

Im Schatten der Lautheit

Eine Betrachtung der *Loudness Range*

Ogleich mit der *Loudness Range* (Lautheitsbereich) ein international standardisiertes Verfahren zur Bestimmung der Makrodynamik von Audiosignalen existiert, werden die Möglichkeiten dieser Messgröße in der Praxis häufig verkannt. So darf sie doch neben der Programmlautheit als eines der wichtigsten Elemente für die technische Umsetzung eines konsistenten Lautheitskonzepts gelten. Insbesondere automatische Lautheitsprozessoren, wie das LC1-System, die die *Loudness Range* in ihrem Steuerverhalten berücksichtigen, profitieren von weniger Signaleingriffen und vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten.

Einleitung

Die Lautheitsaussteuerung, basierend auf dem in ITU-R BS.1770 beschriebenen Verfahren, hat die Spitzenpegelaussteuerung im Bereich des Rundfunktons absehbar abgelöst. Ein wichtiges Ziel dieser Umstellung ist es, dem Endverbraucher eine Lautheitskorrektur mittels Fernbedienung zu ersparen. Ferner soll der Wettbewerb um einen Lautheitsvorteil zwischen verschiedenen Anbietern beendet und damit wieder eine größere, kreative Freiheit in Bezug auf die dynamische Ausgestaltung des Sendesignals ermöglicht werden. Für diese Anliegen setzt sich insbesondere die 2008 gegründete Arbeitsgruppe *PLoud* der EBU ein. Aus dem Arbeitsprozess dieser Gruppe entstand die Empfehlung R-128 für die europäischen Rundfunkanstalten, die die Messverfahren der ITU übernimmt, erweitert und zusätzlich Hilfestellung zur Umsetzung der Lautheitsaussteuerung in der Produktion und Distribution leistet.

Im Folgenden soll die EBU-spezifische Messgröße *Loudness Range* (LRA = Lautheitsbereich) näher betrachtet und ihr Konnex zur Lautheit erörtert werden. Die LRA ist eine zusätzliche Messgröße der EBU, die die Veränderung der Lautheit innerhalb eines Programms, sprich das dynamische Verhalten der Lautheit beschreibt. Da die Programmlautheit nur für ein ganzes Programm, nicht aber für einen Abschnitt definiert ist, wird der Berechnung der LRA die kurzzeitig gemittelte Lautheit zugrunde gelegt. Die Dauer des dabei gewählten Zeitintervalls hat einen entscheidenden Einfluss bei der Interpretation des Werts, da bei Dynamik zwischen Mikro- und Makrodynamik unterschieden werden muss.

Mikrodynamik

Die Mikrodynamik beschreibt die Lautheitsbeziehung kurzer, aufeinanderfolgender Abschnitte. Also etwa das energetische Ver-

hältnis aufeinander folgender Sprachlaute (Wortakzente). In der Musik beschreibt sie zum Beispiel das Verhältnis der Anschlagsenergie zum Ton (Akzent). Um die Mikrodynamik zu verändern, wählt man in einem Kompaner relativ kurze Attack- und Release-Zeiten.

Bei Sprachsignalen etwa wird eine zu geringe und damit meist ungünstig veränderte Mikrodynamik als „Pumpen“ wahrgenommen. Denn natürlicherweise ist bei ruhiger Sprache der dynamische Unterschied von Atmung zu einsetzendem Laut recht deutlich. Durch ungünstige Kompression wird diese Differenz wesentlich verkleinert und die Sprache damit unruhiger. Als Stilmittel ist das legitim, im Sinne einer transparenten Audioübertragung jedoch unerwünscht.

Die im Zuge des „Loudness Wars“, also des Wettbewerbs um die Energiemaximierung von Signalen innerhalb der Beschränkungen des jeweiligen Distributionswegs (Spitzenpegelnormalisierung), in den Fokus geratene Hyperkompression wird typischerweise durch Brickwall-Limiter realisiert (zum Beispiel Sequoia – sMax11). Dabei handelt es sich um Limiter mit sehr kurzen Attack- und Release-Zeiten (1–2 ms). Die dynamischen Veränderungen sind singulär betrachtet noch kürzer als einzelne Sprachlaute oder Schläge und somit kaum wahrnehmbar. Allerdings verändert sich mit jedem Regelvorgang, durch die vergleichsweise hochfrequente Modulation des Signaleingriffs, der Klang und es kann überdies zu Verzerrungen kommen. Je häufiger und stärker geregelt wird, desto

ausgeprägter sind die Klangveränderungen. Falls so stark geregelt wird, dass der Limiter bei jeder Silbe oder jedem Schlag den Pegel reduziert, verändert sich neben dem Klang auch hörbar das mikrodynamische Verhalten, da die Energie der lautesten Signalabschnitte ein konstantes Maximum erreicht. Durch eine Gain-Anhebung des Gesamtsignals können nur noch leisere Abschnitte lauter gemacht werden, was zu einer Verringerung des Energieunterschieds zwischen einzelnen Abschnitten und damit zu einer geringeren und unnatürlicheren Mikrodynamik führt.

Makrodynamik

Die Makrodynamik beschreibt die in längeren Abschnitten ermittelte Energiebeziehung. Also zum Beispiel die Änderung der Energie innerhalb eines oder mehrerer Sprachsätze oder in der Musik die Dynamikänderung über mehrere Takte hinweg (etwa crescendo oder der Kontrast zwischen piano und forte). Die gewollte Makrodynamik hat dabei vor allem eine künstlerische Bedeutung und verleiht dem Ton mehr Ausdruck.

Bei Sprache beeinflusst die Makrodynamik den Satzaccent, gegebenenfalls auch über mehrere Sätze hinweg. Ein Wortbeitrag, zum Beispiel mit rein informativem Charakter, weist eine eher geringere Makrodynamik auf als ein künstlerischer Wortbeitrag. Und natürlich erlebt man im Kino oder Sinfoniekonzert meist eine hohe Makrodynamik, was einen nicht unwesentlichen Reiz dieser Veranstaltungen ausmacht.

Messverfahren der *Loudness Range*

Die in der EBU R-128 definierte LRA misst die Makrodynamik eines Audiosignals [1]. Die kurzzeitige Lautheit wird entsprechend der Short-Term-Lautheitsmessung aus drei Sekunden langen, sich überlappenden Abschnitten bestimmt. Die Differenz der Lautheit zwischen den lautesten 5% und leiseren 10% der in die Messung eingeflossenen Short-Term-Werte definiert die LRA in der Einheit *Loudness Units* (LU) (Bild 1). Nicht in die Messung fließen Short-Term-Werte ein, die

Dipl.-Ing. **Toni Engel** ist Senior-Broadcast- sowie DSP-Ingenieur bei Magix und Mitglied der EBU-*PLoud*-Gruppe



Christian Hartmann (B.A.) ist Projektleiter im Sachgebiet Produktionssysteme Audio am IRT und Mitglied der EBU-*PLoud*-Gruppe



Förderfirma – www.irt.de

durch einen mehrstufigen Gating-Mechanismus ausgefiltert werden. Hierdurch reagiert der Algorithmus nicht auf Stille oder Hintergrundrauschen und wird damit in der Praxis robuster. Bei der LRA handelt es sich um einen statistischen Wert, dessen Zuverlässigkeit mit der Menge der gesammelten Messwerte wächst. Die LRA ist daher für Signale, die eine Dauer von 30 Sekunden unterschreiten, meist nur von begrenzter Aussagekraft.

Durch diese Definition der LRA hat die EBU eine Kenngröße der Makrodynamik standardisiert, die einen direkten Bezug zur Lautheit hat. Der von TC Electronic entwickelte Algorithmus wurde 2009 der EBU quelloffen und patentfrei zur Verfügung gestellt und ist seit 2010 als Begleitdokument *Tech 3342* offizieller Bestandteil der EBU R-128. Die LRA ist im Gegensatz zur Lautheit selbst nicht bei der ITU standardisiert.

Die LRA wurde im Zuge des *PLoud*-Arbeitsprozesses sorgfältig evaluiert und anhand zahlreicher Beispiele diskutiert. Leider wurden bislang jedoch keine belastbaren psychoakustischen Untersuchungen durchgeführt, die die direkte Relation der LRA zur subjektiv wahrgenommenen Lautheitsschwankung eines Programms untersuchen. Dennoch existieren zu diesem Zeitpunkt bereits umfangreiche Praxiserfahrungen und die Gewissheit, dass ein praxistauglicher Zusammenhang zumindest für die Mehrzahl aller rundfunküblichen Signale angenommen werden kann.

Die LRA ist im Übrigen kein geeignetes Maß zur Erkennung von Hyperkompression. Viele hyperkomprimierten Musikstücke haben jedoch eine geringe Makrodynamik und damit einen niedrigen LRA-Wert.

Anwendung des Algorithmus

In der Praxis findet die *Loudness Range* (LRA) im Vergleich zur Lautheit eher selten Beachtung, obwohl sie ein wichtiges Element für die technische Umsetzung eines konsistenten Lautheitskonzepts ist. Häufig werden einzelne Sender und Programme zwar zueinander bezüglich der Programmlautheit nivelliert, also über einen längeren Zeitraum hinweg. Ist aber innerhalb eines Programms zu viel Dynamik vorhanden, muss der Fernsehzuhörer dennoch zur Fernbedienung greifen. Das primäre Ziel der Lautheitsaussteuerung ist hierdurch gefährdet. In verschiedenen Untersuchungen [2,3] konnte ermittelt werden, dass 95% der Probanden einen plötzlichen Lautheitsanstieg >5 LU sowie einen schnellen Lautheitsabfall >8 LU als störend empfinden und gerne manuell nachregeln würden. Daraus lässt sich ableiten, dass bei

einer Kombination von Programminhalten mit hoher und niedriger Dynamik (zum Beispiel auch durch Zapping) eine herkömmliche Normalisierung der Lautheit mit konstantem Gain-Faktor nicht ausreichend ist, um unerwünschte Lautheitssprünge zu verhindern.

Der Radiohörer kennt Lautheitsschwankungen diesen Ausmaßes vor allem von Unterhaltungswellen nicht, da im Hörfunk häufig eine Optimierung der Signalenergie zu Gunsten einer besseren Erreichbarkeit unter ungünstigen Empfangsbedingungen (etwa im PKW) erfolgt. Ein kausaler Zusammenhang zwischen der Energie des Sendesignals und der Empfangsqualität ist zwar nicht in jedem Fall gegeben und stark von den jeweiligen Umfeldbedingungen abhängig [4], dennoch kommt das zuvor beschriebene Vorgehen in der Praxis meist zur Anwendung und führt zu einer sehr geringen Makro- und Mikrodynamik bei den meisten Massenprogrammen. Für die zukünftige Planung gilt es zu beachten, dass sich die Verbreitungswege im Hörfunk weiter diversifizieren und eine UKW-ähnliche Optimierung der Signalenergie für die digitale Verbreitung nicht zweckmäßig ist.

Die Wahl einer geeigneten Schwankungsbreite der Lautheit, in Abhängigkeit des Programmmaterials, des Zielpublikums sowie des Übertragungsweges kann daher entscheidend zum Hörkomfort in Hörfunk und Fernsehen beitragen. Die LRA ist hierfür eine geeignete Messgröße. Sie signalisiert, ob Lautheitssprünge im Signal einen Nutzer veranlassen könnten, zur Fernbedienung zu greifen bzw. gibt Hinweise darauf, ob die Schwankungsbreite der Lautheit möglicherweise zu gering ist.

Am sinnvollsten wäre eine Begrenzung der Dynamik unmittelbar im Endgerät, da hier die meisten Informationen über Nutzer und Wiedergabesituation zur Verfügung stehen. Eine derartige endgeräteseitige Anpassung hat sich in der Vergangenheit jedoch als fehleranfällig erwiesen und überfordert häufig den durchschnittlichen Anwender. Einen guten Kompromiss stellt daher die produktionssei-

tige Anpassung der LRA in Abhängigkeit des Verbreitungswegs dar, da der Übertragungskanal und die Programmausrichtung häufig bereits umfangreiche Rückschlüsse auf die Präferenzen der Zielgruppe sowie die durchschnittliche Abhörsituation zulassen.

Produktionsseitig sollte genau abgewogen werden, wie viel Makrodynamik beabsichtigt und welche Größenordnung womöglich ungewollt ist. Makrodynamik kann nur da sinnvoll sein, wo auch ein inhaltlicher Bezug besteht und mit ihrer Hilfe etwas zum Ausdruck gebracht werden soll. Dynamik sollte nicht als Selbstzweck missverstanden werden. Andererseits ist eine einmal geminderte Dynamik stets unwiederbringlich verloren und ist später nicht mehr zuverlässig rekonstruierbar.

Gegenwärtiger Stand der Lautheitsaussteuerung

Das öffentlich-rechtliche Fernsehen, zusammen mit den großen privaten TV-Anbietern in Deutschland, senden ihr Programm bereits seit Ende August 2012 nach dem neuen EBU-Lautheitsstandard aus. Im Hörfunk dagegen sind die technischen Voraussetzungen auf Grund der immer noch hohen Bedeutung des analogen Distributionswegs schwieriger: Die Lautheitsaussteuerung kann in der analogen Domäne schlimmstenfalls zu Reichweiteeinbußen in den Randbereichen des Versorgungsgebiets führen. Das ist eine nicht tragbare Einschränkung für viele Programmverantwortlichen. In der ARD ist man dennoch von den substantiellen Vorteilen der Lautheitsaussteuerung überzeugt und hat daraufhin angepasste Nutzungskonzepte für die Hörfunkproduktion entwickelt, die Reichweitenverluste gänzlich ausschließen und sich derzeit in der Erprobung befinden. Im Vergleich zum Fernsehen richtet sich ein weiteres Augenmerk dieser Planungen, neben einer bloßen Anpassung der mittleren Lautheit, häufig auch auf eine weiterführende Harmonisierung der Makrodynamik eines Programms auf Basis der LRA.

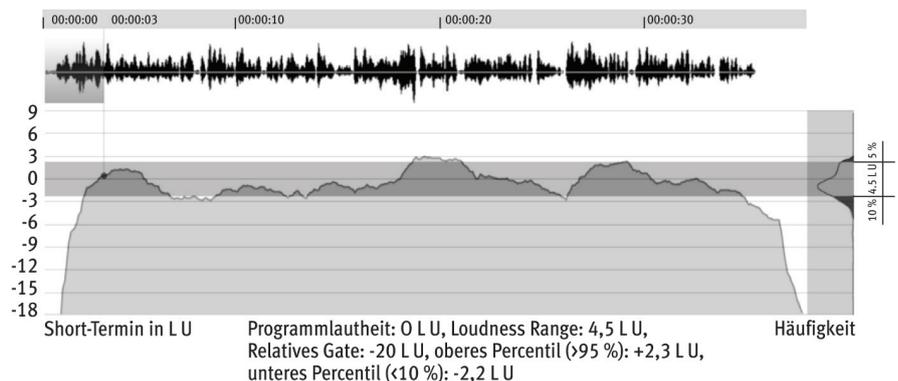


Bild 1. Systematische Darstellung der LRA-Messung

Lautheitssteuerung ohne Berücksichtigung der LRA?

Die Programmlautheit im Sinne der EBU ist, wie zuvor beschrieben, eine Messgröße die über die gesamte Länge eines Programms, und damit sehr langfristig definiert ist. Für die Steuerung der Programmlautheit in Echtzeit mithilfe sogenannter Lautheitsprozessoren ergeben sich hieraus – und durch die Nichtberücksichtigung einer Dynamik-Messgröße – erhebliche Probleme. Eine Zielsetzung von Lautheitsprozessoren ist es, neben der Nivellierung der mittleren Programmlautheit auch eine Reduktion unerwünschter Lautheitssprünge im Signal zu erreichen. Bei Lautheitssprüngen handelt es sich jedoch zumeist um kurzfristige, mikrodynamische Veränderungen eines Audiosignals und, anders als die Bezeichnung vermuten lässt, nicht um ein Signalverhalten, das durch die Programmlautheit gemäß EBU-Definition erfasst oder beseitigt werden kann. Eine Lösung – auf die viele Prozessoren deshalb zurückgreifen – ist die Messung und Anpassung der Programmlautheit über einen vergleichsweise kurzen Zeitraum hinweg. Dabei wird jedoch die natürliche Dynamik des Eingangssignals in Ermangelung eines Messverfahrens häufig nicht erfasst und durch den Prozessor unter Umständen stark verändert – ein in der Praxis unerwünschter Effekt. **Bild 2** zeigt den originalen Verlauf der Short-Term-Lautheit eines Testsignals (blau). In rot dargestellt ist der Lautheitsverlauf desselben Signals nach der Bearbeitung mit einem proprietären Lautheitsprozessor mit einer kurzen Regelkonstante von zehn Sekunden. Es ist gut zu erkennen, dass der ursprüngliche Verlauf, und damit auch die Lautheitsdynamik, durch die Signalbearbeitung stark verändert wurde.

Einen anderen Ansatz verfolgen Lautheitsprozessoren wie das in Kooperation von IRT und Magix entwickelte LC1-System, das die Lautheitsdynamik in Form der LRA in Echtzeit bestimmen kann und dem Anwender die Mög-

lichkeit eröffnet, die mittlere Lautheit und die Lautheitsdynamik eines Signals unabhängig voneinander zu steuern. Die mittlere Lautheit wird dabei, wie in jedem Echtzeitprozess, nicht über das gesamte Programm betrachtet, sondern nur in einem begrenzten Zeitabschnitt. Dieser ist jedoch sehr lang gewählt, sodass eine Gain-Anpassung für den Nutzer nicht zu subjektiv wahrnehmbaren Veränderungen führt. Das entspricht in etwa der Handlungsweise eines Toningenieurs, der unter Korrektur der Mischpultsumme über längere Zeiträume einen angestrebten Lautheitszielwert ansteuert.

Störende Lautheitssprünge hingegen, die als Lautheitsdynamik zu interpretieren sind, können durch die Festlegung einer Obergrenze für die LRA entweder im Original beibehalten oder in genau definiertem Maße reduziert werden. Der Lautheitsverlauf entspricht hierbei, wie im Bild 3 ersichtlich, den Relationen des Eingangssignals zum eingestellten Zielwert der Programmlautheit. Die LRA-Regelung trägt in Lautheitsprozessoren, die eine Dynamikgröße berücksichtigen, also primär dazu bei, die im Signal vorhandene Lautheitsdynamik zu erkennen und diese bestmöglich zu erhalten. Sekundär können darüber hinaus störende Lautheitssprünge auf einen vom Nutzer genau definierten Schwankungsbereich reduziert werden. Eine möglichst nondestruktive Lautheitssteuerung in Echtzeit ist demnach nur unter Einbezug einer Dynamikgröße möglich.

Echte LRA-Steuerung vs. Kompression

Während herkömmliche Kompressoren in der Regel Spitzenpegel, also kürzeste dynamische Veränderungen messen und bearbeiten, wird die LRA von Urheber TC Electronic als eine makroskopische Dynamikmessgröße beschrieben [1]. Gerade diese Eigenschaft macht sie für eine Anpassung der dynamischen Charakteristik eines Audiosignals

äußerst interessant, da Signalspitzen nicht einzeln erfasst und folglich durch einen LRA-basierten Regelprozess auch nicht dezidiert bearbeitet werden. In der Praxis bedeutet das, dass nicht wie durch einen Kompressor hochpegelige Signalspitzen reduziert werden, sondern lediglich die Leistungshüllkurve eines Signals zeitvariant nivelliert wird. **Bild 4** und **Bild 5** zeigen die Auswirkungen der beiden unterschiedlichen Regelprozesse auf ein Audiosignal.

Voraussetzung hierfür ist allerdings die Verwendung einer „echten“ LRA-Steuerung, die unmittelbar in Echtzeit mit frequenzgewichteten Leistungswerten (EBU-Lautheitswerten) operieren kann. Vor allem Anbieter filebasierter Tools zur LRA-Anpassung greifen jedoch regelmäßig auf herkömmliche Kompressoren zurück, welchen lediglich eine EBU-Lautheitsmessung nachgeschaltet wird. Durch einen iterativen Optimierungsprozess werden in Folge die korrekten Parameterinstellungen des Kompressors zur Erreichung einer bestimmten LRA-Obergrenze ermittelt. Ein direkter Bezug zwischen Kompressor und LRA existiert hierbei nicht. Ebenfalls muss bei den Resultaten mit kompressor-typischen, signalabhängigen Eingriffen in die Mikrodynamik des Audiomaterials gerechnet werden, während diese durch eine „echte“ LRA-Steuerung weitgehend vermieden werden können. Die LRA-Steuerung erhält demnach natürliche Transienten besser, die Dynamik wird im Idealfall nur soweit verändert, wie es subjektiv notwendig ist, um eine geringere Schwankungsbreite der Lautheit zu erreichen.

Interessant ist zudem die Beobachtung, dass die hörbaren Folgen einer Dynamikveränderung oft mehr auf den Bearbeitungsprozess zurückgehen, als auf die Dynamikreduktion als solche. Man spricht im Zusammenhang mit Kompressoren ja auch von unterschiedlichem Klangcharakter verschiedener Geräte. Die „echte“ LRA-Steuerung zeigt hierbei in ersten, informellen Hörtests gegenüber

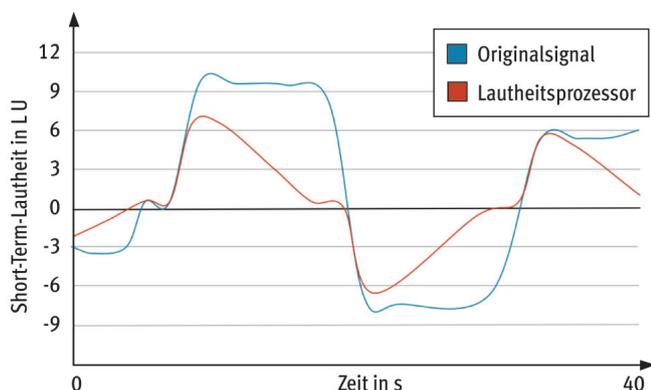


Bild 2. Veränderung der Lautheitsdynamik durch einen Lautheitsprozessor

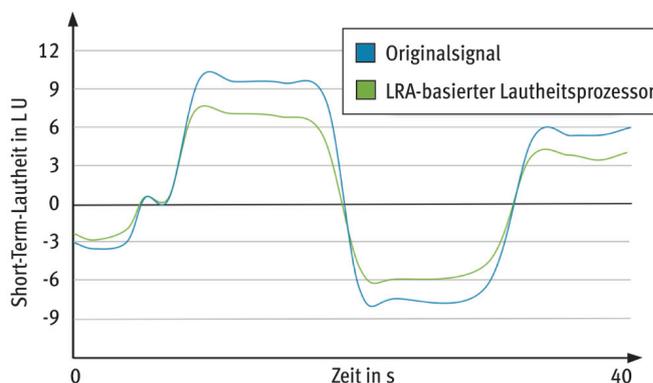


Bild 3. Steuerung von Lautheit und Lautheitsdynamik durch einen LRA-basierten Lautheitsprozessor

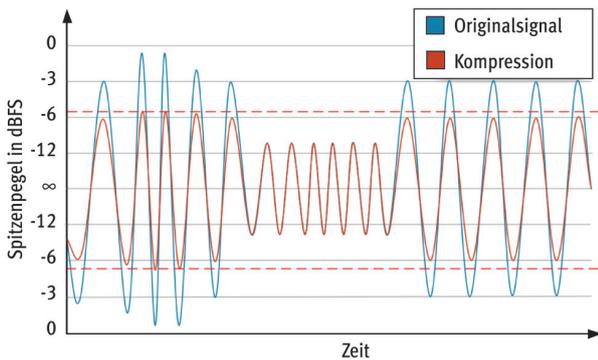


Bild 4. Harte Begrenzung von Signalspitzen durch Kompression

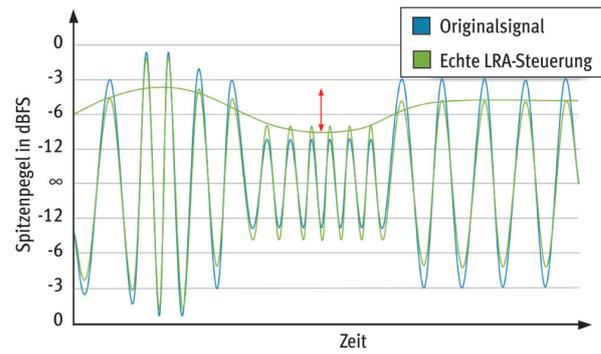


Bild 5. LRA-Steuerung verringert Schwankungen der Signalhüllkurve und erhält Signalspitzen

einer vergleichbaren Dynamik-reduktion via Kompressor, eine geringere Wahrnehmbarkeit des Signaleingriffs. Das kann unter anderem auf den besseren Erhalt der Mikro-dynamik und Transienten zurückgeführt werden.

Das LC1-System: Konzept und Anwendungen

Der LC1 (Continuous Loudness Control) ist ein in Kooperation von IRT und Magix entwickelter Prozess zur Steuerung der Lautheit und Loudness-Range, der sowohl in Echtzeit, als auch im Rahmen filebasierter Serversysteme genutzt werden kann. Das LC1-System greift das zuvor beschriebene Konzept der Lautheitssteuerung unter Einbezug einer subjektiven Dynamikmessgröße auf, mit der Zielsetzung, die originalen Lautheitsdynamik-Verhältnisse bestmöglich zu bewahren. Bei der Entwicklung wurde hierfür die LRA nach EBU Tech 3342 als internationaler standardisierter Messwert herangezogen. Das LC1-System unterstützt ebenfalls eine Lautheitsregelung nach ITU-R BS.1770 sowie ATSC A/85 und macht die LRA auch im Umfeld dieser Standards nutzbar. Darüber hinaus ist der LC1 in der Lage, sein zeitliches und spektrales Regelverhalten adaptiv an die Charakteristik des Eingangssignals anzupassen und strebt hierdurch eine bestmögliche Verbindung von klanglicher Neutralität und Artefaktfreiheit (Pumpen und Verzerrung) an. Der Prozess kann hierfür die LRA in mehreren Frequenzbändern getrennt regeln, nutzt diese Fähigkeit jedoch nur, solange sie der Verzerrungs-

freiheit zugute kommt, sodass die Verteilung der spektralen Leistungen und damit auch die Klangfarbe unbeeinträchtigt bleiben. Zudem folgt das Zeitverhalten des Regelprozesses (Attack, Release) einer Hüllkurve des zu bearbeitenden Signals, deren Detailgrad sich dem spektralen Signalgehalt anpasst.

Trotz des aufwendigen Steuerverhaltens wurde bereits während der Designphase ein möglichst einfaches Bedienkonzept angestrebt, das eine Steuerung mittels lediglich zweier Parameter erlaubt: Der Ziellautheit sowie, falls gewünscht, einer Obergrenze für die LRA (Bild 6). Der LC1 kann damit in der Produktion auch von einem technisch weniger versierten Anwenderkreis genutzt werden, bietet Spezialisten aber die Möglichkeit einer aufwendigen Anpassung, zum Beispiel an verschiedene Programmgenres, wie Wortinhalte, Pop oder klassische Musik. Wichtige Anwendungsbereiche des LC1 sind folglich etwa die zeiteffiziente Beitragserstellung im Aktualitätensegment und der Videopostproduktion, wobei die Normalisierungsergebnisse bereits während des Schnitts in Echtzeit vorgehört werden können. Der Umstand, dass der LC1 – wie jeder für die Echtzeitanwendung geeignete Prozess – die Lautheit und Lautheitsdynamik über ein bestimmtes, wählbares Zeitfenster ermittelt, kann in Zusammenhang mit der Identifizierung und Erhaltung der originalen Signaldynamik sogar als vorteilhaft gewertet werden: Im Vergleich zu anderen Lautheitskorrekturverfahren, die immer nur die Betrachtung eines gesamten Programms erlauben, können bei der file-

basierten Nutzung des LC1 Lautheitsfehler und unangemessen starke Schwankungen der Lautheitsdynamik auch innerhalb von längeren, vorproduzierten Beiträgen erkannt und behoben werden. Dieser Umstand ist für den serverbasierten Einsatz (etwa über das Programmmodul QIS von Sequoia) im Rahmen der Sendeabwicklung bei Hörfunk und Fernsehen interessant. Ebenfalls ist eine Signalloptimierung von Podcasts für die Abhörbedingungen auf mobilen Endgeräten und PCs auf diese Weise möglich. Nicht zuletzt kann das LC1-System in einer Hardware-Variante zur automatischen Echtzeitanpassung der Lautheitsdynamik an die Anforderungen verschiedener Distributionswege genutzt werden. Eine gute Durchhörbarkeit von Radioprogrammen mit dynamisch inhomogenen Inhalten ist somit zum Beispiel auch für den UKW-Empfang im PKW zu realisieren.

Für das derzeitige Soundprocessing im Hörfunk ergeben sich hierdurch keine Nachteile. Im Gegenteil ist es möglich, die bisher zur Dynamikkontrolle verwendeten Werkzeuge in ihrer Intensität zu verringern und damit neue, kreative Freiheitsgrade zu erschließen. |

Schriftum

- [1] Skovborg, E.: Loudness Range (LRA) – Design and Evaluation. Proc. of the AES 132nd Convention, Budapest/Ungarn, 2012.
 - [2] Skovborg, E.; Lund, T.: Loudness Descriptors to Characterize Wide Loudness-Range Material. Proc. of the AES 127th Convention, New York, 2009.
 - [3] Spikofski, G.; Altendorf, P.; Hartmann, C.: User Evaluation on Loudness Harmonisation on the Web. Proc. of the AES 132nd Convention, Budapest/Ungarn, 2012.
 - [4] Everdingen, R.; Grimm E.: Loudness alignment in radio receivers & the range of FM transmitters. 16. EBU Ploud meeting, Wien/Österreich, 7. Oktober 2013.
- Spezifikationen der EBU R-128 unter: <https://tech.ebu.ch/loudness>
 Genauere Beschreibung zum LC1 unter: <http://pro.magix.com/de/audio-plugins/lc1-continuous-loudness-control/im-ueberblick.1824.html>



Bild 6. Einfaches Bedienkonzept trotz komplexer Algorithmik – die GUI des LC1