

Visuelle Audiosignalüberwachung in der Praxis

Mit der Einführung hochauflösender Bildformate steigen im Broadcastbereich auch die Ansprüche an die Qualitätskontrolle und Überwachung von Audiosignalen. Stichworte sind hier beispielsweise 5.1-Surround oder die Forderung nach einer wirksamen Lautheitskontrolle. Im Beitrag werden die wichtigsten Verfahren zur visuellen Signalkontrolle vorgestellt und der praktische Einsatz beschrieben.

The introduction of high resolution picture formats in broadcasting has increased demand for audio signal quality control and monitoring. Dolby 5.1 surround sound and the desire for an effective way to control programme loudness are important examples in this context. The article presents the most important methods for visual audio monitoring and describes how to use them.

Einleitung

Die schnelle Erfassung und qualitative Bewertung von Audiosignalen mithilfe visueller Darstellungsmethoden ist ein unverzichtbarer Bestandteil des Arbeitsalltags in Produktion, Postproduktion und Sendung. Suboptimale Abhörbedingungen, Stress und Ermüdungserscheinungen des Gehörs sorgen zusammen mit vielen anderen Faktoren dafür, dass sich bei der Qualitätsbeurteilung heute niemand mehr allein auf seine Ohren verlassen kann, insbesondere nicht bei komplexen 5.1-Surround-Mischungen.

Die professionelle Audiotechnik hält ein umfangreiches Arsenal spezialisierter Werkzeuge für alle Spielarten der optischen Audiosignalkontrolle vom einfachen Peakmeter bis zum hochentwickelten Surround-Analyzer bereit. Im Idealfall unterstützen diese Werkzeuge eine schnelle, intuitive Interpretation des Gesehenen und entsprechendes Reagieren im Fehlerfall. Voraussetzung dafür ist allerdings zumindest das Verständnis der wichtigsten technischen Zusammenhänge und Grundlagen sowie eine sinnvolle Konfiguration der verfügbaren Instrumente.

Pegel

Die in der professionellen Tontechnik am häufigsten benötigte Art der optischen Anzeige ist der Aussteuerungsmesser zur Kontrolle von Signalpegeln. Eine Pegelanzeige benötigt man unter anderem, um Übersteuerungen von Aufzeichnungsgeräten, Übertragungsstrecken oder im Signalprocessing sichtbar zu machen. Gleichzeitig werden mit dem Aussteuerungsmesser zu geringe Pegel aufgedeckt, die eine bestmögliche Nutzung des vom Gerät bereitgestellten Dynamikbereichs zwischen Grund-

rauschen und Übersteuerungsgrenze erschweren.

Neben der Optimierung des Signalpegels auf die technischen Gegebenheiten des Übertragungsweges ist spätestens beim Programmaustausch mit anderen Studios oder Sendern, der über Leitungen oder Aufzeichnungsmedien erfolgen kann, das Einhalten vereinbarter Pegelstandards und international unterschiedlicher Normen wichtig.

Man kann davon ausgehen, dass sich heute in erster Linie mit digitalen Audiosignalen befasst wird. Der erste Stolperstein besonders für einen professionellen Anwender, der nicht ausschließlich und vermutlich nicht einmal vorwiegend mit Audio zu tun hat, findet sich schon bei der eigentlichen Aufnahme auf ein Band-, Festplatten- oder Festspeichermedium: Alle in der Praxis eingesetzten Audiogeräte haben irgendeine Art von Pegelanzeige – sei es in Form von Zeiger- oder Balken-(Bar-graph-)Instrumenten oder auch innerhalb einer grafischen Bedienoberfläche auf einem PC. Leider genügen die wenigsten dieser Pegelanzeigen professionellen Ansprüchen und Normen und liefern damit keine vergleichbaren und verlässlichen Ergebnisse. Das gilt leider auch für die digitale Audiotechnik, obwohl hier mit der Einheit dBFS eine klar und eindeutig definierte Messgröße existiert.

Für eine nach professionellen Maßstäben korrekte Anzeige des Pegels wird ein normgerechtes digitales, in dBFS skaliertes Peakmeter (PPM) benötigt.

Nun wäre es aus rein technischer Sicht logisch, die Skalierung eines solchen PPM-Instruments für digitale Audiosignale so zu wählen, dass der Nullpunkt dem Maximalpegel 0 dBFS entspricht (es wird aus Vereinfachungsgründen angenommen, dass oberhalb von 0 dBFS keine Pegelwerte existieren kön-

nen). Allerdings spricht viel dafür, statt einer solchen Festlegung (0 dBFS = 0 dB auf der Skala) eine Aussteuerungsreserve (Headroom) einzubeziehen, mit der sich in der Praxis einfacher und sicherer arbeiten lässt.

Beispiel: Betrachtet man den Pegel einer beliebigen kommerziell verfügbaren Pop-CD auf der digitalen Ebene, so stellt man fest, dass dieser sich fast ausschließlich in der Nähe der digitalen Vollaussteuerung (Fullscale) bewegt. Moderne CDs werden heute auf diese Weise hergestellt (gemastert), um eine möglichst hohe Lautstärke und damit die vermeintlich höchstmögliche Aufmerksamkeit für das Programm zu erzielen.

Es wird aber auf der Produktionsseite leider vielfach der Fehler gemacht, bereits während der Aufnahme eine ähnlich hohe Aussteuerung bis zur Fullscale-Grenze erzielen zu wollen. Dreht nun ein Tonmann (bei der Vorbereitung auf ein Interview) beim kurzen Pegel-Check vor der Aufzeichnung entsprechend weit auf, um diesem Ziel möglichst nahe zu kommen, so lautet die Konsequenz daraus: Spätestens beim ersten Huster ist eine veritable Übersteuerung das Ergebnis.

Eine Übersteuerung hat fatale Konsequenzen, da Digitalsysteme anders als analoge Aufzeichnungsmedien keinen weichen Übergang in den Übersteuerungsbereich kennen. Auch ein eventuell vorgeschalteter Limiter wird in der Regel kaum verhindern, dass es bei Pegelüberschreitungen schnell zu äußerst hässlichen Verzerrungen kommt. Einmal aufgezeichnete digitale Übersteuerungen lassen sich später gar nicht oder allenfalls mit unverhältnismäßig hohem Nachbearbeitungsaufwand wieder korrigieren. Eine passende Übersteuerungsreserve ist deshalb gerade bei Digitalsystemen unumgänglich – und auch kaum mit praktischen Nachteilen verbunden, da moderne Geräte heute einen großzügigen Dynamikbereich aufweisen. Selbst Aufnahmen, die weit unterhalb des Maximalpegels ausgesteuert wurden, laufen nicht Gefahr, dem Grundrauschen zu nahe zu kommen. Das Anheben zu geringer Aufnahmepegel ist im Rahmen einer Nachbearbeitung mit modernen Digitalsystemen mühelos realisierbar.

Die Größe des als Headroom definierten Pegelbereichs unterhalb der Vollaussteue-



Michael Kahsnitz ist Technischer Leiter bei der RTW GmbH & Co. KG in Köln

rung wird je nach Produktionshaus unterschiedlich definiert: Die EBU empfiehlt beispielsweise 9 dBFS. Das bedeutet, dass bei der Verwendung einer digitalen Skala mit 0 dBFS an der Maximalposition der als Headroom definierte Bereich bei -9 dBFS beginnen würde. Um zu verdeutlichen, dass das Signal auf Maximalpegel um die -9 dBFS ausgesteuert werden soll, ist es sinnvoll, für die Bar-Graph-Anzeige oberhalb dieses Pegels einen Farb- oder Helligkeitswechsel vorzusehen.

Häufig wird auch eine „analoge“ Skala verwendet, die nicht in dBFS skaliert ist, sondern in dB. Eine solche Skala (**Bild 1**) hätte zum Beispiel ihre 0-dB-Position dann bei -9 dBFS und der skalierte Maximalwert wäre entsprechend +9 dB, was technisch natürlich nach wie vor 0 dBFS entspricht. Auf diese Weise wird noch eindeutiger sichtbar, bis zu welchem Maximalpegel ausgesteuert werden soll.

Anwender aus dem professionellen Audiobereich haben sich an die in der Analogwelt übliche Integrationszeit von 10 ms für Peakmeter gewöhnt. Es ist deshalb vielerorts übliche Praxis, diese Integrationszeit auch bei der Pegelmessung digitaler Signale beizubehalten, damit die Anzeige weiterhin die vertraute Charakteristik aufweist – obwohl in der Digitalwelt eigentlich andere Vorgaben gelten. Damit aber bei dieser Einstellung keine kurzen digitalen Spitzen vom Instrument „übersehen“ werden, sollte die Darstellung zusätzlich einen Marker enthalten, der eine samplegenaue Anzeige des Pegels ohne Integrationszeit liefert.

Vergleicht man die Anzeigen mit und ohne Integrationszeit für verschiedene Programmtypen wie Sprache, Musik oder Testtöne, so erkennt man zum Teil erhebliche Differenzen, die beispielsweise für Sprachaufnahmen im Nahbesprechungsbereich bei über 6 dB liegen können. Das bedeutet für die Praxis, dass kurze Pegelspitzen durchaus bis in den Bereich von -3 dBFS vordringen können, wenn mit einer Integrationszeit von 10 ms und einem Headroom von 9 dBFS ausgesteuert wird. Insofern erscheint die Wahl eines Headrooms in dieser Größenordnung keineswegs zu großzügig, sondern durchaus realistisch.

Während bei der Audioaufzeichnung (wie beschrieben) ein sauberes Signal ohne Übersteuerungen oberste Priorität hat, besteht bei der späteren Bearbeitung des Materials im Studio nicht mehr die Gefahr irreversibler Übersteuerungen. Hier ist es relativ einfach und unproblematisch, das Programm im Rahmen einer geeigneten Dynamikbearbeitung zu



Bild 1. Digitales PPM-Instrument mit analoger Skala und 9-dB-Headroom

komprimieren und anschließend den Gesamtpegel statisch oder dynamisch so weit anzuheben, dass die lautesten Programmtile bis nahe 0 dBFS ausgesteuert werden. Dazu werden eine Vielzahl passender Hardware- und Software-Werkzeuge angeboten, die oft auch Verfahren zur Lautheitssteigerung enthalten.

Bei der Livesendung hat man die Option einer späteren Nachbearbeitung natürlich nicht – dort muss auf den Punkt in Echtzeit ein „fertiges“ Signal abgeliefert werden. Wer Erfahrung mit Live-Aufzeichnungen hat, der weiß, dass man gut beraten ist, während der Proben großzügige Pegelreserven vorzusehen. Sind die Akteure für die Aufzeichnung bereit, liegen die Pegel in der Regel um mindestens 3 dB höher als während der Probe. Angesichts moderner digitaler Aufzeichnungs- und Übertragungssysteme mit 24-bit-Auflösung gibt es auch bei Liveübertragungen und -mitschnitten heute keinen vernünftigen Grund mehr dafür, sich in der Nähe der digitalen Vollaussteuerung zu bewegen. Es sei der Hinweis gestattet, dass viele A/D- und D/A-Wandler nach wie vor dazu neigen, bereits kurz vor Erreichen der Vollaussteuerung Artefakte zu produzieren, die schon bei -3 dB kein Thema mehr sind.

Lautheit

Eine zuverlässige und standardisierte Methode zur Untersuchung der Programm-Lautheit ist zu einem unverzichtbaren Element zeitgemäßer Hörfunk- und Fernsehproduktion und -sendung geworden. Nur mit den daraus gewonnenen Informationen lässt sich die Programmdynamik unterschiedlichen Zielgruppen anpassen und es können abrupte Lautheitssprünge zwischen unterschiedlichen Programmformaten wirksam unterbunden werden.

Obwohl die technisch verfügbare Übertragungsqualität im Rundfunkbereich heute so hoch ist wie niemals zuvor, beschwert sich der Hörer zu Recht darüber, immer öfter zu seiner Fernbedienung greifen zu müssen, um störende Lautheitssprünge manuell auszugleichen – beispielsweise zwischen einem Werbeblock und einem in 5.1-Surround ausgestrahlten Spielfilm. Zudem erscheint es nahezu unmöglich, eine Programmdynamik zum

Hörer zu transportieren, die alle Zuschauer und Zuhörer gleichermaßen zufriedenstellt.

Metadaten und „Dynamic Range Control“ (DRC) können bei der Entschärfung dieser Problematik hilfreich sein, werden aber bisher nicht großflächig genutzt – und außerdem ist die notwendige Konfiguration des heimischen Surround-Empfängers oftmals komplizierter als das Einrichten professioneller Geräte.

Unabhängig vom bevorzugten Lösungsansatz und von der Art des Programms bleibt festzustellen, dass Lautheitsmessungen an verschiedenen Punkten der Produktions- und Distributionswege unerlässlich sind. Ebenso unverzichtbar sind verbindliche Standards, nach denen die Lautheit zu messen ist.

Die ITU arbeitet seit geraumer Zeit an entsprechenden Standards (BS.1770/1771), die allerdings zurzeit noch den Charakter von Empfehlungen haben. Zudem sind die bei einer Lautheitsmessung zu verwendenden Parameter heute noch nicht so eindeutig definiert, wie man sich das als Anwender bzw. Gerätehersteller wünschen würde. In der Folge sind die Ergebnisse bisher nur dann miteinander vergleichbar, wenn neben dem Messwert auch zusätzliche Messbedingungen wie etwa Referenzpegel, Zeitkonstanten, Schwellwerte und das verwendete Bewertungsfiler erwähnt werden. Die im Laufe der Entwicklung des BS.1770/1771 mehrfach geänderte Terminologie verwirrt zudem. So wurde das ursprünglich „RLB“ genannte Bewertungsfiler nach Hinzufügen einer Preemphasis in „R2LB“ umbenannt, hieß aber später samt Preemphasis wieder „RLB“. Die aktuelle Bezeichnung für das Filter lautet inzwischen „K“ – nicht zu verwechseln übrigens mit dem von Bob Katz entwickelten K-Metering.

Auch die Maßeinheit der Lautheitsmessung hat sich geändert: Wurde die Lautheit ursprünglich in „dB LU“ (Loudness Units) von -21 bis +9 skaliert, so hat die Arbeitsgruppe ATSC (Advanced Television Systems Committee) nun mit „LKFS“ eine alternative Einheit vorgeschlagen: Loudness mit K-Bewertungsfiler (s. oben) bezogen auf „Full Scale“ (**Bild 2**).

Solange man noch nicht von einer generellen Übereinkunft bei der Definition der Lautheitsmessung sprechen kann, halten die Hersteller entsprechender Messinstrumente viele der infrage stehenden Parameter in ihren Systemen variabel, um diese zu gegebener Zeit im Rahmen von Firmware-Updates einem dann geltenden Standard anzupassen.

Ein System zur Lautheitsmessung, das in allen denkbaren Anwendungsszenarien von der Aufnahme und Liveproduktion über die Nachbearbeitung bis hin zur Distribution und

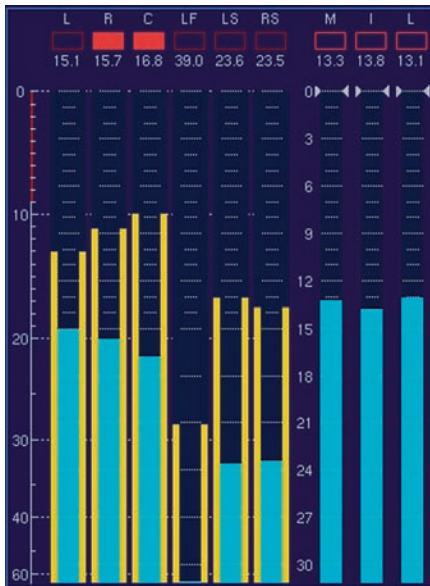


Bild 2. Beispiel einer LKFS-Skala zur Lautheitsmessung, hier gemeinsam mit einem PPM-Bargraph dargestellt

nachträglichen Programmanalyse gleichermaßen einsetzbar sein soll, muss mehrere unterschiedliche Messwerkzeuge umfassen, die sich in erster Linie durch das zur Messung herangezogene Zeitfenster voneinander unterscheiden – eine Lautheitsanzeige für eine Livesendung muss zwangsläufig ganz andere Bedingungen erfüllen als eine zur Langzeitanalyse der Lautheitsverläufe in den einzelnen Wellen einer Sendeanstalt.

Bei einer Liveproduktion muss man ständig und fortlaufend über die aktuelle Lautheit des Programms informiert werden, sodass die Messung hier nur über eine relativ kurze Zeitspanne integriert werden kann. Auf diese Weise ergibt sich die Summe des gerade aktuellen „Lautheitsbildes“ in allen Kanälen eines Mono-, Stereo- oder Surround-Programms, die beispielsweise als Bargraph ausgegeben wird.

Eine weitere nützliche Lautheitsinformation liefert eine Tendenzanzeige, die durch integrierende Mittelwertbildung angibt, in welche Richtung sich die Programm-Lautheit während der letzten zum Beispiel 20 oder 30 Sekunden entwickelt hat. Aufwärts- oder Abwärtstrends in der Lautheitsentwicklung, die hier sichtbar werden, können vom Toningenieur durch entsprechende manuelle Eingriffe kompensiert werden. Wichtig ist hier ein mitlaufendes (dynamisches) Zeitfenster, damit immer über einen gleich großen Zeitbereich gemittelt werden kann. Erstrebenswert ist bei einer solchen Messung zudem, Modulationspausen mithilfe einer einstellbaren Pegelschwelle auszuklammern, damit die Messwerte nicht verfälscht werden. Anderenfalls würden ein sehr lautes Programmelement und eine daran anschließende Pause sich zu einem völlig unauffälligen Mittelwert summieren.

Für Senderegie, Qualitätskontrolle und spätere Programmanalyse ist außerdem eine Langzeitmessung und -aufzeichnung der gemessenen Werte für die Lautheit interessant. Mit solch einem Werkzeug kann man über mehrere Stunden oder auch Tage den Lautheitsverlauf des Programms ermitteln und das Ergebnis wahlweise grafisch über die Zeit darstellen oder in einem durchschnittlichen numerischen Lautheitswert zusammenfassen. Fraglich ist allerdings, ob Messungen über einen sehr langen Zeitraum überhaupt sinnvoll sind.

Surround

Beim Umgang mit Surround-Programmen, gleichgültig ob in Produktion, Nachbearbeitung, Sendung oder Mastering, ist eine intuitive visuelle Darstellung des Audiosignals von elementarer Wichtigkeit. Aufgrund der höheren Anzahl an Einzelkanälen steigt die Gefahr unentdeckter Fehler bis hin zum Ausfall ganzer Kanäle deutlich an; auch müssen die für ein hochwertiges Surroundsignal elementar wichtigen Phasenbeziehungen der einzelnen Kanäle untereinander ständig überwacht werden.

Im Markt haben sich bis heute verschiedene Anzeigeverfahren für die Visualisierung von Surroundsignalen etabliert, darunter die Jelly-Fish- und StarFish-Darstellungen des Herstellers DK-Technologies (**Bild 3**) und die Anzeige des Penguin-Surround-Meter (**Bild 4**).

Der für RTW entwickelte Surround-Sound-Analyzer (von Dipl.-Ing. Thomas Lischker) mit seinem typischen „House Display“ (**Bild 5**) hat die Aufgabe, Phasen- und Lautheitsbeziehungen zwischen den Kanälen auf einen Blick erkennbar zu machen. Basis ist hier eine kalibrierte Vektordarstellung der Schalldruckpegel (SPL) aller Einzelkanäle, deren Endpunkte durch Linien miteinander verbunden werden.

Die von den Linien umschlossene Fläche ist dabei ein Maß für die Gesamtlautstärke, und die Verteilung der Fläche über die vier Quadranten ist ein Abbild der Balance des Klangbilds.

Zeigt das House-Display ein Quadrat, so haben die vier Kanäle L, R, LS und RS den gleichen Schalldruckpegel. Verlaufen die Seitenflächen dabei gerade und ohne Knickstellen, so sind die einzelnen Kanäle zueinander unkorreliert. Das ist zum Beispiel bei Beifall aus dem Publikum der Fall. Nach außen geknickte Begrenzungslinien zeigen eine positive Korrelation der beiden beteiligten Kanäle zueinander an; nach innen geknickte dagegen eine negative Korrelation (**Bild 6**). Auf diese Weise wird zum Beispiel ein Phasendreher in einem Kanal sehr deutlich erkennbar. Ist einer der Vektoren kürzer als die übrigen, so lässt das auf einen fehlenden oder zu leisen Kanal schließen. Der gelb dargestellte Vektor des Center-Kanals ist über separate gelbe Linien mit den Front-Kanälen L und R verbunden, so dass sich das Verhältnis zwischen der durch L und R gebildeten Phantomschallquelle und dem Center sehr schnell erfassen lässt. Tritt also im oberen Teil der SSA-Darstellung das gelbe Dreieck deutlich aus dem Gesamtbild heraus, dann ist der Center-Kanal dominant gegenüber den anderen Kanälen. Eine solche Dominanz kann je nach Programmmaterial erwünscht oder unerwünscht sein.

Auch zwischen den übrigen Kanalpaaren wird die Position von Phantomschallquellen einfach erkennbar. Der als weißes Kreuz dargestellte Dominanzvektor zeigt den vom Konsumenten wahrgenommenen Schwerpunkt der Gesamtschallquelle an.

Die für eine gelungene Surround-Darstellung verwendeten Bewertungsalgorithmen sind durchaus nicht unkritisch, da die Anzeige einerseits die Phasenbeziehungen zwischen den Einzelkanälen genügend schnell visuali-

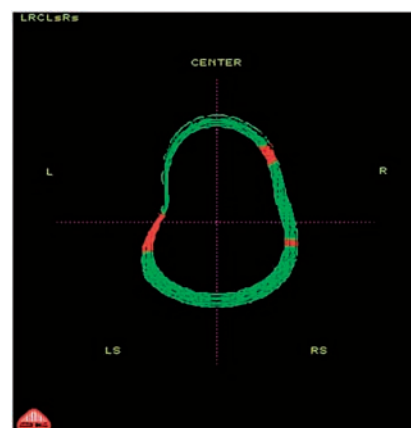


Bild 3. Jelly-Fish-Display

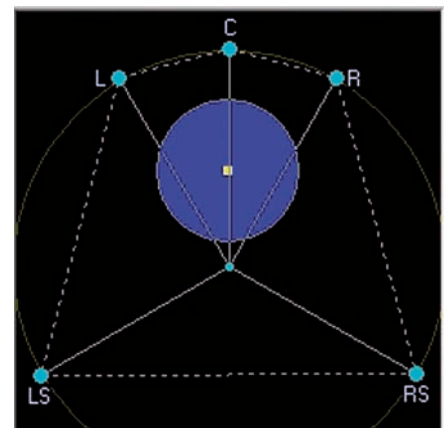


Bild 4. Penguin-Surround-Meter (Ausschnitt)

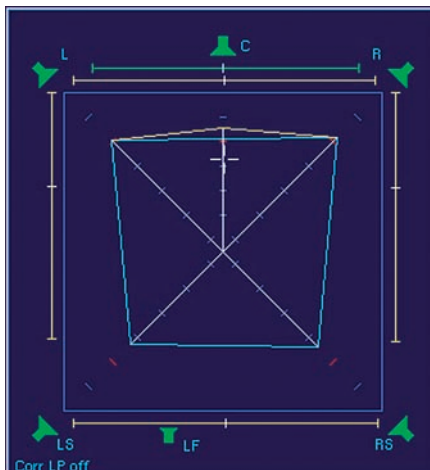


Bild 5. Surround-Sound-Analyzer mit House-Display

sieren und auf der anderen Seite eine genügend lange Integrationszeit aufweisen sollte, um die Leistung des Schalldrucks der Kanäle und seine Wirkung auf das Gehör richtig darzustellen. RTW nutzt dazu einen gewichteten RMS-Detektor. Längere Integrationszeiten würden die Anzeige dagegen zu träge machen. Sind Abhör- und Anzeigesystem auf einen bestimmten SPL-Wert kalibriert (zum Beispiel 78 dBA SPL), dann zeigen rote Marker innerhalb der SSA-Darstellung für jeden Einzelkanal das Erreichen dieses definierten Schalldruckpegels an.

AES3-Statusdaten und Schnittstellenparameter

Die Statusdaten des AES3-Signals liefern unter anderem Informationen über die verwendete Abtastrate, den Professional- oder Consumer-Status des Signals sowie verschiedene User-Daten. Wichtig ist dabei, dass diese ausgelesenen Statusdaten nicht zwingend mit den tatsächlichen physikalischen Tatsachen übereinstimmen müssen. Die Daten werden in der Regel automatisch oder auf Basis entsprechender Anwendereinstellungen vom sendenden Gerät generiert, es handelt sich also nicht um eine „echte“ Messung wie die der Abtastrate durch den Analyzer. So gehören zum Beispiel Abweichungen zwischen der tatsächlichen und der in den Statusdaten angegebenen Abtastrate eines Digitalsignals zu den häufigsten Fehlerquellen im Digitalbereich, die eine erfolgreiche Übertragung unter Umständen verhindern können.

Beispiel: Das sendende Gerät „behauptet“ mit seinen Statusdaten, ein Signal mit 48 kHz auszugeben, aber tatsächlich hat das empfangene Signal eine Abtastrate von 44,1 kHz. Dieser Widerspruch kann durchaus dazu führen, dass der Empfänger das eingehende Signal nicht verarbeitet. Aus diesem Grund ist es für eine komfortable Fehlersuche

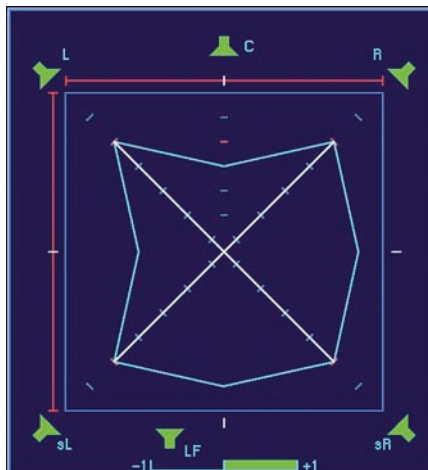


Bild 6. SSA mit Polaritätsfehler im linken Front-Kanal

wichtig, dass ein Analyzer neben dem Auslesen der AES3-Statusdaten auch das Messen der tatsächlichen physikalischen Eigenschaften des Signals unterstützt.

Dazu gehört neben Abtastrate und Spannung des Trägersignals auch die Prüfung der Taktsynchronität zwischen mehreren Datenströmen. Im professionellen Studiobereich gilt die Annahme, dass alle verfügbaren Digitalsignale zueinander phasen- und taktsynchron sind. Oft genug ist das aber nicht der Fall – zum Beispiel dann, wenn das Digitalsignal eines frei laufenden, nicht synchronisierten Zuspellers (DVD-Player, SAT-Empfang) verwendet wird. Die Folge sind sporadische Knacker oder ähnliches.

Signallaufzeiten stellen eine weitere Problematik dar. Bei der Übertragung sowohl eines Surround- als auch eines Stereosignals von einem Sportereignis ins Funkhaus werden beide Signale, etwas aus Redundanzgründen, oftmals unabhängig codiert über unterschiedliche Strecken geführt. Mit einem professionellen Analyzer, der zusätzlich das eingehende Digitalsignal überwacht, sind dabei entstehende Laufzeitdifferenzen oder auch Asynchronitäten leicht zu entdecken. Die Überprüfung dieser Parameter sollte bei der Fehlersuche ganz oben auf der Checkliste stehen, wenn ein Audiosetup mit vielen externen Quellen nicht erwartungsgemäß funktioniert.

Die Statusdaten enthalten auch Informationen darüber, ob es sich bei den beiden übertragenen Kanälen um ein Stereo- oder um zwei unabhängige Monosignale handelt – oder ob überhaupt keine Audiodaten im linearen PCM-Format, sondern stattdessen andere Daten (etwa codierte Surroundsignale in Formaten wie Dolby AC-3 oder Dolby E) übertragen werden, die vor einer Signaltbearbeitung und bzw. oder D/A-Wandlung zunächst noch einen geeigneten Decoder durchlaufen müssen.

Verschiedene Kreuzschienen sind heute bereits in der Lage, neben linearen PCM-

Audiodaten auch solche codierten Datenströme transparent über AES3-Schnittstellen weiterzuleiten. Würde man versuchen, einen solchen Datenstrom ohne vorherige Decodierung direkt auf einen D/A-Wandler zu führen, so wäre das Ergebnis ein für die Ohren äußerst unangenehmes, hochpegeliges Störgeräusch. Die in den Statusdaten enthaltene Information über Art und Inhalt der übertragenen Daten verhindert das wirkungsvoll – ein korrekt konfigurierter D/A-Wandler würde in diesem Fall einfach stummschalten. Bestimmte surroundfähige Audioanalyzesysteme können mit einem integrierten Dolby-Decoder bestückt werden, der eine Signalanalyse und die weitere Verarbeitung der Einzelkanäle ohne externen Decoder erlaubt.

Identifikationssignale

Beim Umgang mit Surroundsignalen hat die Praxis gezeigt, dass es nicht selten zum unbeabsichtigten Vertauschen der Einzelkanäle kommt – besonders wenn ein Signal mehrere unterschiedliche Übertragungskanäle durchläuft. Zur Überprüfung haben verschiedene Sendeanstalten und Institutionen Verfahren zur eindeutigen Identifikation der Einzelkanäle entwickelt, von denen das BLITS-System (Black's & Lane's Ident Tones for Surround) vermutlich das Bekannteste darstellt; andere Verfahren sind EBU 3304 für Surround sowie GLITS und EBU 3304 für Stereosignale.

Besonders wichtig für die Fehlersuche ist neben der eigentlichen Identifikation auch das empfangenseitige Erkennen von Pegel- und Laufzeitfehlern zwischen den Kanälen. Besonders bei Surround-Übertragungen über Codecs können Laufzeitdifferenzen auftreten.

Korrelationsanzeige

Die Phasenbeziehungen zwischen den beiden Kanälen eines Stereosignals und damit seine Monokompatibilität sind nach wie vor wichtige Parameter bei der Beurteilung von Audiosignalen – das Küchenradio spielt auch heute noch vielfach in mono – und für einen Teil der Fernsehprogramme gilt das ebenfalls. Zur schnellen und kontinuierlichen Überprüfung der Phasendifferenz zwischen den Kanälen werden häufig Korrelationsgradmesser eingesetzt, die zum Beispiel gute Dienste beim Aufdecken von Verpolungen und Laufzeitfehlern und bei der Optimierung von Mikrofonpositionen leisten können.

Gute Korrelationsgradanzeigen arbeiten über einen weiten Bereich pegelunabhängig, sodass der Pegel keinen Einfluss auf die An-

zeigewerte hat. Allgemein üblich ist heute eine horizontale oder vertikale Bargraphanzeige des Korrelationsgrades, wobei der positive Bereich oft grün und der negative Bereich rot dargestellt werden.

Der Anzeigebereich eines Korrelationsgradmessers reicht von -1 bis +1; die Nullposition befindet sich in Skalenmitte. Als „Korrelation“ bezeichnet man den Grad der Übereinstimmung zwischen zwei Audiosignalen, wobei identische Signale (zum Beispiel ein Monosignal auf beiden Stereokanälen) eine Korrelation von +1 aufweisen.

Völlig unterschiedliche Signale, die in keiner Beziehung zueinander stehen, haben die Korrelation 0; auch beim Ausfall eines Kanals wird dieser Wert angezeigt. Die Korrelationsgradanzeige erlaubt auch Rückschlüsse auf die „Breite“ eines Stereosignals. Bei einer Anzeige von „1“ handelt es sich um ein Monosignal, das in der Mitte abgebildet wird; bei einer Anzeige von „0“ wird das Signal nur außen und ohne Mittenschallquellen wiedergegeben. Stereomischungen weisen in der Regel einen Korrelationsgrad zwischen 0,3 und 0,7 auf.

Wandert die Korrelationsanzeige in den negativen Bereich, dann wird das Stereosignal in der Regel als technisch fehlerhaft bezeichnet. Sind beide Kanäle eines Stereosignals zwar identisch, aber infolge einer Verpolung gegeneinander um 180° phasengedreht, so zeigt der Korrelationsgradmesser den Wert -1 an. Eine Anzeige zwischen 0 und -1 ergibt sich dann, wenn eine Stereomischung phasenmodulierte Komponenten enthält, wie sie beispielsweise von Effektprozessoren, Delays und elektronischen Klangerzeugern bekannt sind. Solche Aufnahmen verursachen bei der Monobildung dramatische Klangveränderungen, da sich phasengedrehte Komponenten dann gegeneinander auslöschen.

Stereosichtgerät

Deutlich umfangreichere Informationen über Phasenbeziehungen, Intensität, Basisbreite und Richtung von Stereosignalen liefern die sogenannten Stereosichtgeräte, die man auch als Audio-Vektorskop oder Goniometer bezeichnet. Allerdings sind für eine korrekte Interpretation des Bildschirminhalts beim Anwender gewisse Grundkenntnisse erforderlich, da die Anzeige nicht ganz so intuitiv und unmittelbar verständlich ist wie der einfache -1/+1-Anzeigebalken eines Korrelationsgradmessers.

Stereosichtgeräte waren ursprünglich modifizierte Oszillografen mit monochromer

Anzeigeröhre. Heute kommen für moderne Stereosichtgeräte hochwertige, farbige Flachbildschirme (etwa TFT) zur Anwendung. Die Geräte können und sollen zwar die akustische Kontrolle einer Produktion keinesfalls ersetzen, leisten aber dennoch wertvolle Dienste als Unterstützung des Anwenders bei der Beurteilung der Ausgewogenheit von Stereomischungen. Stereosichtgeräte machen die Phasenbeziehungen der in der Mischung enthaltenen Signale in Echtzeit sichtbar und decken zum Beispiel Fehler auf, die durch Verpolungen oder auch Verzerrungen entstanden sind. Hilfreich ist auch die Möglichkeit moderner Geräte, die Phasenverhältnisse zusammen mit einer Pegelanzeige der Signale darstellen zu können.

Da der praktisch nutzbare Anzeigebereich dieser Geräte relativ klein ist, muss ein Vektorskop eine AGC-Schaltung (Automatic Gain Control) haben, um das Signal unabhängig vom Eingangspegel stets in einem für die Anzeige günstigen Pegelbereich zu halten. Das hat aber zur Folge, dass das Instrument ständig den verarbeiteten Pegel nachregelt. Das Instrument eignet sich deshalb nicht dazu, den absoluten Pegel oder gar die Lautheit des Signals zu beurteilen – es geht hier ausschließlich um die Pegel- und Phasenbeziehungen zwischen dem linken und rechten Kanal.

Geübte Anwender erkennen auf dem Stereosichtgerät mit einem Blick, ob das Stereosignal eine gute Basisbreite aufweist, ob es links- oder rechtslastig ist und ob starke gegenphasige Anteile enthalten sind.

Generell kann man sagen, dass stark in die Breite gezogene Darstellungen auf gegenphasige Anteile hinweisen, während kreisförmige Bilder auf eine hohe Basisbreite mit guter Phase deuten. Die Ausrichtung des angezeigten „Balls“ zeigt an, ob das Signal seitenlastig ist. Ein Monosignal erzeugt einen Strich, dessen Richtung in der Darstellung auf seine Position im Stereopanorama hinweist.

Echtzeitanalyzer (RTA)

Ein weiteres wichtiges Hilfsmittel zur optischen Qualitätskontrolle von Audiosignalen ist die Echtzeit-Spektralanalyse.

Typische Anwendungen für solche Geräte finden sich zum Beispiel im Bereich der Beschallungstechnik, wo nicht nur die Übertragungseigenschaften von Raum und Lautsprechersystemen mithilfe von Echtzeitanalysen überprüft werden, sondern auch plötzlich auftretende Rückkopplungen mithilfe einer Peak-hold-Funktion auf dem Analyzerdisplay schnell lokalisiert sind. Aber auch bei der Pro-

duktion und beim Mastering von Musikprogrammen sowie in der Sendekontrolle kann ein RTA gute Dienste leisten, um die spektrale Ausgewogenheit des Programms leichter beurteilen und gegebenenfalls mithilfe eines EQs noch korrigierend eingreifen zu können.

Zudem fällt es mit einem RTA leicht, störende Resonanzfrequenzen zu orten, wie sie zum Beispiel bei Aufnahmen in kleinen Sprecherkabinen auftreten.

Es hat sich gezeigt, dass eine Echtzeitanalyse auf Basis von Einzelfiltern im Terzabstand, wie sie beispielsweise auch bei Akustikmessungen verwendet werden, den Eigenschaften des menschlichen Ohrs besonders gut entsprechen und deshalb eine aussagekräftige Darstellung des Spektrums liefert.

Anwender, die im Produktionsbereich mit einer Abtastrate von 96 kHz arbeiten, haben ein besonderes Interesse an der auf 48 kHz erweiterten Nutzbandbreite. Niemand wird ein Störsignal bei 36 kHz akustisch wahrnehmen, das von einem defekten Lüfter der Klimaanlage ausgesendet wird; solche spektralen Komponenten und ihre Interferenzprodukte können aber später durchaus für unerwünschte Artefakte bei der Mischung sorgen.

Nützlich ist deshalb neben der spektralen Darstellung des Audiobereichs zum Beispiel eine summierte Anzeige der spektralen Anteile oberhalb des Hörbereichs bis hin zur halben Abtastrate.

Schlussbemerkung

Ein elementares Ziel bei Messungen aller Art ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse, die durch die Einigung auf bestimmte Messgrößen und -verfahren erreicht wird.

Leider, und da macht die Audiotechnik keine Ausnahme, erweisen sich viele der dazu eingeführten Messstandards im praktischen Einsatz als wenig eindeutig – sie bieten nach wie vor genügend Interpretationsspielraum, um eine wirkliche Vergleichbarkeit zu erschweren.

Am wichtigsten erscheint es in diesem Zusammenhang, an allen Stellen innerhalb des unmittelbaren Arbeitsbereichs immer ein und denselben Messstandard zu verwenden und seine Instrumente entsprechend zu konfigurieren. Auch wenn es trivial klingt – man sollte dabei niemals die Tatsache aus den Augen verlieren, dass man durch die Konfiguration einer Pegelanzeige oder eines anderen Analysewerkzeugs niemals das betrachtete Audiosignal selbst verändert, sondern lediglich seine persönliche „Sichtweise“ darauf.