

EBU R128

Anpassung von Kinomischungen für die Fernsehdistribution



Diplomarbeit
von Linus Nickl

Matrikel-Nr.: 4640
vorgelegt September 2013
Betreuer: Bernhard Albrecht
Zweitgutachter: Prof. Martin Steyer

Diplomstudiengang Ton
Hochschule für Film und Fernsehen „Konrad Wolf“
Potsdam-Babelsberg

Glossar	Seite 4
1. Vorwort	Seite 9
2. Entwicklung der EBU R128	Seite 11
3. Grundlegende Neuerung der EBU R128	Seite 13
4. Technischer Überblick	Seite 17
4.1. Der Algorithmus	
4.2. Programm Loudness	
4.3. True Peak Level	
4.4. Loudness Range	
5. Prämissen unterschiedlicher Abhörumgebungen	Seite 25
5.1. Die Kinomischung	
5.2. Die TV-Mischung	
5.3. Die DVD-Mischung	
6. Tonanpassung von Kinomischungen für die Fernsehdistribution	Seite 30
6.1. Vorbereitungen in der Kinomischung	
6.2. Einrichtung der Fernseh Mischung	
6.3. Der richtige Abhörpegel	
6.4. Die Fernseh Mischung	
6.5. Nachträgliches Normalisieren der Mischung	
7. Kontrollen zur Einhaltung der EBU R128	Seite 40
7.1. Die technische Sendeband-Abnahme	
7.2. Aufsichtspflicht der Kabelnetzbetreiber	

8. Stichprobenhafte Erfassung der aktuellen Lautheit im Fernsehen	Seite 45
8.1. Versuchsdurchführung	
8.2. Messwerte zur Lautheit im deutschen Fernsehen	
8.3. Versuchsergebnisse	
9. Kompatibilität der EBU R128 auf dem internationalen Markt	Seite 51
10. Schlussbetrachtung	Seite 54
Anhang: Auflistung internationaler Richtlinien für lauthheitsbasierte Tonaussteuerung	Seite 59
Literaturverzeichnis	Seite 62
Internetverzeichnis	Seite 64
Interviewliste	Seite 69
Abbildungsverzeichnis	Seite 70
Eidesstattliche Erklärung	Seite 73

3-Wege-Lautsprecher	Wiedergabesystem mit drei unterschiedlichen Lautsprechern für verschiedene Frequenzbereiche
A/D-Wandlung	Analog-Digital-Wandlung
AC-3	„Adaptive Transform Coder 3“ - Digitales Kompressionsformat
aktiver Monitor	Integrierte Einheit aus Lautsprecher und Verstärker in einem Gehäuse
Anchor Element	Der Lautstärke Referenzpunkt einer Mischung Wird bestimmt durch ein prägnantes Element (meist Sprache), das den Zuhörer bei der Wahl seiner Abhörlautstärke am meisten beeinflusst.
ARIB	„Association of Radio Industries and Businesses“ - Japanische TV-Standardisierungsorganisation
ATSC	„Advanced Television Systems Committee“ - Amerikanische Organisation, die Standards für das digitale Fernsehen festlegt.
CALM Act	„Commercial Advertisement Loudness Mitigation Act“ - Ein amerikanisches Gesetz, das die Sendeanstalten dazu verpflichtet, Werbung mit der gleichen durchschnittlichen Lautheit wie das restliche Programm auszustrahlen.
CRC	„Communications Research Centre Canada“ - Kanadisches Forschungsinstitut für Telekommunikation
D/A-Wandlung	Digital-Analog-Wandlung
dB	Decibel
dB FS	Decibel, relativ zur vollen digitalen Aussteuerung
dB SPL	Absolute Pegelangabe für den Schalldruckpegel mit einem Bezugswert von $0 \text{ dB SPL} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$
dB TP	Decibel, true-peak relativ zur vollen digitalen Aussteuerung
dB U	Absolute Pegelangabe eines Spannungspegels mit einem Bezugswert von $0 \text{ dB u} = 0,775 \text{ V}$
DCP	„Digital Cinema Package“ - Digitales Format für die Distribution von Kinokopien

Dial Level	Siehe „Dialnorm“
Dialnorm	Ein AC-3 Metadaten-Parameter. Gibt an, wie weit die durchschnittliche Lautheit der Sprache unter 0 LKFS liegt. Erlaubte Werte sind 1 bis 31.
Dialog Level	Die Lautheit (in LKFS) des „Anchor Elements“
Dolby E	Audio-Kompressions-Technologie. Primär für den Sendebetrieb entwickelt.
Dolby Meter	Ein Software-Tool zur Messung von Lautheit. Durch den integrierten „Dialogue Intelligence“-Algorithmus ist das Programm in der Lage Sprache zu erkennen und alles andere aus der Messung auszuschließen.
Dolby MOD	Für die Erstellung von Masterbändern zur Herstellung des Lichttonnegativs wird der Ton zunächst auf ein „Magneto Optical Disc“ von Dolby überspielt.
Downmix	Überführung einer Mehrkanal-Mischung in ein Format mit weniger Kanälen.
DRC	Dynamic Range Control
DTS-HD	„Digital Theater Systems - High Definition“ - 7.1 Tonformat für den Einsatz bei Blu-ray und HDTV
EBU	„European Broadcasting Union“ - Ein Zusammenschluss von derzeit 74 Rundfunkanstalten in 56 Staaten Europas, Nordafrikas und Vorderasiens mit Sitz in Genf
Effektivwert	Der quadratische Mittelwert einer zeitlich veränderlichen physikalischen Größe.
Gate	Ein Dynamikprozessor, der leise Abschnitte in der Signalübertragung unterdrückt.
HD-Cam SR	Digitales Aufzeichnungsband für Bild und Ton. Maximal 12 Tonkanäle vorhanden.
Headroom	Abstand eines Signalpegels zum Übersteuerungspunkt
Hochpassfilter	Ein Filter, das Frequenzen oberhalb seiner Grenzfrequenz annähernd ungeschwächt passieren lässt und tiefere Frequenzen bedämpft.
Integrated Loudness	Beziffert die mittlere Lautheit eines kompletten Programminhalts. Entspricht meist „Programm Loudness“.

Intersample Peaks	Bei Digital-Analog-Wandlung (bzw. Konvertierung) kann es zwischen den Samples zu Pegeln jenseits von 0 dBFS kommen. Pegelmessgeräte mit höherer Auflösung als das Audiomaterial können diese darstellen.
IT-Mix	"International-Mix" - Abgewandelte Gesamtmischung, bei der alle länderspezifischen Elemente entfernt wurden (Dialog, Erzähler). Im Unterschied zur M&E-Fassung können hier zusätzliche Foleys oder Geräusche aus dem O-Ton vorhanden sein (filled M&E).
ITU	„International Telecommunication Union“ - Eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen mit Sitz in Genf. Zuständig für die weltweiten technischen Aspekte der Telekommunikation.
K-System	Ein von Bob Katz entwickeltes Kalibrierungssystem, das für die Einmessung von Abhöranlagen (meist Rock- und Popbereich) angewendet werden kann. Nicht zu verwechseln mit der „K-Weighting“-Filter-Kurve für die R128- Messung.
K-Weighting	Frequenzgewichtung entsprechend der „K-Weighting“-Filter-Kurve für die R128- Messung.
LFE	„Low Frequency Effects“ - Ein Effektkanal, der bei Mehrkanalanlagen nur für tieffrequente Wiedergabe genutzt wird.
Limiter	Dynamikbearbeitendes Effektgerät, das den Ausgangspegel auf einen bestimmten Wert herunterregelt.
LKFS	„Loudness, K-weighted, relative to Full Scale“ - Lautheits-Einheiten relativ zu digitalem Vollpegel. Gleichbedeutend mit LUFS. Standardisierte Einheit der ITU-R BS.1770.
Loudness War	Tendenz der Musikindustrie, der Werbeindustrie und auch der Filmindustrie mit allmählich immer höheren Lautheitspegeln einen Klang zu erzeugen, der sich von anderen Künstlern, Produkten und Filmen abhebt. Dies hat ein Aufschaukeln der Lautheit zur Folge.
LRA	Ein statistisch ermittelter Wert, der die Dynamik eines Programmabschnitts beschreibt.

LU	„Loudness Unit“ - Die von der R128 eingeführte Einheit für Lautheit. 1 LU entspricht 1 dB.
LUFS	„Loudness Units relative to Full Scale“ - Lautheits-Einheiten relativ zu digitalem Vollpegel. Gleichbedeutend mit LKFS. Standardisierte Einheit der EBU R128.
M&E-Mix	„Music-and-Effects-Mix“ - Teilmischung bestehend aus Musik und Effekten. Nicht enthalten sind länderspezifische Elemente (Dialog, Erzähler). Zur Erstellung einer IT-Fassung kommen meist weitere Foleys und Geräusche aus dem O-Ton hinzu (filled M&E).
Momentary Loudness	Angezeigter Wert auf einem EBU-Mode-Messgerät. Integrationszeit 400 ms, ohne aktives Gate.
Nahfeldmonitor	Lautsprecher mit geringer Leistung. Nah an der Abhörposition, damit der Direktschall weitgehend ohne den Raumanteil beurteilt werden kann.
NHK	Nippon Hōsō Kyōkai - Japanische Rundfunkgesellschaft
Offline-Bearbeitung	Signalbearbeitung nicht im Echtzeitbetrieb
Online-Bearbeitung	Signalbearbeitung im Echtzeitbetrieb
ORF	Österreichischer Rundfunk
Oversampling	Überabtastung. Ein Signal wird mit einer höheren Abtastrate bearbeitet, als es für die Darstellung der Signalbandbreite benötigt wird.
P/LOUD	Arbeitsgruppe der EBU für die Entwicklung der R128 Empfehlung
PCM	Puls-Code-Modulation
Peak Normalisation	Aussteuerungsprinzip orientiert an Spitzenpegeln
Peak-Meter	Spitzenpegelmesser
Programm Loudness	Beziffert die mittlere Lautheit eines kompletten Programminhalts. Siehe auch „Integrated Loudness“.
QPPM	„Quasi Peak Program Meter“ - Aussteuerungsmesser mit einer Integrationszeit von 5 bis 10 ms.
Samplerate	Abtastrate. Die Häufigkeit, mit der ein kontinuierliches Signal in einer vorgegebenen Zeit abgetastet und in ein zeitdiskretes Signal umgewandelt wird.

Short Term Loudness	Angezeigter Wert auf einem EBU-Mode-Messgerät. Integrationszeit 3 sek, ohne aktives Gate.
SPL	Sound Pressure Level
Stem	Teilmischung einer finalen Tonmischung
Target Loudness	Definierter Zielwert für die Lautheit. Nach R128 gilt es -23 LUFS bei der „Integrated Loudness“-Messung zu erreichen.
Transient	Schneller, impulsartiger, akustischer Einschwingvorgang
True Peak	Der digitale Maximalwert eines Audiosignals, gemessen nach ITU BS. 1770.
VU-Meter	„Volume Unit Meter“ - Messinstrument zur Aussteuerung in der Tontechnik mit einer Integrationszeit von 300 ms.
Walla	Toneffekt, meist murmelnde Menge im Hintergrund

„Erklär mir mal, warum die Werbung im Fernsehen immer so laut ist?“, wurde ich vor etwa einem Jahr gefragt. Nach einem langen Vortrag meinerseits mit zu vielen technischen Begriffen merkte ich, wie meinen Gesprächspartner das Thema zu langweilen begann und deshalb sagte ich schnell: „Bald gibt es eine neue Richtlinie. Dann wird das alles besser.“ Vor kurzem wurde ich wieder auf das Thema angesprochen: „Dass sich da was geändert hat, habe ich gemerkt. Jetzt muss ich auch während der Filme leiser stellen.“ Diese und ähnliche Aussagen von Freunden und Bekannten haben mein Interesse geweckt. Was hat sich wirklich geändert im Ton des deutschen Fernsehens mit der neuen Richtlinie EBU R128 für Tonaussteuerung? Hinzu kamen Fragen mit dem eigenen Umgang mit der R128. Durch die leicht unterschiedlichen Richtlinien der deutschen Sender und die zusätzlichen Unterschiede internationaler Richtlinien entstanden viele Irritationen, die mit einem einfachen Blick in die technischen Senderichtlinien nicht restlos geklärt waren. Bei Gesprächen mit anderen Tonschaffenden zeigte sich, dass in der ganzen Branche noch Unsicherheit beim Umgang mit der R128 besteht. Es lohnt sich also ein genauerer Blick auf die R128, um Antworten und konkrete Anregungen für die Arbeitspraxis zu finden.

Beleuchtet wird in der folgenden Diplomarbeit diese Richtlinie speziell aus der Sicht von Filmtonschaffenden im Kinobereich. Die Kapitel 1 bis 5 bilden den theoretischen Teil dieser Arbeit. Ich erläutere hierin die Funktionsweise der Norm, den der Messung zu Grunde liegende Algorithmus und stelle dar, was Mischtonmeister in ihrer Arbeit entsprechend der neuen Richtlinie berücksichtigen sollten. Anhand der Anpassung von Kinomischungen für die Fernsehdistribution zeige ich exemplarisch, was sich gegenüber der alten Richtlinie EBU R68 geändert hat. Grundlage für die dargestellten Arbeitsprozesse sind Erfahrungswerte von Mischtonmeistern und Toningenieuren, die mir im Rahmen dieser Arbeit durch Interviews Einblick in ihre Arbeitsweisen gewährt haben. Im praktischen Teil ab Kapitel 6 behandelt diese Arbeit die Erfahrungen und Arbeitsweisen von Mischtonmeistern und Fernsehsendern im Zusammenhang mit der neuen Norm. Im Fokus liegt hier das ZDF in Mainz, dessen Abteilung für technische Sendeband-Abnahmen ich im Zuge der Recherche für diese Arbeit besuchte. Des weiteren habe ich eine stichprobenhafte Erhebung über die aktuelle Lautheit im deutschen Fernsehen durchgeführt. Die Auswertung der Ergebnisse und die daraus resultierenden Rückschlüsse für die Arbeit des Mischtonmeisters finden sich in Kapitel 7. Das

letzte Kapitel geht der Frage auf den Grund, wie kompatibel R128-Tonmischungen mit internationalen Sendeanstalten sind. Was gibt es beim Verkauf ins Ausland zu beachten? Gibt es Abweichungen innerhalb der technischen Richtlinien?

An dieser Stelle will ich ganz herzlich meinen Interviewpartnern danken, die sich Zeit für unsere ausführlichen Gespräche genommen haben. Mein Dank gilt Martin Steyer, Florian Camerer, Matthias Lempert, Holger Lehmann, Eric Horstmann, Michael Riedmiller und Martin Grube. Mit ihrem Wissen zur R128 und ihrem Erfahrungsschatz durch ihre langjährige Arbeit als Toningenieur und Mischtonmeister bilden diese Gespräche den Kern und das Herz dieser Arbeit. Ein besonderer Dank geht an meinen Betreuer Bernhard Albrecht und meine Kommilitonen Jana Irmert und Nils Vogel, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit mit konstruktiver Kritik zur Seite standen. Armin Reuss, Toningenieur beim ZDF, möchte ich besonders dafür danken, dass er mir bei einem ausgiebigen Rundgang durch die Sendeanstalt des ZDF in Mainz die gesamte technische Sendestrecke gezeigt hat.

2. Entwicklung der EBU R128

Die Norm EBU R128 gilt seit dem 1. September 2012 als neue Senderichtlinie für die Tonaussteuerung im deutschen Fernsehen. Sie wurde von der Arbeitsgruppe EBU P/LOUD auf europäischer Ebene entwickelt und von der European Broadcasting Union, kurz EBU [siehe *Glossar*], am 27. August 2010 als technische Empfehlung veröffentlicht.¹ Die P/LOUD-Gruppe traf im Juli 2008 das erste Mal zusammen. Mitglied dieser Gruppe waren über 230 Teilnehmer, sowohl Vertreter der großen europäischen Technikhersteller, Teilnehmer der öffentlichen und privaten Sendeanstalten aus ganz Europa, wie auch Vertreter anderer internationaler Standardisierungsgruppen (z.B. ARIB, ATSC, NHK, CRC).² [siehe *Glossar*] Dieses breite Spektrum an Teilnehmern garantierte eine verbindliche Vereinbarung, die für die ganze Branche Geltung hat und die durch die frühzeitige Einbindung von Entwicklerfirmen von Anfang an mit den nötigen Werkzeugen unterstützt werden konnte.³

Die Notwendigkeit für eine radikale Neuausrichtung der Tonaussteuerung entstand durch den anhaltenden „Loudness War“, der seit den 90er Jahren den Klang aller auditiven Medien bestimmte. Der Begriff bezeichnet die zunehmende Tendenz der Musikindustrie, der Werbeindustrie und auch der Filmindustrie, mit immer höheren Lautheitspegeln sich von anderen Künstlern, Produkten und Filmen abheben zu wollen.⁴ Die Folge dieses Wettkampfs war ein überkomprimierter, teilweise sogar verzerrter Klang mit extremen Lautstärkesprüngen zwischen Programminhalten, zum Beispiel beim Einsetzen der Werbung, und zwischen verschiedenen Sendern. Die Sendeanstalten erhielten sehr viele Beschwerden von Zuschauern bezüglich des Sendetons und auch die ausführenden Tonschaffenden waren größtenteils mit der Tonqualität sehr unzufrieden.⁵ Aus Angst, leiser als die Konkurrenz zu sein, änderten die Tonschaffenden jedoch nichts an ihrer Arbeitsweise. Der Druck zu Handeln erhöhte sich, mit dem von der amerikanischen Regierung 2010 verabschiedeten „CALM Act“.⁶ Dieser schreibt eine technische Vorrichtung in der Sendestrecke zur Verhinderung von

¹ Vgl.: EBU - R 128, Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals

² Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

³ Vgl.: Kahsnitz, Michael: R128 Vortrag - BVFT Jour Fixe vom 23.02.2012

⁴ Vgl.: Boeing, Niels; Reinecke, Jochen: Loudness War - Volle Dröhnung

⁵ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

⁶ „Commercial Advertisement Loudness Mitigation Act“ - Ein amerikanisches Gesetz, das die Sendeanstalten dazu verpflichtet, Werbung mit der gleichen durchschnittlichen Lautheit wie das restliche Programm auszustrahlen.

zu lauten Werbespots vor.⁷ Das Interesse und die Motivation für die Entwicklung einer neuen Norm war von allen Beteiligten innerhalb der P/LOUD-Gruppe sehr hoch und so gelang es der Arbeitsgruppe, als schnellste seit Bestehen der EBU Ergebnisse vorzuweisen.⁸

Die R128 ist als europäische Empfehlung keine verpflichtende Norm und ihre Umsetzung kann von den einzelnen Ländern eigenverantwortlich vorangetrieben werden. Für Deutschland bedeutet das, dass eine eventuelle Einschränkung und Modifizierung der Empfehlung den Sendeanstalten überlassen bleibt. Diese Richtlinien der Sender gilt es für die Anlieferung von Sendematerial einzuhalten. Grundlage für die R128 war die von der ITU [siehe *Glossar*] 2006 veröffentlichte ITU-R BS. 1770/1771, das erste Dokument, das einen internationalen Lautheitsstandard anstrebte. Die ITU entwickelte diese Empfehlung seit 2002 mit Hilfe von Hörversuchen, um einen Algorithmus zu entwerfen, der anhand eines numerischen Werts den subjektiven Lautstärkeindruck eines Menschen wiedergeben kann. Mit weiteren eigenen Hörversuchen entwickelte die EBU eine Norm mit einigen Ergänzungen zur bestehenden ITU-Empfehlung.⁹

Die Einführung der neuen Tonaussteuerung folgt nicht zufällig knapp dem Beginn des digitalen Fernsehens in Deutschland. Mit der R128 wurde ein klarer Bruch mit dem analogen Fernsehton vollzogen, denn sie ist nur praktikabel fürs digitale Fernsehen und auch das amerikanische Pendant wird von der ATSC [siehe *Glossar*] ausschließlich für digitales Fernsehen empfohlen.¹⁰ Seit dem 30. April 2012 ist der analoge Empfang über Satelliten in Deutschland nicht mehr möglich. Mit dem Wegfall dieser letzten analogen Übertragungsstrecke ist der Wandel in Deutschland hin zur digitalen Übertragung unumkehrbar und auch die Herstellung der Inhalte passt sich daran an. Denn nach Beendigung jeder Mischung ist mit der R128 ein digitales „Normalisieren“¹¹ notwendig, um den vorgeschriebenen Lautheitswert exakt zu erreichen. Dieser Vorgang kann nur als Offline-Rendering im Computer durchgeführt werden. Eine Echtzeit-Umspielung, wie es analog möglich war, funktioniert hier nicht mehr.¹²

⁷ Vgl.: Taylor, Andrew: Senate votes to turn down volume on TV commercials

⁸ Vgl.: Kahsnitz, Michael: R128 Vortrag - BVFT Jour Fixe B44 vom 23.02.2012

⁹ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

¹⁰ Vgl.: ATSC Recommended Practice - Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television

¹¹ Normalisieren: Vergrößerung bzw. Verkleinerung der Amplitude eines digitalen oder analogen Audiosignals, so dass sie innerhalb eines vorgegebenen Bereichs liegt. Entspricht praktisch einer Lautstärkeverschiebung der kompletten Mischung.

¹² Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

3. Grundlegende Neuerung der Norm

Die Empfehlung R128 setzt im Gegensatz zur bisher gültigen Norm nicht auf einen technischen Grenzwert in der Tonaussteuerung (Peak Normalisation), sondern führt eine definierte Methode zur Messung der Lautheit über den gesamten Programminhalt ein (Loudness Normalisation). Das Audiosignal kann seinen natürlichen Signalverlauf beibehalten, ohne Einschränkung der Spitzenwerte. Durch harte Kompression erhält man dadurch keinen Lautheitsvorteil mehr. Die neue Norm erzwingt sogar, dass stark komprimiertes und damit undynamischeres Material im Vergleich zu Material mit einer natürlichen Dynamik leiser geregelt werden muss. Denn für beides entscheidet der Mittelwert, nicht der Grenzwert. Diese Vergleiche finden zwangsläufig auch beim Konsumenten statt, beim Start einer neuen Sendung, durch Werbeunterbrechungen oder beim Wechseln des Senders. Dadurch erkennen Tonschaffende sehr schnell den Vorteil eines offenen und natürlichen Klangbilds und rücken von einer Überkomprimierung des Signals ab. Diese Neuausrichtung in der Tonaussteuerung konnte den herrschenden „Lautheitskrieg“, der es kultivierte, mit der Tonaussteuerung so nah wie möglich am erlaubten Grenzwert zu bleiben, um einen höchstmöglichen Lautstärkeindruck über das gesamte Programm zu erzeugen, effizient ausbremsen.¹³

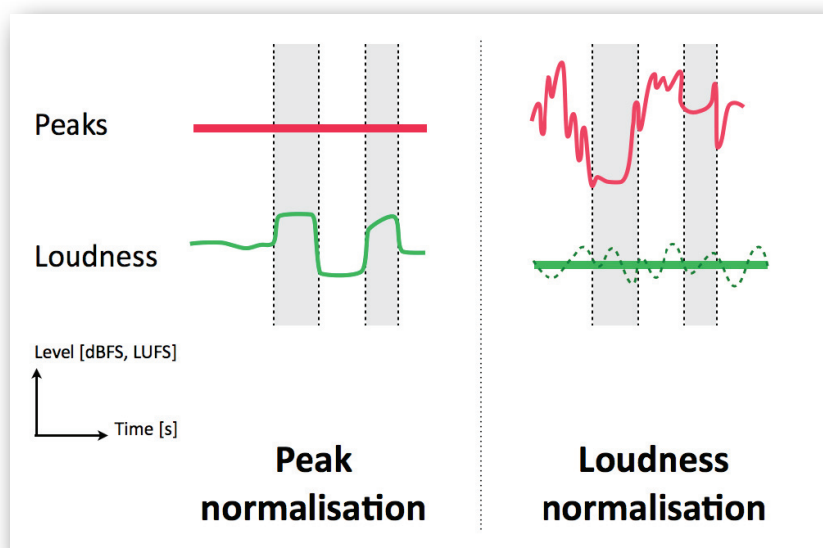


Abbildung 1: „Peak level normalisation“ und „Loudness level normalisation“ für mehrere Programmabschnitte.

¹³ Vgl.: Camerer, Florian: EBU R128 Introduction, Vortrag

Laut der EBU-Empfehlung sind die Spitzenwerte zunächst nur von der technischen Übersteuerungsgrenze (-1 dB TP) beschränkt. Folgt man der EBU-Empfehlung, sollte der Sprachpegel bei etwa -23 dB FS liegen. Abzüglich des Maximalwertes von -1 dB TP ergibt das einen maximalen Headroom¹⁴ von 22 dB oberhalb des Sprachpegels. Bei herkömmlichen Fernsehmischnungen für Spielfilme lag der Sprachpegel bei etwa -15 dB FS (bei anderen Formaten meist höher) und eine Maximalaussteuerung von -9 dB FS war erlaubt, die mit einem Quasi-Peak-Meter (QPPM)¹⁵ gemessen wurde. Die dabei entstehenden Transienten¹⁶ können theoretisch bis 3 dB über dem gemessenen Wert des Quasi-Peak-Meters liegen. Es ergibt sich dadurch theoretisch, eine bisherige Fernsehdynamik von maximal 9 dB TP (-15 dB FS bis -6 dB FS) oberhalb des Sprachpegels. Im Vergleich ist das ein Zugewinn von mindestens 13 dB in der Programmdynamik oberhalb des Sprachlevels. Dies hat zur Folge, dass mit der R128 das Signal aus technischer Sicht weit weniger komprimiert werden muss und weit weniger Transienten limitiert werden müssen. Die Kompression des Signals kann nun mehr aus gestalterischen als aus technischen Gründen eingesetzt werden.¹⁷

Vergleicht man die dynamischen Möglichkeiten der R128 und Kinomischungen erkennt man, dass das Kino nun das größere Lautheitsproblem hat. Der Abstand des Sprachpegels einer Kinomischung (-18 bis -15 dBFS oder höher) zur Vollaussteuerung ist geringer als der dynamische Headroom einer R128-Mischung. Mit der zunehmenden Verbreitung der digitalen Kinokopie DCP¹⁸ entfällt bei Mischungen das Dolby Mastering [siehe *Glossar*], ein letzter Garant für eine genormte Abhörlautstärke im Kinobereich. Der von Dolby vorgeschriebene Abhörwert 7,0 wird nur noch in den seltensten Fällen gewählt. Die Folge sind immer lautere Kinomischungen und ein weiteres Schrumpfen des Headrooms oberhalb des Sprachpegels. Florian Camerer, Tonmeister beim ORF, berichtet von ersten Kinomischungen, die für die Fernsehauswertung neu gemischt wurden. Dabei musste die Dynamik nicht eingedämmt, sondern expandiert werden.¹⁹

Die EBU stellt mit der R128 ausdrücklich nur eine verbindliche Messmethode zur Verfügung. Die genaue Einschränkung der einzelnen Parameter obliegt den Sendeanstalten

¹⁴ Headroom: Abstand eines Signalpegels zum Übersteuerungspunkt

¹⁵ „Quasi Peak Program Meter“: Aussteuerungsmesser mit einer Integrationszeit von 5 bis 10 ms.

¹⁶ Transient: Schneller, impulsartiger, akustischer Einschwingvorgang

¹⁷ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

¹⁸ „Digital Cinema Package“: Digitales Format für die Distribution von Kinokopien

¹⁹ Vgl.: Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013

beziehungsweise Auftraggebern selbst. Die Fernsehsender übernahmen 2012 die Empfehlungen der EBU zunächst ohne weitere Änderungen in ihre Senderichtlinien, inzwischen schränken jedoch fast alle Sender deren Vorgaben weiter ein. Mit der alten Grenzwert-Regelung ITU R68 war die dynamische Bandbreite einer Mischung allein durch die technischen Vorgaben ausreichend beschränkt. Das Fenster zwischen maximaler Aussteuerung und Sprachpegel war klein, außerdem gab es Vorgaben, welchen minimalen Wert die Sprache erreichen und wie laut zum Beispiel Flüstern sein durfte.²⁰ Entsprechend dieser Mischung diesen technischen Einschränkungen, war auch zwangsläufig die Programmdynamik ausreichend eingeschrumpft. Mit der neuen Richtlinie muss hier klar zwischen technischer und Programmdynamik unterschieden werden. Eine Mischung, die den technischen Vorgaben der R128 entspricht, hat nicht mehr automatisch eine passende Programmdynamik. Durch die Einführung der neuen Norm sahen sich die Sender mit Mischungen konfrontiert, die für eine Heimanwendung zu dynamischen waren. Für den Fernsehzuschauer bedeutet das, dass er ständig die Lautstärke nachregeln muss, und auch der Effekt, dass es beim Senderumschalten zu extremen Lautstärkesprüngen kommt, kann so wieder verstärkt auftreten. Beim Umschalten vom Showdown eines Actionfilms in eine leise atmosphärische Stelle einer Naturdokumentation kann es zu Pegelsprüngen weit über 10 dB kommen. Aber „solange ein Pegelsprung verständlich und dem Zuschauer erklärbar ist, (...) ist dagegen ja gar nichts einzuwenden. Sprünge gibt es natürlich“, sagt Florian Camerer, Vorsitzender der P/LOUD-Gruppe.²¹ Dass es Pegelsprünge gibt, liegt in der Natur eines gesunden Audiosignals. In welchem Maße sie für eine Heimanwendung sinnvoll sind, ist die neue Fragestellung.

Nach einem Vorstoß von ARTE im Dezember 2011 sind die meisten Sender in Deutschland dazu übergegangen, genaue Vorschriften für die Dynamik anzugeben. Hierfür steht ihnen der von der EBU eingeplante, aber bisher nicht reglementierte Parameter der „Loudness Range“ zur Verfügung. Dieser ist nun meist auf 20 LU begrenzt.²² Es ist jedoch schwierig zu sagen, wie aussagekräftig ein einzelner Wert über den komplexen dynamischen Verlauf einer Mischung sein kann, deshalb gehen die Untersuchungen auf diesem Gebiet ständig weiter. „Auch Loudness Range ist nicht der Weisheit letzter Schluss.“²³ Florian

²⁰ Vgl.: Horstmann, Eric: Interview am 22.05.2013

²¹ Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013

²² Vgl.: Institut für Rundfunktechnik: Technische Richtlinie

²³ Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013

Camerer berichtet, dass auf diesem Gebiet vorrangig vom niederländischen Sender SBS, einem Sender der besonders viele Spielfilme im Programm hat, und dem Hersteller „Minnetonka Audio“ Untersuchungen gemacht werden. Ihnen ist es ein großes Anliegen, Filmmischungen automatisiert in eine fernsehgerechte Fassung überführen zu können. Sie werten dabei neben der „Loudness Range“ vor allem den Unterschied zwischen „Programm Loudness“ und „Dialog Level“ aus [siehe *Glossar*]. Sollte dieser zu groß sein (maximal etwa 3 LU), was bei sehr dynamischen Filmen der Fall ist, sei das ein Indikator für eine notwendige Anpassung.²⁴ Außerdem wird mit einer Begrenzung der „Short Term Loudness“ experimentiert und auch die Konsistenz des Dialogpegels beobachtet. Es ist absehbar, dass es in naher Zukunft von der EBU zu weiteren Nachjustierungen innerhalb der „Loudness Range“ und dem Umgang mit Dynamik kommen wird. Laut Florian Camerer bleibt der Schwerpunkt auf der eingeführten integrierten Messung über das gesamte Programm. Zukünftig soll auch der Sprachpegel für die „Loudness Range“ berücksichtigt und der Umgang in den Veröffentlichungen der EBU konkretisiert werden: „Der Parameter war (...) nie so gedacht, dass er sklavisch einzuhalten ist. Wenn es 22,1 und nicht 22,0 LU sind, dann wäre Material nicht sendbar; dem ist nicht so. Das war ein Richtwert und wenn er mal 1 LU drunter oder drüber liegt, dann ist das noch lange nicht der Weltuntergang. Das werden wir dementsprechend (...) weiter ausführen in den neuen Versionen der practical guidelines.“²⁵ Wie dies genau aussieht und wie sich die Arbeit mit einer modifizierten „Loudness Range“ ändert, wird sich mit der neuen Veröffentlichung zeigen.

²⁴ Vgl.: Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013

²⁵ ebd.

4. Technischer Überblick

4.1. Der Algorithmus

Für die Erfassung der Lautheit unterliegen zunächst alle Kanäle einer Surroundmischung einer Bewertungskurve (ausgenommen LFE²⁶; dieser ist komplett von der Messung ausgenommen)²⁷, der sogenannten K-Kurve. Diese ist nicht zu verwechseln mit dem K-System von Bob Katz [siehe *Glossar*], dessen Kalibrierungssystem für die Einmessung von Abhöranlagen gilt.²⁸ Teil der Bewertung ist ein Hochpassfilter²⁹ zweiter Ordnung, so werden Programme mit starkem Höhenanteil stärker bewertet. Dies wirkt dem sehr höhenlastigen Klang von Lautstärke getrimmten Mischungen entgegen.

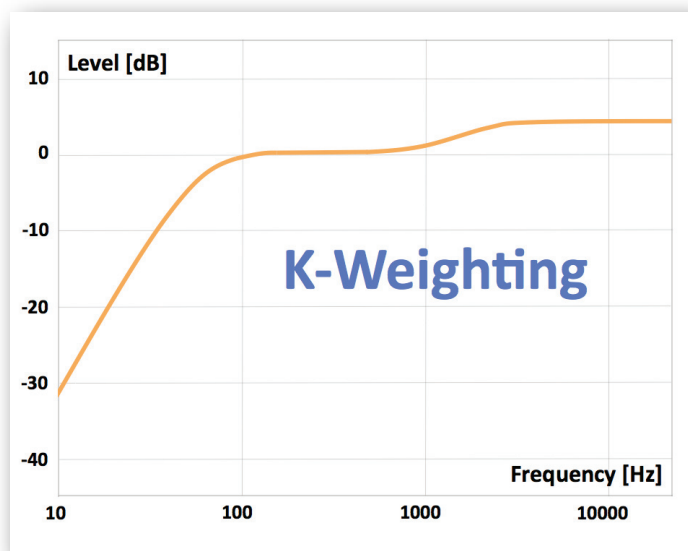


Abbildung 2:
„K-Weighting“-Filter-Kurve für die
Lautheitsmessung nach EBU R128.

Die Kanäle werden zunächst nicht aufsummiert. Statt dessen wird für jeden einzelnen Kanal ein Effektivwert³⁰ gebildet, anschließend alle diese Werte summiert und gemittelt. Dies verhindert eine Verfälschung der Messergebnisse bei stark gegenphasigen Anteilen in den Kanälen.³¹ Bei Stereoproduktionen werden lediglich der rechte und der linke Kanal des Messgeräts verwendet. Monosignale werden mit gleichem Pegel sowohl auf Links sowie auf Rechts eingespielt. Die Stille auf den übrigen Kanälen des Messgerätes verfälscht die Messung nicht.³²

²⁶ „Low Frequency Effects“: Ein Effektkanal, der bei Mehrkanalanlagen nur für tieffrequente Wiedergabe genutzt wird.

²⁷ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

²⁸ Vgl.: Katz, Bob: Mastering Audio - Über die Kunst und die Technik

²⁹ Hochpassfilter: Ein Filter, das Frequenzen oberhalb seiner Grenzfrequenz annähernd ungeschwächt passieren lässt und tiefere Frequenzen bedämpft.

³⁰ Effektivwert: Der quadratischen Mittelwert einer zeitlich veränderlichen physikalischen Größe.

³¹ Vgl.: Lund, Thomas: EBU R128 in Transmission and Production

³² Vgl.: Advanced Television Systems Committee: ATSC Recommended Practice

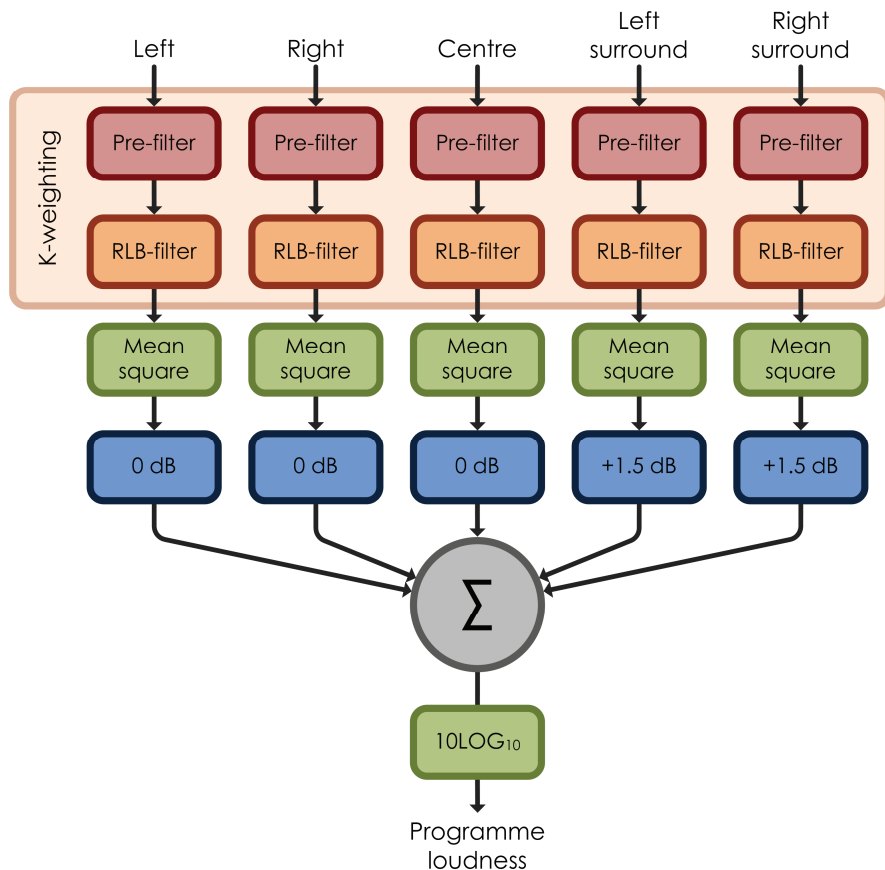


Abbildung 3: Signalfluss und Aufsummieren laut ITU-R BS. 1770

Die durchschnittliche Lautheit der Kanäle wird mit unterschiedlichen Verstärkungsfaktoren aufsummiert. Dabei werden die Surround-Kanäle mit einer Verstärkung von 1,5 dB in die Messung eingebracht. Das soll dem so genannten „Tiger-Defense-Gen“ Rechnung tragen, einem Effekt der besagt, dass wir Menschen Schallereignisse von hinten lauter wahrnehmen als von vorne, eigentlich eine Art Schutzmechanismus, um in freier Wildbahn rechtzeitig in die Selbstverteidigung übergehen zu können. Ob es sich tatsächlich um einen Selbstverteidigungsreflex handelt und der Mensch Schall von hinten schon bei geringeren Lautstärken als störender empfindet, als Schall von vorne, bleibt dahingestellt.³³ Hierzu gibt es kaum wissenschaftliche Erhebungen, die dies untermauern könnten. Deshalb besteht der Wunsch in der Branche, auf diese Betonung der Surround-Kanäle im Messalgorithmus zu verzichten und damit die Kompatibilität zwischen Messungen mit Stereo- und Messungen mit Surround-Material zu verbessern.³⁴ Der endgültige Wert der Messung wird im logarithmischen Maß LKFS (10LOG_{10} in der Abbildung) angezeigt (Loudness, K-Weighting, referenced to digital Full Scale). Die Bezeichnung LKFS ist gleichzusetzen mit

³³ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

³⁴ Vgl.: Slavik, Karl: Raum nach oben

LUFS (Loudness Units, referenced to digital Full Scale), während ersteres von der ITU eingeführt wurde, verwendet die EBU die Bezeichnung LUFS. Für relative Messungen wird die Einheit Loudness Units (LU) verwendet, wobei 1 LU gleichzusetzen mit 1 dB ist.³⁵

Zusätzlich beinhaltet die Empfehlung der EBU ein Gate,³⁶ das in der ITU-R BS.1770 zunächst nicht vorgesehen war und erst mit einer überarbeiteten Version der ITU Empfehlung ebenfalls integriert wurde. Auch die amerikanische ATSC empfiehlt inzwischen den Einsatz dieses Gates.³⁷ Uneinig waren sich EBU und ITU zunächst bei der Wahl des technischen Wirkungspunktes des Gates. Während die EBU in ihren Hörversuchen einen geeigneten Wert von -8 LU ermittelt hatte, führte die ITU das Gate mit dem technischen Wert von -10 LU ein. Inzwischen hat die EBU ihre Empfehlung angeglichen, so dass sowohl ITU, EBU und ATSC den Wert -10 LU empfehlen. Das Gate bewirkt, dass Stille und extrem leise Stellen die Messung nicht verfälschen. Damit wird ebenfalls verhindert, dass extrem laute Mischungen mit kurzen Ruhepausen künstlich niedrigere Messwerte erzeugen können. Das Gate funktioniert in zwei Instanzen. Zunächst das „Absolute Silence Gate“, das Werte unterhalb -70 LUFS generell aus der Messung ausschließt. Zusätzlich gibt es das relative Gating mit dem zunächst strittigem Wirkungspunkt, das Werte ab 10 LU unterhalb des „Absolute-Gated Loudness Level“ ausgrenzt. Dieses Gate basiert dabei auf den „Short-Term-Werten“ der Messung. Es ist in der Lage, Werte außerhalb des relativen Gating-Bereich im Nachhinein zu löschen oder mit einzubeziehen. So ergeben 10 Sek. Programmbeitrag bei -36 LUFS, 60 Sek. bei -23 LUFS und wieder 10 Sek. bei -36 LUFS, als Ergebnis -23 LUFS.³⁸

Mit der neuen Lautheitsaussteuerung führt die R128 neue Begrifflichkeiten und Parameter ein, auf die im folgenden eingegangen wird:

4.2. Programm Loudness

Die „Programm Loudness“ gibt mit seinen verschiedenen Parametern Auskunft über die gemessene Lautheit des Programms. Die EBU hat hierfür drei Erfassungsmöglichkeiten definiert, die in jedem Messgerät, das nach der EBU R128 arbeitet, vorhanden sind. Diese Werte unterscheiden sich primär durch die verwendeten Zeitfenster bei der Integrierung der

³⁵ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

³⁶ Gate: Ein Dynamikprozessor, der leise Abschnitte in der Signalübertragung unterdrückt.

³⁷ Vgl.: ATSC Recommended Practice - Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television

³⁸ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

Messdaten. Sie heißen „Integrated Loudness“, „Momentary Loudness“ und „Short Term Loudness“.³⁹

Der Wert der meist mit dem Begriff „Programm Loudness“ assoziiert wird, ist die „Integrated Loudness“. Diese gibt die Lautheit über die gesamte Dauer des Programminhalts wieder. Allgemeiner Zielwert im deutschen Fernsehen ist -23 LUFS, gemessen mit der beschriebenen Gating-Funktion. Für Material, das in der Postproduktion erstellt wurde, ist dieser Wert absolut verbindlich und es darf nur geringfügig Abweichungen geben, die innerhalb einer Toleranz für Messungenauigkeiten liegen (0,2 - 0,3 LU). Für Live-Mischungen wird ein größerer Toleranzbereich von Plusminus 1 LU gewährt.⁴⁰ Manche Mischtonmeister berichten, dass sie bewusst ihre Mischung bei -22,7 anlegen, da sie wissen, dass sie sich damit noch in der erlaubten Messungenauigkeit befinden. Das Bestreben lauter zu sein als die Konkurrenz scheint also nach wie vor verankert zu sein, jedoch hält es sich mit Unterschieden von maximal 1 LU in Grenzen.

Prämisse bei der Entwicklung der Norm war, dass diese für alle Programminhalte anwendbar sein sollte. Nicht nur Sprachinhalte, sondern auch reine Musikbeiträge oder Sportübertragungen, zum Beispiel Fußball mit extremen Spitzenpegeln oder Golf mit sehr langen Stillephasen, sollten problemlos mit dem Algorithmus gemessen werden können. Dadurch fiel die Entscheidung gegen den Sprachpegel als Referenzelement in der Messung, wie es im amerikanischen Raum praktiziert wird.⁴¹ Die ATSC empfiehlt, dass bei der Lautheitsmessung lediglich das „Anchor Element“ [siehe *Glossar*], also die Sprache oder ein vergleichbar prägnantes Element, vermessen wird. Das bedeutet praktisch, dass entweder nur der Dialog-Stem⁴² einer Messung unterzogen wird oder dass mit Hilfe des Dolby-Meters [siehe *Glossar*] nur der Sprachanteil aus einer Gesamtmischung ausgelesen wird. Es zeigt sich jedoch, dass die Messwerte eines dialogreichen Kammerspiels und eines dialogarmen Actionfilms so nicht vergleichbar sind. Bei einer entsprechenden Anpassung der Mischungen auf Grundlage dieser Messergebnisse wären die lauten Stellen des Actionfilms zu hoch gepegelt und der Dialog des Kammerspiels erschiene im Vergleich zu leise.⁴³

³⁹ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

⁴⁰ Vgl.: ebd.

⁴¹ Vgl.: Kahsnitz, Michael: R128 Vortrag - BVFT Jour Fixe B44 vom 23.02.2012

⁴² Stem: Teilmischung einer finalen Tonmischung

⁴³ Vgl.: ATSC Recommended Practice - Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television

Außerdem zeigte sich, dass die Messung der Dialnorm [siehe *Glossar*] mit dem Dolby-Meter nicht mit allen Sprachen gleich gut zurecht kommt. Während sie im Englischen größtenteils gut funktioniert, ergaben sich beispielsweise mit den Sprachen Finnisch, Japanisch und Chinesisch erhebliche Probleme. Dies widersprach dem langfristigen Wunsch der EBU nach einem internationalen Standard und ließ sie dazu übergehen, die gesamte Mischung in die Messung mit einzubeziehen.⁴⁴

Obwohl sie als Parameter in der R128 nicht auftaucht, spielt die Dialnorm indirekt eine wichtige Rolle, auch bei deutschen Fernsehfassungen. Senderintern wird oftmals im Dolby E-Format⁴⁵ gearbeitet; darin integriert ist die Dialnorm als Parameter. In der Regel wird bei der Konvertierung in das Dolby E-Format angenommen, dass das Sprachlevel der R128-Mischung bei -23 liegt und das Diallevel [siehe *Glossar*] ebenso zu definieren ist. Sollte der Wert abweichen, kann das bedeuten, dass irgendein Gerät in der Sendestrecke, entweder beim Konsumenten oder beim Sender intern, den Parameter der Dialnorm ausschließt und das ganze Programm im Pegel angleicht. Das Schweizer Fernsehen fordert, dass alle R128-Mischungen gleiche Werte für die Dialnorm und die „Programm Loudness“ haben müssen. Damit ist sichergestellt, dass Programm übergreifend ein einheitlicher Sprachpegel gesendet wird. Auch Eric Horstmann, technischer Leiter bei Rotor Film, berichtet, dass eine seiner TV-Mischungen bei einem Fernsehsender zurückgewiesen wurde, da „Programm Loudness“ und Dialnorm nicht deckungsgleich waren.⁴⁶ Aus diesem Grund empfiehlt es sich unbedingt, den Dialog während der Mischung etwa auf -23 LUFS auszusteuern und den nachträglichen Normalisierungsfaktor so gering wie möglich zu halten, um ein größeres „Wegrutschen“ des Dialogs von diesem angepeilten Richtwert zu verhindern.

Während die Erfassung bei der „Integrated Loudness“ das ganze Programm betrifft, ist das Zeitfenster bei der „Short Term Loudness“ lediglich drei Sekunden groß. Diese Messung arbeitet ohne ein absolutes oder relatives Gate. Besondere Bedeutung erhält dieser Wert bei Programmbeiträgen unter zwei Minuten (meist Werbung). Nach Einführung der R128 im französischen Fernsehen zeigte sich schnell ein Trend in der Werbeindustrie: Spots wurden meist mit extremen Dynamiksprüngen gemischt. Die Clips sollten auffallen. Die Fernsehsender reagierten mit einer Reglementierung der „Short Term Loudness“, speziell für kurze Programme. Dies wurde von den deutschen Fernsehsendern übernommen. Somit darf

⁴⁴ Vgl.: Kahsnitz, Michael: R128 Vortrag - BVFT Jour Fixe B44 vom 23.02.2012

⁴⁵ Dolby-E: Audio-Kompressions-Technologie. Primär für den Sendebetrieb entwickelt.

⁴⁶ Vgl.: Horstmann, Eric: Interview am 22.05.2013

die „Short Term Loudness“ für Programme unter zwei Minuten den Wert von -20 LUFS nicht überschreiten.⁴⁷

Dieser Wert ist vor allem während des Mischprozesses relevant. Er gibt Auskunft über das ungefähre Lautheitsniveau des aktuellen Mischbereichs. Die „Integrated Loudness“ ist während des Prozesses wenig aussagekräftig, da es durch Loops oder Sprünge im Bearbeitungsvorgang zu verfälschten Messergebnissen kommen kann. Erst am Ende jeder Mischung kann ein aussagekräftiger Loudness-Wert ermittelt werden, indem die Messung einmal das gesamte Programm ohne Unterbrechungen durchläuft. Dabei kann dieser Vorgang eine Online- oder Offline-Berechnung sein.⁴⁸

Mit dem kleinsten Zeitfenster von 400 ms gibt die „Momentary Loudness“ den aktuellen Lautstärkestatus wieder. Die Erfassung beinhaltet ebenfalls kein Gate. Sie dient zur Aussteuerung von Tonelementen und kommt vielen Tonmeistern bereits vertraut vor, da sein Ansprechverhalten etwa dem eines VU-Meters⁴⁹ gleicht (300 ms).⁵⁰ Auch für die „Momentary Loudness“ gibt es Vorgaben von den Sendern für kurze Programme. Meist wird in den Senderichtlinien ein Maximalwert von -15 LUFS genannt.⁵¹

4.3. True Peak Level

Der „True Peak Level“ gibt Auskunft über die maximale Amplitude eines digitalen Audiosignals. Dieser Wert ist bei gleichem Signal in der Regel höher als der angezeigte Wert eines Quasi-Peak-Meters oder sogar als der eines digitalen Sample-Meters. Beide dieser Meter-Darstellungen erfassen nicht die kleinen Pegelspitzen zwischen einzelnen Samples, die bei AD- bzw. DA-Wandlungen⁵² und Samplerate-Konvertierungen auftreten können, die so genannten „Intersample Peaks“. Aus diesem Grund empfiehlt die EBU ein „True Peak Meter“; dieses arbeitet mindestens mit vierfachem Oversampling.⁵³ Doch auch hier kann es vorkommen, dass kleinste Spitzen nicht erfasst werden. Der maximale „True Peak Level“ ist von der EBU auf -1 dB TP definiert und somit ist ein Headroom von 1 dB für besagte

⁴⁷ Vgl.: Technische Richtlinien 2.1 der ProSiebenSat.1 Group

⁴⁸ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

⁴⁹ „Volume Unit Meter“: Messinstrument zur Aussteuerung in der Tontechnik mit einer Integrationszeit von 300 ms.

⁵⁰ Vgl.: Kahsnitz, Michael: R128 Vortrag - BVFT Jour Fixe vom 23.02.2012

⁵¹ Vgl.: CBC (Mediengruppe RTL): Technische Spezifikationen - Anlieferung Werbespots

⁵² Analog-Digital-Wandlung bzw. Digital-Analog-Wandlung

⁵³ Oversampling: Überabtastung. Ein Signal wird mit einer höheren Abtastrate bearbeitet, als es für die Darstellung der Signalbandbreite benötigt wird.

Pegelspitzen garantiert.⁵⁴ Inzwischen wurde festgestellt, dass dieser Headroom in der Praxis nicht ausreichend ist, da es bei Datenreduktionsverfahren zu einer Pegelanhebung des Ausgangssignals kommt, welche diesen Headroom übersteigen kann. Die Anhebung kann bei extrem niedrigen Bit-Raten sogar bis zu 6 dB betragen.⁵⁵ Beispielsweise in Verbindung mit dem in den Sendeanstalten verbreiteten Dolby E-Format können Probleme auftreten. Aus diesem Grund schreiben nun verschiedene Sender, darunter ARTE und Sat 1, einen größeren Headroom vor mit einem maximalen „True Peak Level“ von -3 dB TP.⁵⁶

4.4. Loudness Range

Neben den Vorgaben zur Programmlautheit, ist auch die „Loudness Range“ (LRA) teil der R128-Empfehlung. Sie sagt konkret etwas über den dynamischen Umfang einer Mischung aus. Der Algorithmus wurde von der Firma TC Electronics entwickelt und deren Funktion für die neue Norm öffentlich gemacht.⁵⁷ Auch hier kommt ein absolutes Gate (-70 LUFS) und ein relatives Gate (-20 LUFS) zum Einsatz. Der Arbeitspunkt des relativen Gates bezieht sich dabei auf die „absolut-gated, Integrated Loudness“. Der LRA-Wert ergibt sich anschließend aus dem Abstand zwischen 10% und 95% der verbleibenden Dynamikwerte. Extreme Lautstärke-Spitzen beeinflussen den LRA-Wert dadurch nur geringfügig.⁵⁸ Die EBU gibt nur vage Empfehlungen für Richtwerte und überlässt es den Sendeanstalten, hier konkrete Anforderungen zu stellen. Lediglich eine Empfehlung für eine maximale Dynamik von 20 LU LRA sprechen sie aus.⁵⁹ ARTE war die erste Sendeanstalt in Deutschland, die diese Empfehlung zur verbindlichen Vorgabe machte. Inzwischen schreiben fast alle Sender eine maximale Dynamik von 20 LU vor.⁶⁰

Für den Film „The Matrix“ (*Darstellung nächste Seite*) stellt sich der interne Arbeitsprozess der „Loudness Range“ folgendermaßen dar: Zunächst grenzt das absolute Gate alle Dynamik unterhalb -70 LUFS aus. Mit den verbleibenden Werten wird ein Lautheitswert bestimmt (hier -21 LUFS) und von diesem ausgehend der Arbeitspunkt des Gates festgelegt. Der

⁵⁴ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

⁵⁵ Vgl.: Lund, Thomas: Audio Engineering Society Convention Paper - Stop Counting Samples

⁵⁶ Vgl.: Burg, Lothaire: Memo für Produzenten & Dienstleister

⁵⁷ Vgl.: Kahsnitz, Michael: R128 Vortrag - BVFT Jour Fixe vom 23.02.2012

⁵⁸ Vgl.: European Broadcasting Union: EBU - Tech Doc. 3342

⁵⁹ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

⁶⁰ Vgl.: Burg, Lothaire: Memo für Produzenten & Dienstleister

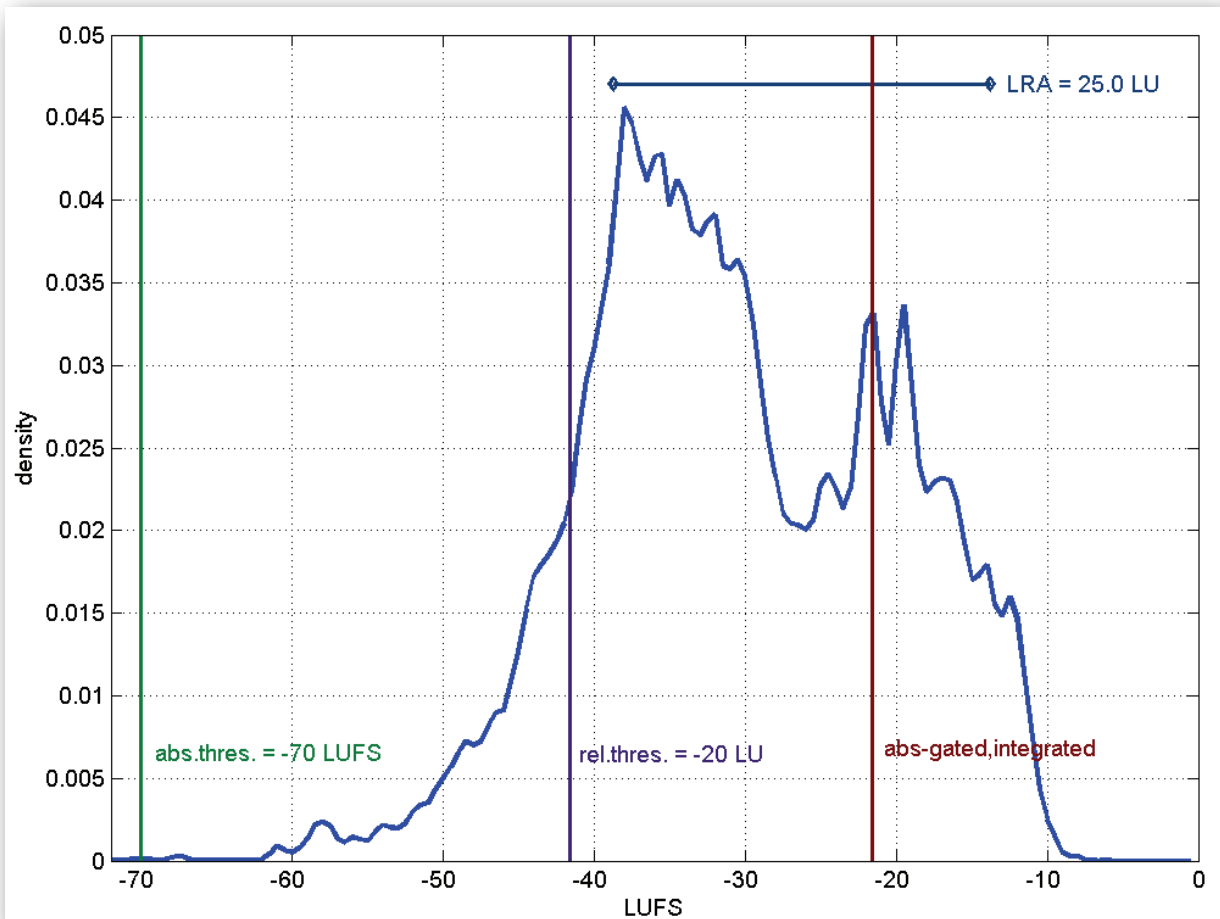


Abbildung 4: Darstellung des Gate-Arbeitspunkts und der resultierenden „Loudness Range“ für den Film „The Matrix“ (DVD Version).

verbleibende Dynamikbereich erstreckt sich nun von -41 LUFS bis etwa -12 LUFS. Abzüglich der untersten 10 Prozent und der obersten 5 Prozent ergibt sich dadurch eine ungefähre „Loudness Range“ von 25 LU.⁶¹

⁶¹ Vgl.: European Broadcasting Union: EBU - Tech Doc. 3342

5. Prämissen unterschiedlicher Abhörumgebungen

Für die Arbeit des Mischtonmeisters bedeutet die R128 ein intensiveres Arbeiten nach dem Gehör statt nur nach technischen Pegeln. Da jede Tonmischung von den vorherrschenden Abhörbedingungen im Studio beeinflusst ist, bedeutet das, dass die R128 für jeden Anwender eine Auseinandersetzung mit den eigenen Abhörbedingungen, wie auch den Abhörbedingungen des Zuschauers voraussetzt. Im folgenden Kapitel wird aufgezeigt, welche theoretischen Überlegungen zur Abhörumgebung beachtet werden sollten und welche verschiedenen Mischungsformen daraus resultieren.

5.1. Die Kinomischung

Beim Bau eines Tonstudios für Kinomischungen werden die gleichen Ansprüche gestellt wie an den Bau eines Kinosaals. Ein abgedunkelter, abgeschotteter Raum, der im Inneren keine Störquellen aufweist und eine angepasste Raumakustik besitzt.⁶² Die Einmessung der Abhörsituation wird anhand des Standards ANSI/SMPTE 202M (X-Kurve) vollzogen, der sowohl das Frequenzverhalten des Raumes als auch den Frequenzverlauf der Lautsprecher definiert. Diese Kurve zeichnet einen Abfall der hohen Frequenzen zwischen 2 kHz und 20 kHz um 10 dB.⁶³ Dadurch erscheinen Kinomischungen unter anderen Abhörbedingungen meist höhenlastiger. Im Kinobereich werden für die Beschallung 3-Wege-Hornlautsprecher⁶⁴ verwendet, da diese mit ihrem hohen Wirkungsgrad den benötigten Schalldruck für einen großen Kinosaal liefern können. Diese Lautsprecher werden deshalb auch im Kinomischatelier verwendet. Durch das eigenwillige Ansprechverhalten der Hornlautsprecher ergibt sich oft eine Filterung der Mischung, welche für das Abhören auf anderen Lautsprechern korrigiert wird. Besonders der Präsenzbereich zwischen 1 kHz und 3 kHz ist im Vergleich meist zu sehr gedämpft. Die Abhörposition im Mischatelier befindet sich im hinteren Drittel des Raums, somit im diffusen Schallfeld. Das entspricht der Hörsituation der meisten Kinobesucher. Das Abhören auf Nahfeldmonitoren⁶⁵ mit wesentlich größerem

⁶² Vgl.: Lehmann, Holger: Diplomarbeit, Lösungswege von der Kino- zur TV-Mischung

⁶³ Vgl.: Lenard Audio Institut: Cinema Sound Alignment

⁶⁴ 3-Wege-Lautsprecher: Wiedergabesystem mit drei unterschiedlichen Lautsprechern für verschiedene Frequenzbereiche

⁶⁵ Nahfeldmonitor: Lautsprecher mit geringer Leistung. Nah an der Abhörposition, damit der Direktschall weitgehend ohne den Raumanteil beurteilt werden kann.

Direktschallanteil (als es in den meisten anderen Abhörumgebungen üblich ist) zeigt oft technische Ungenauigkeiten, die zuvor nicht hörbar waren. Gerade hochfrequente Störgeräusche werden durch den bedämpften Hochtonbereich im Kinosaal entsprechend gemildert wiedergegeben. Die genormte Abhörlautstärke ist am Kinoprozessor der Wert 7,0, was einem Schalldruck von 85 dB (C) SPL entspricht.⁶⁶ Wie bereits beschrieben, wird diese Abhörlautstärke nur noch selten gewählt [siehe *Kapitel 3*]. In der Regel wird leiser abgehört; dadurch ergeben sich unterschiedlich laute Mischungen, die bei einer Zusammenführung im Fernsehen mit lautheitsbasierter Tonaussteuerung auch unterschiedlich stark angepasst werden müssen.

Die Kinomischung lässt dem Filmtonschaffenden in technischer sowie in gestalterischer Hinsicht den größten Freiraum, da der Kinofilm mit dem Kinosaal als einziges Medium einen eigenen definierten Raum besitzt. Diese kalkulierbaren Bedingungen lassen eine bestmögliche Anpassung der Mischung für das Abhören im Kinosaal zu. Für das Abhören einer Kinomischung in anderen Umgebungen bedarf es stets einer individuellen Anpassung der Mischung. Die Art einer Tonmischung ist daher immer durch die Abhörbedingungen des Zuschauers bestimmt.

5.2. Die TV-Mischung

Beim TV-Downmix⁶⁷ ist entscheidend, zu überprüfen, ob die Mischung auch mit einer niedrigeren Abhörlautstärke und einer eingeschränkten Dynamik funktioniert. Gewünscht ist eine Tonmischung, die bei geringen Abhörlautstärken, schlechter Raumakustik und unterschiedlichsten Lautsprechertypen noch einen gut verständlichen Dialog liefert und dramaturgisch relevante Tonelemente klar herausstellt.

Die klassische Heimumgebung eines Zuschauers ist nicht vergleichbar mit der eines Kinos. Die Abhörbedingungen sind bei jedem Zuhörer komplett unterschiedlich. Es gibt für den Mischtonmeister keine verbindliche Referenz darüber, wie seine Mischung klingen wird. Auch wenn ein Teil der Fernsehzuschauer in hochwertiges Tonequipment investiert, kann man das bei der Erstellung eines massentauglichen Mediums nicht voraussetzen. In den letzten Jahren haben sich die Qualitätsunterschiede zwischen den verwendeten

⁶⁶ Vgl.: Lehmann, Holger: Diplomarbeit, Lösungswege von der Kino- zur TV-Mischung

⁶⁷ Downmix: Überführung einer Mehrkanal-Mischung in ein Format mit weniger Kanälen.

Fernsehlautsprechern noch verstärkt. Von hochprofessionellen Mehrwege-Lautsprechern bis zu den in Flachbildschirmen verbauten Mini-Lautsprechern ist im Wohnzimmer alles vertreten.⁶⁸ Laut Mischtonmeister Holger Lehmann, besitzen viele Flachbildschirme inzwischen Lautsprecher, die nach hinten abstrahlen, um vor der dahinter liegenden Wand einen Schalldruckstau aufzubauen. Daraus resultiere eine Tiefenanhebung, die die schwache Tiefenwiedergabe der Mini-Lautsprecher teilweise kompensiert. Es gäbe zwar Geräte, die eine manuelle Einstellung der Entfernung von Wand und Bildschirm zulassen; es wäre aber nicht davon auszugehen, dass viele Anwender diesen Wert korrekt einstellen. Damit sei die Tonwiedergabe beim Fernsehzuschauer, besonders in den Bässen, unkalkulierbarer denn je.⁶⁹

Für den Bau einer Fernsehregie gibt es keine einheitlichen internationalen Standards. Meist wird die Akustik einer Fernseh Mischung so gestaltet, dass sie ungefähr der Akustik eines durchschnittlichen Wohnraums entspricht, mit einer Nachhallzeit von 0,3 - 0,4 Sekunden. Die stereophone und die mehrkanalige Wiedergabe passiert meist über aktive Nahfeldmonitore mit zwei bis drei Wegen.⁷⁰ Zusätzlich stehen meist sehr kleine Lautsprecher mit nur einem Weg zur Verfügung („Brüllwürfel“). Hiermit kann die Mischung unter realen Bedingungen kontrolliert werden.

Beim Zuschauer gehen Töne mit geringen Lautstärken teilweise im erhöhten Störpegel (Straßengeräusche, Haushaltsgeräte, etc. pp.) verloren, andererseits sind extreme Lautstärken unerwünscht, da sie den Nachbarn stören können. Die Eindämmung der Dynamik ist daher der wichtigste Aspekt beim Downmix fürs Fernsehen. Es muss berücksichtigt werden, dass Konsumieren vor dem Fernseher anders abläuft als im Kino. In der Regel wird vor dem

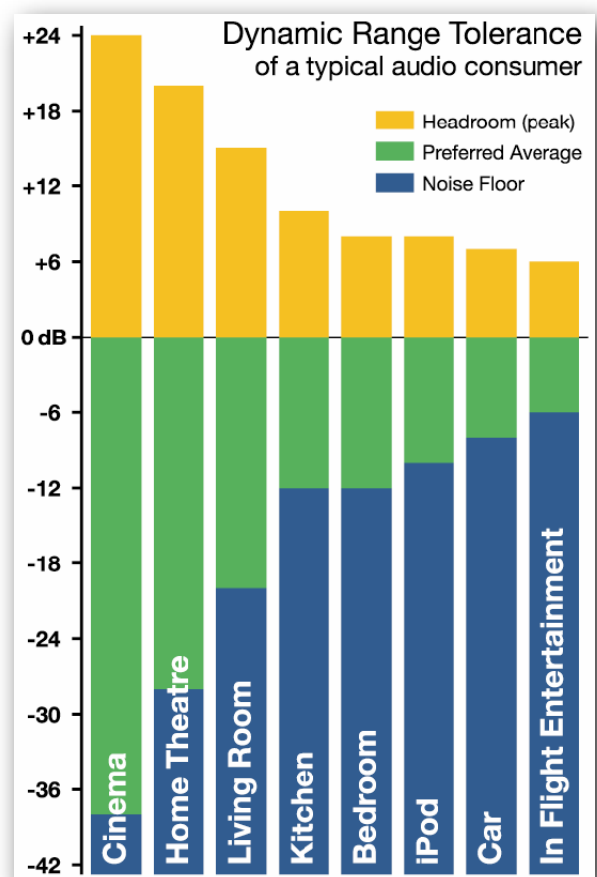


Abbildung 5: Maximale Wiedergabedynamik für verschiedene Abhörumgebungen.

⁶⁸ Vgl.: Riedmiller, Michael: Interview am 18.06.2013

⁶⁹ Vgl.: Lehmann, Holger: Interview am 25.06.2013

⁷⁰ Vgl.: Lehmann, Holger: Diplomarbeit, Lösungswege von der Kino- zur TV-Mischung

Fernseher telefoniert, „gezappt“ und „getwittert“, und ein zu dynamisches Programm wird dabei als störend empfunden. Während man bei Kinomischungen noch von einer effektiven Dynamik von mindestens 70 dB ausgehen kann, wird diese bei Fernsehmischungen, beispielsweise von Mischtonmeister Michael Riedmiller, meist auf etwa 10 bis 15 dB Dynamik eingeschränkt.⁷¹ (Ersichtlich in Abbildung 5: *Bedroom, Preferred Average*)

Für Surround-Produktionen wird von den Sendern häufig zusätzlich eine Stereo-Fassung angefordert, beide werden anschließend im digitalen Fernsehen simultan übertragen. Für die meisten Zuhörer bedeutet das, dass sie dadurch einen automatisch generierten Downmix des 5.1-Materials hören und nicht den vom Mischtonmeister erstellten Stereo-Downmix. Ein modernes Fernsehgerät mit eingebautem Receiver für DVB-T2 oder DVB-S2 bevorzugt beim Empfang eines Stereotons und eines Dolby Digital Surround-Tons automatisch den Surround-Ton und generiert anhand der eingestellten Parameter einen Downmix.⁷² Michael Riedmiller, Mischtonmeister bei ARRI, gab im Interview an, dass er stets überprüft, wie sich die Surround-Mischung nach dem internen Downmix verhält. „Man braucht viel Erfahrung, um in der 5.1-Mischung einschätzen zu können, was in Stereo noch funktioniert.“⁷³ Gerade bei Surround-Hall und besonderen Tonperspektiven gäbe es hier meist Nachbesserungsbedarf.⁷⁴

5.3. Die DVD-Mischung

Die DVD wird im allgemeinen unter den gleichen Abhörbedingungen wie das Fernsehprogramm gesichtet. Es gelten hier die gleichen Anforderungen wie an die TV-Fassung. Bisher mussten aufgrund der geltenden technischen Anforderungen an die TV-Version (Grenzwert -9 dB FS) jeweils eine separate DVD- und eine TV-Mischung erstellt werden. Die meisten Postproduktionsstudios und Mischtonmeister gehen nun aber dazu über, nur noch eine gemeinsame Fassung für Heimanwendung auszuliefern.⁷⁵ Hierfür wird die bereits erstellte R128-Mischung verwendet und für die anstehende Konvertierung in AC-3⁷⁶ ein Dialnorm von -23 (anstatt des gängigen Werts -27) verwendet. Wenn bei der Erstellung

⁷¹ Vgl.: Riedmiller, Michael: Interview am 18.06.2013

⁷² Vgl.: Slavik, Karl: Raum nach oben

⁷³ Riedmiller, Michael: Interview am 18.06.2013

⁷⁴ Vgl.: ebd.

⁷⁵ Vgl.: Horstmann, Eric: Interview am 22.05.2013

⁷⁶ „Adaptive Transform Coder 3“: Digitales Kompressionsformat

des R-128-Mixes der Dialog auf etwa -23 LUFS eingepegelt wurde, sollte es hierbei zu keinen Problemen kommen. Andernfalls empfiehlt es sich, das Diallevel der Mischung zu messen und korrekt anzugeben. In der Regel wird auf eine DVD ausschließlich das Surround-Material und kein zusätzlicher Stereo-Downmix aufgespielt. Falls der Film anschließend in Stereo abgehört werden sollte, erstellt der DVD-Player des Zuschauers automatisch einen Downmix. Auch hierfür empfiehlt es sich, die Surround-Mischung auf seine Stereo-Kompatibilität zu prüfen. Das Verwenden der Fernsehfassung für die DVD-Distribution bedeutet jedoch für Kunden, die hochwertigere Lautsprecher oder sogar ein eigenes Heimkino besitzen, dass sie nicht in den Genuss der originalen Kinofassung kommen. Es gibt Filme, bei denen es mehr Sinn macht, nur auf die dynamische Eingrenzung der „Dynamic Range Control“ (DRC) zu vertrauen und die originale Kinofassung ohne dynamische Eingrenzung auf der DVD zu platzieren. So wird es meist im US-amerikanischen Raum gehandhabt. Dort wird oft auch bei der TV-Distribution die Kinofassung verwendet. Die dynamische Eingrenzung passiert dann ausschließlich durch den AC-3-Decoder des Endkunden.⁷⁷ Optimale Möglichkeiten für alle Kunden ergeben sich, wenn sie sowohl die TV-Fassung wie auch die Kinofassung im DVD-Menü zur Auswahl haben.

Gleiches gilt für die Blu-ray. Auf eine Blu-ray ist es möglich, Surround-Sound sowohl im Dolby Digital-Format als auch im verlustfreien DTS-Format⁷⁸ oder als unkomprimierten PCM-Stream aufzuspielen. Es wird sich erst mit der weiteren Verbreitung der Blu-ray Disc zeigen, welches System Marktdominanz erreicht. Bisher können die meisten Abspielgeräte alle Formate wiedergeben. Auch der Parameter der Dialnorm ist im DTS-Standard enthalten, so dass dieser Referenzwert in jedem Fall vorhanden ist. Gerade bei Blu-ray Discs ist im Moment aber davon auszugehen, dass der Konsument technisch hochwertig ausgestattet ist, auch was seine Lautsprecher angeht. Hier empfiehlt es sich, die Kino-Version im Menü der Blu-ray zur Auswahl anzubieten.

⁷⁷ Vgl.: Kahsnitz, Michael: R128 Vortrag - BVFT Jour Fixe vom 23.02.2012

⁷⁸ „Digital Theater Systems - High Definition“: 7.1 Tonformat für den Einsatz bei Blu-ray und HDTV

6. Tonanpassung von Kinomischungen für die Fernsehdistribution

6.1. Vorbereitung in der Kinomischung

Bei der Mischung von Kinoproduktionen ist eine Erstellung von Stems üblich, auf deren Grundlage die TV-Mischung erstellt werden kann. Das bietet einen guten Kompromiss zwischen einer praktikablen Eingrenzung, um den TV-Mix zügig abzuwickeln, und einer flexiblen Zugriffsmöglichkeit auf Einzelelemente, falls etwas in der TV-Fassung angepasst werden muss. Gängige Praxis ist mindestens die Erstellung einzelner Stems für Dialog, Musik und Effekte. Oftmals werden auch Synchrongeräusche und die Atmosphären auf einen separaten Stem geroutet. Gerade das separate Vorliegen von Atmosphären zahlt sich in der TV-Mischung aus, da diese mit einer niedrigeren Abhörlautstärke oft unhörbar werden. Für eine noch bessere Ausgangslage für den anstehenden Downmix der 5.1-Mischung kann es Sinn machen, die Stem-Einteilung noch weiter zu differenzieren. So berichtet Mischtonmeister Martin Steyer, dass er bei seinem Projekt „Die Vermessung der Welt“ einen Dialog-Stem und einen eigenen Walla-Stem⁷⁹ generiert hat. Beim anschließenden Fernsehmix war es dadurch einfacher, sicherzustellen, dass der Dialog nicht von Hintergrundstimmen überlagert wird.⁸⁰

Auch bei der Musik ist der Stereo-Downmix in der Filmmischung bereits mitzubedenken: Oft liegt die Filmmusik in der Mischung im Stereo-Format vor. Innerhalb der Mischung wird ein 5.1-Upmix erstellt und anschließend für die Stereo-Version wieder ein Downmix mit geänderter Klangqualität gegenüber dem Ausgangsmaterial. Gerade bei Fernsehproduktionen in 5.1 bedeutet das, dass die meisten Zuschauer den Downmix vom Upmix hören werden. Um diesen Effekt zu vermeiden, wäre es eigentlich erforderlich, beim Stereo-Downmix wieder auf das originale Musikmaterial zurückzugreifen. Das ist jedoch so zeitintensiv, dass meist darauf verzichtet wird. Teilweise stimmt der Lautstärkepegel des 5.1-Signals nicht mit dem des Stereo-Signals überein und ein einfaches Ersetzen der Musik in der Mischautomation ist nur mit weiteren Anpassungen möglich.⁸¹ Eric Horstmann empfiehlt gerade bei orchestraler Musik den Mehraufwand in Kauf zu nehmen, da sonst eine deutliche Verschlechterung des Materials wahrnehmbar wäre. Rock- und Pop-Musik hingegen wirke teilweise „breiter“ und „fetter“, ein willkommener Effekt für die Filmmischung. Entscheidend sei jedoch, ob der Mischtonmeister während der Filmmischung den Send- oder den

⁷⁹ Walla: Toneffekt, meist murmelnde Menge im Hintergrund

⁸⁰ Vgl.: Steyer, Martin: Interview am 31.10.2012

⁸¹ Vgl.: ebd.

Returnweg des Musiksignals automatisiert habe. Nur wenn die Lautstärke-Automation mit dem originalen Stereo-Material vollzogen wurde, kann diese in der Stereomischung übernommen werden. Sollte das 5.1-Material nach dem Upmix automatisiert worden sein, sei es meist einfacher und schneller die Musik für den Stereomix neu einzupassen.⁸²

6.2. Einrichtung der Fernsehmischung

Vor der Erstellung der Fernsehmischung steht zunächst die Frage nach der Bildrate. Die meisten Kinofilme werden entweder für DCP gefertigt oder teilweise noch auf Filmmaterial ausgespielt. Beides verlangt eine Filmrate von 24 fps. Die Fernsehversion benötigt eine Bildrate von 25 fps; der Ton muss deshalb in der Laufgeschwindigkeit um 4,167 % angehoben werden. Damit verbunden ist auch eine Anhebung der Tonhöhe um den gleichen Faktor. Es ist möglich, diese Tonhöhenverschiebung mit einem entsprechenden Software-Tool oder Hardwaregerät auszugleichen (meist wird die Tonhöhenkorrektur nur für Sprache und Musik angewandt). In vielen Postproduktionshäusern wird diese Korrektur nicht gemacht, da die aktuellen Algorithmen nicht artefaktfrei funktionieren und dies erheblichen Mehraufwand bedeuten würde.⁸³ Jedoch berichten alle interviewten Mischtonmeister, dass die Anzahl der Kunden, die explizit eine Tonhöhen-korrigierte Fassung wünschen, stetig steigt. Michael Riedmiller berichtet, dass bei ihnen seit etwa einem Jahr regelmäßig Tonhöhen-korrigierte Fassungen erstellt werden. Er verwendet dabei für jeden Stem und teilweise auch für verschiedene Abschnitte unterschiedliche Algorithmen. Oft konvertiert er den Dialog-Stem nur mit 3 % Tonhöhenkorrektur um die Artefakte zu verringern.⁸⁴

Sollte von Auftraggebern eine Fernsehfassung in 5.1 wie auch in Stereo angefordert sein, empfiehlt es sich, die dynamische Anpassung der Mischung zunächst in der 5.1-Fassung zu vollziehen. Anschließend muss in einem separaten Durchgang die Stereo-Fassung erstellt werden. Mit der alten Norm war es möglich, eine 5.1-Fernsehfassung zu erstellen und parallel dazu einen Stereodownmix aufzuzeichnen. Alle Kanäle wurden auf den entsprechenden Grenzwert (-9 dB FS) limitiert und auch in der Stereo-Version wurde dieser Wert eingehalten. Mit der neuen Norm ist eine parallelisierte Erstellung beider Versionen nicht mehr so einfach zu realisieren. Eine R128-konforme 5.1-Mischung ergibt nach dem Downmix

⁸² Vgl.: Horstmann, Eric: Interview am 22.05.2013

⁸³ Vgl.: Thumm, Michael: Diplomarbeit - Anpassung von Filmmischungen an verschiedene Frameraten

⁸⁴ Vgl.: Riedmiller, Michael: Interview am 18.06.2013

nicht zwangsläufig eine R128-Stereomischung.⁸⁵ Das hat mehrere Gründe: Es entfällt bei der Stereo-Messung die bereits beschriebene Betonung der Surroundkanäle (+ 1,5 dB) im Messalgorithmus [siehe *Kapitel 4.1.*]. Wenn der LFE-Kanal im Stereodownmix beigemischt wird, beeinflusst er die Messwerte durch seine tieffrequente Energie erheblich (in der 5.1-Messung wird der LFE-Kanal nicht beachtet) und durch das Zusammenführen der Kanäle kann es zu Auslöschungen und Anhebungen kommen, die den Gesamtpegel beeinträchtigen. Im Ergebnis können die beiden Versionen unterschiedliche Werte für „Programm Loudness“ und „Loudness Range“ erlangen. Es ist deshalb zwingend notwendig, den Stereomix ebenfalls mit dem R128-Meter zu analysieren und gegebenenfalls zu normalisieren. Laut Mischtonmeister Martin Grube handelt es sich dabei erfahrungsgemäss nur um eine geringe Pegelkorrektur, so dass die Sprachlevel von einer Stereo- und 5.1-Version letztendlich nur geringfügig auseinanderliegen.⁸⁶

Die meisten Mischtonmeister verwenden für ihren Downmix die in der Norm ITU-R BS.775 vorgeschlagenen Pegelverhältnisse.⁸⁷ Dabei wird der Center-Kanal mit -3 dB dem linken und rechten Kanal zugemischt, die Surrounds werden ebenfalls mit -3 dB eingemischt und der LFE oftmals ignoriert. Meist wird die Sprache im Center entgegen dieser Empfehlung etwa 1 bis 2 dB lauter eingemischt, und wenn in den Surround-Kanälen keine wichtigen Informationen enthalten sind, können diese auch weitaus leiser mit einfließen (bis -6 dB).⁸⁸ Ob und wie stark der LFE beigemischt wird, ist sehr vom jeweiligen Film abhängig. Die befragten Mischtonmeister verfahren hier ziemlich unterschiedlich. Während Michael Riedmiller das LFE-Signal immer anteilig beimischt,⁸⁹ gibt beispielsweise Eric Horstmann an, dass er bei ruhigen Filmen vereinzelt auf das LFE-Signal im Stereo-Downmix verzichtet.⁹⁰

Tonmischungen im Kino unterliegen der X-Kurve. Damit sind die Mischungen außerhalb des Kinos etwas höhenlastiger. Viele Mischtonmeister kompensieren diesen Effekt für den Sprachklang nicht, da ein größerer Anteil hoher Frequenzen zur Sprachverständlichkeit beiträgt. Teilweise muss bei unverständlichen Passagen sogar zusätzlich Höhen hinzugefügt werden. Hier empfiehlt es sich, nicht pauschal im Höhenbereich aufzudrehen sondern gezielt im Bereich 8 - 10 kHz. So hält sich die Zunahme störender S-

⁸⁵ Vgl.: ATSC Recommended Practice - Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television

⁸⁶ Vgl.: Grube, Martin: Interview am 01.11.2012

⁸⁷ Vgl.: ITU Recommendation ITU-R BS.775-2

⁸⁸ Vgl.: Riedmiller, Michael: Interview am 18.06.2013

⁸⁹ Vgl.: ebd.

⁹⁰ Vgl.: Horstmann, Eric: Interview am 22.05.2013

Laute und Rascheln gering. Bei allen anderen Elementen der Filmmischung wird die Höhenkompensation teilweise durchgeführt. Michael Riedmiller berichtet, dass er oft den Dialog im Präsenzbereich zwischen 1 und 4 kHz verstärkt.⁹¹ Gewöhnlich wird hier in der Kinomischung gedämpft, da die Hornlautsprecher im Kinosaal in diesem Bereich stark ansprechen. Eric Horstmann gab an, dass er den Tieftonbereich unter 40 Hz (teilweise auch etwas höher) eliminieren würde. Diese extrem tiefen Frequenzen seien für eine Wiedergabe zuhause nicht geeignet und würden beim Sender in der Sendestrecke meist sowieso entfernt.⁹²

Für die Fernsehfassung ist es zwingend notwendig, die Kinodynamik einzudämmen. Bei Originalton-Produktionen wird diese Eindämmung weitaus größer ausfallen, als bei Synchronproduktionen. Letztere sind selbst fürs Kino so „dicht“ gemischt, dass die dynamische Verdichtung hier kein großes Problem darstellt.⁹³ Bei Originalton-Produktionen wird dafür teilweise eine Kompression auf der Summe verwendet (meist nur auf den Frontkanälen), vereinzelt nutzen Mischtonmeister statt eines Summen-Kompressors auch unterschiedliche Kompressoren für die verschiedenen Stems. Die wichtigste Form der Kompression ist allerdings immer die manuelle Kompression mit den Fadern. An leisen Stellen werden manuell die Atmosphären oder der Dialog angehoben und an zu lauten Stellen entsprechend abgefangen.⁹⁴ Matthias Lempert schildert im Gespräch, dass er für die dynamische Eindämmung zunächst einen dynamischen Kompressor verwendet. Leise Elemente würden von diesem PlugIn angehoben, laute Elemente blieben unbeeinflusst und extrem laute Stellen würden vereinzelt komprimiert beziehungsweise limitiert werden. Elemente unter -60 dB blieben von der Bearbeitung ebenfalls unberührt, da dies nur Störgeräusche und Grundrauschen verstärken würde. Er beschreibt, dass er dieses PlugIn sowohl für den Dialog einsetzen würde, um die Sprachverständlichkeit konstanter zu halten, wie auch für seinen Effekt-Stem. Eine solche technische Regeleinheit bringe den dynamischen Verlauf bereits annähernd in den angeforderten Bereich einer Fernseh Mischung. Genaue Feinabstimmungen würden anschließend von ihm per Hand vorgenommen.⁹⁵ In seinem Effekt-Stem befinden sich sowohl die Soundeffekte wie auch die Atmosphären, was

⁹¹ Vgl.: Riedmiller, Michael: Interview am 18.06.2013

⁹² Vgl.: Horstmann, Eric: Interview am 22.05.2013

⁹³ Vgl.: ebd.

⁹⁴ Vgl.: Riedmiller, Michael: Interview am 18.06.2013

⁹⁵ Vgl.: Lempert, Matthias: Interview am 8.07.2013

eine getrennte Regelung der Atmosphären unmöglich macht. Dies übernimmt jedoch die beschriebene automatische Regeleinheit. Leise Elemente, meist die Atmosphären, werden im Pegel angehoben, laute Elemente, meist die Soundeffekte, passieren unbeeinflusst. Dies klingt nach einer sehr effektiven Arbeitsweise, die einen weiteren Stem für Atmosphären überflüssig macht.

Am Ende der Signalkette sollte ein Limiter⁹⁶ eingesetzt werden. Sollte kein True-Peak-Limiter zur Verfügung stehen, funktioniert die Limitierung auch mit einem herkömmlichen digitalen Limiter. Martin Grube empfiehlt, den Wirkungspunkt jedoch 1 bis 2 dB niedriger zu wählen als bei einem True-Peak-Limiter.⁹⁷ Dadurch wird verhindert, dass besagte Intersample-Peaks [siehe *Kapitel 4.3.*] über die erlaubte Aussteuerungsgrenze hinausschießen können.

6.3. Der richtige Abhörpegel

Um die Mischung mit den Ohren eines Fernsehzuschauers beurteilen zu können, gilt es einen entsprechend niedrigeren Abhörpegel einzustellen als in der Kinomischung. Die Bestimmung eines korrekten Abhörwertes ist entscheidend für eine gute Mischung. Die EBU empfiehlt, zunächst das Einpegeln von Dialog und Soundeffekten auf etwa -23 LU, gefolgt von einer Anpassung der Abhörlautstärke bis die Tonelemente wieder eine angenehme Abhörlautstärke erhalten. Das Einpegeln von Elementen geschieht am komfortabelsten anhand der „Momentary Loudness“. Von da an sollte mit fester Abhörlautstärke nur nach dem Gehör gemischt werden. Kurze Kontrollblicke auf die Werte „Short-Term Loudness“ und „Momentary Loudness“ können einem Gewissheit geben, dass man sich „auf dem richtigen Kurs befindet.“⁹⁸ Es bestätigt sich, dass die neue Norm dem Mischtonmeister endlich wieder die Freiheit gibt, mehr mit dem Ohr und weniger nach Pegel zu mischen. Mit etwas Übung und der Erfahrung, wie eine Fernsehmischung zu klingen hat, findet sich der Weg zu den angeforderten Richtwerten von ganz alleine.⁹⁹

Bei reinen Musikprogrammen kann davon ausgegangen werden, dass der Zuschauer das Programm etwas lauter abhört (etwa 2-3 LU)¹⁰⁰, denn „ein gesprochenes Wort hinterlässt

⁹⁶ Limiter: Dynamikbearbeitendes Effektgerät, das den Ausgangspegel auf einen bestimmten Wert herunterregelt.

⁹⁷ Vgl.: Grube, Martin: Interview am 01.11.2012

⁹⁸ Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

⁹⁹ Vgl.: Kahsnitz, Michael: R128 Vortrag - BVFT Jour Fixe B44 vom 23.02.2012

¹⁰⁰ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

einen größeren Lautstärkeindruck als ein sinfonisches Orchester mit gleichem (...) Pegel.“¹⁰¹ Eine zusätzliche Einmessung der Lautsprecher ist trotzdem zu empfehlen und garantiert, dass alle Lautsprecher gleich laut wiedergeben. Alle Mischtonmeister berichten im Interview, dass ihre Abhörlautstärke mit der neuen Norm um etwa 3 - 4 dB gestiegen ist. Ausgehend von der von der ITU empfohlenen Abhörlautstärke von 78 dB (C) SPL im Heimanwendungsbereich¹⁰² ließe sich eigentlich eine Vorgabe von 81 - 82 dB (C) SPL für Fernsehproduktionen im 5.1-Format formulieren. Jedoch ist der von der ITU vorgeschlagene Wert weit höher als der realistische Abhörwert von Fernsehzuschauern. „Normal artikulierte, natürliche Konversation erzeugt einen Schallpegel von ca. 55 bis 66 dB (A) SPL. Das entspricht in etwa auch dem (...) ermittelten bevorzugten Abhörpegel im Heimbereich.“¹⁰³ Alle Mischtonmeister gaben an, dass ihr Abhörpegel deshalb weit unter dem von der ITU vorgeschlagenen Wert liegt. In der Regel etwa zwischen 70 und 72 dB (C) SPL bei Stereoproduktionen und 71 bis 73 dB (C) SPL bei Surroundproduktionen. Auch hier ergibt sich mit der neuen Richtlinie eine Verschiebung um 3 - 4 dB nach oben. Damit lassen sich aus den Erfahrungen der befragten Mischtonmeister folgende Abhörpegel ableiten:

Abhörlautstärke

Stereo, EBU R128	etwa 73 dB (C) SPL
Surround, EBU R128	etwa 75 dB (C) SPL

Diese niedrige Abhörlautstärke ist jedoch nicht immer die beste Arbeitsgrundlage. Holger Lehmann beschreibt das Problem, das sich oft bei Fernsehproduktionen ergibt, so: „Das Mischen auf 75 dB SPL geht nicht. Man hört keine Verzerrungen, kein Rauschen und keine Fehler. Man kann die Dynamik nicht einschätzen, es wird alles eine flache Wurst werden. Natürlich ist das dann das Ziel, aber es ist keine Arbeitsumgebung.“¹⁰⁴ Für den Downmix einer Kinoproduktion kann jedoch laut Martin Steyer davon ausgegangen werden, dass das

¹⁰¹ Naumann, Silvio: Diplomarbeit

¹⁰² Vgl.: Recommendation ITU-R BS.775-2

¹⁰³ Naumann, Silvio: Diplomarbeit

¹⁰⁴ Lehmann, Holger: Interview am 25.06.2013

Material bereits ausgiebig auf hohen Lautstärken geprüft wurde, also ein Abhören auf entsprechendem niedrigen Pegel kein Problem darstellt.¹⁰⁵

6.4. Die Fernsehmischung

Wichtigste Prämisse für den Fernsehmix ist, dass alle Dialogpassagen möglichst gut zu verstehen sind und alle dramaturgisch wichtigen Tonelemente hervorgehoben werden. Ein guter Fernsehmix zeichnet sich durch eine natürliche Sprachdynamik bei etwa -23 LUFS und eine dichtere Mischung der restlichen Elemente aus. Teilweise ist es notwendig, die für das Verständnis einer Geschichte relevanten Elemente (größtenteils bildrelevante) überzubetonen. Vom Fernsehzuschauer eines TV-Films kann nicht angenommen werden, dass er dem Geschehen mit der gleichen Aufmerksamkeit folgt, wie das im Kino der Fall wäre.

Während der Mischung sind ausschließlich die R128-Parameter „Momentary Loudness“ und „Short Term Loudness“ relevant. Mit ihren kürzeren Zeitfenstern geben sie Auskunft über die Lautheit des aktuell erklingenden Tons. Die „Program Loudness“ kann während der Mischung einen falschen Wert wiedergeben. Durch Loops oder das erneute abspielen korrigierter Passagen können Bereiche doppelt in die Messung einfließen und diese verfälschen. Geplant sind von allen Herstellern Geräte und PlugIns, die Timecode-gekoppelt arbeiten und damit selbstständig erkennen, welcher Bereich bereits in der Messung erfasst ist und in welchen Bereichen Änderungen vollzogen wurden.

Auch die „Loudness Range“ ist während der Mischung wenig aussagekräftig. Erst mit einem korrekten Wert der „Program Loudness“ kann der Arbeitspunkt des relativen Gates, das im Algorithmus der „Loudness Range“ verbaut ist, korrekt bestimmt werden. Hilfreich sind visuelle Darstellungen des Dynamikverlaufs im Messgerät. Diese zeigen meist den zeitlichen Verlauf der „Short Term Loudness“ während der Mischung an. So kann eine Tendenz der resultierenden Dynamik schon in der Mischung ausgelesen werden. Außerdem kann der Effekt, dass eine Mischung im Verlauf des langen Mischprozesses mit der Ermüdung der Ohren lauter oder leiser wird, frühzeitig erkannt werden.

¹⁰⁵ Vgl.: Steyer, Martin: Interview am 31.10.2012

6.5. Nachträgliches Normalisieren der Mischung

Auch wenn während der Mischung der von der R128 vorgegebene Zielwert so gut wie möglich angepeilt wurde, ist für die Erfüllung der Zielvorgabe von -23 LU in der Regel eine nachträgliche „Normalisierung“ der Mischung notwendig. Dafür wird der Lautheitswert der Mischung bestimmt und ein entsprechender Korrektionsfaktor errechnet. Die Bestimmung der Lautheit kann dabei durch einen kompletten (nicht unterbrochenen) Echtzeitdurchlauf der Mischung oder durch eine „Offline“-Analyse erreicht werden. Bei der Offline-Analyse ist zu beachten, dass die meisten Plugins hierfür eine neue Datei berechnen und zum Beispiel in ProTools den bestehenden Clip durch ein neu gerendertes ersetzen. Das kann zu Problemen führen: Schnitte und Fades werden mit einberechnet. Sollte eine Handle-Length eingestellt sein, kann die resultierende Datei plötzlich länger sein als das Original.

Nach der Normalisierung ist lediglich eine Abweichung von 0,2 - 0,3 LU erlaubt, da es abhängig vom verwendeten Messinstrument zu geringfügigen Abweichungen kommen kann.¹⁰⁶ Für die Messung relevant sind alle Töne von Programmstart bis Programmende. Der obligatorische Piepser vor dem Programmstart gehört folglich nicht dazu. Nach eigener Erfahrung ist dessen Einfluss jedoch sehr gering und für Programme über 30 Sekunden bedenkenlos zu vernachlässigen. Dies gilt jedoch nicht für den meist angelegten 30-sekündigen Pegelton im technischen Vorspann. Dieser muss für die Messung entfernt werden. Stille vor und nach dem Programminhalt werden dank des integrierten Gates nicht berücksichtigt. Eric Horstmann empfiehlt, die Mischung zunächst etwas lauter anzulegen (etwa 22 LU). So werde vermieden, dass durch die nachträgliche Normalisierung und der damit verbundenen erneuten Limitierung mit dem True Peak Limiter Spitzen beschnitten werden, die während der Mischung noch unbeschnitten hörbar waren.¹⁰⁷

Genauso wie die „Programm Loudness“ muss nachträglich auch der LRA-Wert, also die Dynamik der Mischung überprüft werden. Da die wenigsten Messinstrumente hierfür bisher eine Offline-Methode anbieten, ist somit meist der zeitaufwendige Arbeitsschritt eines kompletten Echtzeitdurchlaufs unumgänglich.¹⁰⁸ Sollte die „Loudness Range“ zu hoch ausfallen, muss der Mischtonmeister noch mal in die Mischung eingreifen und leise Stellen etwas anheben und laute etwas bedämpfen. Bei LRA-Werten knapp über den geforderten 20 LU darf der Einfluss des Gates nicht vergessen werden. Die nahe liegende Reaktion, leise

¹⁰⁶ Vgl.: Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013

¹⁰⁷ Vgl.: Horstmann, Eric: Interview am 22.05.2013

¹⁰⁸ Vgl.: ebd.

Atmo-Passagen anzuheben, um in den gewünschten LRA-Bereich zu gelangen, kann gerade den umgekehrten Effekt erzeugen. Es werden plötzlich Teile der Atmos für die Messung erfasst, die zuvor vom Gate ausgegrenzt wurden, und die „Loudness Range“ erhöht sich erneut. In diesen Fällen ist es meist besser, die Originaldynamik wieder herzustellen und leise Atmos nicht zu weit anzuheben.

Ein schnelle und zeitsparende Alternative ist die Eingrenzung der Gesamtdynamik mit der von der EBU vorgeschlagenen „Overall-Kompression“. Dazu wird der Threshold eines herkömmlichen Kompressors so eingestellt, dass das Gerät das Signal ständig bearbeitet (etwa -40 dBFS), mit einer geringen Ratio (1:1,2 bis 1:1,5), einer langen Release-Zeit (über 1 Sek.) und einer entsprechenden Gain-Einstellung.¹⁰⁹ Dadurch erhält man eine Herabsetzung der Gesamtdynamik ohne zu deutliche „Pump-Effekte“. Es empfiehlt sich hierbei möglichst Geräte oder PlugIns zu verwenden, die den Klang so wenig wie möglich einfärben. Emulationen von analogen Geräten sind daher ungeeignet. Jedoch muss bei der „Overall-Kompression“ bedacht werden, dass sich durch diese Art der Kompression der Sprachpegel

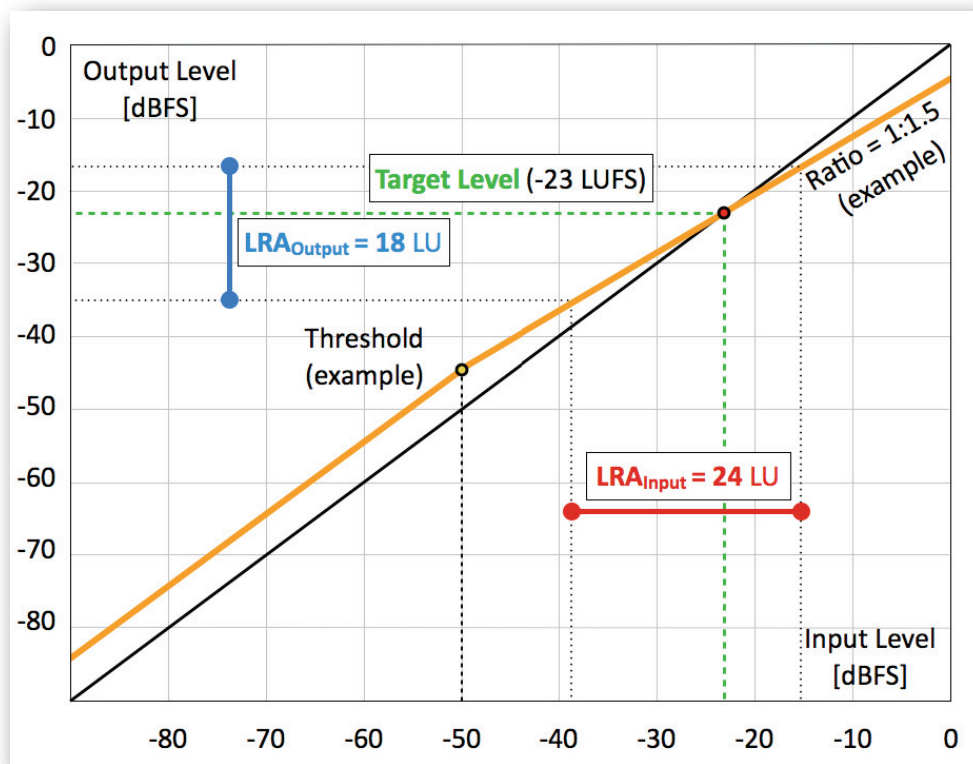


Abbildung 6: Beispiel für eine „Overall-Kompression“ mit einem Threshold von -50 dB FS und einer Ratio von 1:1,5.

¹⁰⁹ Vgl.: Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines

verschiebt. Außerdem ist bei den meisten Kompressoren eine Verschlechterung der Signals klar erkennbar. Oft hat man den Eindruck eines leichten „Schleiers“, der über dem Gesamtklang liegt. Die besseren Ergebnisse erzielt man sicherlich mit einer manuellen Eindämmung der Dynamik.

7.1. Die technische Sendeband-Abnahme

Eingehendes Sendematerial wird von den Sendern immer hinsichtlich der Sendefähigkeit von Bild und Ton geprüft und es wird sichergestellt, dass alle geltenden technischen Richtlinien eingehalten worden sind. Dabei ist neben technischen Grenzwerten auch der subjektive Eindruck des Prüfers entscheidend. Dieser versucht das Material im Sinne eines durchschnittlichen Fernsehzuschauers zu bewerten. Für den Ton bedeutet das, dass eine ausreichende Sprachverständlichkeit und eine formatgerechte Dynamik, die für ein Wohnzimmer sinnvoll erscheint, garantiert sein müssen. Laut Armin Reuss, Toningenieur beim ZDF, macht eine technische Vorgabe für Sprachverständlichkeit nur bedingt Sinn. Sprachverständlichkeit sei nicht messbar und kann nicht mit einem Mindestpegel garantiert werden. Sie hänge von zahlreichen Faktoren ab, wie dem Raumanteil, der Präsenz der Sprache, Sprachduktus oder Verdeckungseffekten. Reuss beschreibt ebenfalls, dass die „Loudness Range“ alleine gesehen, nicht immer ein aussagekräftiger Indikator für die korrekte Dynamik einer Fernseh Mischung sei. Es gäbe vereinzelt Spielfilme, die sich trotz einer sehr hohen „Loudness Range“ (z.B. über 20 LU) für die Ausstrahlung im Fernsehen eignen. Es gäbe Produktionen, die in allen Meßwerten der Richtlinie EBU R128 entsprächen, und trotzdem keine fernsehgerechte Dynamik aufweisen würden. Zur Beurteilung der Sendefähigkeit einer Produktion sei Erfahrung und ein geschultes Gehör Voraussetzung.¹¹⁰ Der subjektive Eindruck des Prüfers ist daher wichtiger und entscheidender denn je. Für den produzierenden Mischtonmeister bedeutet das, dass es von Vorteil ist, zu wissen wie seine Mischung während der technischen Abnahme abgehört wird, um den dortigen Klangeindruck einschätzen zu können. Bei einem Besuch des ZDF in Mainz konnte ein Einblick in den dortigen Arbeitsablauf erlangt werden. Auch im Gespräch mit Florian Camerer zeigte sich, dass das Vorgehen beim ORF ähnlich ist.¹¹¹

Beim ZDF wird das Material in einem etwa 15 qm² großen halbdunklen Raum gesichtet und abgehört. Monitor und Lautsprecher befinden sich etwa auf 3,5 m Abstand vom Zuschauer. Die Surround-Lautsprecher stehen näher an der Abhörposition, etwa 1,5 m. Das entspricht nicht dem von der ITU empfohlenen Lautsprecher-Kreis; deshalb sind die

¹¹⁰ Vgl.: Reuss, Armin: persönliches Gespräch beim Besuch des ZDF in Mainz am 11.06.2013

¹¹¹ Vgl.: Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013



Abbildung 7: Ein Tonstudio für die technische Sendeband-Abnahme beim ZDF in Mainz. Sichtbar ist der erhöhte Abstand der Frontlautsprecher zur Abhörposition und das in allen Studios des ZDF verwendete Messgerät von RTW für die Messung nach EBU R128.

Surrounds gegenüber den Front-Lautsprechern zeitlich etwas verzögert. Abgehört wird mit einer Lautstärke von etwa 67 dB SPL. Die Lautheitsbestimmung wird im ganzen Sender mit aktuellen Pegelmessern von RTW durchgeführt. Wie es auch mit der alten Richtlinie geltend war, wird sowohl bei Stereo-Produktionen als auch bei Surround-Produktionen auf die Mono-Kompatibilität geachtet. Produktionen mit einem häufigen negativen Korrelationsgrad können zurückgewiesen werden. Nach wie vor ist die Abnahme von digitalen Files beim ZDF nicht möglich; das Material muss deshalb auf Band angeliefert werden. Durch den technischen Prüfer beim Sender wird die korrekte Kanalbelegung der Tonspuren überprüft. In der Regel wird Sendematerial auf einer HD-Cam SR¹¹² mit folgender Spurbelegung angeliefert:¹¹³

Kanäle 1 & 2	Stereo bzw. DolbySurround
Kanäle 3 & 4	IT-Mix
Kanäle 5 & 6	Dolby E
Kanäle 7 - 12	5.1-Mix, PCM

Sollte die Kanalbelegung nicht dieser Stereopaarung entsprechen, muss das Material neu überspielt werden, da ansonsten erhebliche Probleme in der Sendeabwicklung entstehen.

¹¹² HD-Cam SR: Digitales Aufzeichnungsband für Bild und Ton. Maximal 12 Tonkanäle vorhanden.

¹¹³ Vgl.: Besuch des ZDF in Mainz am 11.06.2013

Die Signalwege des Senders sind ausschließlich für eine Abwicklung dieser Paarung entsprechend ausgelegt. Ein Stereosignal auf den Kanälen 2 und 3 ist nicht möglich.¹¹⁴

Sollte eine Nachbesserung in der Tonmischung notwendig sein, so wird entweder das ausführende Postproduktionsunternehmen kontaktiert oder eine Anpassung vor Ort vorgenommen. Bei Originalton-Produktionen wird meist der ausführende Mischtonmeister um Nachbesserung gebeten, bei Synchron-Produktionen wird ein neuer Downmix meist vom Sender selbst erstellt. Dafür stehen in den meisten Sendeanstalten eigene Edit-Suiten zur Verfügung. Gerade wenn ein Sendetermin in naher Zukunft ansteht, wird ein neuer Downmix im Haus bevorzugt. Dieser Downmix kann aber nur auf Grundlage der mitgelieferten 5.1-Mischung und nicht auf Grundlage von Stems passieren. Beim ZDF wurde berichtet, dass mit der neuen Norm die Problematik zu dynamischer Fernsehmischung enorm zugenommen hat. Teilweise werden Kinomischungen lediglich entsprechend der Vorgabe normalisiert, die Dynamik wird jedoch nicht weiter eingegrenzt. Solche Tonmischungen mit einer Kinodynamik können vom Sender nicht akzeptiert werden.¹¹⁵

Das Sendematerial in den Archiven der Sender wurde nach der alten Norm (-9 dB FS) ausgesteuert und muss deshalb für eine erneute Ausstrahlung angepasst werden. Hierfür gibt es mehrere Software-Lösungen, diese analysieren und normalisieren das Material voll automatisiert. Sogar die dynamische Anpassung passiert voll automatisch, mit Hilfe von „Overall“-Kompression. Die meisten Beiträge haben durch ihre Limitierung bei -9 dB FS eine geringe Dynamik und die unkontrollierten Eingriffe in die Tonspur sind dadurch gering, so dass lediglich eine Absenkung der Lautstärke vollzogen wird. Das resultierende Material klingt jedoch durch die hohe Kompression und Limitierung im Vergleich zu neuen R128-Mischungen leiser und unlebendiger. Viele Sender, darunter der ORF, erstellen deshalb speziell von archivierten Kino-Spielfilmen neue Fernsehfassungen nach R128, wenn ihnen das 5.1-Originalmaterial mit Kinodynamik vorliegt.¹¹⁶

Bei fast jedem Sender ist am Ende der Sendestrecke inzwischen ein „Levelmagic“ von der Firma Jünger oder ein vergleichbares Gerät verbaut. Diese Geräte stellen auch bei nicht R128-konformen Tonmischungen im Sendebetrieb sicher, dass das Ausgangssignal der Richtlinie entspricht. Dafür wird meist in einem zehnhundertmsecigen Zeitfenster die Lautheit ermittelt und die Tonmischung während des Sendevorgangs entsprechend korrigiert.

¹¹⁴ Vgl.: Besuch des ZDF in Mainz am 11.06.2013

¹¹⁵ Vgl.: ebd.

¹¹⁶ Vgl.: Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013

Ergebnis dieser Bearbeitung ist ein gleichförmiges Signal, das zwar nicht den Klang eines extrem limitierten Programms hat, aber dennoch einer Art Grenzwertbeschränkung unterliegt. Für Tonmischungen nach R128, die von der technischen Sendeband-Abnahme geprüft wurden, wird beim ZDF das Gerät automatisch deaktiviert.¹¹⁷ Es gibt jedoch Sendeanstalten, die nicht so viel Arbeitsaufwand in die Eingangskontrolle investieren können und aus diesem Grund den „Levelmagic“ für alle Programmabschnitte aktivieren. So beschwert sich ein belgischer Mischtonmeister im Internet, dass die Tondramaturgie einer seiner Mischungen fürs belgische Fernsehen durch die Eingriffe eines Leveling-Geräts teilweise zerstört wurde.¹¹⁸ In einer visuellen Darstellung veröffentlichte er die unterschiedlichen Signalverläufe seiner ursprünglichen Mischung und der ausgestrahlten Mischung. Es ist gut erkennbar, an welchen Stellen das Gerät regulierend eingreift. Da der vorhergehende Programmpunkt höchstwahrscheinlich wesentlich lauter war, versucht das Gerät gerade in den ersten paar Sekunden einen Pegelsprung auszugleichen und verstärkt einen leise gedachten Anfang.

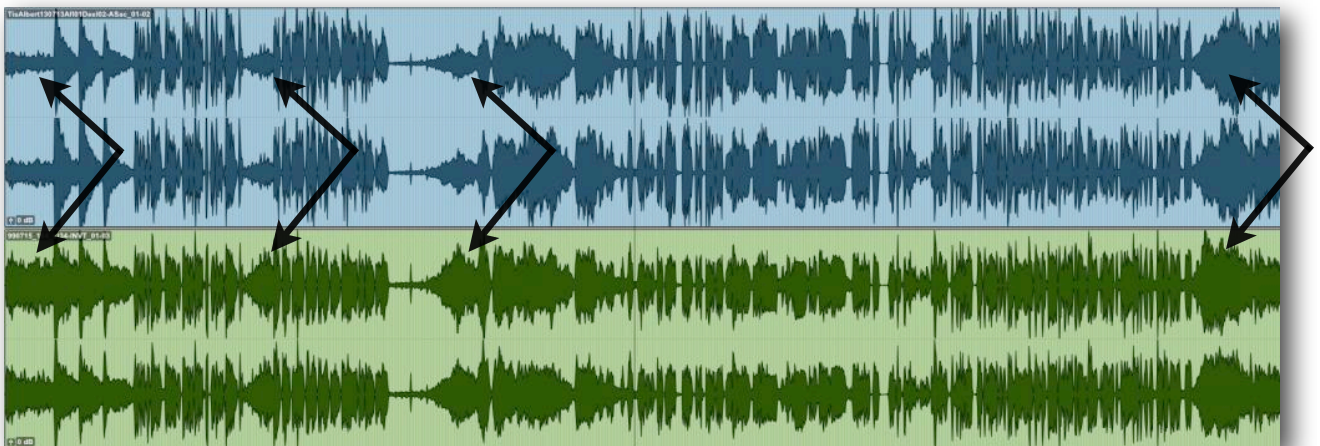


Abbildung 8: Visuelle Darstellung der Signalverläufe von einer ursprünglichen Tonmischung (oben) und der ausgestrahlten Mischung im belgischen Fernsehen (unten).

Gut erkennbar ist das „Nachebben“ der Regulierung durch das Leveling-Gerät. Dynamische Kontraste werden dadurch teilweise abgeschwächt oder zerstört. Leisere Atmosphären werden im Pegel angehoben, sehr leise Atmosphären werden jedoch nicht reguliert, da dies lediglich Grundrauschen verstärken würde.

¹¹⁷ Vgl.: Besuch des ZDF in Mainz am 11.06.2013

¹¹⁸ Vgl.: R128 Loudness and what the networks do with it, Einträge im Internet-Forum

7.2. Aufsichtspflicht der Kabelnetzbetreiber

Das Fernsehsignal der Fernsehsender wird aus der Sendeanstalt direkt an die verschiedenen Distributionsunternehmen weitergeleitet, zum Beispiel für die terrestrische Ausstrahlung über Antenne oder die Ausstrahlung über Kabel. Im Rahmen der R128 wird erstmals den Kabelbetreibern empfohlen, die Einhaltung der Norm vor der Einspeisung in ihr Kabelnetz zu kontrollieren (dazu zählt auch das eingespeiste Radioprogramm) und entsprechende Verstöße auszugleichen. Dafür sollte das Programm rund um die Uhr vermessen und alle 24 Stunden eine Korrektur für den kommenden Tag errechnet werden.¹¹⁹ Die Angleichung der Lautstärke eines Senders sollte jeweils um 3 Uhr nachts passieren.¹²⁰ Dies würde unverzügliche und spürbare Folgen für die Tonausstrahlung eines Senders bedeuten, wenn er die Regelung der R128 nicht einhält. Florian Camerer, Vorsitzender der P/LOUD-Gruppe, ist jedoch bisher kein Kabelnetzbetreiber bekannt, der die für die automatische Lautheitsmessung der verschiedenen Sender benötigten technischen Einbauten vorgenommen hätte.¹²¹ Die Kontrolle der Lautheit durch die Netzbetreiber wird de facto noch nicht praktiziert. Damit liegt die Verantwortung nach wie vor bei den Sendeanstalten selbst, die Einhaltung der Norm zu kontrollieren. Beim Besuch des ZDF in Mainz wurde festgestellt, dass es dort ebenfalls keine Vorrichtung zur konstanten Auswertung der Lautheitswerte gibt. Eine offizielle Stelle, die die Einhaltung der Norm kontrolliert, gibt es somit momentan an keinem Punkt der Sendestrecke. Sollte sich die Lautheit der Sender jedoch erneut zu sehr aufschaukeln, wären die Kabelnetzbetreiber durch das von der EBU vorgeschlagene Regulierungssystem in der Lage, ein einheitliches Kontrollsystem einzuführen.

¹¹⁹ Vgl.: EBU - Tech Doc. 3344, Practical guidelines for distribution systems in accordance with EBU R128

¹²⁰ Vgl.: van Everdingen, Richard: EBU R128 in distribution

¹²¹ Vgl.: Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013

8. Stichprobenhafte Erfassung der aktuellen Lautheit im Fernsehen

Da es keine offizielle Einrichtung zur Protokollierung der Lautheit im deutschen Fernsehen gibt, habe ich im Rahmen dieser Arbeit eine stichprobenhafte Messung der Lautheit durchgeführt. Ziel war es, eine grobe Einschätzung über die Einhaltung und die aktuelle Lautheit und Dynamik verschiedener Programme treffen zu können. Dafür wurden unterschiedliche Formate auf verschiedenen Sendern aufgezeichnet und anschließend der Ton mit einer R128-Messung analysiert.

8.1. Versuchsdurchführung

Das DVB-T-Signal wurde digital mit dem Computer aufgezeichnet (mpeg2-Format) und der Ton anschließend als PCM-Dateien extrahiert. Es wurde stets der Sendeton auf den ersten beiden Kanälen verwendet, ohne Anpassung durch die „Dynamic Range Control“, um eine aussagekräftige Beurteilung der ursprünglichen Tonmischung durchzuführen. Die Tondateien wurden so zugeschnitten, dass sie direkt mit Programmstart anfangen und entsprechend enden. So können keine Teile eines anderen Programms die Messung verfälschen. Werbeblöcke wurden für die Messung von Spielfilmen getrennt und die Programmabschnitte neu gekoppelt. Anschließend wurde die Messung mit dem LMB Batch-Prozessor von Nugen durchgeführt. Es wurden die „Integrated Loudness“, „Loudness Range“, „Short Term Loudness“, „Momentary Loudness“ und der maximale „True Peak Level“ der verschiedenen Sendungen erfasst. Insgesamt wurden etwa 45 Sendungen auf zehn verschiedenen Sendern ausgewertet.

8.2. Messwerte zur Lautheit im deutschen Fernsehen

Datum	Sender	Sendung	Format	Int.	MaxTP	MaxM	MaxS	LRA	Länge
18.07.2012	ZDF	Heute Journal, 19.00 Uhr	Nachrichten	-22,0	3,8	-10,8	-17,5	4,2	00:06:49
18.07.2012	ZDF	Freizeitwoche	Werbung	-19,7	-11,8	-17,1	-18,9	1,7	00:00:10
27.05.2013	ZDF	Programmorschau, frontal 21	Programmorschau	-22,9	-7,3	-17,1	-20,8	4,7	00:00:20
27.05.2013	ZDF	Renault	Werbung	-23,1	-6,0	-19,1	-21,5	1,9	00:00:25
27.05.2013	ZDF	Heute Journal, 19.00 Uhr	Nachrichten	-21,8	-4,2	-6,9	-15,0	6,5	00:18:43
27.05.2013	ZDF	Werbung Compo	Werbung	-23,0	-12,9	-20,6	-22,6	1,1	00:00:10
27.05.2013	ZDF	Werbung MAN	Werbung	-23,3	-10,1	-17,8	-20,6	4,0	00:00:15
27.05.2013	ZDF	Wetterbericht 19 Uhr	Wetterbericht	-21,4	3,1	-11,4	-17,9	3,5	00:01:15
27.05.2013	ZDF	Heute Journal, Werbung	Programmausschnitt	-22,0	4,2	-6,9	-15,0	6,3	00:25:25
27.05.2013	ProSieben	DiBa	Werbung	-23,3	-5,8	-20,2	-21,8	2,9	00:00:25
27.05.2013	ProSieben	Sitcoms & Werbung	Programmausschnitt	-23,9	3,1	-9,4	-17,2	7,4	02:10:00
27.05.2013	Kabel 1	ran	Programmorschau	-22,9	-9,4	-19,0	-21,0	2,8	00:00:34
27.05.2013	Kabel 1	Werbung	Programmausschnitt	-23,2	-5,7	-16,6	-20,1	4,2	00:08:34
01.06.2013	ProSieben	Spielfilm Hot Tube	Programmausschnitt	-24,9	-3,7	-10,0	-13,4	14,9	01:03:14
03.06.2013	Sat 1	Werbung, Reality Soaps	Programmausschnitt	-23,5	-2,6	-10,5	-13,3	7,7	02:05:03
03.06.2013	Sat 1	Bitte melde dich	Programmorschau	-22,9	-8,2	-19,5	-21,9	2,0	00:00:30
03.06.2013	Sat 1	Der letzte Bulle	Programmorschau	-22,8	-9,6	-18,5	-21,0	2,3	00:00:34
03.06.2013	Sat 1	Werbung	Programmausschnitt	-23,2	-6,2	-17,8	-20,9	3,0	00:05:39
03.06.2013	Sat 1	Werbung Check 24	Werbung	-23,1	-12,2	-20,4	-22,0	2,1	00:00:30
03.06.2013	Sat 1	Schicksale	Reality Soap	-23,4	-3,0	-14,3	-17,7	6,6	00:22:30
04.06.2013	ARTE	Programmorschau, Spielfilm	Programmausschnitt	-23,9	-5,2	-15,6	-18,3	10,7	03:02:00
04.06.2013	ARTE	Vorschau ARTE Journal	Programmorschau	-22,2	-6,9	-17,6	-20,4	2,6	00:00:14
04.06.2013	ARTE	Vorschau 360 Grad	Programmorschau	-22,7	-8,6	-18,8	-20,8	2,7	00:00:15
04.06.2013	ARTE	Vorschau Weißes Blut	Programmorschau	-22,0	-7,1	-19,1	-21,1	1,2	00:00:29
04.06.2013	ARTE	ARTE Journal	Informationssendung	-23,2	-6,0	-17,1	-20,6	4,2	00:10:51
04.06.2013	ARTE	360 Grad	Dokumentation	-23,6	-6,6	-16,4	-19,2	6,9	00:52:31
04.06.2013	KiKa	Zeichentrickserien, Werbung	Programmausschnitt	-22,6	4,1	-4,1	-10,7	5,3	00:53:31
04.06.2013	KiKa	Siebenstein	Programmorschau	-24,8	-12,7	-21,4	-23,0	2,3	00:00:37
04.06.2013	KiKa	Das Zauberkarussell	Zeichentrick Serie	-22,9	-8,9	-16,0	-18,3	4,7	00:20:47
04.06.2013	Das Erste	Tierärztin Dr. Mertens	Spielfilm	-22,0	5,9	-1,4	-5,8	8,2	01:30:38
04.06.2013	Das Erste	Spielfilm	Programmausschnitt	-23,8	4,4	-6,7	-13,6	9,3	01:44:48
04.06.2013	Das Erste	Heiter bis Tödlich	Serie	-24,4	-5,9	-14,1	-17,9	11,0	00:50:03
04.06.2013	Tele5	Xena	Serie	-23,0	-6,3	-14,1	-17,1	6,5	00:19:54
04.06.2013	Tele5	Coca Cola	Werbung	-23,3	-6,8	-19,0	-21,6	3,5	00:00:15
04.06.2013	Tele5	Serien	Programmausschnitt	-23,1	-5,4	-14,1	-17,1	5,0	01:14:34
05.06.2013	Anixe	Zeichentrickserien, Werbung	Programmausschnitt	-23,1	-9,7	-15,4	-18,6	8,0	02:25:42
05.06.2013	Anixe	Werbung Easybuy 24	Werbung	-20,0	-11,2	-18,5	-19,4	0,4	00:00:29
05.06.2013	Anixe	Z wie Zorro	Zeichentrick Serie	-23,6	-11,8	-16,3	-19,4	7,4	00:22:36
05.06.2013	Anixe	Werbung Kaleidoshop	Werbung	-22,8	-12,1	-21,0	-21,8	1,3	00:00:29
05.06.2013	N24	Nachrichtensendungen	Programmausschnitt	-22,5	4,3	-4,5	-9,8	3,3	01:52:56
05.06.2013	3SAT	Spielfilm	Programmausschnitt	-24,3	-10,6	-16,9	-19,3	6,2	00:36:05
05.06.2013	3SAT	Vorschau Total Vernetzt	Programmorschau	-22,9	-11,0	-18,8	-21,2	2,1	00:00:25
10.06.2013	SWR	Alles für meine Tochter	Spielfilm	-26,8	5,9	-8,8	-16,4	15,3	01:27:38
10.06.2013	ARTE	Spielfilm	Programmausschnitt	-23,8	-4,0	-14,1	-18,0	9,5	01:45:08
12.06.2013	ZDF	Soko Kitzbühel	Serie	-26,2	4,0	-6,9	-13,9	11,8	00:44:14
12.06.2013	ZDF	Yokeba	Werbung	-22,8	-12,7	-19,5	-21,6	1,8	00:00:20
14.06.2013	Das Erste	Die Landärztin	Spielfilm	-24,4	-10,7	-16,2	-17,6	12,5	01:28:27
15.06.2013	3SAT	Spielfilm	Programmausschnitt	-24,4	-6,7	-15,1	-18,3	11,4	00:42:32

Abbildung 9: Auflistung der Messwerte zur stichprobenhaften Erfassung der Lautheit im deutschen Fernsehen

8.3. Versuchsergebnis

Es zeigte sich bei den sporadisch ausgewählten Sendern, dazu gehören öffentlich-rechtliche wie auch private Sender, dass sie sich bei der Tonaussteuerung größtenteils an die Vorgaben halten. Nur vereinzelt gibt es Programmeinheiten, die zu laut ausgesteuert sind. Nicht die Werbeblöcke fallen hier besonders auf, sondern die Programmvorschau der Sender selbst ist teilweise lauter und hat eine extrem geringe Dynamik (LRA zwischen 1 und 3 LU). Bei ARTE liegen diese Trailer in der Regel nahe bei -22 LUFS. Beim ZDF wurde in diesem Zusammenhang berichtet, dass es für solche Programmeinheiten keine technischen Sendeband-Abnahmen gibt. Diese werden am Schnittplatz fertig gemischt und anschließend sofort gesendet.¹²² Auch im Hauptprogramm finden sich teilweise Ausreißer in der Lautstärke. Zum Beispiel die Spielfilmproduktion „Tierärztin Dr. Mertens“, gesendet am 4. Juni 2013 im ARD, eine Produktion aus dem Jahr 2013 mit einer „Integrated Loudness“ von -22 LUFS. Das legt die Vermutung nahe, dass neben dem ZDF auch bei der ARD eine Toleranz von plusminus 1 LU eingeräumt wird. Florian Camerer stellte fest, dass im Moment viele Sender den für Live-Sendungen geltenden Toleranzbereich auch für alle anderen Produktionen geltend machen. Mit der Veröffentlichung der neuen „Practical Guidelines“ zur R128 soll dieses Missverständnis definitiv ausgeräumt werden.¹²³ An dieser Stelle sei angemerkt, dass es sich bei externen Firmen für die Sendebandabnahmen ganz anders verhält. Diese halten sich wesentlich strenger an die Vorgaben der EBU und räumen selten einen Toleranzbereich größer als 0,2 LU ein.

Bezogen auf die Dynamik zeigt die Auswertung der Messergebnisse, dass die „Loudness Range“ für die meisten Nachrichtenmagazine und Dokumentationen bei etwa 4 bis 5 LU liegt. Für Spielfilme zeichnete sich ein Wert von 10 bis 15 LU ab.

Bei der Werbung ist eine Verbesserung der Klangqualität am deutlichsten wahrnehmbar und lässt sich anhand einer visuellen Darstellung des Pegelverlaufs gut ablesen (*grafische Darstellung im Folgenden*). Während die Spots früher bei -9 dB FS extrem hart limitiert waren und einen Dynamik von etwa 1 bis 2 LU oder weniger aufwiesen, zeigen neue Produktionen nun ein offeneres Klangbild mit 3 bis 4 LU Dynamik. Durch die klaren Vergleichsmöglichkeiten beim Senden innerhalb eines Werbeblocks fällt die schlechte

¹²² Vgl.: Besuch des ZDF in Mainz am 11.06.2013

¹²³ Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013

Klangqualität der alten Produktionsweise sofort auf. Deshalb fordern Werbekunden gezielt eine Mischung nach der neuen Norm.

Betrachtet man den Programmverlauf über einzelne Sendungen hinweg, zeigt sich, dass gerade bei Spielfilmanfängen ein Bruch im kontinuierlichen Tonpegel des Programms entstehen kann. Spielfilmanfänge sind in der Regel leiser als zum Beispiel die vorhergehende Tagesschau. Viele Zuschauer, die eine gleichförmige Lautheit im ganzen Programm gewöhnt sind, regeln sofort nach. Im weiteren Verlauf steigert sich gewöhnlich die Lautheit des Films und der Zuschauer greift erneut zur Fernbedienung. Bei vielen Fernsehmischnungen, besonders bei solchen, die von Sendern selbst erstellt wurden, erkennt man gerade beim Anfang eines Programms die Absicht, den Zuschauer bei seiner eingestellten Abhörlautstärke abzuholen und extreme Pegelsprünge zu vermeiden. Die Gefahr, dass sich Zuschauer durch den mehrmaligen Griff zur Fernbedienung in ihrem Filmgenuss gestört fühlen, ist dadurch gebannt; dies bedeutet jedoch auch einen heftigen Eingriff in den tondramaturgischen Aufbau des Films. Die folgende Darstellung zeigt den Lautheitsverlauf eines Programmausschnitts des Senders ARTE. Zunächst wurden die Dokumentation und Nachrichtenformate „ARTE-Journal“, „Karambolage“ und „360 Grad“ ausgestrahlt. Diese sind an der unterschiedlichen Limitierung der Spitzenpegel erkennbar. Bei etwa 1 Stunde und 30 Minuten beginnt der Kinofilm „Coco Chanel“. Gut zu sehen ist, dass die anfängliche Lautheit sich zunächst an das vorhergehende Programm anschließt und erst in der darauf folgenden halben Stunde etwas zurückgefahren wird. Dadurch ergibt sich etwas Aussteuerungsreserve für den lautereren Schluss, so entsteht beim anschließenden Programm ebenfalls kein Pegelsprung.

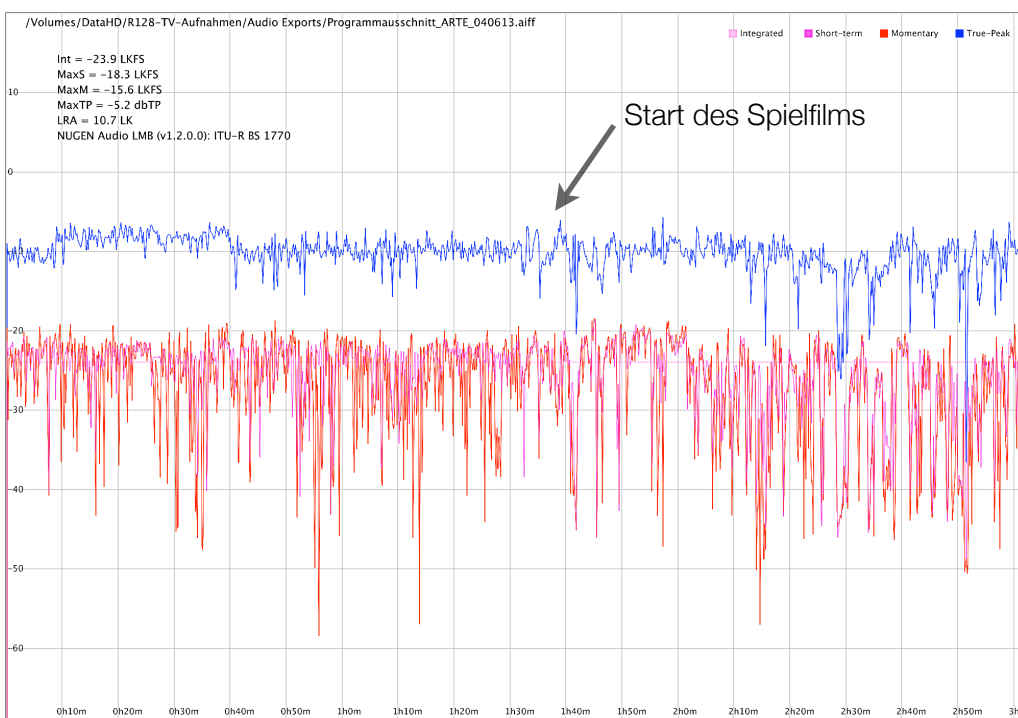


Abbildung 10: Darstellung der Lautheit eines Programmausschnitts von ARTE.

Gut sichtbar ist die höhere Programmdynamik des Spielfilms, Start bei etwa 1 Stunde und 30 Minuten.

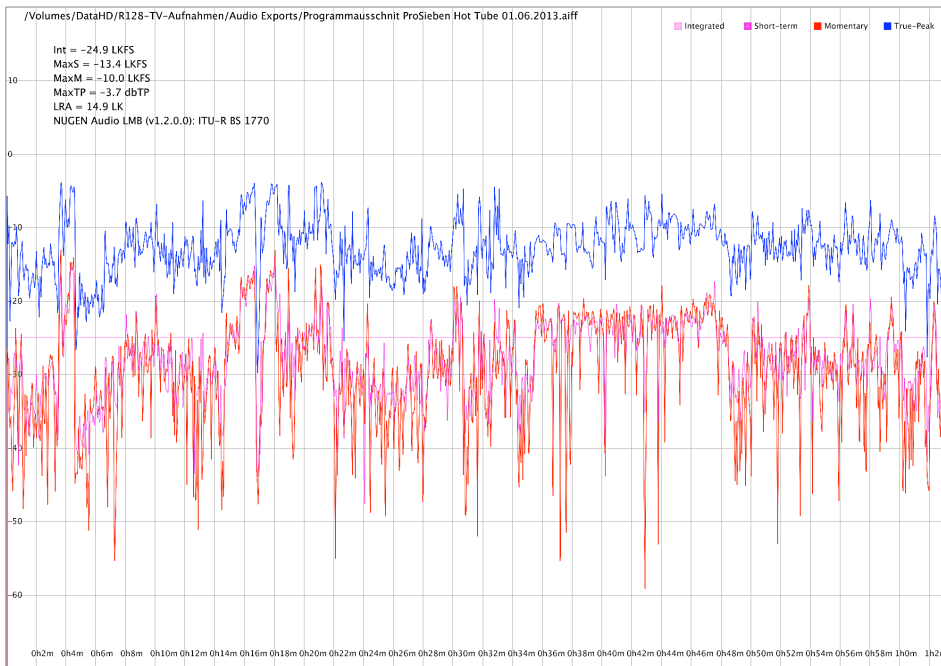


Abbildung 11: Dynamischer Verlauf einer aktuellen Synchronproduktion (Hot Tube) auf Pro Sieben.

Erkennbar sind die nicht limitierten Spitzenwerte bis maximal -3,7 dB TP und die offene Programmdynamik.

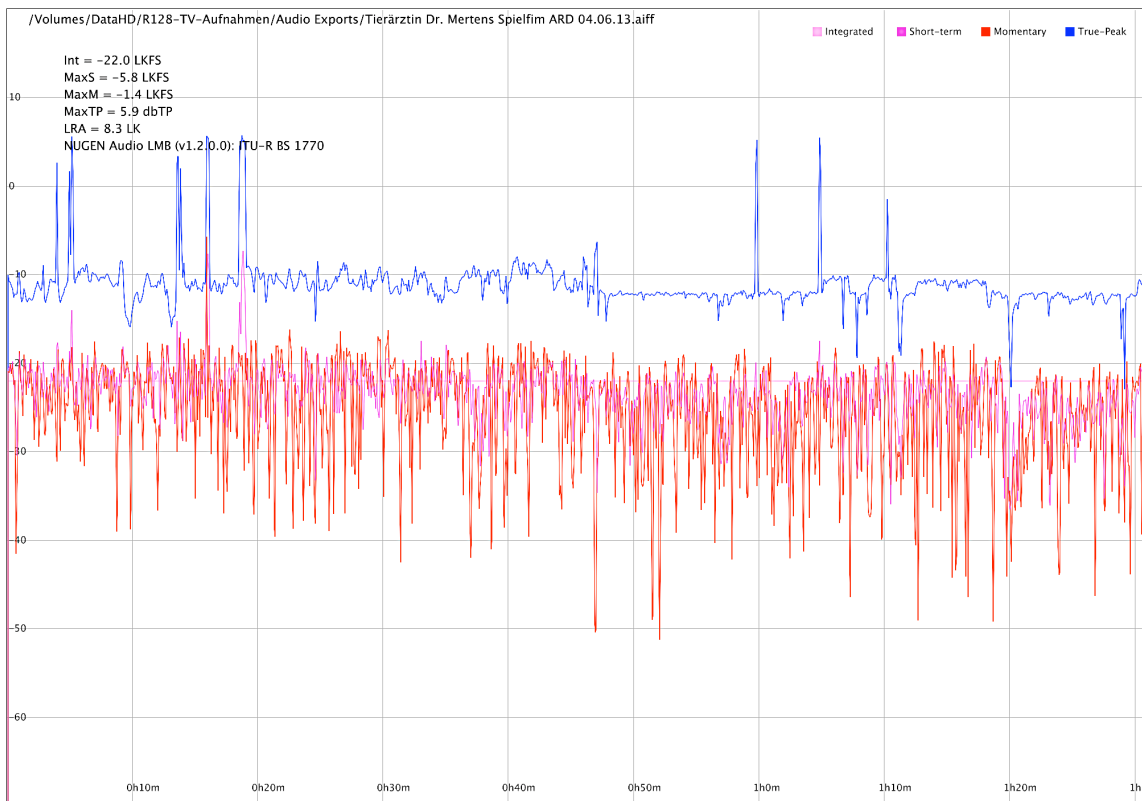


Abbildung 12: Dynamischer Verlauf bei „Tierärztin Dr. Mertens“, ausgestrahlt auf ARD.

Die extremen Signalspitzen ergeben sich durch Signalstörungen und haben keine Aussage. Interessant ist der durchgängig gleiche Pegel für unterschiedlichste Passagen (Musik, Sprache oder Effekte). Vergleicht man diesen gleichförmigen Verlauf mit dem dynamischen Verlauf der Produktion „Hot Tube“, zeigt sich schnell der Unterschied zu einer Kinoproduktion. Gut erkennbar ist die hartlimitierte Musik im zweiten Teil des Films. Diese wirkt im Klang wesentlich flacher als die vorherige Sprache. Es empfiehlt sich daher für die Mischung nach R128 auch beim Zulieferer der Musik wesentlich unkomprimierteres Material einzufordern.

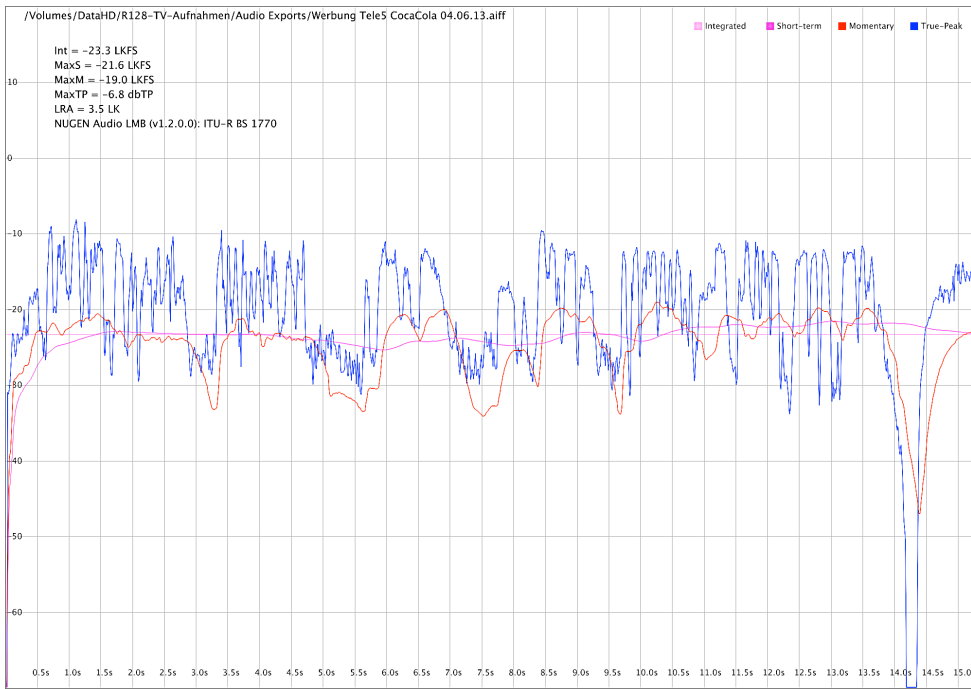
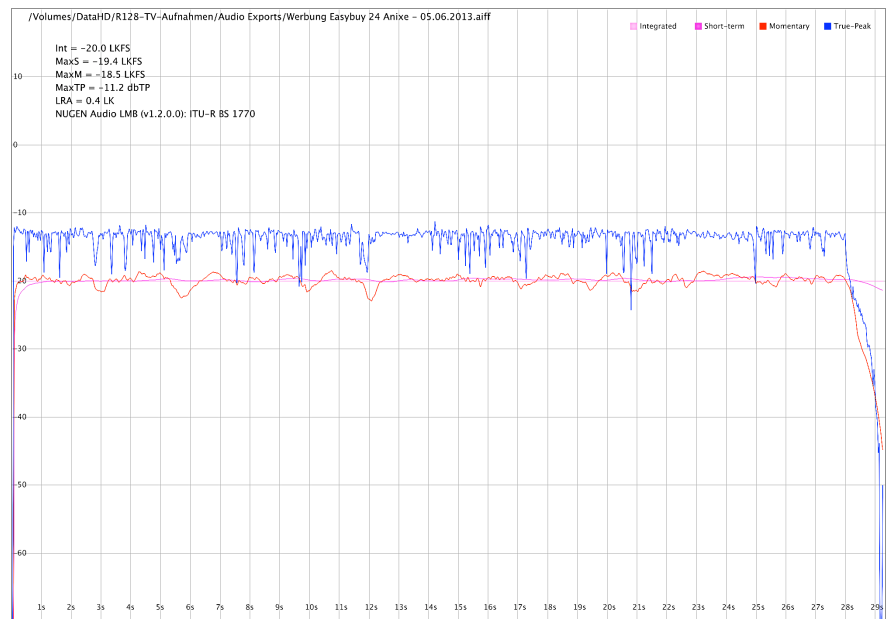


Abbildung 13: Werbespot von Coca Cola (Pro Sieben), gemischt nach R128. Angenehmer offener Sprachklang ohne Verzerrungen.

Abbildung 14: Werbespot von Easybuy 24 (Anixe), gemischt nach alter Norm.

Extrem aggressiver und verzerrter Sprachklang. Vom Sender zu laut (-20 LUFS) ausgestrahlt, da der Spot ansonsten im Vergleich zu anderen Spots zu leise erscheinen würde.



9. Kompatibilität der EBU R128 auf dem internationalen Markt

Ziel der EBU, mit der Entwicklung der R128 auf den Ergebnissen der ITU aufbauend, war es, eine Basis für einen internationalen Standard zu schaffen.¹²⁴ Auf internationaler Ebene gibt es neben der Empfehlung der EBU die Empfehlung der ATSC. Diese ist das amerikanische Pendant zur EBU und eine internationale Non-Profit-Organisation, die freiwillige Standards für das digitale Fernsehen entwickelt. Auch in dieser Vereinigung sind über 150 verschiedene Mitglieder vertreten, sowohl Fernsehsender wie Technikhersteller. Die Richtlinie der ATSC wurde sowohl von den Amerikanern wie auch von anderen Ländern eingeführt.¹²⁵

Größter Unterschied der beiden Empfehlungen war bisher das in der R128 vorhandene Gate. Dieses wurde jedoch nachträglich ebenfalls in der ATSC-Empfehlung implementiert. Entgegen der EBU empfiehlt die ATSC nach wie vor einen Zielwert von -24 LUFS für die „Integrated Loudness“. Die EBU wählte hingegen -23 LUFS, um eine hohe Kompatibilität zur ATSC-Norm ohne Gate zu gewährleisten. Es zeigte sich, dass eine Messung mit Gate bei -23 etwa einer Messung ohne Gate bei -24 entspricht.¹²⁶ Die NHK, die ARIB und auch die CRC raten ebenfalls ein Gate in die Messung mit einzubinden, schränken jedoch das relative Gate gemäß der ursprünglichen EBU-Empfehlung auf -8 LU ein. „Ob jetzt -10 LU oder -8 LU im Gate ist eher eine politische als eine technische Frage“, sagt Thomas Lund auf der NAB 2012.¹²⁷ Dem entspricht auch die Tatsache, dass die Unterschiede in den resultierenden Messwerten sehr gering ausfallen.

Die Zukunft wird zeigen, ob die Organisationen ihre Zielwertvorgaben für die „Integrated Loudness“, nochmals ändern und dadurch einen einheitlichen internationalen Zielwert ermöglichen. Laut Florian Camerer ist das von Seiten der EBU zur Zeit nicht in Planung.¹²⁸ Vergleicht man die geltenden internationalen Normen, so zeigt sich, dass eine deutsche R128-Mischung in den meisten Ländern akzeptiert wird. Die ATSC räumt in ihrer Empfehlung A/85 einen Toleranzbereich von Plusminus 2 LU um den vorgeschriebenen Lautheitswert -24 LKFS ein, so dass R128-Mischungen mit einem Lautheitswert von -23 LUFS auch ohne weitere Anpassung in Ländern mit geltender A/85 akzeptiert werden sollten.

¹²⁴ Vgl.: Kahsnitz, Michael: R128 Vortrag - BVFT Jour Fixe B44 vom 23.02.2012

¹²⁵ Vgl.: ATSC Recommended Practice

¹²⁶ Vgl.: Lund, Thomas: EBU R128 in Transmission and Production

¹²⁷ Vgl.: ebd.

¹²⁸ Vgl.: Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013

Der TruePeak-Wert in der amerikanischen Empfehlung ist auf -2 dB TP beschränkt,¹²⁹ so dass eine deutsche Mischung mit -3 dB TP dieser Empfehlung entsprechen würde. Für die „Loudness Range“ gibt es von der ATSC keine Vorgaben und bisher hat auch kein amerikanischer Sender hier weitere Einschränkungen geäußert. Einen Sonderfall stellt die italienische Norm AGCOM 219/09/CSP dar. Diese ist in weiten Teilen mit der amerikanischen A/85 abgeglichen, lediglich die Toleranz der „Integrated Loudness“ liegt hier bei Plusminus 0,5 LU. Dieser Richtlinie folgend, ist eine unangepasste Ausstrahlung deutscher Mischungen mit -23 LUFS im italienischen Raum nicht möglich. Für den Verkauf deutscher Produktionen nach Frankreich ist zu beachten, dass für den Dialog eine maximale Dynamik von Plusminus 7 LU (ausgehend von -23 LUFS) erlaubt ist. ARTE, ein Sender, der sowohl für deutsch- wie auch für französischsprachiges Programm Richtlinien vergibt, schreibt diese Einschränkung der Sprachdynamik auch für deutsche Programme vor.¹³⁰ In den Ländern Dänemark, Finnland, Norwegen, Neuseeland und Polen ist bisher neben einer neuen Richtlinie mit integrierter Lautheit auch der bisherige Maximalpegel von -9 dB FS vorgeschrieben (Polen: -7 dB TP für Stereo). Dies sind jedoch Übergangslösungen, die in den nächsten Jahren zu Gunsten komplett lautheitsorientierter Richtlinien aufgehoben werden.

Wichtig für den Verkauf in den amerikanischen Raum ist, dass die integrierte Lautheitsmessung nur für das „Anchor Element“ gilt. Es wird empfohlen, das „Anchor-Element“ alleine durchzumessen. Dieses Element ist meist die Sprachebene, kann bei Musikproduktionen aber auch ein prägnantes Soloinstrument sein. Sollte dieses Element nicht separat vorliegen, sondern nur die komplette Mischung, kann stattdessen auch ein Dolby Meter verwendet werden, um die Lautheit der Sprache zu bestimmen. Dadurch sollte sich ein Wert für die Dialnorm von -24 ergeben. Die geringe Abweichung bei deutschen Mischungen (-23) ist zu vernachlässigen.¹³¹ Da aber der AC3-Codec von der ATSC als das Standard-Verfahren für digitales Fernsehen in Amerika definiert wurde¹³² und somit sogar indirekt gesetzlich vorgeschrieben ist, ist eine größere Abweichung gefährlich.¹³³ Der Stereoton wird hier vor der Ausstrahlung meist in ein Dolby E überführt. Falls keine Angaben über den Dialog Level vorliegen, empfiehlt die ATSC automatisch den Wert -24 festzusetzen. Sollte

¹²⁹ Vgl.: ATSC Recommended Practice

¹³⁰ Vgl.: Burg, Lothaire: Memo für Produzenten & Dienstleister

¹³¹ Vgl.: ATSC A/53 Digital Television Standard

¹³² Vgl.: ATSC Recommended Practice

¹³³ Vgl.: Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013

dieser Wert abweichen vom wirklichen Sprachlevel der Mischung, kann das eine unbeabsichtigte Klangbearbeitung bei der Wiedergabe über einen AC-3-Decoder mit sich bringen.¹³⁴

Die weitgehende Kompatibilität internationaler Empfehlungen für die Tonaussteuerung entbindet jedoch nicht, sich vor dem Transfer ins Ausland mit den dort geltenden Richtlinien auseinanderzusetzen. Teilweise haben die Sender spezielle Anforderungen, die von der geltenden nationalen Richtlinie abweichen. Im *Anhang* ist eine detaillierte Auflistung und ein Vergleich aller internationalen Richtlinien, die bisher mit einer lauthheitsbasierten Messung arbeiten, beigefügt.

	Deutschland, Österreich, Schweiz	USA	Frankreich	Italien
Richtlinie:	R128	A/85	R128	AGCOM 219/09/CSP
Integrated Loudness:	- 23 LUFS	- 24 LKFS	- 23 LUFS	- 24 LUFS
Dialnorm:	-23	-24	-23	-24
erlaubte Toleranz:	± 1 LU	± 2 LU	± 1 LU	± 0,5 LU
Toleranz gilt für:	nur Live- Programme	alle Programme	nur Live- Programme	alle Programme
Dynamik für Dialog:	keine Einschränkung	keine Einschränkung	± 7 LU, ausgehend von -23 LUFS	keine Einschränkung
Max. True Peak:	-1 dB TP, meist -3 von Sendern gewünscht.	- 2 dB TP	-1 dB TP	- 2 dB TP
absolutes Gate:	- 70 LUFS	- 70 LKFS	- 70 LUFS	- 70 LUFS
relatives Gate:	- 10 LU	- 10 LU	- 10 LU	- 8 LU
Max Short Term:	keine Einschränkung	keine Einschränkung	- 20 LUFS	keine Einschränkung
Loudness Range:	20 LU, Wunsch der Sender.	keine Einschränkung	5 - 20 LU vorgeschrieben	keine Einschränkung

Abbildung 15: Vergleichende Übersicht lauthheitsbasierter Messungen für den deutschsprachigen Raum, Frankreich, Italien und die USA.

¹³⁴ Vgl.: ATSC Recommended Practice - Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television

10. Schlussbetrachtung

Ein halbes Jahr nach Einführung der R128 lässt sich aus Perspektive des Zuschauers feststellen, dass sich die Klangqualität im deutschen Fernsehen spürbar verbessert hat. Wo vorher, vor allem bei der Werbung, ein sehr aggressives, überkomprimiertes und limitiertes Klangbild vorherrschte, erklingt nun größtenteils ein wesentlich natürlicheres. Sowohl Armin Reuss vom ZDF¹³⁵ als auch Florian Camerer vom ORF berichten,¹³⁶ dass die Beschwerden der Zuschauer, über den Fernsehton mit Einführung der R128 merklich zurückgegangen sind. Der Lautheitskrieg wurde vorerst gestoppt, jedoch sind die Ambitionen lauter zu sein als die Konkurrenz bei manchen Marktteilnehmern nicht ganz verschwunden. Es ist bedenklich, dass Trailer und Werbeblöcke teilweise mit etwa -22 LUFS ausgestrahlt werden, also ein LU lauter als das restliche Programm.¹³⁷ Dennoch hält sich der Lautstärkesprung bei Einsetzen der Werbung in Grenzen. Die Probleme mit der neuen Richtlinie sind anderer Natur und lassen sich nicht mehr vorrangig auf die Werbung beschränken.

Viele Mischtonmeister gaben in den Gesprächen zu dieser Diplomarbeit an, dass eine der größten Schwierigkeiten bei der Mischung nach R128 vor allem das Fehlen eines definierten Referenzpunktes innerhalb der Mischung ist, wie es zum Beispiel bei der Messung bezogen auf den Sprachpegel der Fall wäre. Bei einem genauen Blick auf die Empfehlungen erkennt man, dass der Sprachpegel eine weit größere Gewichtung erfährt als zunächst angenommen. Die EBU empfiehlt eindeutig die Sprache bei -23 LUFS anzulegen, schreibt aber einen Lautheitswert vor, der für die Gesamtmischung gilt. Wie bereits erläutert, schreibt die amerikanische Norm hier eine Messung mit Sprachpegelbezug vor. In Anbetracht der Tatsache, dass der größte Teil der Fernsehproduktionen einen Sprachinhalt hat, stellt sich die Frage, ob ein verbindlicher Lautheitswert in Referenz zur Sprache und vereinzelt Ausnahmen bei Programmen ohne Sprachinhalte nicht sinnvoller wäre, als ein allgemeingültiger Lautheitswert, der in der weiteren Erläuterung dann doch einen Sprachpegelbezug herstellt? Für die Praxis bedeutet das eine Koexistenz der beiden Messungen, denn spätestens bei der Überführung der Mischung in ein Dolby E oder AC-3 wird der Sprachpegel relevant. Auch die durch Florian Camerer angesprochene Modifizierung

¹³⁵ Vgl.: Reuss, Armin: persönliches Gespräch beim Besuch des ZDF in Mainz am 11.06.2013

¹³⁶ Vgl.: Camerer, Florian: Interview am 29.05.2013

¹³⁷ Vgl.: Technische Richtlinien 2.1 der ProSiebenSat.1 Group

des Algorithmus der „Loudness Range“ wird den Sprachpegel mit einbezogen und diesen damit fester in der R128 verankern.

Die Hoffnung vieler Mischtonmeister, dass der Weg zum guten TV-Downmix mit der R128 wesentlich beschleunigt und vereinfacht wird, bestätigt sich nicht. Wo bisher nur ein Grenzwert (-9 dB FS) gültig war, gilt es nun die „Programm Loudness“, „Loudness Range“ und den „True Peak“ zu beachten, mit unterschiedlichen Wertvorgaben für kurze Programme (Werbung) und längere Programminhalte. Zusätzlich gibt es nach dem Mischvorgang noch den Arbeitsschritt des Normalisierens der Mischung, der sowohl für die Stereo- wie Surround-Version getrennt durchgeführt werden muss. Der Klang einer Kinomischung im R128-Mix kann besser sein als nach der alten Norm für Tonaussteuerung. Der Weg dahin zeigt sich jedoch als wesentlich aufwendiger.

Größte Verunsicherung im Zusammenhang mit der R128 erzeugt das Thema Dynamik. Hier prallen unterschiedliche Vorstellungen von Filmtonschaffenden, meist aus dem Kinobereich, und Fernsehsendern aufeinander. Während die Mischtonmeister versuchen, ihre einzelnen Tonmischungen möglichst in sich stimmig zu gestalten, beurteilen die Sender zusätzlich die Kontinuität ihres Gesamtprogramms. Einerseits ist es für den Sender wichtig, dass Start und Ende eines Programms sich gut an den darauf folgenden Programmpunkt anschließen. Zudem sind keine längeren lauten oder leisen Abschnitte gewünscht, da das einen großen Pegelsprung beim Umschalten des Kanals hervorrufen kann. Die effektive Programmdynamik der meisten Beiträge im Programm liegt damit weit unter den möglichen Grenzwerten. Hintergrund für diese Vorgehensweise ist nicht zuletzt auch die Hörgewohnheit vieler Zuschauer, die diese Gleichförmigkeit im Signal gewohnt sind und eben auch einfordern. Denn wenn es zu dynamischen Ausbrüchen kommt, erhalten die Sender meist umgehend Beschwerden bezüglich des Tons. So hat sich der Hauptanlass für Klagen über den Ton mit der neuen Richtlinie gewandelt. Nicht mehr hauptsächlich die Werbung wird als zu laut bemängelt, sondern die Lautstärke von Musik in Spielfilmen ist inzwischen der häufigste Beschwerdegrund.¹³⁸ Wie beschrieben, hat sich die durchschnittliche Abhöranlage im Wohnzimmer mit der Verbreitung von Flachbildschirmen und dem Computer als Fernsehgerät eher verschlechtert, und so erscheint die Forderung der Sender nach einer möglichst gleichförmigen Tonaussteuerung plausibel und im Sinne der Mehrheit der Zuschauer.

¹³⁸ Vgl.: Besuch des ZDF in Mainz am 11.06.2013

Andererseits sieht sich der Tongestalter dem konkreten Inhalt eines Programms verpflichtet. Diese unterschiedlichen Ansprüche an die Tongestaltung lassen sich gut an der Beispielproduktion „Unsere Mütter, unsere Väter“ aufzeigen, ein Event-Dreiteiler der Produktionsfirma Teamworx und des ZDF. Holger Lehmann, Mischtonmeister der Produktion, erläutert das Projekt folgendermaßen: „Das Thema Krieg wurde aus den Blickwinkeln von fünf Jugendlichen, die auf den verschiedensten Wegen in den Krieg hineingezogen wurden, dargestellt. (...) Der Krieg sollte dabei in allen seinen Facetten visualisiert und auch durch eine entsprechende Tongestaltung erfahrbar gemacht werden.“¹³⁹ Beispielsweise sollten sich die Grausamkeiten des Krieges während der Häuserkämpfe vorrangig durch den Ton erzählen.¹⁴⁰ „Man sollte denn Dreck förmlich spüren. (...) Kinoproduktionen wie „Der Soldat James Ryan“ oder „Band of Brothers“ waren das Vorbild.“¹⁴¹ Das ziehe einen ganz anderen Arbeitsaufwand nach sich als der, der bei herkömmlichen Fernsehfilmen Usus ist. Der zeitliche und personelle Aufwand von Vertonung und Mischung glich daher eher einem Kinoprojekt als einem regulären Fernsehprojekt.¹⁴² „Das spannende an diesem Projekt war, dass obwohl die geltende „Loudness Range“ eingehalten wurde, die Mischung in den Ohren der technischen Abnahme zu dynamisch war“.¹⁴³ Gerade die Vergleichbarkeit zu anderen Produktionen wurde durch den Sender bemängelt. „Was stehen da für Vergleichsinhalte zur Debatte?“, fragt Holger Lehmann.¹⁴⁴ Ein Großteil des Programms bestehe aus Nachrichtenbeiträgen, Werbung, Serien und schnell produzierten Fernsehfilmen, alles sehr komprimierte Formate. Es stelle sich die Frage, ob man eine Spielfilmproduktion wie „Unsere Mütter, unsere Väter“ unter die gleichen Maßstäbe stellen kann, wie diese Art von Fernsehformaten?¹⁴⁵ Natürlich muss jede Produktion aus den genannten Gründen für die Ausstrahlung im Fernsehen in der Dynamik angepasst sein. Es spricht nichts gegen gut gemachte Kompression, Ziel ist letztendlich eine kompakte Mischung, die nur an manchen Stellen die dynamischen Möglichkeiten ausreizt, denn eine dynamische Achterbahnfahrt ist für eine Heimmischung ungeeignet. Aber heißt das auch, dass sich jeder Programminhalt mit anderen Sendern oder Formaten vergleichen lassen muss, um genauso laut zu sein? Es bleibt die Frage, ob wir ein

¹³⁹ Lehmann, Holger: Interview am 25.06.2013

¹⁴⁰ Vgl.: ebd.

¹⁴¹ ebd.

¹⁴² Vgl.: ebd.

¹⁴³ ebd.

¹⁴⁴ ebd.

¹⁴⁵ Vgl.: ebd.

möglichst gleichförmiges Programm oder qualitativ hochwertige Vertonungen im Fernsehen wollen, das ist eine Grundsatzentscheidung, die von den Sendern vollzogen werden muss. Im Falle von „Unsere Mütter, unsere Väter“ kritisiert das ZDF aus beschriebenen Gründen vor allem den Anfang des Films, denn durch den Wechsel zwischen sphärischer Musik, Voice-Over und Bombeneinschlägen finden sich hier schon in den ersten paar Minuten extrem dynamische Kontraste. Letztlich wurde eine Kompromisslösung gefunden. Holger Lehmann sagt dazu: „Am Ende waren die Bomben vom Ton zwar noch ausreichend bedient, die ursprüngliche dramaturgische Wirkung hatten sie aber nicht mehr. An diesem Punkt hat die technische Richtlinie über das inhaltliche Konzept gesiegt. Im weiteren Verlauf konnten wir diesen Weg jedoch wieder verlassen.“¹⁴⁶

An diesem Projekt zeigt sich, dass die Berücksichtigung der technischen Vorgaben der Sender nicht zwangsläufig garantiert, dass die vom Sender gewünschte Programmdynamik vollends eingehalten wurde. Gerade bei Produktionen wie „Unsere Mütter, unsere Väter“, die versuchen, die dynamischen Grenzen im Medium Fernsehen auszureizen, geben die geltenden technischen Richtlinien keine definitive Aussage über den zu erwartenden Prüfungsbefund der technischen Sendebandabnahme. In den Interviews gaben die meisten Mischtonmeister an, dass sich die Programmdynamik ihrer Mischungen nicht von der Dynamik alter Mischungen unterscheidet. Lediglich die Limitierung der Spitzenwerte entfällt. So sind keine Probleme bei der technischen Abnahme zu erwarten. Auch Holger Lehmann ließ durchblicken, dass sich seiner Vermutung nach alle wieder an der alten Norm orientieren werden, falls sich die Anforderungen der technischen Abnahmen nicht ändern sollten.¹⁴⁷

Jeder Mischtonmeister, der aktuell vom gängigen Klang einer Fernseh Mischung abweicht, sollte bei der Erstellung seiner Mischung zudem bedenken, dass die Abhörbedingungen im Tonstudio der technischen Abnahme von denen in einem klassischen Tonstudio für Fernseh Mischungen divergieren. Der Abstand der Lautsprecher zum Zuhörer ist größer und die Abhörlautstärke weit geringer als in den meisten Tonstudios für Fernseh Mischungen. Grund dafür ist ein unterschiedlicher Ausgangspunkt in der Bewertung des Klangmaterials. Während der Mischtonmeister im Studio optimale Voraussetzungen zur Bearbeitung des Materials benötigt, wird der Ton in der Sendebandabnahme vom

¹⁴⁶ Lehmann, Holger: Interview am 25.06.2013

¹⁴⁷ Vgl.: ebd.

Standpunkt eines Zuschauers in einem klassischen Wohnzimmer bewertet. Beides hat seine Berechtigung, aber die Bewertungskriterien für Sprachverständlichkeit und Dynamik sind damit in der technischen Abnahme des ZDF schärfer als noch während der Tonmischung im Tonstudio. Praktisch bedeutet das, dass Mischungen vor der Abgabe unbedingt mit einem extrem niedrigen Abhörwert überprüft werden müssen und dass für eine garantierte Abnahme durch den Sender nur eine geringe und gleichmäßige Dynamik gewählt werden kann. Im Artikel „Raum nach oben“ im Magazin Verein Deutscher Tonmeister fordert Karl M. Slavik von der EBU, eine „technische Richtlinie, die bestimmte Abhörpegel vorschreibt.“¹⁴⁸ Dies wäre eine sinnvolle Maßnahme, denn wie bereits erläutert, werden die von der ITU empfohlenen Abhörlautstärken in der gesamten Branche so gut wie nicht verwendet. Ein verbindlicher Wert für den Abhörpegel könnte den Austausch von Tonmischungen vereinfachen und damit auch die Bedingungen der Abnahme durch den Sender für den Mischtonmeister kalkulierbarer machen.

Es wird sich zeigen, welche genauen Änderungen durch die EBU im Parameter „Loudness Range“ vorgenommen werden. Wünschenswert wäre, dass dieser technische Wert dazu geeignet ist, sich mehr dem effektiven Wunsch der Sender, was die Programmdynamik angeht, anzunähern, um dem Mischtonmeister dadurch eine verlässliche Information zu liefern, ob seine Mischung den Vorstellungen der Fernsehsender entspricht. Zusätzlich wären weitere Erläuterungen innerhalb der Senderichtlinien hilfreich, wie eine passende Fernseh Mischung gestaltet werden soll. Hier werden wie zu Zeiten der alten Richtlinie nur technische Grenzwerte genannt. In Fällen, in denen diese technischen Werte keine Aussagekraft besitzen, wären auch genaue schriftlich formulierte Erläuterungen zu den konkreten Anforderungen an die Fernseh Mischung für viele Filmtonschaffende eine willkommene Hilfestellung.

¹⁴⁸ Slavik, Karl: Raum nach oben, S. 17

Anhang: Auflistung internationaler Richtlinien für lauthheitsbasierte Tonaussteuerung

Australien		Österreich	
Richtlinie:	OP-59	Richtlinie:	R128
Short Term:	k. A.	Short Term:	max. -20 LUFS, nur für Material unter 2 Min.
Momentary:	k. A.	Momentary:	max. -15 LUFS, nur für Material unter 2 Min.
Integrated Loudness:	- 24 LKFS	Integrated Loudness:	- 23 LUFS
max. True Peak:	- 2 dB TP	max. True Peak:	-1 dB TP, meist -3 dB TP von Sendern gewünscht.
		Loudness Range:	20 LU für Material über 30 Sek.

Tschechische Republik		Dänemark, Norwegen & Finland (Stand: April 2013)	
Richtlinie:	R128	Richtlinie:	R128
Short Term:	k. A.	Short Term:	k. A.
Momentary:	k. A.	Momentary:	k. A.
Integrated Loudness:	- 23 LUFS	Integrated Loudness:	- 23 LUFS
max. True Peak:	- 3 dB TP	max. True Peak:	k. A.
		digitaler Spitzenpegel:	- 9 dBFS

Belgien		Frankreich	
Richtlinie:	R128	Richtlinie:	R128
Short Term:	k. A.	Short Term:	max. -20 LUFS, nur für Material unter 2 Min.
Momentary:	max. -15 LUFS, nur für Material unter 2 Min.	Momentary:	k. A.
Integrated Loudness:	- 23 LUFS	Integrated Loudness:	- 23 LUFS
max. True Peak:	- 1 dB TP	max. True Peak:	- 3 dB TP

Deutschland		Italien	
Richtlinie:	R128	Richtlinie:	AGCOM 219/09/ CSP
Short Term:	max. -20 LUFS, nur für Material unter 2 Min.	Short Term:	max. - 21 LUFS, nur für Material unter 30 Sek.
Momentary:	max. -15 LUFS, nur für Material unter 2 Min.	Momentary:	k. A.
Integrated Loudness:	- 23 LUFS mit ± 1 LU Toleranz für Live-Programme	Integrated Loudness:	- 24LUFS mit ± 0.5 LU Toleranz
max. True Peak:	-1 dB TP, meist -3 dB TP von Sendern gewünscht.	max. True Peak:	- 2 dB TP
Loudness Range:	20 LU für Material über 2 Min.		

Japan		Neuseeland	
Richtlinie:	A/85	Richtlinie:	OP-59
Short Term:	k. A.	Short Term:	k. A.
Momentary:	k. A.	Momentary:	k. A.
Integrated Loudness:	24 LKFS, mit ± 2 LU Toleranz	Integrated Loudness:	-24LKFS
max. True Peak:	- 1 dB TP	max. True Peak:	- 9 dB TP
		Loudness Range:	max. 15 LU

Niederlande		Polen	
Richtlinie:	R128	Richtlinie:	R128
Short Term:	k. A.	Short Term:	k. A.
Momentary:	max. -15 LUFS, nur für Material unter 30 Sek.	Momentary:	k. A.
Integrated Loudness:	- 23 LUFS	Integrated Loudness:	- 23 LUFS
max. True Peak:	- 1 dB TP	max. True Peak:	- 7 dB TP für Stereomischungen. - 1 dB TP für Surround.

Schweiz		United States of America	
Richtlinie:	R128	Richtlinie:	A/85
Short Term:	max. -20 LUFS, nur für Material unter 2 Min.	Short Term:	k. A.
Momentary:	max. -15 LUFS, nur für Material unter 2 Min.	Momentary:	k. A.
Integrated Loudness:	- 23 LUFS	Integrated Loudness:	- 24 LKFS mit ± 2 LU Toleranz
max. True Peak:	-1 dB TP, meist -3 dB TP von Sendern gewünscht.	max. True Peak:	- 2 dB TP
Loudness Range:	20 LU für Material über 2 Min.		

Abbildung 16: Auflistung internationaler Richtlinien für lauthheitsbasierte Tonaussteuerung

Biber, Peter; Lattmann, Andreas: Technische Richtlinien zur Herstellung von HDTV-Fernsehproduktionen für die SRG SSR, Anforderungen Version 5, Ausgabe Januar 2012

Bonse, Gregor: Diplomarbeit - File-basierte Lautheitsmessungen bei Kinofilmen, Perspektiven für eine optimierte Wiedergabelautstärke?, HFF Potsdam, Berlin 2013

Burg, Lothaire (Herstellungsleiter ARTE): Memo für Produzenten & Dienstleister - Lautheit (Loudness) von Fernsehprogrammen, Dezember 2011

Huber, Marcus: Diplomarbeit, DIGITAL DELIVERY - Formate, Transfer, Tendenzen, HFF Potsdam, Juni 2006

Katz, Bob: Mastering Audio - Über die Kunst und die Technik, GC Carstensen Verlag, München 2010

Kootz, Friedemann: Revolution R128, Interview zur Loudness-Normalisierung - Eine Audiorevolution, Studio Magazin Nr. 362, Dezember 2012

Lehmann, Holger: Diplomarbeit - Lösungswege von der Kino- zur TV-Mischung - Anpassung der Filmtönung beim Übergang zur Fernseh Mischung, HFF Potsdam 2005

Naumann, Silvio: Diplomarbeit - Entwicklung eines Verfahrens zur Generierung, Übertragung und Auswertung lautstärkerelevanter Kennwerte, HFF Potsdam, April 2008

Reuss, Armin; Niemann, Heiner; Schmerwitz, Oliver; Lempert, Mathias: BVFT Mischtonmeisterstammtisch - R128, Soundcompany Berlin, 13. Juli 2012, eigene Mitschrift

Skovenborg, Esben; Lund, Thomas: Loudness Descriptors to Characterize Wide Loudness-Range, 127th AES Convention 2009

Slavik, Karl: Raum nach oben, VDT Magazin Heft 3 / 2013, Bildungswerk des Verbands deutscher Tonmeister GmbH, Juni 2013

Strößner, Jeffrey: Masterarbeit - Integration von Lautheitsmessung und -pegelung in digitale Live- und Produktionsmischpulte, Hochschule der Medien Stuttgart, März 2011

Technische Richtlinien 2.1 der ProSiebenSat1 Group, München, August 2012

Thumm, Michael: Diplomarbeit - Anpassung von Filmmischungen an verschiedene Framraten, Detailanalyse von Problematik und Methodik der notwendigen Tonhöhen- und Geschwindigkeitskorrektur von Soundtracks in der Postproduktion, HFF Potsdam, August 2012

VDT Magazin Heft 1 / 2012: EBU R128, Bildungswerk des Verbands deutscher Tonmeister GmbH, April 2012

VDT Magazin Heft 3 / 2013: Update EBU R128, Bildungswerk des Verbands deutscher Tonmeister GmbH, Juni 2013

Wyatt, Hilary; Amyes, Tim: Audio Post Production for Television and Film - An introduction to technology and techniques, Focal Press, Oxford 2005

Ziegler, David: Diplomarbeit - Der AC3 Standard in Theorie und Praxis, HFF Potsdam, Juli 2010

Advanced Television Systems Committee: ATSC Recommended Practice - Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television, Washington, März 2013
http://www.atsc.org/cms/standards/A_85-2013.pdf, Stand: 25. Mai 2013

Advanced Television Systems Committee: Digital Audio Compression Standard (AC-3, E-AC-3), Washington, November 2010
http://www.atsc.org/cms/standards/a_52-2010.pdf, Stand: 27. Mai 2013

Beam International Specifications, London 2013,
www.beam.tv

Boeing, Niels; Reinecke, Jochen: Loudness War - Volle Dröhnung
<http://www.zeit.de/zeit-wissen/2012/02/Loudness-War>, Stand: 24. Mai 2013

Camerer, Florian: EBU R128 Introduction, Vortrag auf der „Rome Calling - Audio Seminar of the Year“ 2011
<http://www.youtube.com/watch?v=iuEtQqC-Sqo>, Stand: 28. Mai 2013

Camerer, Florian: EBU Tech Doc. 3343, Practical Guidelines
http://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2010-Q3_loudness_Camerer.pdf, Stand: 8. Mai 2013

CBC (Mediengruppe RTL): Technische Spezifikationen - Anlieferung Werbespots, Köln, Juni 2012
https://ingest.cbc-service.de/ingest-werbung/pdf/Technische_Spezifikationen_Anlieferung_Werbespots.pdf, Stand: 26. Mai 2013

Délibération n° 2011-29 du 19 juillet 2011 relative aux caractéristiques techniques de l'intensité sonore des programmes et des messages publicitaires de télévision
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024656067&fastPos=1&fastReqlId=312398264&categorieLien=id&oldAction=rechTexte>, Stand: 11. Juni 2013

EBU Mitgliedsliste, Mai 2011
http://www.ebu.ch/CMSImages/en/WEB_A4_Member-list_UER_05-2011_EN_tcm6-71972.pdf, Stand 3. Juni 2013

European Broadcasting Union: 10 things you need to know about... EBU R 128 - the EBU loudness recommendation, Genf, September 2010
http://tech.ebu.ch/docs/events/ibc10/presentations/ebu_ibc10_r128.pdf, Stand: 27. Mai 2013

European Broadcasting Union: EBU - R 128, Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals, Genf, August 2011
<http://tech.ebu.ch/docs/r/r128.pdf>, Stand: 23. Mai 2013

European Broadcasting Union: EBU - Tech Doc. 3342, Loudness Range: A measure to supplement loudness normalisation in accordance with EBU R 128, Genf, August 2011
<http://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3342.pdf>, Stand: 23. Mai 2013

European Broadcasting Union: EBU - Tech Doc. 3343, Practical guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R 128, Genf, August 2011
<https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3343.pdf>, Stand: 23. Mai 2013

European Broadcasting Union: EBU - Tech Doc. 3344, Practical guidelines for distribution systems in accordance with EBU R 128, Genf, Oktober 2011
<https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3344.pdf>, Stand: 23. Mai 2013

European Broadcasting Union: Recommendation R68-2000, Alignment level in digital audio production equipment and in digital audio recorders

<http://tech.ebu.ch/docs/r/r068.pdf>, Stand: 26. Mai 2013

European Broadcasting Union: The EBU standard Peak-Programme Meter for the control of international transmissions, 2nd Edition, November 1979

<http://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3205.pdf>, Stand: 3. Juni 2013

Institut für Rundfunktechnik: Technische Richtlinie - HDTV zur Herstellung von Fernsehproduktionen für ARD, ZDF und ORF, Oktober 2011

<http://www.irt.de/webarchiv/showdoc.php?z=NTA4NCMxMDA2MDE4I3BkZg==>,

Stand: 2. Juli 2013

International Telecommunication Union: Recommendation ITU-R BS. 1864, Operational practices for loudness in the international exchange of digital television programmes

http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1864-0-201003-!!!PDF-E.pdf,

Stand: 27. Juni 2013

International Telecommunication Union: Recommendation ITU-R BS.1770-3, Algorithms to measure audio programme loudness and true-peak audio level, Genf 2012

http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1770-3-201208-!!!PDF-E.pdf,

Stand: 25. Mai 2013

International Telecommunication Union: Recommendation ITU-R BS.775-2, Multichannel stereophonic sound system with and without accompanying picture, Genf 2010

http://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.775-2-200607-S!!!PDF-E.pdf,

Stand: 25. Mai 2013

Kahsnitz, Michael: R128 Vortrag - BVFT Jour Fixe B44 vom 23.02.2012

<http://youtu.be/JwtBBiu06zU>, Stand: 24. Mai 2013

Lenard Audio Institut: Cinema Sound Alignment, Seite 7,

http://lenardaudio.com/education/17_cinema_7.html, Stand: 19. Juni 2013

Lund, Thomas: Audio Engineering Society Convention Paper - Stop Counting Samples, San Francisco 2006

<http://www.tcelectronic.com/media/1018175/>

[lund_2006_stop_counting_samples_aes121.pdf](#), Stand: 5. Juni 2013

Lund, Thomas: Control of Loudness in Digital TV, Risskov (Dänemark) 2006

http://www.hhb.co.uk/files/news/file/ControlofLoudnessinDigitalTV_1770.pdf, Stand: 7. Juni 2013

Lund, Thomas: EBU R128 in Transmission and Production, Vortrag auf der „Rome Calling - Audio Seminar of The Year“ 2011

<http://www.youtube.com/watch?v=cs0Vq9XrT2U&feature=relmfu>, Stand: 01. Mai 2013

R128 Loudness and what the networks do with it, Einträge im Forum, Februar 2009

<http://www.gearslutz.com/board/post-production-forum/808483-r128-loudness-what-networks-do.html>, Stand: 22. Juli 2013

Runow, Bernfried: Automatischer Stereo-Downmix von 5.1-Mehrkanalproduktionen, Juli 2008

<http://www.hdm-stuttgart.de/~curdt/Runow.pdf>, Stand: 3. Juni 2013

Spikofski, Gerhard; Klar, Siegfried: Levelling and Loudness in radio and television broadcasting, Institut für Rundfunktechnik GmbH (IRT), München, Januar 2004

http://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_297-spikofski_klar.pdf, Stand: 3. Juni 2013

Taylor, Andrew: Senate votes to turn down volume on TV commercials, 30. September 2010

[http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2010/09/30/](http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2010/09/30/AR2010093002968.html)

[AR2010093002968.html](#), The Washington Post, Stand: 23. Mai 2013

Telepool: Technische Richtlinien, Version 1.7, Juli 2011

http://www.telepool.de/fileadmin/bilder/pdf/Technische_Richtlinien.pdf, Stand: 26. Mai 2013

Tischmeyer, Friedemann: R128 Loudness Normalization (Vortragsvideo),

www.audiotechknowledge.com, 2011

van Everdingen, Richard: EBU R128 in distribution, Vortrag auf der „Rome Calling - Audio Seminar of the Year“, Rom 2011

[http://www.youtube.com/watch?](http://www.youtube.com/watch?v=2cizn6ZVAj0&list=UUDod4IIMiwQRPXcn_AsXsCw&index=8&feature=plcp)

[v=2cizn6ZVAj0&list=UUDod4IIMiwQRPXcn_AsXsCw&index=8&feature=plcp](http://www.youtube.com/watch?v=2cizn6ZVAj0&list=UUDod4IIMiwQRPXcn_AsXsCw&index=8&feature=plcp), Stand: 25. Mai 2013

Interviewliste

Camerer, Florian: Interview via Skype am 29.05.2013

Grube, Martin: Interview bei CinePlus Berlin am 01.11.2012, Berlin

Horstmann, Eric: Interview bei Rotor Film am 22.05.2013, Potsdam-Babelsberg

Lehmann, Holger: Interview bei Rotor Film am 25.06.2013, Potsdam-Babelsberg

Lempert, Matthias: Interview via Skype am 8.07.2013

Riedmiller, Michael: Interview am 18.06.2013, Potsdam

Steyer, Martin: Interview in der DFFB am 31.10.2012, Berlin

Abbildung 1 (S. 13): „Peak level Normalisation“ und „Loudness level Normalisation“ für mehrere Programmabschnitte.

Quelle: European Broadcasting Union: EBU - TECH 3343, Practical guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R 128, Genf, August 2011, S. 16

Abbildung 2 (S. 17): Darstellung der „K-Weighting“-Filter-Kurve für die Lautheitsmessung nach EBU R128.

Quelle: European Broadcasting Union: EBU - Tech Doc. 3343, Practical guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R 128, Genf, August 2011, S.9

Abbildung 3 (S. 18): Signalfluss und Aufsummieren laut ITU-R BS. 1770.

Quelle: European Broadcasting Union: EBU - Tech Doc. 3343, Practical guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R 128, Genf, August 2011, S.10

Abbildung 4 (S. 24): Darstellung des Gate-Arbeitspunkts und der resultierenden „Loudness Range“ für den Film „The Matrix“ (DVD Version).

Quelle: Skovenborg, Esben; Lund, Thomas: Loudness Descriptors to Characterize Wide Loudness-Range, 127th AES Convention 2009, S.6

Abbildung 5 (S. 27): Gegenüberstellung maximaler Wiedergabedynamiken für verschiedene Abhörumgebungen.

Quelle: Lund, Thomas: Control of Loudness in Digital TV, Risskov (Dänemark) 2006, S.1

Abbildung 6 (S. 38): Skizzierung einer „Overall-Kompression“.

Quelle: European Broadcasting Union: EBU - Tech Doc. 3343, Practical guidelines for Production and Implementation in accordance with EBU R 128, Genf, August 2011, S. 27

Abbildung 7 (S. 41): Tonstudio für die technische Sendeband-Abnahme beim ZDF in Mainz.

Quelle: Foto: Linus Nickl

Abbildung 8 (S. 43): Darstellung der Signalverläufe einer ursprünglichen Tonmischung und der bearbeiteten Mischung mit einem „Level Magic“.

Quelle: www.gearslutz.com, Stand: 15. August 2013

Abbildung 9 (S. 46): Auflistung der Messwerte zur stichprobenhaften Erfassung der Lautheit im deutschen Fernsehen

Quelle: Erfassung und Darstellung: Linus Nickl

Abbildung 10 (S. 48): Darstellung des Wechsels im Lautheitsverlaufs beim Programmwechsel von Nachrichtensendung zu Spielfilm auf ARTE

Quelle: Grafik: Linus Nickl. Erstellt mit LMB-Batchprozessor von Nugen.

Abbildung 11 (S. 49): Dynamischer-Verlauf einer aktuellen Synchronproduktion (Hot Tube) auf Pro Sieben

Quelle: Grafik: Linus Nickl. Erstellt mit LMB-Batchprozessor von Nugen.

Abbildung 12 (S. 49): Darstellung des dynamischen Verlaufs bei der TV-Produktion „Tierärztin Dr. Mertens“

Quelle: Grafik: Linus Nickl. Erstellt mit LMB-Batchprozessor von Nugen.

Abbildung 13 (S. 50): Dynamik im Werbespot von Coca Cola auf ProSieben. Gemischt nach EBU R128.

Quelle: Grafik: Linus Nickl. Erstellt mit LMB-Batchprozessor von Nugen.

Abbildung 14 (S. 50): Dynamik im Werbespot von Easybuy 24 auf Anixe. Gemischt nach alter Norm.

Quelle: Grafik: Linus Nickl. Erstellt mit LMB-Batchprozessor von Nugen.

Abbildung 15 (S. 53): Vergleichende Übersicht lautheitsbasierter Messungen für den deutschsprachigen Raum, Frankreich, Italien und die USA.

Quelle: Darstellung: Linus Nickl,
Daten: EBU - R 128, Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals
http://tech.ebu.ch/docs/events/ibc10/presentations/ebu_ibc10_r128.pdf, Stand: 27. Mai 2013;
ATSC Recommended Practice - Techniques for Establishing and Maintaining Audio Loudness for Digital Television
http://www.atsc.org/cms/standards/A_85-2013.pdf, Stand: 25. Mai 2013;
Délibération n° 2011-29 du 19 juillet 2011 relative aux caractéristiques techniques de l'intensité sonore des programmes et des messages publicitaires de télévision
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024656067&fastPos=1&fastReqId=312398264&categorieLien=id&oldAction=rechTexte>, Stand: 11. Juni 2013;
Beam International Specifications
www.beam.tv, Stand: 01.08.2013;

Abbildung 16 (S. 59): Auflistung internationaler Richtlinien für lautheitsbasierte Tonaussteuerung

Quelle: Darstellung: Linus Nickl,
Daten: Beam International Specifications, www.beam.tv, Stand: 01.08.2013

Eidesstattliche Erklärung

Der Autor erklärt an Eides statt, dass er die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht hat.

Diese Arbeit hat keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Berlin, den

Linus Nickl