBFS zu erkennen. Dieser ist auf den Einsatz von Peak-Limitern zurückzuführen. Ab dem Jahreszeitraum 2006–2008 ist wiederum ein Abklingen dieses Trends erkennbar. Zurückzuführen ist das einerseits auf die zunehmende Erkenntnis, dass bei digital stark limitierten Musikstücke nach einer Konvertierung in ein Format wie MP3 höhere Verzerrungen auftreten, andererseits auf den verbreiteten Einsatz von Brickwall-Limitern.

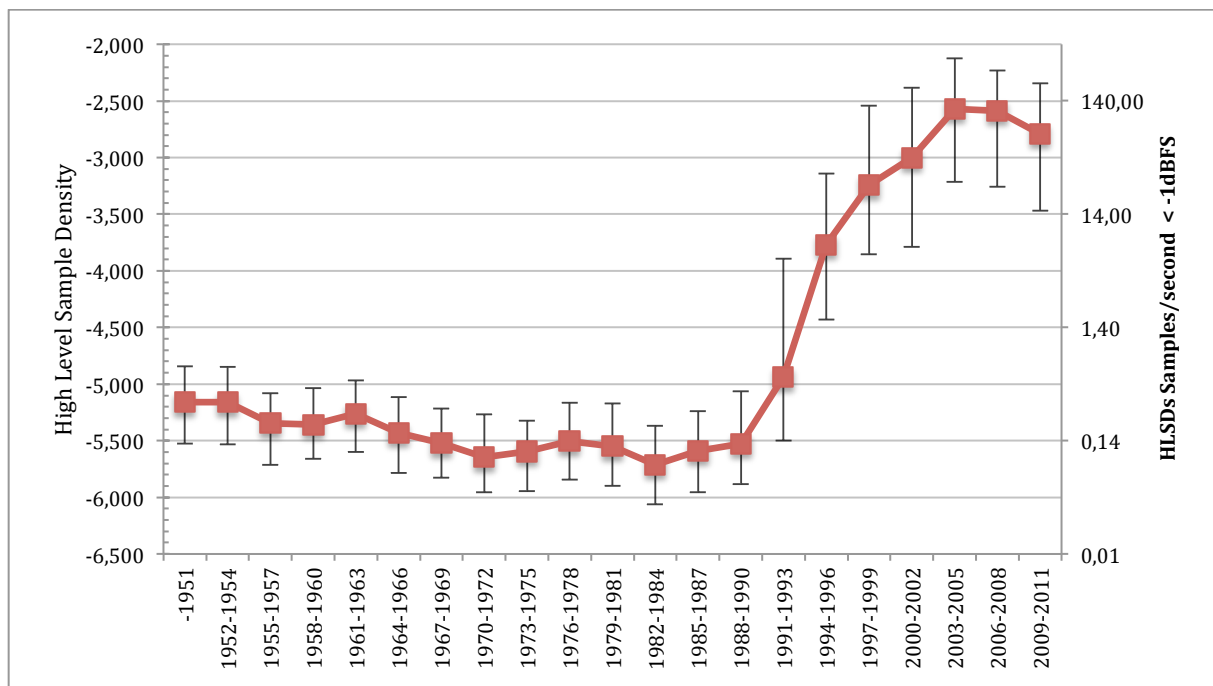


Abbildung IV-11 High Level Sample Density HLSD und HLSDs

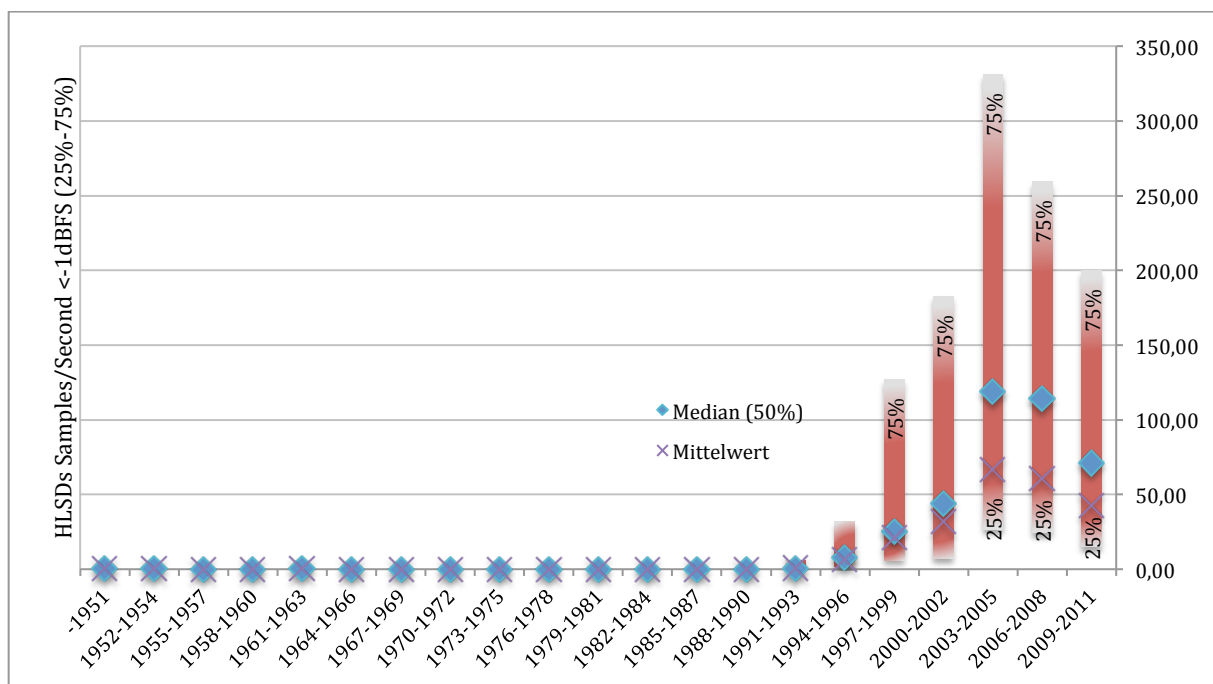


Abbildung IV-12 HLSDs auf linearer Skala

IV.9 10 ms RMS Spitzenpegel

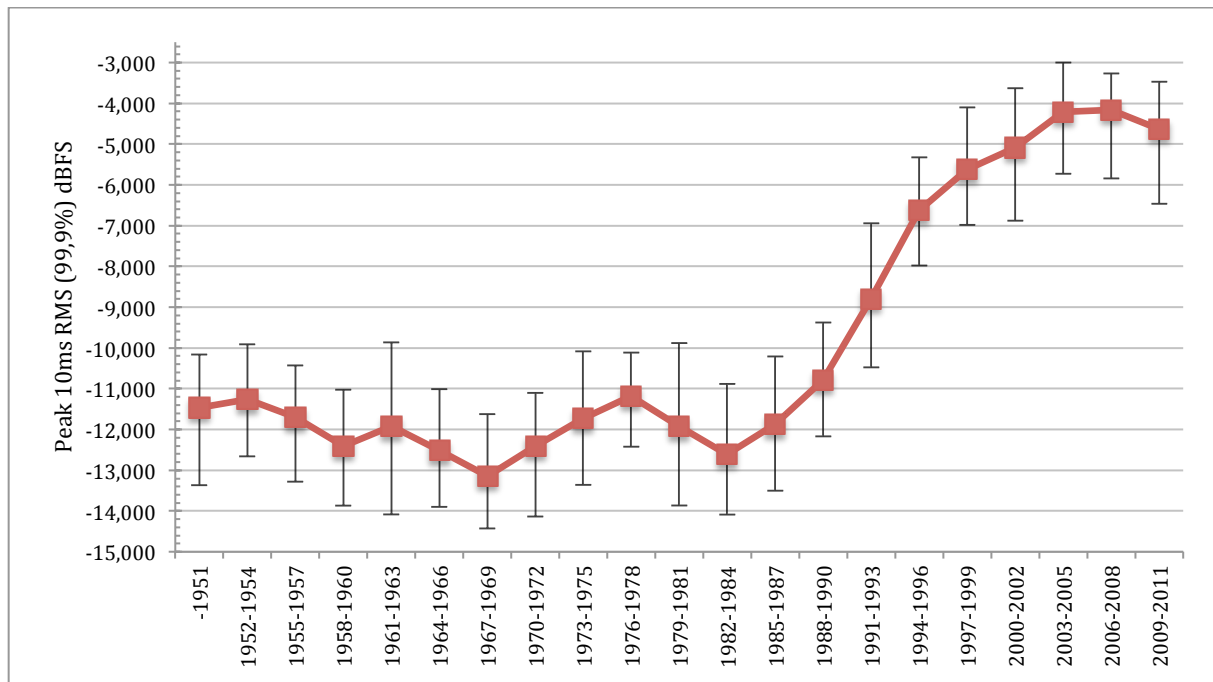


Abbildung IV-13 10ms RMS Spitzenpegel (99,9%) Ungefiltert

Die ungefilterte RMS-Messung der Musikstücke in Matlab zeigt einen Anstieg der Spitzenwerte (99,9% Perzentil) zwischen 1982–1984 (-12,62 dBFS) und 2006–2008 (-4,17 dBFS) von 8,45 dB (siehe Abbildung IV-13). Der leichte Abfall von 0,47dB dieses Spitzenwertes zwischen 2006–2008 und 2009–2011 (-4,64 dBFS) fällt in dieser ungefilterten Messvariante etwas höher aus als der der EBU Werte.

Die Korrelations-Koeffizienten des RMS-Spitzenwertes mit denen der EBU R128 Parameter (n=21 Medianwerte) werden in Tabelle IV-1 dargestellt. Die Signifikanz p wurde mit *p<0,05, **p<0,01 und ***p<0,001 gekennzeichnet.

Parametervergleich	Korrelation
PeakRMS/MaxS	0,969***
PeakRMS/I	0,966***
PeakRMS/MaxM	0,950***

Tabelle IV-1 Korrelation RMS Spitzenpegel, n=21

IV.10 10 ms RMS Median

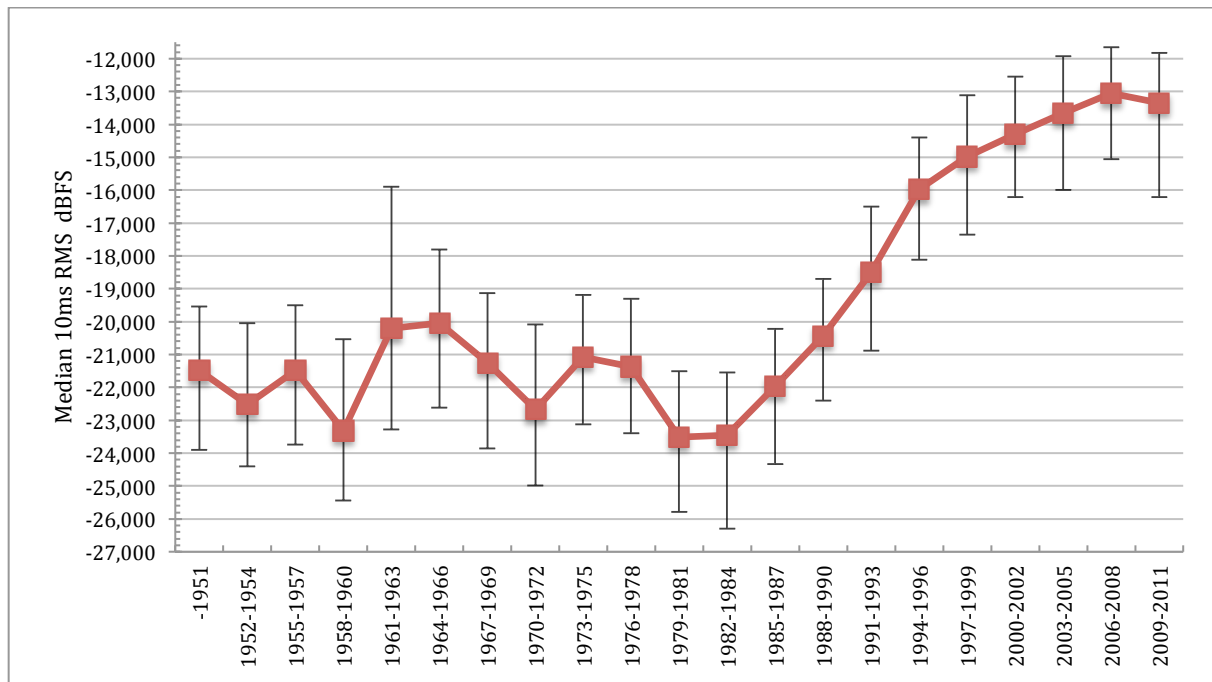


Abbildung IV-14 10ms RMS Median (50%), Ungefiltert

Die Medianwerte der ungefilterten RMS-Messung mit einer Integrationszeit von 10 ms weisen einen stärkeren Anstieg als den der Spitzenwerte auf. Der niedrigste Medianwert ergibt sich in dieser Messung für den Jahresbereich 1979–1981 mit -23,52 dBFS. Bis zu den Jahren 2006–2008 (-13,06 dBFS) steigt der Median aller Messwerte um 10,46 dB an (siehe Abbildung IV-14). Der minimale Rückgang vom Höhepunkt zum Jahresbereich 2009–2011 (-13,35 dBFS) beträgt 0,29 dB. Dabei ergeben sich höhere Fluktuationen in den Jahresbereichen vor 1973–1975. Die Korrelation zu dem vergleichbaren Parameter Programmlautheit I aus der EBU R128 Messung beträgt 0,997***.

IV.10.1 Crest RMS Spitzenpegel – RMS Median

Da der Medianpegel der RMS-Messung zwischen 1981-1984 und 2006–2008 etwas stärker steigt als der Spitzenpegel, ergibt sich, ähnlich dem Verhältnis MaxTP zu I, eine Verminderung der Differenzspanne zwischen diesen beiden Parametern (siehe Abbildung IV-15).

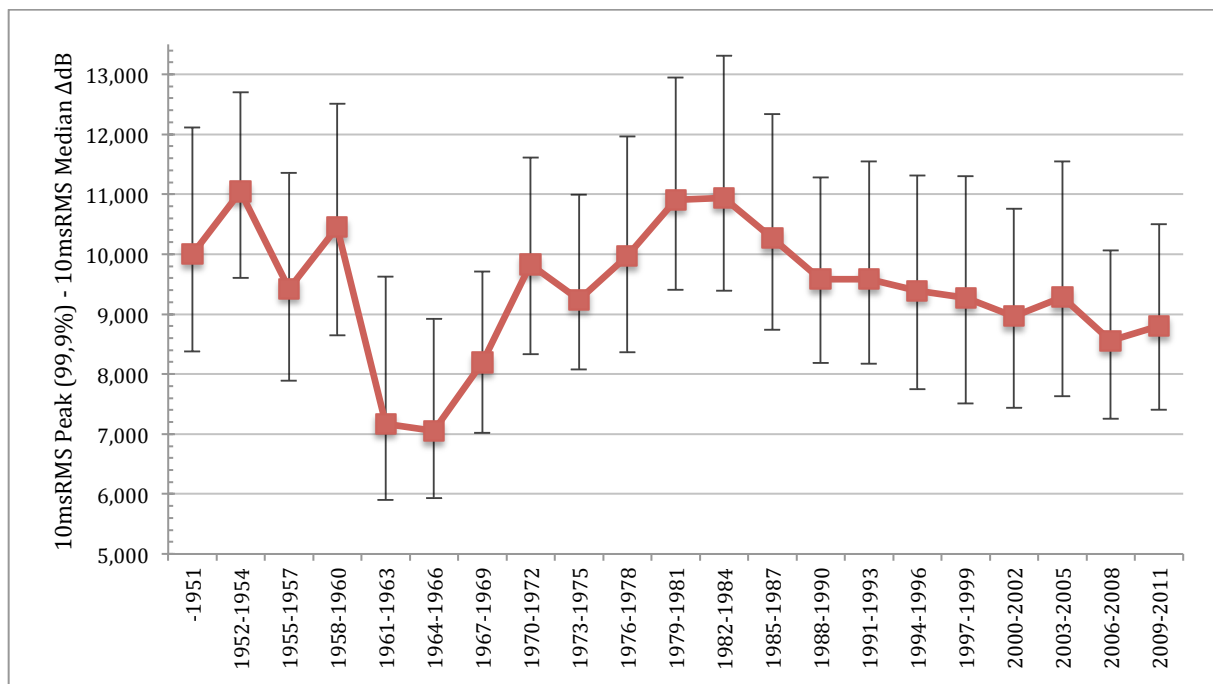


Abbildung IV-15 Crest (10msRMS) Spitzenpegel – Medianpegel

Diese beträgt zwischen 1982–1984 (10,93 dB) und 2006–2008 (8,56 dB) jedoch nur 2,37 dB. Die Differenzen in den Jahren 1961–1963 (7,17 dB) und 1964–1966 (7,05 dB) zeigen, dass die Spitzen- und Medianpegel im 10ms Fenster hier am engsten beieinander liegen. Die Korrelations-Koeffizienten mit den EBU Crest Faktoren werden in Tabelle IV-2 dargestellt und sind deutlich niedriger als jene der Spitzenwerte.

Parametervergleich	Korrelation
Crest EBU3/Crest 10msRMS	0,632**
Crest EBU2/Crest 10msRMS	0,566**
Crest EBU1/Crest 10msRMS	0,509*

Tabelle IV-2 Korrelationen Crest EBU1,2,3 mit Crest 10msRMS, n=21

IV.11 Spitzenpegel Absoluter Samples

Um den Einfluss der Exakten Spitzenpegel zu bewerten, wurden die absoluten Spitzenpegel der einzelnen Samples mit den Perzentilen 100% ermittelt.

Zwischen den Jahresbereichen –1951 (-2,72 dBFS) und 2009–2011 (-0,06 dBFS) liegt eine Differenz von 2,66 dB (siehe Abbildung IV-16, Seite 66).

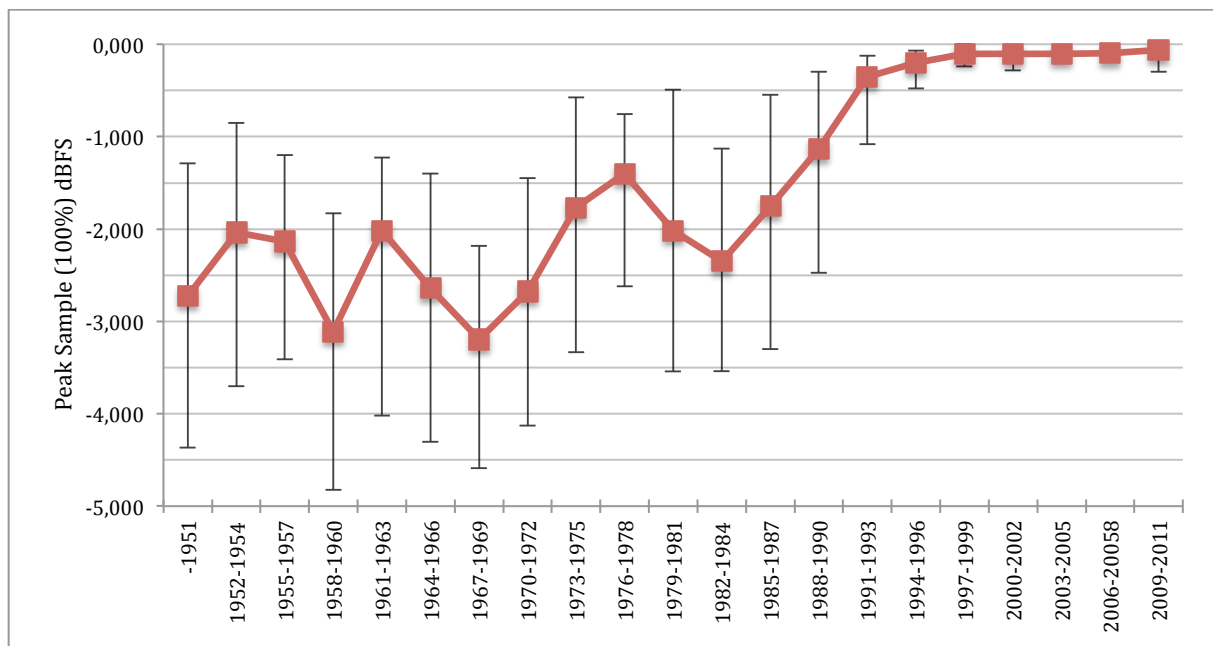


Abbildung IV-16 Spitzenpegel (100%) Absoluter Samples

Bei einer Auswertung der 99,9% Perzentile der Messergebnisse ergibt sich eine Differenz zwischen dem kleinsten Spitzenpegel im Jahresbereich 1982–1984 (-8,24 dBFS) und dem höchsten Spitzenpegel im Jahresbereich 2006–2008 (-0,62 dBFS) von 7,62 dB und ein leichter Abfall zwischen 2006–2008 und 2009–2011 (-0,98 dBFS) von 0,36 dB (siehe Abbildung IV-17).

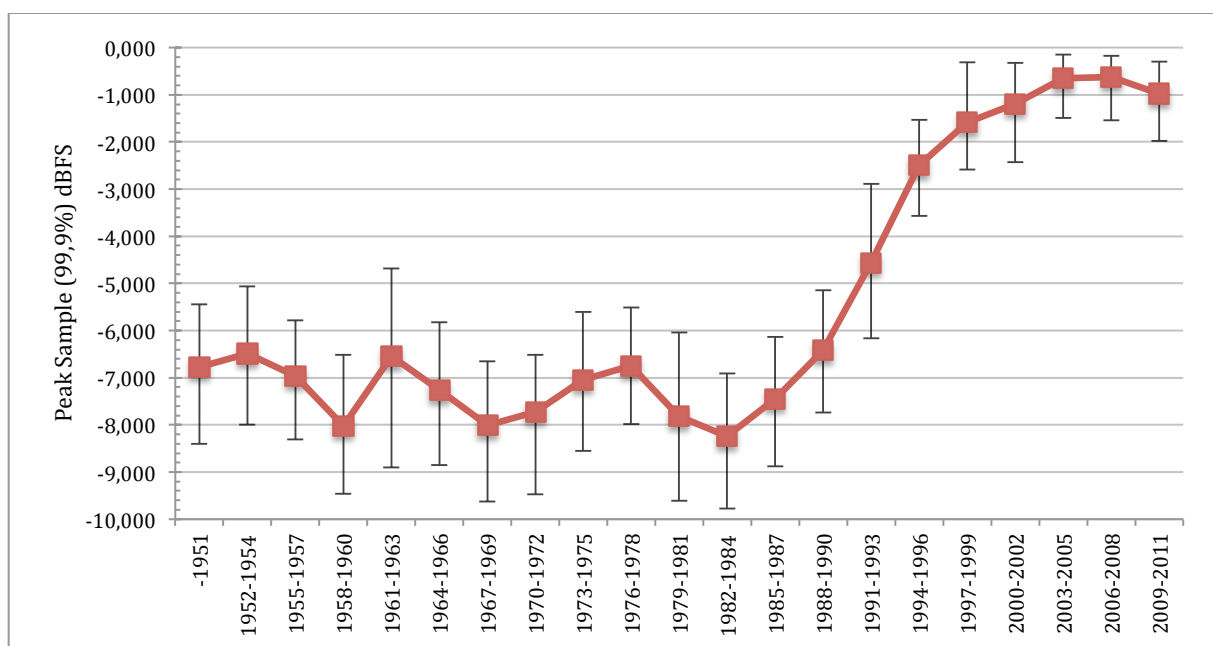


Abbildung IV-17 Spitzenpegel (99,9%) Absoluter Samples

Die Korrelations-Koeffizienten mit der Messung des Exakten Spitzenpegels MaxTP und der Programmlautheit I nach EBU R128 wird in Tabelle IV-3 dargestellt.

Parametervergleich	Korrelation
MaxTP/SamplePeak(100%)	0,960***
MaxTP/SamplePeak(99,9%)	0,881***
I/SamplePeak(99,9%)	0,981***
I/SamplePeak (100%)	0,862***

Tabelle IV-3 Korrelation MaxTP/SamplePeak und I SamplePeak

IV.12 Medianpegel Absoluter Samples

Der Medianwert der Samplepegel zeigt sein Minimum im Jahresbereich 1979–1981 mit -28,06 dBFS (siehe Abbildung IV-18). Die Differenz zu dem Jahresbreich 2006–2008 (-17,03 dBFS) liegt damit bei 11,03 dB. Der Medianwert der absoluten Samplepegel steigt damit stärker an als der 99,9% Spitzenwert. Diese Entwicklung ist ähnlich jener der 10ms RMS-Messwerte.

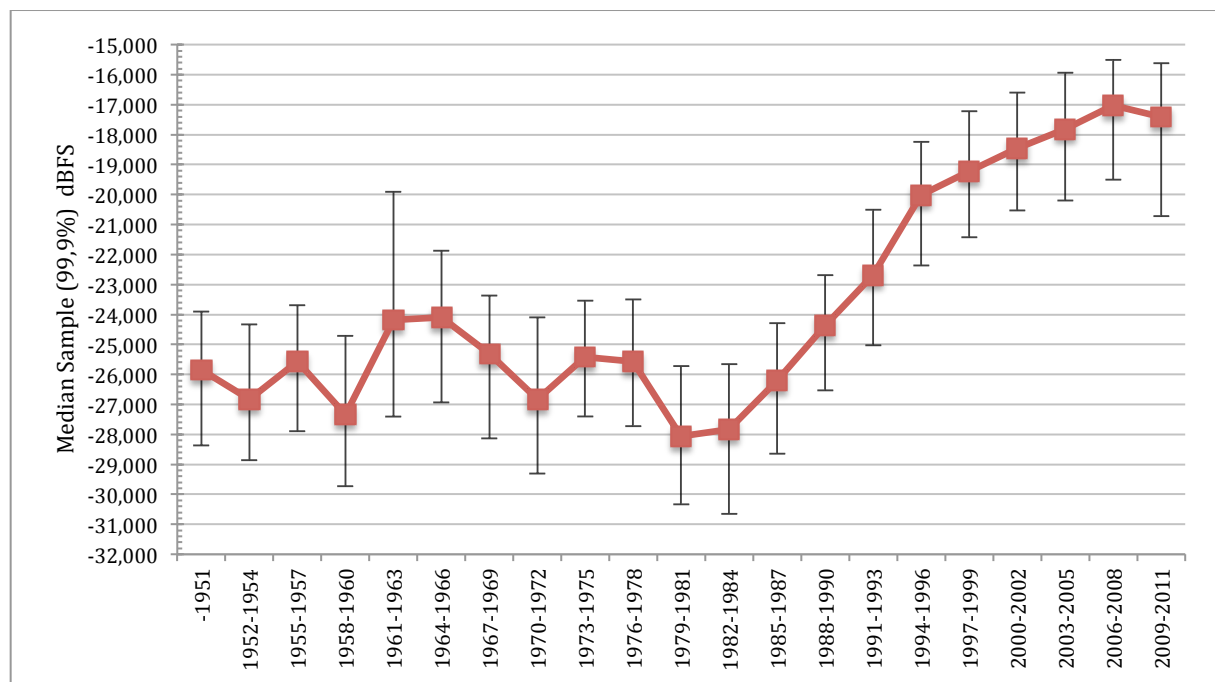


Abbildung IV-18 Medianpegel (50%) Absoluter Samples

IV.13 Spezialauswertungen „Beat It“

Mit „Beat It“ wird exemplarisch ein Musikstück verglichen, das – bedingt durch seinen großen Erfolg – mehrfach erschienen ist. Dabei wurden die jeweiligen Master der Stücke immer wieder an die vorherrschenden Hörgewohnheiten angeglichen. Dieser Umstand ermöglicht es, Veränderungen der Hörgewohnheiten an ein und demselben Stück zu dokumentieren. Der Titel „Beat It“ ist erstmals 1982 auf der LP „Thriller“ erschienen, die schon 1983 in Europa auch als CD erhältlich war und das Original in diesem Vergleich repräsentiert (Michael Jackson, 1982). „Thriller“ gilt, mit mehr als 110 Millionen verkauften Exemplaren als das meistverkaufte Album der Tonträgergeschichte (Wikipedia, 2012). 1995 erschien „Beat It“ erneut auf dem Album „HIStory: Past, Present And Future“ (Michael Jackson, 1995), 2003 auf dem Album „Number Ones“ (Michael Jackson, 2003) und 2009 auf „This Is It“ (Michael Jackson, 2009).

Die Entwicklung der EBU R128 Parameter und der High Level Sample Density folgt diesem Schema. Der Lautheitsbereich bleibt annähernd unverändert (6,2 / 5,9 / 6,2 / 5,9 LRA), während die Programmlautheit um 10,39 dB erhöht wurde. Die maximale Kurzzeitlautheit stieg um 11,07 dB, die maximale Momentane Lautheit um 8,52 dB. Die maximalen Exakten Pegelspitzen MaxTP stiegen bei der ersten Wiederveröffentlichung 1995 um 4,76 dB auf +1,2 dBFS. Die beiden darauf folgenden Erscheinung blieben bei diesem Parameter weitgehend konstant (+0,6 und +0,122 dBFS). Die Anzahl der Samples zwischen -1 und 0dBFS steigt dagegen aber stetig (siehe Abbildung IV-19, Seite 69).

Für den Pegelvergleich in den 42 ERB-Bändern wurden die verschiedenen Veröffentlichungen auf den Pegel des Originals normalisiert. Der Unterschied zeigt also die Veränderungen im jeweiligen Band bezogen auf das Original. Die Medianpegel im Vergleich zum Originalrelease zeigen, dass der Bassbereich wesentlich stärker angehoben wurde als der mittlere Frequenzbereich. Auch die Hochtonbereiche erfuhren eine höhere Verstärkung (siehe Abbildung IV-20, Seite 69).

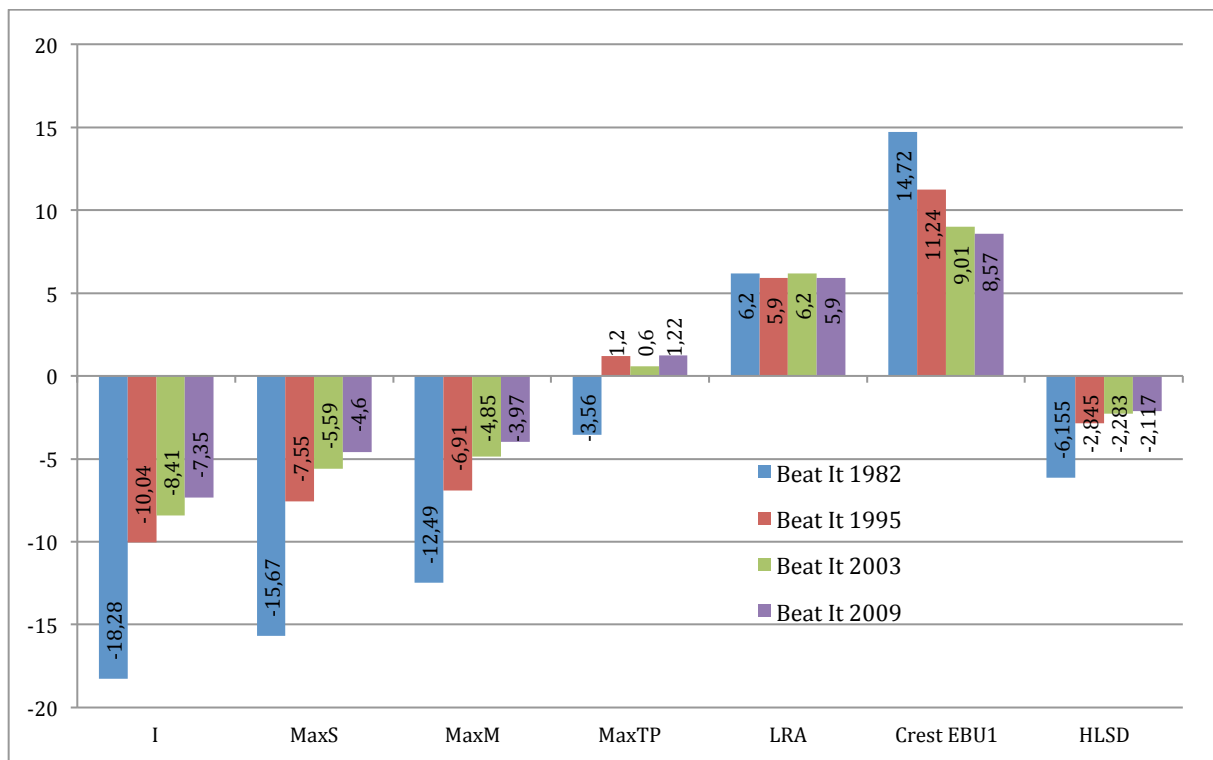


Abbildung IV-19 Michael Jackson "Beat It" EBU-Parameter & HLSD

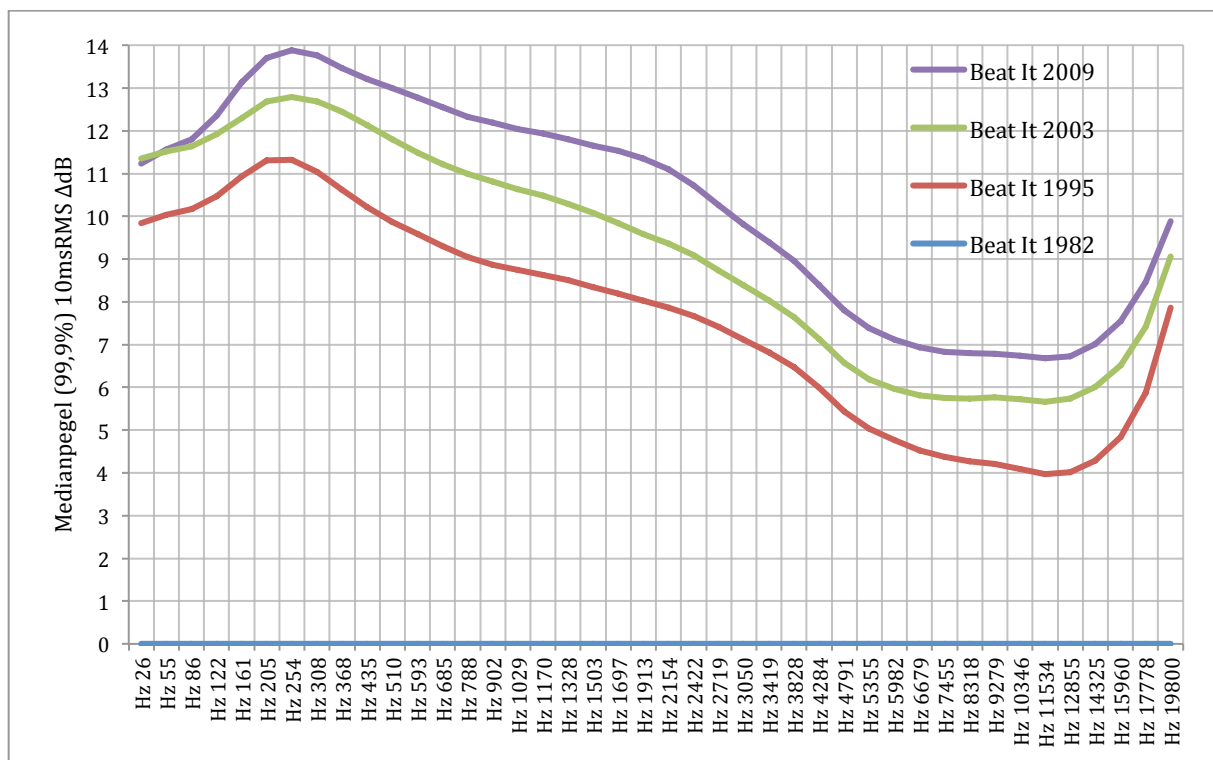


Abbildung IV-20 Michael Jackson "Beat It" Medianpegel in 42 ERB-Bändern

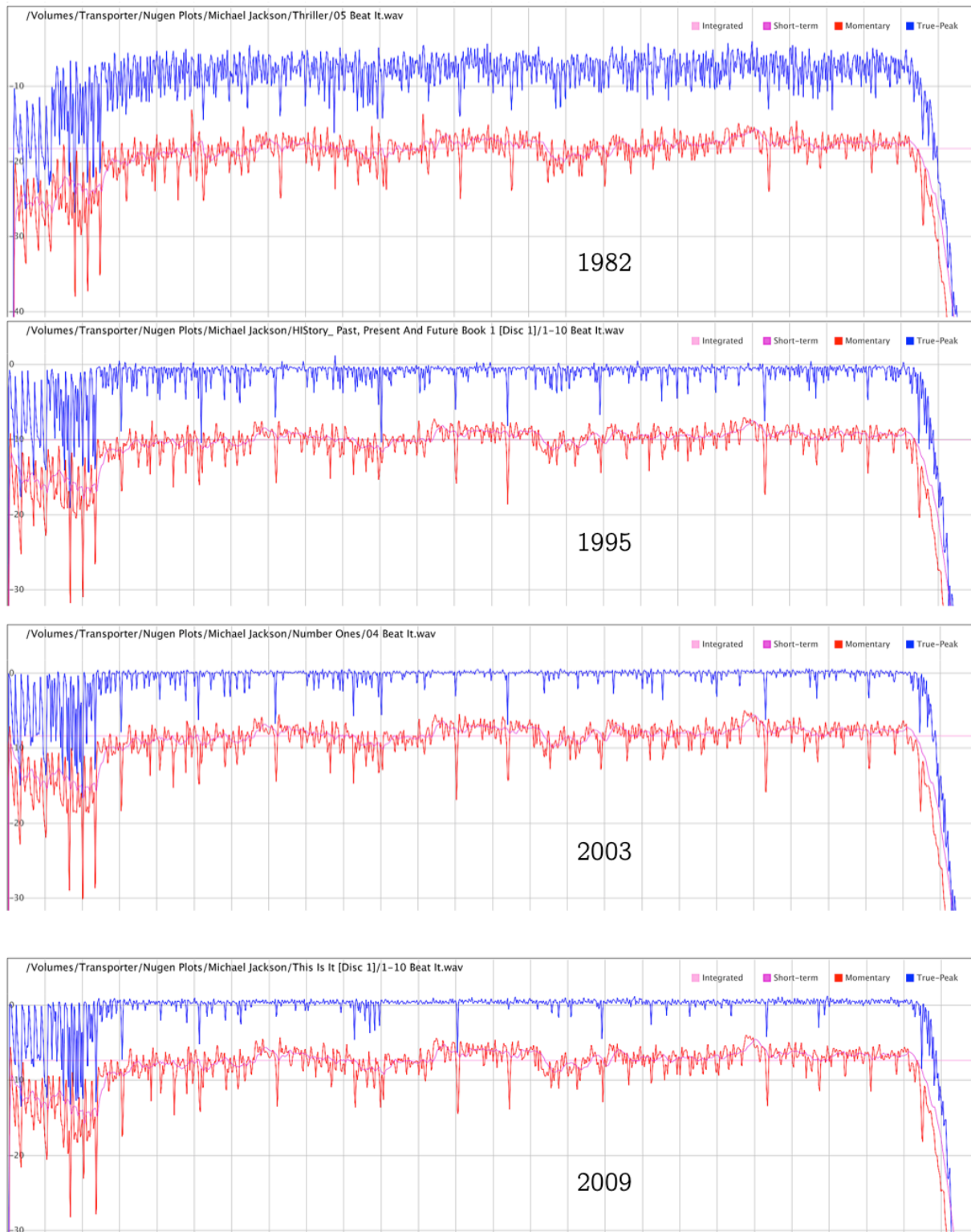


Abbildung IV-21 Michael Jackson "Beat It" (x=Zeit, y=LU, dB Skalierung durch Nugen LMB)

Plots der Nugen-Messungen zeigen sehr drastisch die Entwicklung der EBU-Parameter. Dabei ist klar erkennbar, dass der Verlauf der Pegelspitzen einer stärker werdenden Kompression unterliegt (siehe Abbildung IV-21), welche sich im Crest EBU1 als Wert widerspiegelt (siehe Abbildung IV-19).

Im Folgenden werden die Daten nach 42 ERB-Bändern (siehe III.3.2.6, Seite 46) getrennt analysiert. Dabei werden tiefere Einblicke in die Veränderungen der Klangcharakteristik ermöglicht.

IV.14 ERB Spitzenpegel

Die Messung der SPL-Level in den 42 ERB-Bändern gibt Einblick in die unterschiedliche Entwicklung der Zu- oder Abnahme von Pegeln im Jahresverlauf. Dabei ist zu erkennen, dass sich im Bassbereich (bis 510 Hz) zwei wesentlich unterschiedliche Modi ergeben. Während bis zum Ende der 1960er-Jahre ein gleichmäßiger Abfall in diesem Bereich vorherrscht (siehe Abbildung IV-22), ist ab Anfang der 1970er-Jahre eine sukzessive Zunahme der Pegel in ebendiesem Bereich erkennbar. Möglich wurde diese, neben den Weiterentwicklungen der Aufnahmemedien, durch die besseren technologischen Möglichkeiten der Aufnahme und Nachbearbeitung. Bob Katz erkennt hier den Einfluss der Kompression mittels Sidechain (Katz, Interview 1, 2012). Dabei wird die Aktivität des Kompressors durch ein gefiltertes Signal, welches energiereiche Bassfrequenzen ausblendet, gesteuert. Dies hatte auch eine grundlegende ästhetische Veränderung zur Folge. Ab 1976 wurden damit Frequenzen im Bereich der 86-308 Hz-Bänder wesentlich dominanter (siehe Abbildung IV-22). Bemerkenswert ist weiters, dass sich zwischen den Jahresbereichen 1988–1990 (-25,7 dB), 1991–1993 (-23,4 dB) und 1994–1996 (-21,1 dB) die größten Sprünge im Pegelzuwachs (jeweils +2,3 dB) befinden. Bis zum Jahresintervall 2003–2005 (-18,47 dB) nehmen die Spitzenpegel im 86 Hz-Band um weitere +2,7 dB auf -18,3 dB zu. Dieser Umstand ist auch in den Breitbandanalysen zu erkennen. Durch Nutzung von digitalen Limitern und Multibandkompressoren konnte die Kontrolle über den gesamten Frequenzverlauf optimiert werden. Die lautesten Pegel im Mittel- und Hochfrequenzbereich wurden für den Jahresbreich 2003–2005 gemessen (siehe Abbildung IV-22). Mit -18,4 dB im 8318 Hz-Band liegt der Messwert für diesen Jahresbereich um 8,5 dB über den Wert von 1979–1981 (-26,9 dB). Im Bereich zwischen 902-3828 Hz wurde in den darauf folgenden Jahren ein leichter Abfall der Spitzenpegel um ca. 1 dB gemessen. Etwas größer und damit bemerkenswert ist der Abfall der Spitzenpegel im Hochtonbereich (4284-12855 Hz). Die durchschnittliche Differenz zwischen 2003–2005 und 2009–2011 beträgt hier ca. 2,5 dB. Zu beachten ist des Weiteren, dass die Verteilung der Energie auf mehrere Frequenzbänder zu einer Zunahme der Lautheit führt (siehe II.1.7). Der frühe Pegelabfall oberhalb von 3 kHz in den 1950er-Jahren (siehe Abbildung IV-23) ist auf die begrenzten Möglichkeiten der zu dieser Zeit vorhandenen Aufzeichnungsmedien zurückzuführen.

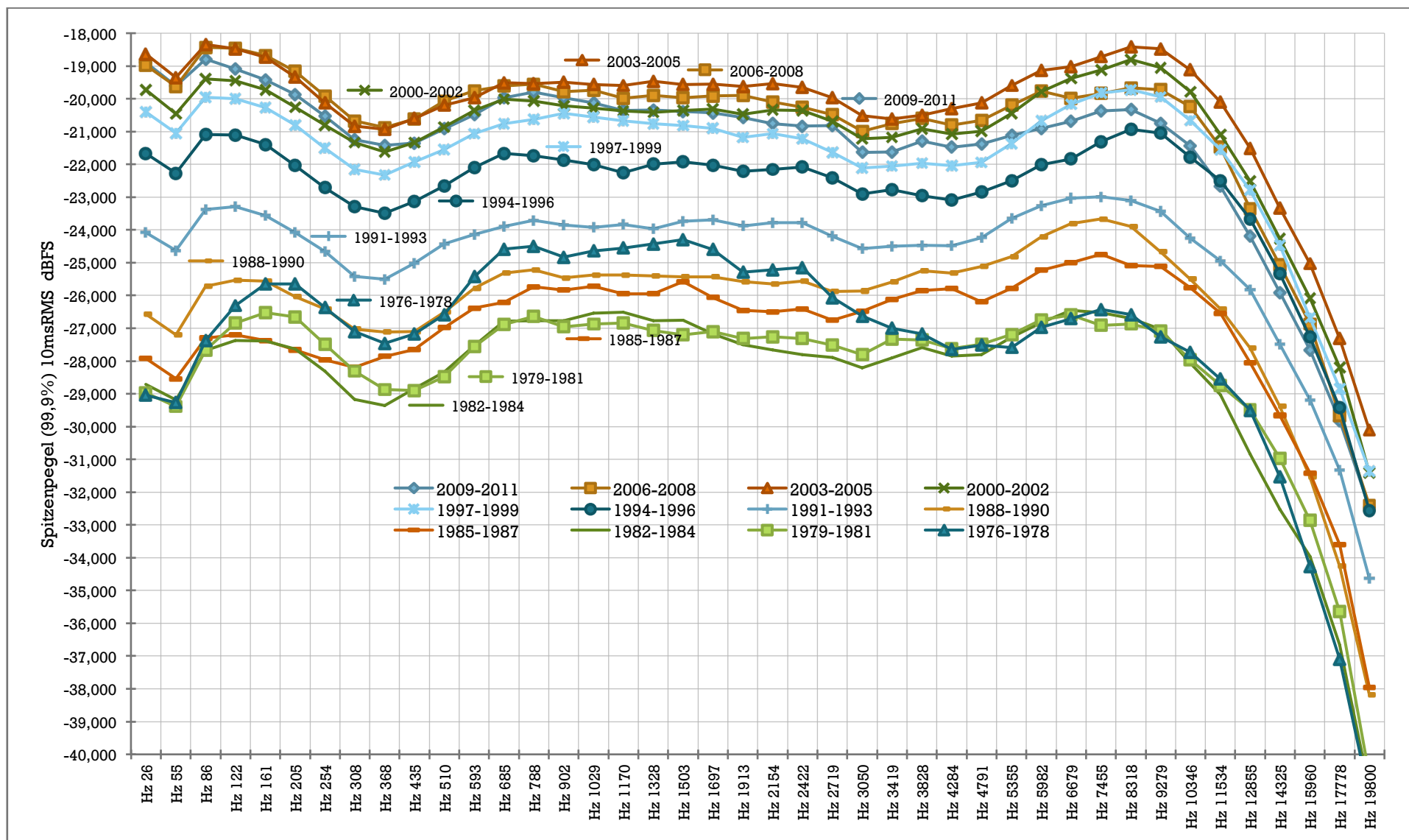


Abbildung IV-22 ERB Spitzenpegel 1976-2011

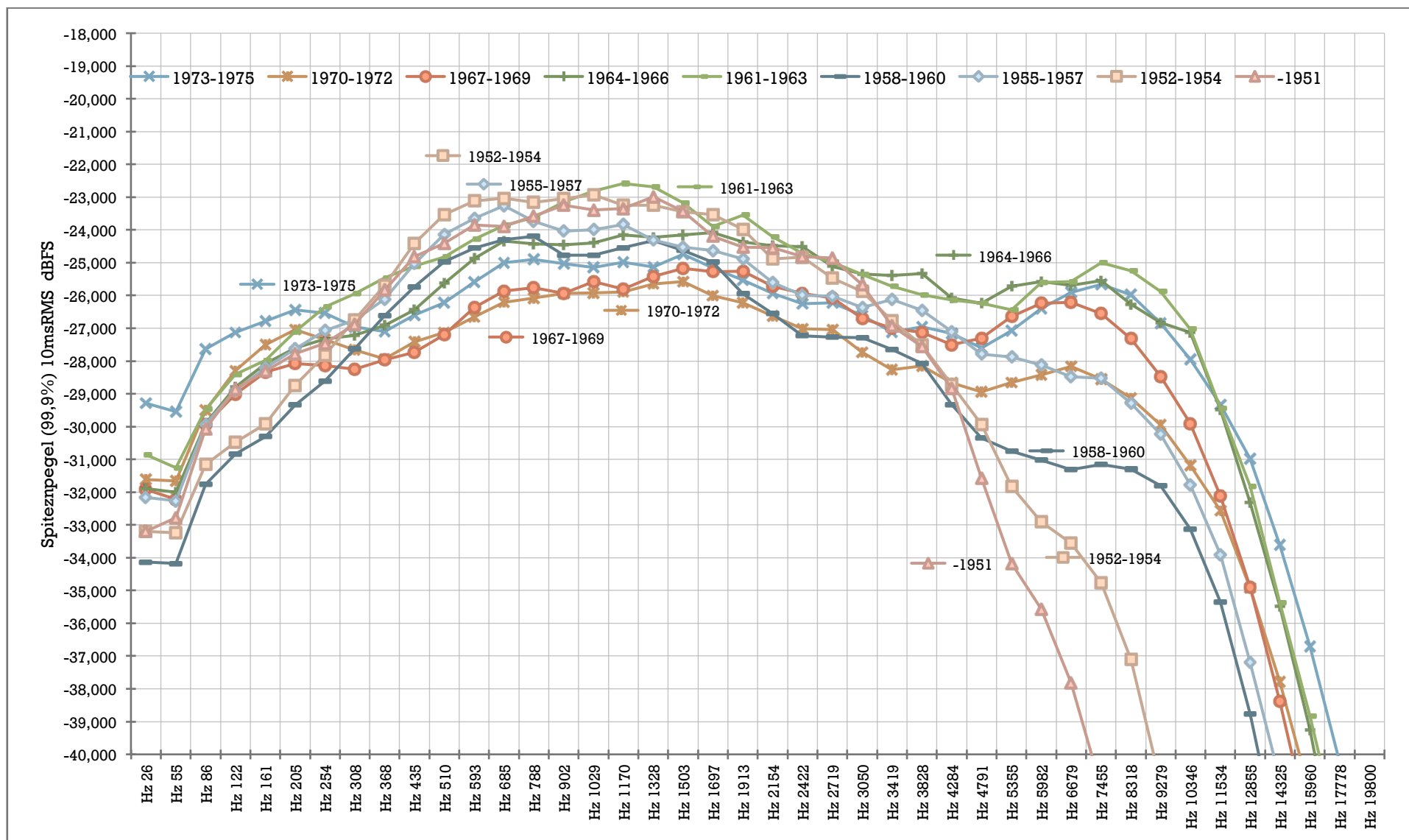


Abbildung IV-23 ERB Spitzenpegel, 1950-1975

IV.15 ERB Medianpegel

Die Analyse der Medianpegel zeigt eine noch stärkere Zunahme der Energie im Bassbereich. Von 1982–1984 bis 2006–2008 wurde im 122 Hz-Band ein Intensitätsanstieg (siehe Abbildung IV-24) von 12,06 dB gemessen. Die höchsten Medianpegel treten im Jahresabschnitt 2006–2008 auf. Die darauf folgenden Jahre 2009–2011 sind nur geringfügig leiser. Im Bereich 902–1697 Hz konnte ein minimaler Zuwachs der Medianpegel 2009–2011 gegenüber 2006–2008 gemessen werden. Oberhalb und unterhalb dieser Frequenzen fallen die Werte für diesen Zeitraum wieder ab.

1988–1990 markiert eine Grenze zur sprunghaften Zunahme der Energie im Bassbereich. Bis 1991–1993 wächst der Medianpegel im 161 Hz-Band um 2,6 dB, bis 1994–1996 um weitere 3 dB an. Der bei den Spitzenpegeln führende Jahresbereich 2003–2005 liegt bei den Medianpegeln bis zum 5928 Hz-Band konstant unter den nachfolgenden Jahreswerten. Abbildung IV-25 zeigt für den Jahresbereich 1964–1966 vor allem im mittleren Frequenzbereich (1029–4791 Hz-Bänder) eine Zunahme der Medianpegel. Dieser erklärt die vom Jahresverlauf abweichenden Ergebnisse in den Breitbandanalysen. Die Ursache kann in der Verwendung von Mehrspurtechnik während der Aufnahme und der stilistischen Weiterentwicklung des Gitarren- und Perkussionsklanges (Rock ‘n Roll) liegen (Millner, 2009, S. 152 ff.). Bemerkenswert ist der weitgehend lineare Verlauf der Medianpegel für den Jahresbereich 1979–1981 zwischen den 161 bis 3419 Hz-Bändern. Dieses Klangbild wird in den darauffolgenden Jahren durch einen stärkeren Pegelzuwachs im Bereich unterhalb des 368 Hz-Bandes wesentlich verändert (siehe Abbildung IV-24). In diesen Frequenzbereichen befindet sich unter anderem die Bassdrum, deren Verstärkung einen stilistischen Umbruch nach sich zog. Aus der Sicht des Mastering-Engineers stellt Bob Katz dazu folgendes fest:

„[...] we all seem to have begone to recognize that the bass range is more important than before.... people were mixing the base frequencies and the bass-drums more important then they did in the earlier years“ (Katz, Interview 2, 2012, S. 132)

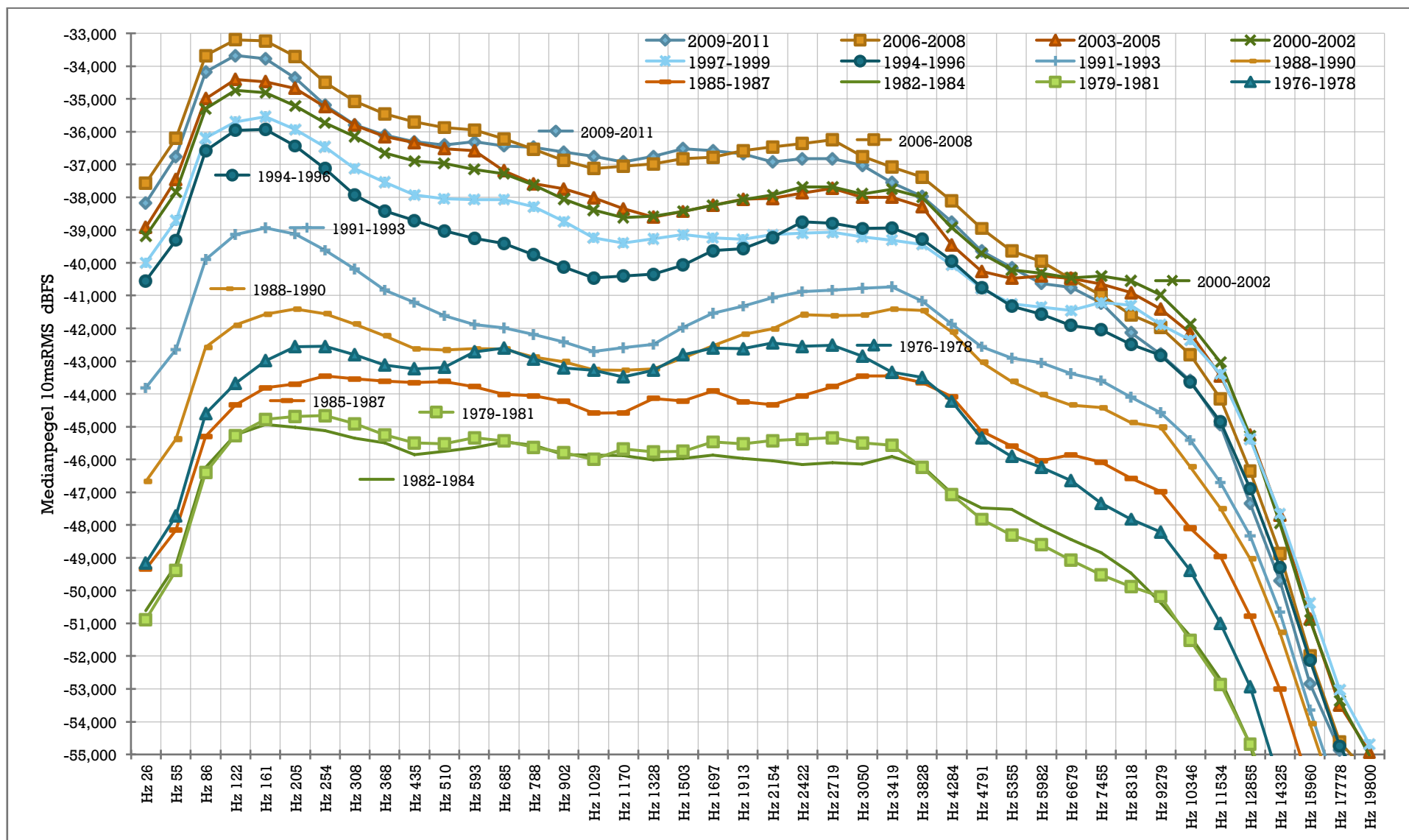


Abbildung IV-24 ERB Medianpegel 1976-2011

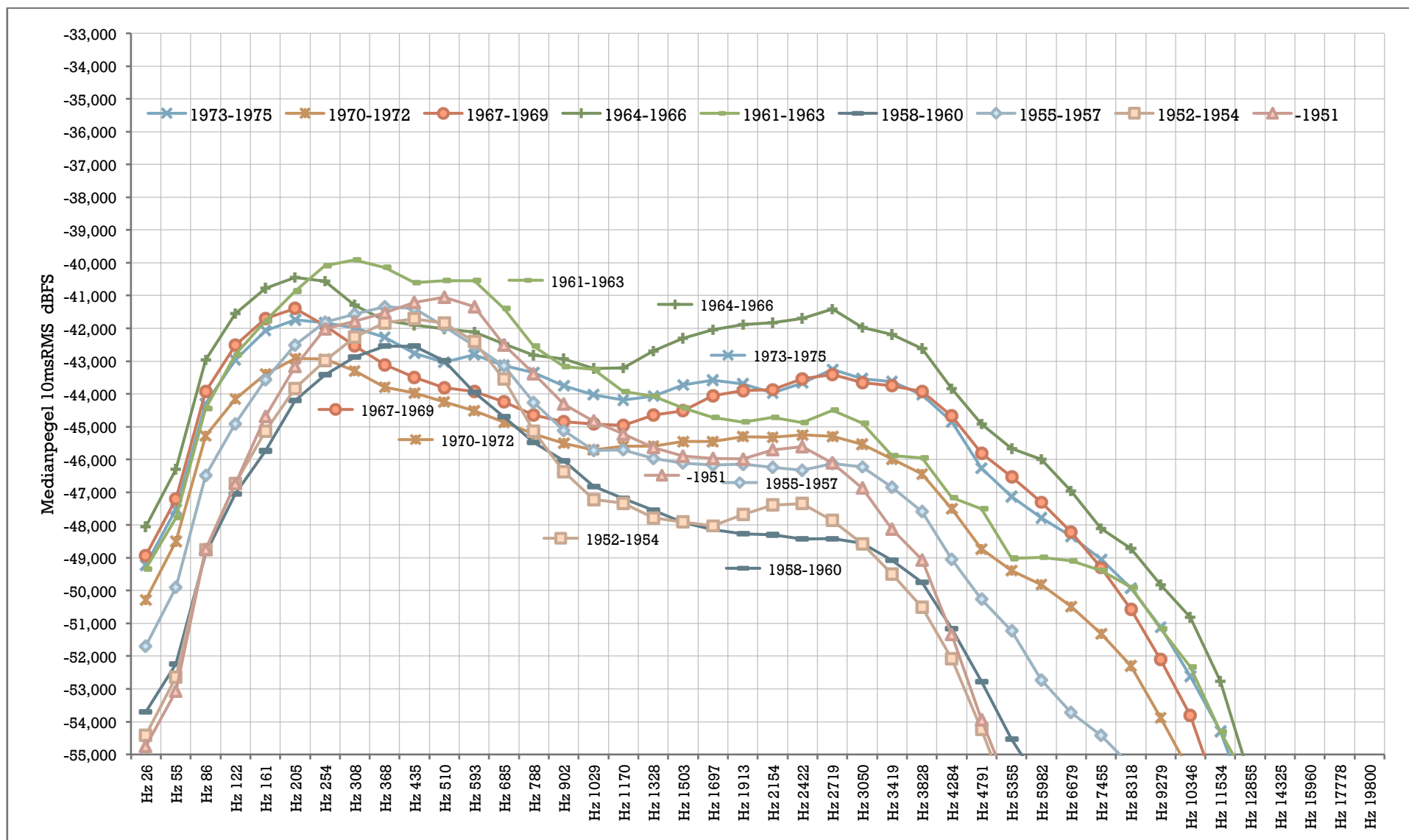


Abbildung IV-25 ERB Medianpegel 1950-1975

IV.16 ERB Crest

Um die unterschiedliche Entwicklung der Spitzen- und Medianpegel zu dokumentieren, wurde auch hier wieder der Crest-Wert aus der Differenz beider Pegel gebildet. Auffällig scheint, dass der Unterschied zwischen diesen beiden Werten im Bassbereich (368 Hz-Band) besonders gering ist. Dies lässt auf eine erhöhte Kompression in diesen Bändern schließen. Der Umstand, dass sich die Differenz von 1982–1984 an sukzessive verringert und einen immer flacher werdenden Verlauf unterhalb des 386 Hz-Bandes aufweist, ist ein Hinweis auf die steigende Bedeutung des Tiefbassbereiches (siehe Abbildung IV-26).

Während für die Jahresbereiche vor 1967–1969 der Unterschied in den Differenzen oberhalb des 510 Hz-Bandes noch sehr weit auseinanderklafft, was auf eine ungenügende Kontrolle der Kompression in diesen Bändern schließen lässt (siehe Abbildung IV-28), ergeben sich für die Jahresbereiche 1970–1972 und jünger über den gesamten Frequenzbereich ähnliche Verläufe in den Differenzwerten (siehe Abbildung IV-27).

Im Frequenzbereich zwischen 435 bis 3050 Hz befinden sich die geringsten Differenzen – und damit einhergehend die stärkste Kompression – im Jahresbereich 2009–2011. Die in den Breitbandanalysen erkennbare leichte Entspannung für 2009–2011 ist auf einen Rückgang der Kompression in den Frequenzbändern oberhalb von 3419 Hz zurückzuführen (siehe Abbildung IV-26). Der Abfall des Crest-Wertes in den Bändern zwischen 1697 bis 3419 Hz lässt sich mit dem Einfluss der Stimme auf die Klangcharakteristik erklären, deren energiereicher Anteil in den Bändern von 593–2145 Hz liegt. Die Erklärung des starken Anstieges der Pegeldifferenzen oberhalb von 4284 Hz sieht Bob Katz in der unzureichenden Kontrolle der Kompressoren bei höheren Frequenzen:

„[...] compressors are too slow to control those frequencies. That they let them go through. Short Term Transients.“ (Katz, Interview 2, 2012, S. 131)

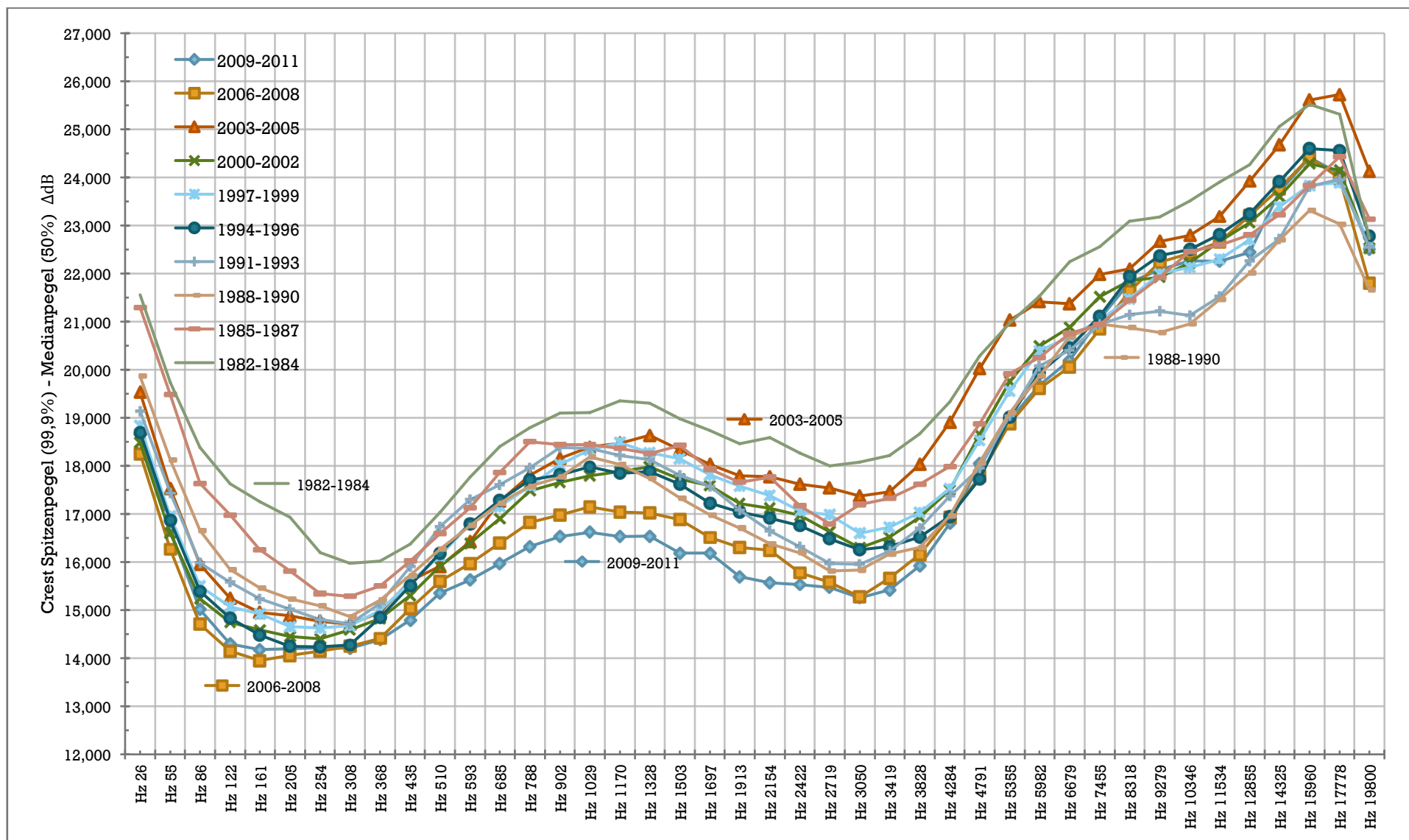


Abbildung IV-26 ERB Crest, 1982-2011

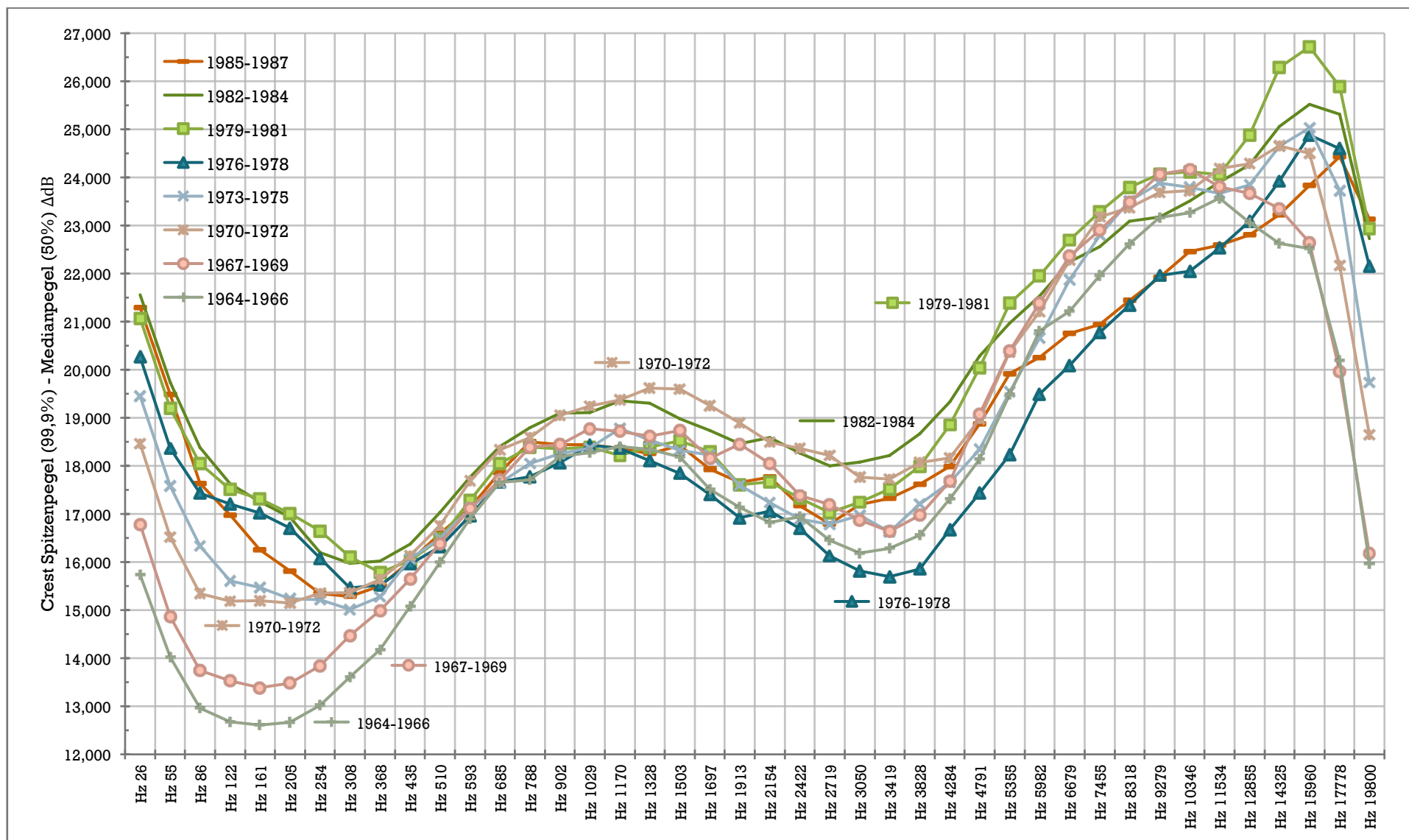


Abbildung IV-27 ERB Crest, 1964-1987

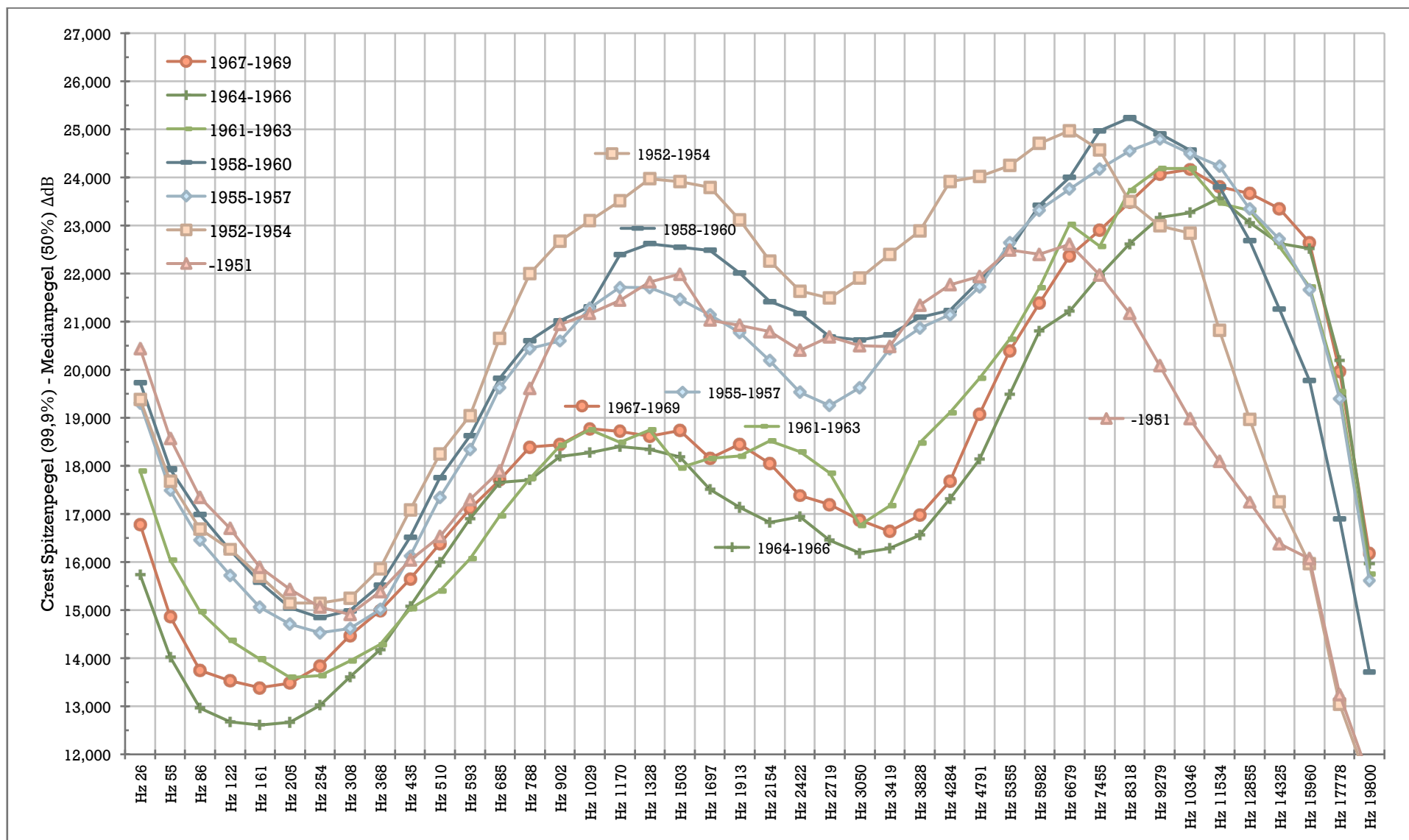


Abbildung IV-28 ERB Crest, 1950-1969

IV.17 ERB Spitzenpegel Normalisiert

Um eine transparentere Vorstellung über den Verlauf von Klangcharakteristika, unabhängig von Abhör- und Aufnahmepegeln, zu ermöglichen, wurde die Energie in den analysierten Bändern jedes einzelnen untersuchten Musikstückes normalisiert. Die Pegelwerte im jeweiligen 1029 Hz-Band markieren dabei die neuen Nullpunkte. Die daraus resultierenden Analysen zeigen den Zuwachs der Intensität – und damit einhergehend eine Zunahme der Lautheit (siehe II.1.7) – bei selben Pegel des Vergleichsbandes im Jahresverlauf.

Sowohl die Zunahme der Spitzen-Intensitäten im Hochtonbereich oberhalb von 4284 Hz und im Tieftonbereich unterhalb von 308 Hz sind sehr gut zu erkennen (siehe Abbildung IV-29). Die 1950er-Jahre zeigen ein starkes Abfallen der Spitzenpegel bereits ab dem Frequenzband 1503 Hz (siehe Abbildung IV-32).

Während Spitzenpegel im Bassbereich der Jahre 1988–1990 noch unterhalb des Nullpunktes liegen und damit schwächer als im 1029 Hz-Band sind, liegen die Spitzenpegel ab 1991–1993 konsequent über diesem Bezugspunkt. Den größten Spitzenpegelzuwachs gegenüber dem Nullpunkt in den Bändern 86 bis 122 Hz weist der Jahresabschnitt 1994–1996 auf.

Im Hochtonbereich (5982 bis 9279 Hz-Bänder) zeigt sich ein entgegengesetztes Bild. Zwischen 1981 und 2008 liegen alle Spitzenpegel über dem Bezugspunkt, nur 2009–2011 liegen sie darunter (siehe Abbildung IV-30). Die Spitzenpegel und damit auch die Klangcharakteristik im Hochtonbereich 2009–2011 ist damit der der 1980er-Jahre ähnlicher, als dem der 2000er-Jahre (siehe Abbildung IV-31). Für den Bassbereich zeigen sich die stark abfallenden Spitzenpegel bis zu den Jahren 1964–1966 deutlich in Abbildung IV-32. Erst der Jahresbereich 1967–1969 zeigt eine steigende Intensität der Spitzenpegel in den Frequenzbändern 56 bis 254 Hz.

Der starke Abfall im oberen Mittenbereich (2719 bis 5355 Hz-Bänder) wurde erst in den Jahren 1961–1963 gestoppt (siehe Abbildung IV-32).

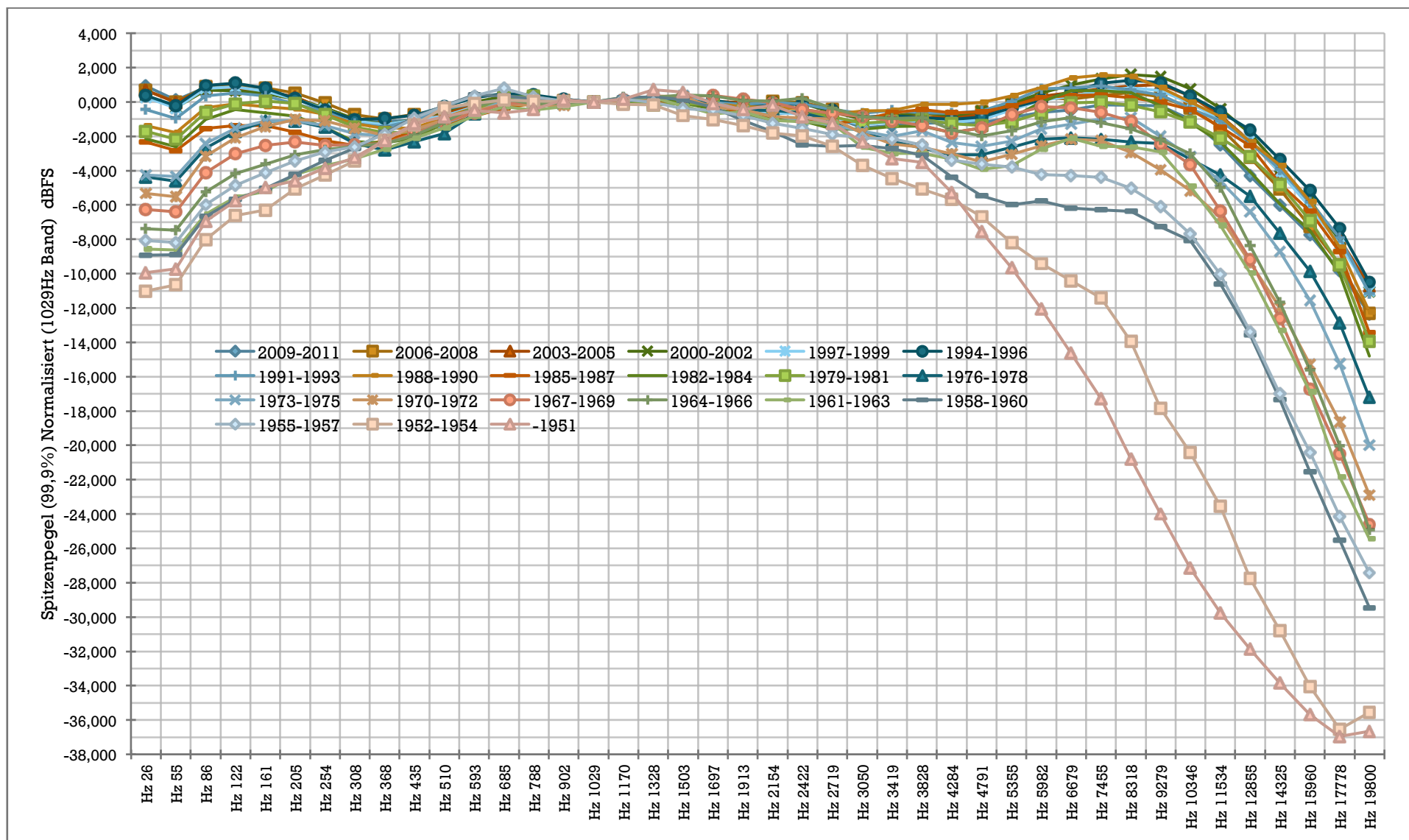


Abbildung IV-29 ERB Spitzenpegel Normalisiert (1029Hz Band), 1950-2011

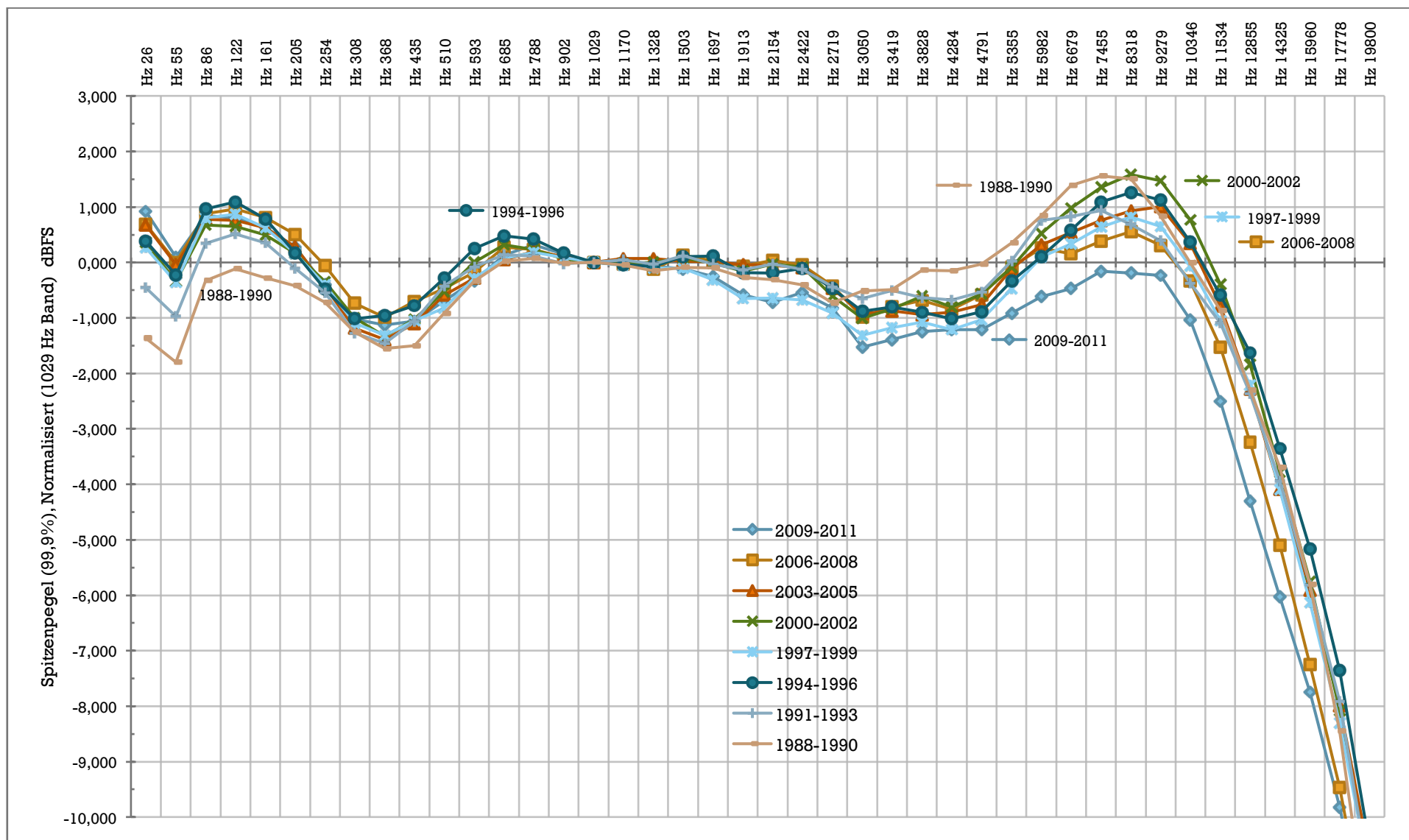


Abbildung IV-30 ERB Spitzenpegel Normalisiert (1024Hz Band), 1988-2011

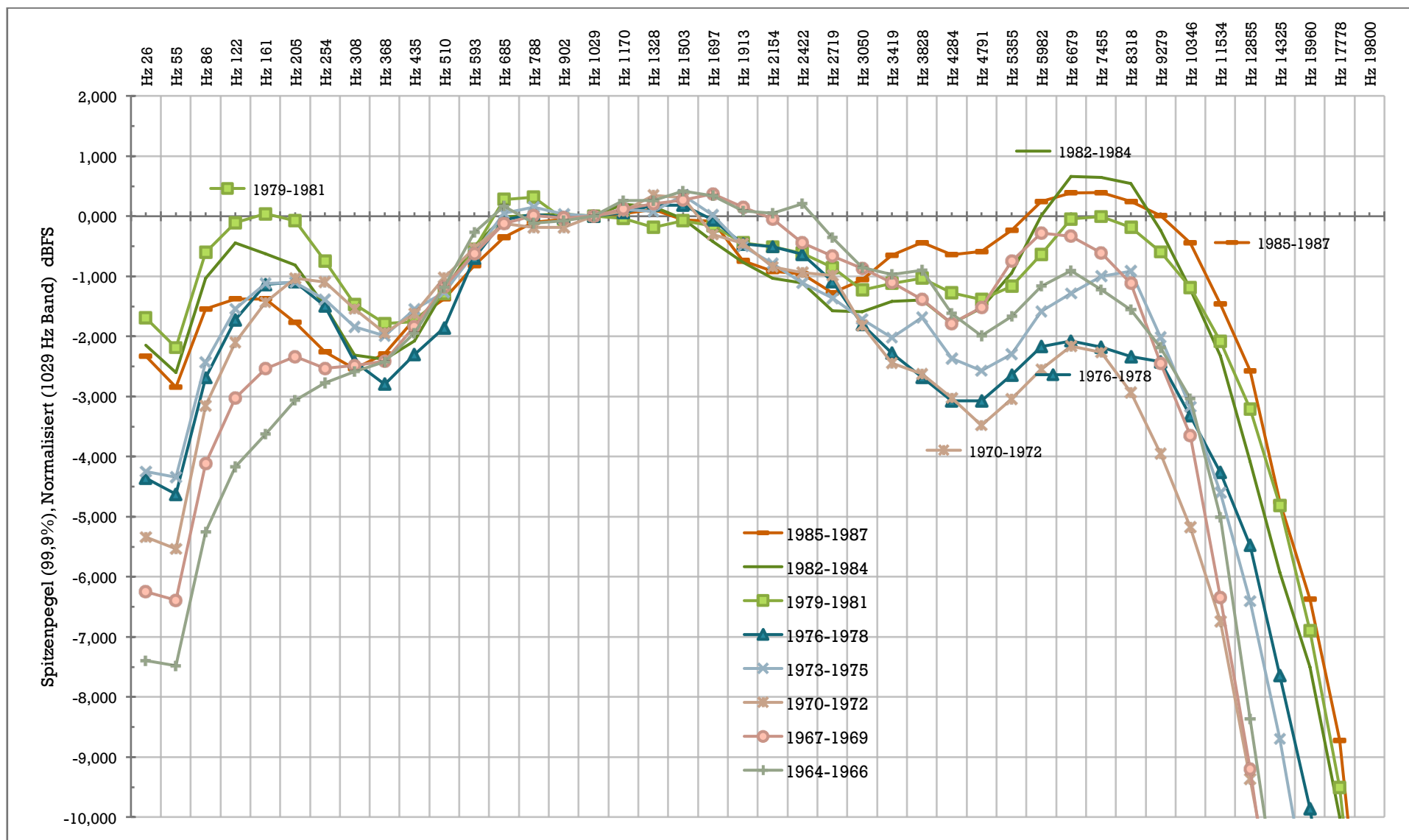


Abbildung IV-31 ERB Spitzenpegel Normalisiert (1029Hz Band), 1964-1987

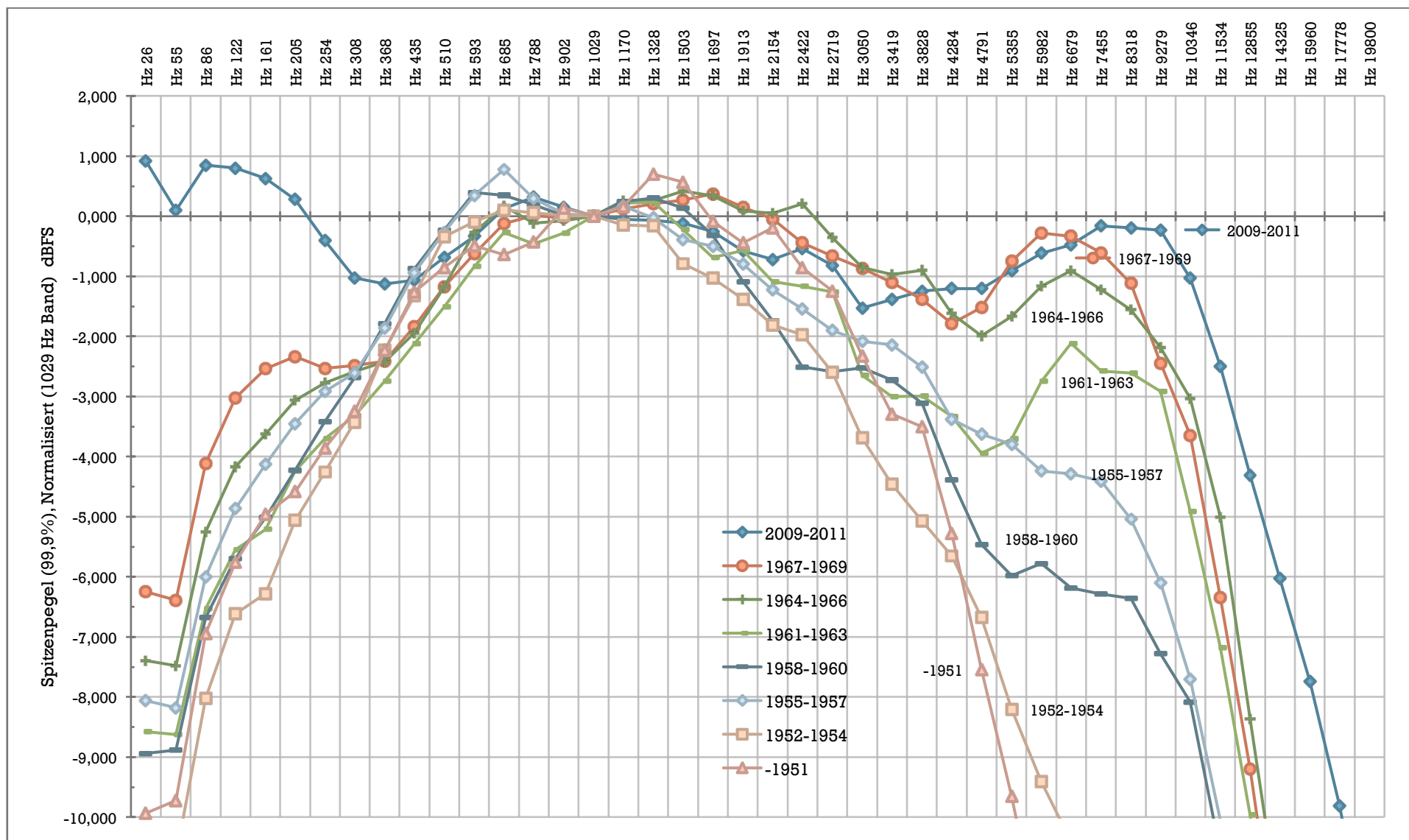


Abbildung IV-32 ERB Spitzenpegel Normalisiert (1029Hz Band), 1950-1969

IV.18 ERB Medianpegel Normalisiert

Der Unterschied der Medianpegel zum Bezugspunkt im 1029 Hz-Band fällt stärker aus als der der Spitzenpegel. So zeigt sich in den 1950er-Jahren eine starke Überbetonung der Medianpegel in den 205 bis 788 Hz-Bändern von 3 bis 5 dB (siehe Abbildung IV-33). Diese wird erst im Jahresabschnitt 1964–1966 aufgegeben und fällt unter die 2 dB Marke (siehe Abbildung IV-36). Der Hintergrund könnte auch hier wieder ein verstärkter Einsatz der Sidechain-Kompression sein.

Anders als bei den Spitzenpegeln, liegen die Medianpegel im Bassbereich konsequent über dem Bezugspunkt. 1988–1990 kann aber auch hier nicht zu jüngeren Jahren aufschließen (siehe Abbildung IV-34). Im Hochtonbereich der Medianpegel zeigt sich ein ähnliches Bild wie schon bei den Spitzenpegeln. 1988–1990 tauscht hier die Position mit dem Jahresbereich 2009–2011, dessen Medianpegel in den Bändern oberhalb 3050 Hz unter der Bezugslinie bleibt (siehe Abbildung IV-34). Im Jahresbereich 1988–1990 stellt sich dieser Abfall erst oberhalb des 4284 Hz-Bandes ein. Der starke Medianpegelverlust der 1950er-Jahre, setzt gegenüber dem Spitzenpegelverlust erst ab dem 3050 Hz-Band ein (siehe Abbildung IV-36). Interessant scheint der Medianpegel des Jahresbereichs 1985–1987, dessen Intensität oberhalb von 4 kHz konsequent über dem Wert der 2000er-Jahre liegt (siehe Abbildung IV-35). Generell liegen die Medianpegeldifferenzen im Hochtonbereich näher beisammen als dies bei den Spitzenpegeln der Fall ist. Ihr Abfallen beginnt etwas später und fällt weniger drastisch aus. Im Tieftonbereich ergibt sich bei den Medianpegeln gegenüber dem Spitzenpegel eine durchgehend größere Verstärkung bezogen auf das 1029 Hz-Band. Diese liegt für die Jahre 1991-2011 im Bereich der 86 bis 254Hz-Bänder bei 3 bis 4 dB (siehe Abbildung IV-34).

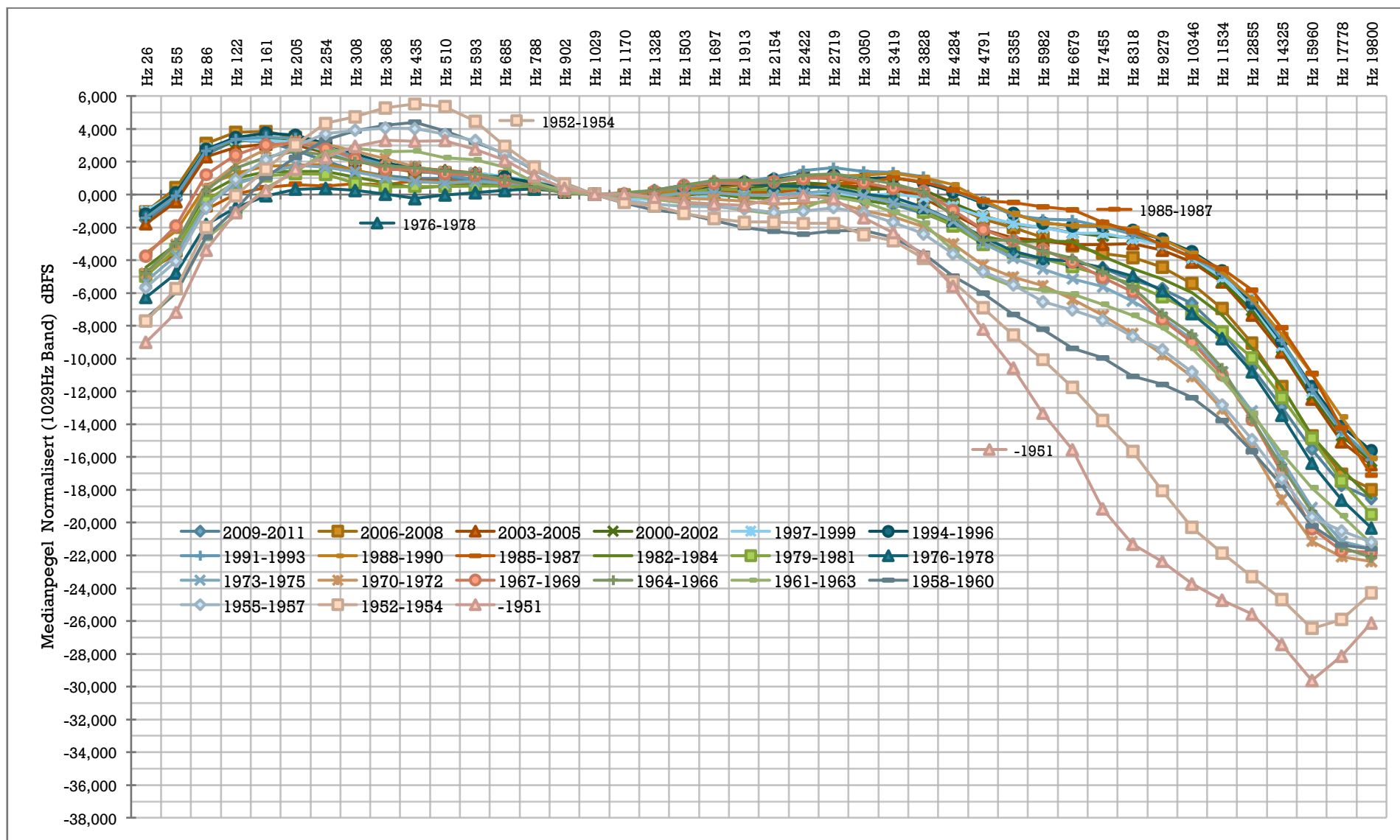


Abbildung IV-33 ERB Medianpegel Normalisiert (1029Hz Band), 1950-2011

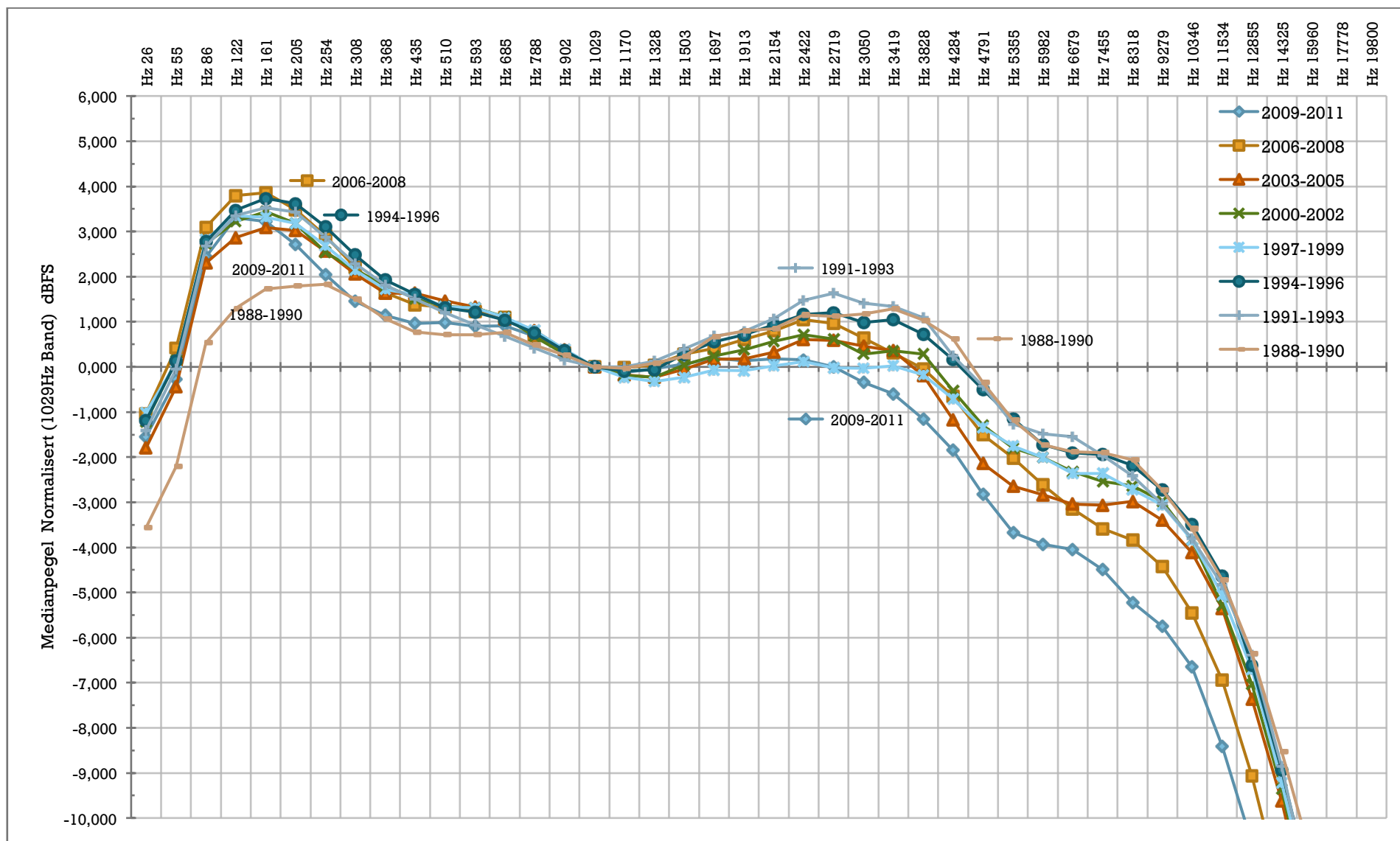


Abbildung IV-34 ERB Medianpegel Normalisiert (1029Hz Band), 1988-2011

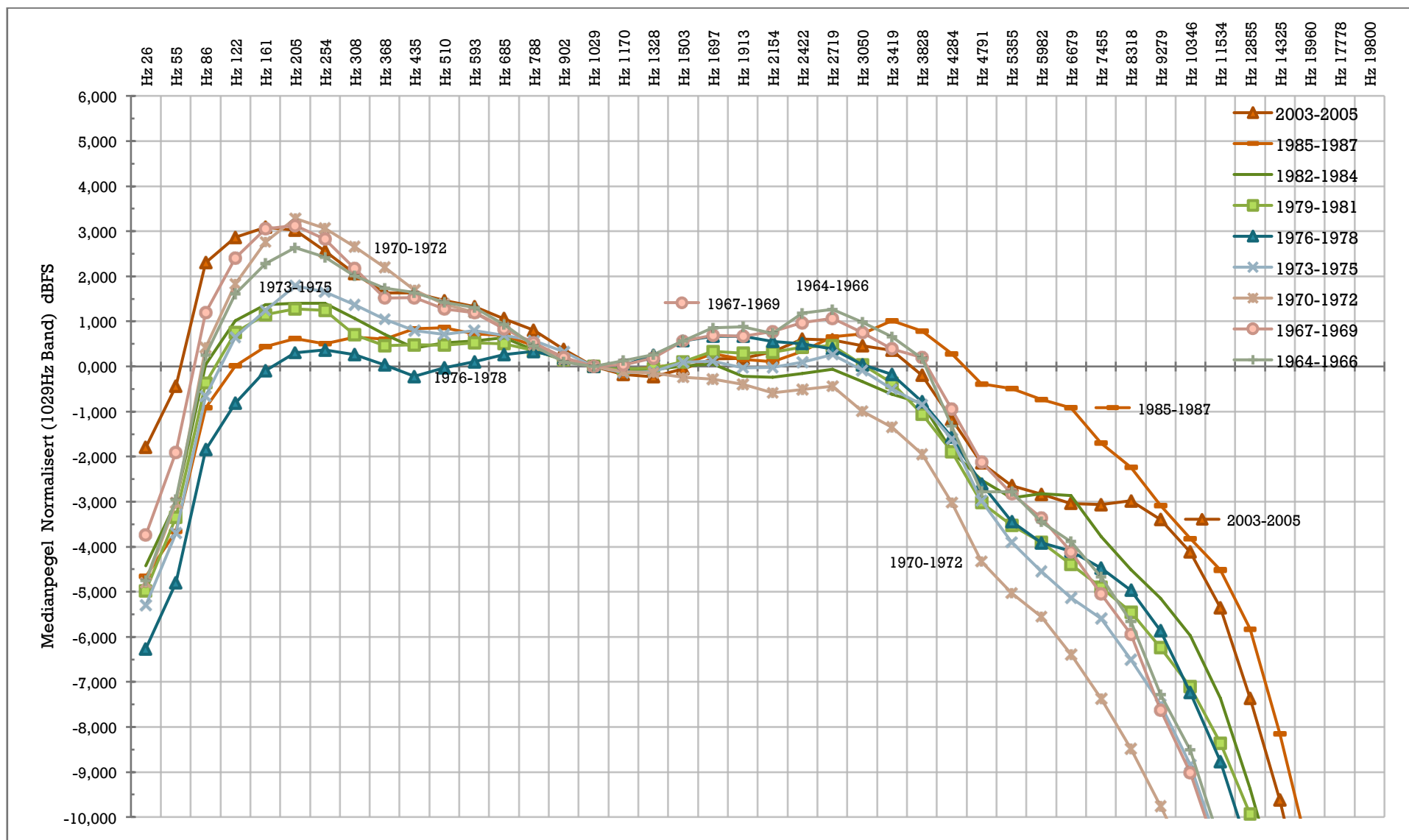


Abbildung IV-35 ERB Medianpegel Normalisiert (1029Hz Band), 1964-1987

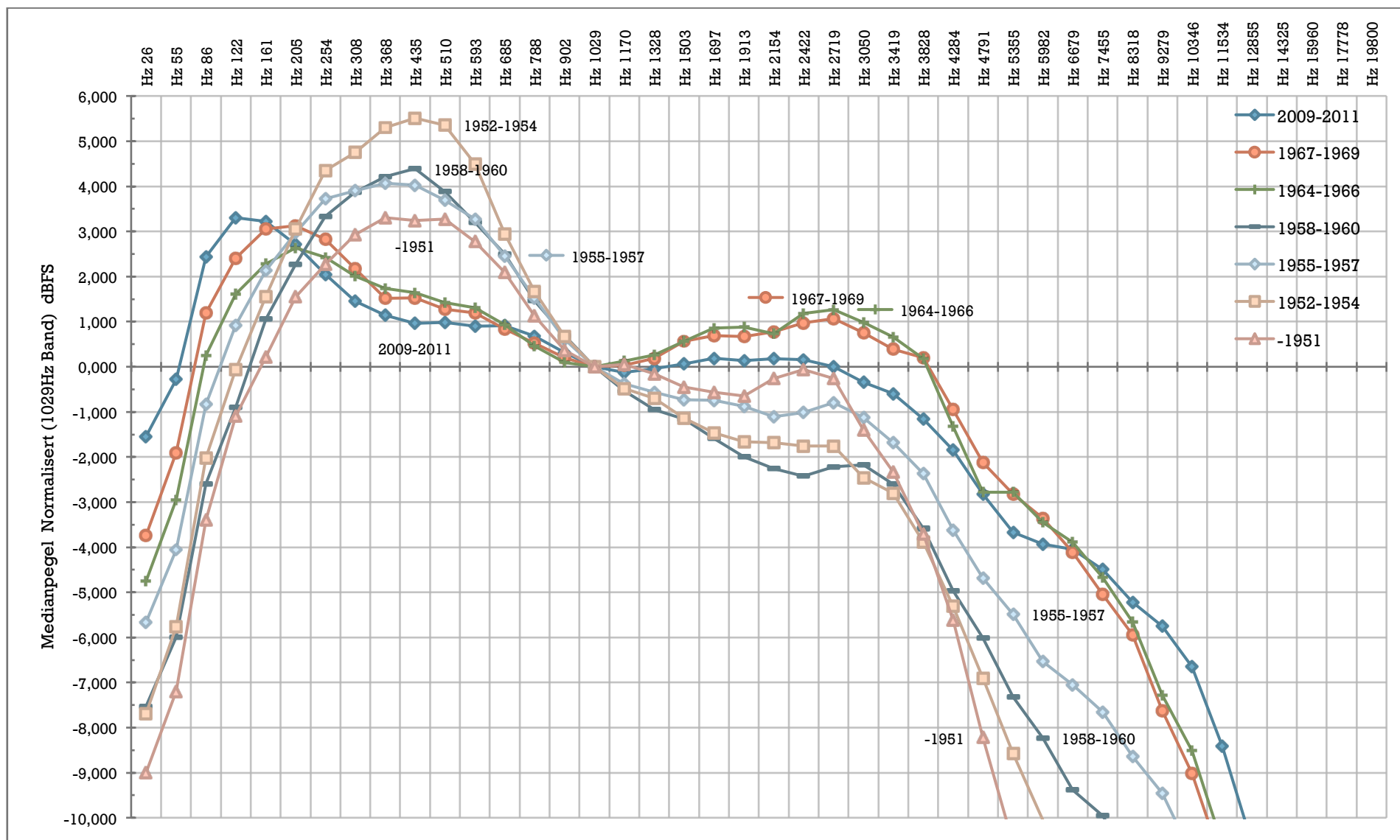


Abbildung IV-36 ERB Medianpegel Normalisiert (1029Hz Band), 1950-1969

V FAZIT

In der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass sich alle gemessenen Parameter, mit Ausnahme des Lautheitsbereiches, seit dem Jahreszeitraum 1979–1981 stark erhöht haben. Bis 2006–2008 beträgt der Anstieg der Programmlautheit I 8,9 LUFS (siehe IV.1, Seite 51). Es besteht eine hohe Korrelation zwischen den Ergebnissen der EBU R128 Messung und der Messungen im 10ms Zeitfenster, betreffend der Median- und Spitzenpegel. Eine Verringerung des Verhältnisses der Spitzenwerte zu den Median- oder Durchschnittswerten im selben Zeitraum um über 6,5 LU ($\text{MaxTP} - \text{I}$), lässt den Rückschluss zu, dass diese durch eine Verstärkung der Kompression und Limitierung von Audiosignalen erzielt wurde (siehe IV.6.1, Seite 56). Die Kompression wurde somit im Schnitt verstärkt und damit die Dynamik verringert. Der Umstand, dass stark komprimierte Signale bei gleichem Pegel lauter wahrgenommen werden als unkomprimierte Signale (siehe II.4.3, Seite 32), führt zudem zu einer Verstärkung des Eindrucks, dass Musikproduktionen immer lauter werden. Dies ist klare Evidenz für den „Loudness-War“. In ihrer Tendenz stimmen die Ergebnisse der EBU-Parameter mit denen der Untersuchung von Deruty (siehe II.4.1, Seite 28) überein. Das Ausmaß des Anstiegs der Programmlautheit I im ähnlichen Jahresintervall fällt dort jedoch mit +4LUFS deutlich geringer aus (siehe Abbildung II-12, Seite 29). Die kleineren Jahresintervalle (drei Jahre im Gegensatz zu fünf Jahren bei Deruty) und die mehr als doppelt so hohe Anzahl der untersuchten Musikstücke (10.128 gegenüber 4.500) der vorliegenden Untersuchung, sprechen jedoch für die Ergebnisse der vorliegenden Studie. Nach Abschluss dieser Arbeit wurde eine weitere Studie, durchgeführt an mehreren spanischen Instituten, veröffentlicht (Serra, Corral, Boguna, Haro, & Arcos, 2012). Darin wurde das sogenannte „Million Song Dataset“⁸ (eine Sammlung von Musik-Metadaten des kommerziellen Anbieters „The Echo Nest API“⁹) auf Veränderungen hinsichtlich der Tonhöhe, Timbre und der Lautheit untersucht. Das Ergebnis zeigt einen Anstieg der Median-Lautheit zwischen 1965 und 2005 von 9dB und deckt sich mit der vorliegenden Untersuchung. Der Algorithmus zur gemessenen Lautheit wurde dabei allerdings nicht bekannt gegeben.

⁸ <http://labrosa.ee.columbia.edu/millionsong/> abgerufen am 24. August 2012

⁹ <http://developer.echonest.com/docs/v4> abgerufen am 24. August 2012

Der konstante Verlauf der Lautheitsbereiche zeigt, dass der Abstand zwischen leisen und lauten Programmteilen auf annähernd gleichem Niveau geblieben ist (siehe IV.7). Die Definition des Lautheitsbereichs LRA lässt jedoch keinerlei Rückschluss auf die zeitlichen Anteile der gemessenen leisen und lauten Stellen zu. An dieser Stelle muss erneut darauf hingewiesen werden, dass die EBU ausdrücklich darauf hinweist, dass der Lautheitsbereich nicht mit Parametern wie Dynamikbereich oder Crest-Faktoren verwechselt werden darf (European Broadcasting Union, 2011, S. 5). Er muss im Zusammenhang mit der Programmlautheit interpretiert werden (siehe Abbildung IV-10). Der Schluss, dass das Lautheitsrennen zu einer Verminderung der Makrodynamik führte ist somit nicht zulässig.

Die Untersuchung der High-Level-Sample-Density (HLSD) zeigt ein starkes Ansteigen der Anzahl von Samples zwischen -1 und 0 dBFS zwischen 1990 und 2005 (siehe IV.8, Seite 61). Zwischen 2006 und 2011 konnte ein leichter Rückgang des HLSD Wertes gemessen werden, welcher sich einerseits auf den Einsatz von Brickwall-Limitern, andererseits auf die zunehmende Relevanz von datenreduzierten Formaten wie MP3 (welche besonders anfällig für Verzerrungen bei hohen Sample-Pegelwerten sind) zurückführen lässt.

In den FFT-Analysen konnte gezeigt werden, dass sich die Zunahme der Energie in den einzelnen ERB-Bändern in zwei unterschiedlichen Richtungen entwickelt hat. Einerseits wurden im Jahresverlauf ab 1950 immer mehr ERB-Bänder für die Speicherung der Audioinformation benutzt, andererseits wuchs der Energiepegel in jedem einzelnen Band relativ konstant an (siehe Abbildung IV-29, Seite 82). Beide Ausbreitungsrichtungen trugen zum Anstieg der empfundenen Lautheit bei.

Eine stärkere Zunahme gegenüber dem allgemeinen Pegelzuwachs wurde ab etwa 1980 im Bassbereich gemessen. Dies weist auf eine höhere ästhetische Relevanz von tieffrequenten Ereignissen in diesem Zeitraum hin. Von 1982–1984 bis 2006–2008 wurde im 122 Hz-Band ein Intensitätsanstieg der Medianpegel von 12,06 dB gemessen (siehe Abbildung IV-24, Seite 75). Ebenso wurde für den Hochtonbereich eine höhere Zunahme der Energiepegel ermittelt. Der Anstieg der Spitzenpegel im 8318 Hz-Band misst zwischen 1979–1981 und 2003–2005 8,5 dB (siehe Abbildung IV-22, Seite 72). Diese ist auch auf die Entstehung von hochfrequenten Anteilen bei starker Kompression und Limitierung zurückzuführen.

Der Einsatz digitaler Produktionsverfahren schlägt sich in einem starken Pegelanstieg ab Mitte der 1980er-Jahre nieder. Ein außerordentlich starker Zuwachs bei Spitzen – und Medianpegel ist im Zeitraum zwischen 1988–1990 und bis 1997–1999 (siehe Abbildung IV-22, Seite 72 und Abbildung IV-24, Seite 75) zu erkennen. Erst in den Jahren 2009–2011

ist ein leichter Rückgang dieses Lautheitsrennens zu beobachten. Hintergrund dafür könnte der Umstand sein, dass sich die Messung von Exakten Spitzenwerten in Produktionsstudios langsam durchsetzt. Dieses Verfahren wurde 2006 im ITU BS.1770 erstmals standardisiert. Ein weiterer Grund könnte die immer wichtiger werdende Rolle von komprimierten Formaten wie MP3 oder AAC sein, die bei der Konvertierung von hochpegeligen Audioinformationen eine unangenehme, stark nicht-lineare Verzerrung aufweisen. Auch der Einfluss der breit geführten Debatte um das Lautheitsrennen sollte nicht unterschätzt werden.

V.1 Ausblick

Die Konstruktion des EBU R128-Standards begünstigt Produktionen mit geringerer Kompression. Diese werden im Gegensatz zu stärker komprimierten Programmen mit einer niedrigeren Programmlautheit bewertet, was eine geringere Pegelreduktion bei der Normalisierung nach sich zieht. Da der EBU Standard vorerst nur von TV Sendern im europäischen Raum übernommen wird, hat dies keinen relevanten Einfluss auf Musikproduktionen. Eine Übernahme dieses Standards von Radiostationen in Europa wird derzeit forciert. Dies könnte einen sehr großen Einfluss auf zukünftige Audioproduktionen haben. Das „Rennen um ein lauterer Signal“ wäre damit in diesem wichtigen Bereich der Musikindustrie weitgehend beendet. Der Fokus des Einsatzes von Kompression und Limitierung würde damit mehr auf ästhetische Entwicklungen gelegt.

„Das ist die große Audio-Revolution. Sicherlich die größte Änderung im Tonbereich, was Technik betrifft, die es in den letzten 30 Jahren gab.“ (Camerer, Interview, 2012, S. 120)

Ein weiterer wichtiger Schritt ist die Übernahme solcher Algorithmen zur Lautheitsnormalisierung von führenden Unternehmen der weltweiten Musikdistribution, wie zum Beispiel Apple. Mit der Einführung des „Soundcheck-Modus“ in iTunes, wurde ein Algorithmus zur nicht-destruktiven Lautheitsnormalisierung einzelner Musikstücke implementiert, der sehr laute Produktionen im Verhältnis zu leiseren Produktionen stärker im Ausgangspegel reduziert. Eine Standard-Voreinstellung des Algorithmus „Soundcheck“ in iTunes käme den Auswirkungen der Übernahme des EBU-Algorithmus durch Radiostationen im immer wichtiger werdenden Online- und Cloud-Markt gleich. Um einen flächendeckenden Erfolg zu gewährleisten, müssten jedoch weitere Marktteilnehmer über ähnliche Initiativen nachdenken und standardisierte Algorithmen in ihr Portfolio integrieren.

VI Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG II-1 ISO226:2003 (SUZUKI, 2003, S. 6)	9
ABBILDUNG II-2 BEWERTUNGSFILTER DIN-IEC 651	10
ABBILDUNG II-3 SONE/PHONE SKALA	11
ABBILDUNG II-4 BASILARMEMBRAN (KREMER, 2004)	12
ABBILDUNG II-5 LAUTHEITSANSTIEG BEI SIGNALSPLITTUNG	14
ABBILDUNG II-6 PRODUKTIONS-PROZESS EINER AUDIO-CD	15
ABBILDUNG II-7 WAVES C1 COMPRESSOR / SPRACHE ORIGINAL UND KOMPRIMIERT	16
ABBILDUNG II-8 DIGIDESING EQIII FILTER	17
ABBILDUNG II-9 ITU-R LAUTHEIT VERGLEICH MIT OBJEKTIVEN ERGEBNISSEN (NORCROSS, LAVOIE, & THIBAUT, 2011, S. 7)	23
ABBILDUNG II-10 BS.1770-2 ALGORITHMUS (INTERNATIONALE TELEKOMMUNIKATIONS UNION, 2011, S. 3)	24
ABBILDUNG II-11 RMS (DERUTY, 2011)	29
ABBILDUNG II-12 PROGRAMMLAUTHEIT I (DERUTY, 2011)	29
ABBILDUNG II-13 CREST FACTOR (DERUTY, 2011)	29
ABBILDUNG II-14 LAUTHEITSBREICH (DERUTY, 2011)	29
ABBILDUNG II-15 HIGH LEVEL SAMPLE DENSITY (DERUTY, 2011)	30
ABBILDUNG II-16 INTERBAND INTER-BAND RELATIONSHIP ANALYSIS (FENTON, FAZENDA, & WAKEFIELD, 2011, S. 7)	31
ABBILDUNG II-17 WAHRGENOMMENE LAUTHEIT BEI KOMPRIMIERTEN SPRACHAUFNAHMEN (MOORE, GLASBERG, & STONE, 2003)	32
ABBILDUNG III-1 TITEL-VERTEILUNG NACH JAHREN	39
ABBILDUNG III-2 UNTERSUCHUNGSAUFBAU	42
ABBILDUNG III-3 ERB-SKALA, 42 MITTENFREQUENZEN	48
ABBILDUNG IV-1 PROGRAMMLAUTHEIT I NACH EBU R128	51
ABBILDUNG IV-2 EXAKTER MAXIMALER SPITZENPEGEL (MAX TP) NACH EBU R128	53
ABBILDUNG IV-3 MAXIMALE MOMENTANE LAUTHEIT NACH EBU R128 (400MS INTEGRATIONSZEIT)	54
ABBILDUNG IV-4 MAXIMALE KURZZEIT-LAUTHEIT NACH EBU R128 (3000MS INTEGRATIONSZEIT)	55
ABBILDUNG IV-5 VERGLEICH DER EBU R128 PARAMETER MAXTP, MAXM, MAXS UND I	56
ABBILDUNG IV-6 CREST EBU1	57
ABBILDUNG IV-7 CREST EBU2	58
ABBILDUNG IV-8 CREST EBU3	58
ABBILDUNG IV-9 LAUTHEITSBEREICH NACH EBU R128	59
ABBILDUNG IV-10 LAUTHEITSBEREICH BEZOGEN AUF PROGRAMMLAUTHEIT	60
ABBILDUNG IV-11 HIGH LEVEL SAMPLE DENSITY HLSD UND HLSDS	62
ABBILDUNG IV-12 HLSDS AUF LINEARER SKALA	62
ABBILDUNG IV-13 10MS RMS SPITZENPEGEL (99,9%) UNGEFILTERT	63

ABBILDUNG IV-14 10MS RMS MEDIAN (50%), UNGEFILTERT	64
ABBILDUNG IV-15 CREST (10MSRMS) SPITZENPEGEL – MEDIANPEGEL	65
ABBILDUNG IV-16 SPITZENPEGEL (100%) ABSOLUTER SAMPLES	66
ABBILDUNG IV-17 SPITZENPEGEL (99,9%) ABSOLUTER SAMPLES	66
ABBILDUNG IV-18 MEDIANPEGEL (50%) ABSOLUTER SAMPLES	67
ABBILDUNG IV-19 MICHAEL JACKSON "BEAT IT" EBU-PARAMETER & HLSD	69
ABBILDUNG IV-20 MICHAEL JACKSON "BEAT IT" MEDIANPEGEL IN 42 ERB-BÄNDERN	69
ABBILDUNG IV-21 MICHAEL JACKSON "BEAT IT" (X=ZEIT, Y=LU, DB SKALIERUNG DURCH NUGEN LMB)	70
ABBILDUNG IV-22 ERB SPITZENPEGEL 1976-2011	72
ABBILDUNG IV-23 ERB SPITZENPEGEL, 1950-1975	73
ABBILDUNG IV-24 ERB MEDIANPEGEL 1976-2011	75
ABBILDUNG IV-25 ERB MEDIANPEGEL 1950-1975	76
ABBILDUNG IV-26 ERB CREST, 1982-2011	78
ABBILDUNG IV-27 ERB CREST, 1964–1987	79
ABBILDUNG IV-28 ERB CREST, 1950-1969	80
ABBILDUNG IV-29 ERB SPITZENPEGEL NORMALISIERT (1029HZ BAND), 1950-2011	82
ABBILDUNG IV-30 ERB SPITZENPEGEL NORMALISIERT (1024HZ BAND), 1988-2011	83
ABBILDUNG IV-31 ERB SPITZENPEGEL NORMALISIERT (1029HZ BAND), 1964-1987	84
ABBILDUNG IV-32 ERB SPITZENPEGEL NORMALISIERT (1029HZ BAND), 1950-1969	85
ABBILDUNG IV-33 ERB MEDIANPEGEL NORMALISIERT (1029HZ BAND), 1950-2011	87
ABBILDUNG IV-34 ERB MEDIANPEGEL NORMALISIERT (1029HZ BAND), 1988-2011	88
ABBILDUNG IV-35 ERB MEDIANPEGEL NORMALISIERT (1029HZ BAND), 1964-1987	89
ABBILDUNG IV-36 ERB MEDIANPEGEL NORMALISIERT (1029HZ BAND), 1950-1969	90

VII Tabellen

TABELLE II-1 DB BEZEICHNUNGEN	7
TABELLE II-2 DBSPL AMBIENTE (VGL. YOST, 2007, S. 27)	7
TABELLE II-3 40PHON SPL (HEO & SUNG, 2008, S. 3)	10
TABELLE II-4 DEFINITION VON ALGORITHMEN ZUR MESSUNG DER DYNAMIKUMFANGS	33
TABELLE II-5 MESSUNG DES DYNAMIKUMFANGS (BOLEY, LESTER, & DANNER, 2010, S. 5)	34
TABELLE III-1 ERB-SKALENWERTE DER FFT-ANALYSE	48
TABELLE IV-1 KORRELATION RMS SPITZENPEGEL, N=21	63
TABELLE IV-2 KORRELATIONEN CREST EBU1,2,3 MIT CREST 10MSRMS, N=21	65
TABELLE IV-3 KORRELATION MAXTP/SAMPLEPEAK UND I SAMPLEPEAK	67
TABELLE X-1 LISTE DER UNTERSUCHTEN AUDIO CDS.....	165

VIII

IX Literaturverzeichnis

Advanced Television Systems Committee Inc. (25. 07 2011). ATSC-A/85. Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television . Washington D.C.

Apple. (2012). Mastered for iTunes: Music as the Artist and Sound Engineer Intended. Abgerufen am 10. 05 2012 von images.apple.com/itunes/mastered-for-itunes/docs/mastered_for_itunes.pdf

Avendano, C. (2003). IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics. Frequency-Domain Source Identification and Manipulation in Stereo Mixes for Enhancement, Suppression and Pre-Panning Applications (S. 55-58). New York: IEEE.

Best Ever Albums. (14. 03 2012). How It Works. Abgerufen am 14. 03 2012 von www.besteveralbums.com/howitworks.php

Best Ever Albums. (14. 03 2012). Statistics. Abgerufen am 14. 03 2012 von www.besteveralbums.com/yearstats.php

Boley, J., Lester, M., & Danner, C. (11 2010). Measuring Dynamics: Comparing and Contrasting Algorithms for the Computation of Dynamic Range. Audio Engineering Society Convention 129 . San Francisco: Audio Engineering Society.

Bud Powell. (1993). Swingin' With Bud. ORF HI-Archiv CD-02-12726 .

Camerer, F. (22. 02 2012). Interview. (R. M. Ortner, Interviewer)

Camerer, F. (06. 09 2010). On the way to Loudness Nirvana – with EBU R 128. EBU Technical Review 2010 Q3 . European Broadcasting Union.

Camerer, F. (kein Datum). Xing. Abgerufen am 21. 06 2012 von www.xing.com/profile/Florian_Camerer

Deruty, E. (01 2012). Dynamics: evolution over the years, distributions. Abgerufen am 05. 06 2012 von 1-1-1-1.net/IDS/?p=747

Deruty, E. (11 2011). Elements of Popular Music Analysis. Abgerufen am 01. 03 2012 von 1-1-1-1.net/IDS

Discogs. (10. 04 2012). Abgerufen am 08. 05 2012 von www.discogs.com

EBU Technical. (21. 12 2011). German broadcasters take a joint approach on Loudness.

Abgerufen am 05. 06 2012 von tech.ebu.ch/news/german-broadcasters-take-a-joint-approac-21dec11

Ellis, D. (2009). Gammatone-Like Spectrograms. Abgerufen am 09. 05 2012 von www.ee.columbia.edu/~dpwe/resources/matlab/gammatonegram/

Elton John. (1995). Goodbye Yellow Brick Road. ORF HI-Archiv CD-02-19809 .

European Broadcasting Union. (09 2011). EBU R 128. Lautheitsaussteuerung, Normalisierung und zulässiger Maximalpegel von Audiosignalen . (M. G. Spikofski, & F. Camerer, Übers.) Genf, Schweiz: EBU.

European Broadcasting Union. (08 2011). EBU-Tech 3341. Loudness Metering: ‘EBU Mode’ metering to supplement loudness normalisation in accordance with EBU R 128 . Genf: EBU.

European Broadcasting Union. (08 2011). EBU-Tech 3342. Loudness Range: A measure to supplement loudness normalisation in accordance with EBU R 128 . EBU.

European Broadcasting Union. (08 2011). EBU-Tech 3343. Practical guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R 128 (Version 2.0) . EBU.

European Broadcasting Union. (10 2011). EBU-Tech 3344. Practical guidelines for distribution systems in accordance with EBU R 128 (Version 1.1) . Genf: EBU.

Fenton, S., Fazenda, B., & Wakefield, J. (05 2011). Objective Measurement of Music Quality Using Inter-Band Relationship Analysis. Audio Engineering Society Convention 130 . London: AES.

Fletcher, H., & Munson, W. A. (1933). Loudness, Its Definition, Measurement and Calculation. The Journal of the Acoustical Society of America , 5, 82.

Glasberg, B. R., & Moore, B. C. (2002). A Model of Loudness Applicable to Time-Varying Sounds. Journal of the Audio Engineering Society , 50 (5), 331-342.

Glasberg, B. R., & Moore, B. C. (1990). Derivation of Auditory Filter Shapes from Notched-Noise Data. Hearing Research , 47 (1), 103-138.

Gould, G. (04 1966). The Prospects of Recording – High Fidelity. Abgerufen am 12. 06 2012 von Library and Archives Canada – The Glenn Gould Archive:
www.collectionscanada.gc.ca/glenngould/028010-4020.01-e.html#b

Gracenote. (08. 05 2012). Apple iTunes and Genius. Abgerufen am 08. 05 2012 von
www.gracenote.com/casestudies/itunes/

Hellman, R., & Zwicker, E. (1987). Why can a decrease in dB(A) produce an increase in loudness? The Journal of the Acoustical Society of America , 82, 1700-1705.

Heo, I., & Sung, K.-M. (28-30. 08 2008). An Improved Weighting Curve Based on Equal-Loudness Contour. AES 34th International Conference . Korea.

hydrogenaudio. (14. 08 2011). ReplayGain 1.0 specification. Abgerufen am 13. 03 2012 von
www.replaygain.org

Hypemachine. (03. 01 2012). Music Blog Zeitgeist. Abgerufen am 10. 03 2012 von
hypem.com/zeitgeist/2011/albums

International Organisation for Standardization. (2003). ISO 226:2003-Acoustics. Normal Equal-Loudness-Level Contours . Genf, Schweiz: ISO

Internationale Telekommunikations Union. (07 2006). BS.1770. Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level . Genf, Schweiz: ITU-Radiocommunication.

Internationale Telekommunikations Union. (10 1997). ITU-R BS.1116-1. Methods for the Subjective Assessment of Small Impairments in Audio Systems including Multichannel Sound Systems . Genf, Schweiz: ITU-Radiocommunication.

Internationale Telekommunikations Union. (11 2001). ITU-R BS.1387-1. Method for Objective Measurements of Perceived Audio Quality . Genf, Schweiz: ITU-Radiocommunication.

Internationale Telekommunikations Union. (01 2003). ITU-R BS.1534-1. Method for the Subjective Assessment of Intermediate Quality Level of Coding Systems . Genf, Schweiz: ITU-Radiocommunication.

Internationale Telekommunikations Union. (03 2011). ITU-R BS.1770-2. Algorithms to Measure Audio Programme Loudness and True-Peak Audio Level . Genf, Schweiz: ITU-Radiocommunication.

Internationale Telekommunikations Union. (08 1996). ITU-T P-800. Methods for Subjective Determination of Transmission Quality . Genf, Schweiz: ITU-Telecommunication Standardization.

Jauk, W. (1994). Lautheit. Ein kognitionstheoretisches Modell der Lautstärkewahrnehmung und seine Anwendung in der Musik. *Acta Musicologica* , 66 (2), 67-77.

Johnston, J. D. (2006). Tutorial on Loudness vs. Intensity.

Johnston, J., Katz, B., Lund, T., & Ortner, R. (06 2012). Email Korrespondenz.

Jurado, C., & Robledano, D. (2007). Auditory filters at low frequencies: ERB and filter shape. Aalborg University.

Katz, B. (09. 06 2012). Interview 1. (R. M. Ortner, Interviewer)

Katz, B. (17. 06 2012). Interview 2. (R. M. Ortner, Interviewer)

Katz, B. (2010). Mastering Audio – Über die Kunst und die Technik. (T. L. Agency, Übers.) München: GC Carsten.

Kolneder, W. (1993). Das Buch der Violine (5 Ausg.). Zürich: Atlantis Musikbuch-Verlag.

Kremer, M. (21. 10 2004). *ars auditus* Akustik-Gehör-Psychoakustik. Abgerufen am 20. 05 2012 von www.dasp.uni-wuppertal.de/ars_auditus/psychoak/psych81.gif

Latrilot, O., & Toivainen, P. (09 2007). A Matlab Toolbox for Musical Feature Extration from Audio. Proc. of the 10th International Conference on Digital Audio Effects , 8. Bordeaux.

Lloyd, L. S. (1947). The Loudness of Pure Tones. *The Musical Quarterly* , 33 (4), 489.

Lund, T. (2004). Distortion To The People. Abgerufen am 05. 03 2012 von TC Electronic Tech Library: www.tcelectronic.com/media/lund_2004_distortion_tmt20.pdf

Lund, T. (29. 06 2012). Interview. (R. M. Ortner, Interviewer)

Lund, T. (01 2011). ITU-R BS.1770 Revisited. 2011 NAB Show Broadcast Engineering Conference Proceedings , 11.

Lund, T. (04 2007). Level and Distortion in Digital Broadcasting. EBU Technical Review 310 , 12. European Broadcasting Union.

- Lund, T. (04 2009). NAB 2009 – Control of Loudness Across Broadcast Platforms. TC Electronics.
- Lund, T. (10 2006). Stop Counting Samples. Audio Engineering Society Convention 121 , 11. San Francisco: Audio Engineering Society.
- Maempel, H.-J., & Gawlik, F. (05 2009). The Influence of Sound Processing on Listeners' Program Choice in Radio Broadcasting. Audio Engineering Society Convention 126 , 10. Audio Engineering Society.
- Michael Jackson. (1995). HIStory: Past, Present And Future Book 1 [Disc 1]. ORF HI Archiv CD-02-19980 .
- Michael Jackson. (2003). Number Ones. ORF HI Archiv CD-02-43013 .
- Michael Jackson. (2009). This Is It [Disc 1]. ORF HI Archiv CD-02-52496 .
- Michael Jackson. (1982). Thriller. ORF HI-Archiv CD-02-0032 .
- Millner, G. (2009). Perfecting Sound Forever. London: Granta Publications.
- Moore, B. C. (2003). An Introduction to the Psychology of Hearing (5 Ausg.). San Diego: Academic Press.
- Moore, B. C., Glasberg, B., & Stone, M. (2003). Why Are Commercials so Loud? — Perception and Modeling of the Loudness of Amplitude-Compressed Speech. *Journal of the Audio Engineering Society* , 51 (12), 1123-1132.
- Moore, B., & Glasberg, B. (1996). A Revision of Zwicker's Loudness Model. *Acta Acustica united with Acustica* , 82, 335-345.
- Moorefield, V. (2010). The Producer as Composer – Shaping the Sound of Popular Music. Massachusetts: The MIT Press.
- Nielsen, S. (08. 10 2009). Note on Measurement Units for Loudness. Abgerufen am 05. 03 2012 von TC Electronic Group Research:
www.tcelectronic.com/media/nielsen_loudness_units.pdf
- Nielsen, S., & Lund, T. (09 2000). 0dBFS+ Levels in Digital Mastering. Audio Engineering Society Convention 109 , 13. Los Angeles: Audio Engineering Society.
- Nielsen, S., & Lund, T. (05 2003). Overload in Signal Conversion. AES 23rd International Convergence . Copenhagen: Audio Engineering Society.

Norcross, S., Lavoie, M., & Thibault, L. (18. 03 2011). CRC-RP-2011-001. A Status Report on Loudness Control Technologies and Standardization for Broadcasting . Ottawa, Canada: Communications Research Centre Canada.

ORF Enterprise. (kein Datum). Aussteuerung nach "Lautheit" in den österreichischen TV-Programmen. Abgerufen am 05. 06 2012 von pdf

Phil Collins. (1985). No Jacket Required. ORF HI-Archiv CD-02-16743 .

Robinson, D. W., & Dadson, R. S. (1956). Equal Loudness Relations, and Threshold of Hearing for Pure Tones. The Journal of the Acoustical Society of America , 28, 763.

Scaringella, N. (29. 05 2009). These No. 4412 (2009). On the Design of Audio Features Robust to the Album-Effect for Music Information Retrieval . Lausanne: École Polytechnique Fédérale de Lausanne.

Scharf, B. (1961). Complex Sounds and Critical Bands. Psychological Bulletin , 58 (3), 205-217.

Sengpiel, E. (o.J.). Der Zusammenhang der Schallgrößen. Abgerufen am 30. 05 2012 von Forum für Mikrofonaufnahmetechnik und Tonstudioteknik:
www.sengpielaudio.com/Rechner-schallgroessen.htm

Sengpiel, E. (o.J.). Dezibel-Tabelle-SPL-Lautstärkevergleichstabelle. Abgerufen am 02. 06 2012 von Forum für Mikrofonaufnahmetechnik und Tonstudioteknik:
www.sengpielaudio.com/TabelleDerSchallpegel.htm

Sengpiel, E. (kein Datum). Gehörriichtige Lautsärkenregelung und die Hörempfindlichkeit. Abgerufen am 16. 01 2012 von Forum für Mikrofonaufnahmetechnik und Tonstudioteknik:
www.sengpielaudio.com/GehoerrichtigeLautstaerkeregelung.pdf

Sengpiel, E. (kein Datum). Zusammenhang zwischen Sone und Phon. Abgerufen am 29. 05 2012 von Forum für Mikrofonaufnahmetechnik und Tonstudioteknik:
www.sengpielaudio.com/RechnerSonephon.htm

Serra, J., Corral, A., Boguna, M., Haro, M., & Acros, J. (07 2012). Measuring the Evolution of Contemporary Western Popular Music. Abgerufen am 14. 08 2012 von Nature.com:
www.nature.com/srep/2012/120726/srep00521/full/srep00521.html

Skovborg, E., & Lund, T. (10 2008). Loudness Descriptors to Characterize Programs and Music Tracks. Audio Engineering Society Convention 125 , 9. San Francisco.

Skovenborg, E., & Lund, T. (10 2009). Loudness Descriptors to Characterize Wide Loudness-Range Material. Audio Engineering Society Convention 127 , 12. New York: Audio Engineering Society.

Skovenborg, E., & Nielsen, S. (09 2004). Evaluation of Designs for Loudness-Matching Experiments. Subjective and Objective Assessment of Sound Int. Conference , 16. Poznan.

Skovenborg, E., & Nielsen, S. (10 2004). Evaluation of Different Loudness Models with Music and Speech Material. Audio Engineering Society Convention 117 , 34. San Francisco: Audio Engineering Society.

Skovenborg, E., Quesnel, R., & Nielsen, S. (05 2004). Loudness Assessment of Music and Speech. Audio Engineering Society Convention 116 , 25. Berlin: Audio Engineering Society.

Spikofski, G., & Klar, S. (01 2004). Levelling and Loudness — in radio and television broadcasting. EBU Technical Review 297 . European Broadcasting Union.

Stevens, S. S. (1936). A scale for the Measurement of a Psychological Magnitude: Loudness. Psychological Review , 43 (5), 405-416.

Stevens, S. S., Volkman, J., & Newman, E. (1937). A Scale for the Measurement of the Psychological Magnitude Pitch. Journal of the Acoustical Society of America , 8 (3), 185-190.

Stone, M. A., Moore, B. C., Füllgrabe, C., & Hinton, A. C. (2009). Multichannel Fast-Acting Dynamic Range Compression Hinders Performance by Young, Normal-Hearing Listeners in a Two-Talker Separation Task. Journal of the Audio Engineering Society , 57 (7/8), 532--546.

Suzuki, Y. (2003). Precise and Full-range Determination of Two-dimensional Equal Loudness Contours. Abgerufen am 29. 05 2012 von ids-ge.ch/IMG/pdf/is-01e.pdf

Tardieu, D., Deruty, E., Charbuillet, C., & Peeters, G. (11 2011). Production Effect: Audio Features for Recording Techniques Description and Decay Prediction. Proc. of the 14th International Conference on Digital Audio Effects . Paris.

The Library of Congress. (15. 12 2010). Public Law 111–311. Commercial Advertisement Loudness Mitigation Act . Washington DC.

Tischmeyer, F. (22. 03 2011). Pleasurize Music Foundation. Abgerufen am 09. 03 2012 von dynamicrange.de/de/de/unser-ziel

- Tollerton, R. (13. 01 2008). Audiamorous. Abgerufen am 09. 03 2012 von audiamorous.blogspot.com/2008/01/pfpf-experimental-estimator-of-dynamic_13.html
- Völz, H. (2007). Handbuch der Speicherung von Information. Band 3: Geschichte und Zukunft elektronischer Medien (Bd. 3). Aachen: Shaker.
- Verhey, J., & Kollmeier, B. (2002). Spectral Loudness Summation as a Function of Duration. The Journal of the Acoustical Society of America 111 , 111 (3), 1349-1358.
- Vickers, E. (11 2001). Automatic Long-Term Loudness and Dynamics Matching. Audio Engineering Society Convention 111 . AES.
- Vickers, E. (14. 12 2010). Metrics for Quantifying Loudness and Dynamics. SFX Machine .
- Vickers, E. (11 2010). The Loudness War: Background, Speculation and Recommendations. Audio Engineering Society Convention 129 , 27. San Francisco: Audio Engineering Society.
- Vickers, E. (2011). The Loudness War: Do Louder, Hypercompressed Recordings Sell Better? Journal of the Audio Engineering Society , 59 (5), 346--351.
- Watson, & Gengel. (1969). Signal duration and signal frequency in relation to auditory sensitivity. The Journal of the Acoustical Society of America , 46 (4), 989-997.
- Wikipedia. (11. 03 2012). List of Best-Selling Albums 1960s UK. Abgerufen am 13. 03 2012 von [en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_albums_of_the_1960s_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_albums_of_the_1960s_(UK))
- Wikipedia. (11. 03 2012). List of Best-Selling Albums 1970s UK. Abgerufen am 13. 03 2012 von [en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_albums_of_the_1970s_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_albums_of_the_1970s_(UK))
- Wikipedia. (11. 03 2012). List of Best-Selling Albums 1980s UK. Abgerufen am 13. 03 2012 von [en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_albums_of_the_1980s_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_albums_of_the_1980s_(UK))
- Wikipedia. (11. 03 2012). List of Best-Selling Albums 1990s UK. Abgerufen am 13. 03 2012 von [en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_albums_of_the_1990s_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_albums_of_the_1990s_(UK))
- Wikipedia. (11. 03 2012). List of Best-Selling Albums 2000s UK. Abgerufen am 13. 03 2012 von [en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_albums_of_the_2000s_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_albums_of_the_2000s_(UK))
- Wikipedia. (12. 03 2012). List of Best-Selling Albums in Germany. Abgerufen am 13. 03 2012 von en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_albums_in_Germany
- Wikipedia. (07. 01 2012). List of Best-Selling Singles 1950s UK. Abgerufen am 13. 03 2012 von [en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_1950s_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_1950s_(UK))

Wikipedia. (31. 01 2012). List of Best-Selling Singles 1960s UK. Abgerufen am 13. 03 2012 von [en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_1960s_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_1960s_(UK))

Wikipedia. (24. 02 2012). List of Best-Selling Singles 1970s UK. Abgerufen am 13. 03 2012 von [en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_1970s_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_1970s_(UK))

Wikipedia. (24. 01 2012). List of Best-Selling Singles 1980s UK. Abgerufen am 13. 03 2012 von [en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_1980s_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_1980s_(UK))

Wikipedia. (17. 02 2012). List of Best-Selling Singles 1990s UK. Abgerufen am 13. 03 2012 von [en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_1990s_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_1990s_(UK))

Wikipedia. (11. 03 2012). List of Best-Selling Singles 2000s UK. Abgerufen am 13. 03 2012 von [en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_2000s_\(UK\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_best-selling_singles_of_the_2000s_(UK))

Wikipedia. (14. 02 2012). List of Million Selling Singles in the United Kingdom. Abgerufen am 13. 03 2012 von en.wikipedia.org/wiki/List_of_million-selling_singles_in_the_United_Kingdom

Wikipedia. (19. 02 2012). List of World's Best-Selling Albums. Abgerufen am 13. 03 2012 von en.wikipedia.org/wiki/Lists_of_best-selling_albums#Best-selling_albums_by_country

Wikipedia. (01. 02 2012). ReplayGain. Abgerufen am 13. 03 2012 von Wikipedia: en.wikipedia.org/wiki/Replay_Gain

Yost, W. A. (2007). Fundamentals of Hearing: an Introduction. 5th Edition. San Diego, Kalifornien: Elsevier, Academic Press.

Zwicker, E., & Fastl, H. (1999). Psychoacoustics – Facts and Models. Heidelberg: Springer.

Zwicker, E., & Feldtkeller, R. (1955). Über die Lautstärke von gleichförmigen Geräuschen. *Acustica* , 5, 303-316.

X Anhang

X.1 Interview Transkripte

X.1.1 Florian Camerer Interview

Das Interview mit Florian Camerer (F.C.) fand am 22. Februar 2012 in Wien statt.

F.C.: ab 2007 hab ich dann begonnen – ich hab schon relativ lange in Gruppen bei der EBU mitgearbeitet über Coding Tests und alles Mögliche, Sourround Sound / Sourround Sound ist eigentlich mein Gebiet ja / (kleine Unterbrechung...) und hab das dann in der EBU immer wieder moniert, weil da kenn ich die Leute eigentlich sehr gut, dass wir so was brauchen. Und dann 2008, im Frühjahr glaub ich, ist das o.k. gekommen. Das ist natürlich immer mit Kosten verbunden für die EBU, man muss da einen Betreuer abstellen, einen Projektkoordinator von der EBU, der kostet usw. usf. / Infrastruktur... Dann hatten wir das erste Meeting 2008 bei der IBC. Das war das allererste Meeting von PLOUD. Zwei Jahre später haben wir dann quasi unsere ersten Dokumente veröffentlicht. #00:01:28-9#

R.O.: PLOUD heißt? #00:01:29-4#

F.C.: Das ist noch ein bisschen historisch. Früher hieß das P/LOUD. „Loud“ hab ich erfunden, weil’s ja auf der Hand liegt. Wir damals zugeordnet dem sogenannten „Production Management Committee“. Da war die EBU in solche Committees unterteilt, das eine war das „Production Management Committee“ und das andere das „Network Management Committee“ und solche Dinge. Da hat es drei, vier Committees gegeben. Und da war alles was irgendwie Tontechnik, Bildtechnik usw. betraf war im Production Management Committee. Deswegen hatten diese Gruppen alle „P /“. Mitten in unserer Periode ist die EBU dann total umstrukturiert worden und alle haben andere Namen bekommen. Zu der Zeit war P/Loud schon so ein Trademark-Begriff, dass wir das beibehalten durften und aber den Schrägstrich vergessen haben. Deswegen heißt es jetzt PLOUD. #00:02:18-8#

R.O.: Eine Frage zu dem organisatorischen Hintergrund. Wie sind diese Committees organisiert? Gibt’s Facilities, Büros etc.? #00:02:28-0#

F.C.: Es gibt ja das große EBU-Headquarter in Genf. In Straßburg gibt es auch etwas, aber vor allem in Genf. Dort sind etliche Angestellte dort die größtenteils – muss man sagen – wirklich absolute „Chefs“ sind in ihrem Fachgebiet, das sind wirklich hervorragende Leute die da arbeiten, die eben dann unterschiedlichste Projekte betreuen. Seien es EBU-interne Projekte, das dann z.B. auch Tests gemacht werden. Coding-Tests wie z.B. bei HDTV war das ganz stark, aber dann natürlich vor allem eben Gruppen betreuen. Da werden von den einzelnen Broadcastern, die die EBU finanzieren / die EBU wird ja von den nationalen Broadcastern finanziert, von den öffentlichen rechtlichen Großteils / die schicken dann natürlich auch Leute in die diversen Gremien hinein, die werden dort dann auch gewählt ins „Technical Committee“ z.B. und da gibt’s dann regelmäßige Sitzungen wo Themen aufs Tableau gebracht werden was relevant ist, was man sich ansehen muss, wo es noch Handlungsbedarf gibt. Dann werden Gruppen beantragt mit einer dementsprechenden Agenda oder einer „Terms of Reverence“ wie es so schön heißt, und dann wird darüber abgestimmt im „Technical Committee“ ob das was bringt, ob das ein Blödsinn ist, ob wir uns das noch aufheben, wie viel es uns kostet, wie lange dauert es bis da Ergebnisse rauskommen etc. (kleine Unterbrechung) So läuft das ab und das war bei uns (Anm.: die PLOUD Gruppe) wir haben die Terms of Reverence erstellt, und da war bei uns sowieso klar dass das gleich eine Gruppe wird, weil das war so ein essentielles Thema. #00:04:09-7#

R.O. : Das heißt die Gruppe trifft sich in gewissen Zeitabständen oder arbeitet ihr an euren üblichen Arbeitsplätzen wie gehabt weiter? #00:04:18-3#

F.C. : Ja schon. Es wird natürlich ein E-Mail Reflektor aufgesetzt, dann geht ein „Call for participation“ raus, das Leute Mitglieder werden können in der Gruppe die prinzipiell mal Broadcaster sind. Wir haben aber von vornherein klar gemacht, das wir auch die Firmen alle drinnen haben wollen. In PLOUD sind alle namhaften Firmen von Lautheitsmessgeräten drinnen. Wir haben die Mitgliedschaft eigentlich relativ breit gefasst. Wir haben auch weltweite Mitgliedschaften. Über 350 Leute jetzt momentan. PLOUD ist damit mit Abstand die größte Gruppe die die EBU je hatte. #00:04:53-1#

R.O.: Du sitzt dieser Gruppe jetzt vor. #00:04:59-2#

F.C.: Ja. #00:05:01-2#

R.O.: Was war die Initialzündung? #00:05:08-0#

F.C.: Die Initialzündung war der internationale Standard wie denn Lautheit zu messen sei. Das war ja über die Jahrzehnte der Hemmschuh, dass es hier keinen internationalen Standard gab. Da gab's einige Firmen die haben sich mit Lautheitsmessung auseinandergesetzt, du kennst vielleicht diese Dorrrough-Meter oder so was die's da gab. Dann gab es da den berühmten Herrn Zwicker in Deutschland, der sich auch sehr mit Lautheitsmessung befasst hat, um eben ein psychoakustisches Phänomen auch in eine elektrische Größe zu gießen, die halt eine Ziffer hergibt welche möglichst gut das reflektieren soll was wir hören. Aber das war es dann auch schon. Es gab nie den internationalen Standard „So-wird-das-gemacht“. Und damit ist das Thema nie wirklich angesprungen. Auch vor 10 Jahren nicht wo das Problem ja schon virulent war, auch im Broadcasting Bereich. Nur dann war's offenbar so schlimm – 2002/2003 ist diese ITU-Gruppe gegründet worden – das auch wirklich Handlungsbedarf da war. Die ITU (das ist die internationale Telekommunikations-Union, die halt wirklich ein weltweites Gremium ist, die auch in Genf sitzt – deshalb haben wir auch irrsinnig viel Mitglieder in beiden, das ist so eine große Überlappung) hat dann eine Working Group gegründet. das ist wesentlich offizieller als in der EBU noch, ich kenn das ja gar nicht im Detail, ist auch irrelevant. Die haben dann eine Recommendation herausgebracht, mit der laufenden Nummer 1770. ITU-R-BS1770. ITU steht für Internationale Telekommunikations-Union, R für Radio Communication Division und BS steht für Broadcast-Service-Sound. Wie das rauskam 2006 gab's ein richtiges Aufatmen in der Branche. „Jetzt haben wir einen Standard“. Ob das jetzt der Beste ist aller Zeiten ist Wurst, er ist gut genug. Es gibt einen Standard! Und da hat das Thema dann richtig abgehoben. #00:07:05-3#

R.O.: Kurz zur Definition. Du sagst „Lautheit“. Von „Lautstärke“ spricht man nicht mehr? #00:07:14-2#

F.C.: Im deutschen ist die Dualität der beiden Begriffe ein Problem. Das haben wir auch gespürt wie wir die deutsche Übersetzung der englischen Recommendation, wo's ja im Prinzip nur „loudness“ gibt, gemacht haben. Loudness ist 1:1 eigentlich mit Lautstärke zu übersetzten. Was wir mit Lautstärke bezeichnen gibt's im englischen auch, das ist dann „loudness N“ interessanterweise. Das verwendet nur keiner, außer in der technischen Akustik. Bei uns im deutschen gibt's schon eine gewisse Unterscheidung. Vor allem die Technische Akustik die hat Lautheit mit einem Verfahren, das sich auf Zwicker gründet, in ihren Standards definiert. Sie verwenden das zur Lärmmessung und Ähnlichem. In Wirklichkeit ist Lautheit selbst kein international festgelegter Begriff. Der kommt von einem amerikanischen Wissenschaftler namens Stevens in den 30er, 40er Jahren des letzten Jahrhunderts, der sich sehr mit der Frage befasst hat „Welche Sinneswahrnehmungsgrößenänderung – wenn man das so kompliziert ausdrücken will, z.B. „Wann empfindest du Etwas als doppelt so kalt?“, „wie groß muss die Reizänderung sein, dass du Etwas doppelt so kalt empfindest?“, muss das jetzt doppelt so hoch oder tief die Temperatur sein oder hat das eine andere Relation?, oder „bei welcher Reizgrößenänderung empfindest du etwas als doppelt so salzig?“, oder „Wann empfindest du Etwas doppelt so laut?“... Dass Problem bei der Lautstärke – das ist nämlich die offizielle Größe, die Lautstärke, das ist die physikalisch oder sagen wir mal physiologisch definierte Größe, da gibt's auch die Einheit „Phon“ für den Lautstärkepegel, das ist international genormt – das Problem ist, dass eine Verdopplung der Lautstärke ungefähr einer Zunahme von +10 Phon entspricht. Das ist sozusagen wie beim Logarithmus, auf der einen Seite „mal“ auf der anderen Seite „+“, aber das gilt auch nur über 40 Phon, unter 40 Phon ist es wieder anders, und dieser nicht sehr griffige Zusammenhang hat dem Herrn Stevens ein bisserl aufgestoßen. Er hat dann eine neue Größe eingeführt „Lautheit“. Auch mit dem Ziel einer proportionalen Darstellung. Wenn etwas doppelt so laut ist, dann soll auch der Wert doppelt so groß sein. Deswegen hat er dann willkürlich, also für sich, die Einheit „Sone“ für die Lautheit entwickelt. Wenn also jetzt etwas 2 Sone laut ist und das andere ist 4 Sone laut, so ist das doppelt so laut. #00:09:33-0#

R.O.: Über den ganzen Frequenzbereich? #00:09:36-8#

F.C.: Im Prinzip ist „Das Signal“ doppelt so laut. Wie du richtig angedeutet hast hat das Ganze natürlich einen Haken. Das geht nur +/-, wenn die Frequenzbereiche ziemlich ident sind kann man das annähernd vergleichen. Wenn das nicht der Fall ist, kannst du nur noch herum schätzen. #00:09:51-3#

R.O.: Gibt es dazu nicht die Fletcher-Manson Untersuchung? #00:09:56-2#

F.C.: Fletcher-Munson ist in der Zwischenzeit etwas upgedated worden. Die ISO Kurven, die sich auf Fletcher-Munson begründen sehen jetzt ein bisschen anders aus. Fletcher-Munson, wenn du dich erinnerst, ist oben bei ca. 110 Phon fast schon eine Gerade. Das stimmt nicht mehr. Das geht noch immer im Bassbereich ins Unempfindliche.. #00:10:15-0#

R.O.: Das heißt die ISO Kurve ist der Stand der Wissenschaft? #00:10:26-1#

F.C.: Du meinst die ISO Filterkurve die die Basis von 1770 darstellt? #00:10:30-8#

R.O.: Genau. #00:10:35-3#

F.C.: Ja. Das ist jetzt die Basis. Das ist keine zehn Jahre her dass das upgedatet wurde. Das begründet sich natürlich auf Fletscher-Munson. Aber man hat wieder mal eine größere Untersuchung gemacht und ist draufgekommen dass es schon wieder ein bisserl anders aussieht und nicht mehr ganz stimmt. Aber im Prinzip schauen die Kurven ähnlich aus. Nur im Bassbereich, auch bei sehr hohen Lautstärken, sind wir noch immer relativ gesehen unempfindlicher als rund um 2 – 5 kHz. Es gibt keinen Bereich der irgendwo mal total linear ist. Das stimmt nicht. Diese Kurven zeigen dass wir ein extrem frequenzabhängiges Lautstärke-Empfinden haben. Das heißt du kannst Äpfel mit Birnen kaum vergleichen. Man kann zwar laut Stevens Phon in Son umrechnen, er hat einfach definiert ein Geräusch von 40 Phon = 1 Sone. Und der Zusammenhang ist über 40 Phon vollkommen ineinander überführbar, das ist vollkommen das gleiche. Also über 40 Phon ist Lautstärke und Lautheit echt genau das Gleiche. Es ist prinzipiell das Gleiche, nur Lautheit ist sozusagen umgemodelte Lautstärke um eine proportionale Darstellung zu ermöglichen. Diese Zusammenhangskurve ist über 40 Phon eine Gerade, obwohl es ja eine lineare Skala ist, aber du kannst das wirklich 1:1 ineinander überrechnen. Mathematisch! Physiologisch ist das vom Signal derart abhängig.... z.B. „wann empfindest du etwas als 2 ½ mal so laut?“ Das kann man nur mehr mit statistischer Auswertung machen so vage ist das. Und auch Sone in Phon so umzurechnen „diese Phon sind genau die Sone“ das ist auch.... Oder überhaupt Schalldruckpegel in Phon umzurechnen und hier zu vergleichen, das ist wissenschaftlich korrekt überhaupt nicht möglich. #00:12:14-1#

R.O.: Eine andere Abhängigkeit ist ja die Zeit der in der gemessen wird. #00:12:18-8#

F.C.: Ja natürlich, ja. Da gibt es auch ganz interessante Untersuchungen, die sind von Zwicker als erster gemacht worden. Nämlich, ab wann unser Lautstärke-Empfinden quasi einen Plafond erreicht. Der hat Untersuchungen gemacht von ganz kurzen Impulsen, und das halt immer länger und länger gemacht (die Impulse), und ab welcher Dauer empfinden wir jetzt keinen Zuwachs mehr der Lautstärke. Das war für uns sehr relevant diese Untersuchung, weil es zeigt sich dass genau bei 400 Millisekunden / bei Zwicker zumindest ja / das anfängt eine Gerade zu werden. Also keine Zunahme der Lautstärke mehr stattfindet, oder der Lautheit, ich verwende beide Begriffe vollkommen wechselgleich jetzt zum Beispiel ja, weil es im Prinzip das gleiche ist. Korrekterweise wäre Lautstärke aber im Broadcast Bereich haben wir uns geeinigt "LAUTHEIT ist das neue Ding", jetzt sagen wir Lautheit dazu und es ist aber eigentlich genauso korrekt. #00:13:10-3#

R.O.: Diese 400 Millisekunden habt ihr auch als Basis genommen? #00:13:12-4#

F.C.: Die haben wir als Basis, ja, das ist unsere Integrationszeit für "Momentary Loudness". 400 Millisekunden. (...) Das begründet sich unter Anderem auf Zwicker, nicht nur, der erste Vorschlag in dem Lautheits-Meter von TC Electronics / die haben uns da eine eigene Version dann zur Verfügung gestellt / war 500 Millisekunden für "Momentary", also für die schnellste Integrationszeit. Mir war das immer ein bisschen zu langsam muss ich sagen / von der Anzeige auch / und deswegen habe ich sie gebeten dass sie mir eine 400 Millisekundige machen und dann natürlich auch, sozusagen basierend auf Zwicker dass gerade bei 400 Millisekunden das flach wird, und dann ist es das geworden im Endeffekt, ja. Also das ist einerseits quasi ein optisches Feedback und praktisches Feedback von mir gewesen, und andererseits aber basierend auch auf Zwicker / auf seine Untersuchungen / das wir uns bei "Momentary" auf die 400 Millisekunden geeinigt haben. Das ist sozusagen halt die kürzeste Integrationszeit #00:14:09-1#

R.O.: Habt ihr Versuche mit kürzeren Integrationszeiten gemacht? #00:14:10-8#

F.C.: Wir nicht, nein. Nein haben wir nicht gemacht. #00:14:13-4#

R.O.: Würde es einen Sinn machen aus deiner Sicht? #00:14:16-3#

F.C.: Also jetzt macht es aus meiner Sicht schon überhaupt gar keinen Sinn mehr, weil nämlich die 400 Millisekunden und auch die 3 Sekunden "Short-Time" in die weitere Recommendation der ITU aufgenommen wurden, nämlich 1771. Die spezifiziert nämlich die Eckdaten eines Lautheits-Meters. Das was wir (EBU) mit dem "Tech-Document-3341" haben, dieser "EBU-Mode" für eine Lautheits-Meter, das hat schon vor uns die ITU versucht mit 1771, allerdings sehr vage. Das war schon von vornherein klar das ist work in progress dieses Dokument. Und wir haben sehr intensiv daran gearbeitet, dass die (ITU) die 400 Millisekunden und die 3 Sekunden übernehmen in den internationalen Standard, weil dann ein Lautheits-Meter weltweit gleiche Reaktionszeiten hat. #00:15:00-4#

R.O.: Die 3 Sekunden sind für..?#00:15:03-6#

F.C.: ..die Short-Term. Das ist das "Short-Term.Metering". Es gibt also im Prinzip zwei Integrationszeiten für unmittelbares Arbeiten. "Momentary", die schnellste / 400 Millisekunden / und "Short-Term" 3 Sekunden, was sich schon wesentlich träger bewegt, was sich aber in Untersuchungen des IRT in München / Institut für Rundfunktechnik / als sozusagen "die kürzest mögliche Integrationszeit" herausgestellt hat, wo man schon einen schon einen sehr guten (.) längeren (..) Eindruck hat, wie laut was ist. Je länger jetzt sozusagen man integriert, desto mehr stimmt sozusagen das subjektive Empfinden mit dem Messwert überein wie lang das Ding jetzt ist, wie laut jetzt ein gewisser Ausschnitt ist. Und man hat gesehen bei 3 Sekunden ist die Korrelation NAHEZU

schon so gut wie bei 7-8 Sekunden oder so was. Unter 3 Sekunden bricht die Korrelation zu den subjektiven Empfindungen relativ stark weg. Aber bei 3 Sekunden war so ein Grenzwert. Und deshalb haben wir dann 3 Sekunden genommen für "Short-Term" #00:15:54-0#

R.O.: Das heißt es sind zwei verschiedene Modi? #00:15:56-0#

F.C.: Es sind zwei verschiedene Integrationszeiten. Es basiert im Endeffekt natürlich auf den gleichen Messwerten, auf der kleinsten Einheit, die einfach dann auf integriert werden. Aber es gibt für das Lautheits-Meter, wo im Hintergrund immer ein und derselbe Algorithmus natürlich steht / 1770 / gibt es halt unterschiedliche FENSTER wie man auch so sagt. Also Windows die auch sich überlappen. Das ist eben so, da nehmen wir ein 400 Millisekunden-Fenster und nächste und das nächste und das überlappt sich sozusagen, das SLIDED so durch die Gegend. Damit man hier zum Beispiel bei sehr kurzem Content keine großen Messfehler macht, je nachdem wann man anfängt so ein Fenster oder ob ein Fenster dann irgendwann einmal weggeschmissen werden muss, weil der Beitrag sich eben nicht ausgeht mit fünf Fenstern oder mit zwanzig so Messfenstern. Deswegen gibt es eine Überlappung und dann slidet das so durch die Gegend. #00:16:41-5#

R.O.: Das heißt das kann ich mir so vorstellen, wie bei einem normalen Peak-Meter (...), den Peak-Meter und die RMS-Zeit? #00:16:52-6#

F.C.: Der RMS Pegel ist sozusagen in der Hinsicht vergleichbar. Der RMS Pegel ist ja AUCH eine Energiemessung. Nur ist es einfach nur eine Energiemessung und hat jetzt sozusagen keine Integrationszeit wo du irgendwie "Momentary Short-Term", wo du spezifizieren kannst wie lange integriert wird. Das ist einfach eine Energiemessung, aus. #00:17:09-8#

R.O.: Ich kann ja beim RMS Meter schon einstellen.. (nimmt am Computer eine Einstellung am "PAZ Analyzer Meter" von Waves vor) #00:17:13-5#

F.C.: das kannst du dann auch, du kannst es dann einstellen wie lang du denn das Window haben willst, aber so kannst du es / könntest du es vergleichen / ja, ja genau. So kannst du das Window einstellen. Also du könntest es so vergleichen dass du einmal so ein Window und einmal so ein Window einstellst, richtig ja. #00:17:22-5#

R.O.: OK. Wo ist jetzt der grundlegende Unterschied zwischen so einem Meter (zeigt auf den "PAZ Analyzer" von Waves) #00:17:37-3#

F.C.: Ist das jetzt ein Sample-Peak Meter oder? #00:17:37-9#

R.O.: Das ist ein Sample-Peak Meter. Da in der Mitte ist ein RMS Wert. Den Response kann ich dann ja auch auf 3 Sekunden einstellen. #00:17:44-2#

F.C.: Ja ja genau, ja. (...) Der große Unterschied ist der, dass in der 1770er Geschichte eine Frequenzbewertung stattfindet. Hier bei RMS findet ja keine Frequenzbewertung statt, so wie es ist. Aber bei 1770 findet eine Frequenzbewertung statt. Das ist / nur für deinen Hintergrund / so abgelaufen, dass man einen relativ großen Datensatz an Beispielen herausgesucht hat, relativ kurzen einfach aus dem Broadcast Bereich, Mono, Stereo, auch 5-Kanal Files, Sprache, Musik, Kreuz & Quer, dass man das möglichst vielen Personen vorgelegt hat und sie mussten diese einzelnen Beispiele zueinander genau gleich, für sich subjektiv gleich laut, justieren. Dann hat man weltweit eben, keine Ahnung hundert Probanden gehabt, die diese gesamten Beispiele eben gleich laut justiert hatten. Aus dem hat man das statistische Mittel genommen und hat sozusagen dann ein Resultat gehab. Sozusagen "SO pegeln die Leute das ein, diese Beispiele, dass es für sie gleich laut klingt". Und dann ging sozusagen die Aufforderung an die Industrie oder eben auch an die Entwicklungshäuser, an die RND-Abteilung "Bitte reicht Algorithmen ein", Lautstärkealgorithmen, Lautheitsalgorithmen, und die wurden dann alle sozusagen getestet gegen diesen MASTER, dieses subjektive Resultat der Probanden. Und der Algorithmus der dem am nächsten kommt, der hat sozusagen gewonnen. #00:19:05-9#

R.O.: Und was war das für einer? #00:19:06-8#

F.C.: Das war im Endeffekt nicht der (lacht), der dann genommen wurde ja, sondern der / das kann ich dir jetzt auch nicht sagen, weil das DARF ich dir auch gar nicht sagen / aber es ist dann so gewesen dass der Versuchsleiter, ein gewisser Herr Soulodre vom Communication Research Center in Montreal, die haben nämlich im Prinzip die Schirmherrschaft gehabt. Der hat sozusagen außer Konkurrenz einfach nur einen Hochpassfilter probiert, bei 100 Hertz Grenzfrequenz. Nur einfach eine Energiemessung, RMS Messung, PLUS Hochpassfilter. Und die war bereits so derartig gut, so derartig NAHE diesen subjektiven Resultaten, dass alle ganz überrascht waren. Er selber auch. Dann hat man das nur mehr bisschen ergänzt durch diesen Shelving-Filter, wegen wie es in der Literatur heißt "Head-Shading-Effekten" bei Sourround Sound. Ich finde es (...) vielleicht nicht essentiell wichtigste Teil dieses Shelving-Filter, aber es kommt sozusagen auch ein bisschen unserer gesteigerten Empfindlichkeit bei zwei bis fünf Kilohertz entgegen. Das hat man nur drauf gepappt. Und das war derartig gut, ja dieser simple Filter mit einer Energiemessung, dass das dann im Endeffekt – obwohl es außer Konkurrenz lief – genommen wurde. #00:20:14-0#

R.O.: Das heißt die EBU... #00:20:17-1#

F.C.: Die EBU hat damit jetzt gar nichts zu tun gehabt. Das war nur die ITU. Das war über die ITU diese ganzen Versuche. Und dann wurde eben standardisiert "Das ist der Algorithmus, so ist Lautheit zu messen". Es hat schon bessere gegeben, sagen wir so, aber MARGINAL. Statistisch insignifikant. #00:20:31-3#

R.O.: Da ging es jetzt einfach darum, dass man das möglichst billig herstellen kann? #00:20:36-4#

F.C.: Das war ein SIDE-EFFEKT natürlich ja! In der Entscheidungsfindung war das sicherlich auch ein Mit Grund, das eben eine so eine simple Waiting-Curve ja, so ein simpler Bewertungsfiler, halt WATSCHENEinfach zu implementieren ist. Weil die anderen Algorithmen ,dann zum Teil HOCHKOMPLEXE, psychoakustische Modelle halt des Gehörs / die eingereicht wurden von TC Electronics unter anderem ja.../ und die haben das aber alle nicht geschlagen, diesen simplen Filter. #00:20:59-4#

R.O.: Das heißt, wenn ich mir jetzt so ein EBU-Meter bauen will, im Protools beispielsweise, nehme ich mir eine Filter, mach einen LoCut bei 100 Hertz,.. #00:21:12-1#

F.C.: jaaaa... ganz so easy ist es natürlich auch nicht. Du musst natürlich jetzt jeden Kanal filtern den du misst, unabhängig. Dann musst du eine MEAN-SQUARE-Messung machen, nicht ROOT-Mean-square – nicht RMS – sondern Mean-Square. Das musst du ... den 1770er Standard kannst du dir auch frei von der ITU Website runterladen. Ich hab das alles in riesen Präsentationen auch drinnen usw., wenn du willst kann ich dir die eine oder andere Folie zeigen. Aber im Prinzip im Blockschaltbild kommt zuerst die Doppelfilter-Stufe mit Hochpass und Shelving-Filter pro Kanal, dann kommt eine Mean-Square Messung, dann kommt noch ein Gain-Faktor / bei Surround Sound sind die Frontkanäle 0dB und die Surround-Kanäle +1,5dB, und dann wird alles SUMMIERT, dann kommt eine Logarithmierung-Stufe und dann kommt sozusagen diese Integrations-Stufe wo man eben Start, Stopp oder sonst irgendwas hat, ja. So ist das Blockschaltbild. Aber durch die Mean-Square Messung pro Kanal ist auch garantiert dass Phasenbeziehungen zwischen den Kanälen keine Rolle spielen. Was ja sein muss! Weil wenn du jetzt Links und Rechts Gegenphasig hast, ist es ja trotzdem laut. Also Phasenbeziehungen dürfen in der Messung keine Rolle spielen. #00:22:24-3#

R.O.: Finde ich diese Spezifikationen auf der EBU Seite? #00:22:28-3#

F.C.: Die 1770er müsste man schauen ob dort ein Link ist, kann durchaus sein das dort ein Link auch zu 1770 ist. Ansonsten musst du einfach die ITU googlen und musst dich dann da durch....du kannst es auch von irgendwie bekommen wenn du willst, ich hab es auch da. Es ist in der Zwischenzeit, seit einem Jahr oder so gratis erhältlich. Früher musste man zahlen dafür. Kein Problem, wenn du es nicht findest dann schreib mir und... #00:22:52-6#

R.O.: Ich erzähl dir jetzt was ich vorhabe. Warum ich so blöd Frage. Und zwar interessiert mich der Zusammenhang (...) oder anders, von der Musikerseite gibt es über die letzten sagen wir hundert Jahre, seit dem Musik konservierbar wurde, gewisse Veränderungen. Und zwar ästhetische Veränderungen aufgrund dessen was möglich ist. Vom Caruso der extrem laut singt, weil es auf Wachsrollen nicht anders möglich ist, bis zu Effekten wo es erstmal Stereo wird und zu verschiedenen Musikrichtungen die jetzt zum Beispiel in Clubs passieren, dass im Tiefbass-Bereich plötzlich auch STEREO möglich ist. Früher mit Schallplatte war es DJ's ja nicht möglich, weil die Nadel ja zu hüpfen anfang. #00:23:50-5#

F.C.: Genau. #00:23:50-5#

R.O.: Mich interessiert dieser Zusammenhang, das Wechselspiel das sich da verbirgt. Was ich vorhabe ist, zusätzlich dazu eine Untersuchung zu machen. Und zwar immer zu diesen Hoch-Zeiten der einzelnen Formate, wo sie Marktherrschaft hatten, also Radio Vinyl, CD, bis zu mp3 und proprietären Formaten. Was da jetzt wirklich sozusagen passiert ist. #00:24:28-7#

F.C.: Wie sich die Technologie sich auch auf die Ästhetik dann ausgewirkt hat, ja? #00:24:32-7#

R.O.: Genau. Kurz gesagt "Von Lo-Fi zu Hi-Fi und wieder zurück". #00:24:37-2#

F.C.: Das ist ein sehr aktuelles Thema natürlich, ja. #00:24:40-9#

R.O.: Und da ist mir dieser "Loudness War" untergekommen, der sich aber größtenteils nicht auf Untersuchungen... #00:24:54-2#

F.C.: ..gibt's schon.. #00:24:54-1#

R.O.: ja es gibt ganz wenige. Ich hab bis jetzt eigentlich nur eine gefunden, die wirklich ein ernsthaft großes Sample genommen hat. Die ist von einem Franzosen (Emmanuel Deruty), der hat das letztes oder vorletztes Jahr gemacht. #00:25:08-1#

F.C.: Ich habe eine Diplomarbeit von Ruskofsky (Ruszkofski ?) in Deutschland der hat sich damit beschäftigt. Thomas Lund von TC Electronic hat natürlich seit über zehn Jahren immer wieder sehr viel publiziert auch an

Papers, AES-Papers alles Mögliche. #00:25:19-1#

R.O.: Thomas Lund? #00:25:19-1#

F.C.: Thomas Lund. Ich würde jedenfalls mal auf die TC Electronics Website gehen und dir da sozusagen in die Library dich hineinsuchen. Da gibt es alle seine Papers als pdf von Thomas Lund und Konsorten, die alle zu diesem Thema auch sind. Vor allem eben True-Peak-Measurement, weil dieses Tot-Komprimieren und auf 0dBfs normalisieren ja ganz große Probleme bereitet, oder verursacht. Aber eben auch zum Thema Loudness-War gibt's da ganz viel. #00:25:47-5#

R.O.: Wenn ich das jetzt aber vergleichen will, kann ich ja nicht einfach die Lautheit einer Schallplatte und einer CD messen. Klar ist das eine andere Geschichte. Ich muss das zuerst mal auf ein Level bringen. #00:26:02-2#

F.C.: Du musst sozusagen dir das jeweilige Medium wahrscheinlich einmal rausrechnen irgendwie. Jedes Medium hat ein Limit, ein technologisches Limit. Sei es eben alle Samples auf 1, und sei es bei der Platte irgendwann bevor die Nadel raushüpft. Und in der Relation zum möglichen Peak kannst du dann untersuchen, wie verhält sich die relative Loudness zu dem Peak. Damals und heute. Und da wird man natürlich sehen dass das so geht (deutet nach unten). Das die sozusagen RATIO, das Verhältnis zwischen dem Energiepegel eines Tracks, oder der Loudness wie man jetzt sagt, und dem Peakpegel eines Tracks immer geringer geworden ist.. #00:26:45-3#

R.O.: Genau. Erst mal der Dynamikunterschied. #00:26:49-2#

F.C.: Da muss man eben aufpassen. Es gibt die technische Dynamik. Was man eigentlich als Dynamik bezeichnet ist die technische Dynamik, das ist der maximal mögliche Pegel zum Noise-Floor. Das ist die technische Dynamik. Und dann, von dem wir immer sprechen, ist sozusagen die "Misch-Dynamik" eines Songs. Wir haben jetzt einen weiteren Parameter dazu auch eingeführt, der nennt sich "Loudness-Range". Wobei die Loudness-Range MAKRO-Dynamik sozusagen bedeutet. MIKRO-Dynamik ist eher sowas wie CREST-Faktor dann, wo eben zwischen RMS-Wert und Spitzenwert / das ist der Crest-Faktor / diese Möglichkeiten hat man da in der Untersuchung. Also wir haben Loudness-Range eingeführt für längeren Content, sagen wir mal über einer Minute Minimum, weil du da sehr gut über einen längeren Zeitraum eben siehst, wo sind die leisen Stellen, wo sind die lauten Stellen. Das war eben für Musik, für längere, und für Spielfilm ein interessanter Parameter mit dem wir sehr viel arbeiten zum Beispiel. Aber für kurzen Content, und gerade Popmusik oder so was, ist der weniger aussagekräftig. Da ist eher sozusagen die MIKRO-Dynamik interessant. Wie ist es gemischt worden. Ist es sehr offen, transparent, mit viel Spitzen gemischt worden und klingt eben sehr schön offen, luftig, oder ist es voll an die Wand gefahren, wo der Energiepegel und der Spitzenpegel sehr knapp beieinander sind und eben so abgewürgt klingt, wie halt so viele Produktionen heute. #00:28:07-6#

R.O.: Das hängt natürlich dann auch von der Musikrichtung ab. #00:28:09-9#

F.C.: Hängt auch von der Richtung ab, natürlich, ja klar. Absolut ja. #00:28:11-6#

R.O.: Da liegt auch das Problem an dass ich stoße bis jetzt. Wie vergleiche ich sozusagen die extrem laute Crossover-Musik, diese flächigen Gitarrendinger aus den 1990ern, mit zum Beispiel einen auch sehr lauten / für die Empfindung sehr lauten / Techno, der aber ganz viele Pausen hat. Weil wenn ich da einen Durchschnittswert nehme habe ich ein Problem. #00:28:43-3#

F.C.: Ja, ja richtig! Da kommt das alles nicht so richtig.... Wobei, JA! Da kommt ja sozusagen in der Lautheitsmessung, kommt ein Aspekt dir da zu Gute. Nämlich das GATING. Ich weiß nicht ob du dich mit dem schon ein wenig beschäftigt hast. Wir sind auch auf so ein Problem gestoßen in der EBU-Gruppe, vor allem bei Filmen die sehr viele leisen Passagen beinhalten. Bei uns ist es aufgetaucht, bei einem Kollegen, bei "No Country for old men", dem Cohen-Brüder Film. Wo einfach irrsinnig viel leise Atmo nur ist. Und hie und da wird halt geschossen und dann geredet. Sehr selten. Wenn du da also die Lautheit misst, dann ist der gemessene Wert sehr niedrig, weil diese ganzen leisen Passagen ziehen dir das einfach immer runter. Und genau so wenn du jetzt sagst "Techno", viele Pausen dazwischen, dann ziehen dir die den Wert natürlich auch runter. Den Lautheitswert. Und durch diesen niedrigen Wert ist es dann notwendig, dass man sozusagen diesen Film dann relativ stark anhebt, damit man auf dem selben Durchschnitts-Niveau ist wie andere Tracks oder andere Spielfilme. Das heißt, er wird ZU laut. Sprich, echt dynamisches Material, das viele ruhige Stellen hat, oder viele Pausen hat, wo nichts lost ist, das wird ZU laut nach Lautheits-Normalisierung. Das ist ein ähnlich geartetes Problem bei dir. Wie mach ich das, wenn das eben so gemessen wird, kann ich das nicht vergleichen. Nun da haben wir jetzt eben eine Methode entwickelt, in der EBU, eine sogenannte GATING-Methode, dass eben unter einem gewissen Treshold dann Material nicht mehr gemessen wird. Nur in der Lautheitsmessung. Also nur in der Lautheitsmessung fällt das dann raus aus der Messung. Das heißt, bei "No country for old men" fallen diese leisen Passagen einfach weg. #00:30:13-1#

R.O.: Wo liegt der Pegel? #00:30:14-9#

F.C.: Der ist 10dB oder 10 LU wie wir sagen, Loudness-Units, UNTER den UN-gegateten Wert. Also du kannst dir das so vorstellen, als File misst du mal das File so wie es ist. Dann kommt ein Resultat raus, sagen wir keine Ahnung minus 15 LUFS. Dann setzt du 10 LU darunter das Gate, bei minus 25, alles was UNTER minus 25 ist fällt WEG, den Rest misst du noch einmal und hast dann den gegateten Wert, der natürlich höher liegen muss. #00:30:39-9#

R.O.: Das heißt es ist dann wirklich von... #00:30:41-0#

F.C.: Da wird sozusagen nur die sogenannte "VOREGROUND-Loudness" gemessen. Also nur die Vordergrund-Loundess. Und alles was eben unter diesen Gate-Treshhold liegt, fällt raus aus der Messung. Das ist bereits auch seit März letzten Jahres Bestandteil von 1770! Wir haben das auch sehr argumentiert, dass das auch in den internationalen Algorithmus reingehört. Das Gate ist nicht nur für uns interessant, sondern weltweit interessant. Das ist auch verabschiedet worden. Wir hatten ursprünglich ein Achter-Gate, also 8 LU darunter, das war einigen zu hoch und jetzt ist es eben ein zehner Gate geworden. Aber das ist Bestandteil von 1770-2, zweite Revision, oder erste Revision und zweite Version. Ein Bestandteil des internationalen Standard ist das Gate. #00:31:20-1#

R.O.: Es wäre also möglich mit dem Standard einen Wert zu bekommen, der die leisen Stellen dann... #00:31:29-7#

F.C.: Der eliminiert die leisen Stellen. Es kommt natürlich ganz darauf an, wie leise sie wirklich sind im Vergleich zum nicht-gegateten. Das muss man sich ansehen. Eine mögliche Schwäche des Gates ist die, dass eben wenn etwas knapp unter oder knapp über dem Gate-Treshhold liegt, das es total verschiedene Ergebnisse bringt. Wenn etwas knapp unter dem Gate liegt fällt es weg, wenn etwas knapp über dem Gate liegt wird es sofort wirksam und zieht den Wert dann sehr schnell runter. Also da kann es unter Umständen... deswegen schauen wir uns das an, unter Umständen brauchen wir ein flexibles Gate in Zukunft. Das kann sein. Nur jetzt ist es in ITU 1770 drinnen, da geht mal zwei Jahre sowieso nichts. Und bevor wir jetzt wieder hingehen und sagen "jetzt haben sie endlich unseren Gate in den Algorithmus übernommen, in Wirklichkeit ist der ein Scheiß und wir brauchen wieder was anderes.." fragen sich die auch ob wir deppert geworden sind. Da muss man auch ein bisschen politisch agieren in dem Fall. Überhaupt ITU, EBU ist auch sehr viel Politik dabei involviert immer bei diesen Sachen. (...) Aber das kann dir sicherlich helfen. Das könnte dir sicherlich helfen, dass das Gate eben ein Bestandteil des Algorithmus ist. #00:32:26-5#

R.O.: Ich habe mir eine Vorgangsweise vorgestellt, wo ich überhaupt keine Ahnung habe ob die überhaupt möglich ist. Das man versucht, ähnlich dem Photoshop, wenn man sich da ein Bild ansieht bekommt man ein Histogramm. Wenn man mal alles digitalisiert hat, auf null Normalisiert damit die Spitzen alle gleich laut sind /angenommen alle Tracks sind genau drei Minuten lang, man sieht sich das auf drei Minuten an / und in jedem Sample schaut man nach wie weit das angefüllt ist. So etwa wie eine Waveform. #00:33:24-1#

F.C.: Histogramm kannst du dir heute schon mit Plugins ganz leicht anschauen. Auch wenn wir Loudness-Range berechnen, ist das ja auch nichts anderes als ein Histogramm. Du kannst zum Beispiel bei dem Nuten Plugin, bei dem VisLM, kannst du live zusehen wie sich das Histogramm aufbaut, von dem Moment an von dem du null drückst. Oder auch beim Pyramix Final Check kannst du auch live zuschauen. Da wird einfach mit jedem Lautheitswert der gemessen wird kommt ein anderer Balken rein, dann hast du irgendwann mal diese Verteilung. Die wird halt dazu dann verwendet um Loudness-Range zu berechnen, aber die Verteilung ist da. Das Histogramm ist da. Du kannst auch mit all diesen Programmen das exportieren. Das Histogramm, diese Messung und dann eben keine Ahnung.... #00:34:05-3#

R.O.: Aber ist diese dann... #00:34:06-6#

F.C.: Aber die basiert halt dann auf den 3-Sekunden-Werten, das ist dein Problem dabei. Die basiert auf den 3-Sekunden-Werten für die Loudness-Range. Da müsstest du wahrscheinlich eine schnellere haben oder eine andere Auswertung machen. #00:34:14-5#

R.O.: Dir Idee ist dann, ich habe aus jeder Epoche ca. 200 Beispiele, quer durch alle Musikrichtungen. Dann lege ich DIE mal übereinander und hab dann einen Schnitt, und zwar über die ganze Epoche. Danach kann ich diese Schnitte mit den anderen Epochen vergleichen. #00:34:44-9#

F.C.: Du musst nur aufpassen, wenn du innerhalb einer Epoche den Durchschnitt bildest, kann es sein dass es trotzdem irrsinnige Ausreißer gibt, die alle durch die statistische Auswertung sozusagen wegfallen werden. Da muss man sehr vorsichtig sein. Aber du kannst wahrscheinlich durch geeignete Wahl oder durch eine große Anzahl an Beispielen doch eine Art Charakteristikum einer Epoche herausarbeiten. Das wird möglich sein. Nachdem eben der Tonträger eigentlich dann immer zu einem Höhepunkt ein und derselbe war, und bei LP und CD haben gewisse..... Bei der CD wird es schon schwieriger. Der Loudness-War hat ja erst so richtig eklatante Ausmaße angenommen sagen wir in den letzten fünf bis zehn Jahren Maximum. Die CD gibt's aber schon seit 1982. In den 80er Jahren ist noch sehr vieles irrsinnig dynamisch produziert, da war CD der Platzhirsch. Und

erst jetzt, seit fünf bis zehn Jahren, fängt also die absolute Tot-Komprimierung an. Da musst du noch Subunterteilungen sicherlich machen. #00:35:45-2#

R.O.: Seit dem man auf die Idee kam die Wandler zu überfahren? #00:35:48-3#

F.C.: Ja auch das. Es gibt viele Gründe für den Loudness-War. Viele Gründe die alle auch paranoid sind. Es gibt eben diese Gründe und die sind nach wie vor vorhanden. Ich meine eben das berühmte Metallica Beispiel unter Anderem. Die Lautheitspegel sind in derartig abarten, unglaublichen Höhen. Das ist alles nur falsch was da gemacht wird. In jeder Hinsicht ist das falsch. Es wird weder im Radio lauter, im Gegenteil es klingt mickrig im Radio. Jeder der sich die CD kauft dreht es auch zurück solange bis es ihm eh passt. Du verlierst nur Headroom, du verlierst nur Dynamik, du verlierst nur Qualität das ist das einzige Ergebnis. #00:36:21-2#

R.O.: Diese "Nugen", da bin ich auch darüber gestolpert. Da habe ich gesehen dass die auch ein Teil haben das im Patch-Verfahren arbeitet. Spucken die komplette Histogramme aus? #00:36:43-2#

F.C.: Sicherlich, kannst du auch machen. Ich hab es mir im Detail noch nicht angesehen aber es geht sicher. Das Funkhaus hat es hier. Der Sodl von Ö1 unten hat das. Der hat das auch schon verwendet um in Ö1 aber auch glaub ich Ö3 einiges zu analysieren. Wenn du dich mit dem Sodl kurzschließt, der hat das. #00:37:13-4#

R.O.: Christian Sodl hat mir davon erzählt. Er hat es glaub ich im HKR im Einsatz #00:37:12-5#

F.C.: Kann sein ja. Auf jeden Fall haben die den Prozessor. Es gibt ja verschiedene Varianten von Nugen-Meter. Es gibt das VisLM, das ist eben ein entweder Live-Meter oder eben Offline-Meter auch ist, oder das LM-Correct das eben auch korrigieren kann usw.. da gibt es ein paar Varianten. Aber das was du meinst ist der Patch-Prozessor das LMB von Nugen. #00:37:30-8#

R.O.: Das ist eine ziemlich teure Geschichte. #00:37:32-3#

F.C.: Ja, der kostet fast 2000 Euro glaub ich. Aber gut der kann auch sehr viel. Da hast du so Hot-Folder wo du eben wenn du was reinlegst automatisch was abgearbeitet wird und lauter so Sachen. Du kannst es commandline automatisieren... #00:37:43-6#

R.O.: Was ich brauche sind Daten. Ich muss schauen dass ich einen Haufen Daten zusammenbekomme. #00:37:53-8#

F.C.: Du brauchst eh so ein Tool #00:37:53-8#

R.O.: Jetzt bin auch so eine kleine Münchner Programmier-Schmiede aufmerksam geworden, die kürzlich etwas rausgebracht haben was Audiotracks auch analysiert indem sie den Track in vier verschiedene Frequenzbereiche aufteilt, Bassbereich, Low-Mid, Mid- High. Auch Histogramm-mäßig. Ich hab mit denen telefoniert. Ihr Ziel ist, dass man den Leuten die mischen, den ganzen Homestudios, ein Tool in die Hand gibt mit Vergleichswerten usw. Die arbeiten auch gerade daran dass man das vielleicht patch-mäßig machen kann. Aber das basiert das dann auch wieder auf einer normalen Peak-Messung und eben nicht auf einer so cleveren Durchschnittsmethode. #00:38:50-9#

F.C.: Ja bei der LMB Geschichte hast du dann ja mehrere Parameter. Auch in unserer, in der EBU 128, gibt es ja jetzt nicht nur die Loudness / Programm-Loudness wie wir es bezeichnen, über den gesamten Track gemessen / sondern auch den maximalen True-Peak Wert. Also du hast auch hier den Peak Wert und eben nicht nur den Sample-Peak Wert. Weil der ist ja bei den meisten Tracks der letzten 15 Jahre null. Der ist wenig aussagekräftig. Sondern den TRUE-Peak Wert. Der eben wirklich auch Intersample-Peaks anzeigt, die sind ja die wahren Wichtigen. Wenn du die Metallica dir ansiehst, oder eigentlich jede Popmusik CD der letzten 10 Jahre, haben die alle True-Peak-Pegel in der Gegend +2, +3! Also halt die gibt's ja nicht als Digitalwort (? unverständlich), aber die überfahren jeden DA Wandler und verzerren jeden MP3 Encoder natürlich. Und so klingt dann halt alles im Endeffekt. Wenn du denkst, Low-Bitrate-MP3 mit, keine Ahnung, 56kbit für Stereo, erzeugt True-Peak-Pegel am Ausgang des Coders die 5dB höher sind als am Eingang! Cirka. Und jetzt fährt da jetzt rein 0dBfs Metallica in den MP3-Encoder. Hat schon sozusagen True-Peak-Pegel die +3 sind. Da kommt beim MP3-Encoder Ausgang +8 True-Peak raus! Und verzerrt natürlich ohne Ende. Wird zwar durch diesen sehr hotten Track sehr viel psychoakustisch überdeckt, sorgt aber eben auch für diesen noch harscheren Klang, für Ermüdung usw. Das sind alles Langzeiteffekte die alle nicht untersucht sind, weil es eben LANGzeiteffekte sind. Ermüdungserscheinungen, mehr Aggressivität. Das ist unglaublich aufwendig solche Langzeiteffekte statistisch zu untersuchen so dass es hieb- und stichfest ist. Aber man spekuliert dass eben diese permanenten Verzerrungen durch True-Peak und Low-Bitrate-Codern wie MP3, dass die auch mit ein Grund eben sind für höhere Ermüdungserscheinungen beim Zuhören, höhere Aggressivität, spekuliert man. #00:40:39-3#

R.O.: Davon hab ich gelesen. #00:40:38-1#

F.C.: Ist noch nicht wissenschaftlich belegt aber ich kann das persönlich nachvollziehen. Und das ist eben alles falsch was man mit diesem Normalizing macht. Das schlimmste ist eben "Normalize to 0dB". Oder diese

Mastering-Tipps "mach es auf minus 0,1dBFS, dann passiert nichts". Das ist der größte Schwachsinn. True-Peak-Pegel sind bei weitem drüber auch. Ja bei verzerrter Rockmusik wird es kaum auffallen aber bei Flötenmusik oder sowas hast du Klicks und Ticks und Pops usw. und dann wundert man sich warum "es ist eh alles unter Null". True-Peak ist das was zählt. Und im Mastering Bereich fällt es selten auf, weil die oft DA Wandler haben die halt diesen Headroom haben. Die den Headroom haben um True-Peaks auch wirklich dann in ein Analogsignal richtig zu verwandeln. Das hat aber der MP3-Player nicht und der CD-Player zu Hause hat das auch nicht. Und die (macht ein Geräusch) machen eben diesen. Wir gerade insofern in der Musik sehr tief drinn in der Thematik, weil wir haben jetzt eine / seit eh schon längerer Zeit / Subgruppe in PLOUD die nur aus sechs Leuten besteht, wo unter anderem der Thomas Lund drinnen ist, wo Bob Katz drinnen ist der Mastering-Engineer, wo Bob Ludwig drinnen ist, wo ich drinnen ist und noch ein holländischer Kollege und noch ein Amerikaner, wo wir mit Apple in Kontakt sind. Apple hat das ja eigentlich sehr schön gemacht mit Soudcheck. Mit diesem Algorithmus wo du auf einen fixen Targetwert eben deine gesamte Library runterbringst. Und da wollen wir mit denen vielleicht ein bisschen ein paar Vorschläge wie man das noch verbessern kann, mit Album-Normalisierung oder dass sie vielleicht auch auf 1770 umsteigen und so ein paar Ideen haben wir halt da. Aber da geht e eben genau um das und das ist jetzt eine gute Zeit auch, weil Apple hat gerade rausgebracht oder bringt demnächst raus, sozusagen ein High-End-Variante. "Mastered-for-iTunes" oder so irgendwas. Wo eben auch solche Aspekte berücksichtigt werden. Eben ohne True-Peak-Verzerrungen und...wir werden sehen. Deswegen sind wir, gerade auch was die Musik betrifft, sehr drinnen in der Debatte und in dem Thema. #00:42:34-5# Kann ich dir sehr empfehlen, wenn mal auf die Website gehst von Bob Katz, die heißt digido, kennst du wahrscheinlich eh. Da gibt es seine letzte Präsentation die er in San Francisco gemacht hat, hat er glaub ich auch ins Web gestellt, wo er dazu gesprochen hat mit all den Grafiken sehr interessant. So über die letzten zwanzig, dreißig Jahre. #00:42:54-1#

R.O.: Er hat denselben Vortrag beim Dänischen Rundfunk gemacht. Den hab ich mir auch angesehen. Der ist im Übrigen auch ein Interview-Wunschkandidat. #00:43:08-5#

F.C.: Kann ich dir sicher vermitteln. Ich kenn den Bob sehr gut, der ist ein Freund und ich kann euch da sicher zusammenbringen wenn es eine Möglichkeit gibt. Letztes Jahr haben wir uns im Juni getroffen in Rom, da hat es ein TC Seminar gegeben wo er gekommen ist. Wo er und der Massenburg eingeladen waren. Er sitzt halt in Orlando aber wenn du irgendwie Möglichkeiten hast oder so was, ich kann dich mit ihm sicher zusammenbringen, ja. #00:43:32-0#

R.O.: Da komm ich dann sehr gerne auf dich zurück. #00:43:36-8#

F.C.: Jaja. Den Bob kenn ich sehr gut. Da sind wir jetzt fast täglich (lacht) in Kontakt mit unserer Gruppe. #00:43:41-7#

R.O.: Ich habe gemerkt, dass es ihm auch ein sehr großes Anliegen ist. #00:43:48-1#

F.C.: Ja, das ist ihm ein riesen Anliegen. #00:43:46-8#

R.O.: Über wen ich dann noch gestolpert bin, von dem du jetzt noch nicht gesprochen hast, ist der Tischmeyer. #00:43:56-5#

F.C.: Ja der Friedemann, mit seiner Pleasurize Music Foundation. #00:44:02-3#

R.O.: Was ist denn da eigentlich passiert. Das war eine Initiative mit diesem DR-Logo #00:44:12-7#

F.C.: Da ging es um dieses DR, Dynamic Range, er hat das Dynamic Range bezeichnet womit wir nicht so glücklich waren. #00:44:16-8#

R.O.: Im Wesentlichen ist es ihm dabei ja um diesen Crest-Faktor gegangen. #00:44:20-2#

F.C.: Im Prinzip ist es um den Crest-Faktor gegangen, richtig. Und der wollte sozusagen dieses System etablieren, mit gewissen Nummern DR, das es eben an den Pranger stellt "das ist eben jetzt sehr dynamisch oder nicht". Ich hab ehrlich gesagt keine Ahnung wie erfolgreich das jetzt im Markt war, ich glaube ja nicht wirklich. Aber wer weiß. Er hat auf jeden Fall, was ich weiß, wie wir dann Kontakt hatten, sich sehr genau angeschaut ob er zumindest den Lautheits-Algorithmus übernimmt, 1770, das hat eben mit uns jetzt nichts zu tun, aber generell... Wir versuchen ja auch Apple dazu zu bringen dass sie die Sinnhaftigkeit erkennen dass sie nicht ihren eigenen Algorithmus zur Lautheitsmessung nehmen, obwohl der schon sehr gut ist, sondern dass sie 1770 nehmen. Damit halt wirklich international alles was Lautheit ist eben mit 1770 gemessen wird. Das ist einer der Punkte, aber er ist nicht wo wichtig. Der Tischmeyer hat sich das auch angeschaut, vielleicht gib'ts sogar schon eine Variante von seinem Meter mit 1770, das hab ich in der letzten Zeit nicht nachgesehen. Was auf jeden Fall anders ist, ist sein Dynamic-Range Meter, wo eher eben der Crest-Faktor / es ist glaub ich nicht NUR der Crest-Faktor sondern irgendeine proprietäre Geschichte rund um den Crest-Faktor / und wir haben Loudness-Range aber das ist was VÖLLIG anderes. Da hat wirklich er seine Sachen, wir haben die Sache. Aber er ist auch in PLOUD, der Tischmeyer ist auch in PLOUD drinnen und ich hab ab und an mit ihm auch Kontakt. #00:45:31-3#

R.O.: Wir verwenden das hier auch, bzw. haben das hier auch verwendet so lange es gratis war. #00:45:41-5#

F.C.: (lacht) Ja natürlich. #00:45:47-8#

R.O.: (sucht und öffnet am Computer "TT-Dynamic-Range-Meter"). Es hilft nicht wirklich, ist aber eine ganz spannende Ansicht, die man da erhält. Ich habe versucht den Tischmeyer mit Mails zu erreichen und habe gesehen dass er ein Abo-System auf seiner Website installiert hat, dass man das Meter kaufen soll. Es gibt da auch einen Business-Plan von vor zwei Jahren aber ich glaube es ist irgendwie... #00:46:30-6#

F.C.: Ich muss ehrlich sagen, ich habe mich lange nicht damit beschäftigt und weiß auch nicht ob das der Ultra-Renner geworden ist. Ich glaube auch dass in der CD-Produktion da Hopfen und Malz verloren ist! Da ist wirklich der Ofen aus, da wird glaube ich nicht mehr viel passieren, da sind alle derartig paranoid, die Produzenten aber auch die Musiker, dass glaube ich da wenig passieren wird, dass wir das nicht mehr groß lösen werden. Unsere große Hoffnung ist einfach das nur mehr mit den Download und Streaming-Services. Also iTunes, iCloud, Spotify usw. #00:46:56-7#

R.O.: Das heißt, nachdem sich die CD quasi eh aufhör im Wesentlichen... #00:46:59-9#

F.C.: Ja die ist eh am absteigenden Ast. Da ist auch wirklich keine Chance mehr. #00:47:02-7#

R.O.: Nur produziert man halt nicht für verschiedene Formate verschiedene Masters. Alleine aus finanziellen Gründen. #00:47:06-7#

F.C.: Ja, ja, das ist ja das Problem! Also so lange die CD noch existiert wird sie glaube ich nach wie vor angefüllt bleiben bis zu einem gewissen Grad. Das steht zu Befürchten, ja. #00:47:15-0#

R.O.: Was ja sehr interessant ist und ich in letzter Zeit verfolgt habe: Schlimmer als die CD ist Youtube, was die Musikverbreitung anbelangt. Da ist mir aufgefallen / ich mache ja auch viele Masterings / in den letzten Jahren, bei den Compillations die wir (FM4) zusammenstellen, dass da Tracks auf CD, bzw. bekomme ich die meist von den Labels direkt (als Download), das die in verschiedenen Frequenzbereichen anfangen schon so dermaßen zu zerren, dass das kaputt ist. Das ist nicht nur arg sondern kaputt. Und lustiger Weise sind das meistens die Bands, die mit ihren Youtube-Videos sehr erfolgreich sind. Auf den Computermonitoren klingt das dann eben lässiger als alles andere. Da kommen natürlich verschiedene psychoakustische Effekte, wie Rauschen und was da im Kopf noch passiert, zusammen. Da ist dann die Frage, kann man hier einen Ansatzpunkt finden mit der EBU Methode? #00:48:25-8#

F.C.: Ja, das ist das was wir mit Apple machen wollen. Wenn Apple es schaffen würde, dass sie Loudness-Normalisierung auf iCloud oder in diesen zukünftigen Diensten einschalten / das ist schon mal der erste Schritt, dass es nicht ausgeschaltet ist per default sondern EINGeschaltet per default / dann wäre das der erste Schritt. Viele schauen dann gar nicht nach und es ist einfach prinzipiell Lautheitsnormalisiert. Alles! Idealerweise "non-defeatable". Das wäre überhaupt das beste. Prinzipiell alles Lautheits-Normalisiert und gar nicht ausschalten können. Das ist unter Umständen in Europa fast sogar notwendig, weil da gibt es auch eine gesetzliche Regelung, dass ein gewisser SPL-Pegel nicht überschritten werden darf bei Portable-Devices. Der hat dazu geführt das zum Beispiel iPods in Europa um 15dB leiser sind im Schnitt als in Amerika. Was leider auf falschen Tatsachen gegründet ist. Das sind wir auch gerade dabei Apple darauf hinzuweisen. Da haben zwei, drei Leute bei uns, eben unter Anderem der Katz sehr intensive Untersuchungen gemacht dass es hier einen Fehler gibt in einer europäischen Untersuchung, der dazu geführt hat dass die iDevices so leise sind in Europa. Was den Loudness-War ja leider nur begünstigt. Weil wenn was so einen leisen Output hat dann füttern ich den natürlich noch mehr an, damit er lauter klingt. Wenn du jetzt sehr dynamisches produzierst oder eben den Volume Regler zurückgibst sind diese Dinge einfach zu leise. Also ich hab auch einen amerikanischen (iPod), wenn ich jetzt einen europäischen hab dann bin ich am Anschlag und das ist mir manchmal, wenn ich im Auto was höre einfach nicht laut genug. Das ist aber aufgrund einer falschen Geschichte. Also da gibt's einiges was Apple hier auch noch machen kann. Wobei man eben hier sehr vorsichtig sein muss oder sehr behutsam mit Apple, weil die machen ja eh was sie wollen. #00:50:09-9#

R.O.: Was da dann passiert ist, sie nehmen die Musik die es schon gibt und machen dann einfach adjustments? #00:50:17-8#

F.C.: Wir haben ein sehr elegantes Konzept jetzt entwickelt. Im Prinzip, so wie es Apple jetzt macht, ist dass sie einen fixen Target-Level wie es so schön heißt, also was wir mit -23 LUFS haben, haben die / wir haben es gemessen / also bei ungefähr -16,5 LUFS ist der Target-Level von Soundcheck On bei Apple in iTunes. Was relativ niedrig ist für Popmusik. Aber es gibt kaum Musik die leiser ist als -16 oder -17, gerade einmal wenn du in die 80er, 70er gehst, dann findest du vielleicht was. Aber die letzten zwanzig Jahre gehen sich da locker aus, ohne das man da irgendwas machen muss. Oder dass man eben jetzt anheben müsste, wo man dann oben in Problem hineinkäme. Das Fix-Target System hat eben auch einen Nachteil, das es eben FIX ist. Du schaltest es ein und so ist es. Unsere Idee ist / das muss du jetzt noch für dich behalten, wir werden es eh bald veröffentlichen / dass der Volume Regler quasi den Target-Wert dynamisch steuert. Also wenn du jetzt lauter

drehst verschiebst du den Target-Level sozusagen und es wird alles auf diesen neuen Target-Level hin normalisiert. Wenn du leiser drehst, wird alles auf DIESEN Target-Level hin normalisiert. Und je leiser du sozusagen drehst, desto besser wird die Lautheits-Normalisierung. Weil je lauter du drehst, desto mehr kannst du oben in Headroom-Probleme reinlaufen und dann muss man dann oben einen Limiter aktivieren und so weiter, aber je leiser du drehst desto mehr passt hinein. Da passen dann auch die klassischen und die alten Tracks hinein. Und das gekoppelt mit einem SPL-Output für deine Kopfhörer, der hoch genug ist, das wäre das System. Aber das führt jetzt wieder ein bisschen Abseits. #00:51:50-9#

R.O.: Im Endeffekt passiert aber trotzdem nur folgendes. Ich nehme das File, messe das und dann mach ich das zum Beispiel um 6dB leiser und das nächste mach ich nur um 4dB leiser. #00:51:55-0#

F.C.: zum Beispiel ja. Aber du musst es auf jeden Fall mal messen. Du musst es messen und mit dieser Information wird dann Irgendwas gemacht. Sei es dynamisch gemacht, abhängig vom Volume Knopf, oder statisch wie jetzt im Soundcheck auf einen fixen Target-Level dann je nachdem wie groß der Wert ist der gemessene abgesenkt oder angehoben. Meistens abgesenkt. #00:52:13-6#

R.O.: Und die Idee ist dann, wenn man weiß dass das sowieso am Endgerät passiert, dass ich zum Beispiel als Musikproduzent das gleich von Vornherein... #00:52:20-1#

F.C.: Genau! Genau! Genau! Richtig. Weil man weiß, das ist definitiv der Fall bei 99 oder bei 90% aller Leute, das ist einfach On by default und die schauen da nie nach und schalten das nie aus, es ist immer so dass es Lautheits-Normalisiert abgespielt wird. Wenn dieses Bewusstsein steigt, DANN könnten die zu denken anfangen dass sie irgendwie draufkommen "es ist sinnlos, das ich das so mache". Das beginnt ja jetzt zum Beispiel im Broadcast Bereich schon, das Werbung einfach dynamischer wird jetzt wieder, weil einfach tot-komprimieren bringt nichts mehr. Im Broadcast Bereich fangen wir ja an mit dieser Lautheits-Normalisierung schon seit Ende letzten Jahres und eben das heurige Jahr ist ein ganz großes Jahr dafür und die Werbung wird einfach schon wieder DYNAMISCHER in den Ländern wo es tatsächlich schon umgesetzt wird. #00:53:01-2#

R.O.: Weil ich will ja als Musikproduzent, dass im besten Fall das bei dem Konsumenten klingt wie es im Studio klingt. #00:53:10-9#

F.C.: Nur man kann es auch im Studio schon anders klingen lassen, weil man muss es eben nicht mehr an die Wand fahren. Man muss es auch im Studio nicht mehr an die Wand fahren, weil es bringt einfach dann nichts mehr. Wenn prinzipiell Lautheits-Normalisiert ist, bringt es nichts mehr NOCH 2dB lauter zu sein als der Andere. LAUTER zu produzieren als der Andere bringt eben dann nichts mehr. Und damit gewinnst du dann, wenn du wieder Dynamik hineinbringst. Die gewinnen dann im Vergleich zu den komprimierten Tracks. Wenn das dem Musikstil entspricht. Man muss ja nicht überall Dynamik reinbringen. Kompression ist aber dann wieder, das was es sein soll, ein künstlerisches Tool, ein Artistitc-Tool und kein Mittel um lauter zu sein als der Andere. #00:53:44-1#

R.O.: Dafür braucht es dann aber billige Möglichkeiten, die sich in alle Studios fortsetzen und fortpflanzen können, um das auch zu messen. #00:53:55-4#

F.C.: Na klar. Es gibt auch schon Linus-Loudness-Meter, free. Du kriegst sehr günstige um, keine Ahnung, 30 Euro. Bei den Toneboosters oder sowas gibt es Loudness-Meter um 30 Euro oder so was. Also es gibt schon auch günstige Sachen. Das VisLM, wenn du die History nicht dazunimmst, kostet 200 Euro oder so. Also es ist nicht SO dramatisch würde ich sagen. Da gibt's schon einiges am Markt. #00:54:19-0#

R.O.: Und für den Broadcast Bereich schaut das dann so aus, wir sind ja auch irgendwann davon betroffen nehme ich an? Hier jetzt. (FM4) #00:54:27-1#

F.C.: Das im Radio auch, sicherlich. Da gibt es aber sozusagen mehrere Aspekte. Wir fangen im Fernsehen an, weil da ist das Problem virulenter. Weil wir sozusagen IN SICH ein großes Lautheitsproblem haben, weil wir sehr dynamische Sendungen haben und weniger dynamische. Also da kann man große Sprünge IM Programm von Sendung zu Sendung (haben). In einem sozusagen Nischenradio wie FM4 oder aber auch Ö3, das eine gewisse Stilrichtung spielt, wo alle Tracks sagen wir mal zumindest ähnlich komprimiert sind oder generell wo die Philosophie des Sender ist "das fährt im Prinzip ohne wenig Dynamik dahin", gibt es ja IN SICH im Sender kaum ein Lautheitsproblem. Da ist der Ansatz der / und gerade bei Ö3 ist das besonders eklatant, weil ja da doch auch 80er Jahre gespielt wird und noch früher, was dynamischer ist / da ist der Ansatz der, dass man sich mit Lautheits-Normalisierung des Archivs, also wo die heutigen Tracks einfach auch schon im Archiv dann leiser liegen, dass man erstens als Redakteur einen besseren Überblick hat wie das klingen wird wenn man eine Sendung zusammenstellt und Zweitens, dass man die Prozessoren die am Ausgang sitzen, die Optimods und alle, dass man die weniger dramatisch einstellen kann. Weil eben diese alten dynamischen Tracks nicht mehr so in die Höhe gepushed werden müssen. Mit dem Resultat das die Qualität besser wird ABER trotzdem im ersten Schritt die Lautstärke des Senders NICHT sinkt. Weil das ist ja das große Problem nach wie vor, dass wir analog ausstrahlen über FM und ein Absinken des RMS Pegels des Senders mit Reichweitenverlusten / nicht 1:1 kann

man das sagen, aber im Prinzip drängen dann andere mehr hinein die das nicht machen. Deswegen im Radio auch der Ansatz "jetzt ändern wir mal prinzipiell nichts an der Multiplex Leistung, aber durch das System der Lautheits-Normalisierung im Archiv bereits, können wir die Optimods weniger dramatisch einstellen und gewinnen an Qualität nach Außen hin". Weil die ganzen modernen Tracks werden eh von den Multiplex-Leistungsbegrenzern so abgewürgt, auch von den Optimods so abgewürgt, und so klingt halt Ö3. Ö3 klingt einfach absolut scheiße und sie könnten genauso gut den Corporate-Sound weiter verwenden, den sie mit den ganzen Filterungen und Optimod Einstellungen machen aber fünf Grade runter hinunter schrauben vom Optimod und es KLINGT einfach besser und sie haben aber trotzdem nicht an Lautstärke verloren. #00:56:36-4#

R.O.: Das ist ein Problem mit dem wir natürlich auch täglich zu kämpfen haben. Wenn wir Sachen übernehmen, wir bekommen es ja mittlerweile meist als Download oder digital geschickt oder eben als CD. Dann kommt das bei uns in das Digas und DAS geht sehr unterschiedlich mit Lautstärke um. Da passiert es dann leider sehr oft, weil das auch irgendwie eine Fließbandarbeit ist in der Musikredaktion, dass dann im Radiomax – unserem Ausspielgerät – teilweise Sachen drinnen sind die dann 0dBfs sind und eigentlich fahren wir auf -9dBfs. #00:57:10-7#

F.C.: Das wird sich ändern. Da wird dann ein Batch-Processing gemacht, da ist der Christian Sodl sehr dran. Das Source-File wird abgelegt und dann gibt es ein Lautheits-Normalisiertes Archiv. Da ist der Sodl mal sicher dran und da sind die sicher schon sehr weit, wie man das macht, was der Zielwert ist, -23 werden sie nicht machen aber so in der Gegend wie Apple das macht, -15, -16 für eben diese moderneren Tracks. Und wenn dann das Archiv mal Lautheits-Normalisiert ist kann man das natürlich wesentlich milder einstellen, die Optimods und diese Dinge. Man kann auch in der Compillation einer Sendung..hat man dann als Redakteur sofort genau den Eindruck wie es dann sein wird. Wie passen die pegelmäßig zusammen. #00:57:57-2#

R.O.: Jetzt muss ich halt permanent daran rumschrauben. #00:57:59-6#

F.C.: Jetzt muss man permanent daran herumschrauben, das wird dann nicht mehr der Fall sein oder nur mehr sehr eingeschränkt. Das ist die Idee im Radio und wir werden auch im PLOUD jetzt eine Radio-Untergruppe gründen, einen eigenen Email-Reflector dazu, weil das Thema jetzt im Radio eben jetzt auch langsam in die Richtung gehend virulent wird. Ö1 hat schon ein großes Lautheitsproblem in sich, das auf jeden Fall. Weil die ja sehr viel dynamischen Content haben und dann oft eben wo der Moderator so laut ist wie das fortissimo der Mahler Synfonie, das stimmt ja auch nicht. Also da ist es wirklich auch tatsächlich genau der gleiche Ansatz wie im Fernsehen IN SICHER die Probleme mal zu beseitigen. Aber bei FM4 und Ö3 usw. und den Landesstudios da ist es einfach eine Qualitätsinitiative. Da ist es prinzipiell kein Service an den Konsumenten was Lautheitssprünge-Ausgleich betrifft, weil die gibt es kaum oder sehr wenig. Ö3 fährt so dahin wie ein Brett, da gibt es keine Lautheitsgeschichte. Die werden auch jetzt auf einmal nicht so dynamisch sein, Erstens weil der Content nicht so dynamisch ist und Zweitens weil natürlich auch die Klientel hört, ganz leise im Büro oder im Auto und kann nicht eine solche Dynamik verkraften. Also man muss da schon sehr vorsichtig sein. Aber trotzdem glaube ich kann man die Qualität hier sicherlich merkbar verbessern, dessen was da rausgeht. Indem es einfach nicht mehr so dann so gewürgt und gepumpt klingt wie jetzt. Und es hat zum Beispiel schon erste Untersuchungen gegeben beim NDR in Köln, beim Radio. Da hat sich ein Kollege da sehr hinein gesteigert. Und das hat die dortigen Kollegen sehr überzeugt diese Versuche, wie sie eben dann Lautheits-Normalisiert in den Optimod reingefahren sind und den einfach deutlich milder eingestellt haben, das Ergebnis trotzdem so laut wie vorher aber viel besser geklungen. Das hat die dort alle sehr überzeugt. Also in die Richtung nehme ich einmal an wird es gehen. Schauen wir einmal. Aber bleibt noch genug über. #00:59:38-1#

R.O.: Das ist sehr spannend. Trotzdem interessant, diese Empfehlung hat jetzt Auswirkungen auf den kompletten Tonträgermarkt. #00:59:51-6#

F.C.: Also jetzt unsere in der EBU R 128 ist einmal für den Broadcast Bereich gedacht. Dann musst du sozusagen, eine Ebene darüber ist 1770, das ist der Algorithmus von der ITU, der sollte wirklich weltweit über dort zur Anwendung kommen wo Audio existiert. Wir sind prinzipiell schon dahinter, die Art und Weise wie man Töne aussteuert und produziert mit Hilfsmitteln wie Metering von Peak auf Lautheit umzustellen weltweit. Das ist die große Audio-Revolution. Sicherlich die größte Änderung im Tonbereich, was Technik betrifft, die es in den letzten 30 Jahren gab. Und noch dazu hat diese technische Änderung eine unmittelbare Auswirkung auf die Ästhetik. Weil wenn die Produzenten alle wissen "die mittlere Lautheit" zählt, dann wirst du richtig gehend dazu hingedrängt dynamischer zu produzieren und anders zu produzieren. Den Content anders zu produzieren. Und das ist für mich das spannendste überhaupt daran, dass eine technische Umstellung Auswirkungen auf die Ästhetik hat. Denn die hat sie ganz sicher. #01:00:56-1#

R.O.: Wie sie auch natürlich vorher die ganze Zeit davon abhängig war. #01:01:00-6#

F.C.: Auch natürlich, insofern natürlich darin im Besonderen, ja. Es ist wirklich an der Zeit das wir wieder Dynamik zurückbekommen. Der Edison mit seiner Wachswalze hat mehr Dynamik draufgehabt als das heutige Radio. #01:01:18-1#

R.O.: Ich bin da sehr gespannt was ich da für Werte rausbekomme. Ich werde mal den Christian wegen dem Nugen fragen. #01:01:26-1#

F.C.: wegen dem LMB. ich weiß nicht ob, aber ich glaube er hat es schon gekauft. Er hat da schon einige Versuche gemacht. Vielleicht hat er nur die Testversion gehabt, aber ich glaube er hat es gekauft. Der wird es sicher verwenden. Rede mal mit dem Christian und ansonsten hast du eh meine Email-Adresse, wenn es irgendwelche Dinge gibt, mit dem Bob Katz oder sonstige andere Dinge, 1770 oder was auch immer, ich sitze da überall an der Quelle. #01:01:45-2#

R.O.: Super. Wie gesagt, ich fange nächste Woche intensiv an daran zu arbeiten und bis Juni möchte ich die Untersuchungen eigentlich abgeschlossen haben. Also in den nächsten paar Monaten. #01:01:58-6#

F.C.: Ja das ist eh eine Challenge eine gewisse (lacht). #01:01:58-6#

R.O.: Ja,ja. Das ist mal der Zeitplan. DAs ist das Ziel. #01:02:20-6#

F.C.: ein ehrgeiziges Ziel ist immer gut. Gleich mal pfff. Wir haben auch gesagt "wir wollen die Welt verändern" das ist eine gute Motivation finde ich (lacht). #01:02:25-8#

R.O.: Ihr seid da schon ganz gut dabei. #01:02:29-6#

F.C.: ja gut, das ist auch wirklich das aufwendigste Projekt meines Lebens muss ich sagen. Unglaublich viel. Aber nicht nur ich, die Kerngruppe von PLOUD sind vielleicht fünf Leute die die ganze Arbeit gemacht haben. 5, 6, 7 Leute. Die haben wirklich alle unglaublich gehakelt. #01:02:50-4#

R.O.: Vielen Dank für das Gespräch. #01:02:52-5#

F.C.: OK.

X.1.2 Bob Katz Interview 1

Das erste Interview mit Bob Katz (B.K.) wurde via Skype am 09. Juni 2012 geführt. Teile davon waren persönliche Gespräche die nicht übersetzt wurden.

B.K.: Did you define the names of genres in your database? #00:15:17-5#

R.O.: No #00:15:17-5#

B.K.: so you have no definition that this is a dance record, this is a rock record, this is a jazz-record. Popular Albums. Albums that sold well. #00:15:29-2#

R.O.: I thought very hard about this, how to solve this problem. The thing is to show trends. Aesthetic trends are also covered in this. There are of course some years where rock-music was stronger than e.g. dance music. But on the overall you should get a picture. #00:16:25-2#

B.K.: Let's make a hypotheses. If you make the hypotheses that dance-music was immune to the loudness-race but rock-music was not, then dance-music would be pulling back from your average and rock-music would be pushing up on your average. It would produce very strange statistical data.

But you're fortunate that the tendencies or changes in the parameters that you're measuring are fairly universal for all popular music forms #00:17:14-8#

R.O.: Yes. #00:17:24-3#

B.K.: It's just something to write down and put it in your thesis and make a point, that it could have broken down, had this not been the case for all music-forms. It's worth a paragraph in the thesis i think. #00:17:37-2#

R.O.: What i can do, cause I have all the data, is to sort out the dance and the rock-albums and get different data sets. #00:17:55-4#

B.K.: It would might be interesting if the dance-albums average loudness accelerated faster than the rock albums. #00:18:18-9#

Sd

R.O.: That's an interesting thought. #00:18:20-1#

B.K.: It would be logical. Because it's generally thought of that albums that are meant to be played in clubs seem to be pushed more than albums that are meant to be played on the radio. #00:18:47-8# #00:19:08-5#

B.K.: We understand the reasons behind peak normalisation and the natural tendency of the loudness-race itself. Historically speaking, what was interesting is that in the first edition of my book it did not occur to me, that peak normalisation was the force. And then, at some point just around the time that Thomas Lund came up with his thesis, I came up with the same one independently. That the force of the loudness race was accelerated or caused by peak-normalisation. It's the catalyst. The cause is the natural desire to be louder than your nearest neighbour #00:20:12-6#

It would be very interesting, although I don't think it's possible, to compare the digital loudness race to the analog loudness race. I think that in the end we would have to measure the RMS-output level of analog voltage in LPs. #00:20:48-8#

R.O.: I truly believe that Limiters are a super boost for the loudness race. As you can see on the chart containing the high-level-sample-density. #00:21:32-0#

B.K.: Are you familiar with the Grimm-Loudness Meter? #00:41:25-1#

Go to grimmaudio.com #00:41:56-4#

R.O.: This looks like the Meter from Mr Lund. #00:42:09-8#

B.K.: It's very different than that. It has five different integration times. #00:42:28-9#

R.O.: Every blue shade is a different integration time #00:42:37-2#

B.K.: If you use the outer scale, it's M for mediate I think, S is instantaneous, 10 is 10 seconds, then 30 seconds, 90 seconds and 270 seconds. You can see it's kind of curve. If you're working with OLU being a forte-passage and you work with an integration somewhere around 3 to 10 seconds, and you run it for a whole program, you better make OLU be about -20LUFS or you won't get -23 for your programme average. #00:43:32-1#

The point being that when I described how the average level of programmes went up, I had always been thinking in my mind about forte-level. #00:43:44-1#

Not really the average. But the average loud-passage. I'm going to revise my book for the 3rd edition and I'm going to put numbers on it and I will definitely use your research cause I think it's the best research that has ever been done. #00:44:09-9#

R.O.: Thank you very much! #00:44:15-5#

B.K.: I'm moving down your pdf with the charts. EBU-Crest #00:44:43-1#

R.O.: This is Maximum True Peak minus Programme Loudness #00:44:56-5#

.....

B.K.: This is what I call Crest Factor 2. I think you should reverse this graph. Let me think. The eye is always following the upwards movement when it gets louder. #02:05:05-7#

B.K.: As mastering engineers we can not always choose, rarely can we just what it is what we do. We often have to do what the client demands or we lose the job. #02:05:40-0#

R.O.: So your clients ask you to turn up the volume? #02:05:40-3#

B.K.: Yes. #02:05:42-4#

R.O.: Do you have a conversation concerning the loudness of the tracks with the client? #02:05:47-4#

B.K.: Yes, sometimes it takes me an hour. #02:05:51-4#

R.O.: To they compare their mastered pieces to other CDs? #02:05:54-6#

B.K.: Yes. #02:05:57-4#

R.O.: To which? #02:06:00-1#

B.K.: To whatever they are listening to in the same genre. #02:06:03-4#

R.O.: My idea behind it is this: You want to compare your shortly to be released album to highly successful albums. #02:06:24-3#

B.K.: They have to, yes. #02:06:25-9#

R.O.: That was one of the major decisions I had to make. Assuming that you compare your albums to the successful ones. That's why I only chose only successful albums cause everyone is comparing to them. #02:06:45-8#

B.K.: Good point. #02:06:52-2#

R.O.: In your conversation with the client, do they tell you that they want to sound like "superstar xy"? #02:06:58-6#

B.K.: Yes, and often I can't do it if their mixes are not as good. But sometimes they'll come back and say: "do it!", and I will add so much distortion that there's just no dynamic left at all. #02:07:16-6#

R.O.: How do you add distortion? #02:07:19-9#

B.K.: Oh, you want a little story. Usually by a complex chain that have digital processing and analog processing and peak limiting. By overdriving each stage. It's very bad. #02:07:42-8#

R.O.: What's your last resort to notch it up the extra dB? #02:07:50-9#

B.K.: Clipping an AD-converter usually. #02:07:55-9#

R.O.: Do you remember when the clipping of converters came up? #02:08:03-0#

B.K.: Around 2000. But not for me. For me more like 2004. #02:08:21-4#

R.O.: This adds high frequencies and overtones to it. #02:08:29-7#

B.K.: Right. #02:08:27-6#

R.O.: Which we can see in the frequency analysis. It goes up from this stage. This would be an expression of this technique. #02:08:35-8#

B.K.: Well it's also alias-distortion. You need to see that video. I did that to shock people as to even to someone who has the reputation of being one of the most pristine... I once had somebody write me and say "how can you dare do that and talk about the abuse of audio and then make such a terrible sounding record?" and I said "I had to do it. This is what the client demanded and it was not the first master that I sent to him, I was the second or third master. #02:09:20-6#

R.O.: Have you noticed a light catharsis in the loudness race. In recent years. #02:09:34-6#

B.K.: A pull-back? Maybe a dB, maybe two. The influence on the loudness-race today has been Apple's "Mastered for iTunes" initiative. I'll send you a piece of paper. #02:10:03-5#

The first thing I'm going to send to you is a test signal. Do you know who Jim Johnston is? #02:11:19-3#

R.O.: No. #02:11:22-4#

B.K.: He is one of the inventors of the MP3 and the AAC codec. The first signal looks like it's pink without any distortion but a bunch of little clean vertical lines. That's a test signal, invented by Jim Johnston for testing codecs. By the way, the codec manufacturers respectfully did not want to hear about this test-signal, because it reveals all kinds of problems. So that's the test signal. The second signal is that test signal going through a 64kb/s codec. #02:13:16-2#

R.O.: So the first one is a linear file #02:13:24-0#

B.K.: The first one is the original source. The second signal is what a 64kb/s codec does to that signal. The third image, which has green, black and red on it, is three different conditions of the iTunes+ codec. I'll describe it to you. In black is -20RMS, in green -8RMS and in red -7RMS with clipping the codec. And it just shows that the RMS-levels seriously affect the distortion of the codec and the peak level causes instantaneous distortion. So, if there's anybody pulling back a little bit now, it's people mastering for iTunes. #02:14:41-7#

R.O.: So it needs a big industry-player to get the loudness-race in certain boundaries. #02:14:58-3#

B.K.: Well I'd love to see the RMS go down, but that won't happen until loudness-normalisation makes it into iTunes and even that would be a long struggle. #02:15:06-3#

R.O.: Florian Camerer told me, that there are talks with Apple for implementing standards. #02:15:16-7#

B.K.: Yes. Mostly it's talk but no listen. I have no doubt, and I go on record as saying that...you know that Apple's normalisation is called "Soundcheck"? #02:15:30-2#

R.O.: Yes. #02:15:33-8#

B.K.: ...that Soundcheck will become a default. But we don't hear much back from Apple. They are very closed mouth. So we don't know how seriously they are taking our recommendations. We know that they received our recommendations and the talks, but we don't know when or if they will implement this. #02:16:05-8#

R.O.: Do you think that a standard like the EBU R128, or the A/85 for America can have impact on this issue? #02:16:23-4#

B.K.: Apple goes their own way. #02:16:32-7#

R.O.: I meant the whole industry. #02:16:33-8#

B.K.: Yes it has, also because my book will keep on discussing it. Basically because the loudness meters that have resulted from the EBU (mostly the EBU because they came first) have penetrated the music-industry to a small extend. People are puzzled over this -23 because it doesn't make any sense to them but at least they begin to have a meter, which they can see and measure. That's meet's a standard. #02:17:32-9#

R.O.: So there's a shift from Peak-Metering to actually Loudness-Metering? #02:17:40-3#

B.K.: Slowly. It's having a small influence and it will have a bigger and bigger influence. I can't tell you much yet, but there will be a surprise for me in the next three month and you'll hear about it and it will make a little splash in that direction. #02:18:00-0#

R.O.: Now the standard is for TV. If the standard is adapted by radio.... #02:18:10-2#

B.K.: No, it won't happen. Because the TV came from the CALM-act. Unless you see similar legislations, the radio stations in the US aren't going to do any normalisation on their own. #02:18:39-6#

R.O.: Europe maybe will. #02:18:42-8#

B.K.: Oh yes, in Europe it's happening. #02:18:43-5#

R.O.: Florian Camera told that it is planned to be implemented also in radio stations. So the industry has to produce for this radio stations, otherwise their tracks will end up levelled down. #02:18:59-8#

B.K.: I have a picture I'm going to send you, but you must not repeat this one anywhere, cause it's going into a new thing that I can't tell you about. But you've been so kind to me. This is a secret. #02:19:43-2#

R.O.: I got it. #02:20:16-3#

B.K.: This is an explanation of album-normalisation. iTunes has no album-normalisation and it's an incredible explanation why just track normalisation is compression. Do you see it? #02:20:45-1#

R.O.: Yes. #02:20:47-6#

B.K.: This is what is wrong with iTunes now, even when normalisation is turned on. I don't think anybody has expressed it quiet as dramatically as this picture. So you'll see that in the next two or three month from me, but you can't talk about it. #02:21:28-6#

R.O.: O.K. #02:21:32-9#

B.K.: Ok, Rudi you're great, I have to go. #02:21:37-1#

R.O.: Thank you for your time. Enjoy dinner. #02:21:41-5#

B.K.: I wish i could help you as much as you've helped me. #02:21:47-7#

R.O.: I'll come back to you with cleaned up graphs and hope to talk to you again. #02:21:56-9#

B.K.: Alright. My pleasure, good to talk to you. #02:21:55-3#

R.O.: Thanks! Bye! #02:21:55-3#

B.K.: You're welcome, bye bye. #02:21:57-3#

X.1.3 Bob Katz Interview 2

Das zweite Interview mit Bob Katz (B.K.) wurde am 17. Juni via Skype geführt.

R.O.: Hello Bob #00:02:43-3#

B.K.: Hi! (spricht über unser letztes Telefonat und den Mailverkehr). Here is why i brought him in (James D.

Johnston). My initial idea was to see what JJ – that's what we call him – what JJ has to say about the idea of Peak to Average Ratio and Short-term Measurements and their effect on loudness. I was not prepared to hear a response that said, that the whole idea of micro and macro-(dynamics) is silly...or whatever word he used. #00:03:53-7#

R.O.: Yes, it's silly he said. #00:03:54-8#

B.K.: Well, anytime Jim Johnston talks, be sure to listen. Because there is always a lesson behind it. There's nobody who understands loudness-perception better than him. Even though Thomas is very proud of his research. The research that Thomas and the EBU have done so far, has shown a good correlation between loudness-perception and a weighted wide-band measurement with approx. 300 to 400ms window. So far so good? #00:04:55-7#

R.O.: Yes. #00:04:55-7#

B.K.: But, I don't believe there has been any listening tests to show demonstrations of signal quality with shorter term signals. In other words, how that effects the ear. So far Thomas is willing to admit that he says: "It's a little bit like magic. We think that the ear kind of reacts to it". But JJ I think has a better grasp on the actual psychoacoustics. #00:05:35-3#

R.O.: O.k. I found some research, it has a very small sample of contestants. They tried to test certain parameters like the EBU loudness and also the Dynamic Range from Tischmeyer. #00:06:04-7#

B.K.: I'm sorry to interrupt. I just want to ask: Do you understand why I felt that using the term dynamic-range, which Thomas is very fond of, to use for this short-term micro discussion, and that Tischmeyer is not specific enough using it. It sounds to much like LRA. #00:06:44-5#

R.O.: Yes. #00:06:47-8#

B.K.: They need a little better word for it. #00:06:51-1#

R.O.: That's also a big confusion I had to deal with. For me dynamic-range means something musical. In a musical sense. #00:07:05-0#

B.K.: For me dynamic-range means the difference between pianissimo and fortissimo. #00:07:10-0#

R.O.: I learned that psychoacousticians, dynamic-range is a totally different concept. #00:07:18-0#

B.K.: Oh boy. #00:07:22-1#

R.O.: Dynamic-Range is more like the field from the lowest to the highest signal that your ear can detect. #00:07:34-5#

B.K.: Whatever it is, we have to find another word that everybody understands better. I interrupted you. What were you going to say. #00:08:09-9#

R.O.: I found little research on that. They tested it with hearing tests. There was actually very little correlation between all this definitions of dynamic range. #00:08:24-6#

B.K.: Ha! #00:08:27-3#

R.O.: We just don't know enough about what's going on in the head. #00:08:32-9#

B.K.: You thought it was settled? #00:08:32-9#

R.O.: No, not settled. I just didn't know that there is so much dispute. Even over terms like "what is loudness". #00:08:43-7#

B.K.: Let me say that I'm on JJ's side. I think that he knows. If we can get him to explain himself in human terms, cause often times i think he's a little bit autistic. He'll explain something in a very short burst that probably implies three hours of missing data. (lacht) #00:09:28-6#

R.O.: I send him the code that I used to calculate the data. ... and he said I have to calculate each band by the power of 1/3,5. He said it's a start, and once you have the power in each band, raise that to the power of 1/3,5 and plot that. #00:10:44-9#

B.K.: This is a formula filter, isn't it? #00:10:53-6#

R.O.: There are two different things. What happens outside the ear, intensity that we can measure, the sound pressure level, and then there's what is inside the ear. What the brain detects from the ear. #00:11:15-9#

B.K.: I think that JJ knows this better than everybody #00:11:19-8#

R.O.: Yes, and he said that for the inner-ear model we need to recalculate it. I asked him if I could get this

recalculation out of the data I already have. He didn't reply yet. ... If I could go this two steps back and get it out of the data it's an option. Otherwise not cause of time issues. #00:12:52-8#

B.K.: I think that, what JJ is saying is: each element of sound contributes to the partial loudness. You could get a measure of the total loudness, but that may not be important. It might not show any difference between the 1950s and 2011. But studying the partial loudness's of some of those ERBs might. It might prove to be more effective than any of your grasps are now. I don't know. #00:13:52-0#

R.O.: At least I did the calculation of the bands. I focused what's in the air. #00:14:12-3#

B.K.: In other words, you didn't do the short-term FFT with length of 32, 64, Hann-Window, all what he described. #00:14:23-9#

R.O.: No, I used another window. But a similar FFT analysis. #00:14:32-2#

B.K.: Did you spread the energy like he's saying? #00:14:33-9#

R.O.: Yes, I spread the energy, but then i calculated it into dB #00:14:39-3#

B.K.: He says that's not just a fireball, and I have to understand him better. Some of it is semantics e.g. : According to JJ's world you're not allowed to say "that this piece of music is 3dB louder than that". But you are allowed to say "if you are allowed to say that "if you apply 3dB of gain, you can make the loudness's equal". For me this is semantics. #00:15:13-4#

R.O.: It describes the problems. If you say "this is louder", you have to make sure that there are certain regulations. That it has the same SPL in certain frequencies and then you can compare it. Otherwise you have no chance to do this. That's the big problem. #00:15:48-8#

B.K.: Another part of the mystery is, I asked him about BS.1770. First he said that it was bullshit. Then I say "well, but it seam's to be working". And he said something like "well, if all you're doing is measuring processed music and using it to compare, it might work". Don't take what I say he said. You have to get this from him He expresses it in his own unique way. So he gave some nod to the measurement, but I think we're on shaky ground when we start expanding the EBU R128 analysis to shorter term phenomenon. And I think it's very interesting understands the partial loudness of a very short transient, a few milliseconds he said, and he says that that can be judged by the ear as loud in that band. So if you can get a psychoacoustic valid judgement that a piece of music, recorded in 1981 has greater partial loudness compared to the total loudness, in these bands by maybe x dB (if we can use this) to something in 2011, then you have even more valid psychoacoustic research. #00:18:14-7#

R.O.: Speaking of even shorter integration times. I did 10ms, and I did a sample by sample integration time. That's the shortest you could get. So I did the shortest possible on sample basis, and the 10ms. Then I have the maximum and median levels from both time-windows. It turns out that both measurements match fairly good on a correlation of over 0.9 . #00:19:48-9#

B.K.: I saw that. It says that either method is satisfactory, right? #00:19:53-4#

R.O.: It show's that the ratio between this two have the same steepness. #00:20:26-3#

B.K.: Go to your graph called Crest EBU1. What I think is, what is happening to the left side of the peak is "analog tape". At the peak of the mountain is the peak of digital delivery and recording without much processing. To the right of that is increased compression by digital methods, to the left of it is increased by analog tape. And I think if you ran a 1ms max-peak, that the left side of the mountain would come up. It would be more like a flat line. Cause I think that the analog tape would let those 1ms transients through more easily. That's why I think it would be a more interesting graph to make, because you would be able to make conclusions "well, when I measure true-peak we get a mountain with a tip at the top of 1982, which is where the transition-point between analog and digital began. And it's the maximum potential before mastering engineers became nasty. #00:30:24-2#

R.O.: And before they got a peak-limiter like the L1 #00:30:31-5#

B.K.: Exactly! But to the left of it is the natural compression of analog tape. Of very short transients, that are perhaps not psychoacoustic important. That's why I was thinking maybe it would be worth generating this graph wit 1ms, cause you could say more in your thesis about what this graph really means. I don't think it's saying that there is more compression before 1981. I think it's saying there's more natural compression done by analog tape before 1981, and any analog compressors. Where as to the right we start seeing digital processing. #00:31:33-2#

R.O.: What do you think about the Crest EBU2. Maximum Short-Term versus Programme Loudness. #00:31:56-0#

B.K.: I think it's excellent. Is this your own term, Crest EBU2? #00:32:05-2#

R.O.: Yes, I just gave it a number. #00:32:06-3#

B.K.: I think it's an excellent graph, it shows a measure what I would call micro-dynamics. I think that to the left of 1970, what you're seeing a lot more recordings that were recorded direct to 2track with very little mixing and very little processing, and it represents a lot more than natural dynamics of the music unaltered by the engineer. On the left, 1951, 52, I don't see this is compression. I see that there are momentary spikes above the average loudness. An uncontrolled singer singing "Hellooo!, (sings)". That's what I see. And that's because they didn't have as good compressors to control it. That's what I see in these early year there. #00:35:09-5#

R.O.: But then there's this gap in the early 60's #00:35:15-3#

B.K.: That's the Bermuda-triangle. #00:35:18-2#

R.O.: The Beatles-Gap. #00:35:23-2#

B.K.: I don't really know what that means. #00:35:23-2#

R.O.: Maybe I have too few data from this time. This is really a gap in my database. These are the weakest years I could find material for. #00:35:40-4#

B.K.: How much data did you have in 61-64-67 #00:36:42-4#

R.O.: For 1961-63 it's just 123 tracks. For 64-66 it's 386. #00:37:25-6#

B.K.: And 1970? #00:37:35-7# #00:37:35-7#

R.O.: Close to 400 #00:37:34-4#

B.K.: That might make the difference.. #00:37:48-3#

R.O.: I think it's not fair to conclude that the early 60's were more compressed. #00:37:58-4#

B.K.: Yes, it could be an anomaly. Hard to say. But anyway, what I see is increasing use of processing, if you ignore the 1962-69. That's all. That's excellent. #00:38:48-5#

R.O.: Can we talk about Crest RMS 10ms? #00:39:05-0#

B.K.: You took the RMS level with a 10ms window. What exactly was your goal for that? #00:39:19-1#

R.O.: To get measurements on a shorter window than the EBU standard. My idea was, I have to look into shorter variations. Because the attack and release times from compressors are often around this area. My idea was "if I want to see how much compression is applied, I have to look on a smaller timeframe". #00:39:57-8#

B.K.: Ok. I see. Just a point of information. There are so many variances in design of compressors and how they specify attack-time. One brand's definition of 10ms might be another brand's 40, 50 or 100ms. #00:40:31-8#

R.O.: Yes, that makes it even more difficult to decide. But on one hand I already had the 400ms from the EBU and I thought I need a second one to compare it with, therefore I decided on 10ms. #00:40:41-3#

B.K.: For me it shows just an interesting correlation between this and the longer measurements. I want to compare Crest EBU1 to Crest 10ms. #00:41:42-9#

R.O.: There's a graph for that. Do you see it? #00:43:26-4#

B.K.: That's very interesting. #00:44:50-8#

R.O.: The shorter timeframe of the Peak, the higher the difference to the median. #00:45:24-4#

B.K.: I'm trying to understand. Looking at the shape. If we're trying to massage the data in a way favourable to the thesis that sound has degraded over the years, then the EBU1 is the most dramatic one. Now psychoacoustic I think that 1ms would be more than True Peak. If you subscribe to the notion that the ratio between Programme Loudness and psychoacoustic perceptual peak is the crest-factor, then none of this represents my personal judgement of it. I think that 1ms would be closer, because I think that anything shorter than 1ms is not psychoacoustically audible. It would be interesting to see, how different it is from EBU1. Can you predict or guess? #00:51:31-7#

R.O.: I predict it gets steeper and steeper the shorter your time frame for the peak is. So it's becoming less steeper if you get longer time frames. So the difference might be somewhere in the middle of True Peak to Programme Loudness and Maximum Momentary and Programme Loudness. #00:55:47-6#

B.K.: The shape of EBU1 probably represents what really happened to audio in this years. You have one called True Peak minus RMS10ms, that's about 8dB difference. #00:56:49-5#

R.O.: That's ...(wir reden über verschiedene Methoden) #00:59:49-3#

Der folgende Abschnitt wurde nicht transkribiert. Wir sprechen über Thomas Lund und JJ. Maximum True Peak und Konvertierung in Formate wie MP3 #01:00:37-1#

R.O.: Speaking of compression and limiters. Can you turn to the graph on high-level-sample-density? #01:01:52-0#

B.K.: This is the use of limiters. In your previous version you wrote on the graph "shows introduction of peak-limiters". I think you should do this again. #01:04:23-9#

R.O.: I want to have your opinion on that. What I did is, i measured each sample, looked at the highest sample in one track. Put that up to zero and then counted each sample that's between -1 and 0dBFS. #01:05:07-4#

B.K.: You might have gone to -2dBFS. #01:05:05-8#

R.O.: I wanted to focus on this area. The idea is from Emanuel Deruty, a Frenchman who did this to a set of data. And I wanted to compare his outcome to mine. #01:05:39-2#

B.K.: How does it compare to Emanuel's measurement? #01:05:51-6#

R.O.: It's quite the same. It rises from the 90's on. He had plotted it on half decades, and I wanted to break that down to three years to look where the rise happened. It's exactly the point where the L1 Peak-Limiter entered the game. #01:06:30-9#

B.K.: Could you write it in the graph? L1 introduced, analog tape, digital recording, compact disc introduced, Finalizer introduced and see what happens. It's obvious that it just rises. What do the numbers mean? #01:07:04-0#

R.O.: The number of samples between 0 and -1dBFS divided by the total number of samples in a track. That's the density. Then you take it in a logarithmic domain, and that's what you get. It has nothing to do with dB. If every Sample would be between -1 and 0dBFS, you get a 1 out of the division. The tenth logarithm of 1 is 0. Therefore the more samples in this area, the closer the graph get's to 0. #01:08:18-9#

B.K.: Obviously the scale is the most interesting scale you could come up with. Could you do more meaningful numbers on this? What can you say that is more meaningful than -3? -3 what? #01:08:59-4#

R.O.: Maybe some kind of percentage. #01:09:04-8#

B.K.: That's what I'm thinking. But would it still come up with the same shape? #01:09:04-8#

R.O.: I have to figure that out. #01:09:15-9#

B.K.: They're gonna ask you what the y-axis mean. #01:09:31-7#

R.O.: Well, that's the definition of Deruty what HLSD means. #01:09:32-6#

B.K.: I see. In units? #01:09:42-9#

R.O.: Maybe we need a more catchy value. You're right. #01:09:54-8#

B.K.: Percent is good. Percent compared to total samples. But it's a wonderful graph. It's fantastic. I'm going to ask permission to use this in the next edition of my book. #01:10:20-2#

R.O.: Can we go to the rest of the graphs and get interpretations for you that I can quote? #01:10:57-2#

B.K.: Yes.. #01:11:00-0#

R.O.: In our previous interview you said that around 2000 there was the introduction of over-clipping the converters in mastering. #01:11:05-6#

B.K.: Yes. #01:11:12-6#

R.O.: You also said that the introduction of apples "mastered for iTunes" initiative could be the idea behind the slight drop. #01:11:31-5#

B.K.: Yes, that's possible. That's my thought yes. #01:13:36-5#

R.O.: The graph on Programme Loudness. #01:13:52-5#

B.K.: There's a range on around 8 dB in difference. #01:14:15-3#

R.O.: Have you experienced this? #01:14:28-4#

B.K.: Yes! That's a big yes. #01:14:30-8#

R.O.: Moving on: Maximum Momentary Loudness. That's the forte passages. #01:14:49-4#

B.K.: This needs to be relative to Programme Loudness. #01:15:07-4#

R.O.: Ok. I'll show this in one graph. #01:15:18-7#

B.K.: You could show the delta between Maximum and Programme Loudness #01:15:44-9#

R.O.: That's EBU2 Crest #01:15:52-4#

B.K.: This is a perfectly good graph. #01:16:42-6#

R.O.: Maximum Short-term Loudness. #01:16:57-0#

B.K.: This is the 3s window. They call this S? #01:17:09-2#

R.O.: Yes. It's wired cause you always think S is shorter than M. But M is 400ms and S is 3s #01:17:21-3#

B.K.: That's why I'm still confused. I haven't read that part of their work. Overlaying it would be a good graph. That would be the graphical analogy of the Bendy-Meter, like the Grimm-Meter. #01:18:12-5#

R.O.: Right. #01:18:20-4#

B.K.: There are some slight differences in shape. Particularly the Programme Loudness does not parallel the other two. In 1951 through 1960. You know the jump in this area is very big with the Programme Loudness. But it's not big with Short-term or Momentary. That is the major difference in the look between those graphs. And maybe when you superimpose them it might reveal something, I don't know what yet. According to Programmeloudness, it jumped up about 2dB between 1958 and 1961. I think in all cases Max Momentary has to be a delta. A delta compared to Programme Loudness to be valid. Because Programmeloudness is the centre of gravity. #01:20:02-5#

R.O.: Yes. #01:20:09-5#

B.K.: I'll give you an analogy of that. Years ago I had a big argument with Neve.....(spricht über Kalibrierungsprobleme bei Neve-Konsolen und QPPM Meter). So the max value just have a meaning when you know where your Programme Loudness is. #01:24:40-1#

R.O.: I just sent you an overlay of the three EBU parameters. #01:25:13-4#

B.K.: Ok. Looking at it. I'm looking for any variances. I think that 400ms intuitively sounds a lot like the ear responses to loudness. #01:27:46-5#

R.O.: Maximum True Peak #01:28:07-1#

B.K.: Starting in 1991 is when everybody tried to hit full-scale. Or above. That's the introduction of L1? #01:28:36-5#

R.O.: Actually L1 was introduced in 1993 or 94. Wave says it was released in the "early 90s" #01:29:05-2#

B.K.: If i try to send a very hot signal with lots of distortion into the TC oversampled Brickwall-Limiter, it gives up. It's not perfect. It will produce True Peaks higher than 0dBFS. There's a limit how good even the Brickwall-Limiter can be, when you start bombarding it. #01:29:27-8#

R.O.: But wasn't the TC Finalizer also in this aera? #01:29:47-4#

B.K.: Oh, I was talking about the Brickwall. I think the L1 came before the Finalizer. I think the Finalizer was mid-90s. But as mastering-engineers we noticed, for a while, a big drop in our own professional mastering as a lot of mix-engineers bought Finalizers and thought they could Master themselves. And if you could find that year and see if there's any correlation to any movement in the graphs, that would be very useful. #01:30:27-1#

R.O.: What did you do in then in the 90's? What instruments where available to hit 0dBFS. #01:30:50-4#

B.K.: The L1 was the first. Then the L2 #01:30:58-5#

R.O.: But if L1 was introduced in 93' or 94', it couldn't be accounted for the graph. #01:31:03-5#

B.K.: Well, we used Sonic Solutions. They had a Limiter in it. And there was another Limiter before that. Sony introduced a parallel Limiter, which worked with the DAA1630 system, and was available from 1985 through about 1990. But it was used very conservatively. And it was very expensive and used only by a few engineers. But it probably shows the rise of True Peak. The rise in True Peak from 1982-1991 shows increased use of the Sony Limiter and the Sonic Solutions Limiter. Which was more expensive and less popular. #01:32:26-5#

R.O.: But this very good selling records could maybe afford them. #01:32:40-0#

B.K.: But still, mastering-engineers were not competing as hard at that time. The war really accelerated in 1991. #01:32:57-9#

R.O.: Loudness Range would be the next graph. #01:33:01-5#

B.K.: Yes. I'm looking at this, and this is saying that the ratio between loud and soft passages has stayed fairly constant from 1951 to 2011. #01:33:33-1#

R.O.: Right. #01:33:33-6#

B.K.: My example is Steve Wonders "Innervisions", which was listed as a very popular album. #01:34:12-3#

R.O.: "Innervisions" is included here. #01:34:12-3#

B.K.: It was made at a time before car-stereos, before cd-players in cars, before CDs. And I'm sure it has a wider LRA than 6dB. #01:34:38-9#

R.O.: I'll look for it. Just a moment. Everything between the whiskers is 50% of the data. From 25 to 75%. The top average is around 9 and the bottom average is about 4. #01:35:21-8#

B.K.: I see, so extremes are in there. #01:38:24-5#

R.O.: I just send you a box-plot of the data. #01:38:46-3#

B.K.: Got it. #01:38:59-4#

R.O.: The line in the box is the median. The red cross is the average. The box represents 25 to 50%. #01:39:31-2#

B.K.: There's a bigger range over the median. #01:40:01-2#

R.O.: The 50% in the middle stays about the same level. So there's not much change. #01:40:19-2#

B.K.: Something changed though. Can you extract a graph that shows the value of the softest passage that meets LRA criteria compared to Programme Loudness. LRA is a statistical measure. #01:41:20-8#

R.O.: Yes, it ignores the lowest 10% and loudest 5% #01:41:32-1#

B.K.: What I want to know is, if you take the value of the softest passage, that lower 10%, and you calculate that. Maybe you already know that? #01:41:59-1#

R.O.: I could calculate it from Maximum Short-term. The integration time for LRA is 3 seconds, same as for Max Short-term Loudness. I could calculate MaxS-LRA. That would meet approx. the lower 10%. That would be not exact, but close. Cause LRA is the spread between 10-95% and MaxS is 100%. #01:43:20-9#

B.K.: If you could see if there's a tendency to have less and less soft passages as the years go on. #01:43:36-5#

R.O.: I'll figure that out. #01:43:45-1#

B.K.: Because that's what I mean by dynamic-range. #01:43:46-8#

R.O.: The absence of soft passages. #01:43:48-9#

B.K.: That's part of it. #01:43:50-7#

R.O.: Good idea. Next, the peak of 10ms RMS. It's rising. #01:44:10-1#

B.K.: Right, that's just another way of looking at it. #01:44:11-5#

R.O.: About 8dB, which is in average the same as the rise in Programme Loudness. #01:44:17-2#

B.K.: Right. #01:44:27-3#

R.O.: That means that this measurements correlate. #01:44:38-1#

B.K.: It's good to see that. #01:44:52-1#

R.O.: Same with Sample Peak to Median. #01:45:04-3#

B.K.: You show the ranges with the error-bars. #01:45:15-4#

R.O.: Yes. They are getting narrower and narrower. #01:45:15-4#

B.K.: Yes, that's good. #01:45:18-7#

R.O.: Meaning that 50% of the data is in between a narrower range. Where the range of the LRA doesn't decline. #01:46:40-1#

B.K.: Try to put the description next to the graphs. You'll be there for years :) My theory is, that soft-passages have also decreased. #01:47:49-2#

R.O.: I'll try to find this out. #01:48:09-7#

B.K.: Great. #01:48:15-9#

R.O.: Can we look at the FFT graphs? #01:48:34-2#

B.K.: All right, this is the tough one. What does ERB stands for? #01:49:08-3#

R.O.: Equivalent Rectangular Bandwidth. It's a similar concept like Bark. Above 1000Hz it's approx. the same. Under 1000Hz it's more accurate. #01:49:49-0#

B.K.: Oh! #01:49:55-7#

R.O.: Erklärt ERB Konzept. #01:50:38-1#

B.K.: That's the basis on which JJ explains his stuff. #01:50:51-6#

R.O.: Right. #01:52:04-6#

B.K.: Can you do that on a large scale of data? #01:52:20-0#

R.O.: Song by song measurement and building a statistical overview. #01:53:02-6#

B.K.: Let's see if we can explain the roll-off at the top-end. #01:54:44-9#

R.O.: The numbers allow a comparison between the tracks. They stand for the energy in a band. #01:57:29-9#

B.K.: We look at one compared to another. That's all we can do. #01:57:47-0#

R.O.: Right. #01:57:59-0#

B.K.: What do you think this graph tells us. #01:58:07-9#

R.O.: I think that the graph tells that something happened in the mid 70s. From there on there is a rise in the low frequency area. #02:00:10-2#

B.K.: So this represents a tonality. As well as a rise in peak level. Talk me through this. #02:01:23-8#

R.O.: Looking at the Crest. The higher the graph, the bigger the difference between the peak and the median. #02:02:30-4#

B.K.: Well, one theory is, that the compressors are too slow to control those frequencies. That they let them go through. Short Term Transients. If we look at Crest at 76'-11'. They all follow the same shape. There isn't much processing difference. If we use digital processors that which are more like peak limiters, than we would expect to see the 2011 deviate more from other frequencies. #02:03:18-5#

R.O.: There is a big difference in the mid range, between 82 and 2011. That's about 7dB difference. So this more is way more compressed so to say. #02:03:47-5#

B.K.: And this correlates with the wideband measurements? #02:03:57-3#

R.O.: Yes, but the funny thing is: The difference in the bands is not always the same. #02:04:15-6#

B.K.: The graph is so busy. Maybe you can pull out all in the middle and just show the outer ones. It's hard for me to see that. #02:04:59-2#

R.O.: If you go back to Peak-Level, we can see that the peak from 2003-06 is higher than 2009-11. #02:05:26-8#

B.K.: Ok. #02:05:31-3#

R.O.: This is true for all frequency bands. #02:05:34-2#

B.K.: Ok. #02:05:34-2#

R.O.: And if you go down to the Median-Graph, you can see that the 2009-11 graph is gaining up, and is on top in the mid-frequency's. Meaning that between 2000 and 2009 the peak levels dropped, but the median levels rise. #02:06:18-2#

B.K.: Right. #02:06:22-7#

R.O.: This would mean that the Crest would also rise or fall. But the wideband Crest is decreasing. So there's something in between here, which adds up to a slightly decreasing wideband. And I think that's the mid-range. #02:06:46-4#

B.K.: Because there's more density material in the mid-range and there isn't that much high frequency amplitude.

I'm looking at the Crest, getting better so to speak, or bigger in the high frequencies. And you're saying when measuring this with 400ms you would get approx. the same parallel shape. #02:07:38-2#

R.O.: That would be a guess, but all the other wideband measurements with different integration times match up and correlate. So this also has to correlate i think. #02:07:58-3#

B.K.: This is the first graph I've ever seen that shows.....Wow, something happened between 75' and 76. What is going on? This is something for Bob Ludwig to see if he can answer. #02:09:29-6#

R.O.: He has no time till the end of August he said to me. #02:09:32-1#

B.K.: I know. Maybe Thomas (Lund). I don't understand before 75' the scatter, and after 75' the uniformity. #02:09:51-6#

R.O.: There is sort of uniformity before 75. It's dropping constantly below 500Hz. #02:10:16-3#

B.K.: This clearly shows application of processing. In 1952 they didn't have those kind of compressors that they had in 1972. I think that's what we're seeing. So I think that's all we can say. I'd rather go back to 1952 any day... I don't know what to say. #02:12:50-3#

R.O.: Let's go to the graph that compares peak-levels to the levels of 1982–1984 #02:19:18-2#

B.K.: I see it. Ok. #02:19:24-6#

R.O.: The baseline is 1982-84. What happens for the recent years is a bass-boos. #02:19:44-6#

B.K.: That's a stylistic change. It represents engineers being more and more daring at using base I think. I mean I've done it and we all seem to have begone to recognize that the bass range is more important than before. And the base-drum. Hip-Hop for example. #02:20:19-9#

R.O.: The same for median levels. It shows 13dB more in the range of 55Hz for 2006–2008. #02:20:51-5#

B.K.: That's not a processing-, that's a stylistic thing. It could also represent the discovery of side-chain equalization in a compressor. #02:21:05-3#

R.O.: What happens then. #02:21:12-9#

B.K.: When you equalize the side chain, that there is less base frequencies in the side-chain, then the compressor acts less on base frequencies than it does on frequencies in mid range and treble. #02:21:23-0#

R.O.: Could this also be the influence multi-band-compressors. #02:21:29-3#

B.K.: Sort of. You wouldn't see this rise as much with a multiband. You would see things being more controlled and equal. I think this is mostly stylistic. That people were mixing the base frequencies and the base-drums more important then they did in the earlier years. #02:21:56-3#

R.O.: In every genre? #02:22:09-4#

B.K.: Yes, every genre. #02:22:09-5#

R.O.: In the crest-comparison you can see that the ranges in the low mids are more compressed then the next block. #02:25:15-1#

B.K.: That's very important data now that I see it. But this is so busy that I can't read it. #02:25:57-0#

R.O.: Do you see that there's a pattern in it? #02:26:08-9#

B.K.: Well, there are several patterns. There's more than one pattern. There is more and more low frequency compression in later years. There seems to be a curve around 300Hz. This could be multiband. I need to see this simplified with fewer years or looking at the year by year basis to see the pattern better. There's a general tendency for less compression in the 200 to 500Hz range. Multiband, that's all i could think of. #02:29:23-2#

R.O.: I'll send you a plot that has just the 90s in it. #02:31:05-4#

B.K.: Yes, this is easier to follow. Wait a minute. 1991 is less compressed then 2009. But they have similar parallel shapes. #02:34:35-4#

R.O.: Look at the 2003-05 graph. It shift's positions. I'd like to know what could be accountable for it. #02:35:57-6#

B.K.: It looks like it's an outlier. It looks different than any of the others. It's less compression, lighter. Does this correlate with the curve of average loudness in these bands? No, the median does not correlate at all with the shape of the crest. Except in the base-range, where it's important to look at and see that there's more base and at the same time there's more compression in the base. That's important to know. And there is this consistent roll-

off in the treble. Well, 2003's crest has to represent multiband, but I can't explain why it would happen only in a certain set of years. #02:37:38-7#

R.O.: The peaks rise and the median falls in this areas. #02:37:57-2#

B.K.: Go find some music in this area and see if the percussion is much brighter and louder. And maybe you'll see a tendency there. Maybe a predominance of some hits that have that sound and that everybody is imitating. #02:38:18-7#

R.O.: That could be a clue. #02:38:24-3#

B.K.: Wow. The more you look at it the more you learn, and sometimes the less you learn. (weiteres persönliches Gespräch nicht transkribiert). #02:44:26-4#

R.O.: Thank you very much for your time! #02:44:48-3#

B.K.: Thank you, bye bye.

X.1.4 Thomas Lund Interview

Das Interview mit Thomas Lund (T.L.) wurde am 29. Juni 2012 via Skype geführt

R.O.: Hello Thomas! #00:00:00-4#

T.L.: Hi, how are you doing #00:00:06-9#

R.O.: Fine thanks! It's very hot here. #00:00:05-2#

T.L.: Yeah I noticed that southern Europe is having a heat-wave right now. Here we are sort of in between. We had thunderstorms today, so we are just in between the warm and the colder area. #00:00:28-3#

R.O.: Lucky you. I have to record this interview, because I have to transcript parts of it. Is this o.k. with you? #00:00:38-5#

T.L.: Yes, go ahead. #00:00:41-1#

R.O.: The first thing I want to ask you is about your background. Can you give me a summary of that? #00:01:25-7#

T.L.: I actually, as many of TC employees have done, I started out as a musician around 1980 or something like that. Then i actually studied medicine at the University of Aarhus. Specialised in perception. But I never got what we called...when you're finished with your exams, you are supposed to practical courses, but I never did that because I was actually approached by one of the founders of TC company Kim Rishøj. I just decided to try it for a year or two and then, because I got very good at what you would call "conditions" for like doing some of the things I'd actually want to do in the studies at... you know Danish hospitals, they are really only interested in hearing-sicknesses, what you would call "pathology"... and I was more interested in sort of precision hearing and how our perception works and things like that, which I could better do at TC. So I stayed with TC. Three days ago I had 15 years anniversary at TC. #00:03:14-9#

R.O.: Oh! Congratulations! #00:03:13-5#

T.L.: Thank you! And I didn't notice it myself. One of my colleagues had booked a meeting. 11 o'clock we were in a meeting room, and when I came back there was a big celebration. That was quite fun. #00:03:32-7#

R.O.: Great. You are the head of a certain department of TC #00:03:40-7#

T.L.: Yes. TC's research is divided in two areas. We have what we call MI, that's musicians stuff like base-amplifiers and guitar-pedals and tuners and things like that. #00:03:56-0#

R.O.: That's M.I. #00:03:57-6#

T.L.: MI, for musical instruments. It's just an abbreviation that's typically used in the audio business. We are divided in an "pro-section" and in an "MI-section". I'm development manager in the pro-section. Which is equipment for...as you know like... it's the loudness metering and control-equipment. It's for broadcast and it's for film-production, for music production and mastering...things like that. Reverb as well. So that is what we would call sort of the high-end stuff, which we also produce in Denmark. #00:04:57-2#

R.O.: Ok. #00:04:58-0#

T.L.: All the software of course is produced in Denmark, only the pro-stuff, we call it "HD" actually. #00:05:14-4#

R.O.: HD for high-definition. #00:05:22-3#

T.L.: Yes. We call it HD and MI. Of course we also share some resources between them. For instance some of the sales and some of the book keeping and marketing and things like that is shared between the two half's of the company. And sometimes we move engineers from one side to the other, depending on which project we are in, but we try to keep the two development groups separated. #00:05:57-8#

R.O.: In this HD section you developed things like the Finalizer. #00:06:04-3#

T.L.: Yes that is in my section. That is of course one of the "offenders" in what we are going to talk about as well. That was one of the first you could call it "lethal weapons" in this arms race. So we were also responsible for starting some of this by maybe giving too many people that didn't know what they're doing access to quite powerful processing, where you could irreversibly destroy or at least harm the music this way. #00:06:47-3#

R.O.: When was the Finalizer introduced? #00:06:49-5#

T.L.: I think it was in 96' #00:06:54-6#

R.O.: Shortly after the L1? #00:07:05-1#

T.L.: They were more or less simultaneous i guess. L1 was only a plug-in, it wasn't multiband. It was just a limiter. Where the Finalizer had many different tools included, of course also limiters. #00:07:24-5#

R.O.: I just thought on the outcome of the study there are some points in the 1990s where it is going through the roof. #00:07:40-0#

T.L.: Approximately it's probably around the time where the Finalizer was introduced. #00:07:45-4#

R.O.: It's shortly before and then of course after as well. #00:07:50-2#

T.L.: Before, just to get a more complete picture, we introduced the M5000. Which was like a multi effects processor. That was introduced in the early 90's, maybe 91 or something like that. And on that you could buy a license called MD2, which was a mastering package. But the M5000 was a relatively expensive piece of equipment. So only very skilled mastering engineers bought it anyway. There was a barrier just with the price. Even though the same you could call it "weapons" that became available on the Finalizer had been available for already five years before the Finalizer was brought out. It was only very qualified people using it. So I think the big change happened because all of this democratised both because we released the Finalizer and because also Waves and others mad plug-ins for ProTools that made it very easy to clip and make alias-distortion in the mastering process. #00:09:12-8#

R.O.: You are happy about what tolls like the Finalizer did to the industry? #00:09:25-6#

T.L.: No, I'm not. But if you look at it, we were actually quite early to recognize that it was being used in a counterproductive way. So we relatively early, only after it had bee out a couple of years, we made some pamphlets about it. And that was to try to make people use it a bit more sensibly. Because if you just look at the Finalizer from a technical point of view it's still a fine piece of equipment and it makes very low distortion if you want the distortion to be very low. But of course it can also add a lot of distortion if you don't car. So it's a question of finding the right balance. Instead of just doing hyper-compression it can be used as a perfectly fine tool but not when you go to extremes like it was practiced. I'm not as such against our own equipment actually. Many things can be abused like also many drugs and medicine you know can be abused if you use to much or take the wrong pill for the wrong sickness. #00:11:02-7#

R.O.: So it's all a question of the dose. #00:11:04-6#

T.L.: It is, precisely. #00:11:08-2#

R.O.: I get I good picture of you in the role of this now. I already spoke with Bob Katz about certain graphs of the study and you and me also had an exchange of mails. What I want to know is, how good the validity of the EBU R128 standard actually is. How accurate is this measurement? #00:11:48-2#

T.L.: The only way you could think of it or quantify it's accuracy I think is by doing independent verification studies. You probably read a lot about this already but I can give you the summary as seen from my point of view. The R128, or if we go back to the BS.1770 to start there, it's a relatively simple LEQ algorithm. The original was only based on mono signals. So the original studies were based on mono. And in it's mono essence it has been verified extensively. In 2003 there was a competition between a lot of audio companies, or rather ITU had invited companies to submit loudness models. Because they had a lot of human listening tests on certain programs. So you could then try the loudness models on these maybe 50 different programmes or something like that, and then, by looking on the big pile of human listeners, you could evaluate how well the loudness model predicted the outcome of these different audio segments. We submitted a relatively primitive model for that. We designed a loudness mode back then based on our own experience. We used different code names for that and

we also went to the meeting, I think it was in Ottawa or something like that or in Toronto, it was in Canada at least, where many other companies went there because they had submitted these models and we wanted to see how well other companies performed and things like that. Finally CRC, the Canadian Research Centre, which by the way had been cut drastically down, I don't know if you heard that, that's very disappointing that they sort of sacked three quarters of the company. #00:14:46-0#

R.O.: Oh. #00:14:46-0#

T.L.: Yeah, that's bad. Because it was one of this good research centres. You know we have a few in Europe but this was one of the few ones outside Europe. #00:15:04-2#

R.O.: That's were Mr Soloudre works. #00:15:04-1#

T.L.: Yes, originally he did. He left it five or six years ago. He has also done stuff for TC so we know him quite well and I met him a couple of years ago at AES. He still went there but he is working for the defence industry now in Canada and the US. So he's not involved with CRC anymore. The latest guy that was in charge of the CRC is called Scott Norcross. But anyway, back to the studies, the CRC model, which was a very simple one, that's the one that is actually in the BS.1770, was just as good or actually marginally better than many of the much more advanced loudness models that us and other companies had submitted. So we might be 0.1 dB better on some segments but also on other segments we could be a little bit worse than the CRC model. So all in all, if you look at it's simplicity, and there was no patent or anything on this CRC model, so it was decided ok let's go further with that. Instead of companies like us or Dolby or all the other companies that had submitted loudness-models. We had hoped for a patent to have the best loudness model and then people would have to pay us for using the model and bla bla bla.. But that didn't happen, because this very simple model was proven to be just as good and in many cases better than, and for instance much, much better than LEQA and other models that had been used previously. #00:17:03-9#

R.O.: And this was proven in subjective tests. #00:17:14-9#

T.L.: Yes, this was 2003. We were a little bit critical about that, because we only saw CRC had performed these tests at five different broadcast sites. One in Australia, one in Germany I think it was at IRT, two in the US and one in Canada or something like this. So their subjective tests were compiled from five individual studies and we were a bit critical about that if they had done it properly and we thought that results probably were biased in one way or the other, since such a primitive loudness model could be as good as the more advanced ones. So we set out to either verify what they have found or reject it. And we did together with the McGill University first in Montreal and did a rather extensive study on that. A couple of my colleagues did these papers. One of them became a PhD. on that paper. #00:18:29-8#

R.O.: Is there a possibility that I can get a hold of this paper? #00:18:40-2#

T.L.: Sure, One of the things that is important in that study is also to find a good metric for evaluating the different models. For instance the correlation. You always have a noise in a study. I've done a lot of statistical studies, more on the medical side, and you always try to find out what is your uncertainty window. What the noise floor of the test, and you don't want to try to test anything below the noise floor because what you get out of that is random basically. Søren and Espen, my two colleagues, they proved in one of this papers, that it's a different metric the mean subjective deviation for instance that's better at discriminating between the good and the bad loudness models. But you could read that for yourself. I think that's pretty important that people acknowledge that. Because otherwise we get more or less the same readings for all loudness models. It's basically difficult to prove anything if they all perform more or less the same. If it's very difficult to make a test where you could see any difference between the models then there's not really much point in it. And that's where I think for instance when you see the mails we had with JJ also, he's like completely on the other side of course. He thinks that the model is too primitive, but according too two different independent studies from us, one from IRT and couple from Japan, actually the loudness model they come up with is pretty good. It's amazingly good for such a simple model. You could outperform it by a little bit, but on the average it's a very decent model. I don't know if you tested it for yourself but it is actually quite good. #00:21:16-9#

R.O.: I tested it for myself and i found it surprising. #00:21:22-0#

T.L.: Yes, surprisingly good isn't it? #00:21:23-4#

R.O.: Yeah. Because it's so simple, the idea struck me why does this come up now, and not like ten or fifteen years ago? If it is so simple. #00:21:36-2#

T.L.: I agree completely with you and I'm surprised as well. And you know for instance the Zwicker&Fastl models that are much more complex with this critical band analysis of course this is what you would suppose you need to do in a loudness model also. But it seems like the temporal aspects are more important then the spectral aspects so to speak. I know JJ has been involved with some data reduction stuff, some codecs, but

Søren, my colleague, has as well, he was actually one of the original mpeg designers here in Europe so he knows all about the same things. And from the beginning he said he was also very sceptical about the Canadian BS.1770 model and said "no, it must be to primitive", but based on all the data we could assemble on real world signals, time varying signals that type you typical use in broadcast or film or music, we had to accept that it was only marginally worse the best model we could do. And the best model we could do was far, far more complex. So it would make no sense to use the fare more complex model anyway. #00:23:06-9#

R.O.: My next question is about the things i did on suggestion of Bob Katz to get "soft passages" out of the data. Do you think it is valid to use the parameters of the R128 standard like I did? Subtracting maximum short-term and LRA from each other. #00:23:41-8#

T.L.: At least you could show something doing it. But I don't know how valid it is. I'm a little bit sceptical about it because I think we are sort of mixing two things together and I think Bob is doing that as well. He calls it micro dynamics or macro dynamics, maybe those are ok expressions, What I think for instance LRA, if it's music, can tell you: it will tell you if you have the type of epic music, for instance classical music is typically sort of epic because you have different movements that can be very different or for instance pop rock music from the 70's can be very epic as well you know like Bohemian Rhapsody by Queen, Pink Floyd, Led Zeppelin etc. All those things can be epic sort of storytelling where you have very soft and very powerful parts playing side by side. LRA will of course measure that. #00:25:08-5#

R.O.: The study shows that the LRA didn't change. #00:25:15-1#

T.L.: Yes, I agree. And that's because you've always had these type of tracks where it's very loud or very soft. The only difference is that you have elevated it, you have sort of set the base level. If you compare to a 70's or 80's album, where you have the base level maybe sitting around - 16 and you have your LRA varying around that level, you now may be sitting at -8 or -9 and can still have variations of course. #00:25:57-7#

R.O.: Yes. #00:26:01-6#

T.L.: I would also be surprised if you could see an average change in LRA. That would only happen if everybody wanted to make elevator music or music that is completely the same from start to finish. #00:26:16-9#

R.O.: But this was one of the claims of loudness-war. That music is not just getting louder, but also more dense and compressed. And this would suggest a lower LRA. #00:26:33-2#

T.L.: But on the other hand, if you take one of the most offensive tracks that's ever been made, you probably measured it yourself, the Metallica track The Day That Never Comes, that one has a pretty large LRA, as far as I remember around 6 or something like that, because it has a "soft" intro. And of course the intro isn't soft compared to anything else, only compared to itself so to speak. So of course it's overly distorted and especially in the choruses and things like that, but still that track as well just have been shifted 5 or 6 dB down and would have sounded much better and it could have had the same LRA. A track like Kelly Clarkson, I don't remember her famous track where it has an also relatively soft A-part and then a very, very noisy chorus, that one is also hyper-squashed you can say. #00:27:45-8#

R.O.: So it's the distortion that causes the problems. If I get the same LRA on different baselines. #00:27:54-0#

T.L.: Yes, I would say so. In my opinion the main issue is not so much the LRA, because the only thing you can use the LRA for is to see if a track would be a problem to play back for instance on an airplane or in a car or something like that. For instance Hotel California, if you know that old Eagles track with the quiet intro and thing, that can actually drown in a car and if you measure it's LRA it's relatively high, 7 or 8 i think, and that's just at the verge of when you can expect some of it to drown for a listener under noisy conditions. So I don't think you can use LRA as any evidence here actually at all. And I know Bob has a hard time excepting that. The only thing LRA is good for is to guide a production engineer if he has excessive loudness jumps inside his programme. And maybe he wants it. Maybe if you are creating a new Pink Floyd type of track then maybe you want to do it, it's not that you should not have a high LRA, you should just be aware that this could be challenge under some playback conditions. #00:29:18-6#

R.O.: Where's the most critical measure to describe what happened? #00:29:32-4#

T.L.: In my opinion again, the reason where I am not terrible fond of what JJ is talking about, this very short-term loudness, I don't think that that's so interesting, at least not in my point of view because if you look of it from a spectral angle, then as you know it yourself there can be many different reasons why the spectral changes happened over time. It could be if people liked it to be brighter, if people are using headphones at a different level or whatever. So it's very difficult to use brightness in any sort of smoking gun in this case in my opinion. The only real smoking gun you have in my opinion the frequency of running into red light districts. So the 0dBFS + area so to speak. I'm biased also because we did papers about this twelve years ago. But i still think it's

the best smoking gun still, because every time you go into that area where you have true peak levels above zero, then that's an indication that clipping and alias distortion has been added to the track. Sometimes either during the mix or during mastering or something like that. So in my opinion that's a smoking gun. Where things are becoming more brighter or something like that it's not a really smoking gun in my opinion. #00:31:20-1#

R.O.: Ok. I searched for the energy in different ERB bands and it showed, that over the years more and more ERBs were filled with energy. According to JJ and the loudness model of Zwicker&Fastl, this means that the overall loudness has to rise. #00:31:51-3#

T.L.: Yes, of course. Because we know that the BS.1770 is a good predictor of loudness. That's also what we see. It's just two things of saying the same thing. Because when you are doing the clipping, when you are applying distortion, I completely agree that you get much more loudness than you would expect from just looking at the squaring. So by having the same level you can easily have much higher jumps in loudness, even though, if you see what I mean. It's an non-linear thing. So the squaring or the filling of more ERBs in this case, which is the same thing, adds up to much more loudness. But in my opinion that would already be part of the LEQ-model because the energy rises this way and it's basically a measure of energy. I don't know if you would get a different result. Maybe you have done some more studies on it and maybe you can tell me what you find. But I would be sceptical at least about if it's more accurate. #00:33:26-1#

R.O.: No, the thing is, what I am seeing in this analysis is where it happens. That it happens of course I see also with the EBU measurements. Of course it would be quite the same, but the interesting thing was to see where, in which bands is this happening. And there are shifts in the base and in the top end and of course everything is getting louder or has more energy per ERB over the years. For me, that alone is actually not a problem, as long as it's not distorting. #00:34:05-2#

T.L.: No. I agree. Of course you could say that it could be problem to the extend that data-reduction codecs, because of their critical band filtering, if they get sort of a lot of bands or bins filled up all the time, it just produces more and more what you would call random results. Because if you have just have all your bins filled up more or less, then it's like you give the model pink noise to look at, it can't decide what is actually in this. So maybe the result from filling up the bins like we are doing now is worse then we hadn't used data reduction. #00:34:56-1#

R.O.: What would be a perfect level or limes for levels, peak-level to not distort. #00:35:09-6#

T.L.: In my opinion you could go all the way up to true peak zero. That's fine. If you take an original master from like the late 80's or the beginning or the 90's, then you will actually notice that it will peak very close at zero dB true peak. If you just enter stuff from the analog domain, for instance from quarter inch or half inch tape, through an A to D converter and then adjust your analog level so you precisely get full scale on the converters, in the analog domain, that will be very close to zero dB true peak anyway. As long as you don't do any clipping or processing in the digital domain, then you would be very close to zero dB true peak. And I think it's a pity to be more conservative then zero dB true peak at least in a linear environment. There's no point to it, because you're just wasting headroom that way. For me, the zero dB true peak is a good indicator and it's also a good indicator that if you're above that level then something is terribly wrong with the master. #00:36:57-4#

R.O.: The data shows that there is a slight decrease of zero dB + levels the last few years. Have you noticed this? #00:37:09-2#

T.L.: Yes, of course I noticed it in your paper. We are also sort of trying to take samples of records. We haven't done it as systematically as you have done it recently. Your collection is very impressive by just the sheer amount of tracks that you have used. We also have some criteria's for the top tracks in the UK and Denmark and different countries, so we can say let's just take the number one every month for instance that's one of them, and then measure that and see if there is a trend. And it's basically been the same that you are showing in your papers until two years ago the trend was going up, the frequency of true peak was going up, but now it's actually slightly going down. Maybe it's the BS.1770. That would be nice. Or it's just a pendulum that you have to go too far out one side where everybody can hear "oh this is bad", or maybe it's because people realise that there would be normalisation like in iTunes and maybe also at broadcast stations and other places where you just put yourself at an disadvantage if you hyper-optimize. #00:38:50-2#

R.O.: Do you think that initiatives like "mastered for iTunes" could be behind this? With their tool you can see the critical parts in your master, this is like pointing with the finger on it and then reducing this few cents of a dB that it is ok with that. #00:39:21-0#

T.L.: I think that that's a very good idea of Apple. I don't know if it could have had any influence on the data yet because it has only been out for half a year as far as I know. But it's another step in the right direction. Because if people are gradually becoming aware of this. The BS.1770 standard was originally written in 2006 i think. So in 2006 was the first time true peak measurement became valid at all in a general scale. So even though we may

have had it in some of our equipment, we are just a small company and other companies might have had similar things, it wasn't really accepted until late 2006 because of the ITU standard. So maybe it's the influence from that. This is only speculation, I have nothing substantial on that, I'm just guessing. #00:40:44-3#

R.O.: Could it also be that people are enjoying more and more data-reduced like MP3, and not so much linear files like CDs? #00:41:00-6#

T.L.: Yeah, that's true, because if you have everything data reduced then the chance of zero dB true peak or above is lower of course. #00:41:19-6#

R.O.: I mean that the studios notice that there is a lack of quality if when decoding with zero dB + linear files, the outcome is not a good one. #00:41:33-4#

T.L.: Yes, of course I would hope it was like that. You've probably seen that we are a couple of guys that have been preaching this for a while. I think it would be overestimating our own preaching, Maybe it's convincing a few people but I don't think it could be shown in data. I would be surprised if it could. I don't have any other explanation then maybe, as you said, people have realised that there's a limit to what you should do because especially when going through data reduction where you should actually maybe stay 3 or 5 dB clear of full scale. At least if you are using a sample peak meter. Then you should be relatively conservative. #00:42:44-0#

R.O.: Do you have an idea what will happen in the future? #00:42:46-6#

T.L.: I have an idea, at least a wish is that Apple will turn on Soundcheck as a default. I think that would be an important event if they did that. But I'm also a bit sceptical because a lot of the other music services like Spotify or cloud services and things like that, where the price on music seems to be going further down, which could be an indication that it would be even more casual, a lot of those companies they won't care anything at all about audio quality would be my guess. And then of course the situation could become worse again, because Apple is at least conscious about audio and video quality. So as long as they are one of the market leaders that has I think a benign affect on this but if the option should become true and you start to have cloud services where nothing is pre normalised or something like that, then that's certainly a step in the wrong direction again. What do you think? #00:44:13-7#

R.O.: To default Soundcheck would be a step, but I also see a very good chance that the EBU standard, at least for Europe, could make a difference if it is adopted and transferred to radio. #00:44:31-8#

T.L.: Oh yes! You probably noticed that they have done it in Norway. Or you probably heard it from Florian Camera. #00:44:42-9#

R.O.: Florian told me that they are planning to do this. I work for the ORF so I know that we are talking about this. It's happening in TV because that's the big market. But if you want to reach the music business i guess you have to transfer it also to radio, then the business would produce for radios. They did it in the past. #00:45:10-8#

T.L.: Yes. Maybe for radio, as long as we have FM radio, there is a bit of a reason for producing higher outputs or more frequency deviation because you get a marginally better reach that way. But hopefully when we get digital services more widely spread then there would be absolutely no reason for not using the EBU standard. #00:45:41-7#

R.O.: Yes. #00:45:41-7#

T.L.: Do you have a DAB or any digital service in Austria? #00:45:41-6#

R.O.: No, not in Austria. But it's starting in Switzerland right now. At least there is massive advertising for it, which surprised me. The discussion about digital radio is going on at least ten or fifteen years, as long as I am in radio there's a talk about it. And they tried it as you know in Germany for a time-span and I guess the even switched it of because it was just burning money and FM is working just fine. #00:46:28-1#

T.L.: Yes, and of course there's a lot of costs for the replacement of transmitters and all that. #00:46:31-0#

R.O.: Not only the transmitters, but also the receivers. The listeners have to buy new radios. And I think that this is one of the biggest problems, because we notice that radios are getting fewer and fewer and if you try to switch the ones you still have you maybe get lost totally. #00:46:55-8#

T.L.: Ah ok, yeah. #00:46:59-6#

R.O.: It's difficult and I'm curious what will happen in Switzerland. It might be a good test market for it. #00:47:04-8#

T.L.: Switzerland seems to be a good country for this, at least from an audio point of view. They are quite conscious about these things. I agree with you that for instance it succeeds in Norway and it succeeds in Switzerland then that would be a good indication. #00:47:30-8#

R.O.: Norway is doing it also with the EBU standard? #00:47:37-8#

T.L.: Yes, but only on the DAB service. They are normalising at -16 or -17. Looking at your data it seems a reasonable choice, like Apple is doing. #00:47:59-9#

R.O.: Fine. Thomas that would be all of the questions I wanted to ask for now. #00:48:04-4#

T.L.: That's good. You can of course just drop me a mail or we can discuss things. I'd be happy to follow up on this because it's highly interesting that you have produced so much data. By just the amount of data it's very credible that way, so I'd be happy to follow what you're doing. #00:48:35-9#

R.O.: Thank you very much for your time Thomas, enjoy the weekend! #00:49:22-4#

T.L.: You too! Take care.

X.2 Email Korrespondenz

Im folgenden ein Auszug aus dem Korrespondenz die via Mail zwischen Bob Katz, Thomas Lund, James D. Johnston und Rudolf Ortner geführt wurde.

Von: Bob Katz
Datum: 08. Juni 2012 16:54:20 MESZ
An: Rudolf Ortner
Betreff: Re: Contact Us

That's an absolutely fantastic and stunning set of thesis results, Rudi. I'm so excited by the measurements that I would like to know whether you are willing to let them be published in the third edition of my book or become known outside of your own research.

Best wishes,
Bob

On 6/8/12 5:40 AM, Rudolf Ortner wrote:
Dear Bob,

The mutual dependence of technology and aesthetic is one of the key-questions i ask. It will be great to hear your ideas on that. I'll call from the radio-studio where i work via skye tomorrow around 2-3 PM your time.

I also attached an abstract of the analysis i made. maybe we can talk about that also.

Best wishes,
Rudi

Am 07.06.2012 um 19:27 schrieb Bob Katz:
Dear Rudi:

Congratulations on getting close to your masters. Part of your thesis perhaps should be whether technological changes have dictated esthetic changes or vice versa. I have my ideas....

I'll be happy to talk. There's a recorder available for Skype.

My Skype number is ***** and I think a Saturday around 2-3 PM eastern U.S. time (about 8-9 PM your time) would be best.

Best wishes,
Bob

On 6/6/12 4:21 AM, Rudi Ortner wrote:

A new request has been submitted.

Subject: Interview Request
Message: I'm currently finishing a master-thesis on the subject of the developement of audio-quality and aesthetic-changes in sound. Therefore I analysed over 10.000 tracks of popular-music from 1950 to 2011. To brush up this analysis, I try to interview mastering-engineers with great experience. One of my dream-candidates for this would be Bob Katz. Is there any chance I could get in touch with him to do an interview per phone? It would be great to hear from you, with kind regards from Vienna, Rudi

Von: Bob Katz
Datum: 09. Juni 2012 23:28:07 MESZ
An: Rudolf Ortner

Betreff: In search for a measure of dynamic range...

Hi Rudi. It was very nice talking to you. I believe that the dynamic range of popular recordings has decreased more than your current measurements seem to indicate. More than 6, more than 8 dB, maybe as much as 10 dB loss in average dynamic range. I could be wrong, this is just my feeling.

Let's see, we reached a point where your measure of Micro-dynamic (10 ms delta crest) shows a 2 dB reduction from 1980 through 2011. And we discussed that the reason the LRA remains approximately the same throughout the same period because as the average level goes up, so did the peak level (with consequent distortion).

Thomas Lund has another concept for average loudness which he calls "center of gravity". I'd like to know what exactly it means or how it is defined. Maybe this is the forte level?

Perhaps the key lies in the difference between the center of gravity (or perhaps average loudness) and the softest (non-gated) passages. I think that the softest passages are not as soft today as they were in 1980 RELATIVE to the average loudness. Maybe that is the key to measuring the loss of dynamic range. Maybe you can show a comparison of that and see if it's greater than 6 to 8 dB difference. Mastering engineers are far more afraid today of mastering soft passages (relative to the average loudness) than they used to be.

Or the difference between verse and chorus, for example, this is far smaller today than before. Choruses are often softer now than verses, there is so much compression. It would be nice to find ways to describe the loss of microdynamics that are more effective than LRA or anything you've showed me up to now. The spectral measurements you are showing may be the key as well. We shall see, I admire your work greatly.

Best wishes,
BK

Von: Bob Katz

Datum: 16. Juni 2012 17:56:51 MESZ

An: Rudolf Ortner, Thomas Lund

Betreff: Re: In search for a measure of dynamic range...

Dear Rudi: cc to Thomas

Time is so short! It's 11:45 AM and ***** I am JUST GETTING to trying to read your reports. I have a client coming to pick up his masters at 2 PM.... Please think about Sunday morning about 10 AM our time if possible to continue our conversation. Or possibly later today, but I want to have time to read and study everything you sent and compile a series of questions, answers and proposals. Which I wonder if I will have time before your scheduled call today....

I doubt it.

On 6/14/12 4:19 PM, Rudolf Ortner wrote:

[The definition of dynamic range is indeed very tricky. I like to think of the two different ones. macro and micro. I belief that I found a good measure for microdynamic range with the 10ms crest. the sample-accurate crest ist even bigger, but hard to handle.](#)

And sample accurate crest shorter than perhaps 1 ms may or may not be audibly significant. But we need to measure it just in case it is! I think that crest factor has to go down to at least 1 ms. Sample accurate below about 1 ms is misleading, but 10 ms is not short enough as I believe the ear can detect microdynamic transients down to 1 ms or perhaps less. A good example is the detection of peak overload distortion with a pure piano recording. VERY short duration distortion is more audible with piano recordings than with almost any other musical type of sample, and could define the extreme of our microdynamic listening capabilities. This is also a measure of microdynamics.

You mentioned crest factor as a "ratio" and not a "difference". But dB difference is also a ratio, so I'm not sure I understand your meaning. Let's clear up those semantics together.

[the ebu crest again is difficult because of it's different integration times.. A combination of the sample-accurate crest and the high-level-sample density could be a solution to worth considering.](#)

I am interested in a statistical analysis of the ratio between the 1 ms crest and the median loudness. I think this is close to the true PERCEIVED crest factor or, as I propose to call it, "microdynamic range".

I am also interested in seeing the amount of "outliers" of soft material you discovered (in dB relative to the median 400 ms loudness) over the years. The parts that escaped statistical analysis using LRA!

I think both of the above are the "smoking guns" that deserve analysis and reporting.

...

Best wishes,
Bob

[All the best,](#)
[Rudi](#)

Am 14.06.2012 um 22:04 schrieb Bob Katz:

Rudi. It looks like I have a lot to study. And we have to clarify the definition of dynamic range. Up until BS-1770 and R128 were introduced, my definition of dynamic range was much like LRA. Then when we discover (confirmed by your research) that LRA has not changed significantly in 30 years, we need to define another measure that explains the loss of dynamic range. I'm not completely comfortable with equating dynamic range with crest factor. If we could add LRA to crest factor it might tell us something about the loss of dr. I have a client coming in Saturday, and a lot to do and I want to find time to read your thesis and study your diagrams and try to help you. Chances are we may have to talk sat. And sun.

...

Bob

On Jun 14, 2012, at 2:17 PM, Rudolf Ortner wrote:

Hi Bob,

I got a mail from Bob Ludwig saying that he got no time for an interview until the end of august. Which is very sad. No answer from Thomas Lund yet.

I used 10ms integration cause of several different reasons.

- 1.: to get a contrary on the EBU's 400ms and 3s integration time
- 2.: to get a closer look at peaks, which get closer to the median on longer duration times
- 3.: there is literature on 10ms integration time investigating speech recordings with compression.
- 4.: QPPM time is also around 10ms but only measures the peak at a time and has no data on the median and of course on the variation for the whole track

the measurements i called RMS-Oversampling (page 12-14) carry the wrong name. these are actually sample-accurate measures. integration-time 1sample so to speak.

I'm not sure if i understand your question about dynamic range. I guess you mean "micro"-dynamics like compression?

The thing with the crest factor is, that "crest-factor" by definition is not the difference between peak and median, but the ratio. And there's another funny thing. if i compare the crest ratio with the delta crest something funny happens the diffence between peak and median (delta crest) in the late 60's is very low....which would mean a high compression. The ratio between this two measures on the other hand is high! i have to figure out why.

(pictures are attached)<image.png><image.png>

I did the analysis for high-level-sample-density on the whole dataset. to compare the analog material with the digital i "normalized" the samples after measuering to 0dBFS. I shifted the window up, that the peak of samples for analog material – even if it's far below – hit's 0dBFS. after that i counted all samples between -1 and 0 dB and divided their number by the amount of the total sample count. This makes it possible to compare the different years with each other. Before 1994 there are less samples in this area (after normalisation). I attached a graph wich shows the hlsd in a boxplot. there you can see the whole set (with the exclusion of 1950...cause I can't get more than 20 sets in one boxplot). the red cross is the average. everything inside the box is between 25% and 75 percent. the whiskers are 10% to 95%, and the blue points are the maximum and the minimum.

<image.png>

Rudi

Am 14.06.2012 um 17:50 schrieb Bob Katz:

Dear Rudi:

Did you have a talk with Bob Ludwig yet? Thomas Lund?

I have not yet had the time to read your new stuff but I do have a question:

The measurements where you used 10 ms. integration instead of 400 ms.... what exactly was the purpose of that? To measure pseudo peak (as in QPPM)? I am confused and maybe by just studying the graphs again and your treatise it will become clear, but could you please tell me the purpose of the 10 ms. measure again.

My reason for asking is it seems to me that the dB ratio between the 400 ms integration (R128) and the true peak is a measure of the "dynamic range". Though I'm not that fond of the term "dynamic range" to measure what is essentially crest factor, but that's another story.

If we look at analog sourced material from before ~1980, there will hardly be any short term peaks above the QPPM (10 ms) peak reading because of the saturation of the analog medium. So how do we compare apples to apples, analog source versus digital source? A statistical analysis similar to what you used to determine peak limited material might be suitable to identify analog-tape-sourced material for further analysis???

More questions than answers, right now, sorry,
Bob

Von: Bob Katz

Datum: 16. Juni 2012 16:53:56 MESZ

An: Thomas Lund

Kopie: Rudolf Ortner

Betreff: Re: AES SF IMPORTANT SEMANTIC DEFINITIONS!

Dear Thomas. Cc to Rudi.

I'm having further discussions with Rudi as his statistics represent the largest compilation of such statistics for popular music ever. Many previous attempts had too small a sample to be statistically significant. I think there is a lot of further data mining that can be gotten from his research. What interests me is whether we can discover whether there are more outliers of soft material (relative to PL) in the early years of pop music on CD compared to later years. For example, the LRA of Stevie Wonder's *Innervisions* or *Songs in the Key of Life*. There are very few "popular" albums with this extent of LRA today. I just mastered a popular album where several songs have an LRA of 11 or 12! Even though the longterm statistics show that overall LRA has remained constant. I think that there is a lot of good "data mining" that can be done through Rudi's database and it's worth my time. There may be a "smoking gun" in there worth reporting in SF.

In addition, I sincerely propose that the first discussion in SF is that the terms be further refined as I believe a lot of the misunderstanding is semantic. For example, historically, the term "dynamic range" has always been defined as "the difference between loudest and softest passages". You find this definition in all the books. This means the SAME as you have defined LRA but only with carefully define statistics to eliminate fadeouts and silent passages, etc.

So, when you began to try to explain to me in New York City the difference between LRA and DR I kept on scratching my head. Because I knew when Friedrich T. with the aid of Christoph M. Began to invent his "DR" meter I also scratched my head. I said to myself "he's not measuring DR, he's measuring crest factor!" Is this a German or European thing? DR as a term in place of "crest factor" will not work in the U.S. you'll get lots of scratched heads and misunderstanding as it turns out that it was all a semantic problem between you and me. Again, "dynamic range" as a term is not sufficiently distinctive! I hope you get my point.

In my book I've been speaking about microdynamics and macrodynamics for years! I speak about the use of attack and release time constants for downward compressors and upward expanders to help preserve microdynamics. So, those who have embraced and attempted to use the term DR are causing the confusion in my opinion. I propose that the two terms both be redefined! I propose that:

LRA = Macrodynamic range

DR = Microdynamic range

The two terms then (to my ears) become easily more distinguished and recognized with far less confusion. I'm definitely very uncomfortable with this adaptation of a term "dynamic range" which has historically meant what you are now calling "LRA". Semantics are definitely a major cause of the very confusion.

At that point we can and should talk about how to measure Microdynamic range. Should it include sample true peak? Should it be more like 10 ms. QPpm etc. all excellent subjects for discussion. And I hope I can find time to find more musical examples.

I just mastered an album with new pop mixes which are quite dynamic. But one song had to come from a brickwalled dance mix that was 6 to 8 dB louder than any of the other source material (peak-normalized). A screenshot of the resulting master of the album is hilarious. When you get to the dance piece the waveform looks very small compared to all the rest. Yet it sounds quite loud. A perfect example of human loudness normalization at work.

What do you think of all this?

Bob

On Jun 16, 2012, at 7:46 AM, Thomas Lund wrote:

Hi Bob,

I'm glad you're going and look forward to hearing more your announcement.

The panel I'm talking to AES about is actually about LRA vs DR, and how music engineers can't distinguish :-). LRA was meant to be a bridge-builder between music, broadcast and film, and that story also needs to be told more clearly. For instance, Donald Fagen's *"New Frontier"* has a low LRA but a high DN, so that track may be played in a car or on a large PA with a pleasant result in both situations.

Rudi seems to be better into these issues than the writer from SOS. We also did more music, broadcast and film stats recently and it will be interesting to compare to Rudi's.

cheers,
Thomas

On 11/06/2012, at 16.52, Bob Katz wrote:

Hi, Thomas. Yes, I'm going to SF! I have a surprise to announce which I'll let you know as soon as it is ready. I'll be happy to participate in another tribunal if I can think of anything new to say!

Attached is our latest effort in the white paper, attempting to put in and take care of as many of your objections as possible. There is probably more needed, but it is now much better.

As for the differences between DR and LRA, I am looking for a good measurement technique to show that DR has significantly deteriorated in Compact disc production between 1980 and 2012. Agreed that people (including me, formerly, unintentionally) have tried to use LRA as a measure of DR. But (agreed) it is not.

I'm talking with Rudi, he may have the data to demonstrate the efficacy of some measurement methods. One possibility is 10 ms. loudness against sample or true peak (crest factor). Another is to see that when examining the spectrum of various CDs from 1980-2011, in critical parts of the spectrum, the DR (as measured by 10 ms loudness versus crest) has significantly decreased. More on that when Rudi clears up his graphs and sends them back to me.

Another thing I'm concerned with is the habitual raising of soft passages that I have been forced to do for recordings that are going to be played (also) in iPods and cars. I would say a reduction of as much of 3 dB or more at the low end (soft end) compared to the average loudness (PL) between 1980 and 2012. Rudi has the complete data on 10,000 tracks (I repeat, 10,000 tracks!) and he can analyze his data in many ways. We should do as much data mining of his valuable store, with his help to support or contradict any hypothesis we may have. 10,000 tracks of popular music (the most popular-selling albums). Note that all previous efforts to show trends like he is able to spot have failed due to too small a sample size. He concentrated on ALL the popular (best-selling) albums from 1950-2011. An amazing job!

He also has a clever statistical method of measuring percentage of samples that occur between -1 and 0 dBFS, indicating the increased used of digital limiters. His graphs show a dramatic shift in this measurement starting at 1991! We could possibly correlate that with the date of the introduction of the Finalizer and the L2? Look at this:

<hbjhbf.png>

So, that's good news.
Bob

On 6/10/12 3:42 PM, Thomas Lund wrote:

Hi Bob,

Are you going to San Francisco? I'm considering a new "war tribunal" along the issue we're currently discussing on the MLA list. There's much confusion about LRA and DR, so I'd like to investigate if some mastering engineers target DR where they should be aiming at LRA.

cheers,
Thomas

Von: James D. Johnston
Datum: 16. Juni 2012 22:07:28 MESZ
An: Bob Katz
Kopie: Rudolf Ortner , Thomas Lund
Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Only sensible thing I can think of in regard to perception is ratio of loudness from largest to smallest, using a distribution plot would make the most sense. This macro/micro thing seems misguided.

jj
----- Original Message -----
cc to JJ.

JJ, Thomas Lund is preparing a "loudness summit" for San Francisco AES and we're trying to get a handle on a scientific definition of terms like "crest factor" "dynamic range" "microdynamic range" and "macrodynamic range". And I'd like to hear your opinion on the time-domain limits (in any frequency band) of these factors. Please see below.

On 6/14/12 4:19 PM, Rudolf Ortner wrote:
The definition of dynamic range is indeed very tricky.I...

Von: Bob Katz
Datum: 17. Juni 2012 03:37:29 MESZ
An: James D. Johnston
Kopie: Rudolf Ortner , Thomas Lund
Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Dear JJ:

First of all, Rudi, anything that JJ says is psychoacoustic gospel. It's just that as lay people in this field, we may have trouble understanding and interpreting the more sophisticated methods by which JJ judges loudness and putting it into a framework that we can understand. But I strongly suggest that we listen to what he has to say, because it's the genuine article, the closest you or I can get to someone with genuine psychoacoustic hearing research and knowledge. Measurements without understanding their psychoacoustic significance are just measurements. So....

On 6/16/12 7:33 PM, [James D. Johnston](#) wrote:

Actually, in terms of dynamic range this micro-macro thing seems silly.

There is only loudness (partial loudness and its sum) as a function of time. That is where your transient shows up, as a peak in the partial loudness vector (peak over time). This has nothing to do with "insignificant" in short term, if it's long enough to create a peak in the partial loudness domain, it's gonna be loud, and create a sense of dynamic range, even if it is short. Long enough in these terms is a few milliseconds, by the way. This is not the same as the long-term loudness of a tone after it starts, which is a horse of another hue entirely.

Thanks, JJ. That an interesting light on the subject.

To summarize JJ's statement (and correct me if I take you out of context), the way that psychoacousticians and loudness researchers such as JJ view it, there is no "micro" versus "macro" dynamic definition. There is only the contribution of the impulse to the partial loudness (and therefore dynamic) of the material. And what goes UP (crescendos) is not necessarily equal in perception to what goes DOWN (decrescendos) folks, adding even more complication to the accuracy of the determination. I doubt that Rudi looked at whether a given level in his statistic represents upgoing or downgoing material, and I'm no expert so I don't know how much it matters, but I'm sure JJ could tell us something about that.

I have had some discussion with JJ about the problems with BS.1770 from a true psychoacoustic point of view. Simple weighting filters don't fit the true perceptual model of hearing. But I think they are useful for the purposes of broadcasters and mastering engineers producing processed music, and (not to put words in JJ's mouth) I think JJ admits the simpler approximation can be useful, as it has for broadcasters worldwide.

JJ, we now have access to a tremendous database performed by Rudi for his master's dissertation, of 10,000 popular music tracks organized from 1950 through 2011! Rudi has the raw audio data, which could be analyzed in any way desired! Are you interested in seeing Rudi's graphs and making comments on their significance?

JJ, how do you feel about using weighted (and spectral) analysis of audio levels with different time constants to try to make judgments about change in sound quality in popular music over that time period? It doesn't take a scientist to know that sound quality has deteriorated as degree of compression and peak limiting has increased. But it would be positive to have some psychoacoustic justification for any method that Rudi undertakes.

Thanks for any advice you can give on this subject,
Bob

Von: Bob Katz

Datum: 17. Juni 2012 04:29:14 MESZ

An: Rudolf Ortner, Thomas Lund

Betreff: Re: In search for a measure of dynamic range...

Dear Rudi and Thomas.

This message only cc'ed to Thomas and not to JJ. I'm only trying to help you with some of my knowledge and experience, and to learn more myself. This is fascinating data.

JJ is one of the original developers of mp3 and AAC. He understands the psychoacoustics of the ear as well as anyone alive today. And has done more original research on the ear's perception of loudness, masking, etc. I am a bit disappointed that he doesn't endorse our concept of micro versus macro dynamics, but if we can mine from him actual descriptions of how the ear works that us mortals can understand it will be an asset to us. My biggest problems have always been in following him because sometimes he speaks in riddles, but riddles which are loaded with information in very short bursts! So whatever you hear him say, absorb it, it's worth 10 times what you can get from anyone else. And we can always ask him twice if we don't understand!

When JJ says that a short term transient (a few ms.) contributes to the partial loudness and therefore is "loud", that's gold from the mine! Partial loudness adds up to the total loudness, mathematically, somehow.... Partial loudness is computed in psychoacoustic frequency bands called "barqs" (or barcs, don't know the spelling).

The thing is that any method of analysis that does not accurately comply with the acoustical model of hearing will undergo scrutiny by JJ and any psychoacoustician at his level. I know that Gilbert Soulodre signed on and agreed with BS.1770 based on listening tests, but the fact is that a weighted analysis is an approximation of hearing, a very useful one at that. JJ once told me (and I may be misinterpreting him) that the reason BS.1770 works as well as it does is because you're dealing with prepared and processed material. Fine by me :-).

Regardless, the single figure weighted measurement approach is the most likely to undergo scrutiny from the psychoacoustical model of the ear. Perhaps we can get enough instructions out of JJ such that at least one portion of your data can be analyzed in a truly-psychoacoustically significant way. For example, perhaps if you look at one psychoacoustic band (barq or barc, I forget how it's spelled) and how the material affects the partial loudness in that band, then JJ might sign on to agree to the psychoacoustic significance of that measurement! He might even offer to do a partial loudness calculation for you if you provide to him a certain subset of data. That would be worth its weight in gold. The last time I quizzed him on some partial loudness measurements he said he would have to go do some calculations. And when JJ does calculations, stand back and watch out for the smoke.

All the other data, you can express that BS.1770-2 is a "convenient approximation" and that within the limits of that approximation, your research shows x, y, z conclusions.

Now back to things us non-psychoacousticians can understand: For me, "Crest EBU1" is an excellent graph. It's the smoking gun! It shows more than 6 dB reduction in crest factor (Max TP minus 400 ms. loudness) from 1981-2011 which is very significant. The reduction to the left side of that graph probably represents that analog tape sources self-limit short term peaks. That's perhaps another good reason for you to run a 1 ms. measurement as the analog tape would limit 1 ms. duration material far less than 11 microsecond material. I predict with a 1 ms max peak measurement (instead of true peak) you will see the left hand side of the graph (prior to 1981) level off more and the right hand side of the graph may not be as drastic, but probably be psychoacoustically more significant. I may be disappointed to see less than 6 dB reduction in 1 ms "crest factor" between 1981 and 2011, but it will probably be psychoacoustically more accurate than true peak.

You say it could take a week to run. I don't want to send you on a "wild goose chase" as we say here in the U.S. Could you just run a shorter analysis of the years 1982-84, 2009-2011, and 1951 with 1 ms. duration maximum peak versus Program loudness delta dB? Just this data alone would be worthwhile to know.

I'm impressed that you can actually run these analyses after the data has been taken! You are doing an incredible service to the audio industry.

BK

Von: James D. Johnston

Datum: 17. Juni 2012 04:55:57 MESZ

An: Bob Katz

Kopie: Rudolf Ortner , Thomas Lund

Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Hmm. Trying to figure out how much I can do (as opposed to say) without creating issues.

Building a short-term loudness model based on my tutorial on loudness would not be too hard, really.

One could build it in octave, or even write a pretty simple 'C' program to do it.

Then you could get either a loudness plot (like a spectrogram but using loudness instead of spectrum), or a graph of total loudness vs. time, or a distribution of same (I think the distribution will tell what you want to know, as long as you eat the silences.)

Basically (this I can say) you take a short-term FFT with length 32, 64 128 512 and 1024, using a Hann window for quick, or a t e &-t type window for more accurate determination which will make each fft length 4 times as long), for each ERB (70 Hz at low frequencies, 1/4 octave above that) calculate energy. Then spread energy up from each ERB to the next by .0316 and to the one above that by .00316, and then compress each power sum (in each erb) by the power of 1/3.75. That gives you partial loudness in each ERB. You use the FFT with the length most closely related to 2/(ERB bandwidth) at each time, and have to renormalize for FFT length.

This will give partial loudnesses. You can sum the lot for a total loudness (which has no units, not having been scaled to anything useful), but which will give you a very good result in relation to any other signal as long as the signal is reasonably over absolute threshold.

One could write this in octave in an afternoon, I've done that repeatedly (well, for matlab, no difference), but anything I write would have to be free to the world to avoid "doing work for any company engaged in audio signal processing".

jj

Von: Bob Katz

Datum: 17. Juni 2012 05:14:32 MESZ

An: Rudolf Ortner

Betreff: **Crest EBU2**

Hi, Rudi.

Did I tell you that is a fascinating graph? I think this shows that in the early years, maximum momentary loudness was "under controlled", and may have been too much. But as soon as we began to control it, it soon became over controlled! The more control you give an engineer, the more he tries to fix things he shouldn't fix. In the early years, the tools were not available and material was often mixed live and not from multitrack, so the original max momentary loudness of the performers is more what we are probably seeing in the early years. I have no idea what happened in 1961-63, it correlates with your contention that more compression was applied in those years. But it is strange....

But the steady downward tilt indicates more and more compression and more and more sameness to the sound. That's what I think the graph shows. And this set of measurements is very important to the audio world. Thank you for that data!

Bob

Von: Thomas Lund
Datum: 17. Juni 2012 08:58:13 MESZ
An: James D. Johnston
Kopie: Bob Katz, Rudolf Ortner
Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Hello Jim,

It's good to read your sutras and see that we agree on hearing basics (maybe not the semantics), even though your background is engineering and mine is medical.

Certain criteria need to be taken into account for listeners to agree on the loudness of a sound; and duration is one of them. Our research – and other independent studies – show that agreement breaks up if the measurement window is much shorter than 250 ms. From a physiological point of view, an evoked response isn't enough. "Loudness" relies on consciousness. IMO, we therefore shouldn't go shorter than 400-450 ms, or the word loses meaning. (Maybe not as a delta for an engineer).

But let's for a moment forget loudness and discuss audio karma. Many professionals can sense "free transients" (in lack of better words :-)) so we were talking about the peak level restriction a signalpath imposes on a program or a track. Recently, I was trying to judge some great new speakers, and had to find old, never squashed, never data reduced material to evaluate properties such as transient reproduction, imaging, sense of space etc. Sad really...

Anyway, with pop/rock music it's typically easy to determine the headroom needed to convey it un-modified. That's what I think we should concentrate on. "Free transients" makes a big difference to some, even though it's not what general listeners hear.

cheers,
Thomas

PS. If you're pointing to me re. commercialism, our CEO would be pleased. He's annoyed that we're constantly donating results and time to the standardization of loudness and true-peak metrics. But wouldn't it be awful if nobody engaged in enlightenment of the masses? Then companies run by lawyers could patent stupid lossy data reduction we don't need, and force everybody to pay for shitty audio...

Von: James D. Johnston
Datum: 17. Juni 2012 10:22:10 MESZ
An: Bob Katz
Kopie: Rudolf Ortner , Thomas Lund
Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

dB is not a measurement of loudness.
You can express the difference in terms of "dB it would take to make the loudness equal" for short-term signals.

jj

Von: Thomas Lund
Datum: 17. Juni 2012 11:41:51 MESZ
An: James D. Johnston
Kopie: Bob Katz, Rudolf Ortner
Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Jim, of course I agree we're talking significant simplifications with the way "loudness" is measured according to new standards. Still, it's better than the previous peak level obsession, and better than Dolby getting away with patenting another mediocre technology and stuffing it down our throats.

I've never seen any detailed studies of data directly on the cochlear nerve, normally we only recognize the evoked response, but please don't use the word "loudness" here either. The auditory nerve is complex beyond our imagination, and includes efferent parts feeding back from the brain – consciously as well as reflex based.

As a whole, and over time, we can talk about perceived loudness, but *not* for anything nearly as short as 2 ms (though your "vector of loudness" is defensible). If you go back to Zwicker&Fastl, that's one of the reasons they used steady state test signals.

The sense of hearing is remarkably time-discriminate, also when it comes to short-term amplitude, we just have to use a different word than loudness.

I'd like to read more about your leading edges thesis. Please point me to the SF paper.

cheers,
Thomas

On 17/06/2012, at 10.29, <James D. Johnston> wrote:

My point about commercializing is my own noncompetence.

I don't quite agree with you. Partial loudnesses ARE what goes into the brain, and that's where the "air", etc, comes from.

This I can talk about, but it's not a 3 minute talk. If you can get ahold of my comments on direct vs. diffuse (which shows conclusively that while the "total loudness" is not 2-millisecond compared, that binaural stimuli do get compared, FOR LEADING EDGES, on a sub-millisecond basis, leading to both imaging and "air").

This reads directly on both pre-echo (it creates a false leading edge) and transient squishing, both of which change the cues that actually get to the brain. While we don't hear them as loudness, they are primary SPATIAL cues.

These come from partial loudnesses, which need to be considered (if one is not doing a full neural simulation, which I think is unnecessary) on a 32 sample basis, give or take, or actually less if you can afford to run 90 12th order filters in real time, calculate hilbert envelopes, etc... (good luck with that without a cray or equivalent)

But when you get the partial loudnesses (i.e. think auditory nerve) you DO have the loudness information that the brain is responding to, just not the TOTAL LOUDNESS that people want to try to simplify everything to, which is wrong.

Total loudness is integrated a couple of ways, and different people clearly handle this differently, if you look at the minipaper I gave at an SF convention a few years ago, I think there's a clear handle for a better (i.e. more subject) experiment.

Got funding?

jj

Von: James D. Johnston

Datum: 17. Juni 2012 12:34:23 MESZ

An: Rudolf Ortner

Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

It's a start. Once you have power in each band, (before dB) raise that to the 1/3.5 power, and plot that. That will be more meaningful than dB.

----- Original Message -----

Dear JJ,

what I did concerning the FFT-analysis is the following:

I calculated 42 ERB bands using the gammatonegram from Slaney&Dan Ellis. Then calculated SPL on 440 Samples with 110 samples hopsize. After that I read out the 99,9th and 50th percentile of the histogram (for maxdB and meddB)

Due to the fact that I'm not into Matlab, my tutor did all the implementation and ran the set on a server at the university. (code attached)

Does this make any sense to you? Or is it worthless....

You mentioned your tutorial on loudness. Is there a chance I can read it?

Best wishes,
Rudi

Von: Thomas Lund

Datum: 17. Juni 2012 13:09:18 MESZ

An: James D. Johnston

Kopie: bobkatz Katz, Rudolf Ortner

Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Zwicker & Fastl provided good steps to follow, and we stand on their shoulders too.

Even though you use ERB as a fig leaf, you would eventually end up calling one inner haircell firing "sub-partial loudness". I don't buy it. Perceived loudness is the (dynamic) *outcome* of a conscious process. It even involves censorship and backward referral, but let's agree to disagree :-). It's a matter of words...

cheers,
Thomas

On 17/06/2012, at 12.39, <James D. Johnston>
wrote:

Partial Loudness is a defined term for the contribution of loudness from one part of the spectrum.

This is loudness, just the loudness from ONE part of the spectrum, and while we can not consciously compare it to another signal's loudness, level roving work (see Jont Allen's stuff and others) shows that there is a short-term memory there, one of

well under 200 milliseconds, that does allow time-proximate comparison.

The auditory nerve maybe be complex, but we can go back to combining greenwood, zwilocki, and the level roving experiments to get a remarkably good idea of what's going on there.

Zwicker's failure arises in great part because he used steady-state signals.

And, yes, loudness it is. I will continue to use loudness, with the modifier, "partial", meaning the contribution to total instantaneous loudness from one ERB, basically. (normalization factors aside here)

When you want to go to comparing loudness with signals that are not time proximate, the sensitivity of the whole auditory system to changes in loudness (or level, take your pick) takes a nosedive, from something on the .2dB range to more like 3dB, (i.e. the stationary, time-delayed comparison dL).

So, please don't lecture me on "don't call it loudness". It is loudness, and it is very, completely, positively clear that loudness compresses inside an ERB and adds across them (of course considering all of the issues around the cochlear filter shape, etc).

That is really not in dispute. So you learn a great deal when you use that well-known fact.

jj

----- Original Message -----

Jim, of course I agree we're talking significant simplifications with the way "loudness" is measured

Von: James D. Johnston

Datum: 17. Juni 2012 21:22:17 MESZ

An: Bob Katz

Kopie: Rudolf Ortner , Thomas Lund

Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Peak to RMS does not include bandwidth, and one of the most important points about modern stuff is that the bandwidth (steady state) is wider due to multiband compression and limiting.

So I think your data underestimates the actual effect.

jj

----- Original Message -----

Dear all. I think one of JJ's key words is "partial loudness" and in that case its meaning is clear and distinct from total loudness.

I'm interested in seeing if Rudi's data can be interpreted in terms of partial loudness as a more accurate psychoacoustic analysis of short term transients. His data already shows by ordinary analysis that the dB ratio between the highest true peak and program loudness has measurably decreased in 10,000 tracks of pop music between 1951 and 2011. About 8 dB by one measurement method. That's very significant information!

If Rudi's data can also be analyzed using cochlear models' time constants and bandwidths it would be an advance over any simple "crest factor meter". And we would have the opportunity to compare the results, if somehow they could be translated (to some degree) to the language of the dB. :-)

My instincts are that sample-accurate true peak to program loudness ratio is probably too generous to the ear's perception of partial loudness. I think it's on the order of a few milliseconds rather than microseconds. However, I'm not advocating that true peak is not important as Thomas and others have proved that true peak overloads are deleterious downstream especially to lossy encoders. I recently had the pleasure of measuring and documenting the effect of clipping on AAC encoding thanks to an excellent test signal that JJ provided.

So, to summarize, I think that using a psychoacoustical model to measure the degradations in the loudness race and assess "dynamic range" would be a marvelous thing. Rudi has access to a very powerful mainframe at his school, by the way, which was the only way he could swing through his massive data set. I'm very impressed!

Bob

Von: James D. Johnston

Datum: 18. Juni 2012 04:25:05 MESZ

An: Rudolf Ortner

Kopie: Bob Katz, Thomas Lund

Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Rudolf, see the attached slide deck for starters, ok?

And bear in mind that semantics aside, what I am calling "partial loudness" is the vector of individual loudnesses at given frequencies (regardless of the density of sampling and long as it's sampled enough, and purely a normalization issue from then on out) at a given time.

jj

----- Original Message -----

Dear JJ,

what would be necessary to get a fair judge on partial loudness? How could I use the set of data to get relevant results?

What I already have on 10.128 tracks is the following:

EBU R128 parameters:

- Programmloudness (400ms average gated)
- Maximum True Peak
- Maximum Momentary Loudness (400ms)
- Maximum Short-term Loudness (3000ms)
- Loudness Range (difference between 10th and 95th percentile, gated)

Matlab-Calculations (44,1kHz 16bit):

- 99,9th percentile of RMS distribution on 440 Samples with 110 Samples hopsize (wideband)
- 50th percentile of RMS distribution on 440 Samples with 110 Samples hopsize (wideband)
- 99,9th percentile of the distribution of power from all Samples (wideband)
- 50th percentile of the distribution of power from all Samples (wideband)
- 99,9th percentile of RMS distribution (440 Samples with 110 Samples hopsize) on 42 ERBs starting with 26Hz
- 50th percentile of RMS distribution (440 Samples with 110 Samples hopsize) on 42 ERBs starting with 26Hz
- log10 of the Count of Samples between 0 and -1dBFS (after normalisation) divided by Total Count of Samples (high-level-sample-density)

Can you recommend anything to get a closer-to-truth result concerning the actual effect? Or to ask the same question from a different perspective: What's the crucial mistake I made and how is it bastardizing my results?

Rudi

Von: Thomas Lund

Datum: 18. Juni 2012 05:15:03 MESZ

An: Rudolf Ortner

Kopie: Bob Katz, James D. Johnston

Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Hi Rudi,

Though our senses to some extent pre-digest information before passing it on, to me, that doesn't qualify a term like "partial loudness". When it comes to loudness, we should also use the unit sone (or phon to have it more dB like), and remember how the ITU initiative is a coarse approximation.

Words aside, I agree that a non-spectral assessment of tracks might tend to underestimate the perceived effect of digital processing. Increasing the overtones of a sound is a more efficient way to bump up its loudness than just raising its level.

Some sort of spectral energy comparison over time would therefore make sense. Though loudness also depends on the duration of a sound in a non-linear fashion, as long as we're talking certain genres of music, I think it's defensible. IMO, it would be overkill to break tracks down in ERBs, though the window size wouldn't be a risk as it normally would, because you're assessing changes and not absolute numbers.

cheers,
Thomas

Von: Bob Katz

Datum: 18. Juni 2012 15:57:13 MESZ

An: Thomas Lund

Kopie: Rudolf Ortner, James D. Johnston

Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Dear all:

On Jun 17, 2012, at 11:15 PM, Thomas Lund wrote:

Hi Rudi,

Though our senses to some extent pre-digest information before passing it on, to me, that doesn't qualify a term like "partial loudness".

For me, The term "partial loudness" does not the implication of any predigestion. I think what JJ is trying to say is that by analyzing the ERB's in a manner approaching the accurate proportions of the total loudness Rudi might come up with a far more damning perceptual analysis of the actual degradation which the signal has undergone. And if this type of analysis will more accurately assess the contributions of alias distortion and the grit contributed by hypercompression and true peak overloads, so much the better. Come to think of it, maybe Rudi should send all 10,000 tracks through a D/A converter first :-). But seriously, is there a way to emulate the additional non-linear transform of DAC distortion in this analysis?

Especially In this case of estimating reduction of dynamic range over the years, a more sensitive measure than what has customarily been applied could be very revelatory. Provided it can be explained to an audience in useful terms (such as dB, or THD) which they can grasp and understand.

My question for JJ is, When severe digital compression and clipping is used it raises and spreads the overall perceived loudness partly because of spectral effects due to distortion. However, it flattens out the (for want of a better word) "microdynamics" of the signal that contribute to the total loudness in a much more fragile way. What sort of "analysis report" format would help to illustrate this degradation? I realize I'm still thinking in terms of classic "peak to average ratio" but I'd like to know how "numbers" can be applied to illustrate that kind of reduction. Do we need some new kind of graph? Or is some form of spectral graph showing comparisons? Do we have to normalize the overall perceived loudness first to make the point in the graph? (in the sense that headroom is needed to express a quality signal). But this is old fashioned stuff. I suggest that Rudi send a couple of his current spectral (and wideband) graphs to JJ and Thomas for examination.

I've already seen them, they're pretty spectacular already. What, JJ, would be different if a multiple FFT-window/perceptually-accurate ERB analysis were performed and everything properly normalized? Would the magnitudes of the "peaks" of the older material appear even higher in the older material? Is it necessary to normalize the loudness of the overall loudness? The distorted material is louder, theres no question, so how do you illustrate that the non distorted material contributes differently (and better) to the partial loudness without normalizing everything to a standardized absolute loudness?

Bob

Von: Thomas Lund

Datum: 18. Juni 2012 19:15:13 MESZ

An: Rudolf Ortner

Kopie: James D. Johnston, Bob Katz

Betreff: Evidence of war

Dear Rudi,

This mail was written 12 hours before being sent, so pardon me if some of it appears not synchronized.

I'm now outside the great IT wall of China en route to Denmark, and was able to get a 1st look at your impressive collection of data. I take it, it's all mono or stereo and comparable music genres over time.

In general, I'd warn against searching for a metric to exaggerate a particular trend. Why not play it safe and use standardized core evidence. More speculative data could be presented as a supplement, if even at all.

To me, the most relevant graphs are based on BS.1770-2, which has been verified in numerous independent studies as a valid generic approximation of "loudness" (for mono and stereo). The three graphs, Programme Loudness, Max S and Max M tell a similar story of a systematic median increase of >6 LU over 30 years, which is really substantial unless your selection of tracks is biased.

To put conservative level 1980'ies releases on a comparable scale, it's reasonable to use Peak to Programme rather than raw I, S or M. Do you have data to try and plot Sample peak to Programme instead of True-peak to Programme? The former might color for 0 dBFS abuse even more clearly. Tracks were tailored for 44.1 kHz and CD, and Mastering engineers relied/rely on sample peak meters.

In our first AES papers about the topic from 1999 and 2000, we used a proprietary 0 dBFS+ counting method, designed to show the frequency of 0 dBFS+ incidents. However, Peak to Programme is more operational, because it directly shows the amount of headroom needed to reproduce a track. Looking at your Programme Loudness data, it also strikes me how minutely Apple defined the iTunes Sound Check target (-16.5 LUFS). That's the minimum depth "free transients" need to be at for survival :-)

Another thing you could try was to plot Sample Peak to Sum RMS and Sample Peak to Difference RMS against time. My guess would be that the Mono (Sum) fraction is on an upward trend again, which would otherwise remain unnoticed with the power summing BS.1770 measure. Focus on mono gives more acoustical LF coupling, and lossy codecs disregard anything but cartoon stereo anyway.

Finally, I'd be careful using the spectral plots because of what you actually can read of them. Technical changes, esthetic decisions, reproduction target changes, digital clipping? I would expect the three former to outweigh distortion, which afterall is "only" around -20 dB for a fraction of the time. Contrary to what I wrote earlier, you should let robust data speak for itself. The trend shown is already clear.

Keep up the good work,
Thomas

PS. The reason we put extra focus on the frequency of 0 dBFS+ events was that CD players can lock-up at their output stage and extend a short transient to several hundred ms of subsequent distortion. We haven't really seen the same recursive behavior in data reduction codecs, so that probe appears to be less relevant now. Maybe JJ could elaborate.

PPS. At the risk of starting another semantic discussion, I'd not use the term "Crest", unless dealing with a cyclic signal and an RMS measurement. How about a more liberal "Foreground Dynamic Range", "Peak to Loudness Ratio" or "Peak to Programme Ratio"?

Von: Bob Katz
Datum: 18. Juni 2012 21:29:01 MESZ
An: Thomas Lund
Kopie: Rudolf Ortner, James D. Johnston
Betreff: **Re: Evidence of war**

Dear Thomas. Welcome back from China. I also made a few Suggestions to Rudi which he may not have yet implemented.

On Jun 18, 2012, at 1:15 PM, Thomas Lund wrote:

[In general, I'd warn against searching for a metric to exaggerate a particular trend.](#)

Well, yes and no :-). If an idea comes to mind and the results of that idea go against your biases, it's wrong not to report it. Likewise, if an idea comes to mind and the results affirm your biases it's right to report it :-)

[Finally, I'd be careful using the spectral plots because of what you actually can read of them. Technical changes, esthetic decisions, reproduction target changes, digital clipping?](#)

One of the suggestions I made to Rudi was with the attempt to isolate out esthetic decisions by normalizing the spectral shapes to zero and only displaying the spectral shape of the difference between peak and average. Which I think he has done.

[I would expect the three former to outweigh distortion, which afterall is "only" around -20 dB for a fraction of the time. Contrary to what I wrote earlier, you should let robust data speak for itself. The trend shown is already clear.](#)

It is already remarkable work and I certainly will use it to supply hard numbers where previously only very small samples or speculation was used.

I still would like to hear from JJ on what sort of plots a true ERB-and p-psychoacoustically-based comparison of this data might yield. Because at least from JJ's point of view, partial loudness spikes speak for themselves. Only if they actually do speak for themselves.

There is a lot of data there and it would be a shame to miss the psychoacoustic significance. You know and I know that a loss of 8 dB in peak to average ratio is enormous and psychoacoustically significant. But when skeptics like someone we know whose initials are K.G. asks point blank why we should care about short transients if they do not affect the PL.... It hurts me. But are there any scientific studies on what we know to be true? With his analysis and understanding of the cochlear filter, the evidence possibly be presented in more than just, "Look, the crest factor fell by more than 8 dB over this period." certainly yes it can be justified in the sense that we require a medium that can support the headroom for any signal that can be encountered, which is an electrical justification, not a psychoacoustic one.

BS.1770 research did not gather anything about the loudness or partial Loudness of transient peaks, did it? And R128 requires 22 dB of headroom, but did they cite any psychoacoustic reasons why or simply electrical reasons why? The greater truth would be based upon psychoacoustics. That's I would love to see a comparison plot based on cochlear response. Would I be disappointed if it cannot be done (insufficient funding)? Well, yes, now is the only time and it would be a lost opportunity in my opinion.

[Keep up the good work,
Thomas](#)

[PS. The reason we put extra focus on the frequency of 0 dBFS+ events was that CD players can lock-up at their output stage and extend a short transient to several hundred ms of subsequent distortion.](#)

JJ supplied to me a special "buzz" signal that allowed me to show what happens when you clip a codec. Yes, it spreads the information spectrally. I don't know about temporally. JJ?

[We haven't really seen the same recursive behavior in data reduction codecs, so that probe appears to be less relevant now. Maybe JJ could elaborate.](#)

[PPS. At the risk of starting another semantic discussion, I'd not use the term "Crest", unless dealing with a cyclic signal and an RMS measurement. How about a more liberal "Foreground Dynamic Range", "Peak to Loudness Ratio" or "Peak to Programme Ratio"?](#)

Well, peak to RMS meters exist which have been calibrated with steady state tones and whose time constants are known. At that point when playing music, Calling them crest factor meters is not foreign to our belief system. After all, an rms voltmeter is calibrated with a steady state signal and no one has any qualms about using that meter to "measure" the rms level of musical signals.

I suggest the terms Microdynamic and Macrodynamic range, though I know JJ would object. :-)

Best
Bob

Von: James D. Johnston

Datum: 18. Juni 2012 22:35:42 MESZ
An: Bob Katz
Kopie: Rudolf Ortner, Thomas Lund
Betreff: Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...

I think if you summed up the partial loudnesses once per millisecond (this is the input to the CNS that eventually gets turned into perceived loudness), and took a distribution, you'd see that distribution change horribly from 1990 to 2012.

Well, no, I don't think, I know.

Some discs to show radical changes between the two:

Ballad of Sally Rose – Emmylou Harris
American Idiot – Green Day
Y.I.U – Heck if I know I can't read Chinese.

If you think Green Day is squished, bbbbabay you ain't seen nothin' yet!

jj

Von: James D. Johnston
Datum: 18. Juni 2012 22:42:59 MESZ
An: Bob Katz
Kopie: Rudolf Ortner, Thomas Lund
Betreff: Re: Evidence of war

Keep up the good work,
Thomas

PS. The reason we put extra focus on the frequency of 0 dBFS+ events was that CD players can lock-up at their output stage and extend a short transient to several hundred ms of subsequent distortion.

JJ supplied to me a special "buzz" signal that allowed me to show what happens when you clip a codec. Yes, it spreads the information spectrally. I don't know about temporally. JJ?

Codecs do it differently, they don't lock up like unstable delta-sigma convertors.

They do put a signal mirrored around the 1/4 point of their analysis block, so something at 3/8 gets reflected to 1/8 of their analysis block.

I think the evidence is dead cold and solid that this starts compression on the cochlea (it's well over 1 millisecond early) and thereby substantially affects the loudness of the actual transient, since compression reduces the loudness of the actual transient compared to the effect if it wasn't in a pre-echo situation. This of course depends on the amount and time delay of the pre-echo. There is some suggestion that having the compression happen during the transient is the worst, one could take the Zwillocki view and assume the filter function in the cochlea is changing, or some other view, but in any case, a nonlinear one, that creates a "swoosh". I think we've all heard that, regardless of the actual mechanism.

This is not the same swoosh as the very-low-rate running out of bits sound, it's more subtle, just changes the "sharpness" of the click of a castinet, for instance.

The fact that the pre-echo is mirrored also means that it provides OPPOSITE imaging information to the information present in the signal, if there is any time information at all. This can't be good, and may account for the image-sensitive people in tests noticing things that the distortion-tuned listeners do not hear.

jj

Von: Bob Katz
Datum: 19. Juni 2012 02:31:01 MESZ
An: James D. Johnston
Kopie: Rudolf Ortner, Thomas Lund
Betreff: Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...

Dear all:

On 6/18/12 4:35 PM, [James D. Johnston](#) wrote:

I think if you summed up the partial loudnesses once per millisecond (this is the input to the CNS that eventually gets turned into perceived loudness), and took a distribution, you'd see that distribution change horribly from 1990 to 2012.

Similar in concept to the high level sample density chart that Rudi created showing the increased use of Digital limiters. Lots and lots of samples between -1 and 0 dBFS artificially created by extreme digital limiting. That's very telling to anyone in the audience who knows the sound of a limiter, especially pushed to extremes.

Regardless, it seems to me, JJ, you're saying this distribution would show that the material gets "louder and louder" as the distribution changes horribly, correct? How is this any different than just saying that "the material got louder". Exactly how could this distribution map describe a "qualitative difference in sound?" How does this explain the problem of squashing better than just plain, "peak to average ratio?" Yeah, I know, the signal is pushing the loudness more and more and more into a sausage skin. But how can we demonstrate with this distribution (or any other psychoacoustically-valid visual aid) that pushing it into a sausage skin (and creating out of band distortion as well) lowers sound quality?

For me, you have to beat, simply, "Notice how the average loudness increases while the maximum peak level stays the same. The ratio was, xxx, and is now yyyy. This reduces signal quality by reducing the clarity and impact of short transients. It also affects stereo imaging because..... It also affects the partial loudness of the signal (there is less contribution to the total loudness from continuous sounds than from short sounds (now I'm getting in over my depth :-)."

Best wishes,
Bob

Von: James D. Johnston
Datum: 19. Juni 2012 03:02:16 MESZ
An: Bob Katz
Kopie: Rudolf Ortner, Thomas Lund
Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

If you do a plot of instantaneous loudness, which Thomas seems somewhat to not accept, you will see what kind of dynamic range is going down the auditory nerve.

I am rather confident of that, modulo dealing with the onset of compression, which is a good thing to model but that isn't easy to model.

And the plot of instantaneous loudness will show, I am absolutely confident from my own measurements, show a huge change from then to now.

I am mildly blocked from saying everything here, but try it, you'll like it.

jj

Von: James D. Johnston
Datum: 19. Juni 2012 10:06:19 MESZ
An: Bob Katz
Kopie: Rudolf Ortner, Thomas Lund
Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Ok, gadies and gentlemen, in this plot there are three curves, red, blue, and green. The red plot is a histogram of instantaneous loudnesses for "Bird on a Wire", the green is for "American Idiot" and the Blue is for 'Y.I.U.' Please notice the wide spread of instantaneous loudnesses for Bird on a Wire, and the lack of any spread at all for YIU. There, ladies and gentlemen, in a nutshell, is the problem.

jj

----- Original Message -----
Dear JJ

As dramatic and meaningful that plot would be, I fear it would go over the heads of any average AES audience! It's the first loudness plot of that type almost anyone would have seen, and I could see you taking fifteen minutes to try to explain it to glazed eyes

Try to think how Carl Sagan would explain the universe, only in units of dB if possible. :-)

BK

On Jun 18, 2012, at 10:14 PM, James D. Johnston wrote:

The units would be arbitrary (since everyone has a volume control) but loudness-related.

For one you might see a 4:1 spread between 5% and 95%, for the other you might see a 10:1 spread. And 2:1 in loudness is roughly equal, give or take a whole lot of conditions I won't go into right now, to 10dB level change without any spectral modification. (i.e. by only gain change)

jj

----- Original Message -----
Dear JJ:

Let me see if I can picture it in my mind, because I've never seen a plot like this before. So (it's likely) the plot of distribution instantaneous loudness (partial loudness?) will be fairly small (little changes) in more compressed/limited/squashed material versus more "open" material?

What sort of units would the graph be in?

Best wishes,
Bob

Von: Bob Katz
Datum: 19. Juni 2012 15:47:55 MESZ
An: James D. Johnston
Kopie: Rudolf Ortner, Thomas Lund
Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

Dear all: to my small brain, JJ's term "instantaneous loudnesses" implies a true plot of perceived microdynamics. In other words, What we hear. JJ, would that be what you are trying to convey by your scatter plot? (haven't seen it, yet).

Bob

Von: James D. Johnston
Datum: 19. Juni 2012 21:17:54 MESZ
An: Bob Katz
Kopie: Rudolf Ortner, Thomas Lund
Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

I am proposing a histogram, not a scatter plot.

jj

Von: James D. Johnston
Datum: 19. Juni 2012 21:20:03 MESZ
An: Bob Katz
Kopie: Rudolf Ortner, Thomas Lund
Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

What I would do, after kicking out silences, is to plot the 5% vs. 95% loudness points as a loudness ratio, or even better as dB EQ to the loudness ratio of the 5 to 95% points. So you have 1 point per CD.

jj

Von: James D. Johnston
Datum: 20. Juni 2012 00:21:57 MESZ
An: Bob Katz
Kopie: Rudolf Ortner, Thomas Lund
Betreff: **Re: For JJ. Re: In search for a measure of dynamic range...**

I have to be careful what I do here...

jj

Von: James D. Johnston
Datum: 20. Juni 2012 12:12:59 MESZ
An: Rudolf Ortner
Kopie: Thomas Lund, Bob Katz
Betreff: **Re: Division and subtraction**

Not sure what the most recent plot is. Sorry.

The data certainly do not disagree with anything I've personally measured, but I'm not sure of exactly the changes, sorry. I'm rather in the middle of something else (acoustics related) at the minute, as well as being limited in what I can practice at the minute.

jj

Von: Thomas Lund
Datum: 20. Juni 2012 15:49:16 MESZ
An: Rudolf Ortner
Kopie: Bob Katz

Betreff: Re: Evidence of war

Hi Rudi, trying to catch up after coming home.
Pls. see insertions below.

cheers,
Thomas

On 18/06/2012, at 20.02, Rudolf Ortner wrote:

The track-collection is based on a mix of best-selling albums and charts from usa, uk and germany. therefore i think it's comparable, even though genres are mixed. For the EBU parameters i used Nugen LMB All other parameters were calculated with Matlab (Mono (L+R)/2)

TL: Ok. I don't know how precise the Nugen meter is on true-peak or LRA, but I've heard it's generally ok wrt Programme Loudness.

Sample Peak to Programm, Sample Peak to RMS and Sample Peak to Difference RMS is a good suggestion. I'll do that.

TL: Don't know if the Sum and Diff graphs will reveal anything, but worth trying if you have the data. Sample peak to Programme (alternatively TP limited at 0 dBTP to Programme) is a help to not flatter modern production where peaks are dubious because they venture into the distortion zone.

Bob also wanted to see if I could get the "soft passages" out of the data. MaxS-LRA should work for a possible approximation I think (both 3s integration). Can you explain what you mean by mentioning the Sound Check Target?

TL: Since 2008 I've been testing Apple's Sound Check, a fine normalization function that anchors all tracks at a level comparable to -16.5 LUFS. That target has been chosen carefully. We're a group of people trying to persuade Apple to turn Sound Check on as a default. Bob was also quick to realize how that could be one of the most efficient initiatives to end the loudness war.

I agree on your point not using the term "Crest". It's defined by Peak/RMS rather than Peak-RMS. Which makes no sense using it, if you compare the same difference with different Peak Levels. With your permission I'd use the idea calling it "xx to yy Ratio"

TL: Of course, and you don't have to quote :-)

Thank you for your suggestions!

I'll provide you with the data you suggested and would be happy to hear more of your opinions on it.

Cheers,
Rudi

Von: Bob Katz

Datum: 20. Juni 2012 18:04:12 MESZ

An: Thomas Lund

Kopie: Rudolf Ortner

Betreff: Soft passages.... and subtraction versus division

Hi, all.... Welcome home, Thomas.

I. First subject.

I agree on your point not using the term "Crest".
It's defined by Peak/RMS rather than Peak-RMS. Which makes no sense using it, if you compare the same difference with different Peak Levels.
With your permission I'd use the idea calling it "xx to yy Ratio"

TL: Of course, and you don't have to quote :-)

This is where the division versus subtraction confusion comes in my head. It's not clear to me if Peak/RMS means in the linear domain and maybe that's what it was supposed to be. Or am I not following your argument? It's obscure to me, because in the log domain, Peak-RMS of course makes sense.

Semantically, for me the single-word terms "crest" and "peak" mean exactly the same thing for a single sine wave. For a complex wave, maybe some small semantic distinction could be made.

II. Second subject.

Rudi, have you plotted program loudness against LRA showing LRA as a vertical line of varying height with its loudest point correctly placed (I assume this is max momentary) on the same scale? Like Thomas's graphs one of which I used to illustrate the front cover of my book. That would be a very good graph as well for you to create and you have the data already, no more number crunching other than Excel, and maybe massaging the graph in photoshop, which I would be happy to do for you.

III. Third subject. (see attached chart and spreadsheet)

Bob also wanted to see if I could get the "soft passages" out of the data. MaxS-LRA should work for a possible approximation i think (both 3s integration).

"I" means program loudness, right? So far we have several different abbreviations and descriptions for program loudness. I, PL, "median loudness", it gets confusing to remember all the abbreviations. Forgive me if I sometimes use PL, sometimes "median loudness", sometimes "average loudness", sometimes program loudness, sometimes I. Please correct me if any of these are not equivalent.

In terms of soft passages, I didn't get any reaction to my "oh boy" announcement that Rudi's graph of soft passages was very enlightening and evidence of a smoking gun. But I spoke too soon! Absolute value of soft passages tells us nothing without also plotting it against program loudness. MaxS-LRA gives us (reasonably) the absolute LUFS value of the soft passages (5% to 95%). But if the median loudness goes up, and the soft passages go up equally, then the soft passages did not (by definition) go up. However, if the soft passages increase at a different rate than the median loudness, then it can be an important graph to examine.

Assuming that it's reasonably valid to use 400 ms. PL (L) or "median loudness" along with two other measurements done with a 3 S integration, then it would be interesting to graph

I – (MaxS-LRA) which Rudi has the data of.

I decided to plug in Rudi's data by hand and graph the above function. It's attached. There's a general upward trend (I know there's a way to superimpose a "best fit" line but I didn't want to waste too much time with Excel). Which means that there is a **surprising** general lowering of soft passages over time (increase in dynamic range in the traditional sense of piano versus forte), but you can't argue with the data! Did I do it right? Attached is my spreadsheet and a PDF of the chart.

Best wishes,
Bob

Von: Bob Katz
Datum: 21. Juni 2012 14:35:20 MESZ
An: Rudolf Ortner, Thomas Lund
Betreff: **Re: Soft passages.... and subtraction versus division**

Dear Rudi. Thanks. I'm on my iPhone so I can't see the results but if they're too cluttered then you're right. Great work! I'll finish the quote below. iPhone makes it hard to delete stuff and get rid of quote marks but you'll find the quote below mixed in with other words.

I'll stay in touch. Thomas or I may use some of your data or graphs at the AES convention in San Francisco so you'll be famous. :-)

Best wishes
Bob

On Jun 21, 2012, at 3:11 AM, Rudolf Ortner wrote:

Hi Bob,
The last sentence of your quote is absent. Did you want to say more on that, what I can quote?

Using your own data (in the attachment I previously sent) I got about 2 dB difference between soft passages and PL increase from 1951 through 2011, meaning (very surprising) that very subtly, engineers are permitting soft passages to be a little softer, potentially permitting the program to be a little more dynamic. That's worth reporting, however, subtle it may be. But you can quote me if you wish in your thesis: It is possible that this data indicating a slight increase in dynamic range at the soft end might be real. If it is real, it is surprising given the noisy environments where music is enjoyed today (car, iPod). Regardless, I believe the current clipping, compression and limiting practices in popular music probably outweigh any audible dynamic range advantage that a slightly softer soft passage might have achieved. I can tell you that in mastering of dynamic music if I am using a little too much parallel compression (for purposes of raising soft passages) and I reduce the compression by lowering the output gain of the parallel compressor even a dB the music then breathes more at the upper levels. The ear perceives a more open sound. In other words, the amplitude of soft passages affects our perception of upper level microdynamics.

Bob

X.3 Liste der untersuchten Audio CDs

Folgende Alben wurden für die Erstellung des untersuchten Korpus eingelesen.

Artist	Album	Year
2Pac	Me Against The World	1995
2Pac	All Eyez On Me [Disc 1]	1996
2Pac	All Eyez on Me (Book Two)	1996
50 Cent Feat. Nate Dogg	Get Rich Or Die Tryin'	2003
A Tribe Called Quest	Midnight Marauders	1993
a-Ha	Hunting High and Low	1985
a-Ha	East Of The Sun, West Of The Moon	1990
a-Ha	Memorial Beach	1993
a-Ha	Minor Earth Major Sky	2000
ABBA	Gold	1974
ABBA	Arrival	1976
ABBA	The Singles: The First Ten Years [Disc 1]	1978
AC/DC	Back In Black	1980
Ace Of Base	Happy Nation	2008
Adele	21	2011
Aerosmith	Armageddon	1998
Afroman	Disturbia	2001
Air	Moon Safari	1998
Air	Napalm Love	2006
Alan Silvestri	The Bodyguard	1992
Alanis Morissette	Jagged Little Pill	1995
Alex Gopher	Brain Leech	2006
Alice In Chains	Facelift	1990
Alice In Chains	Jar Of Flies	1994
Alice In Chains	Alice In Chains	1995
Alice In Chains	MTV Unplugged	1996
All Saints	Never Ever [Single #1]	1997
All Saints	The Beach	2000
All-4-One	I Swear	1994
Amy Winehouse	Back To Black	2006
Anastacia	Anastacia	2004
Andre 3000	The Love Below	2003
Andrea Bocelli	Andrea Bocelli	1995
Andrea Bocelli	Romanza	1996
Aqua	Aquarium	1997
Arcade Fire	Funeral	2004
Arcade Fire	Black Mirror	2006
Arcade Fire	Neon Bible	2007
Arcade Fire	The Suburbs	2010
Arctic Monkeys	Whatever People Say I Am, That's What I'm Not	2006
Arctic Monkeys	Favourite Worst Nightmare	2007
Arctic Monkeys	Humbug	2009
Arctic Monkeys	Suck It And See	2011
Art Blakey and The Jazz Messengers	Buttercorn Lady	1966
Art Blakey and The Jazz Messengers	Album of the Year	1981
Art Brut	Good Weekend	2005
Art Garfunkel	Art Garfunkel Album	1975
Austra	Lose It	2011
Avril Lavigne	Let Go	2002

Artist	Album	Year
Azzido da Bass ft. Johnny Blake	Lonely By Your Side	2005
B*Witched	C'est La Vie [Single]	1998
Babylon Zoo	Spaceman	1996
Baccara	The Original Hits	1977
Backstreet Boys	Backstreet's Back [Germany]	1997
Backstreet Boys	Millennium	1999
Backstreet Boys	Black and Blue	2000
Baddiel, Skinner and The Lightning Seeds	The Beautiful Game	1996
Baddiel, Skinner and The Lightning Seeds	Three Lions '98	1998
Baha Men	Megahits 2001: Die Erste [Disc 1]	2000
Band Aid	Christmas Pop Songs	1984
Band Aid 20	Do They Know It's Christmas? [Single]	2004
Band Of Horses	Everything All The Time	2006
Beach House	Teen Dream	2009
Beastie Boys	Check Your Head	1992
Beastie Boys	Ill Communication	1994
Beck	Mellow Gold	1994
Beck	Odelay	1996
Beck	Sea Change	2002
Beck	Guero	2005
Beck	The Information	2006
Bee Gees	Spirits Having Flown	1979
Beirut	East Harlem	2011
Belle and Sebastian	Tigermilk	1996
Belle and Sebastian	The Boy With The Arab Strap	1998
Belle and Sebastian	The Life Pursuit	2006
Ben Folds Five	The Unauthorized Biography Of Reinhold Messner	1999
Benny Goodman	King Of Jazz	1950
Benny Goodman	The Benny Goodman Story – 25 Phonographic Memories	1958
Beyonce	Dangerously In Love [Europe]	2003
Big Boi Feat. Slimm Calhoun, Lil' Jon and The Eastside Boyz, and Mello	Speakerboxxx	2003
Bill Haley and The Comets	Rock Around The Clock	1955
Bill Justis	Samlingsskiva-Hits Of The 'fifties	1957
Billie Holiday	Lady Sings the Blues	1954
Billie Holiday	Jazz Masters 12	1956
Billy Joel	The Stranger	1977
Billy Joel	Glass Houses	1980
Billy Joel	An Innocent Man	1983
Billy Ray Cyrus	Some Gave All	1992
Bing Crosby	Bing Crosby	1931
Bing Crosby	The Bing Crosby Christmas Collection	1954
Bjoerk	Debut	1993

Artist	Album	Year
Bjork	Post	1995
Bjork	Homogenic	1997
Bjork	Vespertine	2001
Black Box	Sweet, Soft and Sexy [Disc 2]	1989
Blink-182	Dude Ranch	1997
Blink-182	Take Off Your Pants And Jacket	2001
Bloc Party	Silent Alarm	2005
Bloc Party	A Weekend In The City	2007
Bloc Party	Intimacy	2008
Blondie	The Best Of Blondie	1976
Blondie	The Platinum Collection [Disc 1]	1979
Blossom Dearie	Verve Jazz Masters 51	1957
Blue	All Rise	2001
Blue	One Love (Single)	2002
Blur	Modern Life Is Rubbish	1993
Blur	Parklife	1994
Blur	The Great Escape	1995
Blur	Blur	1997
Blur	13	1999
Blur	Think Tank	2003
Bob Dylan	The Times They Are A-Changin' [UK]	1964
Bob Dylan	Highway 61 Revisited	1965
Bob Dylan	Time Out Of Mind	1997
Bob Dylan	Love and Theft	2001
Bob Marley and The Wailers	Legend	1977
Bob Marley and The Wailers	Exodus	1977
Bon Iver	Bon Iver	2011
Bon Jovi	Cross Road	1986
Bon Jovi	Slippery When Wet	1986
Bon Jovi	Always [Single]	1994
Bonde do Role	Solta O Frango	2006
Boney M.	The Best Of 10 Years	1984
Boundzound	Louder	2006
Boy Omega	Somewhere I'm Human	2005
Boyzone	Words [Single]	1996
Brand New	The Devil And God Are Raging Inside Me	2006
Brandy and Monica	The Boy Is Mine [Single]	1998
Brian Eno	Apollo Atmospheres and Soundtracks	1983
Brian Eno and David Byrne	My Life In The Bush Of Ghosts	1981
Brian Wilson	Smile	2004
Bright Eyes	I'm Wide Awake It's Morning	2005
Britney Spears	...Baby One More Time [UK]	1999
Britney Spears	Oops!... I Did It Again	2000
Britney Spears	Toxic (Single)	2003
Bruce Springsteen	The Wild, The Innocent and The E Street Shuffle	1973
Bruce Springsteen	Born To Run	1975
Bruce Springsteen	Nebraska	1982
Bruce Springsteen	Born In The U.S.A.	1984
Bruce Springsteen	Tunnel Of Love [Single]	1987
Bruce Springsteen	The Rising	2002
Bryan Adams	Robin Hood: Prince Of Thieves	1991

Artist	Album	Year
Bryan Ferry and Roxy Music	Street Life – Greatest Hits	1981
Bud Powell	Swingin' With Bud	1957
Buddy Holly and The Crickets	From The Original Master Tapes	1958
Buena Vista Social Club	Buena Vista Social Club	1997
Busdriver	Castings Agent And Cowgirls	2006
Cannonball Adderley	Somethin' Else	1958
Caribou	Swim	2010
Carole King	Tapestry	1971
Celine Dion	The Colour Of My Love	1993
Celine Dion	Think Twice [Single]	1993
Celine Dion	Falling Into You single	1996
Celine Dion	Falling Into You	1996
Celine Dion	Let's Talk About Love	1997
Charles Aznavour	Enregistrements Originaux	1957
Charlie Parker	Charlie Parker With Strings: The Master Takes	1953
Chef	South Park: Chef Aid	1998
Cher	Believe [Single]	1998
Cher	Believe	1998
Chic	Club 70 – The Dancing Years [Disc 2]	1978
Chicago	Heart Of Chicago	1976
Chikinki	Like It Or Leave It	2005
Chk Chk Chk	Heart Of Hearts	2006
Christina Aguilera, Lil' Kim, Mya and Pink	Lady Marmalade (Single)	2001
Chritina Aguilera	Genie In A Bottle (Single)	1999
Chuck Berry	The Very Best of Chuck Berry	1957
Chuck Berry	Berry Is On Top	1959
Chuck Berry	The Great Twenty-Eight	1965
Chumbawamba	Tubthumping	1997
Clap Your Hands Say Yeah	Clap Your Hands Say Yeah	2005
Clap Your Hands Say Yeah	Upon This Tidal Wave Of Young Blood	2005
Cliff Richard	Rock 'n' Roll Juvenile	1979
Cliff Richard	It's Christmas	1988
Coldplay	Parachutes	2000
Coldplay	A Rush Of Blood To The Head	2002
Coldplay	XandY	2005
Coldplay	Viva La Vida Or Death And All His Friends	2008
Coldplay	Mylo Xyloto	2011
Coolio Feat. L.V.	Gangsta's Paradise [Single]	1995
Count Basie	The Complete Atomic Basie	1957
Counting Crows	August and Everything After	1993
Craig David	Born To Do It	2000
Creedence Clearwater Revival	Cosmo's Factory	1970
Cribs	Martell	2005
Crowded House	Woodface	1991
Crowded House	Together Alone	1993
Crystal Castles	Crystal Castles	2010
Culture Club	Reggae Dance	1983
Daft Punk	Discovery	2001
Daft Punk	Alive 2007	2007
Damien Rice	O	2003
Daniel Bedingfield	Gotta Get Thru This	2003

Artist	Album	Year
Daniel Lanois	Shine	2003
Dave Matthews Band	Crash	1996
Dave Matthews Band	Before These Crowded Streets	1998
David Bowie	Space Oddity	1969
David Bowie	Hunky Dory	1971
David Bowie	Changesbowie	1972
David Bowie	The Rise And Fall Of Ziggy Stardust And The Spiders From Mars	1972
David Bowie	Aladdin Sane	1973
David Bowie	Diamond Dogs	1974
David Bowie	Station To Station	1976
David Bowie	Low	1977
David Bowie	Heroes	1977
David Bowie	Let's Dance	1983
David Crosby	Crosby, Stills and Nash [Disc 1]	1971
David Gray	A New Day At Midnight	2002
David Soul	Million Sellers: The Seventies [Disc 13]	1977
David Soul	Pop Greatest – Double Gold	1977
De La Soul	3 Feet High And Rising	1989
Dead 60s	Riot Radio	2005
Death Cab For Cutie	Plans	2005
Death Cab For Cutie	Narrow Stairs	2008
Deep Blue Something	Home	1995
Deep Purple	Deep Purple In Rock	1970
Deerhunter	Microcastle	2008
Depeche Mode	Violator	1990
Depeche Mode	Songs Of Faith And Devotion	1993
Derek and The Dominos	Layla and Other Assorted Love Songs	1970
Destroyer	Chinatown	2011
Deus	In A Bar, Under The Sea	1996
Deus	Sentimentos Quando Hablamos De Amor	2005
Devendra Banhart	I Feel Just Like A Child	2005
Dido	No Angel	1999
Dido	Life For Rent	2003
Die Sterne	Aber Anderseits	2006
Dire Straits	Dire Straits	1978
Dire Straits	Making Movies	1980
Dire Straits	Love Over Gold	1982
Dire Straits	Alchemy: Dire Straits Live [Disc 1]	1984
Dire Straits	Brothers In Arms	1985
Dire Straits	Money For Nothing	1988
DJ Oetzi	Hey Baby (Uhh, Ahh) [Single]	2000
Django Reinhardt and Stephane Grappelli	Django Reinhardt – Enregistrements Originaux	1960
Dolly Parton	The Most Beautiful Love Songs 2	1975
Donna Summer	The Best Of Donna Summer	1977
Doves	The Last Broadcast	2002
Dr. Dre Feat. Kevin Lewis, Jewell and Rage	The Chronic	1992
Dr. Dre Feat. Mary J. Blige	2001	1999
Dr. Hook	Greatest Hits (And More)	1979
Drake	Headlines	2011

Artist	Album	Year
Dresden Dolls	Sing	2006
Eamon	I Don't Want You Back	2004
Eartha Kitt	My Greatest Songs	1953
Eartha Kitt	Eartha Kitt	1958
East 17 Feat. Gabrielle	Around The World Hit Singles: The Journey So Far	1996
Eddie Vedder	Into The Wild	2007
Edith Piaf	Master Serie Vol 1	1937
Edith Piaf	20 Golden Greats	1960
Editors	The Back Room	2005
Eiffel 65	Blue [Single]	1998
Einstuerzende Neubauten	Halber Mensch	1985
Elbow	The Seldom Seen Kid	2008
Electronic	Electronic	1991
Elektrons	Dirty Basement	2006
Ella Fitzgerald	The Cole Porter Songbook, Vol. 2	1956
Ella Fitzgerald	The Cole Porter Songbook [Disc 1]	1956
Ella Fitzgerald	The Songbooks	1956
Ella Fitzgerald	The Birthday Concert in Rome	1958
Ella Fitzgerald	Ella Fitzgerald Sings The George and Ira Gershwin Songbook [Disc 2]	1959
Ella Fitzgerald	Sings The George And Ira Gershwin Songbook [Disc 3]	1959
Ella Fitzgerald	Ella Fitzgerald Sings The George And Ira Gershwin Song Book [Disc 1]	1959
Ella Fitzgerald	Ella In Berlin: Mack The Knife [Live]	1960
Ella Fitzgerald and Louis Armstrong	Ella and Louis	1956
Ella Fitzgerald and Louis Armstrong	Ella And Louis Again	1957
Elton John	Elton John	1971
Elton John	Biggest	1973
Elton John	Goodbye Yellow Brick Road	1973
Elton John	Hits On CD Vol. 1	1983
Elton John	Sleeping With The Past	1989
Elton John	Something About The Way You Look Tonight	1997
Elvis Presley	Elvis	1956
Elvis Presley	Elvis Presley	1956
Elvis Presley	Elvis: The Collection [Disc 2]	1957
Elvis Presley	Golden Records	1958
Elvis Presley	King Creole	1958
Elvis Presley	Top Ten Hits [Disc 1]	1959
Elvis Presley	Top Ten Hits [Disc 2]	1972
Elvis Presley	Elvis' Golden Records, Vol. 5	1977
Elvis Vs JXL	Elvis Vs JXL	2002
Emerson, Lake and Palmer	The Best Of	1973
Eminem	My Name Is [Single]	1999
Eminem	The Marshall Mathers LP	2000
Eminem	Stan (Single)	2000
Eminem	The Eminem Show	2002
Eminem	8 Mile	2002
Eminem	Curtain Call The Hits	2005

Artist	Album	Year
Emmylou Harris	Wrecking Ball	1995
Enrique Iglesias	Hero [Single]	2001
Enrique Iglesias	Escape [Europe]	2001
Eric Clapton	Unplugged	1992
Eric Dolphy	Out To Lunch	1964
Eros Ramazzotti	Eros	1997
Erroll Garner	Concert By The Sea	1955
Eurythmics	Sweet Dreams (Are Made Of This)	1983
Evanescence	Fallen	2003
Everything But The Girl	Missing – The Remix EP	1994
Faith No More	Angel Dust	1992
Faith No More	King For A Day Fool For A Life Time	1995
Fat Freddys Drop feat. Joe Dukie	Roady	2005
Fats Domino	The Best Of Fats Domino	1955
Feist	My Moon My Man	2006
Fever Ray	Fever Ray	2009
Final Fantasy	This Is The Dream Of Win and Regime	2005
Fischerspooner	Never Win	2005
Fleet Foxes	Fleet Foxes	2008
Fleet Foxes	Helplessness Blues	2011
Fleetwood Mac	Tusk	1979
Fleetwood Mac	Greatest Hits (European)	1988
Foo Fighters	The Colour And The Shape	1997
Foo Fighters	There Is Nothing Left To Lose	1999
Foo Fighters	One By One	2002
Foo Fighters	Echoes, Silence, Patience and Grace	2007
Foo Fighters	Wasting Light	2011
Frank Ifield	1962 The Hits	1962
Frank Sinatra	Songs For Young Lovers and Swing Easy!	1954
Frank Sinatra	Songs For Swingin' Lovers!	1955
Frank Sinatra	In The Wee Small Hours	1955
Frank Sinatra	Only The Lonely	1958
Frank Sinatra	My Way	1969
Frank Zappa and The Mothers Of Invention	Freak Out!	1966
Frankie Goes To Hollywood	Bang!...The Greatest Hits Of Frankie Goes To Hollywood	1984
Franz Ferdinand	Do You Want To	2005
Franz Ferdinand	You Could Have It So Much Better	2005
Franz Ferdinand	Tonight: Franz Ferdinand	2009
Fred Astaire	The Irving Berlin Songbook	1952
Gabrielle	Rise (Single)	1999
Gabrielle	Dreams Can Come True: Greatest Hits Vol. 1	2001
Garbage	Garbage	1995
Gareth Gates	What My Heart Wants To Say [UK]	2002
Gareth Gates	Spirit In The Sky (With Special Guests The Kumars)	2003
Genesis	The Lamb Lies Down On Broadway [Disc 1]	1974
Genesis	The Lamb Lies Down On Broadway [Disc 2]	1974
Genesis	Genesis (A Trick Of The Tail)	1976

Artist	Album	Year
Genesis	Duke	1980
Genesis	Invisible Touch	1986
Genesis	We Can't Dance	1991
George Harrison	All Things Must Pass [Disc 1]	1970
George Harrison	All Things Must Pass [Disc 2]	1970
George Harrison	The Best Of George Harrison	1976
George McCrae	Hits Of The Seventies	1974
George Michael	Listen Without Prejudice	1990
Gina G	Ooh Aah... Just A Little Bit [Single #1]	1996
Girls	Album	2009
Girls	Father, Son, Holy Ghost	2011
Girls Aloud	The Pink Album (International Version (Package))	2002
Gnarls Barkley	St. Elsewhere	2006
Gods of Blitz	Greetings form Flashbackville	2005
Goldfrapp	Seventh Tree	2008
Gorillaz	Gorillaz [UK]	2001
Gorillaz	Demon Days	2005
Gorillaz	Plastic Beach	2010
Green Day	Dookie	1994
Green Day	American Idiot	2004
Green Day	21st Century Breakdown	2009
Grizzly Bear	Yellow House	2006
Grizzly Bear	Veckatimest	2009
Groove Armada	Get Down	2006
Guns N' Roses	Appetite For Destruction	1987
Guns N' Roses	Use Your Illusion I	1991
Guns N' Roses	Use Your Illusion II	1991
Hank Williams	The Original Singles Collection . . . Plus [Disc 1]	1949
Hank Williams	40 Greatest Hits [Disc 1]	1951
Hank Williams	The Original Singles Collection . . . Plus	1951
Hank Williams	The Original Singles Collection . . . Plus [Disc 2]	1952
Hank Williams	40 Greatest Hits [Disc 2]	1953
Hanson	mmmBop [Single #1]	1997
Hard-Fi	Seven Nation Army	2005
Harold Arlen	The Wizard Of Oz	1938
Harry Belafonte	24 X Harry Belafonte [Disc 2]	1956
Harry Belafonte	24 X Harry Belafonte [Disc 1]	1956
Hear'Say	Pure And Simple [Single]	2001
Herbert	Something Isn't Right	2006
Herbert Groenemeyer	Herbert Groenemeyer – 4630 Bochum	1984
Herbert Groenemeyer	OE	1988
Herbert Groenemeyer	Mensch (Single)	2002
HK	Unchained Melody / (There'll Be Blubirds Over) The White Cliffs Of Dover	1995
Hole	Celebrity Skin	1998
Hot Chocolate	The Very Best Of Hot Chocolate	1985
Hund am Strand	Jungen Maedchen	2005
Hushpuppies	You're Gonna Say Yeah	2005
Il Divo	Il Divo	2004
Incubus	S.C.I.E.N.C.E.	1997
Incubus	Morning View	2001
Interpol	Our Love To Admire	2007

Artist	Album	Year
Irene Cara and Cast	Fame	1980
Iron Butterfly	In-A-Gadda-Da-Vida	1968
Iron Maiden	The Number Of The Beast	1983
Jack Johnson	In Between Dreams	2005
James	Gold Mother	1990
James Blake	James Blake	2011
James Blunt	Back To Bedlam	2004
James Horner	Titanic	1997
Jamie Lidell	Multiply (Herbert rx)	2005
Jane's Addiction	Ritual De Lo Habitual	1990
Janelle Monae	The ArchAndroid	2010
Janet Jackson	Janet Jackson's Rhythm Nation 1814	1989
Janet Jackson	Janet	1993
Janet Jackson	Together Again [Single]	1997
Janis Joplin	Pearl	1971
Janis Joplin	Joplin In Concert [Live]	1972
Jason Donovan	Ten Good Reasons	1988
Jay-Z	The Blueprint	2001
Jeff Buckley	Grace	1994
Jeff Wayne	The War Of The Worlds [Disc 2]	1978
Jeff Wayne	The War Of The Worlds [Disc 1]	1978
Jennifer Rush	Jennifer Rush	1984
Jerry Lee Lewis	The Greatest Hits_V2	1957
Jerry Lee Lewis	20 Super Hits (import German)	1957
Jethro Tull	Aqualung	1971
Jethro Tull	Original Masters	1972
Jim Reeves	The Very Best Of Jim Reeves	1962
Jimmy Eat World	Futures [International Version]	2004
Jive Bunny and The Mastermixers	The Album	1989
Joan Baez	The Best Of Joan Baez	1977
John Lennon	John Lennon / Plastic Ono Band	1970
John Lennon	Imagine	1971
John Mayer	Continuum	2006
Johnny Cash	20 Super Hits	1957
Johnny Cash	American IV The Man Comes Around	2002
Johnny Mathis	When A Child Is Born	1976
Jonsi	Go	2010
Judas Priest	Painkiller	1990
Judy Garland	A Star Is Born	1954
Justice	Cross	2007
Justice	Civilization	2011
Justin Timberlake	FutureSex / LoveSounds	2006
Justin Timberlake Feat. Brian McKnight	Justified	2002
Kaizers Orchestra	Maestro	2005
Kanye West	Late Registration	2005
Kanye West	Graduation	2007
Kanye West	808s and Heartbreak	2008
Kanye West	My Beautiful Dark Twisted Fantasy [Explicit]	2010
Kanye West and Jay-Z	Otis	2011
Kaoma	World Beat	1989
Kate Bush	The Dreaming	1982

Artist	Album	Year
Kate Bush	Hounds Of Love	1985
Kate Bush	The Sensual World	1989
Kate Bush	Aerial: A Sea of Honey	2005
Kate Bush	Aerial: A Sky of Honey	2005
Kate Bush	Director's Cut	2011
Katie Melua	Piece By Piece	2005
Keane	Hopes and Fears	2004
Ken Dodd	Hits of 1965	1965
Kings Of Leon	On Call	2006
Kings Of Leon	Because Of The Times	2007
Kings Of Leon	Only By The Night	2008
Klaxons	Golden Skans	2006
Kraftwerk	Trans-Europe Express	1977
KT Tunstall	Eye To The Telescope	2004
Kurt Vile	Smoke Ring For My Halo	2011
Kylie Minogue	Fever	2001
Kyuss	Blues For the Red Sun	1992
Lady Gaga	The Fame	2009
Lana Del Rey	Video games (radio edit)	2011
Las Ketchup	The Ketchup Song [Single]	2002
Lauryn Hill	The Miseducation Of Lauryn Hill	1998
LCD Soundsystem	Sound Of Silver	2006
LCD Soundsystem	North American Scum	2007
Lead Belly	The Leadbelly Story	1953
Led Zeppelin	Led Zeppelin I	1969
Led Zeppelin	Led Zeppelin III	1970
Led Zeppelin	Led Zeppelin Remasters [Disc 1]	1971
Led Zeppelin	Physical Graffiti [Disc 1]	1975
Led Zeppelin	Physical Graffiti [Disc 2]	1975
Led Zeppelin	Led Zeppelin Remasters [Disc 2]	1979
Leftfield	Leftism	1995
Lennie Tristano Trio	The Complete Lennie Tristano The Essential Keynote Collection 2 [Mercury 830 92and-2]	1947
Leo Sayer	All The Best	1977
Leonard Cohen	Songs Of Leonard Cohen	1967
Leonard Cohen	I'm Your Man	1988
Lester Young	Jazz Immortal Series, Vol. 2 – The Pres	1950
Linkin Park	Hybrid Theory	2000
Linkin Park	Meteora	2003
Lionel Richie	Can't Slow Down	1983
Lionel Richie and Diana Ross	The Most Beautiful Love Songs	1981
Little Dragon	Ritual Union	2011
Little Richard	16 Greatest Hits	1959
Live	Throwing Copper	1994
Lou Bega	Mambo No. 5 [Single]	1999
Lou Reed	Transformer	1972
Lou Reed	New York	1989
Louis Armstrong	Satch Plays Fats	1955
Louis Prima	Buona Sera	1957
Lykke Li	I Follow Rivers	2011
Lykke Li	Wounded Rhymes	2011
M.I.A.	Kala	2007
M83	Midnight City	2011
Madonna	Like A Virgin	1984

Artist	Album	Year
Madonna	True Blue	1986
Madonna	Like A Prayer	1989
Madonna	The Immaculate Collection	1990
Madonna	Ray Of Light	1998
Madonna	Music	2000
Madonna	Confessions On A Dance Floor	2005
Mahalia Jackson	Silent Night: Songs For Christmas	1962
Manic Street Preachers	Everything Must Go	1996
Manic Street Preachers	This Is My Truth Tell Me Yours	1998
Manic Street Preachers	Journal For Plague Lovers	2009
Maria McKee	Music From The Motion Picture Soundtrack "Days Of Thunder"	1990
Mariah Carey	Music Box	1993
Mariah Carey	Daydream	1995
Mariah Carey	The Emancipation Of Mimi	2005
Marilyn Manson	Antichrist Superstar	1996
Marius Mueller-Westernhagen	Affentheater	1994
Mark Morrison	Return Of The Mack [Single]	1996
Maroon 5	Songs About Jane	2003
Martine McCutcheon	Perfect Moment [Single]	1999
Marvin Gaye	What's Going On	1971
Massive Attack	Blue Lines	1991
Massive Attack	Protection	1994
Massive Attack	Mezzanine	1998
Matisyahu	King Without A Crown	2005
Max Sedgley	Slowly (Hot Chip rx)	2005
Mc Enroe/Birdapres	5000 Watts	2005
Meat Loaf	Bat Out Of Hell II – Back Into Hell	1993
Melasse	Soulmap	2006
Melvins	Houdini	1993
Mercury Rev	Deserter's Songs	1998
Merz	Postcards From A Dark Star (Faultline rx)	2005
Metallica	...And Justice For All	1988
Metallica	Metallica	1991
Metallica	Death Magnetic	2008
MGMT	Oracular Spectacular	2007
MGMT	Congratulations	2010
Michael Jackson	Thriller	1982
Michael Jackson	Bad	1987
Michael Jackson	Dangerous	1991
Michael Jackson	HIStory: Past, Present And Future Book 1 [Disc 1]	1991
Michael Jackson	HIStory: Past, Present And Future Book 1 [Disc 2]	1995
Michael Jackson	Number Ones	2003
Michael Jackson	This Is It [Disc 1]	2009
Miles Davis	Birth Of The Cool	1950
Miles Davis	Bitches Brew [Disc 1]	1969
Miles Davis	In A Silent Way	1969
Miles Davis	Bitches Brew [Disc 2]	1969
Miles Davis and Gil Evans	Sketches Of Spain	1960

Artist	Album	Year
Moby	Play	1999
Modern Talking	Tag Des Deutschen Schlagers	1984
Modest Mouse	Dashboard	2006
Moonbootica	Listen	2005
Mos Def	Crime and Medicine	2006
Mr. Oizo	Boom –¥99 – The Second	1999
Mr. Oizo	Stunt	2005
Muddy Waters	Muddy Water	1956
Mumford and Sons	Sigh No More	2009
Muse	Muse's Greatest Moments	1999
Muse	Origin Of Symmetry	2001
Muse	Absolution	2003
Muse	Black Holes and Revelations	2006
Muse	H.A.A.R.P [Live]	2008
Muse	The Resistance	2009
Musical Youth	It's Reggae	1982
My Chemical Romance	The Black Parade Is Dead!	2008
Nas	Hip Hop Is Dead	2006
Nat King Cole	The Nat King Cole Collection 20 Golden Hits	1952
Nat King Cole	The Romantic World Of Nat King Cole	1955
Natalie Imbruglia	Torn [Single]	1997
Neil Young	Live At Massey Hall 1971	1971
Neil Young	Harvest	1972
Neil Young	Harvest Moon	1992
Neil Young and Crazy Horse	Ragged Glory	1990
Nelly Feat. Cedric The Entertainer and La La	Nellyville	2002
Neon Indian	Polish Girl	2011
Nick Cave and The Bad Seeds	The Good Son	1990
Nick Cave and The Bad Seeds	Let Love In	1994
Nick Cave and The Bad Seeds	Murder Ballads	1996
Nick Cave and The Bad Seeds	The Boatman's Call	1997
Nick Cave and The Bad Seeds	No More Shall We Part	2001
Nina Simone	Verve Jazz Masters 17: Nina Simone	1966
Nina Simone	Sings Nina	1987
Nine Inch Nails	The Downward Spiral	1994
Nine Inch Nails	The Fragile (Right)	1999
Nine Inch Nails	The Fragile (Left)	1999
Nirvana	Nevermind	1991
Nirvana	In Utero	1993
Nirvana	MTV Unplugged In New York	1994
No Doubt	Tragic Kingdom	1995
No Doubt	Don't Speak [Single]	1996
No Mercy	Where Do You Go [Single]	1996
Norah Jones	Come Away With Me	2002
Oasis	Definitely Maybe	1994
Oasis	(What's The Story) Morning Glory?	1995
Oasis	Be Here Now	1997
Oasis	D'You Know What I Mean?	1997
Oasis	The Masterplan	1998
Oasis	Dig Out Your Soul	2008

Artist	Album	Year
Okkervil River	Black Sheep Boy	2005
Olivia Newton-John and John Travolta	Grease	1978
Oscar Peterson/Ben Webster	Verve Jazz Masters 43	1959
Overproof Soundsystem	The Model	2005
P!nk	M!ssundaztood	2002
Paper Lace	World-Hits	1974
Passion Pit	Manners	2009
Pat Boone	Love Letters	1957
Pato Banton Feat. Ali and Robin Campbell	Baby Come Back [Single]	1994
Patrick Wolf	The Magic Position	2006
Patsy Cline	Golden Greats	1968
Patti Smith	Horses	1975
Paul Anka	Paul Anka's 21 Golden Hits	1962
Paul McCartney	Tug Of War	1982
Paul McCartney and Wings	Band On The Run	1973
Paul Simon	Graceland	1986
Paul Simon	Rhythm Of The Saints	1989
Paul Weller	From The Floorboards Up	2005
Pearl Jam	Vs.	1993
Pearl Jam	Vitalogy	1994
Pearl Jam	No Code	1996
Pearl Jam	Yield	1998
Peggy Lee	Black Coffee	1956
Peggy Lee	The Best Of Peggy Lee	1967
Peppino Di Capri	In The Summertime	1964
Perry Como	Catch A Falling Star Caterina It-¥s Impossible	1974
Pet Shop Boys	Behaviour [Disc 1]	1990
Peter Andre	Mysterious Girl (Single)	1996
Peter Gabriel	Peter Gabriel 3 (Melt)	1980
Peter Gabriel	Security	1982
Peter Gabriel	So	1986
Peter Gabriel	Us	1992
Peter Kent	Hit-Box	1979
Pharoahe Monch	Push	2006
Phil Collins	Face Value	1981
Phil Collins	No Jacket Required	1985
Phil Collins	...But Seriously	1989
Phil Collins	Serious Hits... Live!	1990
Phoenix	Wolfgang Amadeus Phoenix	2009
Pink Floyd	The Piper At The Gates Of Dawn	1967
Pink Floyd	A Saucerful Of Secrets	1968
Pink Floyd	Meddle	1971
Pink Floyd	Dark Side Of The Moon	1973
Pink Floyd	Wish You Were Here	1975
Pink Floyd	Animals	1977
Pink Floyd	The Wall [Disc 2]	1979
Pink Floyd	The Wall [Disc 1]	1979
Pink Floyd	The Final Cut	1983
Pink Floyd	The Division Bell	1994
PJ Harvey	Dry	1992
PJ Harvey	To Bring You My Love	1995
PJ Harvey	Stories From The City, Stories From The Sea	2000
PJ Harvey	Let England Shake	2011

Artist	Album	Year
Placebo	Without You I'm Nothing	1998
Pop Levi	Sugar Assault Me Now	2006
Porcupine Tree	Deadwing	2005
Portishead	Portishead	1997
Portishead	Third	2008
Pras Feat. Ol' Dirty Bastard and Mya	Ghetto Supastar (That Is What You Are) [Single]	1998
Primus	Sailing The Seas Of Cheese	1991
Prince	1999	1982
Prince	Sign O' The Times [Disc 2]	1987
Prince	Sign O' The Times [Disc 1]	1987
Prince and The Revolution	Purple Rain	1984
Public Enemy Feat. Ice Cube and Big Daddy Kane	Fear Of A Black Planet	1990
Puff Daddy and The Family Feat. Faith Evans and 112	Tribute To Notorious B.I.G.	1997
Pulp	Different Class	1995
Pulp	This Is Hardcore	1998
PUR	Seiltaenzertraum	1993
PUR	Abenteuerland	1995
Pussycat	Die Grossen Schlager Der 70er Jahre	1975
Queen	Sheer Heart Attack	1974
Queen	A Night At The Opera	1975
Queen	Greatest Hits I	1977
Queen	Innuendo	1991
Queen	Made In Heaven	1995
Queen	Greatest Hits III	1999
Queen and David Bowie	Greatest Hits II	1991
Queens Of The Stone Age	Lullabies To Paralyze	2002
Queens Of The Stone Age	Songs For The Deaf [Europe]	2002
R. Kelly	Space Jam	1996
R. Kelly	Chocolate Factory	2003
R.E.M.	Green	1988
R.E.M.	Automatic For The People	1992
R.E.M.	New Adventures In Hi-Fi	1996
R.E.M. Feat. KRS-One	Out Of Time	1991
Radiohead	Pablo Honey	1993
Radiohead	OK Computer	1997
Radiohead	Amnesiac	2001
Radiohead	Hail To The Thief	2003
Rage Against The Machine	Rage Against The Machine	1992
Rage Against The Machine	Evil Empire	1996
Rammstein	Mutter	2001
Ray Charles	Greatest Jazz	1958
Ray Parker Jr.	Hollywood Premier	1984
Red Hot Chili Peppers	Blood Sugar Sex Magik	1991
Red Hot Chili Peppers	Californication	1999
Red Hot Chili Peppers	By The Way (Single)	2002
Red Hot Chili Peppers	Stadium Arcadium: Mars [Disc 2]	2006
Red Hot Chili Peppers	Stadium Arcadium: Jupiter [Disc 1]	2006

Artist	Album	Year
Regina Spektor	Begin To Hope	2006
Rick Astley	Zaertliche Chaoten II	1987
Ricky Martin	Living' La Vida Loca	1999
Ritchie Valens	La Bamba – The Ritchie Valens Story	1959
Robbie Williams	Angels [Single]	1997
Robbie Williams	I've Been Expecting You	1998
Robbie Williams	Robbie Williams Promo	2000
Robbie Williams	Sing When You're Winning	2000
Robbie Williams	Swing When You're Winning	2001
Robbie Williams	Escapology	2002
Robbie Williams	Intensive Care	2005
Robert Miles	Children [Single]	1996
Robert Plant	Classic Rock 1966-1988 [Disc 2]	1988
Robert Plant and Alison Krauss	Raising Sand	2007
Robson and Jerome	Robson and Jerome	1995
Roger Waters	Amused To Death	1992
Ronan Keating	Ronan	2000
Ronan Keating	If Tomorrow Never Comes	2002
Ronan Keating	10 Years Of Hits	2004
Roxette	Joyride	1991
Run-D.M.C. Vs. Jason Nevins	It's Like That (Drop The Break) [Single]	1997
Rush	Retrospective I 1974-1980	1997
S Club 7	Bring It All Back [Single]	1999
S Club 7	Reach [Single #2]	2000
S Club 7	Stars Inspired By Disney's Atlantis	2000
Sade	Diamond Life	1984
Santana	Inner Secrets	1978
Santana	Supernatural	1999
Sarah Brightman	Time To Say Goodbye	1996
Sarah Vaughan	Sarah Vaughan With Clifford Brown	1954
Sarah Vaughan	The Complete Sarah Vaughan On Mercury – Vol. 2 [Disc 5]	1957
Sarah Vaughan	The Complete Sarah Vaughan On Mercury – Vol. 2 [Disc 4]	1957
Savage Garden	Truly Madly Deeply [Single]	1998
SBTRKT	Wildfire	2011
Scissor Sisters	Scissor Sisters	2004
Scorpions	Stars 96	1991
Sex Pistols	Spunk Box [Disc 2]	1976
Sex Pistols	Never Mind The Bollocks Here's The Sex Pistols	1977
Shaggy	Angel [Single]	2001
Shaggy	It Wasn't Me [Single]	2001
Shakira	Whenever Wherever	2001
Shakira	Underneath Your Clothes [Single]	2002
Shania Twain	Come On Over	1999
Shanks and Bigfoot	Sweet Like Chocolate (Single)	1999
Sharon Phillips	Want 2 Need 2 (Trentemøller RX)	2005
Shirley Bassey	The Magic Is You (P) 1978	1978
Shocking Blue	The Best Of ...	1969
Showaddywaddy	The Very Best Of	1976
Sigur Ros	Agaetis Byrjun	1999
Sigur Ros	Takk...	2005

Artist	Album	Year
Sigur Ros	Med Sud I Eyrum Vid Spilum Endalaust	2008
Silversun Pickups	Carnavas	2006
Simian Mobile Disco	It's The Beat	2006
Simon and Garfunkel	Sounds Of Silence	1966
Simon and Garfunkel	Bookends	1968
Simon and Garfunkel	Parsley, Sage, Rosemary And Thyme	1969
Simon and Garfunkel	Simon and Garfunkel's Greatest Hits	1970
Simon and Garfunkel	Bridge Over Troubled Water	1970
Simon and Garfunkel	The Concert In Central Park	1982
Simply Red	A New Flame	1989
Simply Red	Stars	1991
Simply Red	Fairground [Single]	1995
Sinead O Connor	I Do Not Want What I Haven't Got	1990
Skeewif	Man Of Constant Sorrow	2005
Sly and The Family Stone	The Best Of Sly and The Family Stone	1971
Smashing Pumpkins	Siamese Dream	1993
Smashing Pumpkins	Mellon Collie And The Infinite Sadness: Twilight To Starlight	1995
Smashing Pumpkins	Mellon Collie And The Infinite Sadness: Dawn To Dusk	1995
Smashing Pumpkins	Adore	1998
Smashing Pumpkins	MACHINA/The Machines of God	2000
Snap!	The Madman's Return	1992
Snoop Doggy Dogg	Doggystyle	1993
Snoop Doggy Dogg Feat. Jermaine Dupri	Men In Black: The Album	1997
Snow Patrol	Eyes Open	2006
Soft Cell	Coneheads: Music From The Motion Picture Soundtrack	1981
Sonique	It Feels So Good (Single)	2000
Soundgarden	Superunknown	1994
Spice Girls	Spice	1996
Spice Girls	Spiceworld	1997
Spice Girls	Goodbye [Single 1]	1998
Spice Girls	Holler	2000
Spoon	Ga Ga Ga Ga Ga	2007
St. Vincent	Strange Mercy	2011
Stan Getz	Verve Jazz Masters 8	1963
Stan Kenton and His Orchestra	The Best of Stan Kenton	1952
Starsailor	Love Is Here	2001
Starship	No Protection	1987
Status Quo	Rocking All Over the Years: The Greatest Hits	1977
Steps	Steptacular	1998
Stevie Wonder	Uptight	1966
Stevie Wonder	For Once In My Life	1968
Stevie Wonder	Innervisions	1973
Stevie Wonder	Songs In The Key Of Life [Disc 2]	1976
Sting	The Dream Of The Blue Turtles	1985
Sting	Ten Summoner's Tales	1993
Stone Temple Pilots	Core	1992
Sublime	Sublime	1996

Artist	Album	Year
Suede	Coming Up	1996
Super Furry Animals	Rings Around The World	2001
System Of A Down	System Of A Down	1998
System Of A Down	Mezmerize	2005
System Of A Down	Hypnotize	2005
T.Rex	Starke Zeiten	1971
Take That	Back For Good [Single #1]	1995
Take That	How Deep Is Your Love [Single]	1996
Talk Talk	Laughing Stock	1991
Talking Heads	Fear Of Music	1979
Talking Heads	Stop Making Sense	1984
Tame Impala	Innerspeaker	2010
Tears For Fears	Pop and Wave, Vol. 5: The Neverending 80's [Disc 1]	1982
Teddy Pendergrass/Whitney Houston	Whitney Houston	1985
Terry Jacks	Starke Zeiten – Die Tollen 70er	1973
Texas	The Greatest Hits	2000
The 5th Dimension	Riesenhits, Folge 2 – No. 1 Hits Aus Deutschland, England, USA	1969
The Alan Parsons Project	The Turn Of A Friendly Card	1980
The Alan Parsons Project	Eye In The Sky	1982
The Animals	The Singles Plus	1965
The Beach Boys	Be True To Your School	1963
The Beach Boys	Don't Worry Baby	1964
The Beach Boys	Four By The Beach Boys	1964
The Beach Boys	When I Grow Up	1964
The Beach Boys	Surfin' Safari	1965
The Beach Boys	All Dressed Up for School	1965
The Beach Boys	Pet Sounds	1966
The Beach Boys	The Smile Sessions [Disc 1]	1967
The Beach Boys	Surfin' U.S.A.	2003
The Beach Boys	California Girls	2008
The Beach Boys	Surfer Girl	2008
The Beach Boys	Do You Wanna Dance?	2008
The Beach Boys	Dance, Dance, Dance	2008
The Beach Boys	Fun, Fun, Fun	2008
The Beach Boys	The Man With All The Toys	2010
The Beach Boys	Help Me, Rhonda	2010
The Beach Boys	Ten Little Indians	2010
The Beach Boys	Little Saint Nick	2010
The Beatles	With The Beatles	1963
The Beatles	Please Please Me	1963
The Beatles	Beatles For Sale	1964
The Beatles	A Hard Day's Night	1964
The Beatles	Help	1965
The Beatles	Rubber Soul	1965
The Beatles	1962-1966 [Disc 1]	1965
The Beatles	Revolver	1966
The Beatles	1962-1966 [Disc 2]	1966
The Beatles	Sgt. Pepper's Lonely Hearts Club Band	1967
The Beatles	Love	1967
The Beatles	The Beatles (White Album) [Disc 2]	1968

Artist	Album	Year
The Beatles	The Beatles (White Album) [Disc 1]	1968
The Beatles	1967-1970 [Disc 1]	1968
The Beatles	Abbey Road	1969
The Beatles	1	1970
The Beatles	1967-1970 [Disc 2]	1970
The Black Crowes	The Southern Harmony And Musical Companion	1992
The Black Eyed Peas	Elephunk	2003
The Black Keys	Brothers	2010
The Black Keys	Lonely Boy	2011
The Black Keys	El Camino	2011
The Boomtown Rats	My Genaration [Disc 2]	1979
The Carpenters	Carpenters – Their Greatest Hits	1990
The Cars	The Cars Greatest Hits	1981
The Chemical Brothers	Dig Your Own Hole	1997
The Clash	The Story Of The Clash, Vol. 1 [Disc 2]	1977
The Clash	London Calling	1979
The Clash	The Story Of The Clash, Vol. 1 [Disc 1]	1980
The Clash	Combat Rock	1982
The Company	The Sound Of Music – Original Broadway Cast With Mary Martin,theodore Bikel (Remastered)	1959
The Corrs	Talk On Corners	1998
The Cure	Wish	1992
The Dandy Warhols	Thirteen Tales From Urban Bohemia	2000
The Dave Brubeck Quartet	Time Out	1959
The Decemberists	Picaresque	2005
The Decemberists	The King Is Dead	2011
The Doors	Best Of The Doors [Disc 2]	1967
The Doors	The Doors	1967
The Doors	Best Of The Doors [Disc 1]	1967
The Doors	Strange Days	1967
The Doors	Waiting For The Sun	1968
The Doors	L. A. Woman	1971
The Eagles	Their Greatest Hits	1974
The Five Satins	Dirty Dancing (Original Soundtrack from the Vestron Motion Picture)	1987
The Flaming Lips	Transmissions From The Satellite Heart	1993
The Flaming Lips	Clouds Taste Metallic	1995
The Fugees	The Score	1996
The Good, The Bad and The Queen	Herculean	2006
The Kelly Family	Over The Hump	1994
The Killers	Hot Fuss	2004
The Killers	Sam's Town	2006
The Killers	Day and Age	2008
The Knife	Silent Shout	2006
The Knife	Silent Shout	2006
The Kooks	Sofa Song	2005
The Mars Volta	Frances The Mute	2005
The Modern Jazz Quartet	Django	1954

Artist	Album	Year
The New Seekers	That Good Old Times – 4 Stars X 4 Hits	1971
The Notorious B.I.G.	Life After Death [Disc 1]	1997
The Notorious B.I.G.	Life After Death [Disc 2]	1997
The Notwist	Neon Golden	2002
The Offspring	Smash	1994
The Pigeon Detectives	Romantic Type	2006
The Pipes And Drums And Military Band Of The Royal Scots Dragoon Guards	Amazing Grace	1971
The Police	Synchronicity	1983
The Police	Every Breath You Take: The Singles	1983
The Presets	Apocalypso	2008
The Prodigy	Breathe [Single]	1996
The Prodigy	Firestarter [Maxi]	1996
The Prodigy	The Fat Of The Land	1997
The Pussycat Dolls	PCD	2005
The Raconteurs	Consolers Of The Lonely	2008
The Righteous Brothers	Unchained Melody: Very Best Of The Righteous Brothers	1967
The Rolling Stones	The Rolling Stones	1964
The Rolling Stones	Singles Collection: The London Years [Disc 1]	1965
The Rolling Stones	Aftermath [UK]	1966
The Rolling Stones	Their Satanic Majesties Request	1967
The Rolling Stones	Between the Buttons	1967
The Rolling Stones	Singles Collection: The London Years [Disc 2]	1968
The Rolling Stones	Beggars Banquet	1968
The Rolling Stones	Singles Collection: The London Years [Disc 3]	1968
The Rolling Stones	Let It Bleed	1969
The Rolling Stones	Sticky Fingers	1971
The Rolling Stones	Exile On Main Street	1972
The Rolling Stones	Some Girls	1978
The Rolling Stones	Tattoo You	1981
The Roots	Things Fall Apart	1999
The Seekers	A Carnival Of Hits	1966
The Smiths	The Sound Of The Smiths [Disc 1]	1987
The Smiths	The Sound Of The Smiths [Disc 2]	1988
The Stone Roses	Second Coming	1994
The Strokes	Is This It?	2001
The Strokes	Room On Fire	2003
The Strokes	Angles	2011
The Strokes	Under Cover Of Darkness	2011
The Tramps	Saturday Night Fever	1977
The Vaccines	What Did You Expect From The Vaccines?	2011
The Verve	Urban Hymns	1997
The Village People	Tolle Scheibe 1	1978
The Vines	Don't Listen To The Radio	2005
The White Stripes	Get Behind Me Satan	2005
The White Stripes	Icky Thump	2007
The Who	Tommy [Disc 1]	1969
The Who	Tommy [Disc 2]	1969
The Young Knives	Here Comes The Rumour Mill	2006

Artist	Album	Year
The Young Knives	Here Comes The Rumour Mill	2006
Thelonious Monk	Misterioso	1958
Them Crooked Vultures	Them Crooked Vultures	2009
These New Puritans	Hidden	2010
Third Eye Blind	Third Eye Blind	1997
Tiga	You Gonna Want Me	2005
Tight Fit	The Best Of 1980-1990, Vol. 6 [Disc 1]	1982
TLC	Fanmail	1999
Tom Jones	Green, Green Grass Of Home	1966
Tom Jones	This Is Tom Jones	1969
Tom Petty	Full Moon Fever	1989
Tom Petty and The Heartbreakers	Greatest Hits	1993
Tom Waits	Heartattack And Vine	1980
Tom Waits	Swordfishtrombones	1983
Tom Waits	Bone Machine	1992
Tom Waits	Mule Variations	1999
Toni Braxton	Un-Break My Heart [Single]	1996
Tool	AEEnima	1996
Tool	Lateralus	2001
Tori Amos	Little Earthquakes	1991
Tori Amos	Boys For Pele	1996
Tracy Chapman	Tracy Chapman	1986
Trentemøller	Moan	2006
Trick and Kubic	Easy	2006
Tricky	Maxinquaye	1995
TTC	Une Bande De Mec Sympa	2006
TV On The Radio	Will Do	2011
Two Door Cinema Club	Tourist History	2010
Type O Negative	October Rust	1996
U2	October	1981
U2	War	1983
U2	The Joshua Tree	1987
U2	Rattle And Hum	1988
U2	Achtung Baby	1991
U2	Pop	1997
U2	All That You Can't Leave Behind	2000
U2	How To Dismantle An Atomic Bomb	2004
U2	No Line On The Horizon	2009
U2 Feat. Johnny Cash	Zooropa	1993
UB40	The Best Of UB40 – Volume One [UK]	1983
UB40	(I Can't Help) Falling In Love With You [Single]	1993
USA For Africa	We Are The World	1985
Usher	Confessions	2004
Vampire Weekend	Vampire Weekend	2008
Vampire Weekend	Contra	2010
Van Halen	1984	1984
Vangelis	1492: The Conquest Of Paradise	1992
Vanilla Ice	Cool As Ice	1991
Vengaboys	Boom, Boom, Boom, Boom!!	1998
Vince DiCola	Rocky IV	1985
Washed Out	Amor Fati	2011
We Are Scientists	Nobody Move, Nobody Get Hurt	2005

Artist	Album	Year
Ween	Monique The Freak	2005
Weezer	Pinkerton	1996
Weezer	Weezer (Green Album)	2001
Westlife	Face To Face	2005
Wet Wet Wet	Love Is All Around	1994
Wham!	Make It Big	1984
Wheatus	Teenage Dirtbag	2001
Whigfield	Whigfield	1996
White Lies	To Lose My Life	2009
Whitney Houston	I Will Always Love You [Single]	1992
Whitney Houston and Cissy Houston	Whitney	1987

Artist	Album	Year
Wilco	Being There [Disc 2]	1996
Wilco	Being There [Disc 1]	1996
Wilco	A Ghost is Born	2004
Wilco	Sky Blue Sky	2007
Wolfgang Ambros	Der Letzte Tanz	1983
Wolfmother	Wolfmother	2006
Yeah Yeah Yeahs	It's Blitz!	2009
Yasayer	Odd Blood	2010
Yes	Classic Rock 1966-1988 [Disc 1]	1971
Yma Sumac	Yma Sumac Vol.1	1956

Tabelle X-1 Liste der untersuchten Audio CDs