

Bernburg
Dessau
Köthen



Hochschule Anhalt
Anhalt University of Applied Sciences

emw

Fachbereich
Elektrotechnik, Maschinenbau
und Wirtschaftsingenieurwesen

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Bachelor of Engineering (B. Eng.)

Philipp Tovar

Vorname Nachname

Medientechnik, 2011, 4054346

Studiengang, Matrikel, Matrikelnummer

Thema:

**Konsequenzen der Umstellung der Ausstrahlung
nach EBU R 128 auf die Ausstrahlungswege im
telemedialen Bereich von MDR Kultur**

Prof. Dr. Steffen Strauß

Vorsitzende(r) der Bachelorprüfungskommission/1. Prüfer(in)

Prof. Dr. Michael Brutscheck

2. Prüfer(in)

16.11.2016

Abgabe am

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass die Arbeit selbstständig verfasst, in gleicher oder ähnlicher Fassung noch nicht in einem anderen Studiengang als Prüfungsleistung vorgelegt wurde und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen, einschließlich der angegeben oder beschriebenen Software, verwendet wurde.

Ort, Datum, Unterschrift

Angaben zum Unternehmen



Der Hörfunksender *MDR Kultur* beinhaltet das Kulturprogramm des MDR. Er ging zum ersten Mal am 1. Januar 1992 auf Sendung. Im Rahmen einer Umstrukturierung wurde sein Name am 1. Januar 2004 in *MDR Figaro* umbenannt. Seinen alten Namen bekam der Sender am 02. Mai 2016 bei einer weiteren Umgestaltung des Programmes wieder zurück. Der Sender bietet in seinem Programm aktuelle Hintergrundberichte, Liveberichte von z.B. Konzerten und Unterhaltungssendungen wie z.B. *Lebensart* oder *Kultur kompakt* an.

Kontaktdaten

Standort des Hörfunksenders: Gerberstraße 2, 06108 Halle (Saale)

E-mail Adresse des Betreuers: jens.schoene@mdr.de

Kurzfassung der Arbeit

Die Arbeit mit dem Thema „Konsequenzen der Umstellung der Ausstrahlung nach EBU R 128 im telemedialen Bereich von MDR Kultur“ wurde von Philipp Tovar, Student der Medientechnik an der Hochschule Anhalt in Köthen (Matrikel 2011), verfasst.

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen des Umgestaltungsprozesses der Aussteuerung bei *MDR Kultur* in Halle (Saale). In ihr werden die Richtlinien zu einer Lautheitsaussteuerung und mögliche Umstellungsstrategien vorgestellt. Zudem werden Klangthesen zur Gestaltung des Soundprocessing erläutert. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt dabei auf dem telemedialen Angebot des Hörfunksenders *MDR Kultur*.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Grundlagen dieser Arbeit	2
2.1. Zielstellung dieser Arbeit	2
2.2. Definition von Webchannel und Live-Stream	3
2.3. Definition von Programmen	3
2.4. Ziel der EBU R 128	3
2.5. Grundlagen der EBU R 128	4
2.5.1. Gating Methode	6
2.5.2. Programme Loudness	7
2.5.3. Loudness Range	7
2.5.4. True Peak Level (TPL)	8
2.6. Allgemeine Strategien zur Umsetzung der Aussteuerung	10
2.7. AES TD 1004 - die Richtlinie für Audio Streaming	10
2.8. Grundlagen der Dynamikgestaltung	12
2.8.1. Kompressor	12
2.8.1.1. Statisches Verhalten	12
2.8.1.2. Dynamisches Verhalten	13
2.8.2. Limiter	14
3. Aktuelle Standards bei MDR Kultur	15
3.1. Redaktion und Hörspiele	15
3.2. Technik und Sendekette	15
3.3. Telemediale Ausstrahlung	16
3.4. Aktuelle telemediale Ausstrahlung	18
3.4.1. Live-Stream	18
3.4.2. Webchannels	19
3.4.3. On-demand-Angebote	21
3.4.4. Auswertung	21

3.5. Erwartungshaltungen an die EBU R 128 von MDR Kultur	22
3.6. Umstellungstrategien für den MDR	23
3.6.1. Produktion	24
3.6.2. Sendung	24
3.6.3. Distribution	26
4. Entwicklung eines telemedialen Soundprocessings	29
4.1. Softwareeinstellungen	30
4.2. Auswertung der Konvertierung	31
4.3. Ausblick	34
Literaturverzeichnis	36
Abkürzungsverzeichnis	38
Abbildungsverzeichnis	40
Tabellenverzeichnis	41
Anhang	42
A. Interviewfragen	43
A.1. Mario Wald, Ingenieur vom Dienst, <i>MDR Kultur</i>	43
A.2. Stefan Kanis, Produktionsleiter, <i>MDR Kultur</i>	43
A.3. Marko Rumpelt, Produktion Multimedia	43
A.4. Timo Herrmann, IT Applikationen	44
A.5. Christian Hartmann, Produktionssysteme Audio IRT	44

1. Einleitung

Zur Zeit findet in der Audiowelt ein „fundamentaler Wechsel“ [2, S. 1] von der Spitzenpegel- aussteuerung hin zur Lautheitsaussteuerung statt. Dieser Wechsel begann im August 2010 mit der Veröffentlichung der ersten Version der R 128 von der European Broadcast Union (EBU). Zwei Jahre später begannen das öffentlich-rechtliche und das privatrechtliche Fernsehen am 31. August 2012 mit der Ausstrahlung ihres Programms nach der R 128. Die Gründe für diesen Wechsel, der sich momentan in der Audiowelt abzeichnet, sind die häufigen Beschwerden über Lautheitssprünge im Fernsehprogramm durch den Rezipienten. Durch die Verwendung von präziser arbeitenden Soundprozessoren wurde der Klang immer mehr komprimiert, um so einen höhere Schallintensität zu erreichen. Mit der R 128 wurde eine Lösung des Problems erarbeitet, um einen Rückgang der Beschwerden zu bewirken. Im Laufe der Jahre ist der Algorithmus weiter verfeinert und die Anzahl der gemessenen Audiokanäle erweitert worden. Weiterhin hat die Audio Engineering Society (AES) eine Richtlinie entwickelt, die sich an der R 128 orientiert und für den telemedialen Audiobereich spezifiziert wurde.

Nach der Umstellung im Fernsehen soll nun ebenfalls die Aussteuerung im Hörfunk geändert werden, da auch hier Lautheitssprünge als häufigster Grund für Hörerbeschwerden gelten. Außerdem plant die ARD eine stärkere Vernetzung von den Bereichen Online, Fernsehen und Hörfunk, die eine einheitliche Aussteuerung benötigen. Der Sender *MDR Kultur* ist einer der ersten Radiosender vom Mitteldeutschen Rundfunk (MDR), der sein Aussteuerung umstellt. Da sich der Wechsel im Hörfunkbereich schon in Teilen vollzogen hat, wird in dieser Arbeit vor allem die Auswirkungen auf den telemedialen Bereich untersucht.

2. Grundlagen dieser Arbeit

In diesem Kapitel werden die Grundlagen, die zum Verständnis dieser Arbeit benötigt werden, vorgestellt. Am Anfang wird die Zielstellung dieser Arbeit erläutert und anschließend folgen die Definitionen von häufig verwendeten Begriffen.

2.1. Zielstellung dieser Arbeit

Der MDR, ein Mitglied der Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland (ARD), plant eine Umstellung seines Ausstrahlpegels nach der erarbeiteten Richtlinie R 128 der EBU. Eine Umstellung auf Lautheit nach EBU R 128 wird innerhalb der ARD als Vorteil angesehen. Die Norm soll so den Austausch zwischen den verschiedenen Radiowellen und das crossmedialen Austauschen zwischen Fernsehen und Online-Bereich vereinfachen. Weiterhin möchte die ARD mit der R 128 eine bessere Durchhörbarkeit von Programmen erreichen und so die Hörerbeschwerden in Bezug auf Lautheitssprünge vermindern. So braucht das Soundprocessing mit einer Aussteuerung nach Lautheit nicht mehr primär die Lautheitsschwankungen ausgleichen, sondern kann sich verstärkt der Aufgabe widmen, eine akustische Programmidentität zu schaffen. Zusätzlich können mit der R 128 Beiträge leichter in das fließende Programm eingebaut werden, da die Anpassung der Beitragsbausteine wie z.B. O-Töne, Jingles und Musik schon automatisch erfolgt ist.

In dieser Arbeit findet die Betrachtung der Umstellung auf Lautheit für die telemediale Ausstrahlung des Senders *MDR Kultur* statt. Dies betrifft auch die Beiträge, die in dem Online-Angebot von *MDR Kultur* abrufbar sind. Dafür werden in dieser Arbeit die unterschiedlichen Ausstrahlungswege von *MDR Kultur* betrachtet und die Besonderheiten für Webchannel und Live-Streams hervorgehoben. Dabei geht es vor allem um die Optimierung des Umstellungsprozesses für den telemedialen Bereich. Anschließend werden mithilfe einer Software mögliche Soundprocessing-Einstellungen getestet und das Ergebnis wird ausgewertet.

2.2. Definition von Webchannel und Live-Stream

Der Sender *MDR Kultur* betreibt die drei Webchannel „Klassik in Konzert“, „Folk in Konzert“ und „Figarino“. Diese können nur über die Internetseite von *MDR Kultur* gehört werden. Die Webchannel geben ausgewählte Sendebeiträge und Sendungen des Senders in einer Endlosschleife wieder [10]. Parallel dazu kann über einen URL der Live-Stream von *MDR Kultur* empfangen werden. Dieser sendet das tagesaktuelle Programm, welches auch gleichzeitig über die anderen Kanäle UKW und DAB+ zu empfangen ist.

2.3. Definition von Programmen

Der Begriff „Programm“ meint in dieser Arbeit einen nach einem Sendeplan zeitlich eingeordnete Folge von Inhalten wie z.B. fertig produzierte Beiträge, (Live-) Sendungen, Werbespots, Musikstücke, Wortbeiträge usw. Diese Abfolge ist nochmals in Sendungen unterteilt, die inhaltlich zusammenhängender, zeitlich begrenzter Teil eines Rundfunkprogrammes sind [4, S. 7].

2.4. Ziel der EBU R 128

Das Ziel der R 128 ist die Aussteuerung von Audiosignalen nach Pegelmittelwert und nicht mehr nach Spitzenpegel. Mit der Ausstrahlung des Audiopegels nach dem Mittelwert von -23 Loudness Units, referenced to digital Full Scale (LUFS) soll eine gleiche Lautheit aller Radio- und Fernsehprogramme angenähert werden. Die Lautheitssprünge, wie sie bisher zwischen einigen Hörfunk- und Fernsehprogrammen aufgetreten sind, sollen so der Vergangenheit angehören. Außerdem soll es den Programmmachern ermöglicht werden, durch die Aussteuerung nach diesem Mittelwert mehr Dynamik in ihren Audioproduktionen zu verwenden. Die Abbildung 2.1 verdeutlicht den Unterschied zwischen der bisherigen Spitzenpegelaussteuerung und der von der EBU angestrebten Lautheitsaussteuerung. So ist in der linken Hälfte von Abb. 2.1 ein gleicher Spitzenpegel, aber eine sprunghafte Lautheit zu erkennen. Eine Nachregelung des Rezipienten ist hier nötig. Die rechte Hälfte der Abb. 2.1 zeigt die neue Aussteuerung nach Lautheit an. Der Spitzenpegel wechselt hier innerhalb des Programmes, aber die Lautheit bleibt im Mittel gleich. So muss der Rezipient nicht mehr seine Lautstärke am Empfänger korrigieren [5, S.9]. Eine Aussteuerung nach Lautheit bedeutet nicht, dass ein Programm auf -23 dB Spitzenpegel gesendet wird, vielmehr ermöglicht die EBU R 128 einen größeren Gebrauch von Dynamik als gestalterisches Mittel in Audiobeiträgen. Das Programm wird also nicht leiser. Da-

zu können Toningenieure in Zukunft mehr nach „Gehör“ mischen, da sie sich nicht mehr nach dem Spitzenpegel richten müssen.

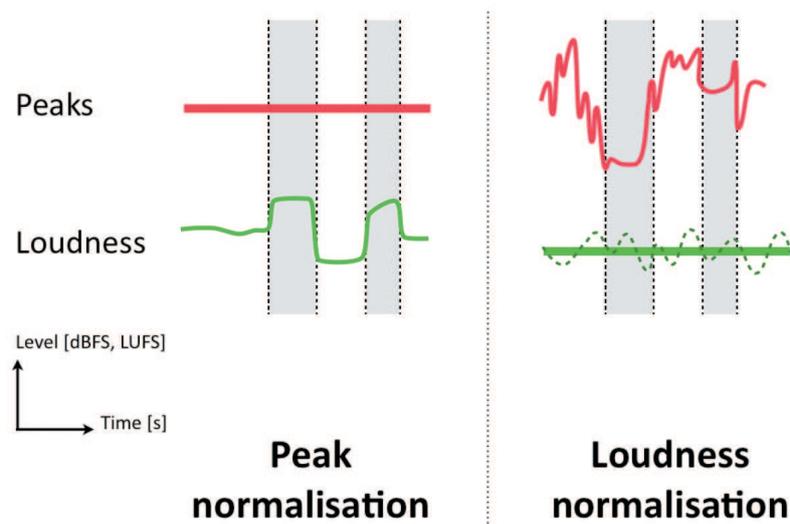


Abbildung 2.1.: Vergleich von Peaknormalisation mit der Lautheitsnormalisation bei einer Sendungsreihe [5, S. 9]

2.5. Grundlagen der EBU R 128

Der in dieser Arbeit verwendete Begriff von „Lautheit“ meint nicht das Verfahren nach Zwicker, welches die Lautheit in der Einheit *sones* misst, sondern wird im Sinne der R 128 verwendet [6, S. 3].

Die EBU R 128 etabliert ein einheitliches Verfahren für die Anpassung der Lautheit von Sendungen, Beiträgen, Jingles etc. auf einen gemeinsamen, allgemein gültigen und einheitlichen Wert. Als Basis dieses Verfahrens dient der Standard der International Telecommunications Union (ITU) ITU-R BS.1770. In diesem Standard wird ein Algorithmus (s. Abb. 2.3) definiert, der sowohl den Lautheitspegel als auch den wahren Spitzenwert („true peak level“) eines Audio-signales misst. Am Anfang dieses Algorithmus' steht eine Bewertungskurve, die sogenannte „K-Bewertung“ (s. Abb. 2.2) [2, S. 1 - 2]. Diese Kurve setzt sich aus einem Hochpassfilter zweiter Ordnung und einem Highfrequency-Shelving-Filter zusammen, die die Basis für eine Übereinstimmung des inhärenten subjektiven Eindrucks mit der objektiven Messung bilden. Diese Bewertungskurve wird auf alle (Multi-)Kanäle angewendet, außer dem Low Frequency Effects - (LFE) Kanal. Dieser wird nicht gemessen, um einem Missbrauch zur Lautheitserhöhung vorzubeugen. Die ITU erforscht noch eine geeignete Implementierung des LFE - Kanals [5, S. 37]. Aktuelle Entwicklungen verfeinern den Grundalgorithmus. Die aktuelle Revision von der ITU ist die ITU-R BS.1770-4, die um Höhen- und Seitenkanäle erweitert wurde [1, S. 38].

Für diese Arbeit reicht der Standard BS.1770-2 für die Anwendung auf Webchannels aus, da nur in Stereo gesendet wird.

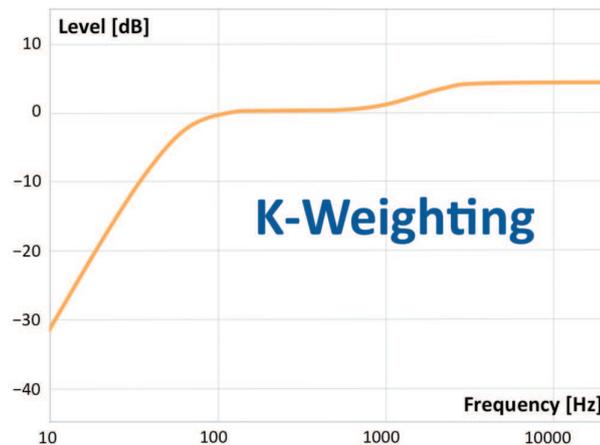


Abbildung 2.2.: „K-Weighting“ Filter Kurve für Loudness Messungen [5, S. 37]

Nach der K-Bewertung wird eine Mittelwertbildung aus den einzelnen Kanälen mit Verstärkungsfaktoren für Surround- und Frontkanäle berechnet und abschließend logarithmiert. Das Ergebnis wird als „Loudness, K-Weighted, referenced to digital Full Scale“ (LKFS) oder „Loudness Units, referenced to digital Full Scale“ (LUFS) ausgegeben. Die Abb. 2.3 zeigt den Algorithmus zur Berechnung der Lautheit [5, S. 37]. Die Abkürzung RLB steht hier für „Revised Lowfrequency B-Curve“. Damit ist die Lowcut-Filterung gemeint während der Prefilter ein shelving filter ist [13]. Für relative Messungen werden „Loudness Units“ (LU) benutzt, da diese einem Äquivalent von einem dB entsprechen. Die EBU empfiehlt die Verwendung von LUFS, da diese auch international im Einklang mit der ISO 80000-8 ist [5, S. 37].

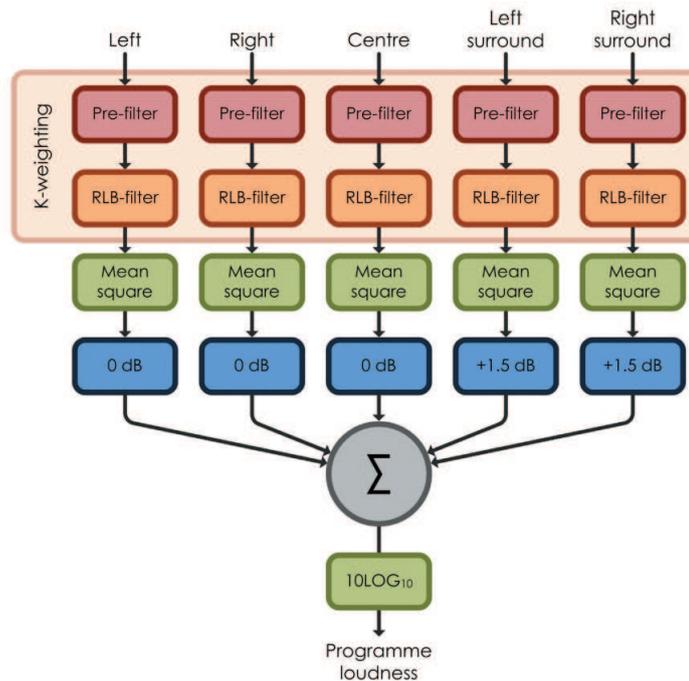


Abbildung 2.3.: Kanal-Processing und Summierung in der ITU-R BS.1770 [5, S. 38]

2.5.1. Gating Methode

Um Programme mit großer Dynamik oder längeren Phasen von Stille besser messen zu können, wurde durch die EBU *PLLOUD*-Gruppe eine Gating-Methode entwickelt, die seit der ITU-R BS.1770-2 Teil des Standards ist. Das Gate pausiert dabei die Lautheitsmessungen, wenn das Signal unter eine bestimmte Threshold gefallen ist. Ohne diese Gating-Funktion würden bei Programmen mit einem zu hohen Stilleanteil, leisen Hintergrundgeräusche oder Rauschen das Messergebnis verfälschen. Damit wäre die Produktion nach einer anschließenden Normalisierung zu laut für die R 128. Das Gate ist nur bei integrierten Lautheitsmessungen implementiert und besteht aus folgenden Elementen:

1. Die Threshold für absolute Stille liegt bei -70 LUFS, um den absoluten Lautheitspegel zu berechnen.
2. Die relativ gegatete Threshold liegt 10 LU unterhalb des absoluten Lautheitspegel.
3. Der gemessene Eingangspegel, auf den die Gate Threshold angewendet wird, richtet sich nach dem Lautheitswert von einem 400 ms Block („Momentary Loudness“) mit einer konstanten Überlappung von 75% zu nachfolgenden Gating-Blöcken.

Falls das Ende eines integrierten Signals innerhalb eines Gating-Blocks liegt, wird der unvollständige Block nicht mehr gewertet. In der Abb. 2.4 wird die Funktionsweise der Gating-Methode dargestellt. Die grüne Gerade zeigt die Messung an, die ohne die Gating-Methode entstehen würde ($L_K = -26$ LUFS). Die rote Linie stellt die Gating-Threshold dar (-36 LUFS), die 10 LU unter-

halb des ungegateden Pegels liegt. Die Lautheitswerte unterhalb der Gating-Threshold werden nicht beachtet, da nur die blauen Gating-Blöcke zählen. Damit steigt der durchschnittliche Lautheitswert auf -25.2 LUFS [5, S. 38 - 39].

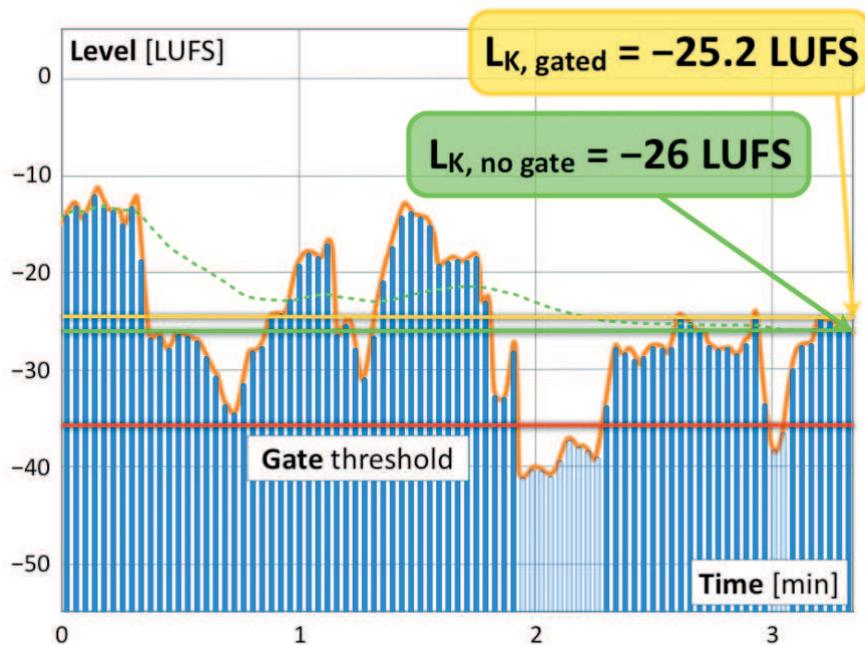


Abbildung 2.4.: Darstellung der relativen Gating-Methode [5, S. 39]

2.5.2. Programme Loudness

Die „Programme Loudness“ beschreibt einen über die gesamte Dauer eines Programmes integrierten Lautheitswert. Der Parameter wird in LUFS angegeben und beinhaltet eine Annäherung an den durchschnittlichen subjektiven Lautheitseindruck. Diese Programme Loudness kann mit einem Messgerät nach dem Standard der ITU-R BS.1770 gemessen werden. Als Zielpegel für die Programme Loudness wurden $-23,0$ LUFS ($\pm 0,5$ LU) festgelegt. Um eine Ablehnung von Programmen auf Grund von Messfehlern bedingt durch Toleranzen von Messgeräten unterschiedlicher Hersteller zu verhindern, wird eine generelle Toleranz von $\pm 0,5$ LUFS akzeptiert. Eine Abweichung von $\pm 1,0$ LUFS ist bei Programmen akzeptiert, die eine exakte Einhaltung des Target Levels nicht gewährleisten können z.B. Live Programme [5, S. 40].

2.5.3. Loudness Range

Eine weiterer Hauptbestandteil der EBU R 128 ist die Loudness Range (LRA). Diese quantifiziert (in LU) die Variationen und die auftretende Lautheit innerhalb eines Programmes. Diese Werte basieren auf einer statistischen Verteilung der Lautheit eines Short-term (3 s) Intervalls. Dabei

werden Extremwerte, 10% der tiefsten und 5% der höchsten auftretenden Frequenzen, ausgeschlossen, nachdem ein relatives Gate von -20 LU und ein absolutes Gate bei -70 LUFS angewendet wurden. Ziel dieses Verfahrens ist es, eine Verfälschung der Kalkulation von pegelstarken Artefakten, beispielsweise eines Pistolenschusses, zu verhindern. Die EBU R 128 spezifiziert kein Maximum der LRA, denn diese hängt von Faktoren wie z.B. einem Toleranzfenster, dem durchschnittlichen Zuhörer oder dem Musikgenre des Senders ab. Die EBU möchte die Broadcaster zur Verwendung der LRA als einem Mittel zur dynamischen Bewertung eines Programmes ermutigen. Die Abb. 2.5 zeigt die Lautheitsverteilung und LRA des Films „The Matrix“ [5, S. 40].

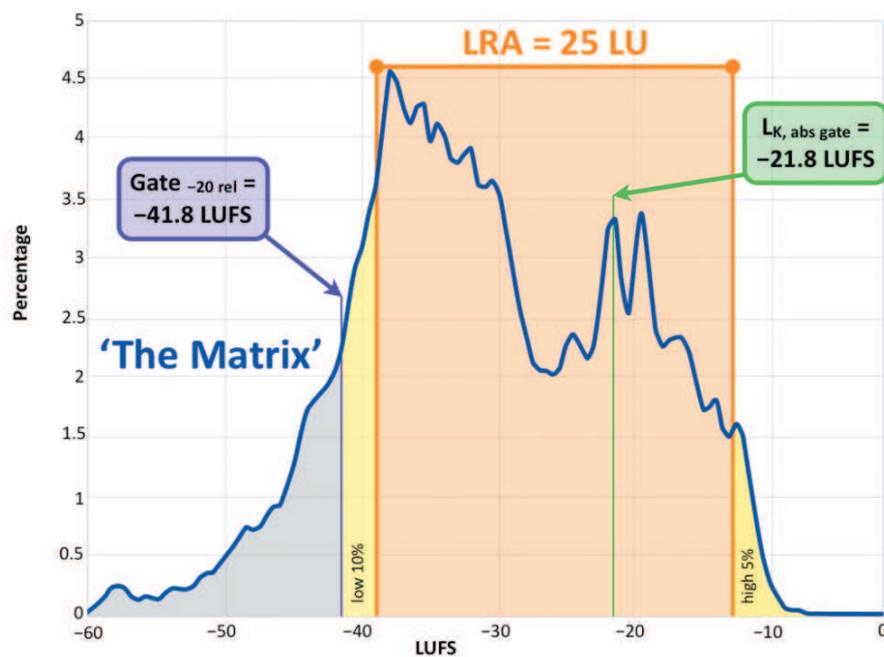


Abbildung 2.5.: *Loudness Range* als ein Ergebnis einer statistischen Verteilung von Lautheit [5, S. 41]

Für kurzzeitige Programme (<30 s) wie z.B. Werbung oder Trailer gibt es aufgrund des 3 s Messintervalls zu wenige Daten, die ein bedeutsames Ergebnis ausgeben könnten. Daher sollen auch keine Maxima oder Minima für die LRA für diesen Content spezifiziert werden. Sinnvoller ist es, laut dem EBU Tec-Doc 3343, das Maximum für eine 3 s LRA festzulegen, um kurzzeitige Programme besser kontrollieren zu können [5, S. 41].

2.5.4. True Peak Level (TPL)

In Europa war das meist verbreitete Messgerät das Quasi Peak Programme Meter (QPPM) mit einer Integrationszeit von 10 ms. Mit dem Wechsel zum digitalen Soundprocessing sind Sample Peak Meter in Erscheinung getreten. Ein QPPM kann keine Spitzen von kleinen Peaks

(<<10 ms) anzeigen und ebenso wenig eine genaue Angabe über den wahren Spitzenpegel eines digitalen Signales machen.

Beim digitalen Soundprocessing (z.B. übermäßiger Gebrauch von Kompressoren) oder verlustbehafteter Codierung können Inter-Sample Peaks auftreten, die über den angezeigten Sample Pegel hinausgehen können. Daher ist es für den professionellen Broadcast Betrieb wichtig, eine glaubhafte Angabe über den digitalen Spitzenpegel zu haben, die sowohl Plattform als auch Sampleraten übergreifend zuverlässige Ergebnisse liefert. Mit den TPL Metern soll das Clipping angezeigt werden, insbesondere wenn der Peak zwischen den Samples liegt, um Verzerrungen, die bei nachfolgenden Digital-Analog-Wandlern (D/A-Wandler), Sampleraten Konvertern oder Codecs auftreten können, vorherzusagen und um anschließend das digitale Clipping vermeiden zu können. Dafür rekonstruiert das True Peak Meter (TPM) rechnerisch den Pegel nach einer D/A-Wandlung. Ein Sample-Peak-Meter ist dazu nicht in der Lage und daher unzureichend für den modernen Broadcast Betrieb.

Das TPL gibt den positiven oder negativen maximalen Wert, den eine Waveform in einem kontinuierlichen Zeitbereich haben kann, an. Der Wert wird in „decibel referenced to digital Full Scale measured with a True-Peak meter“ (dBTP) angegeben und kann höher liegen als der höchste Samplewert in einem gesampelten Zeitbereich. Die Genauigkeit eines solchen Messgerätes hängt von der Höhe der Oversampling Frequenz ab.

Die EBU R 128 empfiehlt einen Headroom für die Produktion nach Lautheit in einem System mit linearer Audio Codierung von -1 dBTP. Für die zwei am häufigsten in Europa verwendeten Codierungen (MPEG-1 Layer 2 und Dolby AC-3) empfiehlt die EBU ein Headroom von -2 dBTP. Das soll sicherstellen, dass die Codecs einen Headroom haben, ohne bei der Daten-Codierung zusätzliche Verzerrungen hinzuzufügen [5, S.41 - 42].

Die EBU definiert in ihrer Tec Doch 3343 drei verschiedene Zeitskalen zur Messung von Lautheit:

- Momentary Lautheit („M“) mit einem Messintervall von 400 ms
- Short-term Lautheit („S“) mit einem Messintervall von 3 s
- Integrated Lautheit („I“) mit einem Messintervall über die Gesamtdauer des Audiomaterials

Weiterhin definiert die EBU zwei Skalen: die EBU +9 Skala und die EBU +18 Skala. Beide Skalen können außerdem entweder die relative Lautheit (LU) oder die absolute Lautheit in LUFS darstellen [5, S. 14 -15].

2.6. Allgemeine Strategien zur Umsetzung der Aussteuerung

Die EBU empfiehlt in ihrem Tec-Doc 3343 zwei Strategien zur Umsetzung der Aussteuerung nach Lautheit. Die Erste ist eine sofortige Umstellung nach einer Lautheitsaussteuerung mit allen dazugehörigen Pegeländerungen und Lautheitsnormalisationen. So muss am Ende der Ausstrahlungskette der Pegel nur geringfügig angepasst werden. Als zweite Strategie wird die bisherige Aussteuerung nach Spitzenpegel beibehalten und am Ende der Ausstrahlungskette wird der Spitzenpegel abgesenkt. Dies bietet sich bei frühen Stadien der Umstellung bzw. beim Senden von Live Programmen an. Die erste Lösungsstrategie wird dabei von der EBU priorisiert [5, S.13].

2.7. AES TD 1004 - die Richtlinie für Audio Streaming

Die AES hat am 19. Oktober 2015 die Empfehlung TD 1004.1.15 (im folgenden TD 1004 genannt) für das Streamen von Audiomaterial herausgegeben. Darin empfiehlt sie eine integrierte Programmlautheit eines Streams zwischen -16 und -20 LUFS. Zum einen dient dies der im Programm enthaltenen Dynamik, ohne ein starkes Soundprocessing einsetzen zu müssen, zum anderen wurde der unterste Wert auf -20 LUFS festgelegt, um niedrigere Lautheitswerte wie die -23 LUFS der R 128 zufriedenstellend für den Rezipienten wiederzugeben, da mobile Endgeräte nur über ungenügende Verstärkung verfügen. Die integrierte Programmlautheit erstreckt sich bei einem Audiostream laut TD 1004 über 24 h.

Weiterhin empfiehlt die TD 1004, dass die Maximum Short-term Lautheit (3 s) bei kurzen Audio-stücken von einer Länge < 60 s nicht mehr als 5 LU der Programmlautheit übersteigen sollte. Bei einer Überschreitung des Wertes soll entweder das Material um den entsprechenden Pegel abgesenkt oder neu abgemischt werden [8, S. 2 - 3, 5].

Für eine Spitzenpegelkontrolle bei stark bearbeitetem Audiomaterial empfiehlt die TD 1004 einen Headroom von mindestens -1 dB TP und zusätzlich eine geringere integrierte Lautheit von -18 LUFS. So könne leichter ein Stream ohne starkes Soundprocessing betrieben werden [8, S. 4].

Da *MDR Kultur* viel klassische Musik u.a. auch ganze Symphonien in seinem Programm spielt, biete sich hier laut der TD 1004 eine Lautheitsnormalisierung von ganzen klassischen Stücken an, in dem zunächst der lauteste Teil des Stückes oder des Symphoniesatzes auf die gewünschte Programmlautheit gepegelt wird und anschließend diese Pegeländerung nach und nach auf leisere Teile des Stückes angewendet wird. Bei einer fertigen Aufnahme eines klassischen Stückes oder einer Symphonie kann die Lautheitsanpassung automatisch über Metadaten er-

folgen. Ist das Konzert oder die Symphonie jedoch in mehrere kleinere Dateien in einer Playlist unterteilt, so ist eine Lautheitsnormalisierung manuell vorzunehmen, um einer falschen automatischen Lautheitsaussteuerung vorzubeugen. Die leisen Teile könnten sonst im Verhältnis zu den anderen mit einer zu hohen Lautheit abgespielt werden.

Eine weitere Empfehlung der TD 1004 betrifft den Unterschied zwischen Sprache und Musik. So klängen Sprachanteile mit derselben integrierten Lautheit wie Musik im Vergleich zu laut. Daher sollten Dialoge und Sprachanteile 2 bis 4 LU unterhalb der integrierten Programmlautheit sein.

Da bei einer Übertragung von Live Konzerten oder Live-Streams keine Normalisierung im Voraus geschehen kann, biete sich laut der TD 1004 an, die Short-term Lautheit auf -20 LUFS einzupegeln und anschließend der gewünschten integrierten Lautheit anzunähern. Bei diesem Vorgehen soll ein -1 dB TP Limiter als Übersteuerungsschutz integriert sein [8, S. 2 - 3]. Limiter werden in Abschnitt 2.8 beschrieben.

Zur Zeit gibt es noch kein allgemeingültiges Schema zur file-basierten Lautheitsnormalisation mit Metadaten. Dies kann jedoch über den sendeseitigen Encoder in Echtzeit erfolgen oder im Sendespeicher der entsprechenden Rundfunkanstalt. Die Vorteile einer Lautheitsnormalisation mit Metadaten sind zum einen die Wiedergabe des Streams auf Playern, die Lautheitsmetadaten auslesen können (Hbb TVs) und zum anderen eine schnellere Umstellung des Sendesystems. Für die file-basierte Lautheitsnormalisierung hat die TD 1004 folgende zwei Vorgehensweisen:

1. Zuerst wird die integrierte Programmlautheit gemessen und dann der Unterschied zwischen der gewünschten integrierten Programmlautheit und der Gemessenen festgestellt. Je nachdem lässt sich dann die Programmlautheit (zum Teil problemlos) auf den gewünschten Zielwert absenken oder so lange anheben, bis entweder der Zielwert oder die Grenze von 0 dB TP erreicht wurde. So soll die Klangqualität ohne zusätzliches Sound-processing erhalten bleiben. Dies hat jedoch zur Folge, dass Stücke mit einer hohen Dynamik mit einer niedrigeren Lautheit abgespielt werden als Stücke mit einer geringeren Dynamik.
2. Im Gegensatz zur ersten Vorgehensweise wird hier das Signal verstärkt, bis es die gewünschte Programmlautheit erreicht hat und anschließend mit einem Limiter bearbeitet, um so eine bessere Durchhörbarkeit zu erreichen [8, S. 5].

2.8. Grundlagen der Dynamikgestaltung

Die EBU R 128 verändert den gesamten Audioworkflow von der Produktion bis hin zur Ausstrahlung. Davon sind vor allem die Werkzeuge zur Dynamikbeeinflussung betroffen: Kompressoren und Limiter. Diese sollen daher im folgenden Abschnitt kurz in ihrer Funktionsweise erläutert werden.

2.8.1. Kompressor

Ein Kompressor dient der automatischen Dynamikeinengung. Kompressoren sind Regelverstärker, deren Verstärkung sich gegenläufig zum Eingangspegel bewegt. Ein steigender Pegel hat eine geringere Verstärkung zur Folge. Kompressionen sollen die Zuverlässigkeit des Aussteuerungspegels erhöhen und die wahrgenommene Programmdynamik verengen. Außerdem können sie zur Rauschverminderung bzw. -unterdrückung verwendet werden. Die Regelvorgänge des Kompressors lassen sich in statische, pegelabhängige, dynamische und zeitabhängige Vorgänge unterteilen [3, S. 329 - 330].

2.8.1.1. Statisches Verhalten

Das statische Verhalten des Kompressors wird durch eine Kennlinie dargestellt, die das Verhältnis zwischen Ein- und Ausgangspegel anzeigt. Die Kennlinie ist nicht linear, da sie sich aus einem neutralen und einem abgeflachten Abschnitt zusammensetzt (s. Abb. 2.6). Das statische Verhalten wird durch folgende drei Parameter beschrieben:

- threshold
- ratio
- output gain

Innerhalb des Arbeitsbereichs der abgeflachten Kennlinie, oberhalb der Threshold, bewirkt eine Pegelerhöhung am Eingang nur eine verminderte Pegelerhöhung am Ausgang. Die Stärke dieser Verringerung des Ausgangssignals wird durch die ratio beschrieben. Die ratio beschreibt dabei das Verhältnis $R = \frac{L_E}{L_A}$ z.B. 3:1, was bedeutet, dass der dreifache Eingangspegel eine Anhebung um 1 dB am Ausgang erzeugt.

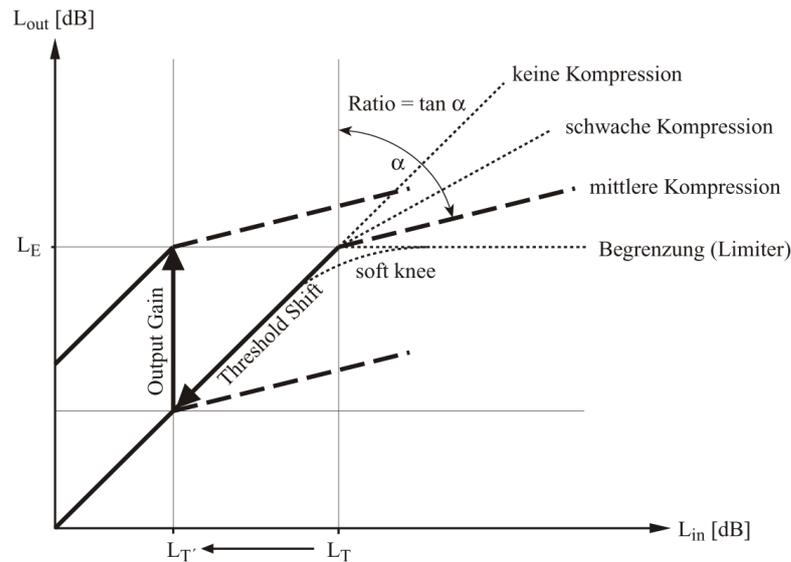


Abbildung 2.6.: Kompressor, typische Kennlinienverläufe [3, S. 330]

Durch ein Absenken des Pegels erhält man einen zusätzlichen Dynamikbereich, den so genannten Kompressionshub [3, S. 329 - 331]. Der übermäßige Gebrauch von starken Kompressionen hat zum *Loudness War* geführt, der schließlich die Entwicklung der EBU R 128 zur Folge hatte. Beim *Loudness War* wurden Musikstücke seit den achtziger Jahren mit einem immer höheren Lautheitspegel produziert.

2.8.1.2. Dynamisches Verhalten

Als dynamisches Verhalten werden Ausregelvorgänge bezeichnet, die nach dem Über- oder Unterschreiten der Threshold stattfinden [3, S. 331]. Diese Reaktionszeiten können durch folgende Parameter eingestellt werden:

- Attack
- Release

Mit Attack wird die Zeitspanne beschrieben, ab der der Kompressor mit der Pegelreduktion beginnt, nachdem der Pegel die Threshold überschritten hat. Die Release Zeitspanne gibt die Dauer an, die der Kompressor für die Rückführung der Verstärkung auf den Faktor 1 benötigt, nachdem der Pegel unterhalb der Threshold gesunken ist. Da Kompressoren einen exponentiellen Regelverlauf haben, benötigt das tatsächliche Ausregeln mehr Zeit, als die idealen Attack und Release Werte angeben. Daher werden Attack-Zeiten häufig zwischen 50 μ s und 50 ms und Release-Zeiten zwischen 10 ms und 3 s ausgewählt [14, S. 733].

Aufgrund ihres dynamischen Verhaltens können Kompressoren auch unerwünschte Störgeräusche erzeugen. So können Verzerrungen oder Knackser aufgrund einer starken Klirrfaktor-

erhöhung durch zu kurze Attack-Zeiten, sowie das sog. Pumpen durch eine zu hoch gewählte Attack-Zeit auftreten. Eine hörbare Klangverdichtung ist durch kurz gewählte Zeitparameter zu erreichen. Sie kann im Rahmen der ästhetischen Soundvorstellung beabsichtigt sein, jedoch verursacht eine übermäßige Klangverdichtung ein für das Ohr ermüdendes Klangbild [3, S. 333].

2.8.2. Limiter

Limiter sind Kompressoren, die für eine zuverlässige Begrenzung des maximalen Nutzsignalpegels optimiert sind. Sie haben ein hohes Kompressionsverhältnis mit einer ratio von beispielsweise 20:1 [3, S. 329 - 330]. Für sie müssen daher auch geringere Attack und Release Zeiten ausgewählt werden. Für einen Limiter sind kurze Attack Zeiten bis zu 20 μ s möglich [3, S. 332].

3. Aktuelle Standards bei MDR Kultur

In diesem Kapitel wird auf die aktuelle Ausgangssituation der Produktion und Ausstrahlung von *MDR Kultur* eingegangen. Dazu wurden Interviews mit Stefan Kanis (s. Abschnitt 3.1), Produktionsleiter bei *MDR Kultur*, Mario Wald (s. Abschnitt 3.2), Ingenieur vom Dienst bei *MDR Kultur*, Marko Rumpel (s. Abschnitt 3.3), Producer Multimedia und Timo Hermann (s. Abschnitt 3.3), IT Applikationen, geführt. Die Interviews fanden am 30.03.2016 mit Herrn Kanis, am 19.04.2016 mit Herrn Wald, am 14.07.2016 mit Herrn Rumpelt im Hörfunkhaus in Halle statt. Das Interview mit Timo Hermann am 03.08.2016 wurde telefonisch geführt.

3.1. Redaktion und Hörspiele

Laut Herrn Kanis werden Beiträge und Hörspiele bei *MDR Kultur* auf 0 dB FS produziert und zum Erhalt der Dynamik auch in diesem Format archiviert. Jedoch werden gleichzeitig schon neuere Hörspiele auf Lautheit produziert, um im Archiv beide Formate zur Verfügung zu haben. Beim Bereitstellen im Sendesystem werden die Stücke allerdings im (Spitzen-)Pegel reduziert. Laut Herrn Kanis werden die Stücke vom Redakteur nach Gehör im Studio (s. Abb. 3.1) auf Werte zwischen -8 dB und -2 dB eingeppegelt. Als Sendesystem wird beim MDR die Software *dira!* der Firma *Scysis* verwendet [12].

3.2. Technik und Sendekette

Ausgestrahlt wird bei *MDR Kultur* mit MPEG-1 Audio Layer 2 und einer Bitrate von 384 kbit/s. Innerhalb des Senders wird auch mit diesem Format gearbeitet. Der MDR plant eine Umstellung auf ein lineares Arbeitsverfahren mit codierten Dateien nach dem Pulse Coded Modulation (PCM)Verfahren. Die LRA wird zur Zeit in der Produktion nicht beschränkt. Die Übergabe an die *Media Broadcast* erfolgt mit einem Spitzenpegel von -9 dB FS. In der Sendeausstrahlungskette wird aufgrund der benötigten Redundanz nur ein Soundprocessing verwendet. So besitzt *MDR Kultur* auf allen Übertragungswegen denselben Klang. Zusätzlich wird verhindert, dass der Rezipient das Gefühl verspürt, er würde „plötzlich“ einen neuen Sender hören, wenn er den *MDR*

Kultur über eine andere Welle empfängt. Das Blockdiagramm in Abb. 3.1 skizziert die Sendekette von *MDR Kultur*. In das Sendepult kommen die Signale von Mikrophon, Playout Server (Beiträge) und Telefonhybrid. Das Summensignal wird dann anschließend an ein Kommandersystem der Firma *Jünger Audio* übergeben. Nach einer weiteren leichten Kompression (Ratio 2:1) wird das Signal für die Übertragungswege UKW, DVB-S und DAB+ über eine AES/EBU Leitung (in Abb. 3.1 fett dargestellt) an die *Media Broadcast GmbH* gesendet. Das Unternehmen strahlt dann das Signal auf den unterschiedlichen Wellen an den Rezipienten aus.

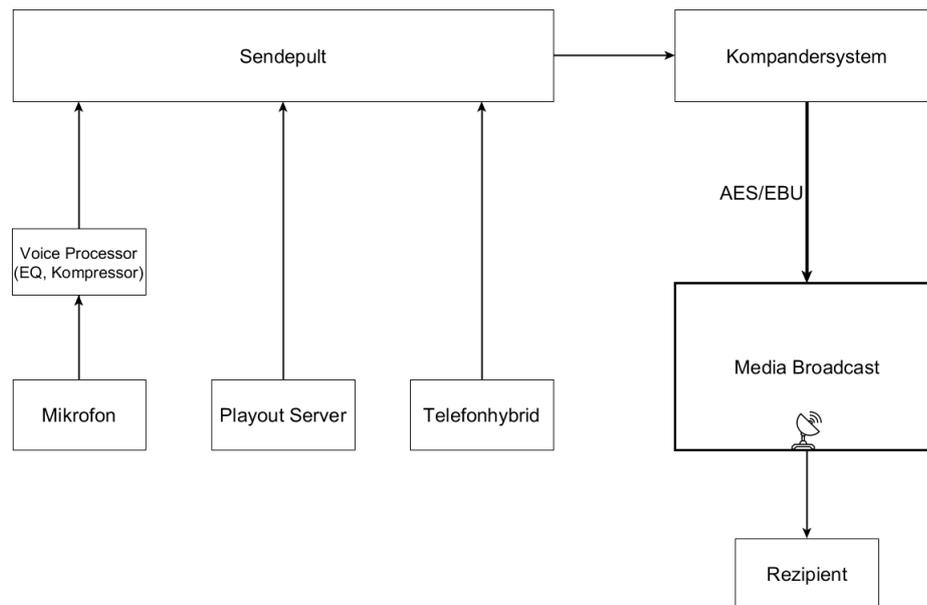


Abbildung 3.1.: Sendekette von *MDR Kultur*

3.3. Telemediale Ausstrahlung

Neben der klassischen Sendekette, die in Abschnitt 3.2 beschrieben wurde, betreibt der MDR parallel eine telemediale Sendekette für seine Online-Angebote. Diese wird in die Ausstrahlungswege für Webchannels und Livestream unterteilt und in Abb. 3.2 dargestellt.

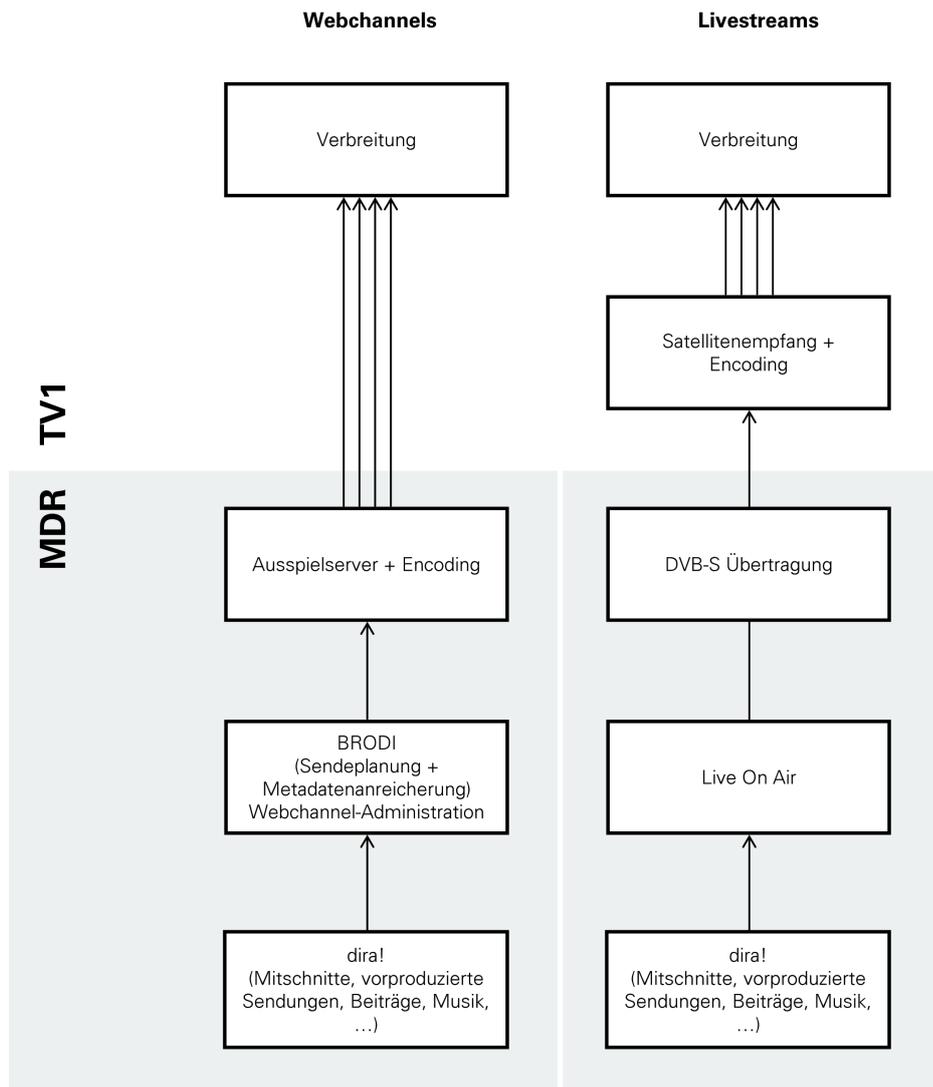


Abbildung 3.2.: Telemediale Sendekette vom MDR

Sowohl für die Webchannels als auch den Livestream werden Beiträge und Mitschnitte aus dem *dira!* in die MDR-eigene Software *BRODI* (*Broadcast Digital*) exportiert. Die Software *BRODI* dient als Administrations-Tool für die Planung und Gestaltung der Webchannel und on-demand-Angebote. Die on-demand-Angebote werden direkt aus dem *dira!* exportiert, im *BRODI* geplant und auf der Webseite zur Verfügung gestellt.

Die Webchannel können in *BRODI* als Playlisten mit dem gewünschten Audiomaterial erstellt, mit Metadaten versehen und die Dauer bzw. Anzahl der jeweiligen Wiederholungen festgelegt werden. Diese Sendungen laufen dann in mehrstündigen Dauerschleifen auf den Webchannels. Anschließend werden die fertig geplanten Wiederholungen an den Auspielserver (*Iccast-Server*) in Leipzig übertragen. Von dort wird das encodierte Material direkt von der *TV1 GmbH* verteilt. Die Dateien sind exportierte Wave-Files aus dem *dira!*. Das bedeutet, die

Files werden von MPEG-1 Audio Layer 2 in eine Wave-Datei umgewandelt bevor sie nochmal als MP3 encodiert werden.

Der Live-Stream von *MDR Kultur* wird über den DVB-S Kanal direkt an den Distributor *TV1 GmbH* nach München gesendet. Von dem Ausspielserver in München werden dann die encodierten Live-Streams an den Rezipienten gesendet. Der MDR sendet vier online Live-Streams: zwei AAC und zwei MP3-Streams. Zur Zeit lassen sich über die Webseite aber nur die MP3-Streams empfangen. Dabei handelt es sich um Streams mit einer Auflösung von 128 kbit/s und 56 kbit/s [9].

3.4. Aktuelle telemediale Ausstrahlung

In diesem Abschnitt soll die aktuelle Aussteuerung nach Spitzenpegel vom *MDR Kultur* Livestream, seinen Webchannels und den on-demand-Angeboten dargestellt werden. Dazu wurden Messungen mit einem Softwaremeter *Orban Loudness Meter* der Firma *Orban* getätigt. Das Meter entspricht dem Standard ITU BS.1770-2. Dabei werden die Pegel (-5 bis -59 db FS) gegen einen Zeitstrahl (in Minuten) aufgetragen. Alle Dateien im MP3-Format mit einer Auflösung von 128 kbit/s auf der beiliegenden CD abgelegt. Es handelt sich dabei um stereoskopische Aufnahmen, weshalb in allen Abbildungen zwei Kanäle abgebildet. Neben der graphischen Auswertung erfolgt zum Abschluss in diesem Abschnitt ein Wertevergleich in Tabelle 3.1. In den Abbildungen wird die integrierte Lautheit über die Gesamtheit des Mitschnittes nach ITU BS.1770-2 in rot dargestellt. Die Aufnahmezeit beträgt wegen der Praktikizität halber jeweils eine Stunde bzw. die Dauer des on-demand-Materials. Dazu erfolgt gleichzeitig eine Lautheitsbewertung nach dem *CBS* Algorithmus, einem Lautheitsalgorithmus der Firma *Orban*, der hier ausgegraut wurde [11]. Der *CBS* Algorithmus hat für diese Arbeit jedoch keine weitere Bedeutung. Er veranschaulicht ähnlich wie die ITU BS.1770 Lautheitssprünge innerhalb eines Programmes und ist am ehesten mit dem Momentary Wert zu vergleichen.

3.4.1. Live-Stream

In der folgenden Abbildung wird ein Mitschnitt des Live-Streams von MDR Kultur mit einer Länge von 65 Minuten gezeigt.

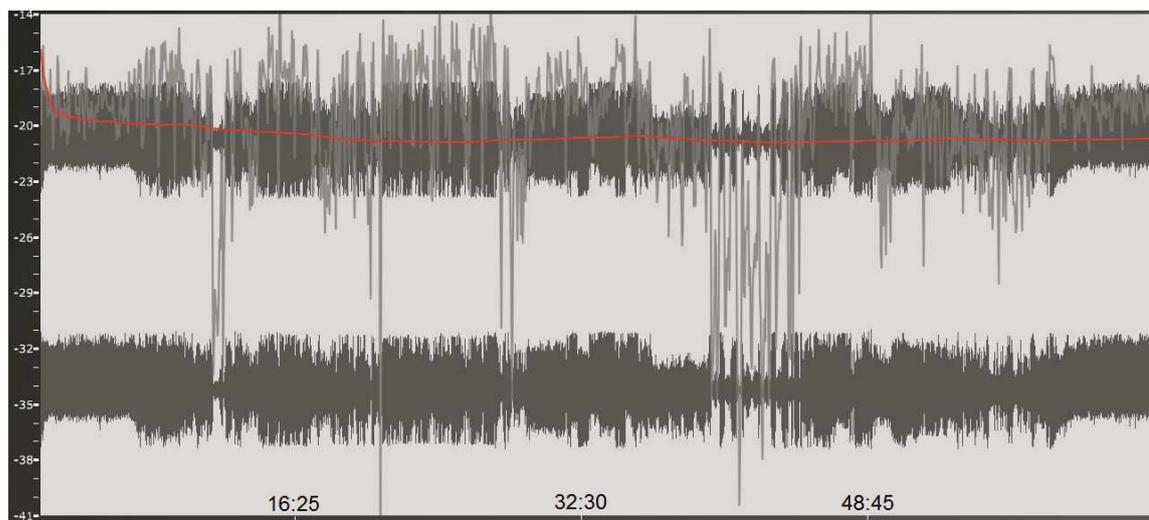


Abbildung 3.3.: Mitschnitt von *MDR Kultur* vom 17.03.16 15:00 - 16:00 Uhr

Der Sender *MDR Kultur* (s. Abb. 3.3) befindet sich momentan, trotz Spitzenpegelaussteuerung, von seiner integrierten Lautheit im Tagesprogramm mit -20,7 LUFS im Rahmen der TD 1004. Damit ist das Programm jetzt schon Lautheitskonform. Die Lautheit schwankt marginal um ein oder zwei dB innerhalb der Messung.

3.4.2. Webchannels

In diesem Abschnitt sollen die Mitschnitte der Webchannels „Klassik in Konzert“, „Folk in Konzert“ und „Figarino“ gezeigt werden.

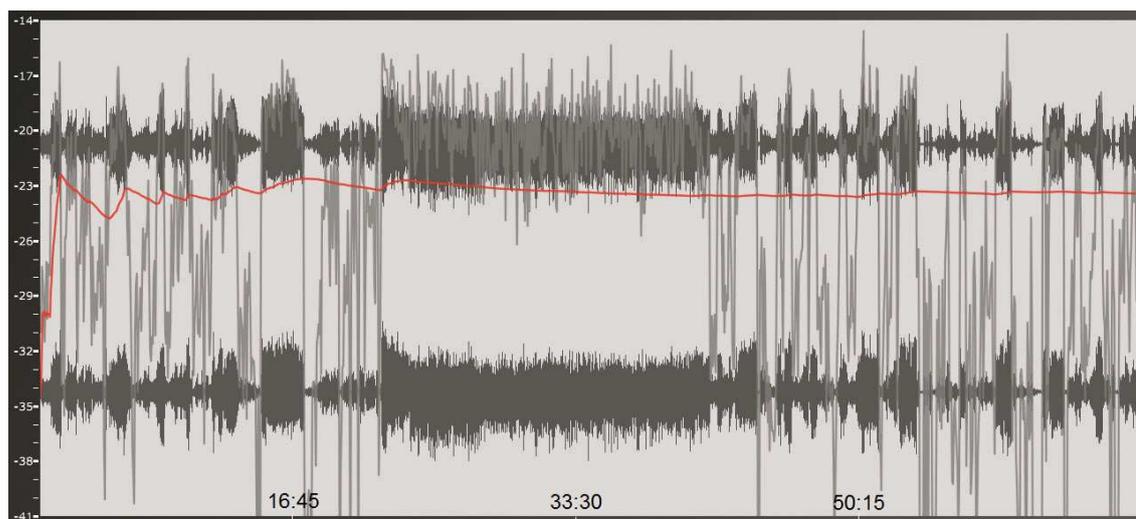


Abbildung 3.4.: Mitschnitt von dem *MDR Kultur* Webchannel „Klassik in Konzert“ vom 15.07.16 17:45 - 18:45 Uhr

Der Webchannel „Klassik in Konzert“ (s. Abb. 3.4) weist mit 15 dB die höchste LRA von allen gemessenen Webangeboten auf. Mit einer integrierten Lautheit von -23,5 LUFS entspricht der

Webchannel zwar der EBU Empfehlung, allerdings liegt er mit diesem Wert um 3 dB unterhalb der TD 1004. Die große LRA geht auf die hohe Dynamik der klassischen Musikstücke zurück, die vor allem bei den Konzerteilen dieses Mitschnittes bei Minute 16 und ab Minute 40 deutlich werden. Die Lautheit ist ab dem ersten Viertel der Aufzeichnung, trotz kleinerer Schwankungen ab Minute 40, konsistent. Das Stück hat eine Länge von 67 Minuten.

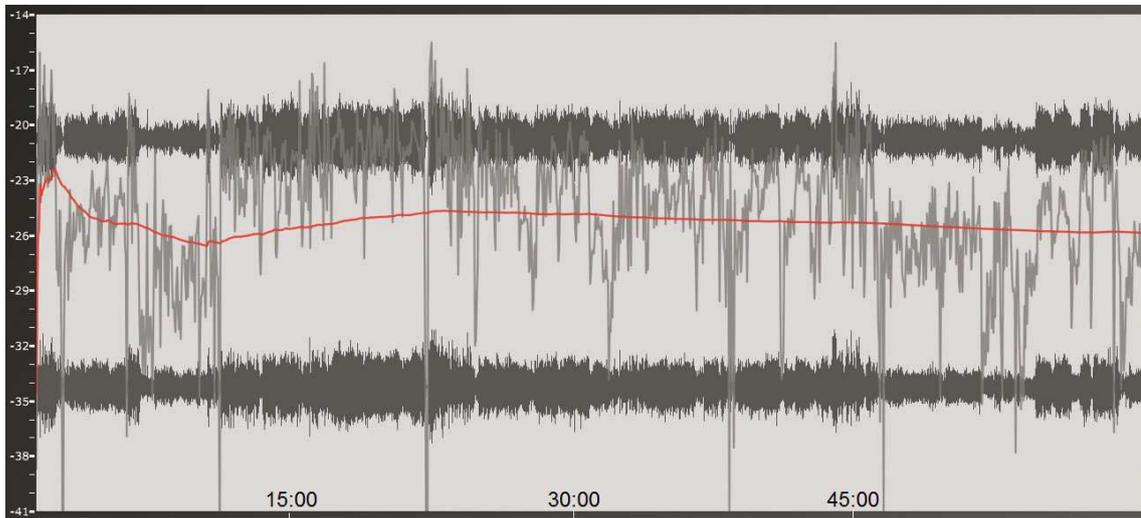


Abbildung 3.5.: Mitschnitt von dem *MDR Kultur* Webchannel „Folk in Konzert“ vom 15.07.16 19:05 - 20:05 Uhr

Der Webchannel „Folk in Konzert“ (Abb. 3.5) weist mit einer integrierten Lautheit von -25,9 LUFS den niedrigsten Wert aller dargestellten Webangebote von *MDR Kultur* auf. Die Schwankungen der Lautheit erstrecken sich in diesem Webchannel über mehrere Minuten. So fällt die Lautheit zu Beginn der Messung auf -26 LUFS, um dann anschließend sein Maximum von -24,5 LUFS zu erreichen. Das Stück hat eine Länge von 60 Minuten.

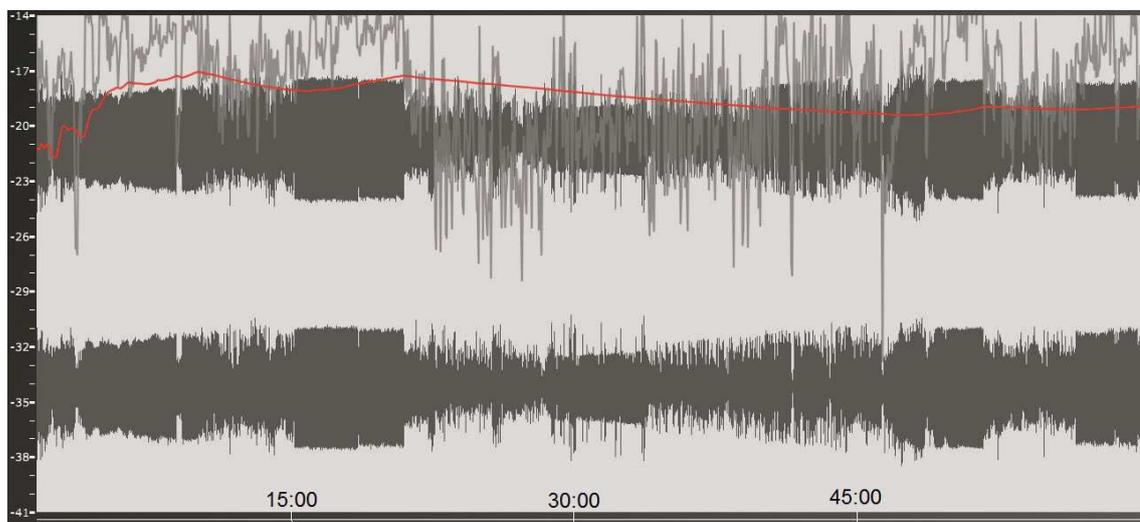


Abbildung 3.6.: Mitschnitt von dem *MDR Kultur* Webchannel „Figarino“ vom 17.06.16 13:22 - 14:22 Uhr

Mit einer integrierten Lautheit von -19 LUFS weist der Webchannel „Figarino“ (Abb. 3.6) den höchsten Wert aller Webchannel von *MDR Kultur* auf. Die integrierte Lautheit wird vor allem durch die stark komprimierten Popstücke wie beispielsweise bei Minute 15 gesteigert. Deswegen kann „Figarino“ trotz seiner großen LRA von 12,9 dB die integrierte Lautheit von -19 dB erreichen. Der Abfall der Lautheit von Minute 20 bis Minute 45 ist dem geringer komprimierte Material geschuldet. Das Stück hat eine Länge von 60 Minuten.

3.4.3. On-demand-Angebote

In diesem Abschnitt dient der Radiotatort „Alt ist kalt“ als Beispiel für die on-demand-Angebote von *MDR Kultur*. Das Stück wurde ausgewählt, weil es im Gegensatz zu den anderen on-demand-Angeboten eine Vielfalt an unterschiedliche Audioelemente (Geräusche, Musikbetten...) enthält.

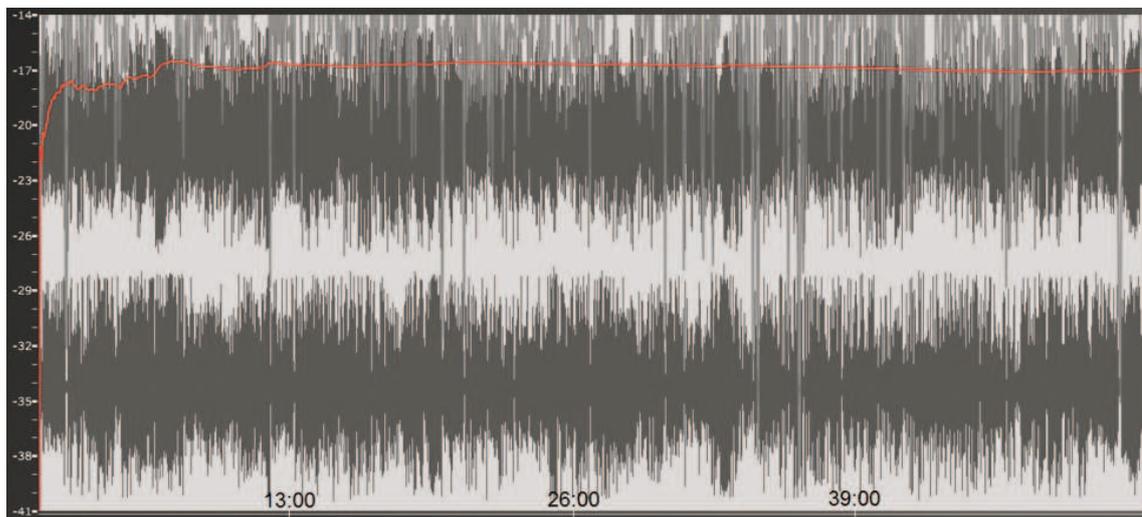


Abbildung 3.7.: ARD Radio Tatort „Alt ist kalt“ vom Juli 2016

Das Stück (Abb. 3.7) hat eine Länge von 53 Minuten und besitzt eine konstant hohe integrierte Lautheit von -17.1 LUFS. Bis auf ein paar wenige Ausnahmen wie beispielsweise bei Minute 13 schwankt diese nicht innerhalb des Stückes. Lediglich die Aussteuerung geht an die Grenze von 0,0 dB FS und hält somit nicht den gewünschten Headroom von -1 dBTP ein.

3.4.4. Auswertung

Die abgebildeten Messungen verdeutlichen das Problem der Spitzenpegelaussteuerung, welche in Abschnitt 2.4 erläutert wurde. Im Folgenden sind die gemessenen Werte in Tabelle 3.1 zusammengefasst.

Telemedium	Integrierte Lautheit (LUFS)	LRA (dB)	Maximaler Peak
<i>MDR Kultur</i> Live-Stream (Abb. 3.3)	-20,8	8,7	-5,9
„Klassik in Konzert“ (Abb. 3.4)	-23,5	15,2	-4,8
„Folk in Konzert“ (Abb. 3.5)	-25,9	9,6	-6,6
„Figarino“ (Abb. 3.6)	-19,0	12,9	-3,6
ARD Tatort „Alt ist kalt“ (Abb. 3.7)	-17,1	9,6	0,0

Tabelle 3.1.: Vergleich der Lautheit der unterschiedlichen Webangebote

Insgesamt besitzen alle Webchannels von *MDR Kultur* eine durchgehende konstante Lautheit, die Lautheitssprünge verlaufen über mehrere Minuten und erfordern kein abruptes Nachregeln durch den Rezipienten. Jedoch ist die integrierte Lautheit aller Webchannel in ihrer Gesamtheit sehr heterogen und entspricht auch nicht den Empfehlungen der TD 1004, sodass bei einem Wechsel von einem Webchannel zum nächsten eine Anpassung der Lautstärke erforderlich ist. Da der Live-Stream vom DVB-S Signal encodiert wurde, sind seine Lautheitssprünge am geringsten und damit verläuft seine Lautheit linearer als die anderen Webangebote von *MDR Kultur*. Er ist der einzige Ausstrahlungskanal, der eine Klangbearbeitung durch ein Kompanersystem erhält. Alle anderen telemedialen Angebote werden ohne weitere Klanggestaltung ausgestrahlt. Die Umstellung auf eine Ausstrahlung nach EBU R 128 würde sich bei den Webchannels am meisten bemerkbar machen und deren Durchhörbarkeit erhöhen. Die höchste Durchhörbarkeit von allen gemessenen Audiostücken hat die *WDR* Produktion „Alt ist kalt“ (Radiotatort) mit einer integrierten Lautheit von -17 LUFS und die geringste besitzt der Webchannel „Folk in Konzert“ mit -25,9 LUFS. Auffällig ist auch, dass alle Produktionen vom *MDR* einen relativ großen Headroom zur maximalen Aussteuerung von 0 dB FS besitzen. Hier besteht ein Potential zur Nutzung der neuen Dynamik für die neue Aussteuerung bei Einhaltung des neuen Headroom von -1 dBTP.

3.5. Erwartungshaltungen an die EBU R 128 von MDR Kultur

Herr Kanis erläuterte in seinem Interview, dass die Redaktion von der R 128 erwarte, dass die Anzahl der Hörerbeschwerden bezüglich der Lautheitssprünge bei *MDR Kultur* zurückgehen werde. So konnte schon ein starker Rückgang der Hörerbeschwerden bei den Radiowellen

SWR Info und *Bayern 3*, die mittlerweile nach Lautheit aussteuern, beobachtet werden.

Ähnliche Erwartungen gibt es auch von Seiten der Technik. Laut Herrn Wald hofft man dort, dass die Qualität der eingereichten Beiträge ein insgesamt gleiches Pegelniveau erreichen werden. Zusätzlich wird erwartet, dass Lautheitssprünge von Live Übertragungen klassischer Konzerte (z.B. zwischen Anmoderation und Musikbeginn) nicht mehr auftreten. Zur Umstellung wird auch ein erhöhter Schulungsaufwand für die Selbstfahrer der Live Sendungen eingeplant. Als Selbstfahrer werden Moderatoren bezeichnet, die einen großen Teil der Studioteknik selber bedienen.

Außerdem könnte sich so das Soundprocessing neu ausrichten lassen, indem es nicht mehr die unterschiedlichen Spitzenpegel korrigieren muss, sondern dem Sender *MDR Kultur* einen individuelleren Klang verleihen könnte. So soll sich die Verständlichkeit und Durchhörbarkeit erhöhen. Weiterhin wird die Produktion von Beiträgen erleichtert, da Audiomaterial, welches aus unterschiedlichen Quellen stammt, sich leichter kombinieren lässt. Für das geplante telemediale Austauschportal *we connect* der ARD wird ein optimierter Austausch zwischen den einzelnen Rundfunkanstalten erwartet. Der Studioalltag soll durch eine Ausstrahlung nach Lautheit zusätzlich entlastet werden, da die Handhabung der Aussteuerung durch die neuen „ruhigeren“ Lautheitsmeter erleichtert wird.

Speziell für den telemedialen Bereich, verspricht sich die ARD eine Verbesserung in der Distribution. Dort wird von einer Hörsituation mit einem überwiegenden Anteil von Störgeräuschen ausgegangen. Zusätzlich kann im on-demand Bereich mittels einer automatisierten Lautheitsanpassung die Dynamik so bearbeitet werden, dass diese sich gegenüber dem Live-Stream nicht unterscheidet.

3.6. Umstellungstrategien für den MDR

Für den öffentlich rechtlichen Rundfunk hat das Institut für Rundfunk und Fernsehtechnik (IRT) unter der Leitung von Christian Hartmann Strategien zur Umstellung auf eine Ausstrahlung nach Lautheit erstellt. Herr Hartmann ist zu dem Experte des IRTs für die R 128. Die folgenden Informationen zu diesem Abschnitt stammen aus einem Telefoninterview am 01.08.2016, die Bilder stammen aus dem ARD-Workshop für Projektleiter vom 23. und 24. Juni 2015 und können der CD im Anhang entnommen werden.

Die Umstellung lässt sich in drei Abschnitte des Sendeworkflows unterteilen: Produktion, Sendung und Distribution. In den folgenden Unterabschnitten wird genauer auf diese eingegangen.

3.6.1. Produktion

Ein Umstellungsschema des Betriebes auf Lautheit innerhalb der Produktion wird in Abb. 3.8 dargestellt. Im Betrieb muss vor Ort eine Lautheitskontrolle durch entsprechende Messgeräte nach ITU BS.1770-2 stattfinden. Die anschließende Normalisierung auf Lautheit kann in Echtzeit, filebasiert oder LRA-basiert vorgenommen werden. Eine LRA Normalisierung passt die Schwankungsbreite eines Short-term Intervalls an einen gewünschten Wert an. So wird nur die Verstärkung verändert und keine Kompression benötigt. Im Gegensatz zur reinen Kompression verändert die LRA Normalisierung sowohl den höchsten als auch den niedrigsten Pegel.

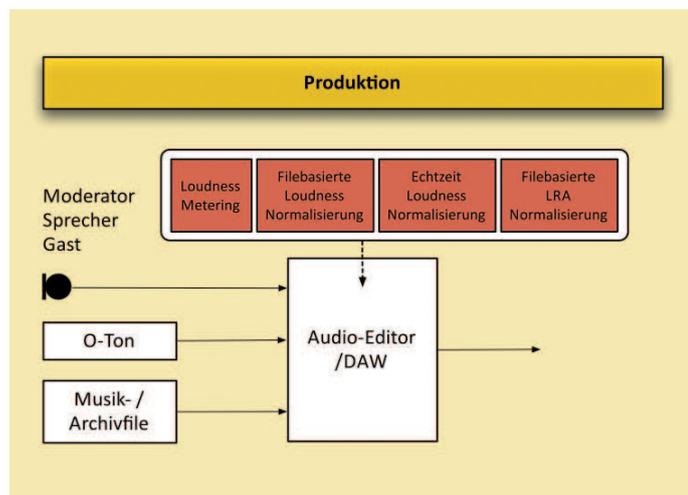


Abbildung 3.8.: Umstellung des Produktionsworkflows auf Lautheit [7, S. 10]

Die Vorteile bei einer Umstellung innerhalb der Produktion sind:

- effektivere Lautheitsnormalisierung als bei den anderen Abschnitten
- qualitative Kontrolle von Anfang an möglich
- geringe Systemintegration notwendig

dem gegenüber stehen folgende Nachteile:

- Editoren und Produktionswerkzeuge müssen umgestellt werden
- hohe Kosten und Aufwand für Personal (Schulungen)
- Produktionsumgebung ist neu einzumessen

Von Herrn Hartmann, wie auch der EBU, wird eine Umstellung in der Produktion auf lange Sicht empfohlen [7, S. 10 -12].

3.6.2. Sendung

Bei einer Umstellung auf Lautheit innerhalb des Sendebetriebs (s. Abb. 3.9) werden Beiträge aus dem Telefonhybriden, dem Ü-Wagen oder der ISDN Leitung in Echtzeit normalisiert und

auf das Mischpult gesendet. Das Material aus dem Sendespeicher (Beiträge, Musik) durchläuft hier eine filebasierten Lautheitsnormalisierung und eine LRA-Normalisierung. Auf dem Mischpult wird die Summe durch ein Loudness Meter überprüft und dann an die Distribution ausgegeben.

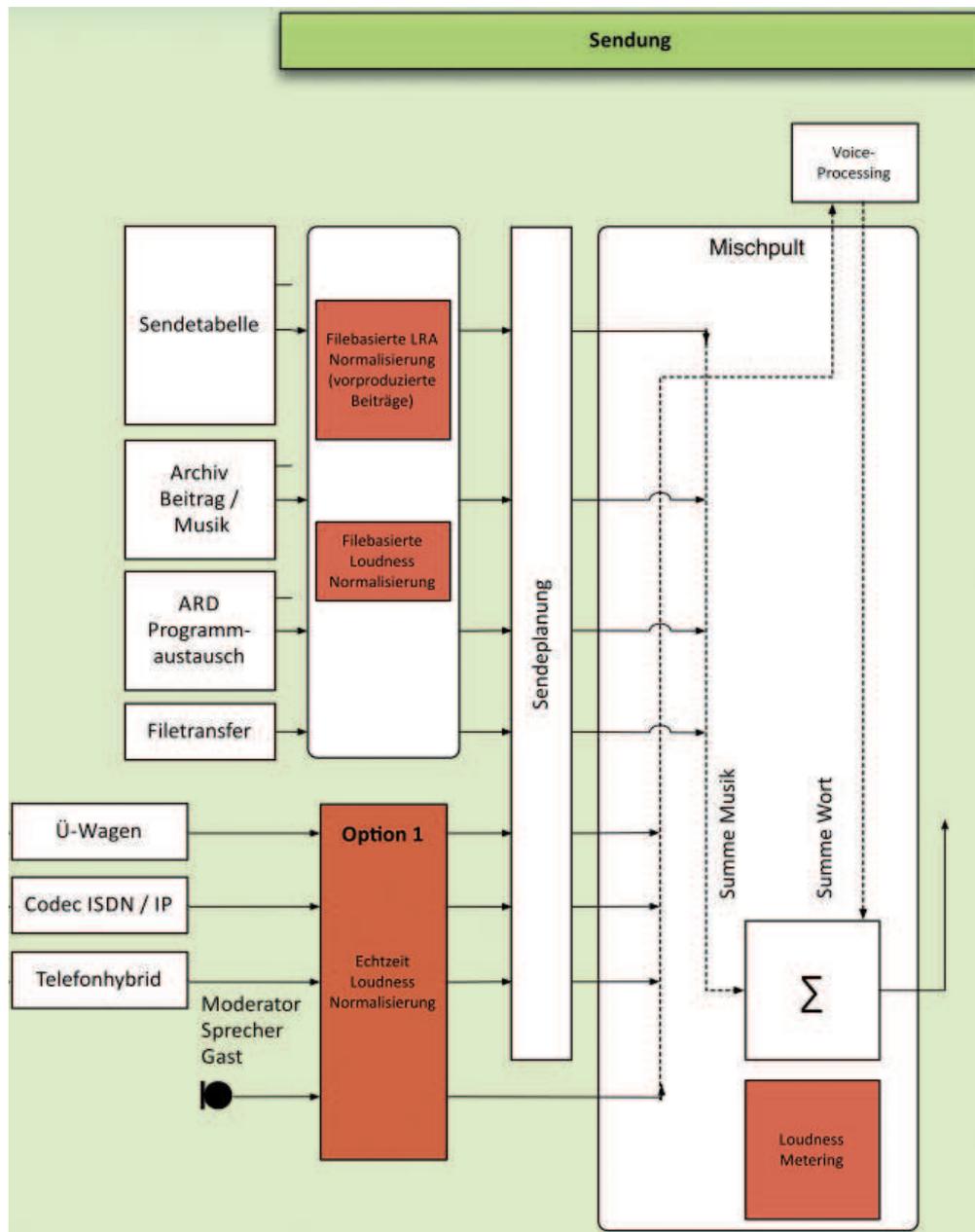


Abbildung 3.9.: Umstellung des Sendeworkflows auf Lautheit [7, S. 13]

Die Vorteile bei dieser Vorgehensweise sind:

- konsistentere Umsetzung der filebasierten Normalisierung
- nach (erfolgreicher) Einrichtung kaum manuelle Eingriffe nötig
- fehlerresistent in Bezug auf Audioqualität

als Nachteile gelten:

- hoher systemtechnischer Integrationsaufwand

- Abhängigkeit von Anbietern von Sendeabwicklungs- und Playout-Tools
- Schulung der Moderatoren
- hohe Kosten [7, S. 13 - 14]

Bei dieser Variante würde der Moderator auch das lautheitsnormalisierte Stück im Studio hören. Daher ist hier eine Schulung von Personal wichtig. Die Dynamik würde in den Audiobeiträgen erhalten bleiben.

3.6.3. Distribution

Bei einer Umstellung im Distributionsabschnitt (s. Abb. 3.10) wird das ankommende Material nach einer Echtzeitlautheitsnormalisierung um 5 dB angehoben, um die Multiplex (MPX) Leistung für die UKW Wellen auszunutzen. Die MPX Leistung wird zum Erhalt der Reichweite und Bandbreite eines UKW Senders benötigt [3, S. 918]. Anschließend kann das Material, wenn möglich, ein optionales Soundprocessing für die Ausstrahlungswege DVB, UKW und DAB durchlaufen. Danach erfolgt eine LRA Normalisierung und für DVB, DAB und Stream eine weitere Echtzeitlautheitsnormalisierung. Für on-demand-Angebote, die sich nicht nach der MPX Leistung richten müssen, wird nur eine filebasierte und LRA Lautheitsnormalisierung empfohlen.

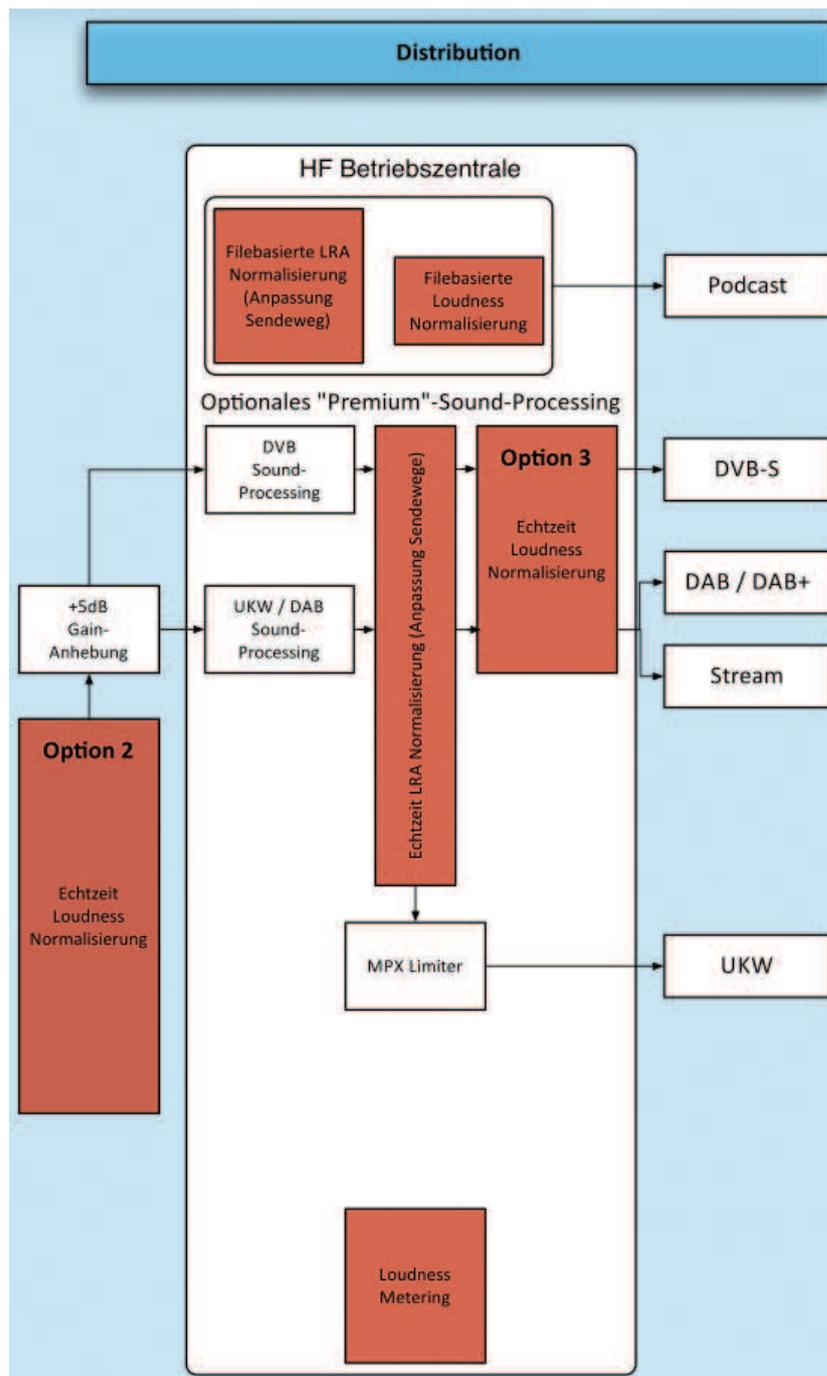


Abbildung 3.10.: Umstellung des Distributionsworkflows auf Lautheit [7, S. 16]

Die Vorteile für eine Umstellung im Distributionsbetrieb sind:

- geringe Kosten und Umfang
- höherer Nutzwert durch Sendeweg-abhängige LRA-Anpassung (mobile Player)
- nach Einrichtung geringer manueller Eingriff nötig
- erzielt die besten Ergebnisse für eine konstante integrierte Programmlautheit

die Nachteile einer solchen Umstellung sind:

- mögliche Artefaktbildung bei verlustbehafteter Codierung

- keine Nachkontrolle möglich
- Metadatensteuerung der Playoutsysteme notwendig
- Ergebnisse lassen sich schwerer vorhersehen als bei vorherigen Umstellungsmethoden [7, S. 16 - 18]

Für den Anfang einer Systemumstellung empfiehlt das IRT eine filebasierte Lautheitsnormalisierung. Dies lässt sich im Vergleich zur Produktion mit weniger Aufwand in den Sendeworkflow integrieren. Wenn eine technische Lautheitsnormalisierung bei einem Audiobeitrag nicht möglich ist, empfiehlt die R 128 das betreffende Stück bewusst leiser abzuspielen.

In einem weiteren Gespräch am 22.08.2016 erklärte Mario Wald, dass *MDR Kultur* eine Umstellung auf allen drei Ebenen plant. So sollen intern alle Dateien auf eine Lautheit von -23 LUFS und mit einem Headroom von -1 dB TP eingestellt werden. In dem Bereich Produktion durchlaufen alle Daten einer Echtzeitnormalisierung (nach Abspeicherung und Aufzeichnung) und liegen dann im Sendesystem *dira!* vor. Im Sendepult wird dann das Sprechsignal von einer R 128 Automatic Gain Control (AGC) auf -23 LUFS angepasst. Am Ende der Systemkette kontrolliert ein Kompondersystem erneut die Lautheit, bevor das Signal an die *Media Broadcast* weitergegeben wird.

4. Entwicklung eines telemedialen Soundprocessings

Im folgenden Kapitel wird die Auswirkung der R 128 auf die Webchannels „Klassik in Konzert“, „Folk in Konzert“ und „Figarino“, sowie auf das on-demand-Angebot „Alt ist kalt“ untersucht. Auf eine Untersuchung des Live-Streams wurde verzichtet, da dieser durch den DVB-S Kanal abgegriffen wird und bei einer Umstellung schon eine Lautheitsnormalisierung unterliegt.

Für die Konvertierung des Materials zu einer Aussteuerung nach R 128 wurde die Software *Continuous Loudness Control (CLC)* der Firma *Radio-Technische Werkstätten (RTW)* verwendet. Die Software lässt sich sowohl als Standalone Anwendung als auch als Virtual Studio Technology-Plugin (VST) in einer Digital Audio Workstation (DAW) nutzen. Weiterhin entspricht die Software den aktuellen EBU Standards und die verwendeten Algorithmen sollen laut Herrn Hartmann in Zukunft von der Firma *Scysis* in der Software *dira!* übernommen werden. Das *CLC* nutzt zur Konvertierung keine Kompressoren, sondern eine LRA Anpassung. Dadurch überprüft der Algorithmus die Lautheit eines Short-term Intervalls, um so die Lautheit anzupassen. Die Anpassung erfolgt dann über eine Verstärkungsregelung, die sowohl die Spitzen der Aussteuerung als auch die Anteile mit nur geringem Pegel betrifft. Zusätzlich besitzt das *CLC* einen True Peak Limiter, mit dem der gewünschte Headroom eingestellt werden kann.

Nach der Konvertierung wurde das Audiomaterial mit dem *Orban Loudness Meter* nachgemessen.

Ziel der Untersuchungen soll sein, mögliche Klangeinstellungen zu finden, die das Audiomaterial von *MDR Kultur* in ein R 128-konformes Format konvertieren können. Diese Presets können so später als Exportfunktion in das *dira!* System implementiert werden und sollen so im Alltag für jeden leicht zu nutzen sein. Diese neuen Klangeinstellungen sollen ähnlich klingen wie die restlichen Ausstrahlungswege von *MDR Kultur* und gleichzeitig die Durchhörbarkeit der Webchannels verbessern.

4.1. Softwareeinstellungen

Für die Konvertierung wurde eine Einstellung verwendet, die den anderen Übertragungswegen von *MDR Kultur* und deren Umstellungsstrategien nachempfunden sein soll (Abb. 4.1).

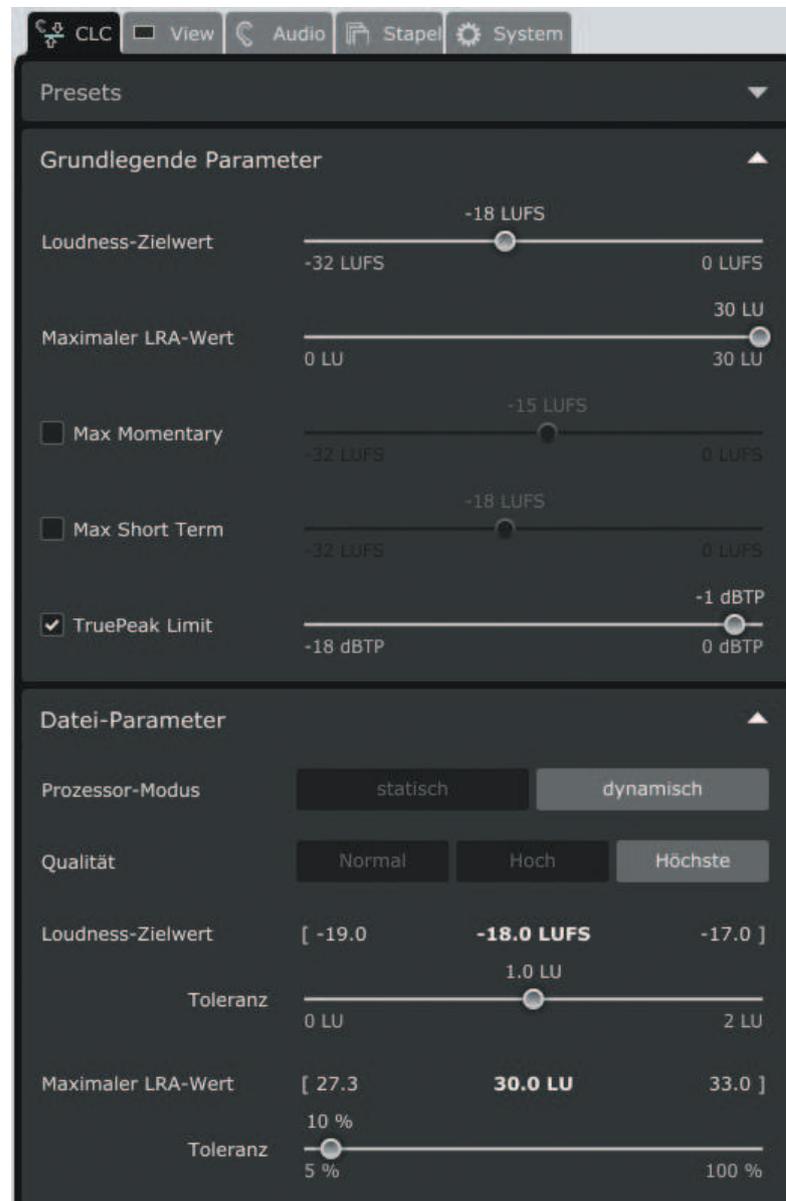


Abbildung 4.1.: Preset Einstellung zur Lautheitskonvertierung

So wurde die gewünschte integrierte Lautheit auf -18 LUFS eingestellt. Dies entspricht zum einen der TD 1004 und zum anderen der Pegelanhebung von +5 dB, die auch das Audiomaterial der UKW Übertragungsstrecke erhält. Als Toleranz wurde 1 LU eingestellt, um dem Algorithmus eine dynamischere Arbeitsweise zu ermöglichen. Weiterhin wurde auf eine Begrenzung der LRA verzichtet, da dies zum einen auch den bestehenden Klangeinstellungen von *MDR Kultur* entspricht und zum anderen, um die bestehende Dynamik des Audiomaterials nicht noch zusätzlich weiter zu beeinflussen. Als Headroom wurde -1 dB TP eingestellt, um Übersteuerun-

gen zu vermeiden und um den EBU Empfehlungen zu folgen. Der Prozessor des *CLC* wurde auf eine dynamische Arbeitsweise eingestellt, um eine starre und statische Bearbeitung des Materials zu vermeiden und ein natürliches Klangbild zu erhalten. Außerdem wurde seine Rechenleistung auf die Einstellung „höchste“ gestellt, um das optimale Ergebnis zu erzielen. Mit der Prozessoreinstellung „höchste“ durchläuft das Audiomaterial eine doppelte Berechnung des Algorithmus' für eine feinere Lautheitsnormalisierung.

4.2. Auswertung der Konvertierung

Die Ergebnisse dieser Konvertierungen sind in Abb. 4.2 zu sehen. Um die Übersicht zu gewährleisten, wurden hier die Messungen aller Webchannel zusammen dargestellt. Die integrierte Lautheit wurde auch hier wieder in rot dargestellt und der *CBS* Algorithmus ausgegraut.

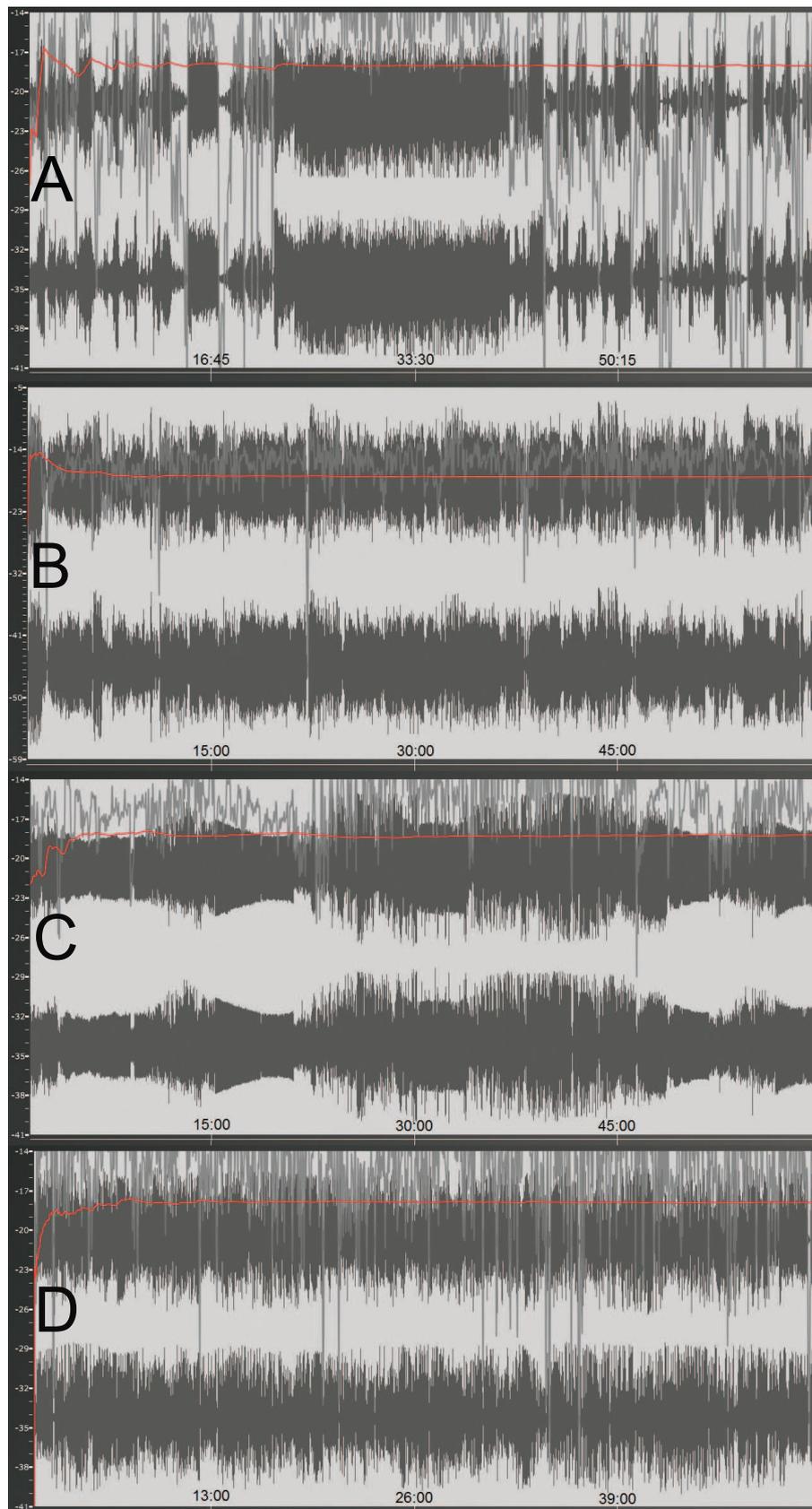


Abbildung 4.2.: Mitschnitte nach R 128: A: „Klassik in Konzert“, B: „Folk in Konzert“, C: „Figurino“, D: „Alt ist kalt“

Als Erstes fällt auf, dass die Webchannel wie erwartet nun über eine homogene integrierte Lautheit verfügen. Die abgebildeten Lautheitssprünge am Anfang der Audiostreame sind dem Rechenalgorithmus vom *Orban Loudness Meter* geschuldet. Bei allen Stücken, bis auf „Klassik in Konzert“, sind alle Lautheitssprünge verschwunden. Zwar gibt es noch Lautheitsschwankungen bei dem Mitschnitt von „Klassik in Konzert“, diese sind jedoch weniger stark ausgeprägt als in der vorherigen Version. Weiterhin hat der Algorithmus das Dynamikpotential des neuen Headrooms ausgenutzt und die Messungen zeigen, dass keines der vier Webangebote über 0 dB FS aussteuert. Die Werte finden sich in Tabelle 4.1. Beim Wertevergleich fällt auf, dass die LRA von „Klassik in Konzert“ um nur einen dB abgesenkt wurde, was für die Effizienz des Algorithmus' spricht. Dieser Unterschied sollte für den Rezipienten kaum eine Rolle spielen. Die anderen beiden Webchannel „Folk in Konzert“ und „Figarino“ haben nun eine ähnliche LRA, jedoch wurde diese bei „Folk in Konzert“ um 3 dB und bei „Figarino“ um 6 dB abgesenkt. Diese starken Veränderungen sind bei „Folk in Konzert“ auf die geringe Lautheit des Mitschnittes vor der Konvertierung und bei „Figarino“ durch die leisen Anteile von Minute 25 bis 45 (Abb. 3.6), die durch den *CLC* angehoben wurden, zurückzuführen. Die Stücke sind also insgesamt „lauter“ geworden und die Lautheitssprünge zwischen den leisen Passagen und denen mit einer hohen Aussteuerung wurden vermindert. Beim Durchhören fiel auf, dass, obwohl die Durchhörbarkeit insgesamt verbessert wurde, trotzdem die ruhigen Passagen im Vergleich zu den lauterer leiser abgespielt wurden. Die LRA des ARD Radiotatorts „Alt ist kalt“ wurde durch den *CLC* kaum verändert. Das Audiostreame besaß schon vor der Konvertierung eine konsistente Lautheit, die nur noch auf den neuen gewünschten Wert abgesenkt werden musste. Durch die Bearbeitung des Algorithmus' verfügt der Radiotortort nun aber über den gewünschten Headroom von -1 dBTP.

Telemedium	Integrierte Lautheit (LUFS)	LRA (dB)	Maximaler Peak
„Klassik in Konzert“	-18,1	14,2	-1,2
„Folk in Konzert“	-18,1	7,3	-1,3
„Figarino“	-18,2	7,2	-1,3
ARD Tatort „Alt ist kalt“	-17,9	8,9	-1,2

Tabelle 4.1.: Messergebnisse nach R 128

Letztendlich lässt sich festhalten, dass das Audiomaterial, welches insgesamt schon über eine gute Durchhörbarkeit verfügt, durch die Einstellungen des Algorithmus' nur marginale Veränderungen erfährt und durch eine Konvertierung den Richtlinien von TD 1004 und EBU R 128 entspricht. Bei allen Webchannel Angeboten konnte die Durchhörbarkeit erhöht und auf ein insgesamt homogenes Level gebracht werden. Bei Audiostücken, die schon in der Produktion über eine geringe integrierte Lautheit verfügen, ließ sich eine LRA Anpassung um mehrere dB nicht verhindern. Es werden nur die Unterschiede zwischen lauten und leisen Teilen verringert, welche jedoch weiterhin wahrgenommen werden. Allerdings könnte mit der Verstärkung durch die LRA Anpassung Kompressoren und Limiter Artefakte, die schon in der Produktion entstanden sind, zusätzlich verstärkt werden. In diesem Falle müssten, um dem Effekt entgegen zu wirken, Anpassungen in der Produktion vorgenommen oder gegebenenfalls die Aufnahme wiederholt werden.

4.3. Ausblick

Die Möglichkeiten des *CLC* bzw. des Lautheitsalgorithmus konnten in dieser Arbeit nur kurz umrissen werden. So sind die Einstellungen, die zur Konvertierung des Audiomaterials vorgenommen wurden, wie die R 128, eine Empfehlung zum Umstellungsprozess beim *MDR*. Das Thema Lautheit für telemediale Angebote bietet noch weitere Bearbeitungsmöglichkeiten. So könnte zum Beispiel die integrierte Lautheit von den Webchannels „Klassik in Konzert“ und „Folk in Konzert“ auf -20 LUFS gesenkt werden, wenn eine geringere Bearbeitung der LRA gewünscht ist oder leise Passagen nicht lauter ausgespielt werden sollen. Zusätzlich bietet der Algorithmus vom *CLC* die Möglichkeit, bei höchster Qualitätseinstellung die Geschwindigkeit der LRA Anpassung zu steuern, um so das Ergebnis für beispielsweise leise Streicher Passagen in klassischer Musik zu verfeinern.

Eine Konvertierung des telemedialen Angebots von *MDR Kultur* nach einer Aussteuerung von R 128 und TD 1004 ist im Allgemeinen zu empfehlen, weil so die Durchhörbarkeit von allen Angeboten auf ein ähnliches oder gleiches Niveau angehoben wird. Dies entspricht der bestehenden Philosophie der bisherigen Aussteuerungsstrecke von *MDR Kultur* für UKW, DVB und DAB+. Zusätzlich wird so das telemediale Angebot von *MDR Kultur* für die Wiedergabe auf mobilen Endgeräten (Smartphones, Laptops, Tablets, etc.) optimiert. Ein weiterer Vorteil ist der neue Übersteuerungsschutz, mit dem das telemediale Audiomaterial versehen wird.

Zum Schluss sei noch darauf hingewiesen, dass die Verwendung einer automatischen Lautheitsnormalisierung durch einen Algorithmus wie dem des *CLC*, nicht die Arbeit eines Toningenieurs ersetzen kann. Dies zeigt vor allem das Beispiel mit dem Tatort „Alt ist kalt“, der durch

die Lautheitsnormalisierung lediglich in seinen technischen Parametern angepasst wurde.

Mit diesen ermittelten Werten können Export Presets für das *dira!* System erstellt werden, die sich sofort in den bestehenden Alltag integrieren lassen, ohne das das Personal zusätzlich geschult werden muss.

Literaturverzeichnis

- [1] Baumgartner, Hannah: Die Lautheitsrevolution. . – Film&TV Kameramann, Ausgabe Juli/August 2016
- [2] Camerer, Florian: Auf dem Weg zum Lautheitsparadies. . – FKT, Oktober 2010
- [3] Dickreiter, Michael ; Dittel, Volker ; Hoeg, Wolfgang ; Wöhr, Martin: *Handbuch der Tonstudioteknik*. 7. ARD.ZDF medienakademie, 2008. – ISBN 978-3-598-11765-7
- [4] die medienanstalten: *Staatsvertrag für Rundfunk und Telemedien (Rundfunkstaatsvertrag -RStV-)*. 1991
- [5] EBU: Guidelines for production of programmes in accordance with EBU R 128 / EBU. 2016. – Forschungsbericht
- [6] EBU Komitee: Lautheitsaussteuerung, Normalisierung und zulässiger Maximalpegel von Audiosignalen / EBU. 2010. – Forschungsbericht. – Überarbeitet 2011
- [7] Hartman, Christian: Workshop der Projektleiter Lautheit im Hörfunk. . – 23./24. Juni 2015
- [8] Katz, Bob ; Beyers, Bob ; Johnston, James ; Kean, John ; Lund, Thomas ; Orban, Robert ; Wisbey, Adrian: AES TD1004.1.15-10 / AES. – Forschungsbericht. – 19. Oktober 2015, Version 1.0
- [9] MDR: *MDR KULTUR Livestream*. http://www.mdr.de/mediathek/livestreams/radio/livestream-mdr-kultur-100_zc-1fdde636_zs-fd0779da.html. – 11.05.16 18:01 Uhr
- [10] MDR Kultur: *MDR Kultur Webchannel*. http://www.mdr.de/kultur/radio-tv/radio/webchannel-classic102_zc-6670112b_zs-7a2794e8.html. – 11.05.16. 13:20 Uhr
- [11] Orban, Robert: *Comparing loudness meters - part 1*. <http://www.tvtechnology.com/audio-etc./0193/comparing-loudness-meters---part-/268718>. – 04.05.16 11:59 Uhr
- [12] SCISYS Deutschland GmbH: *Radio Sendesysteme*. <http://www.scisys.de/de/wo-wir-arbeiten/media-broadcast/unsere-produkte/radio-sendesysteme.html>. – 28.04.2016 18:54 Uhr
- [13] Tischmeyer, Friedemann: *EBU-Norm R128 - Die leise Revolution der Pegelmessung*. <http://www.delamar.de/mastering/r128-14870/4/>. Version: 2016. – 10.11. 17:46 Uhr

- [14] Weinzierl, Stefan: *Handbuch der Audiotechnik*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
– ISBN 978-3-540-34301-1

Abkürzungsverzeichnis

AAC	Advanced Audio Coding
AC-3	Adaptive Transform Coder 3
AES	Audio Engineering Society
AGC	Automatic Gain Control
ARD	Arbeitsgemeinschaft der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten der Bundesrepublik Deutschland
BRODI	Broadcast Digital
CD	Compact Disc
CLC	Continuous Loudness Control
D/A-Wandler	Digital/Analog-Wandler
DAB+	Digital Audio Broadcasting
DAW	Digital Audio Workstation
dB	Dezibel
dB FS	Decibel Fullscale
dBTP	decibel referenced to digital Full Scale measured with a True-Peak meter
DVB-S	Digital Video Broadcasting - Satellite
EBU	European Broadcast Union
EQ	Equalizer
IRT	Institut für Rundfunk und Fernsehtechnik
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnik

ITU	International Telecommunications Union
LFE	Low Frequency Effects
LKFS	Loudness, K-Weighted, referenced to digital Full scale
LU	Loudness Units
LUFS	Loudness Units, referenced to digital Full Scale
MDR	Mitteldeutscher Rundfunk
mp3	MPEG-1 Audio Layer 3
MPEG	Moving Pictures Expert Group
MPX	Multiplex
PCM	Pulse Coded Modulation
QPPM	Quasi Peak Programme Meter
R 128	Recommendation 128
RLB	Revised Lowfrequency B-Curve
RTW	Radio-Technische Werkstätten
SWR	Südwestrundfunk
TD	Technical Document
TPL	True Peak Level
TPM	True Peak Meter
UKW	Ultrakurzwelle
URL	Uniform Resource Locator
VST	Virtual Studio Technology
WDR	Westdeutscher Rundfunk

Abbildungsverzeichnis

2.1. Vergleich von Peaknormalisation mit der Lautheitsnormalisation bei einer Sendungsreihe [5, S. 9]	4
2.2. „K-Weighting“ Filter Kurve für Loudness Messungen [5, S. 37]	5
2.3. Kanal-Processing und Summierung in der ITU-R BS.1770 [5, S. 38]	6
2.4. Darstellung der relativen Gating-Methode [5, S. 39]	7
2.5. <i>Loudness Range</i> als ein Ergebnis einer statistischen Verteilung von Lautheit [5, S. 41]	8
2.6. Kompressor, typische Kennlinienverläufe [3, S. 330]	13
3.1. Sendekette von <i>MDR Kultur</i>	16
3.2. Telemediale Sendekette vom MDR	17
3.3. Mitschnitt von <i>MDR Kultur</i> vom 17.03.16 15:00 - 16:00 Uhr	19
3.4. Mitschnitt von dem <i>MDR Kultur</i> Webchannel „Klassik in Konzert“ vom 15.07.16 17:45 - 18:45 Uhr	19
3.5. Mitschnitt von dem <i>MDR Kultur</i> Webchannel „Folk in Konzert“ vom 15.07.16 19:05 - 20:05 Uhr	20
3.6. Mitschnitt von dem <i>MDR Kultur</i> Webchannel „Figarino“ vom 17.06.16 13:22 - 14:22 Uhr	20
3.7. ARD Radio Tatort „Alt ist kalt“ vom Juli 2016	21
3.8. Umstellung des Produktionsworkflows auf Lautheit [7, S. 10]	24
3.9. Umstellung des Sendeworkflows auf Lautheit [7, S. 13]	25
3.10. Umstellung des Distributionsworkflows auf Lautheit [7, S. 16]	27
4.1. Preset Einstellung zur Lautheitskonvertierung	30
4.2. Mitschnitte nach R 128: A: „Klassik in Konzert“, B: „Folk in Konzert“, C: „Figarino“, D: „Alt ist kalt“	32

Tabellenverzeichnis

3.1. Vergleich der Lautheit der unterschiedlichen Webangebote	22
4.1. Messergebnisse nach R 128	33

Anhang

A. Interviewfragen

A.1. Mario Wald, Ingenieur vom Dienst, *MDR Kultur*

1. Was sind die bisherigen (Lautheits-)Probleme bei der Ausstrahlung von MDR Kultur?
2. Was für technische Erwartungen gibt es an die R 128?
3. Wie sieht die bisherige Klanggestaltungskette bei MDR Kultur aus?
4. Wie unterscheidet sich die Klanggestaltung für die Ausstrahlungswege von UKW, DAB+, DVB-S und Webchannel?
5. Wie wirkt sich die Codierung auf den Ausstrahlpegel aus?
6. Wo werden voraussichtlich Änderungen in der Sendekette vorgenommen werden müssen?

A.2. Stefan Kanis, Produktionsleiter, *MDR Kultur*

1. Wie sieht der bisherige Produktionsworkflow aus?
2. Welche Umstellungsstrategien sind bisher geplant?
3. Wie wird sich die Umstellung voraussichtlich auf die Arbeit in der Redaktion auswirken?
4. Wird die R 128 nur auf das neue Material verwendet?
5. Wie sieht es mit dem Material aus dem Archiv aus?

A.3. Marko Rumpelt, Produktion Multimedia

1. Wie sieht die aktuelle Ausstrahlungskette von Webangeboten aus?
2. Was bedeutet *BRODI*?
3. Ist eine eigene Klanggestaltung für Webangebote sinnvoll?
4. Wie müsste diese angepasst werden?

A.4. Timo Herrmann, IT Applikationen

1. Welcher Pegel wird an TV1 übergeben?
2. Finden Modulationen oder andere Bearbeitungen abschließend von TV1 noch statt?
3. Wie wirkt sich das auf die Streams aus?
4. Wie sehen aktuelle Probleme bei der Aussteuerung von telemedialen Angeboten aus?

A.5. Christian Hartmann, Produktionssysteme Audio IRT

1. Wo liegen die Besonderheiten der R 128 für telemediale Umgebungen?
2. Welche Ideen zur Umstellung auf Lautheit für klassische Musik existieren schon?
3. Welche Pläne hat das IRT zur Umstellung von Sendebetrieben nach Lautheit?