



# Die ganze Wahrheit über True Peak Level und warum die meisten CDs übersteuert sind.

*Was wäre, wenn wir seit Anbeginn der Digital-Ära Peaks mit unzureichenden Methoden gemessen haben und die Angaben, die unsere DAWs machen, durchgehend falsch sind? Was wäre, wenn mindestens 90 % aller Mainstream CD-Veröffentlichungen in Wirklichkeit übersteuert sind? Was absurd klingt, ist nach heutigen Erkenntnissen wahr und wird daher in der weltweiten Broadcast-Landschaft bereits umgesetzt. Lassen Sie uns schauen, weshalb TPL (True Peak Level) auch für die Mastering-Welt so bedeutend ist.*

VON FRIEDEMANN TISCHMEYER

Als ich vor über drei Jahren die Parameter und Algorithmen des TT Dynamic Range Meter feinabgestimmt habe, war darin bereits ein vollständiges True Peak

Meter mit vierfachem Oversampling eingebaut, so wie es heute nach der EBU- und ITU-Norm (European Broadcasting Union und International Telecommunication Union) Weltstandard ist. Tests ergaben, dass die meisten aktuellen CD-Ver-

öffentlichungen nach diesem Messstandard übersteuert wären. Um jedoch eine Flut an Beschwerden und Nachfragen zu vermeiden, haben wir entschieden, die Regeln für das TT Meter etwas zu lockern, um einerseits auf den kritischen



Das TT Dynamic Range Meter war bereits vor 3 Jahren auf TPL vorbereitet. ►

Licht der Welt. Zu dieser Zeit wurde noch zu hundert Prozent analog produziert, wobei die analoge Mischung sorgfältig analog gelimitet und auf ein 16-Bit-Mastermedium – in der Regel ein DAT-Recorder – überspielt wurde. In gebührendem Respekt vor möglichen Übersteuerungen wurden diese Analog-Digital-Überspielungen mit drei bis sechs Dezibel Peak-Headroom durchgeführt. Allerdings stellte das Aussteuern bei 16-Bit-Auflösung immer einen kritischen Balanceakt zwischen möglicher Übersteuerung und Untersteuerung dar, was zu mangelnder Bitausnutzung führen konnte. Die digitalisierten Aufnahmen wurden anschließend im Mastering gegebenenfalls noch etwas nachbearbeitet, was anfangs in der Regel mit analogen Geräten erfolgte, da es noch keine guten digitalen EQs und Kompressoren gab. Die finale CD kam schließlich nicht selten mit einem Headroom von einem Dezibel oder mehr auf den Markt und war der Zeit entsprechend noch sehr dynamisch und daher völlig unkritisch in Sachen Peak-Übersteuerungen. Aus dieser Rückschau wird klar, weshalb die Schöpfer der digitalen Audiowelt den Grad der möglichen Peak-Übersteuerungen wie sie heute stattfinden, nicht vorhersehen konnten. Damals war man glücklich über ein Medium, das so viel Dynamik wiedergeben kann und es waren keine technischen Möglichkeiten vorhanden, Mischungen sozusagen so gegen die Decke zu nageln, wie es heute die Regel ist. Aus dieser Sicht waren die damals gebräuchlichen Messmethoden (SPPM) also völlig ausreichend. Mit der Etablierung digitalen Limitings und dem Bedürfnis nach immer lauterem Mastern lieferten diese Messmethoden jedoch nur noch unzureichende Ergebnisse, was über ein Jahrzehnt lang fast völlig übersehen wurde. Warum das so ist und um das alles genau zu verstehen, müssen wir zunächst ein wenig in die Geschichte der Messtechnik eintauchen:

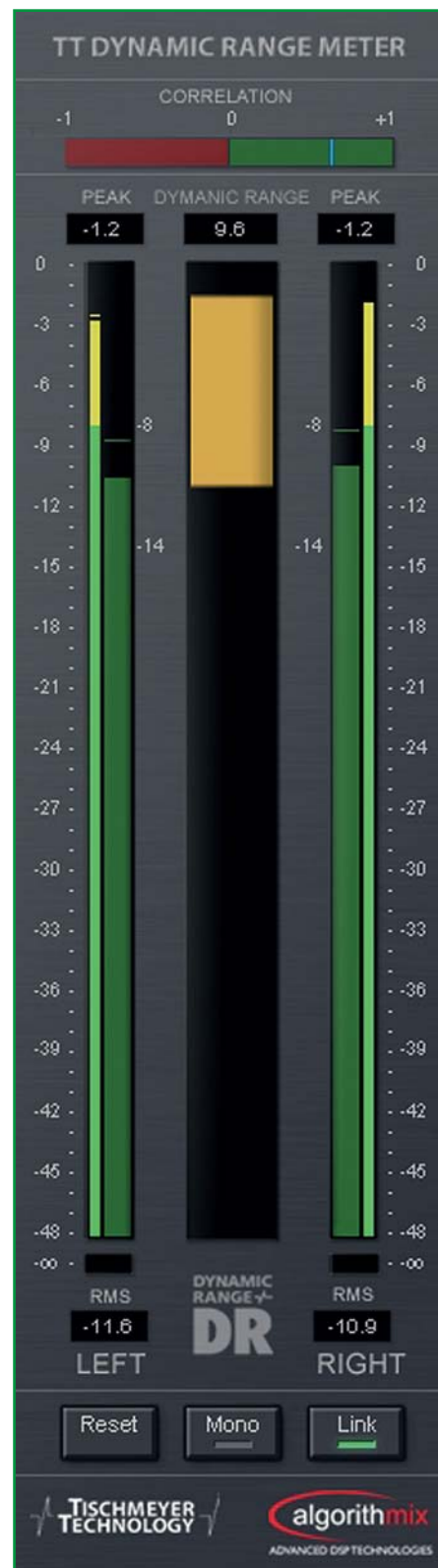
Peak-Bereich aufmerksam zu machen und andererseits nicht mit einem Messgerät zu kommen, das von vielen Anwendern mangels Hintergrundinformationen als falsch interpretiert worden wäre. Heute, drei Jahre später, hat sich True Peak Level (TPL) mittlerweile zum global anerkannten Standard in der Pro Audio Welt gemauert und bereits über 20 Hersteller von professionellen Metering-Lösungen haben echte True Peak Meter auf dem Markt. Ironischerweise sucht man in den Audio-Statistiken der gängigen DAWs von Cubase über Logic bis hin zu Pro Tools vergeblich nach TPL-Angaben. Bis auf Pyramix liefern alle DAWs völlig unzureichende Auskünfte in Sachen Peak Level, basierend auf Algorithmen, die im Prinzip nie dazu geeignet waren Peak von digitalem Audio richtig zu messen (SPPM). Überdies sind die Erkenntnisse rund um die Peak-Aussteuerung bis heute leider nur sehr lückenhaft in die Welt der Mastering-Ingenieure eingedrungen. Dieser Artikel soll daher ein Anfang sein, dies zu ändern.

## Analoge Messverfahren in der digitalen Welt

Um dies alles zu verstehen, müssen wir das Rad der Zeit ein wenig weiter zurückdrehen. Wir schreiben das Jahr 1984 und die CD erblickt in Deutschland das

## Die wichtige -9dBFS-Marke hat ausgedient

In der Übergangsphase vom Analog- in das Digitalzeitalter wurde in den Studios noch mit QPPM (Quasi Peak Program Metering) gearbeitet, ein Messver-



fahren aus der Analogzeit, das mit einer Integrationszeit von zehn Millisekunden arbeitet. Die Integrationszeit ist dabei das Messfenster, das vom Meter analysiert wird. Kürzere Werte wären von den



Derartige 16-Bit-DAT-Recorder waren die Mastermaschinen der 80er Jahre.

mechanischen Nadeln der VU-Meter nicht darstellbar gewesen, was aber nicht weiter schlimm war, da analoge Medien mit einem gewissen Übersteuerungs-Headroom ausgestattet waren. Besonderheit: Das Ergebnis einer OPPM-Messung besitzt dabei einen Underread (zu niedrige Angabe) von bis zu neun Dezibel. Das heißt, dass besonders hochfrequente Transienten, die kürzer als zehn Millisekunden sind, in Wirklichkeit bis zu neun Dezibel höher sein können als der OPPM-Grenzwert von -9 Dezibel. In der Praxis wurde hingegen von einem mittleren Underread-Wert von 4,5 Dezibel ausgegangen, da solch hoch ausgesteuerte Transienten im hohen Frequenzbereich seltener vorkommen. Alles in allem lässt sich also sagen, dass das „Quasi Peak Program Metering“-Verfahren – Nomen est Omen – lediglich Anhaltswerte für den wahren Peakwert liefert.

Konsequenz: Da in der Analog-Digital-Übergangszeit erst sehr wenige Studios und Rundfunkanstalten mit digitalen Peakmetern ausgestattet waren, wurde der maximal zulässige (OPPM-)Peakwert auf -9 dBFS festgelegt. Eine Aussteuerung bis -9 dBFS hat also erlaubt, dass sich Transienten, die nicht von der OPPM-Messung erfasst werden in dem Headroom darüber entfalten können, ohne den maximalen Digitalpegel von 0 dBFS (SPPM) zu überschreiten. Diese -9 dB-Marke ist bis heute Broadcast-Standard, die jedoch zum 01.01.2012 seine

Gültigkeit verliert, da sie gegen das TPL-Verfahren ersetzt wird.

Allerdings hat das absurde und auf unverifizierten Annahmen beruhende Bedürfnis, möglichst laut zu sein, auch vor dem Broadcast-Bereich bekannter Maßen keinen Halt gemacht. Der zulässige Grenzwert wurde daher auch dort sukzessive immer weiter nach oben verschoben, was durch Einsatz digitaler Sende-Limiter, etwa von Geräten der Optimod-Serie des Herstellers Orban, mit Leichtigkeit bewerkstelligt werden kann, die sämtliche auftretenden Transienten zuverlässig „platt fahren“ sobald ein Threshold-Wert X überschritten wurde. So ist der Standard immer weiter aufgeweicht worden und heute weiß eigentlich keiner mehr genau, in welchem Pegel man nun wirklich an Fernsehstationen liefern soll. An einigen Ausbildungs-Instituten wird sogar gelehrt, dass ein Brickwall-Limiter bei -9dBFS anzuwenden sei, was die Transienten, zu deren Überleben dieser Headroom einst geschaffen war, natürlich vollends „abrsiert“. In der Praxis ist es heute so, dass viele Studios gar nicht mehr über OPPM-Messtechnik verfügen und DAWs diesen Wert in der Regel auch nicht ausweisen. Studios, die nach der korrekten Intention dieses veralteten Standards ihre Produktion abliefern, werden in Folge dessen sicherlich häufiger zu hören bekommen, dass sie zu leise sind. Das führt uns jedoch auf ein weiteres Thema: Lautheitsnormalisierung nach R128, was wir in ei-

ner der nächsten Folgen ausführlich besprechen. Nur soviel dazu an dieser Stelle: Die Tonmeisterei darf sich darüber freuen, dass mit dem neuen EBU-Standard R128 dieses Lautheits-Kuddelmuddel ein Ende hat.

## Das SPPM-Verfahren ist unzureichend

Setzen wir also unsere Messtechnik-Reise mit dem nächsten Verfahren, dem „Sample Peak Program Metering“, kurz SPPM fort. Versetzen wir uns dazu noch einmal zurück in das Jahr 1984: Zu dieser Zeit erschien die Ansicht, präzise Ergebnisse durch Analyse jedes einzelnen Samples zu erhalten, durchaus plausibel. Niemand dachte im Traum daran, dass das bislang dynamischste Medium (CD = 96 dB Dynamikumfang) eines Tages dazu verwendet werden wird, die historisch undynamischsten Aufnahmen zu (re)produzieren, die eine Konzentration musikalischer Ereignisse an der digitalen Aussteuerungsgrenze mit sich gebracht hat, zu deren sauberen Bemessung SPPM völlig unzureichend ist. Beim SPPM-Verfahren wird dabei der Wert jedes einzelnen Samples ausgelesen und der höchste ermittelte Wert repräsentiert den maximalen Peak. So weit so gut. Doch das Problem ist systemimmanent, denn unsere Digitalskala endet bei 0 dBFS, sodass ja prinzipiell keine Werte oberhalb dieser Grenze angezeigt werden können. Messtechnisch ist digitales Audio nach SPPM quasi nicht übersteuerbar, es sei denn, bestimmte Regeln kommen zur Anwendung.

Zeigt das SPPM-Verfahren gelegentlich ein einzelnes Sample an, das die 0 dB-Marke streichelt, so mag das in Ordnung sein. In der Realität sieht das heutzutage jedoch völlig anders aus. So ist bei Analysen auffällig, dass auf vielen CDs bis zu 100 Samples in Folge förmlich gegen 0 dBFS genagelt sind. Selbst das Einbauen eines Sicherheits-Headrooms, bei dem 100 Samples in Folge beispielsweise nur bis -0,3 dB reichen, führt bei der DA-Wandlung zu einer satten Übersteuerung von bis zu maximal sechs Dezibel. Was also in der digitalen Welt richtig ist, muss noch lange nicht für die analoge Seite gelten, in die schließlich jedes Digitalsignal zurückgewandelt werden muss, um schließlich in Schallwellen gewandelt zu werden. In einem Satz zusammengefasst kann man den Unterschied zwischen digitalen und analogen



Der Optimod-Prozessor von Orban gilt als eines der am weitesten verbreiteten Geräte zur Sendeoptimierung.

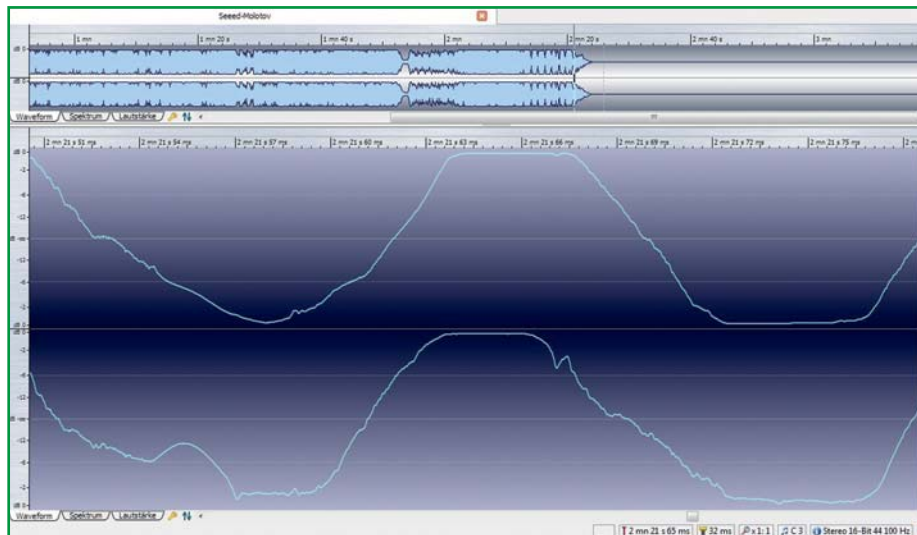
Signalen so beschreiben: digitale Signale sind eckig und analoge Signale sind rund. Anders ausgedrückt: Das runde, analoge Signal wird sich nicht davon abhalten lassen weiter anzusteigen anstelle brav in der Waagerechten abzuknicken, nur weil eine 0 dBFS-Marke erreicht ist. Es steigt weiter an, triggert Übersteuerungsgrenzen und ruft eine analoge Verzerrung hervor, die in vielen Fällen tatsächlich auch deutlich hörbar ist und zu bis zu 700 Millisekunden langen Verzerrungsartefakten führt.

Dieses Problem wurde übrigens schon vor vielen Jahren erkannt, weshalb die SPPM-Messung schließlich um zulässige Grenzwerte erweitert wurde. In professionellen Peak-Metern kann häufig eingestellt werden, wie viele Samples in Folge 0dBFS haben dürfen, bevor die Over-Anzeige ausgelöst wird. Anfangs waren es neun Samples, doch heute ist bekannt, dass selbst zwei Samples keinen ausreichenden Übersteuerungsschutz vor sogenannten Durchschießern oder Interleaved Sample Overs geben.

## SPPM besitzt einen Underread von bis zu 6 dB

Das bedeutet, dass SPPM bis zu sechs Dezibel niedrigere Peak-Werte anzeigt, als die von TPL erkannten Peak-Werte inklusive Interleaved Sample Overs über 0 dBFS.

Trotzdem bieten fast alle DAWs lediglich Peakmessungen nach SPPM an, wobei zumeist unklar ist, wie die Regeln für



Ein Ausschnitt aus dem Stück „Molotov“ der Band Seeed: Zu sehen ist eine fast endlose Kette an Vollaussteuerungs-Samples, die sich aneinanderketten und Clipping erzeugen.

das Triggern einer Übersteuerung festgelegt sind. Dies gilt auch für die Offline-Statistiken, wie sie von vielen DAWs angezeigt werden können. Daher kann man mit Fug und Recht aus heutiger Sicht behaupten, dass SPPM ein völlig unzureichendes Messverfahren für die Evaluierung der maximalen Peakwerte eines digitalen Audiosignals ist. Abhilfe soll deshalb das True Peak Level Verfahren schaffen. TPL ist von der ITU im Papier BS 1770 definiert. Die EBU hat diesen Standard übernommen und in die R128 Recommendations einfließen lassen. Daher ist TPL erstmals ein globaler Standard zur Messung von Peakspitzen. Wie das funktioniert und was TPL ausmacht, soll im Folgenden näher erläutert werden.

Um den Underread der SPPM-Messung abzufedern, arbeitet das TPL-Verfahren im vierfachen Oversampling.

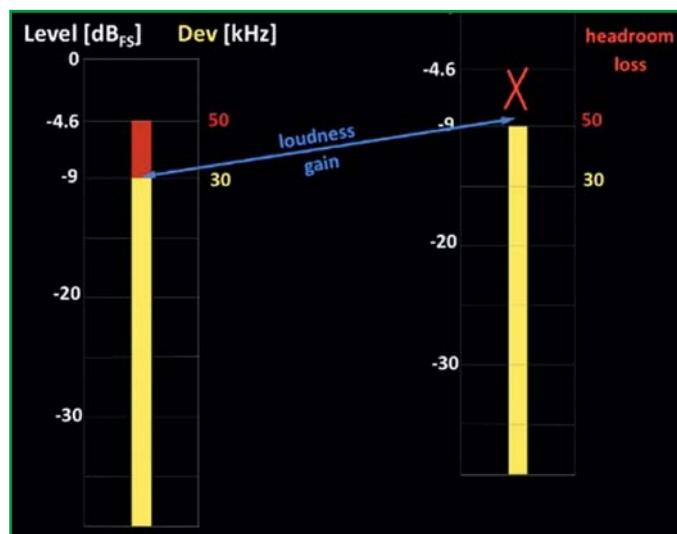
Oversampling heißt „Verdoppelung der Samplefrequenz“. Bei vierfacher Oversampling liegt also die 16-fache Samplefrequenz des Audiosignals an. Die interpolierten Werte haben dabei jedoch so berechnet zu werden, dass sie ihren analogen Pendanten entsprechen, so wie in der mittleren Abbildung auf Seite 62 dargestellt. Eine lineare Interpolation würde nicht zum Ziel führen, da die linear interpolierten Samples zwischen zwei vollausgesteuerten Samples ebenfalls 0 dBFS entsprechen würden.

## Hörbare Verzerrungen selbst bei -0,3 dBFS (SPPM)

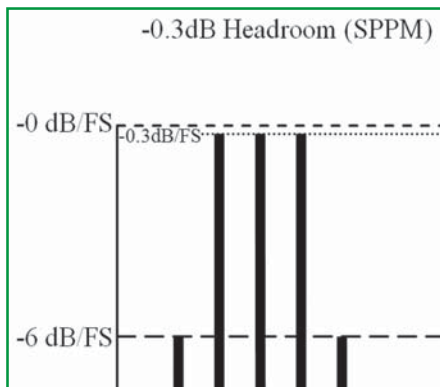
Misst man Signale nun im vierfachen Oversampling mit der gleichen Regel „maximal ein Sample in Folge darf bis 0dBFS reichen“, so sind fast alle Durch-



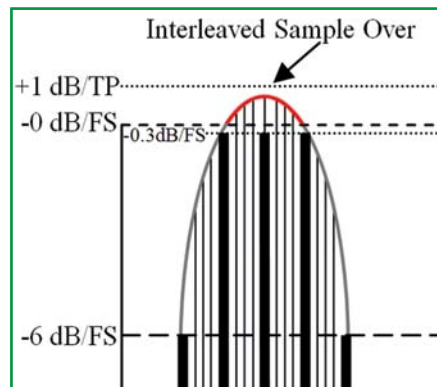
Das Sonnox Brickwall-Limiter Plug-in verfügt über ein Reconstruction Meter und zeigt Werte über 0 dB an.



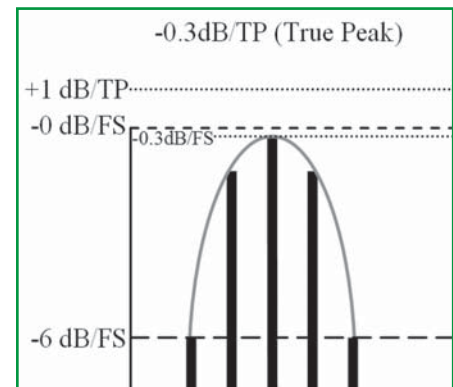
Diese Abbildung zeigt die Aufweichung des -9dB-QPPM-Standards durch den Drang nach mehr Lautheit im Sendeweg (mit freundlicher Genehmigung von Florian Camerer, Chairman der P-Loud-Gruppe der EBU).



Die dargestellte Samplefolge verfügt nach SPPM über einen Headroom von 0,3 dBFS und ist angeblich unkritisch. Die Over-Anzeige eines SPPM-Meters wird jedoch nicht angetriggert. Reale durchschnittliche Mainstream-Master zeigen heute meistens wesentlich kritischere Samplefolgen mit bis zu 100 Samples digital 0 in Folge.



Sehr gut zu erkennen ist, dass die interpolierten Werte eines analogen Signalverlaufs und nicht einem linearen Quersummenwert entsprechen. Überdies zeigt die Graphik, dass trotz des Headroom von 0,3 dB ein erheblicher Interleaved Sample Over bis knapp +1 dBTP durch schießt.



Die Graphik zeigt das Ergebnis, wenn auf Basis des hochgesamplen Signals die Regel angewendet wird, dass nur ein Sample Vollaussteuerung haben darf und die Samples entsprechend limitiert und anschließend heruntergesamplert werden. Sowohl Brickwall-Limiter als auch das TPL-Metering arbeiten nach dem gleichen Oversampling-Prinzip.

schießer zu erfassen. Bei vierfachem Oversampling existiert übrigens nur noch ein Underread von 0,5 Dezibel. Dieser Wert halbiert sich dabei mit jedem weiteren Oversampling-Vorgang. Da das Oversampling jedoch sehr rechenintensiv ist, hat man sich darauf geeinigt, es bei vierfachem Oversampling zu belassen und einen maximalen Aussteuerungspegel festzulegen (PML = Permitted Maximum Level). Dieser liegt nun global bei -1dB TP und gilt zukünftig für den TV-Bereich und später auch für das Radio. Nebeneffekt: Diese Grenze definiert einen zusätzlichen Headroom von 0,5 Dezibel, der bei nachträglicher Datenreduktion, beispielsweise bei der mp3-Encodierung, vor weiteren Überschießern schützen soll. Die genauen Hintergründe zu erläutern, würde an dieser Stelle jedoch zu weit führen. Jeder Mastering-Ingenieur sollte jedoch wissen, dass jede Datenreduktion aus physikalisch leicht nachvollziehbaren Gründen zu Peak-Erhöhungen führt. Konsequenz: Mangelndes Wissen hierüber hat zum historisch schlechtesten Sound in der Radiolandschaft geführt. Das übersteuerte PCM-Master der CD wird für den Sender in mp2 oder mp3 gewandelt, in der Regel ohne zuvor im Pegel reduziert zu werden, wie es richtig wäre. Das nun mit zusätzlichen Verzerrungen versehene „Sendemaster“ wird zur Sendung in PCM zurückgewandelt, um dann vom Sendelimiter noch einmal verzerrt zu werden. Aus diesem Grunde predige ich, dass „laut“ im Radio nie besser, sondern immer schlechter ist.

Doch wie sieht es mit TPL im Mastering aus? Es ist kaum zu erwarten, dass

CD-Master ab morgen mit einem Dezibel Headroom nach TP gepegelt werden, auch wenn es sicherlich gut wäre. Zu groß ist immer noch der überholte und widerlegte Glaube, dass „laut“ besser verkauft.

Die Musikindustrie würde jedoch einen gewaltigen Schritt wieder in Richtung Klangqualität machen, wenn Master zukünftig mit 0,5 Dezibel Headroom nach TPL-Norm angesteuert werden. Damit dies praktisch gelingt, bieten sich verschiedene Optionen an: Sie brauchen entweder ein Meter, das TPL anzeigt oder Sie verlassen sich auf einen guten Brickwall-Limiter, der auf minus 0,5 dBFS eingestellt wird. Ich persönlich empfehle den Sonnox Brickwall-Limiter, da er im vierfachen Oversampling arbeitet, über eine Funktion verfügt, die Peak-Werte über 0 dBFS anzeigt und somit quasi ein Vorreiter des TPL-Verfahrens ist. Auf jeden Fall sollten Sie vermeiden, dass Samplekolonnen gegen einen Maximalwert laufen, ganz gleich ob dieser bei 0 dBFS oder -1 dBFS liegt, unabhängig davon mit welchem Messverfahren gemessen wird.

Zum Abschluss seien noch ein paar dynamik-motivierende Worte aus meiner Praxis als Mastering Ingenieur erlaubt: Da ich mich bereits sehr lange für mehr Dynamik im Mastering einsetze, konnte ich bereits viele meiner Kunden davon überzeugen, dass ein sauber nach TPL gepegeltes Master, welches maßvoll komprimiert ist, zu besseren Ergebnissen im Radio, auf Download-Plattformen und auch im Club führt. Tun Sie sich selbst einmal den Gefallen und spielen in einem Club zwei Varianten eines Masters ab: laut, wie üblich und etwas leiser

nach TPL angesteuert. Sie werden bemerken, dass das leisere Master mehr Druck erzeugt und die Menschen sich davon besser angesprochen fühlen, weil die Transienten sauberer übertragen werden. Führen Sie sich dabei vor Augen, dass Transienten nicht nur ein digitaler Abdruck von analogen Spannungsausschlägen sind, sondern elementare Bestandteile von Klangereignissen, die für unser Gehirn unerlässlich sind, um Schall in wahrnehmbare und für uns verarbeitbare Hörerlebnisse zu verwandeln. Wichtig: Je entstellter Transienten übertragen, respektive limitiert werden, desto mehr Hirnleistung ist erforderlich, um das Klangereignis als solches wahrnehmen zu können. Dies ist sogar in Studien<sup>1</sup> nachgewiesen worden und belegt eindrücklich, weshalb Hörer unbewusst von hyperkomprimierter Musik leichter genervt sind und sich dem Musik-Hören unter gewissen Bedingungen schließlich entziehen wollen. Dynamic sells more.

Ich hoffe jedenfalls, Ihnen einen grundlegenden Einblick in die Welt der Peakmessung gegeben zu haben und Ihnen gleichzeitig einen Anreiz geliefert zu haben, Ihre zukünftigen Masterings nach TPL zu pegeln. Die Hörer werden es Ihnen danken. Im Rahmen der Ausbildung an der Mastering Academy werden die Themenkomplexe Metering und R128 selbstverständlich noch eingehender betrachtet. Mehr dazu, erfahren Sie auf [www.Mastering-Academy.de](http://www.Mastering-Academy.de). ●

<sup>1</sup> „Multichannel Fast-Acting Dynamic Range Compression Hinders Performance by Young, Normal Hearing Listeners in a Two-Talker Separation Task“, University of Cambridge by M. Stone, B. Moore & C. Füllgrabe.