
BACHELORARBEIT

Herr
Moritz Längricht

**Vergleich von soft- und hard-
warebasierten Lösungen im
Bereich des Sound Processing
in Bezug auf das Medium
Radio**

2020

BACHELORARBEIT

Vergleich von soft- und hardwarebasierten Lösungen im Bereich des Sound Processing in Bezug auf das Medium Radio

Autor:
Herr Moritz Längricht

Studiengang:
Media and Acoustical Engineering

Seminargruppe:
MG16wA-B

Erstprüfer:
**Herr Prof. Dr.-Ing.
Michael Hösel**

Zweitprüfer:
**Herr Dipl.-Musikpäd.
/Dipl.-Musiker Thomas Wand**

Einreichung:
Elkenroth, 24.01.2020

BACHELOR THESIS

Comparison of soft- and hardware-based solutions in the field of sound processing in relation to the medium radio

author:

Mr. Moritz Längricht

course of studies:

Media and Acoustical Engineering

seminar group:

MG16wA-B

first examiner:

**Herr Prof. Dr.-Ing.
Michael Hösel**

second examiner:

**Herr Dipl.-Musikpäd.
/Dipl.-Musiker Thomas Wand**

submission:

Elkenroth, 24.01.2020

Bibliografische Angaben

Längricht, Moritz:

Vergleich von soft- und hardwarebasierten Lösungen im Bereich des Sound Processing in Bezug auf das Medium Radio

Comparison of soft- and hardware-based solutions in the field of sound processing in relation to the medium radio

55 Seiten, Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2020

Abstract

In dieser Arbeit sollen verschiedene Lösungen für Sound Processing im Radio betrachtet werden. Dafür soll zuerst auf die verschiedenen Tools beim Sound Processing eingegangen werden. Danach werden verschiedene Richtlinien bei der Übertragung von Rundfunk erläutert. Zuletzt werden die beiden Sound Processing-Lösungen Orban Optimod 8700i als Hardware-Gerät und der Radio Optimizer als Software-Lösung vorgestellt.

In this thesis, different solutions for sound processing in radio are to be considered. For this purpose, the various tools for sound processing will be discussed first. The existing guidelines for broadcasting are then explained. In the last step, two sound processing solutions are compared to each other: The Orban Optimod 8700i as a hardware- and the radio optimizer as a software-solution.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	II
Abkürzungsverzeichnis	III
Formelverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 These.....	1
2 Sound Processing.....	2
2.1 Was ist Sound Processing?	2
2.2 Sound Processing im Radio	2
2.3 Kompressor und Limiter	4
2.3.1 Parameter eines Kompressors.....	4
2.3.2 Multiband-Kompressor	8
2.3.3 Limiter	9
2.4 Filter und Equalizer	10
2.4.1 Parameter eines Equalizers	10
2.4.2 Filterarten.....	12
2.5 Automatic Gain Control	15
2.6 Stereo Enhancement	15
2.7 Emphasis	16
3 Technische und gesetzliche Regelungen.....	17
3.1 Der Frequenzhub	17
3.2 Lautheit und Loudness War	19
3.3 EBU R 128.....	23
3.3.1 EBU R 128 im Hörfunk.....	25
4 Hard- und Software im Sound Processing	29
4.1 Orban Optimod 8700i.....	29
4.1.1 Einbindung in den Sendebetrieb	30
4.1.2 Funktionen	32
4.2 Radio Optimizer	39
4.2.1 Einbindung in den Sendebetrieb	40
4.2.2 Funktionen	41
4.3 Vergleich.....	46
5 Schlussbetrachtung.....	53
Literaturverzeichnis	VII
Anlagen.....	XI
Eigenständigkeitserklärung	XIV

Abkürzungsverzeichnis

AAC	Advanced Audio Coding (Standard zur Komprimierung von Video und Audio)
AGC	Automatic Gain Control (Automatische Verstärkungsregelung)
AES	Audio Engineering Society
ARD	Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland
BBC	British Broadcasting Corporation
CPU	Central Processing Unit (Zentrale Verarbeitungseinheit)
DAB	Digital Audio Broadcasting (Digitaler Radioempfang)
DAW	Digital Audio Workstation (Software zum Bearbeiten von Audiofiles)
DMC	Distortion Masked Clipper (Tool, um Verzerrungen zu verdecken)
EBU	European Broadcast Union
FM	Frequenzmodulation
HF	High Frequency (Hohe Frequenzen)
Hi-Fi	High Fidelity (Qualitätsstandard in der Tontechnik)
LUFS	Loudness Units to Full Scale
MPEG	Moving Pictures Expert Group (Standard zur Komprimierung von Video und Audio)
RDS	Radio Data System (Übermittlung von Zusatzdaten über analogen UKW-Rundfunk)
STL	Studio to Transmitter Link
SWR	Südwestdeutscher Rundfunk
VCA	Voltage Controlled Amplifier (spannungsgesteuerter Verstärker)
ITU	International Telecommunication Union
MPX	Multiplex

Formelverzeichnis

$B = f_{og} - f_{ug}$	Bandbreite	[Hz]
$dB/Oktave = 0,3 \times dB/Dekade$	Flankensteilheit	[dB]
$f_M = \sqrt{f_u * f_o}$	Mittenfrequenz	[Hz]
$R = \frac{L_{Eingangspegel}}{L_{Ausgangspegel}}$	Ratio	
$\tau = \frac{1}{2\pi \times f_c}$	Zeitintervall	[ms]
$Q = \frac{f_M}{B}$	Güte	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Kompressor, typische Kennlinienverläufe Quelle: (Dickreiter, 2014, S.379)	5
Abbildung 2 Lautheitserhöhung durch Kompression Quelle: (Dickreiter, 2014, S.380)	6
Abbildung 3 Ansprechzeit eines Kompressors Quelle: (Dickreiter, 2014, S.381)	7
Abbildung 4 Beispiel für einen digitalen Multiband-Kompressor: Waves C4	9
Abbildung 5 Parameter eines EQs Quelle: (Friesecke, 2014, S.1414)	11
Abbildung 6 Beispiel für Shelf-Filter Quelle: (Dickreiter, 2014, S.394)	14
Abbildung 7 Vereinfachte Schaltung einer AGC Quelle: (Keim, 2016)	15
Abbildung 8 Aufbau MPX-Signal Quelle: (Klaus, 2013, S.7)	18
Abbildung 9 Frequenzgewichtung 40 Phon Quelle: (Ortner, 2012, S.10)	20
Abbildung 10 Vergleich der Wellenformen: oben Moonlight Shadows (1983), unten Night Of Your Life (2011).....	21
Abbildung 11 Unterschiede der Peak Level Normalisierung gegenüber der Loudness Level Normalisierung Quelle: (Camerer, 2010, S.1)	23
Abbildung 12 Unterschied Spitzenpegelaussteuerung (oben) und Lautheitsaussteuerung (unten) Quelle: (Bolewski, 2013)	27
Abbildung 13 Vorder- und Rückseite des Orban Optimod 8700i Quelle: (Orban, 2019c).....	31
Abbildung 14 Remote-Software des Optimod 8700i	47
Abbildung 15 Oberfläche Radio Optimizer im Reiter 'Prozessor'	48

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Werte der Messung der Loudness nach EBU R 128 der beiden Stücke22

Tabelle 2 Vergleich der Kriterien von Orban Optimod 8700i und Radio Optimizer52

1 Einleitung

Die mediale Welt dreht sich immer schneller. Und obwohl neue Medien wie das Internet und das dadurch verbundene Streaming immer mehr Konsumenten anzieht, bleibt das Radio weiterhin eines der wichtigsten Medien der Deutschen.¹ Da viele Menschen Radio hören, gibt es auch viele verschiedene Sender mit immer ähnlicherem Inhalt. Damit ein Sender aus diesem Einheitsbrei heraussticht, setzen die Sender auf ein immer lautereres Programm. Um dabei das bestklingende Ergebnis zu erzielen, gibt es verschiedene technische Möglichkeiten. Je nach Sendergröße und verfügbarem Budget sind unterschiedliche Herangehensweisen möglich, um am Ende das bestmögliche Audiosignal an den Hörer zu senden.

In dieser Arbeit wird zuerst auf die Signalbearbeitung im Allgemeinen eingegangen und unterschiedliche Geräte zur Signalbearbeitung erklärt. Außerdem werden die technischen und gesetzlichen Regelungen für Loudness im Radio erläutert und auf die Möglichkeiten eingegangen, diese Grenzen auszuloten. Zuletzt werden das Hardware-Gerät Orban OPTIMOD 8700i und die Software-Lösung Radio Optimizer analysiert und die Ergebnisse verglichen.

1.1 These

Software-Lösungen erreichen bei der Verarbeitung von vorproduzierten Inhalten und Live-Beiträgen die gleiche Qualität wie die Hardware-Geräte, die momentan als quasi Standard in der Welt des Radios gelten. Dabei ist die Software um einiges günstiger und kann einfacher bedient werden.

¹ Vgl. SevenOne Media (29.August 2019): Statista <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/476467/umfrage/persoенliche-geraetenutzung-fuer-den-medienkonsum-in-deutschland/> (04.11.2019).

2 Sound Processing

2.1 Was ist Sound Processing?

Unter Sound Processing wird die technische Bearbeitung eines Audiosignals, um am Ende das klanglich beste Ergebnis zu erzielen, verstanden.² Ziel ist die Bearbeitung der „*musikalischen Wahrnehmung der Lautstärke und Dynamik, der Klangfarbe, der Lokalisation und räumlichen Anordnung, des Raumeindrucks und der Tonhöhe sowie zumeist auch deren Zeitverläufe.*“³ Dabei kommen verschiedene Geräte zum Einsatz wie zum Beispiel ein Kompressor, Limiter, Equalizer, Exciter, verschiedene Arten von Hall oder ein Delay. Diese Geräte gibt es als analoge oder digitale Hardware-Geräte, aber auch als Software in Form von Plug-Ins für die DAW (Digital Audio Workstation) oder als Stand Alone-Software.

2.2 Sound Processing im Radio

Im Falle des Radios ist Sound Processing ein wichtiger Bestandteil und unausweichlich. Hier kommen viele verschiedene Arten von Audiomaterial zusammen. Zum einen sind verschiedenste Musiktitel, die im Dynamikumfang und in der gesamten Lautstärke unterschiedlich produziert wurden, vorhanden. Gerade bei Sendern, die von Rock-Musik bis Balladen, die nur durch eine Akustik-Gitarre getragen werden, spielen, kommt es zu großen Lautstärkeunterschieden. Dazu kommen noch verschiedene Beiträge von Redakteuren. Auch hier gibt es Unterschiede zwischen den einzelnen Beiträgen. Wird ein Beitrag einfach nur mit Sprache produziert, wird er leiser wahrgenommen als ein Beitrag, der mit viel Musik und Soundeffekten unterlegt wird. Zusätzlich gibt es noch viele Live-Moderationen. Hier gibt es die größten Schwankungen in der Lautstärke. Je nach Stimmung des Live-Beitrags kann es schon bei einem einzigen Moderator innerhalb einer Sendung zu starken Lautstärke-Schwankungen kommen.

2 Vgl. Dickreiter, M., Dittel, V., Hoeg, W., & Wöhr, M. (2014): Handbuch der Tonstudioteknik. Band 1, 8., völlig überarbeitete und erweiterte Aufl., München: De Gruyter Saur, S.370f.

3 Dickreiter, M., Dittel, V., Hoeg, W., & Wöhr, M. (2014): Handbuch der Tonstudioteknik. Band 1, 8., völlig überarbeitete und erweiterte Aufl., München: De Gruyter Saur, S.370.

Dazu gibt es bei einem großen Sender noch viele verschiedene Sprecher, die unterschiedliche Stimmen und Lautstärken der Sprache vorweisen. Es wird versucht diese Unterschiede durch gute Kompressoren abzuschwächen, am Ende wird es dennoch Unterschiede in der Lautstärke geben. Außerdem werden viele Sendungen von den Moderatoren noch „selbst gefahren“. Das bedeutet, dass der Moderator, während er die Sendung moderiert, noch am Mischpult steht und über Fader die Lautstärken selbst einstellt. Da ein Moderator nicht unbedingt über die gleichwertige technische Ausbildung verfügt wie ein ausgebildeter Tontechniker, kann es hier oft zu Problemen kommen, weil er durch andere Dinge abgelenkt ist, die seine Aufmerksamkeit beanspruchen wie das Lesen des Beitrags.

Da jeder Hörer eine andere Abhörsituation hat, geschuldet durch die vielen verschiedenen Geräte zum Hören und verschiedenen Orten mit unterschiedlichen Lärmquellen, müssen die Lautstärkepegel der verschiedenen Audiomaterialien beim Senden auf einem ähnlich lauten Niveau sein. Ist dies nicht der Fall, ist der Hörer dazu gezwungen die Lautstärke am Gerät selbst zu ändern. Da dies auf Dauer sehr irritierend & störend sein kann, sowie eine konstante Anpassung der Lautstärke durch den Hörer erfordert, ist anzunehmen, dass ein Anteil der Hörer deshalb einen Senderwechsel vollziehen werden. Damit der Sender auch nicht unter den anderen Konkurrenz-Sendern untergeht, muss er möglichst laut sein. Die meisten Hörer empfinden oft den lautesten Sender als den Besten.⁴ Da die meisten Menschen Radio nur als Begleitmedium neben der Arbeit, im Auto oder bei anderen Freizeitbeschäftigungen nutzen, muss der Sender immer klar verständlich und möglichst laut sein, um sich gegen die Umgebungsgeräusche durchzusetzen. Mit diesen Faktoren im Hinterkopf werden als nächstes die einzelnen Geräte erklärt um das Signal

1. Gleich laut
2. Mit maximaler Lautstärke
3. Mit Bestmöglicher Verständlichkeit

an den Rezipienten zu senden.

4 Vgl. Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1659.

2.3 Kompressor und Limiter

Kompressor und Limiter fallen unter die Kategorie der dynamikbearbeitenden Geräte. Diese Geräte sind, einfach gesagt, pegelabhängige Verstärker. Ihre Verstärkung ist also vom Eingangspegel abhängig⁵. Durch diese Art der Bearbeitung sollen verschiedene Eingangssignale auf einen ähnlichen Pegel gebracht werden. Sollte der Anwender auf die Idee kommen, dass keine Pegeländerung zwischen den Beiträgen erfolgen soll, könnte die Dynamik auf 0 dB verringert werden, also keine Pegeländerung zwischen den einzelnen Beiträgen erzeugt werden. Es ist davon auszugehen, dass das Ergebnis sehr schlecht klingen würde, da die Bearbeitung hörbar sein würde. Ziel muss also sein, dass die „*Eingengung der Dynamik*“⁶ möglichst unauffällig von statten geht.

2.3.1 Parameter eines Kompressors

Um einen Kompressor besser zu verstehen, sollten die einstellbaren Parameter bekannt sein. Sie haben direkte Auswirkungen auf das Ausgangssignal und die Art, wie der Kompressor arbeitet. Besonders wichtig ist für das Anwendungsgebiet Radio das statische Verhalten eines Kompressors. Durch seine Funktion soll die Programmdynamik vermindert und die wahrgenommene Lautheit erhöht werden.

Input Level:

Hier wird der für das Gerät richtige Eingangspegel bestimmt. Das ist wichtig, damit der Eingangspegel zum Ausgangspegel des Gerätes davor in der Sendekette liegend passt. Besitzt der Kompressor kein Threshold-Regler, welcher im nächsten Abschnitt erläutert wird, kann über den Input-Level der Punkt bestimmt werden, ab dem der Kompressor arbeitet.

5 Vgl. Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1426.

6 Dickreiter, M., Dittel, V., Hoeg, W., & Wöhr, M. (2014): Handbuch der Tonstudioteknik. Band 1, 8., völlig überarbeitete und erweiterte Aufl., München: De Gruyter Saur, S.378.

Threshold:

Über diesen Regler wird der Schwellenwert eingestellt, ab dem das dynamikbearbeitende Gerät anfängt zu arbeiten. Übersteigt das Eingangssignal diesen Wert, setzt die Kompression ein (Abb.1 als L_E gekennzeichnet). Es gibt auch Anwendungen, bei denen der Kompressor bei Unterschreiten dieses Schwellenwerts arbeiten soll.

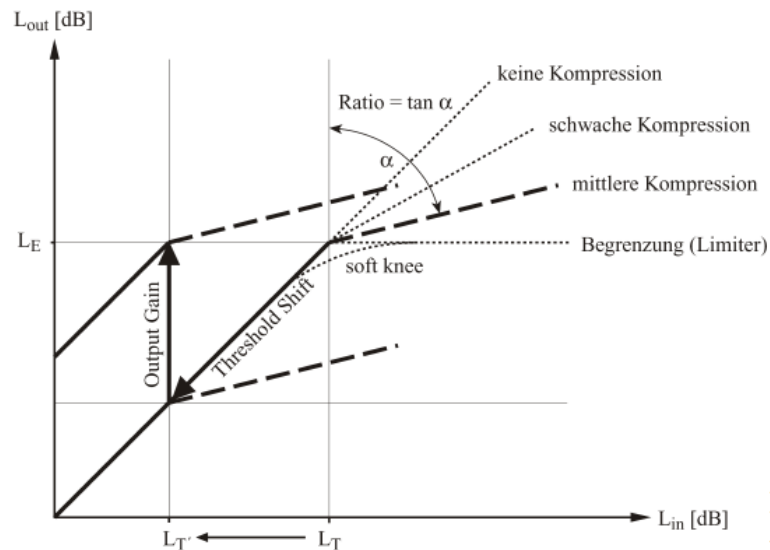


Abbildung 1 Kompressor, typische Kennlinienverläufe
Quelle: (Dickreiter, 2014, S.379)

Ratio:

Über den Parameter Ratio wird das Verhältnis bestimmt, „in dem ein Signal komprimiert oder expandiert wird“⁷. Dieses Verhältnis kann durch die einfache Formel

$$R = \frac{L_{\text{Eingangspegel}}}{L_{\text{Ausgangspegel}}}$$

dargestellt werden. Die Ratio wird meist als Verhältnis ausgedrückt, wie zum Beispiel 2:1, was bedeutet, „dass bei Überschreitung des Thresholds eine

⁷ Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1428.

*Pegeländerung von 10dB auf eine Pegeländerung von 5dB zusammen komprimiert wird.*⁸ Ab einer Ratio von 10:1 wird von einem Limiter gesprochen.

Output-Level:

Wird auch oft Makeup-Gain genannt. Dadurch wird der Ausgangspegel des Kompressors bestimmt, damit er zum nachfolgenden Gerät in der Sendekette passt. Außerdem ergibt sich durch das Absenken des Schwellenwertes ein ungenutzter oberer Dynamikbereich, der sog. Kompressionshub⁹. Wird der Output-Gain nun erhöht, wird das komprimierte Signal in den ungenutzten oberen Pegelbereich geschoben. Dadurch werden auch die leisen Teile, die unter dem Threshold-Wert liegen, im Pegel angehoben (Abb.1). Das führt dazu, dass die Lautheit zunimmt, während der Maximalpegel gleichbleibt (Abb. 2).

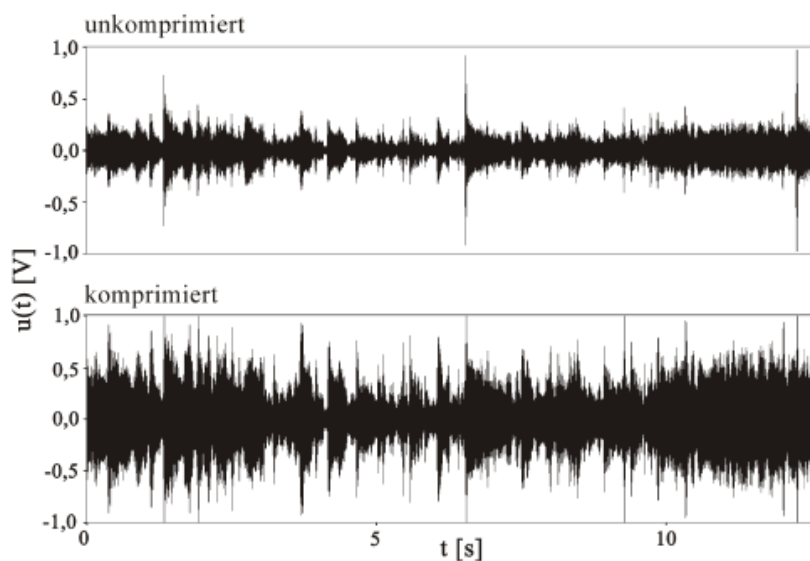


Abbildung 2 Lautheitserhöhung durch Kompression
Quelle: (Dickreiter, 2014, S.380)

8 Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1428.

9 Vgl Dickreiter, M., Dittel, V., Hoeg, W., & Wöhr, M. (2014): Handbuch der Tonstudioteknik. Band 1, 8., völlig überarbeitete und erweiterte Aufl., München: De Gruyter Saur, S.380.

Attack:

Die Ansprechzeit (Attack) ist ein Zeitparameter eines dynamikbearbeitenden Geräts. Die Attack-Zeit bestimmt, nach welcher Zeit der Kompressor anspricht, nachdem der Threshold überschritten wurde. Aber eigentlich hat die Dynamikbearbeitung nach der eingestellten Zeit schon zu 63% eingesetzt. Für die Bearbeitung der Beiträge und Songs in der Sendekette eines Radiosenders werden mittlere bis lange Attack-Zeiten genutzt, da das Signal unverändert, aber die Dynamik bearbeitet werden soll.

Release:

Die Release-Zeit bestimmt wie lange das Abschalten der Dynamikbearbeitung nach Unterschreiten des Thresholds dauert. Auch die Release-Zeit ist, wie die Attack-Zeit, eine Zeitkonstante. Da es bei zu kurzen Release-Zeiten schnell zu einem sogenannten „Pumpen“ kommen kann, also einer „*unerwünscht stark hörbare[n] Lautstärkeänderung*“¹⁰, werden längere Release-Zeiten empfohlen, da das Ohr länger braucht, um sich an Lautstärkeänderungen zu gewöhnen.

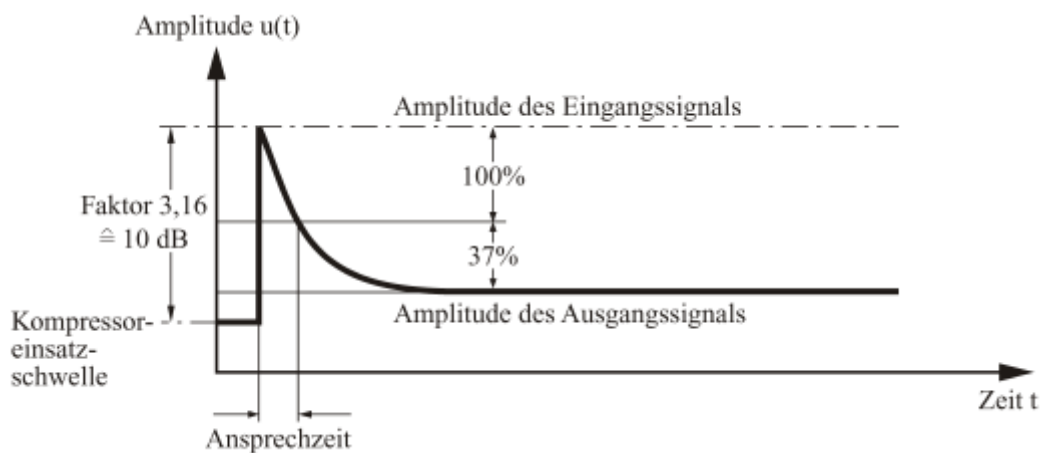


Abbildung 3 Ansprechzeit eines Kompressors
Quelle: (Dickreiter, 2014, S.381)

10 Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1429.

Sidechain:

Damit ein Kompressor überhaupt reagiert, benötigt er ein Steuersignal. Dieses Signal wird über den Sidechain zum VCA (spannungsgesteuerter Verstärker) geschickt. Bei Feed-Forward-Kompressoren erhält der Sidechain sein Signal aus dem Eingangssignal des Kompressors. Das Signal wird gleichgerichtet und logarithmiert. Danach wird die Steuerspannung mit dem Threshold verglichen, dadurch entsteht das Steuersignal für den VCA und das Signal im Signalweg wird in der Dynamik bearbeitet. Bei Feed-Back-Kompressoren entfällt die Logarithmierung, da das Ausgangssignal des VCA dem Sidechain zugeführt wird.¹¹

Der Sidechain kann auch mit einem Fremdsignal gespeist werden. Diese Art der Kompression wird im Hörfunk häufig dafür verwendet die Musik zu „ducken“, sobald ein Moderator spricht. „Ducking“ ist also eine andere Art einen Kompressor zu betreiben. Dafür wird in den Sidechain das Sprachsignal des Moderators eingespeist. Im Eingang liegt dann das Musikbett oder die Musik, die gerade gespielt wird, an. Spricht der Moderator nun, reagiert der VCA über den Sidechain auf das Signal und verringert das Musikbett um die eingestellten Parameter.

2.3.2 Multiband-Kompressor

Gerade im Sendeweg eines Radiosenders kommt eher ein Multiband-Kompressor zum Einsatz. Diese Art des Kompressors hat den Vorteil, dass meist zwischen drei bis fünf Frequenzbereichen ausgewählt und speziell der Kompressionsgrad für diese Frequenzbereiche geregelt werden kann. Da im Bereich der tiefen Frequenz mehr Energie vorhanden ist, lösen gerade diese tiefen Frequenzen bei klassischen Kompressoren oft eine breitbandige Kompression aus, obwohl sie gar nicht erwünscht ist. Die Parameter können für jedes einzelne Band eingestellt und so ein homogenes Gesamtsignal produziert werden. Dadurch wird auch eine effektive Lautheitsmaximierung erreicht.

¹¹ Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1432.



Abbildung 4 Beispiel für einen digitalen Multiband-Kompressor:
Waves C4

2.3.3 Limiter

Der Limiter ist eine Sonderform des Kompressors. Liegt die Ratio über 10:1 wird von einem Limiter gesprochen, dabei kann die Ratio bis zu ∞ :1 betragen. Bei so einer Einstellung würde ein Signal, das lauter als der eingestellte Threshold ist, auf dem Pegel des Thresholds bleiben. Limiter werden oft als Übersteuerungsschutz genutzt, aber auch in modernen Musik-Produktionen, um die maximale Lautheit des Stücks anzuheben. Werden die Peaks, also die Pegelspitzen, beschnitten, kann der Rest des Signals angehoben werden, um damit ein lauterer Gesamtsignal zu erzielen.¹² Diese Art des Limiters wird auch Brickwall-Limiter genannt.

¹² Vgl. Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1434 f.

2.4 Filter und Equalizer

Filter und Equalizer gehören zu den klangbearbeitenden Geräten. Ziel dieser Klangbearbeitung ist es entweder das Signal an bestimmte technische Voraussetzungen anzupassen oder ihm musikalisch einen bestimmten Klang zu verpassen. Eine technische Bearbeitung könnte zum Beispiel das Entfernen von tieffrequentem Schall sein, damit Störgeräusche herausgefiltert werden. Bei der musikalischen Bearbeitung wird versucht das Signal möglichst nah an die eigenen klanglichen Vorstellungen heranzubringen.¹³ Das ist besonders bei der Produktion von Musik wichtig. Aber auch beim Radio kommen solche Equalizer in der Sendekette der Signalbearbeitung vor. Hier soll der eigene Sound geprägt und dem eigenen Geschmack, und vor allem dem des potenziellen Hörers, möglichst nahegebracht werden. Dafür werden oft Anhebungen im hoch- und tieffrequenten Bereich getätigt, um das Signal nach Hi-Fi klingen zu lassen.

2.4.1 Parameter eines Equalizers

Auch bei Filtern und Equalizern gibt es verschiedene Parameter, die zum besseren Verständnis dieser Geräte erklärt werden müssen.

Grenzfrequenz:

Die Grenzfrequenz ist die Frequenz, bei der die Pegelabsenkung des Filters -3dB aufweist. (Abb. 5)

Flankensteilheit:

Unter der Flankensteilheit eines Filters wird der frequenzabhängigen Pegelverlust verstanden, an den sich das Filter annähert.¹⁴ Sie wird in dB pro Oktave oder in dB pro Dekade angegeben. 6dB/Oktave entsprechen dabei 20dB/Dekade, damit beträgt der Umrechnungsfaktor 3,33.

¹³ Vgl. Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1412f.

¹⁴ Vgl. Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1413.

$$dB/Oktave = 0,3 \times dB/Dekade$$

Die Ordnung des Filters gibt die Flankensteilheit des Filters an. Bei einem Hoch- und Tiefpass wird von einem Filter erster Ordnung ausgegangen, was einer Flankensteilheit von 6dB/Oktave entspricht. Bei einem Bandpass-Filter wird mindestens von einem Filter zweiter Ordnung ausgegangen, aber trotzdem von einer Flankensteilheit von 6dB/Oktave, da er aus jeweils einem Hoch- und Tiefpass erster Ordnung besteht. Die Ordnung wird durch die Anzahl der Kondensatoren in der Schaltung bestimmt. Daher gilt für einen Filter n-ter Ordnung eine Flankensteilheit von $n \cdot 6\text{dB/Oktave}$ beziehungsweise $n \cdot 20\text{dB/Dekade}$.

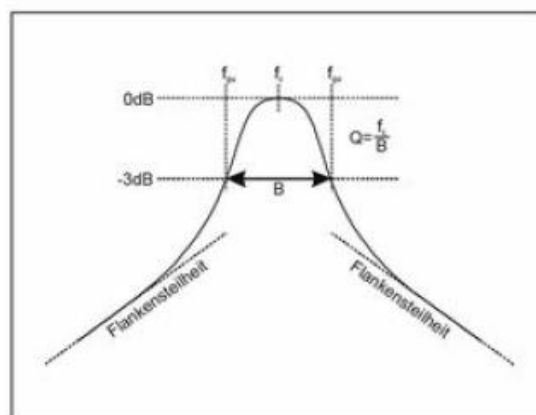


Abbildung 5 Parameter eines EQs
Quelle: (Friesecke, 2014, S.1414)

Mittenfrequenz:

„Die Mittenfrequenz eines Filters gibt an, um welche Frequenz herum das Filter arbeitet“.¹⁵

Cut/Boost:

Mit dem Cut/Boost-Wert werden die einzelnen Frequenzbänder eines Equalizers angehoben (Boost) oder abgesenkt (Cut). Dieser Wert wird in dB angegeben. Bei einem Bell-EQ (siehe S.13) wird von der Anhebung/Absenkung der Mittenfrequenz ausgegangen.

¹⁵ Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1413.

Q-Faktor/Bandbreite:

Unter dem Q-Faktor (Q = Quality) wird die Güte einer Resonanz verstanden. Sie kann mit folgender Formel berechnet werden¹⁶:

$$Q = \frac{f_M}{B}$$

Dabei ist f_M die Mittenfrequenz in Hertz und B die Bandbreite in Hertz. Die Bandbreite ist der Frequenzbereich zwischen der oberen und unteren Grenzfrequenz eines Bandpassfilter (siehe Abb 4). Demzufolge lässt sich die Bandbreite mit der Formel

$$B = f_{og} - f_{ug}$$

abbilden. Ein einstellbarer Q-Faktor ist oft erwünscht, damit genau die Störfrequenzen eines Signals entfernt oder noch genauer bestimmte Frequenzen geboostet werden können.

2.4.2 Filterarten

Für die Anwendung von Filtern und Equalizern gibt es bestimmte Filterarten, die besonders wichtig sind. Im Folgenden wird auf die Art der Anwendung und die Funktionsweise eingegangen.

Hoch- und Tiefpassfilter

Hoch- und Tiefpassfilter haben das Ziel, das Signal in den unteren Frequenzen (Hochpass) und in den oberen Frequenzen (Tiefpass) zu beschränken und zu beschneiden. Durch die einstellbare Grenzfrequenz f_G wird entschieden, ab wo die Signalanteile abgesenkt werden. Die meisten Hoch-/Tiefpassfilter sind Filter erster Ordnung und haben dadurch eine Flankensteilheit von 6dB/Oktave (siehe 2.4.1).

¹⁶ Vgl. Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1415 f.

Selten ist die Flankensteilheit einstellbar, dann basiert der Aufbau „*in der Regel auf aktiven Schaltungen [...]*“¹⁷.

Hochpassfilter werden oft direkt in Mikrofonvorverstärker eingebaut, damit das Signal schon vor der Aufnahme von Störgeräuschen, wie Trittschall, im tieffrequenten Bereich befreit werden kann. Sie sind auch in fast jedem Kanalzug eines Mischpults zu finden, damit Störgeräusche entfernt werden können. Der Anwendungsbereich eines Tiefpassfilters ist vor allem das Entfernen von Störgeräuschen oberhalb des Nutzsignals, wie zum Beispiel ein Rauschen oder Fiepen eines elektrischen Bauteils. Natürlich können Hoch- und Tiefpassfilter auch für gestalterische Zwecke genutzt werden.

Bandpass

Ein Bandpass ist die Kombination aus einem Hoch- und Tiefpassfilter. Die Mittenfrequenz f_M ist dabei „*das geometrische Mittel der unteren Grenzfrequenz f_u und der oberen Grenzfrequenz f_o* “.¹⁸ Die Mittenfrequenz kann also mit der Formel

$$f_M = \sqrt{f_u * f_o}$$

errechnet werden. Bei einem Bandpassfilter ist meist die Güte Q (siehe 2.4.1) einstellbar.

Ein breitbandiger Bandpass wird zur „*Beschränkung der Nutzsignalbreite*“¹⁹ verwendet. Das ist zum Beispiel für die Übertragung des analogen UKW-Rundfunks wichtig. Dort wird der Übertragungsbereich auf 40Hz bis 15kHz beschränkt.

17 Dickreiter, M., Dittel, V., Hoeg, W., & Wöhr, M. (DE GRUYTER SAUR) (2014): Handbuch der Tonstudientechnik. Band 1, 8., völlig überarbeitete und erweiterte Aufl., München: De Gruyter Saur, S.388.

18 Dickreiter, M., Dittel, V., Hoeg, W., & Wöhr, M. (DE GRUYTER SAUR) (2014): Handbuch der Tonstudientechnik. Band 1, 8., völlig überarbeitete und erweiterte Aufl., München: De Gruyter Saur, S.390.

19 Dickreiter, M., Dittel, V., Hoeg, W., & Wöhr, M. (DE GRUYTER SAUR) (2014): Handbuch der Tonstudientechnik. Band 1, 8., völlig überarbeitete und erweiterte Aufl., München: De Gruyter Saur, S.390.

Glockenfilter

Ein Glockenfilter ist einem Bandpassfilter sehr ähnlich. Das Frequenzband wird durch eine untere und obere Grenzfrequenz bestimmt. Durch die Einstellung eines Verstärkungspegels L wird der ausgewählte Frequenzbereich nun angehoben oder abgesenkt (siehe 2.4.1 Cut/Boost). Ist $L > 0$, entsteht die für den Namen verantwortliche Glockenform des Filters. Die Grenzfrequenzen selbst können nicht wie in 2.4.1 nach dem -3dB Prinzip erkannt werden.

Shelf-Filter

Mit einem Shelf-Filter (Kuhschwanz-Filter) soll ein „Frequenzband zwischen einer Grenzfrequenz f_g und der oberen oder unteren Grenze des Übertragungsbereichs“²⁰ bearbeitet werden. Daher gibt es den High-Shelf und Low-Shelf Filter. Durch die Steilheit, die Grenzfrequenz und den Verstärkungspegel wird das Filter beschrieben.

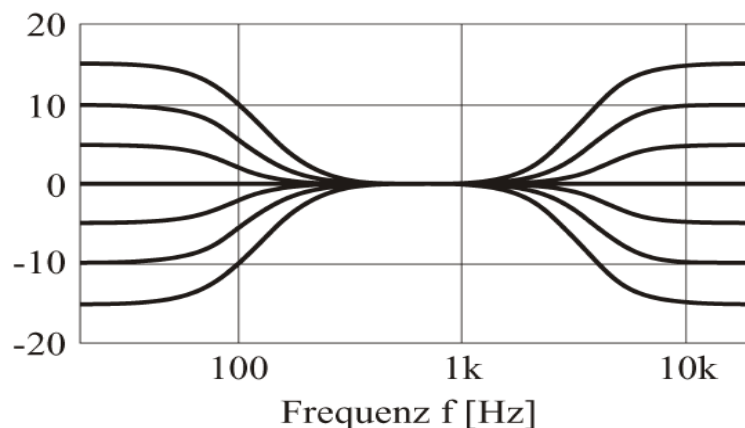


Abbildung 6 Beispiel für Shelf-Filter
Quelle: (Dickreiter, 2014, S.394)

²⁰ Dickreiter, M., Dittel, V., Hoeg, W., & Wöhr, M. (DE GRUYTER SAUR) (2014): Handbuch der Tonstudientechnik. Band 1, 8., völlig überarbeitete und erweiterte Aufl., München: De Gruyter Saur, S.395.

2.5 Automatic Gain Control

Ziel der automatischen Verstärkerregelung ist es, den Ausgangspegel des Studios fortwährend auf einem ähnlichen Level zu halten, damit die signalbearbeitenden Geräte immer einen ausreichenden Eingangspegel haben.

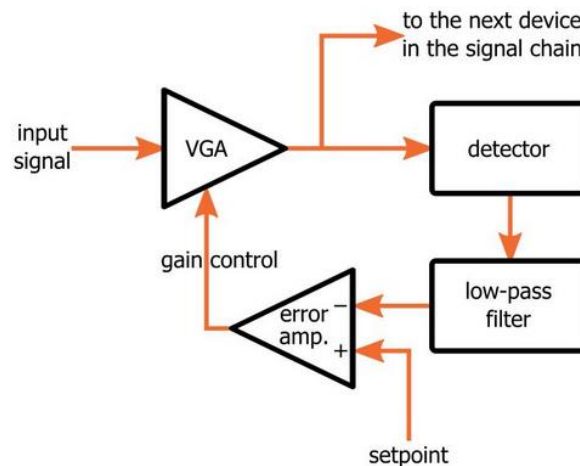


Abbildung 7 Vereinfachte Schaltung einer AGC
Quelle: (Keim, 2016)

Dazu muss der Amplifier wissen, welche Amplitude der Output hat. Voraussetzung dafür ist, dass ein geschlossener Loop geschaffen wird. Der VGA (Variabler Gain Amplifier) schickt das Signal nicht nur zum nächsten Gerät in der Sendekette, sondern auch zu einer Schaltung, die die Amplitude misst. Dadurch kann die Verstärkung kontrolliert und auf den Zielwert (Setpoint) eingestellt werden.²¹

2.6 Stereo Enhancement

Stereo Enhancement ist eine übliche Bearbeitung in der Signalkette eines Radiosenders. Durch diese Geräte wird das Signal elektrisch verbreitert, also das Auseinanderrücken der Lautsprecher „simuliert“. Eine Stereobasisverbreiterung wird herbeigeführt, indem das Signal in ein Stereodifferenzsignal (L-R) und das Stereosummensignal (L+R) aufgeteilt wird. Durch einen Enhancer wird nun das L-R-Signal bearbeitet. Das führt dazu, dass bei der Zusammenführung beider Signale, das Signal breiter erscheint. Andere Geräte schicken das L-R Signal

²¹ Vgl. Keim, Robert (22.11.2016): All About Circuits. <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/understanding-automatic-gain-control/> (16.01.2020).

durch eine Delay-Line und bearbeiten es im Klang, um es dann wieder mit dem unbearbeiteten L-R-Signal zusammenzuführen. Bei der Anwendung von Stereo Enhancer muss darauf geachtet werden, dass das Signal nicht zu stark verbreitert wird. Da dabei die Höhen angehoben werden, kann es zu Verzerrungen kommen.

2.7 Emphasis

Unter Emphasis wird eine sehr preiswerte Art der Rauschunterdrückung verstanden. Damit ist die Betonung eines bestimmten Frequenzbereichs gemeint.²² Dazu werden vor der Aufnahme, beziehungsweise dem Senden (lineare Vorverzerrung), die Höhen angehoben und beim Empfang, beziehungsweise der Wiedergabe, wieder abgesenkt (Entzerrung oder Deemphasis). Damit dieser Vorgang reibungslos abläuft, müssen durch Normen die Zeitkonstante τ und die Übergangsfrequenz f_c definiert werden. Die beiden Werte können wie folgt berechnet werden:

$$\tau = \frac{1}{2\pi \times f_c}$$

Vorteile dadurch sind der geringe schaltungstechnische Aufwand, der betrieben werden muss und die Verbesserung des Signal-Rausch-Abstands um etwa 13dB. Nachteil ist, dass die angehobenen Frequenzen nicht mehr mit maximalem Pegel gesendet werden können. In Europa beträgt die Zeitkonstante beim UKW-Hörfunk 50 μ s bei einer Übergangsfrequenz von 3,18kHz. Da in Nordamerika andere Normen gelten, besitzen Geräte aus Europa dort ein schlechteres Signal-Rausch-Verhältnis und hohe Töne werden zu laut wiedergegeben. Amerikanische Geräte klingen wiederum in Europa dumpfer.

²² Vgl. Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.1415 f.

3 Technische und gesetzliche Regelungen

Die Betreiber eines Hörfunk-Senders müssen aber nicht nur darauf achten, dass ihr Sender der lauteste und bestklingende unter dem Meer an Sendern ist, sondern auch bestimmte Grenzwerte einhalten.

3.1 Der Frequenzhub

Bei der Übertragung des Informationssignals eines Radiosenders wird die sogenannte Frequenzmodulation (FM) genutzt. Hierbei wird die Trägerfrequenz durch das zu übertragende Signal verändert. Die Veränderung der Trägerfrequenz durch diese Modulation wird Frequenzhub genannt.²³ Die Bundesnetzagentur gibt in ihrer ‚Verwaltungsvorschrift Frequenzverteilung Rundfunkdienst‘ folgende Richtlinie vor:

„Bei Frequenzmodulation mit beliebigen Signalen (einschließlich aller Zusatzsignale) ist der Spitzenhub (maximale Abweichung der Frequenz von der Frequenz des unmodulierten Trägers) von maximal +/-75 kHz einzuhalten.“²⁴

Des Weiteren gibt es das Multiplexsignal (MPX-Signal). Damit ein Radio-Empfänger erkennt, dass das empfangene Signal ein Stereo-Signal ist, wurde das Pilotton-Multiplexverfahren entwickelt. Es soll dafür sorgen, dass ein Stereo-Signal auch auf einem Mono-Empfangsgerät hörbar ist. In einem Stereocoder wird aus dem linken (L) und rechten (R) Audiokanal, welche jeweils 15 kHz Bandbreite haben, ein Summensignal Mitte (M) und das Differenzsignal Seite (S) erzeugt. Das Signal S wird nun auf einen Hilfsträger bei 38kHz amplitudenmoduliert, aber zur Reduzierung der Bandbreite unterdrückt. Damit der Empfänger nun versteht, dass ein MPX-Signal ankommt, wird bei 19kHz der Pilotton übertragen. Dadurch

23 Vgl. Klaus, Christiane (10.09.2013): Messung an FM-Sendern für die Abnahme, Inbetriebnahme oder Wartung. Applikationsschrift, Web: Rhode & Schwarz. https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/7bm105/7BM105_0D.pdf (10.12.2019), S.6.

24 Bundesnetzagentur (Hrsg.) (07.06.2018): Verwaltungsvorschrift für Frequenzuteilungen für den Rundfunkdienst. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Verwaltungsvorschriften/VV_RuFu.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (10.12.2019), S.11.

erkennt der Empfänger die Art des Signals und kann das unterdrückte Signal S wieder demodulieren.²⁵ Außerdem werden über diese Art der Übertragung auch andere Dienste mitübertragen, wie zum Beispiel RDS, durch das Informationen auf Bildschirme der Radiogeräte gesendet werden können. Auch für die Modulationsleistung gibt es Vorschriften der Bundesnetzagentur:

„Die Modulationsleistung darf maximal 0 dBr betragen. Die Modulationsleistung von 0 dBr gilt nur dann als eingehalten, wenn die in einem beliebigen Intervall von 60s gemittelte Modulationsleistung nicht größer ist als die eines sinusförmigen Einzeltones (ohne Pilotton und ohne Zusatzsignale), der einen Spitzenhub von +/- 19 kHz verursacht.“²⁶

Diese Angaben der Bundesnetzagentur beziehen sich alle auf die Empfehlungen der ITU (International Telecommunication Union). Die ITU gibt Standards, sogenannte ‚Recommendations‘, heraus, an die sich die meisten Technik-Unternehmen halten, damit es einen einheitlichen Standard auf der Welt gibt.²⁷ Die beiden Empfehlungen für den Frequenzhub und die Modulationsleistung entspringen der

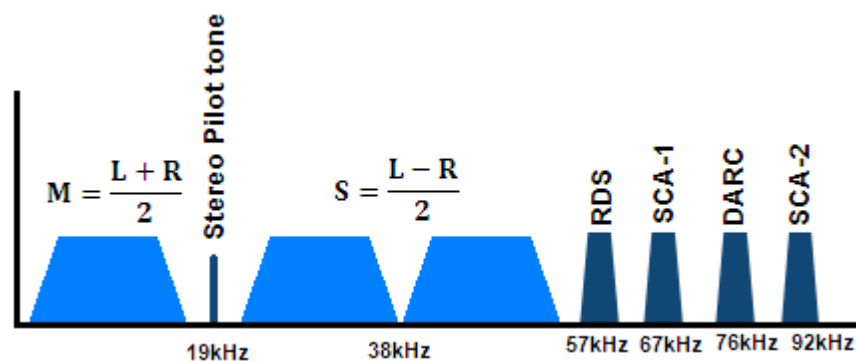


Abbildung 8 Aufbau MPX-Signal
Quelle: (Klaus, 2013, S.7)

25 Vgl. International Telecommunication Union (Hrsg.) (2019a): Recommendation ITU-R BS.450-4. Transmission standards for FM sound broadcasting at VHF, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.450-4-201910-I!!PDF-E.pdf (10.12.2019), S.5.

26 Bundesnetzagentur (Hrsg.) (07.06.2018): Verwaltungsvorschrift für Frequenzuteilungen für den Rundfunkdienst. https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Verwaltungsvorschriften/VV_RuFu.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (10.12.2019), S.11.

27 Vgl. International Telecommunication Union (Hrsg.) (2019b): What does ITU do?, <https://www.itu.int/en/about/Pages/whatwedo.aspx> (10.12.2019).

ITU-R BS.450, welches die Übertragungsstandards für FM-Übertragungen definiert²⁸ und der ITU-R BS.412, welches die Standards für die Planung von terrestrischem Radio definiert.²⁹

3.2 Lautheit und Loudness War

Um die Absichten der maximalen Ausnutzung der Multiplexleistung und des Frequenzhubs zu verstehen, muss sich mit dem menschlichen Hörempfinden und der Entwicklung von Musik und Audioproduktionen in den letzten 60 Jahren auseinandergesetzt werden.

Der sogenannte ‚Loudness War‘ findet seinen Ursprung schon in den 1960er Jahren im Kampf um die Aufmerksamkeit des Hörers bei der Nutzung der Jukebox und auf Sampler-Schallplatten. Wer lauter war, konnte sich gegen die Konkurrenz in Cafés und Bars durchsetzen.³⁰ Zwischen 1979 und 1984 lag die Durchschnittliche Lautheit noch bei -18 LUFS, wie Rudolf Matthias Ortner in seiner Master-These feststellt.³¹ Seitdem findet ein starker Anstieg der Kompression und eine Verringerung der Dynamik statt.³² Grund dafür ist die Entwicklung digitaler Limiter und Kompressoren Anfang der 1990er Jahre. Besonders beliebt sind Multiband-Kompressoren, wie in 2.3.2 beschrieben. Durch die Aufteilung in

28 Vgl. International Telecommunication Union (Hrsg.) (2019a): Recommendation ITU-R BS.450-4. Transmission standards for FM sound broadcasting at VHF, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.450-4-201910-!!PDF-E.pdf (10.12.2019), S.1ff.

29 Vgl. International Telecommunication Union (Hrsg.) (1998): Recommendation ITU-R BS.412-9. Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.412-9-199812-!!PDF-E.pdf (10.12.2019).

30 Vgl. Aarseth, Bjørn (2012): DAB Norway. Implementation of loudness normalization, EBU techreview, https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2012-Q1_dab-loudness_aarseth.pdf (06.01.2020), S.2.

31 Vgl. Ortner, Rudolf Matthias (2012): Je lauter desto bumm! – The Evolution of Loud. Untersuchung zur Evolution der Lautheit und Klangcharakteristik in 60 Jahren westlicher Populärmusik, Krams: <http://webthesis.donau-uni.ac.at/thesen/91476.pdf> (07.01.2020), S.56.

32 Vgl. Ortner, Rudolf Matthias (2012): Je lauter desto bumm! – The Evolution of Loud. Untersuchung zur Evolution der Lautheit und Klangcharakteristik in 60 Jahren westlicher Populärmusik, Krams: <http://webthesis.donau-uni.ac.at/thesen/91476.pdf> (07.01.2020), S.91.

unterschiedliche Frequenzbänder können die Frequenzbereiche verstärkt werden, die das Gehör besonders anregen.

Durch Brickwall-Limiter und die damals neue Aussteuerungsgrenze bei 0 dBFS, konnte die Dynamik immer mehr eingeschränkt werden und das komprimierte Signal näher an die 0 dBFS gezogen werden. „Selbst mittelmäßige Aufnahmen klingen dann plötzlich druckvoll [...]“³³ Schuld daran ist das nicht-lineare Verhalten des menschlichen Gehörs.

Bei geringer Lautstärke weist das Gehör eine schlechte Sensitivität in den Höhen und Bässen auf.³⁴ In Abb. 9 ist erkenntlich, dass vor allem die Mitten besonders

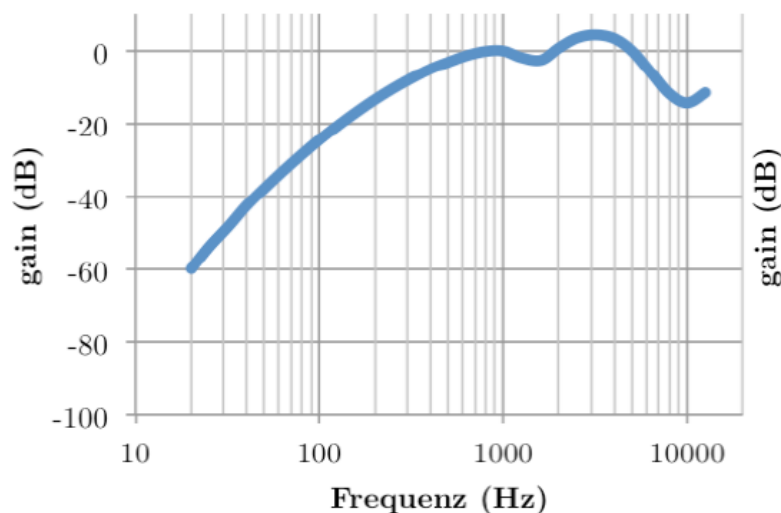


Abbildung 9 Frequenzgewichtung 40 Phon
Quelle: (Ortner, 2012, S.10)

laut wahrgenommen werden. Daher werden gerade diese später im Mastering angehoben, um eine gefühlt höhere Lautheit zu erzielen.³⁵

33 Boeing, N., Reinecke, J. (2012): Volle Dröhnung. Web: Zeit Online: <https://www.zeit.de/zeit-wissen/2012/02/Loudness-War> (07.01.2020), S.2.

34 Vgl. Ortner, Rudolf Matthias (2012): Je lauter desto bumm! – The Evolution of Loud. Untersuchung zur Evolution der Lautheit und Klangcharakteristik in 60 Jahren westlicher Populärmusik, Krams: <http://webthesis.donau-uni.ac.at/thesen/91476.pdf> (07.01.2020), S.20.

35 Vgl. Ketterer, Nicolay (2016): Loudness War. Interview mit Lautheitsforscher Rudi Ortner, Web: Sound and Recording, <https://www.soundandrecording.de/tutorials/loudness-war-interview-mit-lautheitsforscher-rudi-ortner/> (07.01.2020).

Um das Phänomen des ‚Loudness War‘ aufzuzeigen, werden die zwei Stücke Moonlight Shadow von Mike Oldfield und Night Of Your Life von David Guetta miteinander verglichen. Für die Messung werden beide Titel direkt von der CD entnommen und in die DAW ‚Ableton Live 9.5‘ importiert. Dort werden diese mithilfe des Tools ‚Youlean‘ nach EBU R 128 Standard (siehe 3.3) analysiert. In Abbildung 10 ist erkennbar, dass der Song oben viel dynamischer ist als der Song unten, der stark komprimiert und verzerrt klingt. Wird die Lautheit betrachtet, ist erkenntlich, dass sich die beiden Titel um bis zu 6 LUFS in der ‚Programme Loudness‘ unterscheiden. Auch der Unterschied von fast 4dB True Peak zeigt, wie viel lauter moderne Stücke gemastert werden.

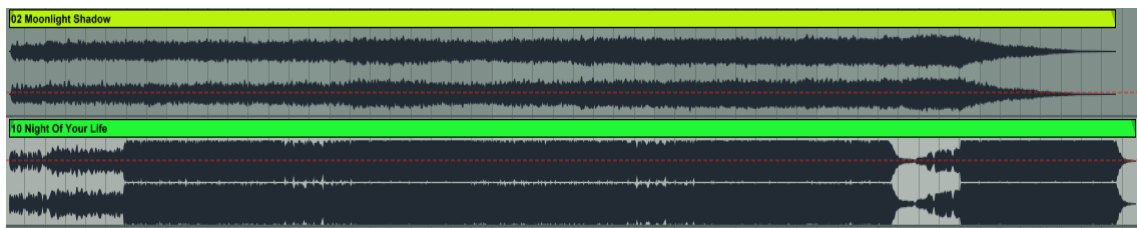


Abbildung 10 Vergleich der Wellenformen: oben Moonlight Shadows (1983), unten Night Of Your Life (2011)

Dieses Problem sieht Ortner nicht nur bei der reinen Musikproduktion, sondern auch bei allen anderen kommerziellen Aspekten, wie Werbung und dem Kampf um den Zuhörer im Radio.³⁶ Durch dieses Rennen nach Aufmerksamkeit des Zuhörers ist die Werbung im Radio meist wesentlich lauter als das übrige Programm. Auch die „Gesamt-Lautheit der einzelnen Sender zueinander“³⁷ sieht Ortner durch die oben genannten Gründe gefährdet. Der Wechsel zwischen den Sendern kann daher für den Konsumenten unangenehm sein. Außerdem lässt der Hörer sich durch ein lauterer Programm in die Irre führen. Stefan Scheuer erwähnt in seinem Artikel, dass selbst erfahrene Tonmeister im Blindtest den lauterer Sender als den besser klingenden empfanden.³⁸ Daher wurde nun ein

36 Vgl. Ortner, Rudolf Matthias (2012): Je lauter desto bumm! – The Evolution of Loud. Untersuchung zur Evolution der Lautheit und Klangcharakteristik in 60 Jahren westlicher Populärmusik, Krems: [http://webthesis.donau-uni.ac.at/thesen/91476.pdf_\(07.01.2020\)](http://webthesis.donau-uni.ac.at/thesen/91476.pdf_(07.01.2020)), S.22.

37 Vgl. Ortner, Rudolf Matthias (2012): Je lauter desto bumm! – The Evolution of Loud. Untersuchung zur Evolution der Lautheit und Klangcharakteristik in 60 Jahren westlicher Populärmusik, Krems: [http://webthesis.donau-uni.ac.at/thesen/91476.pdf_\(07.01.2020\)](http://webthesis.donau-uni.ac.at/thesen/91476.pdf_(07.01.2020)), S.21.

38 Vgl. Scheurer, Stefan (2012): Kein echter Ohrwurm. Die neue EBU Lautheit für's Radio. In: Verband Deutscher Tonmeister Magazin, Heft 1 (2012), Web: <http://www.sengpielaudio.com/Scheurer-EBU-LautheitRadio.pdf> (07.01.2020), S.2.

Paradigmenwechsel von der Spitzenpegelmessung hin zur Messung der durchschnittlichen Lautheit angekurbelt. Diese Empfehlung nennt sich EBU R 128.

Tabelle 1 Werte der Messung der Loudness nach EBU R 128 der beiden Stücke

	Mike Oldfield-Moonlight Shadow	David Guetta-Night Of Your Life
Programme Loudness (integrated)	-13,3 LUFS	-7,1 LUFS
Loudness Range	7,2 LU	8,8 LU
Dynamic Range	12,4 LU	9,4 LU
True Peak Max	-0,8 dB	2,6 dB

3.3 EBU R 128

Die EBU (European Broadcast Union) ist ein Zusammenschluss aus 73 Organisationen in 56 verschiedenen Ländern in Europa und zusätzlich 33 Mitgliedern aus Asien, Afrika und Amerika. Mitglieder sind zum Beispiel die Rundfunkanstalten der Länder oder einzelne Sender.³⁹ Die EBU ermöglicht den Sendern den Austausch von Informationen und Programminhalten. Außerdem sind sie der Veranstalter des Eurovision Song Contests.⁴⁰ Da es vor allem im Fernsehen, aber auch im Radio, immer wieder zu Beschwerden der Zuhörer kam, die einzelnen Programminhalte wären zu unterschiedlich laut⁴¹, hat die EBU eine neue Art der Lautheitsmessung entwickelt. Diese Empfehlung ist die EBU R 128. Ziel ist es, die empfundenen Lautstärkeunterschiede der Sender, die durch „die

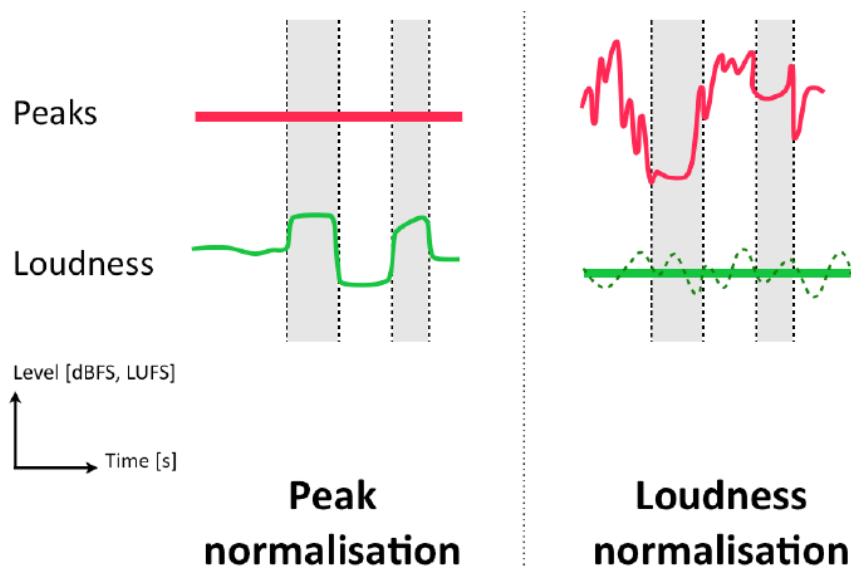


Abbildung 11 Unterschiede der Peak Level Normalisierung gegenüber der Loudness Level Normalisierung
Quelle: (Camerer, 2010, S.1)

39 Vgl. European Broadcasting Union (Hrsg.) (2017): Your Guide To EBU Services. https://www.ebu.ch/files/live/sites/ebu/files/Publications/EBU-Members-brochure_EN.pdf (05.01.2020), S.3.

40 Vgl. European Broadcasting Union (Hrsg.) (2017): Your Guide To EBU Services. https://www.ebu.ch/files/live/sites/ebu/files/Publications/EBU-Members-brochure_EN.pdf (05.01.2020), S.15.

41 Vgl. European Broadcasting Union (Hrsg.) (2016): Tech 3343. Guidelines for production of programmes in accordance with EBU R 128, <https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3343.pdf> (05.01.2020), S.7.

*Normalisierung von Audiosignalen auf deren Spitzenpegel*⁴² entstanden sind, durch die Messung der Lautheit zu eliminieren (Abb. 11). Um dies zu erreichen, wird nun die mittlere Lautheit („Programme Loudness“) gemessen. Die „Programme Loudness“ wird durch eine integrierte Messung ermittelt, was bedeutet, dass sie über den gesamten Zeitraum des Beitrags gemessen wird.⁴³ Soll zum Beispiel ein 20 Sekunden Werbespot gemischt werden, wird die Messung über genau diese Zeit durchgeführt. Das „Target Level“ der Programmlautheit soll $-23 \text{ LUFS} \pm 1,0 \text{ LU}$ sein. LU steht für „Loudness Units“ und 1 LUFS (Loudness Units relativ to Full Scale) entspricht 1 dB. Die $\pm 1,0 \text{ LU}$ gelten für Programme, bei denen es schwierig ist, die -23 LUFS genau zu erreichen, wie zum Beispiel bei Live-Sendungen.⁴⁴ Um die Messung durch zu leise Abschnitte im Beitrag nicht zu verzerren, gibt es eine Noise-Gate Funktion. Wird die Mischung zu leise, wird die Messung gestoppt, bis der Pegel wieder hoch genug ist.⁴⁵

Außerdem führt die EBU R 128 den Parameter der „Loudness Range“ (Lautheitsbereich) ein. Sie wird in LU angegeben und soll die Dynamik eines Programmabschnitts beschreiben. Die R 128 gibt aber keinen genauen Wert für diesen Parameter an, empfiehlt jedoch für „stark-dynamisches Material, wie Action-Filme oder klassische Musik“⁴⁶ eine „Loudness Range“ von 20 LU. Oliver Kerschner empfiehlt für Stereomischungen die 15 LU nicht zu überschreiten, da sonst einzelne Abschnitte zu leise sein könnten.⁴⁷ Trotzdem erwähnt die EBU immer

42 European Broadcasting Union (Hrsg.) (2011a): EBU – Empfehlung R 128. Lautheitsaussteuerung, Normalisierung und zulässiger Maximalpegel von Audiosignalen, https://tech.ebu.ch/docs/r/r128_2011_DE.pdf (05.01.2020), S.3.

43 Vgl. Tischmeyer, Friedemann (2012): EBU-Norm R128. Die leise Revolution der Pegelmessung, Web: Delamar, <https://www.delamar.de/mastering/r128-14870/> (05.01.2020).

44 Vgl. Camerer, Florian (2010): On the way to Loudness nirvana. Audio leveling with EBU R 128, EBU technical review, https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2010-Q3_loudness_Camerer.pdf (05.01.2020), S.4.

45 Vgl. Camerer, Florian (2010): On the way to Loudness nirvana. Audio leveling with EBU R 128, EBU technical review, https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2010-Q3_loudness_Camerer.pdf (05.01.2020), S.4.

46 Camerer, Florian (2010): On the way to Loudness nirvana. Audio leveling with EBU R 128, EBU technical review, https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2010-Q3_loudness_Camerer.pdf (05.01.2020), S.4.

47 Vgl. Kerschner, Oliver (2015): Lautheitsnorm EBU R 128. Web: Sound Dircet, <https://www.sounddirect.at/blog/20150505-lautheitsnorm-ebu-r-128/> (05.01.2020).

wieder, dass sie nicht wollen, dass ohne Dynamik gemischt wird, sondern gerade durch die R 128 wieder mehr Dynamik in die einzelnen Programme gebracht werden soll.⁴⁸

Der letzte Parameter, der durch die EBU R 128 eingeführt wird, ist der ‚True Peak Level‘ beziehungsweise den ‚Maximum Permitted True Peak Level‘. Das Signal soll zu keinem Zeitpunkt -1 dBTP (‚True Peak‘) überschreiten.

Um diese Messungen durchzuführen, hat die ITU die K-Gewichtungskurve (siehe Anlage 2) in ihrem Artikel ITU-R BS.1770 vorgestellt. Dabei wird ein Hochpassfilter zweiter Ordnung⁴⁹ genutzt, um die tieffrequenten Signalanteile abzusenken. Das liegt an der Lautheitsempfindung des Menschen und den verschiedenen Vorlieben der Lautstärke vor allem im Bassbereich.

3.3.1 EBU R 128 im Hörfunk

Die EBU R 128 wurde hauptsächlich für das Fernsehen entwickelt, wie bereits auf S.23 erwähnt. Die öffentlich-rechtlichen und privaten Fernsehsender in Deutschland haben diese Empfehlung seit der Internationalen Funkausstellung 2012 übernommen, damit zwischen allen Programmen eine einheitliche Lautstärke herrscht.⁵⁰ Auch die BBC (British Broadcasting Corporation) hat die EBU R 128 eingeführt und sogar mitentwickelt.⁵¹ Sie fordern auch von den externen Zulieferern für ihre Radioprogramme die Einhaltung der R 128.⁵² In den

48 Vgl. European Broadcasting Union (Hrsg.) (2016): Tech 3343. Guidelines for production of programmes in accordance with EBU R 128, <https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3343.pdf> (05.01.2020), S.9.

49 Vgl. Camerer, Florian (2010): On the way to Loudness nirvana. Audio leveling with EBU R 128, EBU technical review, https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2010-Q3_loudness_Camerer.pdf (05.01.2020), S.2.

50 Vgl. ARD (Hrsg.): Lautheitsbezogene Tonaussteuerung (nach EBU-R128). http://www.ard.de/home/die-ard/fakten/Programmlautstaerke___Lautheitsbezogene_Tonaussteuerung__nach_EBU_R128_/487440/index.html (06.01.2020).

51 Vgl. BBC (Hrsg.): Loudness. Measurement and control of programme loudness, <https://www.bbc.co.uk/rd/projects/loudness> (06.01.2020).

52 Vgl. BBC (Hrsg.): Information for suppliers to Radio, <https://www.bbc.co.uk/programmes/articles/3RbcfDspW85d2TRG42wwhTy/technical-specification> (06.01.2020).

Niederlanden und in Frankreich wurde R 128 noch 2011 eingeführt, in Frankreich werden die Sender sogar per Gesetz dazu verpflichtet nach R 128 zu pegeln.⁵³

Im Rundfunk verläuft die Umstellung auf EBU R 128 noch etwas zurückhaltender. Seit Ende 2015 sind alle Hörfunkprogramme des BR auf EBU R 128 umgestellt worden⁵⁴ und auch beim SWR wird seit 2015 mit Hilfe der Empfehlung gepegelt. Die ARD verspricht, dass alle anderen ihrer Hörfunkprogramme im Laufe der Zeit auf R 128 wechseln werden.⁵⁵ Im Privatrado hingegen ist bis jetzt keine wirkliche Verbesserung der Situation zu verzeichnen. Axel Müller vom rbb erwähnt in seinem Vortrag 2013 den Unwillen der privaten Radiomacher auf die EBU R 128 zu wechseln. Sie sind der Meinung, dass *„[ihr] Programm so komprimiert [ist], dass sie de facto keine Lautheitssprünge mehr haben.“*⁵⁶

Außerdem reicht ihnen die Regelung der Multiplexleistung wie in 3.1 beschrieben. Er erwähnt aber auch, wie wichtig der Paradigmenwechsel von der Spitzenpegelaussteuerung zur Lautheitsaussteuerung auch für das Medium Radio ist und unterstützt diese Aussage mit einer Grafik, die die Pegelangleichung einzelner Beiträge durch die EBU R 128 zeigt (Abb. 12).

53 Vgl. European Broadcasting Union (Hrsg.) (2011b): Loudness. France chooses EBU R128 to bolster audio laws, <https://www.ebu.ch/news/2011/loudness-france-chooses-ebu-r128> (06.01.2020).

54 Vgl. BR (Hrsg.) (2015): BR optimiert Klang durch Aussteuerung nach Lautheit. <https://www.br.de/presse/inhalt/pressemitteilungen/radio-r128-lautheit-klang-100.html> (06.01.2020).

55 Vgl. ARD (Hrsg.): Lautheitsbezogene Tonaussteuerung (nach EBU-R128). http://www.ard.de/home/die-ard/fakten/Programmlautstaerke____Lautheitsbezogene_Tonaussteuerung__nach_EBU_R128_/487440/index.html (06.01.2020).

56 Bolewski, Norbert (2013): Einheitliche Lautheit beim Radio. In FKT 04/2013, https://www.fktg.org/sites/default/files/FKT2013%2304_FKTG.pdf (06.01.2020).

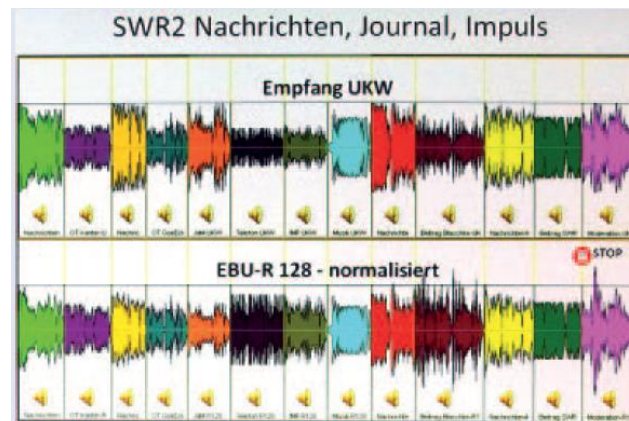


Abbildung 12 Unterschied Spitzenpegelaussteuerung (oben) und Lautheitsaussteuerung (unten)
Quelle: (Bolewski, 2013)

Abschließend kann festgehalten werden, dass der Weg zu einer einheitlichen Lautstärke im Radio noch ein weiter ist. Solange die privaten Radiosender sich sträuben die Empfehlung umzusetzen, ist es ein verzerrter Wettbewerb. Außerdem sagt Stefan Scheurer, Redaktionsleiter bei SWR 3 und Experte für Sound Processing, dass die EBU R 128 nicht der Allheilsbringer ist und nicht jedes Problem im Hörfunk lösen kann. Vor allem das Problem der „Verständlichkeit im Programmfluss“⁵⁷ sieht Scheurer nicht durch die EBU-Regelung gelöst. Am Ende sind verschiedene Beiträge wie Musik, Wortbeitrag und Telefonat gleich laut, aber nicht gleich verständlich. Das führt in schwierigen Hörsituationen, wie im Auto oder anderen lauten Umgebungen, zum Umschalten des Hörers, da die Verständlichkeit des Inhalts, gleich nach dem Inhalt selbst, der zweithäufigste Grund zum Umschalten ist.⁵⁸

Es ist jetzt schon zu beobachten, dass die Radiosender die Empfehlung etwas korrigieren. Bjørn Aarseth, Ton-Ingenieur bei der ‚Norwegian Broadcasting Corporation‘, schreibt in seiner Arbeit ‚DAB Norway – implementation of loudness normalization‘, dass die Einführung der EBU R 128 für die DAB Plattform auf

57 Scheurer, Stefan (2012): Kein echter Ohrwurm. Die neue EBU Lautheit für’s Radio. In: Verband Deutscher Tonmeister Magazin, Heft 1 (2012), Web: <http://www.sengpielaudio.com/Scheurer-EBULautheit-Radio.pdf> (06.01.2020).

58 Vgl. Scheurer, Stefan (2012): Kein echter Ohrwurm. Die neue EBU Lautheit für’s Radio. In: Verband Deutscher Tonmeister Magazin, Heft 1 (2012), Web: <http://www.sengpielaudio.com/Scheurer-EBU-LautheitRadio.pdf> (06.01.2020).

jeden Fall geschehen muss, aber die -23 LUFS der Empfehlung als zu leise erachtet werden.⁵⁹ Außerdem gab es während einem Test beim Wechsel zwischen DAB und FM-Empfang einen Lautstärkeunterschied von bis zu 8 – 10 dB. Daher empfiehlt er für die Einführung in Norwegen einen Pegel von -15 LUFS. Aarseth sieht aber auch die Problematik der Empfehlung, da sich die Sender nur gegenseitig Vertrauen können, dass sie die Regelung einhalten, da es keine Überprüfung und Bestrafung bei Missachtung gibt. Daher empfiehlt er eine Regulierung durch den Staat.⁶⁰

59 Vgl. Aarseth, Bjørn (2012): DAB Norway. Implementation of loudness normalization, EBU techreview, https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2012-Q1_dab-loudness_aarseth.pdf (06.01.2020).

60 Vgl. Aarseth, Bjørn (2012): DAB Norway. Implementation of loudness normalization, EBU techreview, https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2012-Q1_dab-loudness_aarseth.pdf (06.01.2020).

4 Hard- und Software im Sound Processing

Durch die oben genannten Regelungen und die technischen, aber auch psychoakustischen Anforderungen an ein Audiosignal, gibt es eine Vielzahl an Geräten und Software-Lösungen die es sich zur Aufgabe gemacht haben das Beste aus dem Audiomaterial der Radiosender zu holen und dabei die Grenzen des Machbaren zu erreichen. Sie bieten dabei die Möglichkeit dem Sender ein eigenes Sound-Korsett anzuziehen und den Sound passend für die Zielgruppe zu gestalten. Zuerst wird hierfür das neuste Gerät des Marktführers Orban betrachtet, der Orban Optimod 8700i (siehe 4.1). Die Software-Lösung, die in diesem Kapitel vorgestellt wird, ist der Radio Optimizer von WarenZeichen Medien (siehe 4.2). Dafür wird auf die Einbindung der verschiedenen Lösungen in den Sendebetrieb, sowie auf die Funktionsweisen, eingegangen.

4.1 Orban Optimod 8700i

Der Orban Optimod 8700i ist das neue Flaggschiff der Firma Orban aus den USA. Sie haben sich auf die Entwicklung spezieller Audio Prozessoren für die Anwendung im Bereich Radio und TV spezialisiert. Außerdem haben sie einen Audio Codec und verschiedene Audio Prozessoren für Studio-Anwendungen im Programm. Bekannt wurde die Firma Orban durch die Einführung ihres Optimod-FM 8200 im Jahr 1991. Der Erfolg dieses Produkts führte zu einer Standardisierung im Hörfunk, die heute soweit führt, dass fast alle Radiomacher im Zusammenhang mit Sound Prozessoren von einem Optimod sprechen.

Der Optimod 8700i ist die neuste Variante des Broadcast Audio Prozessors. Mit ihm hat man die Möglichkeit FM-Übertragungen (Frequenzmodulation) als auch digitale Übertragungen wie DAB (Digital Audio Broadcasting), DAB+ und Webstreaming zu bearbeiten. Dabei sollen staatliche Regelungen, wie die Einhaltung des Frequenzhubs und der zulässigen Multiplexleistung, eingehalten, aber auch verschiedene Programminhalte in der Lautheit angeglichen werden. Außerdem soll dem Sender ein eigenes Klangbild verpasst werden und das Sendesignal gegenüber der Konkurrenz lauter erscheinen (wenn so gewünscht). Mit dieser neuen Generation wurden Features wie ‚Xponential Loudness‘ und ‚Multipath Mitigator‘ eingeführt. Dazu ist der Optimod 8700i der erste Audio Prozessor der Firma Orban mit Dante-Karte und AES67 Unterstützung.

4.1.1 Einbindung in den Sendebetrieb

Der Optimod 8700i soll so weit wie möglich am Ende des Ausspielwegs vor dem Transmitter eingebaut werden. Es gibt verschiedene Möglichkeiten das Signal aus dem Sendestudio in den Input des Optimod zu speisen. Es gibt einerseits den analogen Input über zwei XLR-Buchsen, aufgeteilt in Links und Rechts. Außerdem gibt es einen AES3 Input und die Möglichkeit das Signal über ein Dante-Netzwerk zu übertragen. Auf der Output-Seite besitzt der Optimod einen analogen Stereoausgang. Dazu gibt es zwei AES3 Outputs, zwei Composite Outputs in Form von BNC-Buchsen und natürlich die Option das Signal über Dante auszugeben. Zusätzlich bietet er noch die Möglichkeit das Digitale Multiplex-Signal auszugeben. Dazu kommt noch ein Eingang einer externen Synchronisation und die Ausgabe des Referenz-Pilottons. Über den Ethernet-Port erhält der Anwender die Möglichkeit einen PC zur Fernsteuerung des Optimod anzuschließen. Zusätzlich kann eine Remote über den DB25-Connector angeschlossen werden.

Bei der Übertragung von FM wird das bestmögliche Ergebnis erzielt, wenn der Stereo Encoder (siehe 3.1) Output direkt mit dem Input des Transmitters verbunden werden kann. Dadurch wird ein maximal ausgesteuertes Signal erzeugt, dass auch schon mit dem 19 kHz Pilotton versehen und frequenzmoduliert wurde.⁶¹ Empfohlen wird ein kurzes Koaxial-Kabel zur Verbindung zum Transmitter. Orban empfiehlt in der Betriebsanleitung des Optimod 8700i möglichst alle nötigen Bearbeitungen des Signals dem eigenen Gerät zu überlassen.⁶² Es soll, wenn möglich, auch der interne Stereo Encoder genutzt werden, da so ein lauterer Sound on-Air erzielt werden kann. Muss ein separater Stereo Encoder genutzt werden, sollten die analogen Outputs des Optimod benutzt werden.

61 Vgl. Orban (Hrsg.) (2019a): Operating Manual. Optimod-FM 8700i, ftp://ftp.orban.com/8700i/Documentation/8700i_1.3_Operating_Manual.pdf (17.01.2020), S.44.

62 Vgl. Orban (Hrsg.) (2019a): Operating Manual. Optimod-FM 8700i, ftp://ftp.orban.com/8700i/Documentation/8700i_1.3_Operating_Manual.pdf (17.01.2020), S.45.



Abbildung 13 Vorder- und Rückseite des Orban Optimod 8700i
Quelle: (Orban, 2019c)

Damit der Radiomoderator sich selbst und das restliche Programm im Live-Betrieb hören kann, wird noch ein Monitoring-Weg benötigt. Hier gibt es beim Optimod 8700i mehrere Möglichkeiten diesen zu realisieren. Entweder wird der Monitor-Output an der Vorderseite des Optimod genutzt (siehe Abb. 13) oder es wird die Funktion ‚Streaming Audio Monitor‘ aktiviert. Dabei muss darauf geachtet werden, dass ein Preset mit ‚Low-Latency‘ oder ‚Ultra-Low Latency‘ gewählt wird. Wird so ein Preset gewählt fällt, die Latenz zwischen Input und Output des Optimod auf 18ms, was unter der Grenze des Haas-Effekts liegt. Ab einer Verzögerung von 30ms wird das Signal als Echo wahrgenommen.⁶³ Da dies eine Irritation für den Moderator darstellt, da sich seine eigene Stimme mit dem Signal aus dem Kopfhörer von der Laufzeit unterscheiden würde, gilt es Latenzen zu vermeiden. Auch der etwas andere Klang der Stimme durch das Processing kann bei unerfahrenen Moderatoren erst einmal zu Unbehagen führen, wird aber mit einer Eingewöhnungszeit besser werden. Nutzt man ein solches Low-Latency Profil muss aber mit einer Reduzierung der Lautheit um 1dB – 2,5dB gerechnet werden, was im Kampf um die Hörschaft schon viel sein kann.

Zur Einstellung für den Sendebetrieb wird ein erfahrener Techniker empfohlen, der sich mit den Regularien, aber auch den Anforderungen an den Sound eines Radiosenders auskennt. Den sendereigenen Sound zu kreieren kann einige Zeit

63 Vgl. Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur, S.334 f.

in Anspruch nehmen. Es ist nötig, immer wieder kleine Veränderungen vorzunehmen und dabei fortwährend die Auswirkungen auf das Gesamtprogramm zu beobachten. Sich nur auf die verfügbaren Presets zu verlassen wäre fahrlässig und würde entweder zu möglichen Überschreitungen von Grenzwerten oder möglicherweise unschönem Klang führen, was am Ende zum Verlust der Hörerschaft führen kann.

4.1.2 Funktionen

Zunächst wird der Signalfluss innerhalb des Optimod 8700i betrachtet. Über einen der Inputs wird das Signal in die Sample Rate konvertiert, die eingestellt wurde. Am Input kann außerdem ein 30Hz Hochpass-Filter (siehe 2.4.2) und ein **„Phase rotator“** aktiviert werden. Die Aufgabe des **„Phase Rotator“** ist es, Stimmen symmetrischer zu machen. Dadurch wird erreicht, dass das Signal, weniger clipped und dadurch bis zu 3dB bei männlichen Stimmen gewonnen werden kann.⁶⁴ Danach fließt das Signal durch den **„Multipath Mitigator“**. Durch dieses neue Feature sollen Phasenunterschiede zwischen dem Linken und Rechten Kanal korrigiert werden. Dadurch wird die Energie im Stereo-Kanal verringert, was zur Verringerung der Multipath Distortion⁶⁵ führt. Leider fügt dieser Vorgang eine Latenzzeit von 250ms hinzu, dadurch wird dieses Signal für Monitoring beim Radiomoderator unbrauchbar, da er das Signal als Echo wahrnehmen wird. Nachdem das Signal in der Phase korrigiert wurde, wird es durch das **„Stereo Enhancement“** (siehe 2.6) breiter gemacht.

Der Optimod hat hierfür zwei verschiedene Algorithmen. Einmal den auf dem **„Orban Analog 222 Stereo Enhancer“** basierenden Algorithmus, welcher die Energie im Stereo Differenz Signal (L-R) erhöht, wenn er einen Transienten im Stereo Summen Signal (L+R) erkennt. Erkennt der Algorithmus ein Mono-Signal oder ein Signal, das schon **„breit“** genug ist, verändert er nichts. Dazu kann die maximale Breite festgelegt werden (Amount), um Over-Enhancement zu vermeiden.

64 Vgl. Orban, Robert (1996): Improving your air sound with audio processing. <https://static1.squarespace.com/static/58f8d954b8a79b4ccf726c3b/t/5996dbe4d482e9edaf008d39/1503058916926/Improving+your+On+Air+Sound+with+Audio+Processing.pdf> (06.01.2020), S.2.

65 Multipath Distortion entsteht durch Reflektionen des Signals auf dem Weg zum Transmitter. Durch diese Reflexionen entstehen Verzerrungen.

Der zweite Algorithmus basiert auf der ‚Max‘ Technik. Hier passiert das L-R Signal ein Delay und wird zum original L-R Signal dazugerechnet.

Das nächste Glied in der Signalkette ist die Zwei-Band **Automatic Gain Control**. Dabei wird das Signal in ein Bass-Band und das Master-Band (ab 200Hz) aufgeteilt. Außerdem gibt es ein einstellbares Fenster, das die Attack- und Release-Zeiten der AGC verändert, wenn der Pegel des Audiosignals in dieses 3dB-Fenster fällt. Dadurch soll bei vorproduzierten Inhalten der Eingriff des AGC verhindert werden.

Danach durchläuft das Signal das neue Tool ‚**Xponential Loudness**‘. Diese Funktion soll dafür sorgen, dass ‚Hyper-Compressed‘ Musik wieder mehr Details bekommt, die durch die Komprimierung verloren gegangen sind.

Als nächstes werden die beiden wichtigsten Abschnitte, **Equalizer** (siehe 2.4) und **Multiband-Kompressor** (siehe 2.3.2) betrachtet. Der Equalizer besteht dabei aus einem Shelf-Filter im Bass, der einen einstellbaren Slope von 6, 12 oder 18dB/Oktave hat und drei vollparametrische Glockenfilter (siehe 2.4.2). Diese basieren auf dem Orban 622B und sollen eine perfekte Nachbildung der analogen Schaltung sein. Zusätzlich ist in der Equalizer-Sektion ein **HF-Enhancer** (Hochfrequenz) verbaut. Er entspricht einem HF Shelf-Filter, der aber dynamisch zum Eingangssignal arbeitet. Besitzt das Signal schon genug Höhen, reguliert der HF-Enhancer den Pegel der Höhen nach unten und verhindert so eine Übersteuerung. Der ‚**Subharmonic Synthesizer**‘ soll alten Produktionen Bass im Bereich von 50 – 90 Hz oder 60 – 120 Hz hinzufügen. Das kann vor allem bei älteren Songs der Fall sein, da diese früher noch mit weniger Bass produziert wurden, weil er auf den Radios der Hörer ohnehin nicht zu hören war.⁶⁶ Erkennt das Tool aber Frequenzen in diesem Bereich, wird die Erzeugung der Sub Harmoniken reduziert. Dadurch werden auch unschöne Effekte bei männlichen Sprecherstimmen vermieden. Dafür muss aber die automatische ‚**Speech/Music detection**‘ aktiviert werden.

⁶⁶ Vgl. Ketterer, Nicolay (2016): Loudness War. Interview mit Lautheitsforscher Rudi Ortner, Web: Sound and Recording, <https://www.soundandrecording.de/tutorials/loudness-war-interview-mit-lautheitsforscher-rudi-ortner/> (07.01.2020).

Der ‚**Multiband-Kompressor**‘ kann mit zwei oder fünf Bändern betrieben werden. Das bedeutet, dass es im 2-Band Modus zwei frei einstellbare Bänder, im 5-Band Modus fünf frei einstellbare Bänder gibt.

‚**Intelligent Clipping**‘ soll Verzerrungen durch Clipping verhindern. Dafür wird das Clipping analysiert und anschließend im ‚**Overshoot Compensator**‘ beseitigt. In MX-Presets ist diese Funktion noch ausgeprägter und kann Clipping noch besser verhindern.

Zuletzt wird das Signal im ‚**Stereo Encoder**‘ für die Übertragung an den Transmitter vorbereitet (siehe 3.1). Der Algorithmus für diesen Vorgang basiert auf dem Orban 8218 Encoder. Um die Richtlinien nach ITU-R 412 einzuhalten, besitzt der Optimod 8700i einen ‚**Feedback Multiplex Power Limiter**‘. Er überwacht die Einhaltung der Richtwerte. Wenn benötigt, kann auch ein Loudness Meter und Limiter nach ITU-R BS.1770/EBU R 128 aktiviert werden.

Der Optimod 8700i ist in verschiedenen Modi betreibbar: Im 2-Band Modus und im 5-Band Modus. Zunächst wird der 2-Band Modus vorgestellt:

Die 2-Band Struktur

Die 2-Band Struktur des Optimod 8700i besteht aus einer AGC, einer Equalizer-Sektion, einem 2-Band Kompressor, einem HF-Limiter und einem Peak-Limiting System. Dieser Modus basiert auf der ‚2-Band Purist‘ Struktur des Optimod FM 8200 und ist daher phasenlinear. Dieser Modus wird für Sender empfohlen, die ihr Signal möglichst unverfälscht und einfach zu hören senden wollen, wie zum Beispiel Klassik-Wellen. Das ist auch an den Namen der Presets erkenntlich, die im 2-Band Modus gestaltet wurden: Sie heißen Classical-2B, Classic-2B MX, Classical-2B+AGC und Classic-2B+AGC MX. Diese Setups erklären sich von selbst. Classic steht für die Empfehlung für welche Art der Musik das Preset geeignet ist, 2B steht für 2-Band, AGC soll zeigen, dass eine Automatic Gain Control in diesem Preset aktiviert ist und MX steht für die neue Art des Peak Limiting im Optimod 8700i. Bei den Presets mit AGC ist die Dynamik etwas eingeschränkter, da die Kompression vom AGC übernommen wird und der Multiband-Kompressor nur zum Abfangen von Peaks gedacht ist. Diese Presets können mit dem Less/More-Regler leicht verändert werden. Dadurch wird die on-Air Lautheit verändert und der Grad der Komprimierung. Dabei existiert kein genauer Einfluss auf die Parameter, sondern es werden aufeinander abgestimmte Veränderungen

im Preset vorgenommen. Dadurch wird immer noch ein gutes Ergebnis ohne unerwünschte Nebeneffekte erzielt. Orban empfiehlt sich ein Preset herauszusuchen, das am besten zum eigenen Sound passt und von dort aus kleine Verbesserungen vorzunehmen. Dafür muss die Full Setup Controls des Presets aufgerufen werden. Im Folgenden werden diese Parameter genauer erläutert:

2B Drive: Hiermit wird die Vorverstärkung des Eingangssignal des 2-Band Kompressors eingestellt. Möglich sind Einstellungen von -10 bis 25dB. Mit Abhängigkeit zur Einstellung des Threshold kann so die Lautheit eingestellt werden. Daher wird so auch der Ausgangspegel am Kompressor bestimmt, da durch den Eingangspegel der Kompressionsgrad bestimmt wird. Wird der Eingangspegel nun so eingestellt, dass er über dem Threshold liegt, wird die Gesamtlautheit angehoben. Orban empfiehlt für Popwellen und Talk-Formate eine Einstellung von 10 bis 15dB und für Klassik-Formate 0 bis 10dB bei abgeschalteter AGC.

2B Release: Mit der 2B Release Control kann die Release Zeit des 2-Band Kompressors eingestellt werden. Der Wert kann dabei von 0,5dB/s bis zu 20dB/s betragen. Mit einer schnellen Release-Zeit wird ein gleichmäßig lauter Output erzielt. Mit einer langsamen Release-Zeit bekommt das Signal eine größere dynamische Range. Bei der Justierung der Release-Zeit muss mit Vorsicht gearbeitet werden, da ab einer zu schnellen Zeit die Lautheit nicht mehr zunimmt, dafür aber Punch und Klarheit des Signals verloren geht. Bei Einstellungen zwischen 1 – 8 dB/s wird empfohlen die AGC auszuschalten, da es sonst sein kann, dass leise Passagen unnatürlich klingen. Bei schnelleren Release-Zeiten hingegen soll die AGC aktiviert werden, damit der Kompressor immer mit dem Pegel versorgt wird, bei dem die gewünschte Gain Reduction erzielt wird.

2B Gate Thresh: Dieser einstellbare Threshold bestimmt den kleinsten Eingangspegel den der Optimod noch als Programm registriert. Alles was unter diesem Wert liegt wird als Stör- oder Hintergrundgeräusch gewertet. Dadurch wird der Kompressor oder die AGC eingefroren. Diese Funktion soll ‚Noise Breathing‘, also das ungewollte Hochziehen der Störgeräusche, verhindern. Hier sind Werte von -44 dB bis -15 dB möglich.

2B Bass Coupling: Der 2-Band Kompressor bearbeitet das Signal über 200Hz in einem Master-Band. Alles darunter wird im Bass-Band bearbeitet. Mit dem ‚Coupling‘ wird die Balance zwischen diesen beiden Bändern bestimmt. Bei

100% agiert der Kompressor wie ein Breitband-Kompressor und das Signal am Output ist ähnlich wie das am Input.

2B Clipping: Dieser Wert bestimmt den Eingangspegel für das HF Limiting und die Final Clipping Sektion. Dadurch wird die Stärke des Limitings durch den Clipper bestimmt. Der Wert kann von -4dB bis 5 dB betragen. Durch diesen Wert kann also direkt Eingriff auf die finale Lautheit genommen werden. Der Clipper limitiert die Signalspitzen auf einen eingestellten Wert, dadurch wird der Abstand zwischen Pegelspitzen und dem mittleren Pegelwert verringert, was zu mehr Lautheit führt. Trotzdem kann man nicht einfach unendlich Pegel in den Clipper schicken, da immer mehr Verzerrungen verursacht werden. Daher ist bei der Einstellung viel ausprobieren von Nöten. Außerdem sollte die erzielte Lautheit durch den 2-Band Kompressor beachtet werden, möglicherweise reicht diese schon aus.

2B HF Limiting: Der Hochfrequenz-Limiting Wert soll bestimmen welche Sektion dieses Limiting übernimmt. Bei einem niedrig eingestellten Wert (-4dB) werden die Höhen durch die ‚Gain Reduction‘ limitiert, bei höherem Wert (2dB) übernimmt der Clipper diese Aufgabe. Durch diese Einstellung wird das Verhältnis zwischen Verlust der Höhen und Verzerrung durch Clipping geregelt. Durch den Wert **HF Clip Threshold** kann dann zusätzlich noch der Threshold des Clippers bestimmt werden. Hierdurch wird auch noch mal das oben genannte Verhältnis bestimmt.

In den ‚Advanced Two-Band Controls‘ kann auch noch Eingriff auf den Threshold und die Attack-Zeit der zwei Bänder des Kompressors genommen werden (siehe 2.3.1).

Die Fünf-Band Struktur

Die Fünf-Band Struktur besteht aus einem Stereo Enhancer, einer AGC, einer Equalizer-Sektion, dem Fünf-Band Kompressor, einem Noise-Reduction System, einem Output-Mixer für die fünf Bänder und einem neueren Peak Limiting System als in der 2-Band Struktur. Dieses Peak Limiting System ist aktiv, wenn ein Preset mit MX im Namen ausgewählt wird. Zu beachten ist die höhere Latenz bei diesen Presets (250ms). Vorteil dieser Struktur durch die fünf Bänder ist die genaue Einstellung des gewünschten Sounds. Da das Signal auf verschiedene Frequenzbänder aufgeteilt wird, können zum Beispiel nur die Bässe angehoben werden,

aber die Mitten im Frequenzband von 1kHz bis 4kHz unangetastet bleiben. Trotzdem muss bei diesen Einstellungen immer bedacht werden, dass alle Programminhalte durch den Optimod bearbeitet werden und so nur die passende Einstellung für zum Beispiel die Musik zu Problemen bei Moderationen führen kann. Daher sollten Änderungen immer auf das gesamte Programm betrachtet werden. Auch hier können die verschiedenen Presets mit dem Less/More-Regler verändert werden, um so nah wie möglich an das gewünschte Ergebnis zu kommen. Aber auch bei der Fünf-Band Struktur können die einzelnen Parameter genau nach Wunsch eingestellt werden.

MB Drive: Wie bei der 2B Drive Control kann mit diesem Wert der Eingangspegel in den Multiband-Kompressor bestimmt werden (bis +25dB). So wird auch die ‚Gain Reduction‘ durch den Multiband-Kompressor bestimmt. Diese Einstellung muss immer im Zusammenhang mit der Release-Zeit des Kompressors gesehen werden. Mit schnellen Release-Zeiten kann er eher wie ein Limiter benutzt werden und erhöht so die Lautheit bis zu einem gewissen Punkt (bei Erhöhung des MB Drive). Ist dieser Punkt überschritten, wird das Output-Signal verwaschen und verliert an Punch.

MB Release: Im Gegensatz zum 2B Release kann hier kein genauer Wert eingestellt werden. Es gibt sieben verschiedene Einstellungen, von slow über medium zu fast. Slow wird für einen offenen Sound, wie zum Beispiel für Soft Rock und andere Adult Contemporary Formate genutzt. Der Sound wird nur leicht bearbeitet und hat immer noch genügend Dynamik. Der Multiband-Kompressor arbeitet so, dass das Gleichgewicht der Frequenzen gut eingehalten wird. Medium Fast soll für Programme genutzt werden die sich als Hit Radio bezeichnen und viele Hörer haben, die keinen Wert auf perfekte Klangqualität legen, sondern gute Verständlichkeit verlangen. Die Lautheit steht hier im Vordergrund.

MB Gate Thresh: Diese Funktion soll wie bei 2B Gate Thresh den kleinsten Eingangspegel bestimmen, der noch als Programm erkannt wird. Alles was darunter liegt wird als Stör- oder Hintergrundgeräusch definiert und lässt den Kompressor einfrieren, beziehungsweise schließt ein Gate. Anders ist hier aber, dass Band 2 und Band 3 des Multiband-Kompressors schnell auf die mittlere Gain Reduction einfriert, um Klangfarbenänderung durch die Mitten im Gate-Modus zu verhindern. Dazu wird in Band 4 und Band 5 die Verstärkung eingefroren und automatisch gezwungen die Verstärkung des Nachbar-Bands anzunehmen. Das Bass-Band wird automatisch an den eingestellten Wert der Verstärkung unter ‚DJ Bass‘

im Equalizer angepasst. Dadurch soll der Frequenzverlauf, der auch bei normalem Pegel erzielt wird, eingehalten werden.

MB Clipping: Setzt den Eingangspegel des 'Multiband Distortion Controlling Processing' und damit auch zur Final Clipping Sektion fest. (siehe 2B Clipping)

MB Down Expander: Die Einstellung dieses Thresholds bestimmt, ab wann der Expander die Verstärkung des Systems reduziert und die hohen Frequenzen durch einen Tiefpass-Filter reduziert werden, um Übersteuerung zu vermeiden. Für Band 1-4 und Band 5 gibt es jeweils einen eigenen Threshold. Der Threshold soll relativ hoch angesetzt werden, da der Expander nur zum abfangen unerwarteter Pegelspitzen genutzt werden sollte.

Coupling: Hiermit können verschiedene Bänder miteinander verbunden werden. Die Verstärkung des einen Bandes folgt dann der des anderen. Diese Einstellung kann stufenlos von 0% bis 100% erfolgen.

MB Band Mix: Dieser Mixer sitzt nach dem Fünf-Band Kompressor und dient zur Feinjustierung der Balance der Frequenzen. Hier sollten keine großen Einstellungen vorgenommen werden. Soll etwas am Sound verändert werden, sollte das über den Equalizer vor dem Multiband-Kompressor vorgenommen werden. Dadurch schützt der Kompressor das System weiterhin vor unerwarteten Pegelspitzen durch falsche Einstellung des Equalizers.

High Frequency Limiter: Der HF-Limiter soll die Verstärkung reduzieren, für den Fall, dass die Energie der hohen Frequenzen zu Verzerrungen im 'Final Clipper' führen könnte. Der Wert bestimmt, ob in Band 4 und Band 5 mehr 'Gain Reduction' vorgenommen wird oder mehr HF Limiting benutzt wird.

Zusätzlich können die Attack-Zeiten aller fünf Bänder und des Limiters, Crossover Frequenzen zwischen Band 1 und Band 2 und viele weitere kleine Parameter eingestellt werden, die oft mit dem Speech/Music-Modus des Optimod zu tun haben. Einige Einstellungen haben auch keinen Einfluss auf die HD Signalkette, da sich nach der AGC der Signalfluss in einen FM und einen HD Weg aufteilen. Beide haben für sich eine Equalizer-Sektion und einen Multiband-Kompressor. Soll bei beiden Wegen derselbe Sound erzeugt werden, können die Einstellungen der beiden Wege auch miteinander gekoppelt werden.

Fazit

Der Orban Optimod 8700i ist momentan wohl das Beste was im Broadcasting-Bereich als Sound Prozessor verfügbar ist. Die riesige Auswahl an Factory-Pre-sets lässt keine Wünsche übrig und sollte für den Anfang für jeden Radiosender ein guter Einstieg für den gewünschten Sound sein. Dringt man dann tiefer in die Materie ein, ist der Einstellbarkeit keine Grenzen gesetzt. Egal ob dynamisches Klassik-Programm oder laute und dynamisch plattgefahrene Hit-Radio-Welle, jeder Sound ist möglich. Der Preis von 9.995,00€⁶⁷ lässt natürlich vor allem kleine Radiosender davor zurückschrecken, so ein Gerät zu kaufen. Dazu kommt noch der Preis für einen guten Techniker, der den Optimod einbaut und perfekt nach den eigenen Vorstellungen einstellt. Ist man bereit diesen Preis zu bezahlen und die Zeit in Feineinstellungen zu investieren, erhält man am Ende ein sehr gutes Klang-Ergebnis, das auch die Richtlinien einhalten kann, dabei aber das Maximum an Loudness rausholt.

4.2 Radio Optimizer

Der Radio Optimizer der Firma WarenZeichen ist eine Sound Processing Software für die Anwendung im Broadcast-Bereich. Auf der Website der Firma wird der Radio Optimizer als „*sehr preisgünstige Alternative gegenüber Hardware Audio-Prozessoren*“ mit „*dazu noch [...] ungeschlagene[m] Klang*“ beworben.⁶⁸ Bei Antenne Bayern und Rock Antenne wird der Radio Optimizer zur Soundbearbeitung der 25 Web-Channel eingesetzt.⁶⁹ Thomas Erl, der Sound-Processing-Spezialist bei Antenne Bayern begründet dies damit, dass endlich „keine aufwendige DSP-Hardware und extra Encodersoftware benutzt“ werden muss. Auch Wolf Stahl, Teamleiter IT Operations bei Regiocast, bestätigt, dass der Radio Optimizer einen Sound kreiert „*der sich mit allen namenhaften Hardware-Prozessoren messen kann*“. Virtuelles Sound Processing trifft bei vielen Radiomachern immer

67 Vgl. Broadcast Store Europe (Hrsg.): Orban Optimod 8700i. <https://broadcaststoreeurope.com/shop/288-on-air-broadcast-processors/13715-orban-optimod-8700i-fmhd-digital-audio-processor--rds/> (10.01.2020).

68 Radio Optimizer (Hrsg.): Produktwebsite. http://www.radio-optimizer.de/epages/80556426.sf/de_DE/?ObjectPath=Categories (11.01.2020).

69 Vgl. Radio Szene (Hrsg.) (2016): Virtuelles Sound-Processing immer beliebter. <https://www.radio-szene.de/98464/virtuelles-soundprocessing-radio-optimizer.html> (12.01.2020).

noch auf Ablehnung, da sich Hardware-Geräte über die Jahre einen Namen erarbeitet haben und deren Soundfärbung zum Standard für viele Radiosender geworden ist. Dabei ist in Zeiten, in denen PCs immer leistungsfähiger werden und eine Software immer mehr kann, eine Software-Lösung für viele, vor allem kleinere Sender, die bessere Lösung.

4.2.1 Einbindung in den Sendebetrieb

Um den Radio Optimizer in seine Sendekette einbauen zu können, wird zunächst ein PC mit genügend Leistung benötigt. Hardware-Anforderungen sind hier mindestens ein Intel Core i5 als CPU und 4 GB Arbeitsspeicher. Außerdem gehört eine Soundkarte mit 192 kHz Unterstützung zu den Anforderungen. Es gibt verschiedene Möglichkeiten den Radio Optimizer für sein Programm zu nutzen. Dadurch, dass mehrere Instanzen parallel laufen können (je nach Leistung des Computers), kann entweder ein Programmton durch mehrere Instanzen über verschiedene Broadcast-Möglichkeiten gesendet werden oder mehrere Programme haben für sich eine Instanz und können gleichzeitig gesendet werden. Die zweite Variante ist zum Beispiel für Sender gut geeignet, die viele verschiedenen Webradios senden, aber nicht für jeden Sender ein Hardware-Gerät kaufen wollen. Die erste Variante ermöglicht es Sendern auf allen Plattformen sein Programm senden zu können.

Um überhaupt Sound in die Software zu bekommen gibt es verschiedene Möglichkeiten. Ist an den Computer mit der Software ein Sound-Interface mit Inputs angeschlossen, können hier die Inputs des Interface ausgewählt werden. Über den Reiter ‚Sound In‘ können dann auch Input-Pegel, De-Emphasis, die Kanäle und der Modus (Mono/Stereo) verwaltet werden. Über den ‚Player‘ können vorgefertigte Playlists und einzelne Sounddateien abgespielt werden. Falls es einen Sendeausfall gibt, kann der Player aktiviert werden. Stream RX bietet die Möglichkeit einen bereits bestehenden Stream einzubinden und mit dem Processing aufzubereiten oder das Signal aus dem Studio auf einen speziellen Processing-Computer zu schicken und dort durch den Radio Optimizer bearbeiten zu lassen. Sind Studio und Transmitter weiter voneinander entfernt, wird empfohlen das Processing so nah am Transmitter wie möglich durchzuführen. Das sorgt für

bessere Signalqualität.⁷⁰ Eine weiterer Signal-Input kann über STL RX (Studio to Transmitter Link) erfolgen. STL RX ist ein Audio-over-IP Verfahren, mit dem das Signal vom Studio über einen Codec an den Radio Optimizer übertragen werden kann. Die letzte Möglichkeit das Programm an den Radio Optimizer zu übertragen ist die Free-Ware VB-Cable. Durch diese Software wird eine virtuelles Audio Device simuliert über den alle Signale des Computers laufen und dann in den Radio Optimizer geroutet werden können.

Um den Sender on-Air zu bringen, gibt es verschiedene Optionen, die auch gleichzeitig ausgeführt werden können. Zunächst können die Outputs des Interfaces genutzt werden um das eigene Signal an den Transmitter zu übertragen. Dabei kann entweder der Stereo Encoder des Radio Optimizer genutzt werden, damit das Signal direkt gesendet werden kann oder es wird ein externer Encoder genutzt. Über den Stream TX Output kann das Programm direkt ins Internet gestreamt werden, ohne dass noch zusätzliche Streaming-Software genutzt werden muss. Dabei können verschiedene Codecs benutzt werden (MP3, AAC+, Ogg, xHE AAC). ‚xHE AAC‘ ermöglicht dabei eine besonders kleine Bandbreite, bei der mit 8kbit/s (mono) ein Programm in der Qualität eines FM-Senders gesendet werden kann. Das ermöglicht auch Menschen mit schlechter Internetanbindung einen qualitativ hochwertigen Sound.⁷¹ STL TX ermöglicht genau wie beim STL RX Input das Signal über Audio-over-IP zum Transmitter zu übertragen. Außerdem ist es möglich das Programm über den internen Recorder mitzuschneiden. Dadurch ist immer die Möglichkeit gegeben auf sein Programm zuzugreifen, um Airchecks durchführen zu können oder dem Kunden einen Nachweis der erbrachten Leistung, wie Werbung, zukommen zu lassen.

4.2.2 Funktionen

Auch beim Radio Optimizer wird der Signalfluss betrachtet und dabei auf die verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten und besonderen Features eingegangen. Werden die Inputs des Interface genutzt, können im Reiter ‚Sound In‘ der

⁷⁰ Vgl. Radio Optimizer (Hrsg.): Features Radio Optimizers. http://www.radio-optimizer.de/epages/80556426.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/80556426/Categories/Features (23.01.2020).

⁷¹ Vgl. Radio Optimizer (Hrsg.): Features Radio Optimizers. http://www.radio-optimizer.de/epages/80556426.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/80556426/Categories/Features (23.01.2020).

Eingangspegel, der Modus in MPX oder SCA, die Kanäle, De-Emphasis und RDS eingestellt werden. Natürlich können auch die anderen oben genannten Inputs genutzt werden. Unter dem Reiter ‚Processor‘ kann auch noch ein Tiefpass-Filter und ein Hochpass-Filter auf den Input geschaltet werden. Dazu gibt es auch beim Radio Optimizer einen ‚**Phase Rotator**‘, welcher Phasenverschiebungen zwischen linkem und rechtem Kanal ausgleicht und so vor allem bei männlichen Stimmen eine Pegelverbesserung hervorbringt. Außerdem kann der ‚**Failsafe**‘ aktiviert werden. Dieses Tool erkennt einen Ausfall des Sendetons und kann, je nach Einstellung, auf verschiedene Back-Ups zurückgreifen, wie zum Beispiel eine Playlist im Player. Dieses Tool entspricht dem eines Notbandes aus analogen Radiozeiten.

Das Herzstück des Radio Optimizers ist der Prozessor. Er kann im 6-, 9- und 18-Band Modus genutzt werden. Nachdem der Input des Prozessors gewählt wurde (Sound In, Player, Stream RX, STL RX, Signal Generator) trifft das Signal auf die 2-Band ‚**Automatic Gain Control**‘. Mit ‚**AGC Drive**‘ kann der Eingangspegel in die AGC geregelt werden. Dadurch wird auch die ‚Gain Reduction‘ durch die AGC geregelt. Da die AGC des Radio Optimizers genau wie die des Optimod zwei Bänder hat, kann hier jedes Band unter ‚**AGC Band Drives**‘ der Eingangspegel für jedes einzelne Band eingestellt werden. Auch Release- und Attack-Zeiten können für jedes Band selbst eingestellt werden. Über ‚**Band Outputs**‘ und ‚**Max Boost**‘ wird der Output jedes Bandes definiert und der maximale Pegel, um den die AGC jedes Band verstärken darf. ‚**AGC Link**‘ verbindet die beiden Bänder. So kann bei maximaler Einstellung aus den zwei Bändern auch ein Breitband gemacht werden. Mit ‚**AGC Gate**‘ kann der Threshold des Gates bestimmt werden. Ist der Pegel unter diesem Threshold wird die AGC nicht angesprochen und nimmt das Signal als Hintergrundgeräusch war.

Als nächstes kommen drei verschiedene Equalizer. Zuerst der automatische ‚**18-Band Equalizer**‘. Hier kann der ‚**Filter Type**‘, Mono oder Stereo Bass, der ‚**Limiter Type**‘ und das ‚**Bias**‘ der verschiedenen Bänder eingestellt werden. Dabei regelt der Equalizer automatisch die Verstärkung oder Reduktion der einzelnen Bänder, je nach Pegel des Inputs. Der ‚**4-Band Equalizer**‘ ist vollparametrisch. Jedes Band kann in der Frequenz, Güte und Verstärkung beziehungsweise Reduzierung frei eingestellt werden (siehe 2.4.2). Dazu kann die Position des Equalizers vor oder hinter die AGC und hinter den automatischen Equalizer gesetzt werden. Bei Bedarf kann er auch abgeschaltet werden.

Der ‚**Multiband-Kompressor**‘ mit Expander ist das nächste Element im Signalfluss. Der Expander und der Kompressor selbst können abgeschaltet werden. Mit ‚**MB Comp Link**‘ können die Bänder voneinander abhängig gemacht werden. Hier sind nicht einzelne Bänder miteinander verlinkbar, wie beim Optimod, sondern es kann nur der Link auf alle Bänder aktiviert werden. Dadurch wird ein homogeneres Klangbild erzeugt. ‚**MB Comp Drive**‘ ist die Einstellung des Eingangspegel in den Multiband-Kompressor. Wie auch beim Optimod wird dadurch auch die ‚Gain Reduction‘ des Signals eingestellt. Stärkere Einstellungen führen zu erhöhter Lautheit, aber auch beim Radio Optimizer muss darauf geachtet werden, dass bei zu extremen Einstellungen der Klang leidet und Verzerrungen entstehen und das Signal an Punch und Klarheit verliert. Der Eingangspegel kann auch für jedes Band einzeln bestimmt werden, um noch genauere Ergebnisse erzielen zu können. Die Attack-Zeiten der einzelnen Bänder können mit fest vorgegebenen Werten von 1ms bis zu 100ms eingestellt werden. Die Release-Zeiten sind frei von 5ms bis 20ms einstellbar. Auch hier führen schnellere Release-Zeiten zu gleichmäßig lautem Output, lange Zeiten führen zu mehr Dynamik. ‚**MB Comp Slope**‘ stellt die Ratio der einzelnen Bänder ein. Hier sind auch nur feste Werte einstellbar von 1,25:1 bis 8:1. ‚**Look Ahead**‘ kann aktiviert werden. Dadurch können Verzerrungen vorher erkannt und eliminiert werden, da der Prozessor das Signal schon ausliest, bevor es bearbeitet wird. Das führt zu einem möglichen höheren Output, aber auch zu mehr Latenz beim Abhören des Signals. Der Expander kann mit ‚**Expander Thresh**‘ und ‚**Expander Depth**‘ eingestellt werden. Über den Threshold wird der Pegel eingestellt, ab dem der Expander für dieses Band den Pegel absenken soll, um Verzerrungen zu vermeiden. Mit der Depth kann die maximale Reduzierung in dB für jedes Band definiert werden. Mit den ‚**MB Comp Band Outputs**‘ sollen, wie beim Mixer im Optimod, nach der Kompression kleine Feinjustierungen an den Bändern vorgenommen werden können.

Der ‚**Multiband-Limiter**‘ wird für die finale Lautheit genutzt. Mit ‚**MB Lim Drive**‘ wird wieder der Eingangspegel und damit die ‚Gain Reduction‘ bestimmt. Je mehr Pegel, desto höher die erreichte Lautheit. Beim Limiter werden dabei die Pegelspitzen reduziert und dann das Gesamtsignal angehoben, damit es lauter erscheint. Auch hier sind Attack, Release, Band Outputs und Look Ahead einstellbar. Wenn gewünscht, kann der Limiter auch als Breitband-Limiter genutzt werden. Der Multiband-Limiter besitzt auch wieder einen Expander, um Pegelspitzen abzufangen. Je nach Einstellung kann dieser Limiter zur Erhöhung der

Lautheit eingestellt werden, er kann aber auch als Sicherheit vor Verzerrungen und Pegelspitzen genutzt werden.

Der ‚**Multiband Final Limiter**‘ soll dann alle noch übrigen Pegelspitzen abfangen. In manchen Presets war der Multiband-Kompressor auch deaktiviert und dafür die beiden Multiband-Limiter dafür da, das Signal in der Lautheit zu verändern. Es ist auch frei einstellbar welcher Limiter im Signalweg eingesetzt werden soll (auch alle möglich).

Als nächstes sind in der Signalkette ein ‚**3-Band Summen Limiter**‘ und ein ‚**3-Band Final Limiter**‘. Damit können nochmal Höhen, Mitten und Bässe in ihrer Gesamtheit bearbeitet werden und so noch genauer der eigene Sendersound erarbeitet werden. Natürlich kann auch hier ausgewählt werden, welcher Limiter genutzt wird oder ob beide abgeschaltet oder aktiviert werden sollen.

Durch den ‚**Stereo Enhancer**‘ wird das Signal „breiter“ gemacht. Er kann ganz abgeschaltet werden. Der Filter-Typ kann zwischen Lineare Phase und Bandpass-Filter 1. Ordnung umgeschaltet werden. Wie stark das Stereobild verbreitert werden soll, kann einmal für das ganze Signal eingestellt werden oder für 11-Bänder einzeln. Um Over-Enhancement zu vermeiden gibt es einen Threshold, der das Enhancement vermindert, wenn er überschritten wird.

Danach kommt der erste ‚**Power Limiter**‘ im Signalfluss. Mit ihm können Regelungen wie EBU R 128 oder ITU BS.412 eingehalten werden. Ist dies nicht nötig, kann er deaktiviert werden.

Der ‚**DMC**‘ (Distortion Masked Clipper) ist für die Lautheit des Signals verantwortlich. Erkennt der Clipper Verzerrungen, die lauter als das eigentliche Signal wären, also auch hörbar wären, subtrahiert er einen Teil der Verzerrungen des abgeschnittenen Signals. Dadurch werden Verzerrungen maskiert und unhörbar. Je mehr Pegel in den DMC gegeben wird, umso lauter wird das Signal werden, da der Clipper Signalspitzen abschneidet und der Limiter das Gesamtsignal anhebt. Aber auch hier ist das nur zu einem gewissen Grad möglich und kann bei zu viel Pegel auch zu vielen Verzerrungen führen.

Darauf folgt ein ‚**HF-Clipper**‘ und ein ‚**HF-Limiter**‘ in der Signalkette. Diese haben die gleichen Aufgaben wie im Optimod und sollen die hohen Frequenzen im Fall von zu viel Energie absenken.

Zuletzt gibt es noch einen zweiten Power Limiter, falls jetzt erst auf die Einhaltung von EBU R 128 geachtet werden soll oder vielleicht eine zweite Sicherung eingebaut werden soll. Ist Preemphasis notwendig kann hier zwischen 50 μ s und 75 μ s ausgewählt werden. Danach wird das Signal auf den Output geroutet. Das Signal kann auch noch durch einen Stereo Encoder beziehungsweise MPX Generator für die FM-Übertragung vorbereitet werden. Auch RDS-Kodierung ist möglich.

Fazit

Der Radio Optimizer ist eine gute Alternative für alle Sender, die keine 10.000€ für ihr Sound-Processing ausgeben möchten. Er besticht durch eine große Individualisierbarkeit und vielen Einstellungsmöglichkeiten. Dabei muss aber darauf geachtet werden, welche Version benötigt wird. Die Standard-Version L1 gibt es für 49,00€, ist dafür aber nur eingeschränkt nutzbar. In Folge dessen verfügt der Prozessor nur über sechs Bänder und auch viele Tools für den FM-Betrieb wie Pre-Emphasis und MPX-Kodierung fehlen. Die Vollversion L5 kann für 499,00€ käuflich erworben werden, dann ist auch der Zugriff auf alle Funktionen möglich. Zu bemängeln ist das Fehlen einer Betriebsanleitung. Dadurch müssen die Auswirkungen der einzelnen Features durch Testen herausgefunden werden, außer die genauen Auswirkungen der Einstellungen sind bekannt. Außerdem hat der Radio Optimizer nur ein paar Presets, die auch eher darauf ausgelegt sind einen Startpunkt für die jeweilige Art der Verbreitung des Programms (FM, Digital, Web) vorzugeben. Daher ist auch der Radio Optimizer nicht unbedingt für Einsteiger geeignet, da gerade durch die volle Kontrolle aller Features schnell ein unschönes Ergebnis erzielt werden kann. Ein Experte für Sound-Processing kann dagegen einen sehr genauen und gut klingenden Programm-Sound erstellen.

4.3 Vergleich

Als nächstes sollen die beiden Processing-Lösungen Orban Optimod 8700i und der Radio Optimizer miteinander verglichen werden. Dabei werden die beiden Lösungen nach folgenden Kriterien verglichen: Kosten, Einbindung in den Sendebetrieb, Einstellmöglichkeiten und deren Komplexität, Flexibilität im Programmverlauf/Sendeformate, Zusatzfunktionen, Lösung von Problemen in der Hörfunkpraxis, Einhaltung der Lautheitsnormen

1) Kosten

Hier werden die anfallenden Kosten beim Kauf verglichen.

Der Radio Optimizer kostet in der kleinsten Version L1 49,00€. Soll es die Pro Version L3 sein, die schon die meisten wichtigen Features abdeckt, müssen 249,00€ bezahlt werden. Die Vollversion L5 verursacht Kosten in Höhe von 499,00€. Dazu wird noch ein Audio-Interface mit 192kHz Samplingfrequenz-Unterstützung benötigt. Damit ist der Radio Optimizer aber immer noch klar günstiger als der Optimod 8700i. Soll das Sound-Processing ihm überlassen werden, müssen 9.995,00€ bezahlt werden. Hat der Sender niemanden, der die Software oder den Optimod richtig einstellen kann, müssen natürlich noch die Kosten für den Sound Processing Experten eingerechnet werden.

2) Einbindung in den Sendebetrieb

Bei diesem Kriterium sollen die verschiedenen Möglichkeiten betrachtet werden, mit denen die Lösungen in die Sendekette eingebaut werden können.

Der Optimod bietet eine Vielzahl an Eingängen und Ausgängen für jede Art der Signalübertragung. Vorteilhaft ist auch die neue Möglichkeit, das Signal über Dante/AES67 übertragen zu können. Dadurch ist der Optimod auch für die Zukunft mit Audio-over-IP gewappnet.

Der Radio Optimizer kann per Stream oder Audio-over-IP Sound erhalten und ausgeben. Außerdem können über den Player direkt Sound-Files abgespielt werden. Für jede andere Art des Inputs und Outputs wird ein zusätzliches Interface benötigt. Daher ist der Optimizer selbst etwas eingeschränkt in Bezug auf die Einbindung in den Sendebetrieb.

3) Einstellmöglichkeiten und deren Komplexität

Dieses Kriterium soll die Einstellmöglichkeiten der beiden vergleichen, aber dabei auch auf die Komplexität und die Benutzerfreundlichkeit eingehen. Dabei wird auch auf den Zeitaufwand und die Benutzeroberfläche eingegangen. Der Optimod bietet viele voreingestellte Presets, die alle schon einen sehr guten Klang haben. Sind diese Presets ausreichend und sollen Einstellungen nur über den Less/More-Regler bearbeitet werden, kann schnell ein gutes Ergebnis erzielt werden. Werden aber noch bessere und genauere Ergebnisse erwünscht, die das volle Potenzial des Optimod ausnutzen, muss viel Zeit und Geduld in die Einstellungen gelegt werden. Dann sind die Einstellmöglichkeiten aber vielfältig und sehr genau. Die Einstellungen können direkt am Gerät vorgenommen werden, was aber nicht zu empfehlen ist, da der Bildschirm recht klein ist. Es ist ersichtlich was eingestellt wird, aber die Anzeige ist doch etwas eingeschränkt. Besser ist es, einen Computer als Remote Control an den Optimod anzuschließen und über die Remote-Software die Einstellungen vorzunehmen. Dann ist volle Kontrolle über alle Parameter garantiert und kann der Einfluss der Parameter direkt ersichtlich.

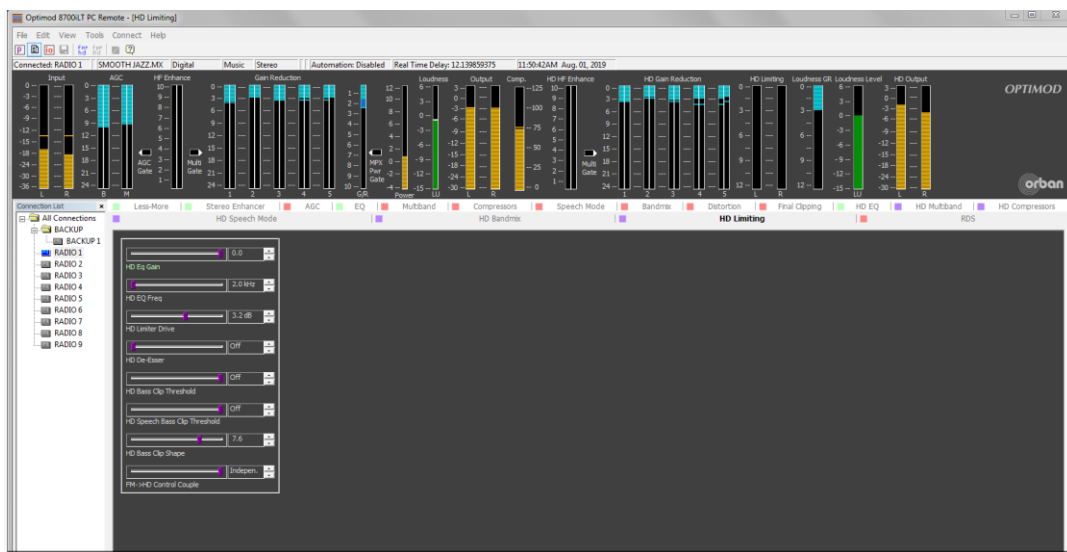


Abbildung 14 Remote-Software des Optimod 8700i

Der Radio Optimizer hat leider nur wenige voreingestellte Presets. Das führt dazu, dass der Weg zu einem klanglich guten und eigenen Sendersound sehr langwierig sein kann. Dazu sind, nicht wie beim Optimod, Presets für jede Art an Musik-Genre vorhanden. Die voreingestellten Parameter sind also sehr ungenau und es muss sich erst noch durch die große Anzahl an einstellbaren Parametern gekämpft werden. Da auch eine Betriebsanleitung fehlt, muss sich jede Funktion selbst zusammengereimt werden, was bei manchen, nicht selbstverständlichen Parametern, anstrengend sein kann. Um jetzt ein gutes Ergebnis zu erzielen, ist viel Zeit und Geduld erforderlich, da jede Kleinigkeit eingestellt werden kann. Das ist zum einen sehr gut, da ein Sender so genau seinen Sound definieren kann, es kann aber auch schnell zu Fehlern führen. Außerdem ist die gesamte Benutzeroberfläche sehr anstrengend und unübersichtlich. Die Einstellungen der einzelnen Reiter kann nur ausgeführt werden, wenn der Reiter selbst ausgewählt ist. Das soll vermutlich als Sicherung dienen, wird aber schnell störend. Außer-

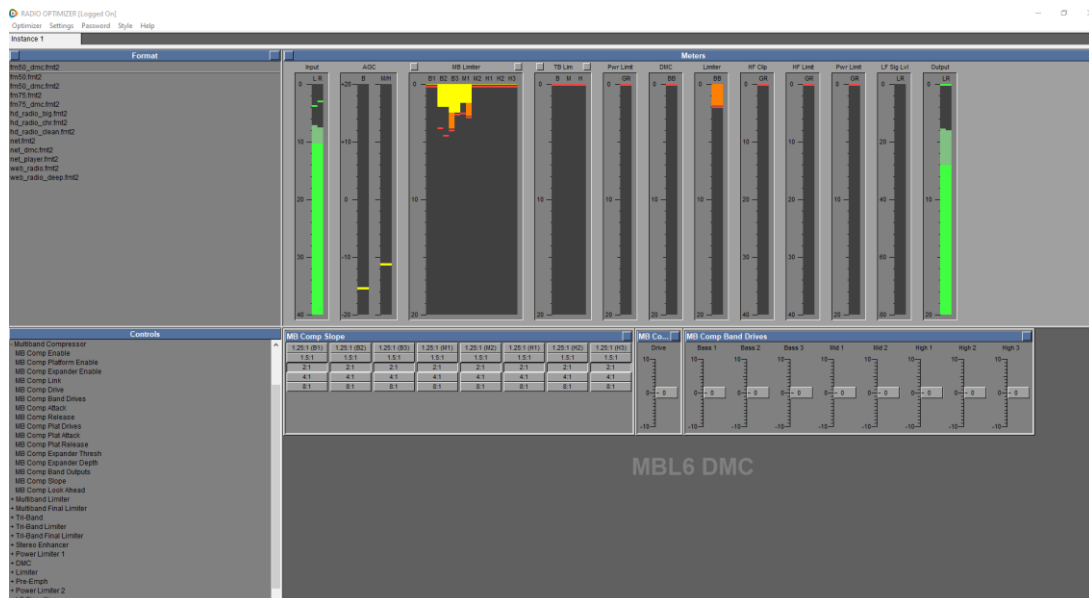


Abbildung 15 Oberfläche Radio Optimizer im Reiter 'Prozessor'

dem müssen die Parameter, die eingestellt werden sollen, über ein Drop-Down Menü geöffnet werden. Dort wird gerne die falsche Option angeklickt und öffnet dadurch den falschen Parameter. Wird ein Parameter geöffnet, öffnet sich ein kleines Fenster daneben. Dort können auch viele Fenster gleichzeitig geöffnet werden, was sehr gut ist, soll zum Beispiel Drive und Release eines Limiters gleichzeitig eingestellt werden. Wechselt man nun vom Reiter ‚Prozessor‘ zu einem anderen Reiter, wie dem Analyzer, werden diese Fenster alle geschlossen. Das führt schnell zu Frustration.

4) Flexibilität im Programmverlauf/Sendeformate

Unter diesem Kriterium soll betrachtet werden, wie gut die beiden Lösungen mit Livebeiträgen klarkommen und diese aneinander anpassen können. Außerdem soll die Flexibilität der Prozessoren für verschiedene Sendeformate betrachtet werden. Beide Lösungen sind hier ziemlich identisch. Da beide im Auspielweg sitzen, muss jedes Signal durch das Processing hindurch. Prinzipiell sind sowohl der Optimod als auch der Radio Optimizer für alle möglichen Sendeformate geeignet. Der Optimod ist etwas besser auf verschiedene Formate vorbereitet, da er viele vorinstallierte Presets besitzt, egal ob für ein bestimmtes Musik-Genre oder Live-Sport Beiträge. Dafür muss beim Radio Optimizer immer erst ein neues, eigenes Preset angelegt werden. Am Ende sind aber bei beiden diese Einstellungen nur Kompromisse, da jeder Beitrag durch diese Sendekette muss und zwischen allen Beiträgen ein ausgeglichener Sound angestrebt wird. Bei der Bearbeitung von Live-Beiträgen verfolgen beide das gleiche Konzept mit einer Automatic Gain Control mit zwei Bändern. Dadurch ist sichergestellt, dass Moderationen und andere Sounds immer mit genug Pegel gesendet werden und verschiedene Stimmen aneinander angeglichen werden. Sollten im Verlauf des Tages Änderungen am Sound des Senders nötig sein, zum Beispiel läuft ab 22 Uhr eine Klassik-Stunde, kann per Automation bei beiden Lösungen das Preset geändert werden.

5) Zusatzfunktionen

Hier sollen die Zusatzfunktionen verglichen werden, die das jeweils andere Gerät nicht hat und nicht notwendig für das Processing sind, aber trotzdem den Sound verbessern können. Dabei sticht der Optimod mit Funktionen wie ‚Xponential Loudness‘, ‚Subharmonics Synthesizer‘, ‚Speech and Music Detection‘ und dem ‚Multipath Mitigator‘ heraus. Außerdem kann das Gerät mit Dante/AES67 in einem bestehenden oder neuem Audio-over-IP Netzwerk eingesetzt werden. Der Radio Optimizer konzentriert sich eher auf das Processing, hat aber auch ein paar Zusatzfunktionen wie ‚Commercial Trigger Transfer‘ (18Hz Trigger Ton um Werbung durch externe Werbeagenturen in den Web-Stream einspeisen zu können), Streaming direkt ins Web, einen eingebauten Analyzer und den integrierten ‚Programme Recorder‘.

6) Lösungen von Problemen in der Hörfunkpraxis

Bei diesem Punkt sollen auf verschiedene Probleme im Alltag des Hörfunks eingegangen werden und wie gut die beiden Lösungen darauf reagieren können.

6.1) Selbstfahrbetrieb

Da sowohl der Optimod als auch der Radio Optimizer eine Automatic Gain Control eingebaut haben, können Fahrfehler durch Moderatoren kaschiert werden. Bei zu niedrigem Pegel regelt die AGC nach und sorgt so für genug Ausgangspegel für den Multiband-Kompressor. Trotzdem kann es auch hier zu Problemen kommen, da bei gewollten Faderfahrten die AGC trotzdem eingreifen wird. An diese Reaktion muss sich der Moderator gewöhnen, um die Faderfahrten so zu erzeugen wie gewollt.

6.2) Angleichen von vorproduzierten Sendebiträgen/des Musikprogramms

Da beide Lösungen das letzte Glied in der Sendekette sind und alle Beiträge verarbeitet werden, können diese Beiträge sehr gut aneinander angepasst werden. Durch richtige Einstellungen der AGC und der Limiter können Lautheitsunterschiede gut ausgeglichen werden und durch die Bearbeitung der Frequenzen durch Equalizer und Multiband-Kompressor kann der eigene Sound definiert werden. Das gilt auch für die Musik. Trotzdem ist das Ganze immer ein Kompromiss zwischen lauter, gut klingender Musik und Verständlichkeit der Moderatoren.

6.3) Regionalisierung

Hier unterscheiden sich Optimod und Radio Optimizer. Beim Optimod ist es nicht möglich mehrere regionalisierte Programme bearbeiten zu lassen und dann auf die einzelnen Transmitter zu übertragen.⁷² So ist für jeden regionalisierten Sendeweg ein Optimod nötig, der mit den gleichen Einstellungen bespielt wird. Das treibt natürlich die Kosten in die Höhe, da jedes Gerät knapp 10.000€ kostet. So kommt man wie beim Beispiel Hit Radio FFH bei sechs regionalisierten Sendeketten auf 60.000€, diese Summe kann sich kein kleinerer Sender leisten. Da kommt die Stärke des Radio Optimizers zu tragen, dass mehrere Instanzen

72 Orban (Hrsg.) (2019b): Perfekter Sound auf allen Frequenzen. HIT RADIO FFH, planet radio und harmony.fm vertrauen auf Orban Audio Prozessoren, <https://static1.squarespace.com/static/58f8d954b8a79b4ccf726c3b/t/5dadaafbca99491c9a73bd94/1571662588780/ffh+User+Report.pdf> (15.01.2020).

gleichzeitig arbeiten können. So kann jede Regionalisierung durch seine eigene Instanz laufen, ohne dass mehrere Computer oder Geräte benutzt werden müssen. Natürlich wird genug Rechenleistung benötigt, aber die ist für weniger Geld verfügbar als mehrere Optimod.

7) Einhaltung/Kontrolle der Lautheitsnormen

Da in immer mehr Ländern die Einhaltung der EBU R 128 (siehe 3.3.1) gefordert wird, ist eine Kontrolle dieser Norm durch den Optimod und den Radio Optimizer nötig. Außerdem darf der in den Ländern vorgeschriebene maximale Frequenzhub und die Multiplex-Leistung nicht überschritten werden. Beim Optimod wird die Einhaltung der ITU-R BS.412 durch einen Multiplex Power Controller überwacht. Außerdem gibt es den BS.1770 Safety Limiter. Dadurch werden die Vorgaben der EBU R 128 eingehalten. Auch der Radio Optimizer besitzt die Möglichkeit der Loudness-Überwachung durch zwei Power Limiter, die zwischen EBU R 128 und BS.412 umgestellt werden können. Am Output sitzt noch ein MPX Power Controller. Damit ist ein Sender mit beiden Lösungen für die Zukunft gewappnet.

	Orban Optimod 8700i	Radio Optimizer
Kosten	9.995,00€	49,00€ - 499,00€
Einbindung in den Sendebetrieb	Viele Möglichkeiten durch viele In-/Outputs, Dante-fähig	Eingeschränkt, da ohne Interface keine In-/Outputs vorhanden sind. Einbindung eines Streams möglich
Einstellmöglichkeiten und deren Komplexität	Viele Presets vorhanden, diese können stark mit vielen Parametern verändert werden; dann wird viel Zeit und Fachwissen benötigt	Wenige Presets; dafür sehr viele einstellbare Parameter und maximale Individualisierbarkeit, dafür wird viel Zeit und Fachwissen benötigt, da keine Anleitung vorhanden ist muss viel ausprobiert werden,

Fortsetzung der Tabelle auf der nächsten Seite

Flexibilität im Programmverlauf/Sendeformate	Ausgleich von Livebeiträgen funktioniert durch das Sound Processing in Echtzeit sehr gut, Änderungen des Presets nach Tageszeit möglich	Ausgleich von Livebeiträgen funktioniert durch das Sound Processing in Echtzeit sehr gut, Änderungen des Presets nach Tageszeit möglich
Zusatzfunktionen	<ul style="list-style-type: none"> - Xponential Loudness - Subharmonics Synthesizer - Speech/Music Detection - Multipath Mitigator 	<ul style="list-style-type: none"> - Commercial Trigger Transfer - Programm Recorder - Streaming - Analyzer
Lösungen von Problemen in der Hörfunkpraxis - Selbstfahrbetrieb	Ausgleich von Fehlern durch die AGC, aber Lernprozess der Faderfahrten	Ausgleich von Fehlern durch die AGC, aber Lernprozess der Faderfahrten
Lösungen von Problemen in der Hörfunkpraxis - Angleichen von vorproduzierten Sendebiträgen/des Musikprogramms	Sehr gute Angleichung da alle Beiträge bearbeitet werden	Sehr gute Angleichung da alle Beiträge bearbeitet werden
Lösungen von Problemen in der Hörfunkpraxis - Regionalisierung	Schlecht, da für jede Regionalisierung ein weiterer Optimod angeschafft werden muss	Sehr gut, da durch mehrere mögliche Instanzen gleichzeitig alle Regionalisierungen durch ein Programm bearbeitet werden können
Einhaltung der Lautheitsnormen	ITU-R BS. 412 und ITU-R BS-1770 können kontrolliert eingehalten werden	ITU-R BS. 412 und ITU-R BS-1770 können kontrolliert eingehalten werden

Tabelle 2 Vergleich der Kriterien von Orban Optimod 8700i und Radio Optimizer

5 Schlussbetrachtung

Ziel dieser Arbeit war es, verschiedene Lösungen für das Sound Processing im Radio zu vergleichen. Dabei sollte vor allem die Frage geklärt werden, ob Software-Lösungen wie der Radio Optimizer etablierte Geräte wie den Optimod von Orban ablösen können. Dafür wurde in Kapitel 2 zunächst erläutert, dass Sound Processing im Radio dafür genutzt wird den Dynamikumfang der Musiktitel zu minimieren, alle Beiträge auf ein ähnliches Lautheitslevel und möglichst verständlich zu bekommen, den eigenen Sender-Sound zu definieren und dabei möglichst den lautesten Sender im Wettbewerb zu haben. Um zu verstehen wie Sound Processing funktioniert und welche Geräte dafür notwendig sind, wurden in 2.3 und 2.4 Kompressor und Equalizer unter die Lupe genommen. Dabei wurden auch spezielle Geräte wie der Multiband-Kompressor und der Limiter betrachtet. Danach wurden die Funktionen der Automatic Gain Control und des Stereo Enhancement genauer erläutert. In Kapitel 3 wurde speziell auf technische und gesetzliche Regelungen für die Verbreitung von Radio eingegangen. Dabei wurden zuerst der Frequenzhub und die Multiplexleistung erklärt, welche die Regelungen für das Radio in Deutschland sind. Danach wurde auf das Problem des ‚Loudness War‘ eingegangen und was er für das Sound Processing im Radio bedeutet. Als Lösungsvorschlag für das Problem Lautheit wurde dann die EBU R 128 vorgestellt. Zunächst wurden dabei die neuen Parameter definiert und danach auf EBU R 128 im Hörfunk eingegangen. Dabei wurde klar, dass die Regelung ein guter Anfang ist, aber nicht alle Probleme im Radio lösen kann. In Kapitel 4 wurden dann die beiden Sound Processing Lösungen Orban Optimod 8700i und der Radio Optimizer vorgestellt. Dazu wurden die Parameter analysiert und auf die technischen Möglichkeiten der beiden Geräte eingegangen. Als letztes wurden, basierend auf sieben selbst gewählten Kriterien, die beiden Lösungen miteinander verglichen.

Bei diesem Vergleich kam heraus, dass die beiden Lösungen in den Funktionen sehr ähnlich sind. Beide führen im Normalfall die letzte Bearbeitung des Signals in der Sendekette durch und definieren so maßgeblich den Sound eines Senders. Den Optimod dabei in die Sendekette einzubauen, erweist sich durch die vorhandenen In- und Outputs als sehr einfach. Der Radio Optimizer unterliegt dabei dem Optimod. Beide erfüllen die Anforderung die Lautheit der verschiedenen Beiträge und Musikstücke aneinander anzugleichen. Dabei muss aber immer beachtet werden, dass das Signal auch zu stark komprimiert werden kann und Lautheit

bei Verlust von zu viel Dynamik nicht alles ist. In der Betriebsanleitung des Optimod wird auf diesen Punkt auch immer aufmerksam gemacht und erhält dadurch eine mahnende Wirkung.

Bei beiden Lösungen lässt die Anzahl an einstellbaren Parametern nichts zu wünschen übrig. Dadurch kann jeder Sender seinen eigenen Sound definieren, wenn er das möchte. Die Zusatzfunktionen des Optimod bestechen natürlich und können nochmal ein ganzes Stück mehr aus dem Audiomaterial herausholen. Das spiegelt sich aber auch im Preis wider. Beide Lösungen können sehr gut mit den vorhandenen Problemen im Alltag des Hörfunks umgehen und eine klare Verbesserung des gesamten Sounderlebnisses erzeugen. Ein großer Vorteil des Radio Optimizers ist dabei die Möglichkeit mehrere Instanzen über die Software laufen zu lassen. Dadurch hat man eine sehr große Flexibilität. Ein Optimod kann immer höchstens zwei verschiedene Sendeketten bearbeiten (FM und HD). Mit einem starken PC können alle Regionalisierungen, FM-Sender, Web-Streams und DAB+ durch den Radio Optimizer bespielt werden. Dabei kann jede Instanz noch bearbeitet werden, um für jeden Sendeweg den besten Sound zu erhalten. Und das für den Preis von knapp 500€. Wie stark die Latenzen dadurch werden, konnte leider nicht herausgefunden werden.

Abschließend kann gesagt werden, dass der Radio Optimizer eine weiterzuempfehlende Lösung darstellt. Die These zu Beginn der Arbeit war:

„Software-Lösungen erreichen bei der Verarbeitung von vorproduzierten Inhalten und Live-Beiträgen die gleiche Qualität wie die Hardware-Geräte die momentan als quasi Standard in der Welt des Radios gelten. Dabei ist die Software um einiges günstiger und kann einfacher bedient werden.“

Da er vom Konzept her sehr nah am Optimod ist, können vom Sound Processing selbst sehr ähnliche Ergebnisse erwartet werden. Dabei können mit dem 18-Band Prozessor sogar noch genauere Veränderungen am Signal vorgenommen werden als bei den fünf Bändern des Optimod. Die Qualität des Signals wird mit den richtigen Einstellungen und einem qualitativ hochwertig produzierten Programm auch sehr nah an der des Optimod liegen. Dabei ist diese Einschätzung am Ende sehr subjektiv zu betrachten. Wie unter 3.2 beschrieben ist das Gehör sehr leicht auszutricksen und was am Ende guter Ton ist, ist leider nicht objektiv ermittelbar Die einfache Bedienung, die in der These erwähnt wird, konnte nicht bestätigt werden. Es wirkte sogar komplizierter durch die vielen Reiter und Unterpfade durchzublicken. Zusätzlich wurden die Parameter schlecht benannt und

auch welchen Wert man genau einstellt, schlecht gekennzeichnet. Dort gibt es noch viel Verbesserungsbedarf für den Radio Optimizer.

Dass die Dominanz des Optimod beim Sound Processing im Radio gebrochen wird, ist eher unwahrscheinlich. Zunächst liegt das daran, dass alle Sender die einen Optimod (oder mehrere) besitzen, keinen Grund sehen werden, zu wechseln. Der Anschaffungspreis dieser Geräte war zu hoch, um sie dann nicht zu benutzen. Außerdem kann kein „anderer“ Sound vom Radio Optimizer erwartet werden. Er bewegt sich sehr nah an den technischen und klanglichen Vorgaben des Optimod. Dazu wurden die Hörgewohnheiten aller Radiokonsumenten seit den 90er Jahren durch den Optimod beeinflusst. Da er dabei seine Aufgabe immer sehr zufriedenstellend erfüllt hat, geben die meisten Sender ihr Vertrauen diesem Produkt. Außerdem kann, da fast jeder Sender einen Optimod benutzt, der Sound des Mitbewerbers leichter kopiert werden. Das ist natürlich auch ein Nachteil für den gesamten Radiomarkt. Sender unterscheiden sich nur noch sehr wenig voneinander und ein großer Einheitsbrei entsteht. Es ist mittlerweile egal welcher Hit Radio Sender einschalten wird, dass „Sounderlebnis“ ist immer sehr ähnlich.

Für alle Sender, die gerade erst in den Markt einsteigen, ist der Radio Optimizer aber eine sehr kostengünstige Alternative. Gerade für Web-Streams ist er perfekt geeignet, da er das Signal direkt ins Internet streamen kann. Möchte man den Sound der „Großen“ nachahmen, ist das mit den verfügbaren Funktionen auf jeden Fall möglich. Aber auch ein komplett eigener Sound, der als Alleinstellungsmerkmal gegenüber anderen Sendern dient, ist möglich. Da es das Radio in der Zukunft vermutlich immer mehr ins Internet ziehen wird, stecken dort großen Chancen für Sound Processing über eine Software. Das wäre auch die Chance für den Radiomarkt aus dem Einheitsbrei auszubrechen und wieder mehr Kontraste im Sound zuzulassen. Es wäre nur wichtig dem Loudness-War ein Ende zu bereiten und wieder mehr Vielfalt in der Welt des Radios zuzulassen.

Literaturverzeichnis

Aarseth, Bjørn (2012): DAB Norway. Implementation of loudness normalization, EBU techreview, https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2012-Q1_dab-loudness_aarseth.pdf (06.01.2020).

ARD (Hrsg.): Lautheitsbezogene Tonaussteuerung (nach EBU-R128). http://www.ard.de/home/die-ard/fakten/Programmlautstaerke____Lautheitsbezogene_Tonaussteuerung__nach_EBU_R128_/487440/index.html (06.01.2020).

BBC (Hrsg.): Loudness. Measurement and control of programme loudness, <https://www.bbc.co.uk/rd/projects/loudness> (06.01.2020).

BBC (Hrsg.): Information for suppliers to Radio, <https://www.bbc.co.uk/programmes/articles/3RbcfDspW85d2TRG42wwhTy/technical-specification> (06.01.2020).

Boeing, N., Reinecke, J. (2012): Volle Dröhnung. Web: Zeit Online: <https://www.zeit.de/zeit-wissen/2012/02/Loudness-War> (07.01.2020).

Bolewski, Norbert (2013): Einheitliche Lautheit beim Radio. In FKT 04/2013, https://www.fktg.org/sites/default/files/FKT2013%2304_FKTG.pdf (06.01.2020).

BR (Hrsg.) (2015): BR optimiert Klang durch Aussteuerung nach Lautheit. <https://www.br.de/presse/inhalt/pressemitteilungen/radio-r128-lautheit-klang-100.html> (06.01.2020).

Broadcast Store Europe (Hrsg.): Orban Optimod 8700i. <https://broadcaststoreeurope.com/shop/288-on-air-broadcast-processors/13715-orban-optimod-8700i-fmhd-digital-audio-processor--rds/> (10.01.2020).

Bundesnetzagentur (Hrsg.) (07.06.2018): Verwaltungsvorschrift für Frequenzteilungen für den Rundfunkdienst, https://www.bundesnetzagentur.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Verwaltungsvorschriften/VV_RuFu.pdf?__blob=publicationFile&v=6 (10.12.2019).

Camerer, Florian (2010): On the way to Loudness nirvana. Audio leveling with EBU R 128, EBU technical review, https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2010-Q3_loudness_Camerer.pdf (05.01.2020).

Dickreiter, M., Dittel, V., Hoeg, W., & Wöhr, M. (Hrsg.) (2014): Handbuch der Tonstudioteknik. Band 1, 8., völlig überarbeitete und erweiterte Aufl., München: De Gruyter Saur.

European Broadcasting Union (Hrsg.) (2011a): EBU – Empfehlung R 128. Lautheitsaussteuerung, Normalisierung und zulässiger Maximalpegel von Audiosignalen, https://tech.ebu.ch/docs/r/r128_2011_DE.pdf (05.01.2020).

European Broadcasting Union (Hrsg.) (2011b): Loudness. France chooses EBU R128 to bolster audio laws, <https://www.ebu.ch/news/2011/loudness-france-chooses-ebu-r128> (06.01.2020).

European Broadcasting Union (Hrsg.) (2016): Tech 3343. Guidelines for production of programmes in accordance with EBU R 128, <https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3343.pdf> (05.01.2020).

European Broadcasting Union (Hrsg.) (2017): Your Guide To EBU Services. https://www.ebu.ch/files/live/sites/ebu/files/Publications/EBU-Members-brochure_EN.pdf (05.01.2020).

Friesecke, Andreas (2014): Die Audio-Enzyklopädie. Ein Nachschlagewerk für Tontechniker, 2. Aufl., Berlin/Boston: De Gruyter Saur.

International Telecommunication Union (Hrsg.) (1998): Recommendation ITU-R BS.412-9. Planning standards for terrestrial FM sound broadcasting at VHF, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.412-9-199812-I!!PDF-E.pdf (10.12.2019).

International Telecommunication Union (Hrsg.) (2019a): Recommendation ITU-R BS.450-4. Transmission standards for FM sound broadcasting at VHF, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.450-4-201910-I!!PDF-E.pdf (10.12.2019).

International Telecommunication Union (Hrsg.) (2019b): What does ITU do?, <https://www.itu.int/en/about/Pages/whatwedo.aspx> (10.12.2019).

Klaus, Christiane (10.09.2013): Messung an FM-Sendern für die Abnahme, Inbetriebnahme oder Wartung. Applikationsschrift, Web: Rhode & Schwarz. https://cdn.rohde-schwarz.com/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/7bm105/7BM105_0D.pdf (10.12.2019).

Keim, Robert (22.11.2016): All About Circuits. <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/understanding-automatic-gain-control/> (16.01.2020).

Kerschner, Oliver (2015): Lautheitsnorm EBU R 128. Web: Sound Dircet, <https://www.sounddirect.at/blog/20150505-lautheitsnorm-ebu-r-128/> (05.01.2020).

Ketterer, Nicolay (2016): Loudness War. Interview mit Lautheitsforscher Rudi Ortner, Web: Sound and Recording, <https://www.soundandrecording.de/tutorials/loudness-war-interview-mit-lautheitsforscher-rudi-ortner/> (07.01.2020).

Orban, Robert (1996): Improving your air sound with audio processing. <https://static1.squarespace.com/static/58f8d954b8a79b4ccf726c3b/t/5996dbe4d482e9edaf008d39/1503058916926/Improving+your+On+Air+Sound+with+Audio+Processing.pdf> (06.01.2020).

Orban (Hrsg.) (2019a): Operating Manual. Optimod-FM 8700i, ftp://ftp.orban.com/8700i/Documentation/8700i_1.3_Operating_Manual.pdf (17.01.2020).

Orban (Hrsg.) (2019b): Perfekter Sound auf allen Frequenzen. HIT RADIO FFH, planet radio und harmony.fm vertrauen auf Orban Audio Prozessoren, <https://static1.squarespace.com/static/58f8d954b8a79b4ccf726c3b/t/5dadaaf-bca99491c9a73bd94/1571662588780/ffh+User+Report.pdf> (15.01.2020).

Orban (Hrsg.) (2019c): Bilder des Optimod 8700i. <https://www.orban.com/images-optimod8700i/mlot5btja74ej9rdp9lxtaaqj56n1l> (22.01.2020).

Ortner, Rudolf Matthias (2012): Je lauter desto bumm! – The Evolution of Loud. Untersuchung zur Evolution der Lautheit und Klangcharakteristik in 60 Jahren westlicher Populärmusik, Krems: <http://webthesis.donau-uni.ac.at/thesen/91476.pdf> (07.01.2020).

Radio Optimizer (Hrsg.): Produktwebsite. http://www.radio-optimizer.de/epages/80556426.sf/de_DE/?ObjectPath=Categories (11.01.2020).

Radio Optimizer (Hrsg.): Features Radio Optimizers. http://www.radio-optimizer.de/epages/80556426.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/80556426/Categories/Features (23.01.2020).

Radio Szene (Hrsg.) (2016): Virtuelles Sound-Processing immer beliebter. <https://www.radioszene.de/98464/virtuelles-soundprocessing-radio-optimizer.html> (12.01.2020).

Scheurer, Stefan (2012): Kein echter Ohrwurm. Die neue EBU Lautheit für's Radio. In: Verband Deutscher Tonmeister Magazin, Heft 1 (2012), Web: <http://www.sengpielaudio.com/Scheurer-EBULautheitRadio.pdf> (07.01.2020).

SevenOne Media (29. August 2019): Statista <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/476467/umfrage/persoенliche-geraetenutzung-fuer-den-medienkonsum-in-deutschland/> (04.11.2019).

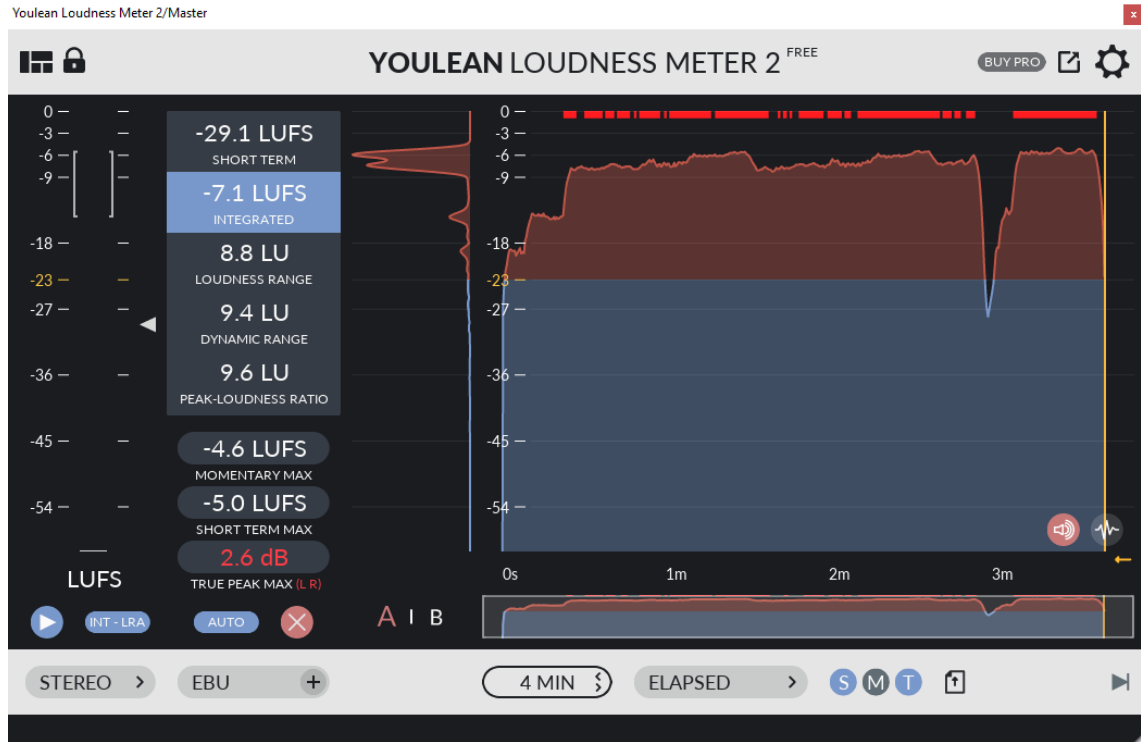
Tischmeyer, Friedemann (2012): EBU-Norm R128. Die leise Revolution der Pegelmessung, Web: Delamar, <https://www.delamar.de/mastering/r128-14870/> (05.01.2020).

Anlagen

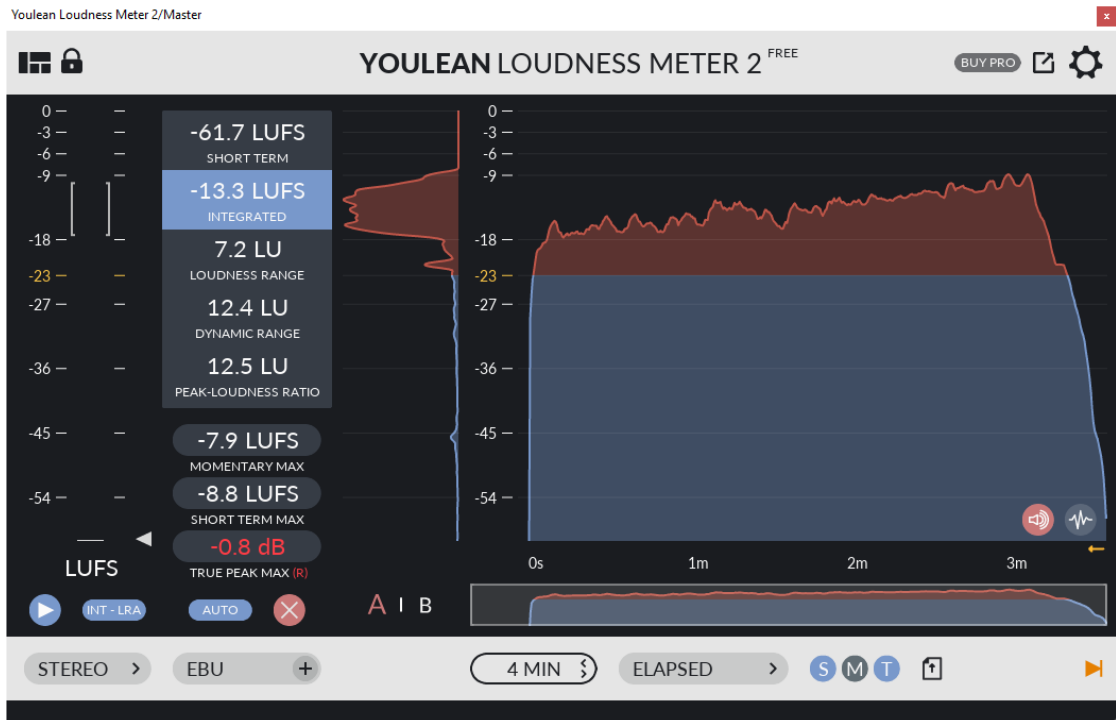
Anlage 1: Messergebnisse der Lautheits-Messung von ‚Night Of Your Life‘ von David Guetta und ‚Moonlight Shadow‘ von Mike Oldfield

Anlage 2: K-Gewichtungskurve nach ITU BS.1770
Quelle: <https://www.meterplugs.com/blog/2016/09/25/loudness-units-101.html>

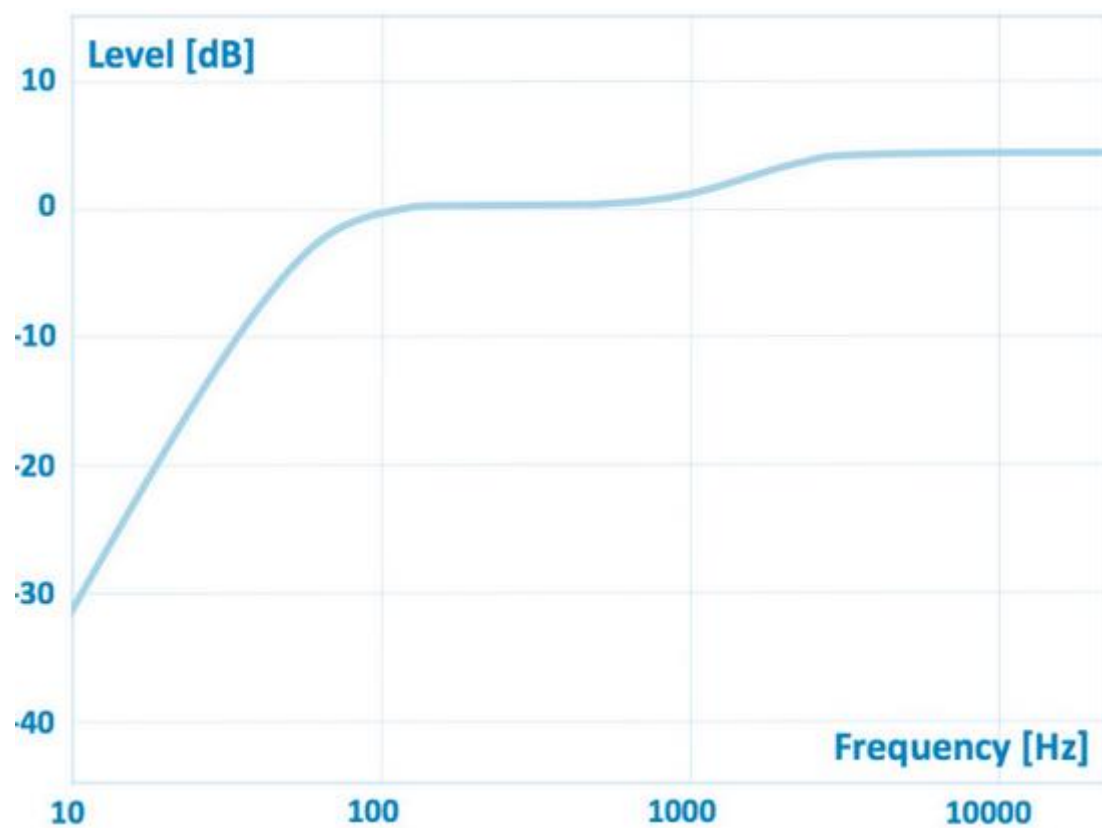
Messergebnisse der Lautheits-Messung von ‚Night Of Your Life‘ von David Guetta und ‚Moonlight Shadow‘ von Mike Oldfield



Ergebnis der Lautheits-Messung von ‚Night Of Your Life‘ von David Guetta



Ergebnis der Lautheits-Messung von ‚Moonlight Shadow‘ von Mike Oldfield

K-Gewichtungskurve nach ITU BS.1770

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Vorname Nachname