

Lautheit und Aussteuerung von Audiosignalen

EBU R 128/ITU-R BS.1770

Ausarbeitung zum gleichnamigen Vortrag, gehalten von Jonas Frank am 11.11.2013, an der Hochschule der Medien in Stuttgart, im Rahmen des Tonseminars WS 2013/14 bei Prof. Curdt.

Inhaltsverzeichnis

EBU R 128/ITU-R BS.1770.....	1
Lautheit.....	2
Aussteuerung und Messung von Audiosignalen.....	2
Aussteuerungskontrollen.....	3
Modelle zur Lautheitsmessung.....	4
Zwicker-Methode.....	4
CBS Loudness.....	4
IRT-Lautheit.....	5
RTW-Lautheit.....	5
Leq-Messung.....	5
Probleme der Aussteuerung im Rundfunk nach QPPM.....	6
Aussteuerung nach EBU R 128.....	6
ITU-R BS.1170.....	8
Vorteile der Aussteuerung nach Lautheit.....	9
Gleichmäßige Lautheit.....	9
Mehr Dynamik.....	9
Vergleichbarkeit von Stereo und Surround.....	9
Sinnvolles Pegeln auf Sicht.....	9
Quellen.....	10

Lautheit

„Unter dem Kunstwort »Lautheit« versteht man im allgemeinen Sprachgebrauch die empfundene Lautstärke. Dabei handelt es sich um eine sehr komplexe Eigenschaft des Gehörs, die auf dem Zusammenspiel mehrerer Faktoren basiert. [...]“

(J. Stroessner, S.16, Masterarbeit: Integration von Lautheitsmessung und – pegelung in digitale Live- und Produktionsmischpulte, HdM Stuttgart 2011)

Das Empfinden von Lautheit wird durch verschiedene Faktoren bedingt, wie beispielsweise Zeit und Frequenz, so reagiert das Gehör auf kurze, wenn auch laute, Geräusche weit weniger empfindlich wie auf leisere, länger andauernde. Zudem ist der Mensch für mittlere Frequenzen (1 – 7 kHz) weit mehr sensibel als für extrem hohe oder tiefe Frequenzen, was bedeutet, dass ein Ton mit gleicher Energie bei 3 kHz deutlich lauter empfunden wird, als ein solcher bei 100 Hz oder 10 kHz.

Aussteuerung und Messung von Audiosignalen

Eines der Ziele von Tonbearbeitung im Broadcast-Bereich, ist die Verringerung der Originaldynamik auf eine für das Übertragungs-, beziehungsweise Wiedergabesystem passende. Dabei sollen Effekte die die Klangqualität beeinträchtigen könnten, wie Verzerrung, vermieden und ein möglichst hoher Grad an Verständlichkeit beim Zuhörer erreicht werden. Dazu werden unter anderem Regelverstärker wie Kompressoren und Limiter eingesetzt.

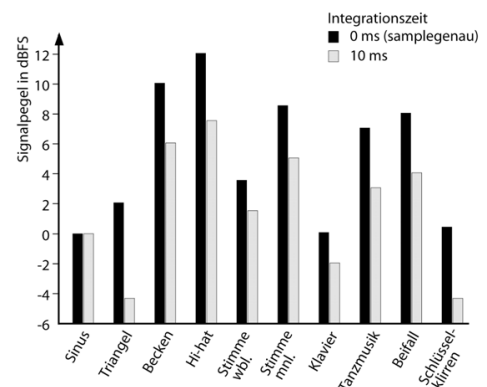
Aussteuerungskontrollen

Um dem Toningenieur eine möglichst genaue Aussteuerung zu ermöglichen sind sogenannte Aussteuerungskontrollen von Nöten. Ich werde im folgenden auf das PPM (Program Peak Meter) und das VU-Meter (Volume Units-Meter) eingehen. Die Messinstrumente unterscheiden sich im wesentlichen durch ihre statischen und dynamischen Parameter.

Zu den statischen zählen der Anzeigenbereich, die Anzeigengenauigkeit, der Bezugswert und der Amplitudenfrequenzgang. Der Anzeigenbereich definiert, in welchem Lautstärkebereich gemessen wird. Wobei mit der Anzeigengenauigkeit festgelegt wird in welchen dB-Schritten das gemessene Signal aufgelöst wird. Der Bezugswert beschreibt, zu welchem dB-Wert relativ gemessen wird, solch ein Bezugswerte kann zum Beispiel digital Null (0 dBFS) sein. Mit dem Amplitudenfrequenzgang wird festgelegt über welchen Frequenzbereich das Gerät misst.

Mit den dynamischen Parametern werden zeitabhängige Faktoren wie die Integrations- und Rücklaufzeit beschrieben. Die Integrationszeit beschreibt über welchen Zeitraum gemittelt der angezeigt Wert berechnet wird, wohingegen die Rücklaufzeit jener Zeitraum

ist, die die Anzeige benötigt um einen definierten dB-Abfall nachzufahren. In der folgenden Abbildung kann man den Signalpegel bei zwei unterschiedlichen Integrationszeiten sehen. In schwarz das samplegenaue PPM und in weiß das QPPM (Quasi Program Peak Meter) mit einer Integrationszeit von 10 ms.



Das PPM eignet sich durch seine schnelle Reaktion vor allem dazu Peaks und Übersteuerungen sichtbar zu machen. Allerdings kann damit kein Rückschluss auf die empfundene Lautheit gezogen werden. Anders als das VU-Meter mit einer Integrationszeit von 300 ms, das durch seine Trägheit schon einen relativ zuverlässigen Rückschluss auf die Lautheit zulässt.

Modelle zur Lautheitsmessung

Neben der reinen Lautstärkemessung gibt es verschiedene Methoden, die dem Menschlichen Lautheitsempfinden nachempfunden sind und mehr oder weniger befriedigende Ergebnisse liefern.

Zwicker-Methode

Bei der Zwicker-Methode wird das Audio-Signal in verschiedene Frequenzbereiche aufgeteilt, die dann nach dem frequenzabhängigen Lautheitsempfinden des Menschen bewertet und addiert werden.

CBS Loudness

Diese Methode ist der Zwicker-Methode relativ ähnlich, allerdings wird das Signal in acht, jeweils eine-Oktav-breite Signale aufgeteilt und dann nach den Kurven gleicher Lautheit bewertet.

IRT-Lautheit

Bei dieser Methode werden die QPPM-Werte über ein Zeitintervall von 3 s integriert und dann der Mittelwert gebildet.

RTW-Lautheit

Hierbei wird die Integrationszeit des PPM verlängert und der Pegel mit einem Filter der von 80 Phon ausgeht, bewertet.

Leq-Messung

Bei der Leq-Messung wird der Pegel über eine Zeit T gemittelt und mit Frequenzfiltern bewertet um das menschliche frequenzabhängige Hören für verschiedene Lautstärkepegeln zu simulieren. Bekannt unter den Namen A-,B-,C- und D-Kurven. Jede Kurve steht für einen bestimmten Pegelbereich. Wobei die A-Kurve für niedrige und die D-Kurve für extrem hohe Pegel verwendet wird.

Probleme der Aussteuerung im Rundfunk nach QPPM

Bis 2012 wurde im öffentlich-rechtlichen Fernsehen nicht nach Lautheit, sondern QPPM ausgesteuert. Der erlaubte Maximalpegel lag bis dahin bei -9 dBFs. Was jedoch nur die maximale Lautstärke und nicht die empfundene Lautheit reglementierte. Daraus resultierende Problem waren Lautheitsunterschiede unter den Sendern, innerhalb eines Senders und sogar innerhalb einer Sendung waren teilweise deutliche Sprünge zwischen Beiträgen und/oder Moderationen. Dies führte dazu das der Zuschauer genötigt war ständig manuell die Lautstärke zu justieren. Weitere Probleme waren die eingeschränkte Dynamik des Programms und die deutlich, lauthheitsmäßig, hervortretende Werbung.

Aussteuerung nach EBU R 128

„Diese Methode und das Lautheitskonzept an sich ziehen sich durch die gesamte Broadcast-Signalkette und schaffen Rahmenbedingungen für Produktion, File-Ingest, Playout, Verteilung (Distribution) und Übertragung (Transmission) auf mehreren Sendeplattformen. R 128 basiert vollständig auf offenen Standards und zielt darauf ab, die Art und Weise der Audioproduktion und -pegelmessung zu harmonisieren.“

(Florian Camerer, S. 607, FKTG 12/2010, Fachverlag Schiele und Schön, Berlin)

Die Empfehlung EBU R 128 wurde von der EBU-Gruppe PLOUD unter der Leitung von Florian Camerer 2010 erstmals veröffentlicht. Deren technische Implementierung wurde in der ITU-R BS.1770 genau dokumentiert.

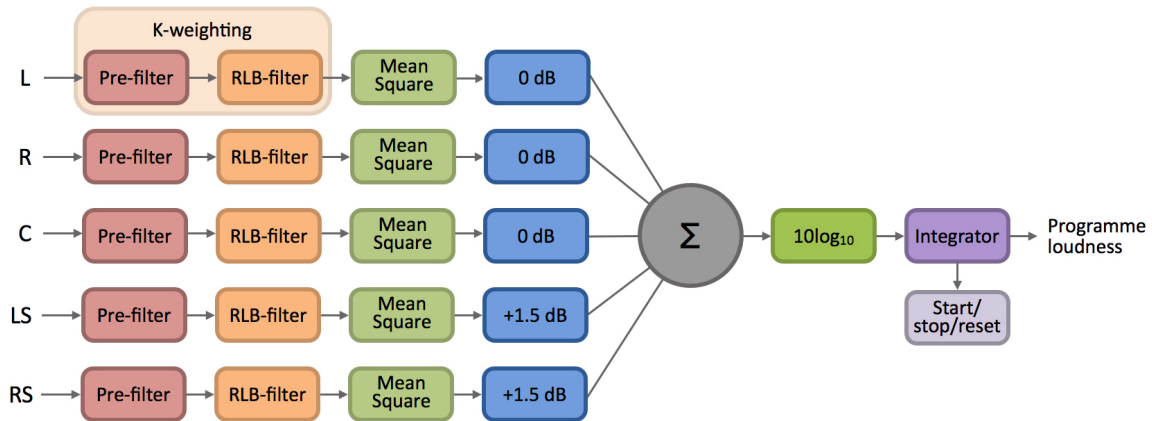
Die wesentliche Neuerung durch die EBU R 128, ist die Aussteuerung nach Lautheit und

nicht nach gemessener Lautstärke. Zusammen mit der EBU R 128 wurden auch folgende neue Begriffe eingeführt: Program Loudness (Programm-Lautheit), Loudness Range (Dynamik-Bereich) und Maximum True Peak Level (Tatsächlicher Maximalpegel). Zudem wurden neue Einheiten benötigt, allen voran die Loudness Unit (LU), die im wesentlichen einem dB entspricht, allerdings nach der ITU-R BS.1770 bewertet. Daraus leitet sich auch der Maximalwert von 0 LUFS, der 0 dBFS entspricht, ab. Allgemeingültiger Zielwert für das Programm, unabhängig ob gesamtes Programm, eine Sendung oder ein Beitrag einer Sendung ist -23 LUFS. Die Messung wird in drei unterschiedliche Zeitintervalle aufgeteilt: Momentary (M), hierbei wird der Messwert über die letzten 400 ms integriert; beim Short-Term (S) wird über 3 s und bei der Integrated Loudness oder Langzeitmessung (I) über das gesamte Programm integriert.

Um die Messung nicht durch Stille oder extrem leise Passagen zu verfälschen kommen zwei verschiedene Gating-Methoden zum Einsatz. Zum einen das absolute Gating: Passagen, deren absoluter Wert unter -70 LUFS liegt werden von der Messung ausgenommen, sowie das relative Gating: Durch diese Art des Gatens werden Programm-Teile, die länger als 400 ms den Wert der Langzeitmessung um 10 LUFS unterschreiten ausgespart.

ITU-R BS.1170

Die ITU-R BS. 1770 dokumentiert die technische Implementierung der EBU R 128. Im folgenden ist der Messalgorithmus anhand der Surround-Anwendung veranschaulicht:



Aus der Kombination des Pre-Filters (Ähnlich der B-Bewertung bei der Leq-Messung) und des RLB-Filter (akustische Wirkung des Kopfes als schallharte Kugel), ergibt sich das K-Weighting. Anschließend wird daraus für jeden der fünf Kanäle der quadratische Mittelwert gebildet und die hinteren Surround-Kanäle mit jeweils +1,5 dB bewertet.

Darauf werden die Kanäle summiert, logarithmiert und über die Start-Stop-Zeit integriert.

Vorteile der Aussteuerung nach Lautheit

Gleichmäßige Lautheit

Es wird eine gleichmäßige Lautheit unter und innerhalb der Sender gewährleistet, so dass der Zuschauer die Lautstärke zuhause nicht mehr nachjustieren muss.

Mehr Dynamik

Der Hauptgrund der Limitierung des Maximalpegels auf -9 dBFS war der Schutz vor sogenannten Inter-Sample-Peaks, die bei der Digital-Analog-Wandlung auftreten können.

Durch die Messung des True Peak Levels ist es möglich den gesamten Dynamik-Bereich bis 0 dBFS bzw. LUFS auszunutzen, zudem ist keine Lautstärke-Limitierung mehr nötig um „lauter als die andern“ zu sein, was bedeutet, dass die Dynamik nicht unnötig verengt werden muss.

Vergleichbarkeit von Stereo und Surround

Erstmals gibt es die Möglichkeit Stereo- und Surround Programm-Teile zuverlässig lautheitsmäßig aneinander anzugleichen.

Sinnvolles Pegeln auf Sicht

EBU R 128-Messtools eignen sich tatsächlich dazu nach Sicht zu Pegeln, was gerade unter schwierigen Hörbedingungen, wie zum Beispiel in einem Übertragungs-Wagen oder bei langen Arbeitstagen, sehr nützlich ist. Außerdem befähigt es auch Nicht-Toningenieure Material mit vernünftigen Pegeln abzuliefern.

Quellen

J. Stroessner, Masterarbeit: Integration von Lautheitsmessung und – pegelung in digitale

Live- und Produktionsmischpulte (HdM Stuttgart, 2011)

Florian Camerer – Auf dem Weg ins Lautheitsparadies

(FKTG 12/2010, Fachverlag Schiele und Schön, Berlin)

Lautheit im SWR Fernsehen. (R. Fiegel, 25.02.2011)

Loudness in production and broadcast (F. Krückels, 08.11.2012 Detmold)

Technische Richtlinien (ARD, ZDF, ORF; Dezember 2006)