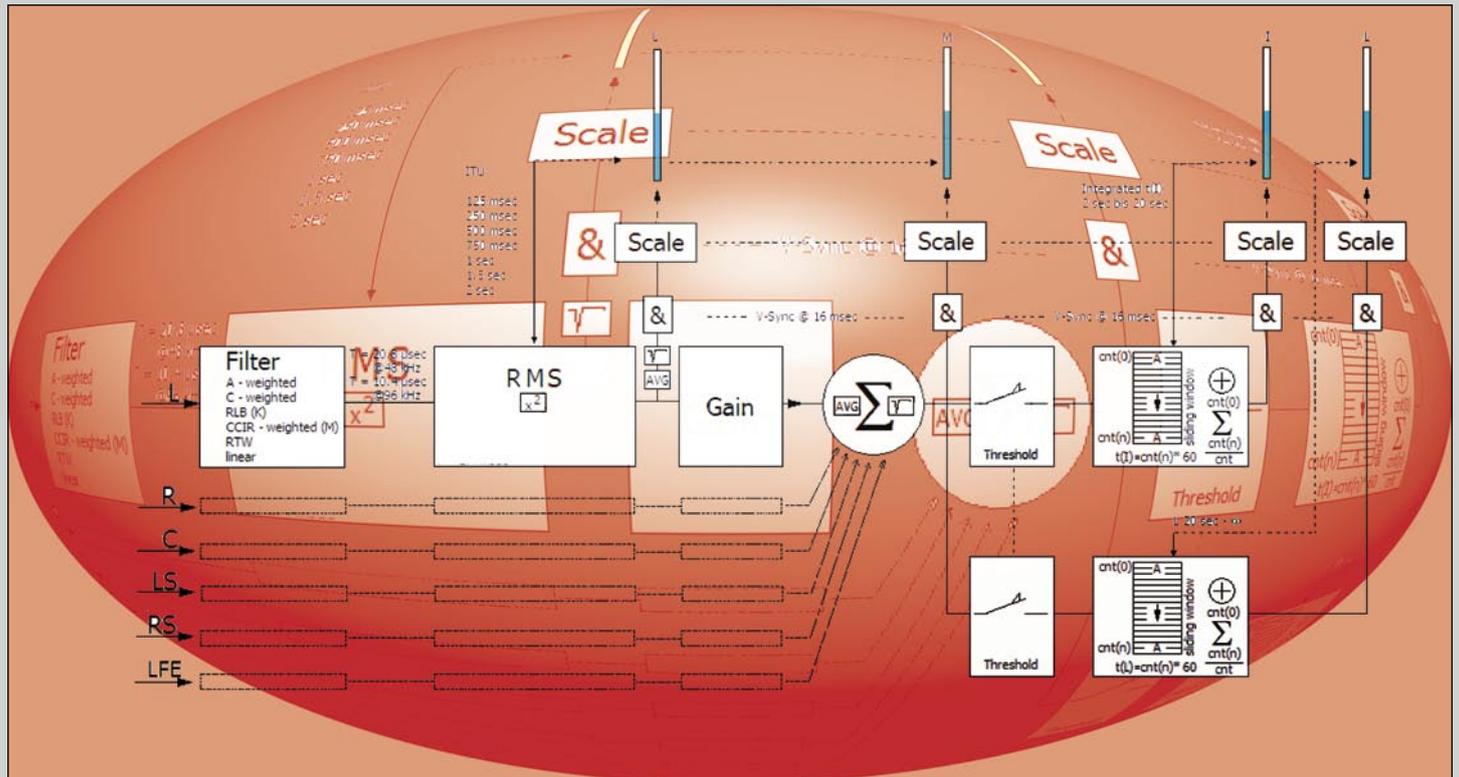


Wachablösung

Michael Kahsnitz, RTW

Abbildungen: RTW

Lautheitsmessung in Broadcast und Produktion



Noch nie in der Geschichte von Rundfunk und Fernsehen waren die technischen Voraussetzungen für eine hohe Audio-Signalqualität so gut wie heute. Der verfügbare Dynamikbereich auf der Produktions- und Senderseite – und mit Einführung von DAB plus auch auf der Empfangsseite – genügt längst auch gehobenen Ansprüchen, wird aber leider bisher nur in Ausnahmefällen sinnvoll genutzt. Stattdessen bestimmen Werbung, Sender-Promos und Popmusik mit gegen Null strebender Programmdynamik als Ergebnis eines absurden Lautheits-Wettbewerbs sowie extreme Lautheits-Sprünge zwischen unterschiedlichen Programmformaten und Sendern das Bild der Rundfunk- und Fernsehlandschaft, wie es der nicht ohne Grund zunehmend verärgerte Konsument heute wahrnimmt. Gleichzeitig haben sich die Gewohnheiten und Werkzeuge für die Messung von Audiosignalen in den Sendern noch nicht durchgängig der aktuellen Situation angepasst – sie stammen vielfach aus der Zeit, als es galt, angesichts knapper Dynamik-Ressourcen möglichst kein dB zu verschenken und

sich in erster Linie am technisch möglichen Maximalpegel zu orientieren. Auch wenn die Tage des klassischen Peakmeters ganz sicher alles andere als gezählt sind, sollte im Mittelpunkt der visuellen Signalanalyse im Produktions- und Sendebereich heute die Lautheitsmessung stehen. Nur dann, wenn unterschiedliche Programmteile nicht mehr ausschließlich hinsichtlich ihres Spitzenpegels, sondern anhand ihrer Lautheit beurteilt und auf dieser Basis normalisiert werden, lässt sich der heute beim Zuschauer zur lästigen Gewohnheit gewordene Griff zur Fernbedienung zwecks Anpassung der Wiedergabelautstärke künftig wirkungsvoll unterbinden. Der Einsatz von Metadaten und die Einschränkung der Programmdynamik auf der Wiedergabe-seite (DRC) sind zwar potentiell hilfreiche Werkzeuge zur Verbesserung der Situation; leider werden sie allerdings bislang nicht großflächig genutzt, was seine Ursache vermutlich nicht zuletzt in den Schwierigkeiten des Fernsehzuschauers oder Hörers bei der Programmierung eines modernen AV-Receiver hat.



Michael Kahsnitz ist Technischer Leiter der Kölner Hersteller- und Vertriebsfirma RTW, die auf Audio-Messtechnik und Geräte zur Visualisierung von Audiosignalen spezialisiert ist. Kahsnitz arbeitet bereits seit 1989 für das Unternehmen; zu seinen Aufgabengebieten zählen der Technische Support, die technisch-strategische Ausrichtung sowie die Koordination von Entwicklung, Fertigung, Support und Vertriebsaktivitäten.

Wie sich leicht nachvollziehen lässt, besteht der erste Schritt auf dem Weg zu einer konsistenten Programmlautheit darin, geeignete Methoden und Werkzeuge zu ihrer Messung an verschiedenen Punkten der Produktions- und Distributionskette bereitzustellen. Unbedingte Voraussetzung dafür sind verbindliche Standards, mit denen die Vergleichbarkeit von Messergebnissen erst möglich wird. Die ITU (International Telecommunication Union) beschäftigt sich seit geraumer Zeit mit der Definition entsprechender Vorgaben (BS.1770/1771), die allerdings derzeit noch den Status von Empfehlungen haben; die EBU-Projektgruppe P/Loud arbeitet mit einem internationalen Team an entsprechenden Richtlinien und ihrer schnellen Umsetzung durch die europäischen – und wenn möglich natürlich auch die internationalen - Sendeanstalten.

Ins Bewusstsein der deutschen Radiohörer und Fernsehzuschauer ist die Thematik wohl erstmals gegen Ende der 80er Jahre gerückt, als die privaten Hörfunksender damit begannen, den sorgfältig ausbalancierten Programmen der öffentlich-rechtlichen Sendeanstalten ihre nach ganz anderen Gesichtspunkten gefahrenen Sendungen entgegen zu setzen. Hier ging es plötzlich um einen möglichst hohen Aufmerksamkeitsgrad beim Hörer, der nicht zuletzt durch eine maximale subjektive Lautheit erzeugt werden sollte. Bereits in dieser Zeit begann der Hersteller RTW damit, sich mit der Thematik zu befassen; die Grundlage dazu bildeten umfangreiche Forschungsarbeiten von Tonmeister Klaus Wagner. Das Ergebnis war eine eigene Bewertungskurve, die dann Anfang der 90er Jahre in die ersten RTW-Peakmeter mit integrierter Lautheitsmessung implementiert wurde.

Grundlagen

Während die messbare Lautheit in erster Linie von Schalldruck und Frequenz bestimmt wird, hängt die subjektiv empfundene Lautheit eines Hörers zusätzlich noch von vielen weiteren Einflüssen ab, die sich messtechnisch kaum abbilden lassen. Dazu gehören beispielsweise Alter und Geschlecht

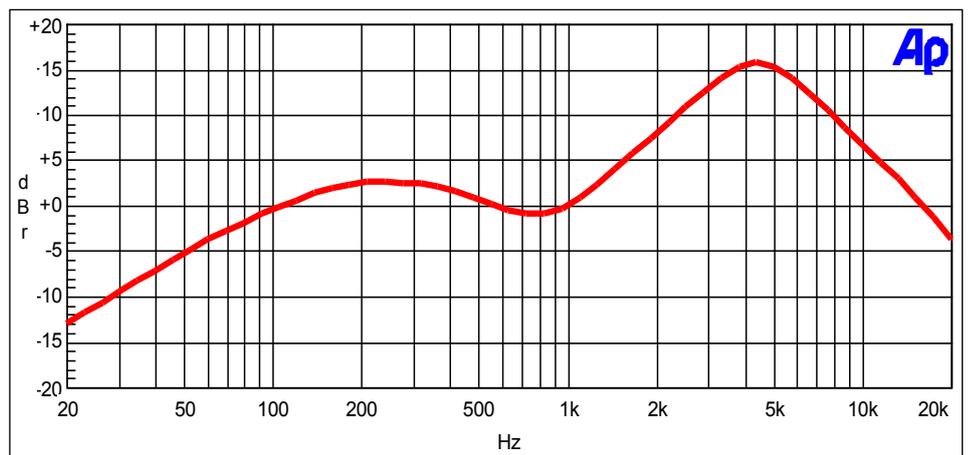


Abbildung 1: Die ISO-Kurve R26

des Hörers, die Art der Darbietung im Hinblick auf die kulturelle Herkunft des Rezipienten, Stimmung und Geschmack sowie nicht zuletzt auch das individuelle Interesse am Programminhalt sowie die Hördauer – für die berühmte ‚Fahrstuhlmusik‘ gelten sicherlich völlig andere Kriterien als für konzentrierten, aktiven Musikgenuss. Bleiben wir aber bei den für eine Messung relevanten Parametern: Neben einer Frequenzbewertung spielt auch die Leistungsmessung und damit die Dauer einer Signalkomponente eine wichtige Rolle – ein kurzer Knackser wird auch mit hohem Pegel noch toleriert, während ein Signal längerer Dauer mit gleichem Pegel völlig inakzeptabel wäre. Es sollte nach unseren Er-

kenntnissen deshalb eine bewertete RMS-Messung mit einer Integrationszeit größer als 250 Millisekunden erfolgen. Zudem ist auch eine Bewertung des Programms mit Hinblick auf die erwartete Zielgruppe hilfreich – ein Autofahrer hat völlig andere Ansprüche an den Dynamikbereich als beispielsweise der Hörer klassischer Musik in einer entspannten Abhörsituation zuhause. Schließlich muss eine Lautheitsmessung auf verlässlichem Statistik-Material basieren – die McGill-Universität, IRT, ITU, Zwicker und RTW sind einige Beispiele für mögliche Quellen solcher statistischen Erhebungen.

Die von RTW genutzten Untersuchungen zur Lautheit basierten ursprünglich auf der ISO-Kurve R26 (siehe Abbildung 1). Diese Kurve wurde später im Rahmen aufwändiger Versuchsreihen, an denen sowohl Fachleute als auch Laien als Hörer beteiligt waren, verfeinert. Schließlich stellten nur noch 2,2 Prozent der Probanden subjektiv große Unterschiede zwischen verschiede-

nen Hörbeispielen fest, die mit Hilfe einer RMS-Messung auf Basis der resultierenden Bewertungskurve normalisiert worden waren, während 58% der Probanden eine gute Übereinstimmung angaben.

Die Abbildung 2 zeigt verschiedene andere Frequenzbewertungskurven, darunter als Klassiker die bis heute teilweise von Dolby eingesetzte A-Kurve oder die M-Bewertung, die häufig für die Lautheitsbetrachtung im Kinobereich genutzt wird. Grün dargestellt ist die RLB-Kurve, die als erstes Ergebnis der ITU BS.1770 entstand. RLB steht dabei für ‚Revised Low Frequency B-Curve‘, da diese Bewertungskurve sich im unteren Frequenzbereich von der als Grundlage verwendeten B-Kurve unterscheidet.

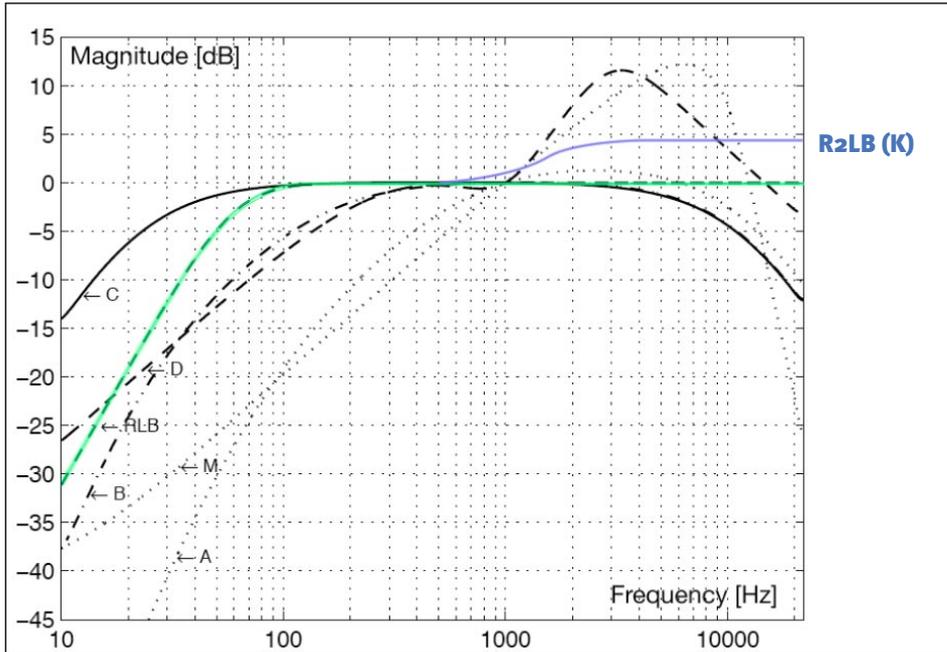


Abbildung 2: Verschiedene Frequenzbewertungskurven.
Die ursprüngliche RLB-Kurve der ITU BS.1770 ist grün dargestellt.

Später wurde diese Kurve durch Hinzufügen eines Preemphasis-Filters noch einmal modifiziert, um die akustischen Auswirkungen des Kopfes besonders bei Surround-Wiedergabe besser zu berücksichtigen.

Das Ergebnis ist die blau dargestellte R2LB-Kurve, die das heute für Lautheitsmessungen nach ITU verwendete Bewertungsfilter darstellt. Auf der Suche nach einer handlicheren Bezeichnung für das Fil-

ter entschied man sich für den Buchstaben ‚K‘, so dass das R2LB-Bewertungsfilter heute offiziell als K-Filter bezeichnet wird. Dies ist im Hinblick auf das vom Mastering-Ingenieur Bob Katz eingeführte ‚K-Metering‘ leider etwas verwirrend und sollte nicht verwechselt werden, zumal Katz sich mit einer durchaus verwandten Problematik befasst.

Natürlich sollte im Sinne einer leichten Vergleichbarkeit neben dem Bewertungsfilter auch die Einheit und die Skala für Lautheitsmessungen standardisiert werden. Nachdem als Einheit zunächst ‚dBLU‘ (LU für ‚Loudness Unit‘) vorgeschlagen worden war, bevorzugen jüngere Empfehlungen eine ‚LKFS‘-Skala: Loudness (L) mit K-Bewertung bezogen auf Full Scale (FS). Man kann also für die Zukunft davon ausgehen, dass die Angabe eines LKFS-Werts immer das Ergebnis einer Lautheitsmessung beinhaltet. Auch wenn das ‚dB‘ hier nicht mehr explizit erwähnt wird, liegt es dieser Bezeichnung natürlich weiterhin zugrunde. Der Bereich und Umfang einer LKFS-Skala ist derzeit nicht definiert; RTW verwendet in seinen Instrumenten einen Anzeigebereich von -31 bis 0 LKFS.

Anforderungen an Lautheitsmessungen

Es ist nach den bisherigen Erfahrungen unrealistisch, die recht unterschiedlichen Anforderungen an Lautheitsmessungen in Produktion, Sendung, Qualitätskontrolle und etlichen anderen Anwendungsgebieten mit einer einzigen Messung bedienen zu wollen. Wie sich bei näherer Betrachtung schnell zeigt, benötigen die einzelnen Aufgabenbereiche recht unterschiedliche Integrationszeiten. So müssen im Produktionsbereich praktisch verzögerungsfrei laufend aktualisierte Ergebnisse von Lautheitsmessungen in Einzelkanälen zur Verfügung stehen, damit beispielsweise bei Live-Übertragungen schnell reagiert werden kann – hier sind also kurze Integrationszeiten gefragt. Gleichzeitig sind bei Produktion und Sendung Summensignalmessungen mit mittlerer Integrationszeit sinnvoll, um etwa die Gesamtlautheit einer Surround-Mischung beurteilen zu können. Solche Messungen liefern unter anderem eine wichtige Tendenzanzeige mit Informationen darüber, in welche Richtung sich die Programm-Lautheit zum Beispiel während der letzten 10 Sekunden entwickelt hat. Für Qualitätskontrolle, Logging und Überwachung sind dagegen Langzeitmessungen der Summensignale mit sehr

langen Integrationszeiten gefordert – etwa im Hinblick auf eine notwendige Dokumentation des Lautheitsverlaufs eines Senders. Die Ergebnisse solcher Messungen können als numerischer Durchschnittswert, aber auch als Kurvendiagramm über der Zeit dargestellt werden.

Wichtig ist darüber hinaus die Definition eines geeigneten Schwellwerts für niedrige Lautheitspegel, damit Modulationspausen oder sehr leise Programmteile nicht in die Mittelwertbildung einfließen können. Der ermittelte Lautheitswert würde sehr laut, aber kürzere Programmteile sonst bei Programm mit hoher Dynamik nicht gut reflektieren. Deshalb ist für die Messungen mit längeren Integrationszeiten der Einsatz eines Gatings sinnvoll, um Signalpausen aus der Berechnung auszuklammern. Natürlich sollte neben der Lautheitsmessung auch der Spitzenwertpegel eines Signals (PPM) jederzeit darstellbar bleiben, damit beispielsweise Übersteuerungen weiterhin erkannt werden.

Implementierung

Die Abbildung 3 zeigt die mögliche Implementierung einer Lautheitsmessung an einem 5.1-Signal nach aktuellen ITU-Empfehlungen am Beispiel eines RTW-Instrumentes. Jedes Einzelsignal durchläuft zu-

nächst die von einem Vorfilter und dem RLB-Filter gebildete K-Bewertung sowie einen RMS-Detektor als erste Integrationsstufe mit einer auf Werte zwischen 125 Millisekunden und 2 Sekunden einstellbaren Zeitkonstante. Da die aktuellen Empfehlungen für diese Integrationszeit bisher noch keinen festen Wert vorschreiben, ist dieser Parameter derzeit variabel ausgeführt – und damit ein erster Unsicherheitsfaktor, der einer Vergleichbarkeit von Messungen entgegen steht. Der resultierende Lautheits-Messwert wird für jeden Kanal auf einem Bargraph ausgegeben. Gleichzeitig werden alle Einzelsignale über individuelle Gain-Stufen addiert, um eine summierende Lautheitsmessung aller Kanäle zu bilden. Für die hinteren Surroundkanäle wird dabei ein Gain-Faktor von +1,5 dB gegenüber den Frontkanälen vorgeschlagen, um der evolutionär begründeten Tatsache Rechnung zu tragen, dass Menschen und Tiere auf rückseitige Schallereignisse empfindlicher reagieren als auf frontale – schließlich haben wir hinten keine Augen, die unmittelbar Entwarnung geben könnten. Auch diese Gain-Werte werden allerdings bisher nicht zwingend gefordert und müssen damit variabel bleiben. Wie man sieht, wird für die summierte Lautheitsmessung auch das LFE-Signal mit einem zuschaltba-

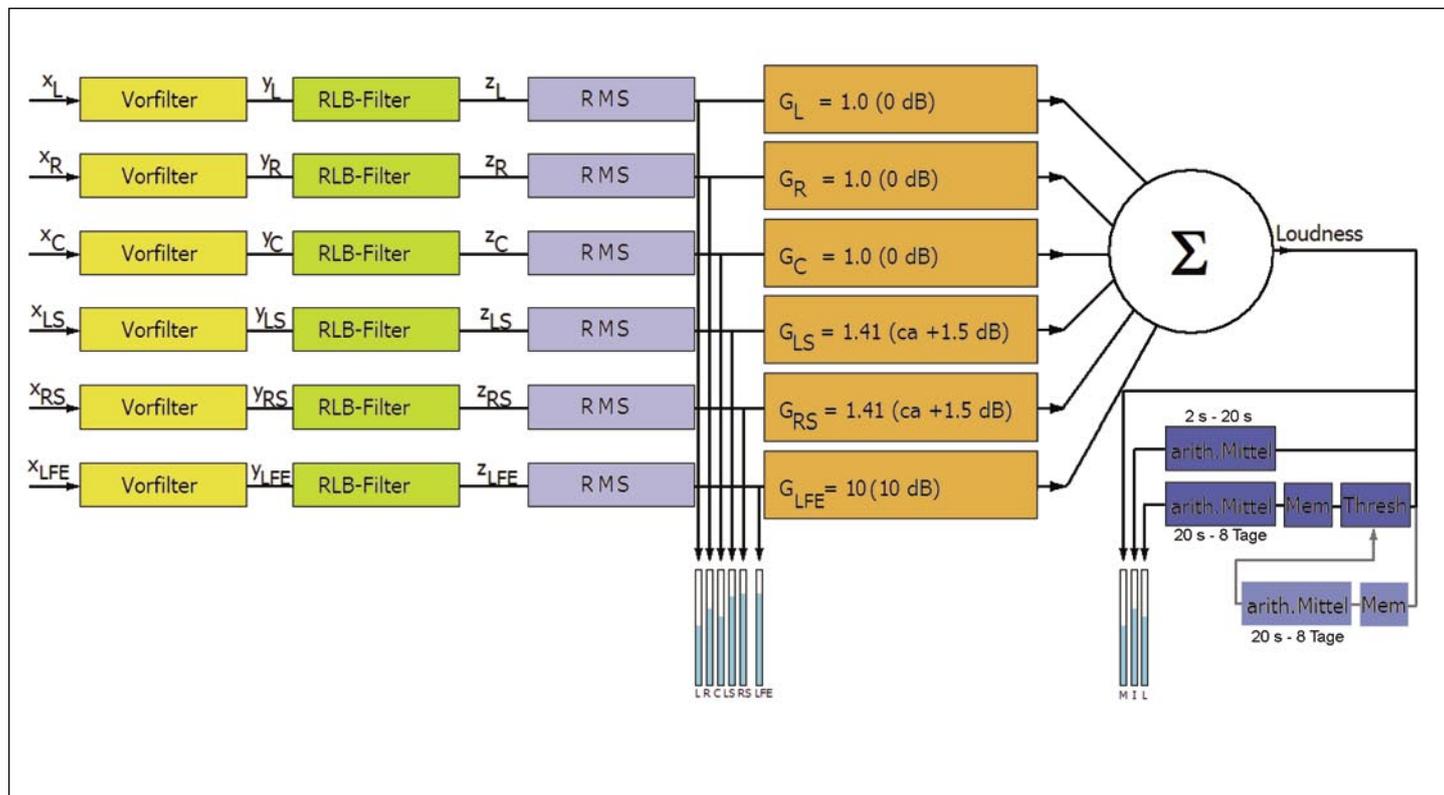


Abbildung 3: Prinzipschaltbild der Loudness-Messung für ein 5.1-Signal

ren Gain von +10 dB herangezogen. Angesichts des Kurvenverlaufs des RLB-Filters im unteren Frequenzbereich stellt sich allerdings die Frage nach der Relevanz des LFE für die Messung.

Das summierte Signal kann im gezeigten Beispiel mehrfach genutzt werden: Zur Anzeige eines Momentanwerts für die Summen-Lautheit ohne weitere Integration, integriert über eine mittlere Zeitdistanz zwischen 2 und 20 Sekunden sowie als Langzeitmessung über Zeitspannen von bis zu 8 Tagen. Die beiden längeren Messungen arbeiten dabei mit einem dynamischen Zeitfenster. Dies hat zur Folge, dass für die aktuelle Mittelwertbildung immer die volle Anzahl an Einzelmessungen genutzt werden, da für jeden neuen Messwert jeweils der älteste überschrieben wird. Besonders für Langzeitmessungen stellt sich natürlich die Frage nach einer geeigneten Messdauer; hier bleiben die aktuellen Vorschläge mit einem beliebigen Wert oberhalb von 20 Sekunden noch sehr unscharf. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass sich die bei verschiedenen Programmen gemessenen Werte schon nach einigen Stunden kaum noch bewegen; eine Messung über mehrere Tage erscheint daher wenig sinnvoll.

In Abbildung 4 durchläuft das summierte Messsignal für die längeren Integrati-

onszeiten zusätzlich bereits die oben erwähnten Gates mit variablen Threshold-Parametern. Nur dann, wenn das Signal die dort eingestellte Pegelschwelle überschreitet, wird es der nächsten Integrationsstufe zugeführt und aktualisiert damit den dort gebildeten Messwert. Sobald das Gate schließt, wird eine entsprechende Bargraph- oder numerische Anzeige auf ihrem letzten Wert eingefroren. Auch hinsichtlich eines geeigneten Threshold-Wertes für die Lautheitsmessung ist die Meinungsbildung innerhalb der beteiligten Gremien bisher noch nicht abgeschlossen; derzeit werden zu diesem Thema mit hoher Priorität umfangreiche Forschungsarbeiten durchgeführt. Nicht übersehen darf man die Tatsache, dass sich bereits erfasste Langzeitmessungen durch späteres Verändern der Schwellwerte auch noch nachträglich beeinflussen lassen, wenn alle Messwerte gespeichert werden, also nicht nur die oberhalb der aktuell eingestellten Schwelle liegenden.

Zum Schluss

Die bisher erarbeiteten Empfehlungen von ITU und EBU sind aus meiner Sicht bereits jetzt sehr wichtige Werkzeuge auf dem Weg zu einer konsistenten Lautheit. Insgesamt betrachtet stehen einer wirklich standar-

disierten Lautheitsmessung derzeit noch eine ganze Reihe variabler Parameter entgegen, beispielsweise die Zeitkonstanten der RMS-Bildung und der folgenden Integrationsstufen, die Gains der Einzelkanäle bei der Summenbildung und die Gate-Schwellwerte. In der aktuellen Variante des ITU-Vorschlags wird diese Aufzählung noch um die fakultative Beteiligung des LFE-Kanals an der Messung erweitert. Natürlich ist es im Interesse des Anwenders erstrebenswert, möglichst viele dieser derzeit noch variablen Parameter in einem eindeutigen Standard ‚festzuzurren‘, damit Messergebnisse unterschiedlicher Herkunft tatsächlich vergleichbar werden und ein Toningenieur sich an ein fremdes Mischpult setzen kann, ohne sich zunächst mit den Details der dort eingestellten Metering-Parameter befassen zu müssen. Das Engagement und die Effizienz, mit der solche noch offenen Fragen derzeit von Fachgruppen wie etwa P/Loud angegangen werden, lassen allerdings auf handfeste Ergebnisse in näherer Zukunft hoffen, so dass dem Ziel einheitlicher Lautheitsmessungen, die aus unserer Sicht einen echten Fortschritt für die gesamte Audiobranche darstellen, hoffentlich schon bald nichts mehr im Wege stehen wird. ■

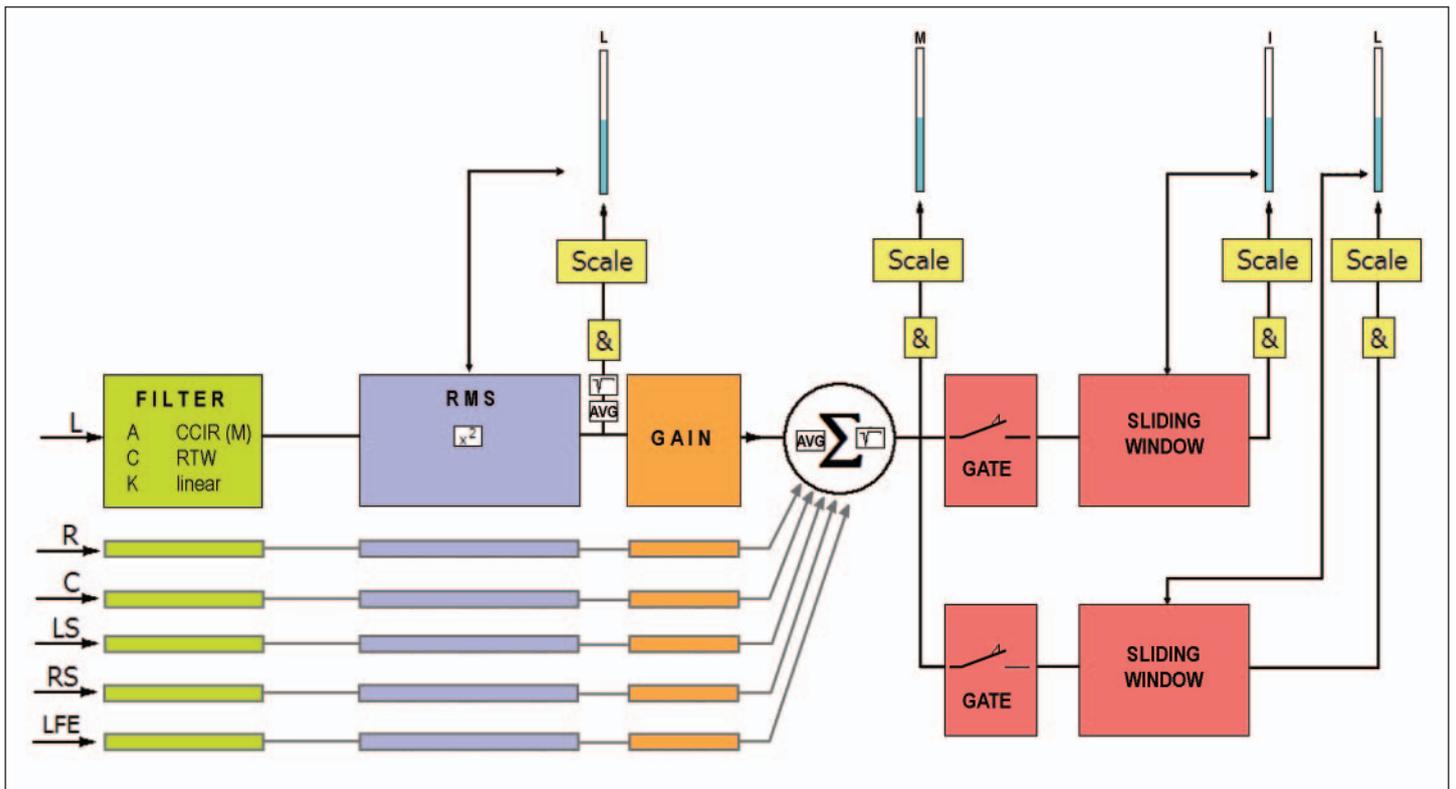


Abbildung 4: Detailansicht einer summierten 5.1-Loudnessmessung mit zusätzlichen Gates