



FRITZ FEY, FOTOS: FRITZ FEY, MUTE C

# Slave To The Rhythm

MUTE C REF 1 0 SE 1 2 0 1 0 - M H Z  
R E F E R E N Z T A K T G E N E R A T O R

Der Titel des weltweit erfolgreichen Songs ‚Slave To The Rhythm‘ von Grace Jones, der 1985 veröffentlicht wurde, schien mir beziehungsreich genug, um eine bildhafte Vorstellung vom Kernthema dieses Beitrags zu vermitteln. Der ‚Rhythmus‘ in einem digitalen System kommt von einem zentralen Taktgeber (abhängig von der Komplexität der Installation), dem alle anderen Teilnehmer ‚nach Kräften‘ folgen müssen. Dabei spielt es zunächst einmal keine Rolle, ob dieser Takt intern von einem im Studio vorhandenen A/D-Wandler und dessen Wordclock- oder Digital-Audio-Ausgang oder extern von einem Taktgenerator stammt, der speziell für diesen Zweck entwickelt wurde. Der deutsche Hersteller Mutec beschäftigt sich schon sehr viele Jahre mit der Entwicklung von Geräten, die einen präzisen digitalen Takt generieren/verteilen oder eine Re-Clocking-Funktion bieten. Den zumindest vorläufig technologischen Höhepunkt beim Streben nach immer mehr Präzision und Signalqualität eines Taktsignals repräsentiert der Mutec REF10 SE120 10-MHz Referenztaktgenerator, der ein hochpräzises 10 MHz Taktsignal an den Grenzen des derzeit Machbaren erzeugt, das kompatiblen Wandlern, Re-Clockern oder Taktgeneratoren mit entsprechendem Eingang als Referenz dient. Der Hersteller treibt zum Erreichen seiner anspruchsvollen Ziele enormen Aufwand, auf den wir im weiteren Verlauf des Beitrags noch zu sprechen kommen werden.

Schon vor mehr als zehn Jahren verbreitete sich auch im professionellen Audiobereich die Ansicht, dass externe Wordclock-Generatoren grundsätzlich die Klangqualität von AD/DA-Wandlern in digitalen Audiosystemen verbessern. Relativ schnell kamen entsprechende Geräte mit dem verheißungsvollen Versprechen einer garantierten Klangoptimierung auf den Markt. Aber schon fast ebenso lange gibt es dazu eine klare Haltung der Fachleute: Kann, muss aber nicht. Eigentlich gibt es nur einen nachvollziehbaren, rein technischen Grund dafür, einen externen Wordclock-Generator einzusetzen, nämlich dann, wenn in einem digitalen System viele Wandlerkanäle auf mehrere Geräte verteilt zum Einsatz kommen. Dies gilt in besonderem Maße für reine A/D-Wandler, da diese in der Regel über keinen digitalen Eingang verfügen und somit in einem Master/Slave-Verbund auf ein separat zugeführtes Wordclock-Signal angewiesen sind. Dabei sollte die Diskussion doch eigentlich schnell geführt sein – je präziser die Clock, desto besser die digitale Aufzeichnungs- oder Wiedergabequalität. So weit, so gut. Zunächst sei festgestellt, dass die Präzision der Wordclock nur bei einem Domänenwechsel von Bedeutung ist, also bei der Wandlung von analog zu digital und umgekehrt. Ein Wandler besteht im Wesentlichen aus den Hauptkomponenten Taktgenerator, Wandlerchip, Wordclock-Eingangsstufe und PLL (Phase Locked Loop oder Phasenregelschleife), praktisch eine Art ‚Nachführungsschaltung‘, deren Aufbau sich im externen getakteten Betrieb qualitätsbeeinflussend auswirkt. Mein redaktioneller Mitstreiter Friedemann Kootz beschäftigte sich schon vor inzwischen über zehn Jahren in einer zweiteiligen Abhandlung mit der Theorie und Praxis der Wordclock-Anwendung sehr ausführlich und nachhaltig (August und September 2008). Für unsere Abonnenten haben wir solche ‚Evergreen‘-Inhalte im Login-Bereich im PDF-Archiv zum Nachlesen vorrätig (ab 2006). Schon damals resümierte der Beitrag mit der allgemein akzeptierten Ansicht, dass die Kombination von externer Clock und Wand-



ler in ihrer Wirkung nicht vorhersehbar ist, aber dennoch deutlich hörbare Unterschiede, natürlich zum Positiven, bewirken kann. Hier setzen wir den thematischen Hebel an, wissend, dass in einfachen Systemen mit DAW und Audio-Interface ein externer Clock-Generator der hier angesprochenen Kategorie wahrscheinlich keinen Platz als ‚Klangwunder‘ finden wird, aber auch in der anderen Richtung keine Signalkatastrophen zu befürchten sind. Ich habe in meinem Studio eine recht ansehnliche Zahl von A/D- und D/A-Wandlern im Einsatz (unter anderem auch noch die ewig klingenden Wandlerboards im TC System 6000 Mk II), und nutze zur zentralen Taktung schon recht lange eine sternförmige Wordclock-Verteilung über einen Mutec MC-3+ Wordclock-Generator. Auch habe ich schon verschiedenste Versuche mit Reclocking unternommen und bin dabei zu einer Konfiguration gekommen, die nach meiner Wahrnehmung eine klangliche Verbesserung im Gesamtsystem bewirkt. Das mit der klanglichen Verbesserung ist allerdings so eine Sache, weshalb dieser Aspekt einer genaueren Erläuterung bedarf. Da es ein ideales Taktsignal physikalisch bedingt nicht geben kann, sprechen wir bei der ‚Verbesserung‘ eigentlich von einer ‚weniger ausgeprägten Verschlechterung‘. Man ist also eigentlich auf der Suche nach Lösungen, die dem unerreichbaren Ideal möglichst nahe kommen. Der Begriff ‚Jitter‘ ist in diesem Zusammenhang bisher noch nicht gefallen, gilt allerdings als hauptverantwortlich für die Verschlechterung des Audiosignals – in den Anfangsjahren der digitalen Aufzeichnung praktisch gar nicht

thematisiert. Bei der digitalen Aufnahmetechnik ist Voraussetzung, dass die Aufnahme und deren Wiedergabe mit identischer Taktfrequenz erfolgt und dass die Abtastwerte mit maximaler zeitlicher Präzision eintreffen. Zeitfehler bei den Taktimpulsen haben sowohl Auswirkungen auf der Frequenz- (Höhenverlust, Klirrpunkte), als auch auf der Zeitebene (Räumlichkeit, Phasenlage, Transientenwiedergabe). Jitter entsteht nicht nur durch einen unpräzisen Taktgeber, sondern zum Beispiel auch durch Einstreuungen in Leitungswege, etwa durch ein Netzteil. In diesem Fall können sich Klirrpunkte bilden, die unser Gehör als unmusikalisch wahrnimmt. Auch periodische Bitmuster im Datenstrom können die Ursache für spektrale Störkomponenten sein. Diese stammen oft aus der Digitalschnittstelle selbst, die Taktsignale und Audio über eine gemeinsame Leitung übertragen, was fast alle Schnittstellenformate wie AES/EBU, TOSLINK oder SPDIF tun. Gegen Einstreuungen und dateninduzierten Jitter helfen eigentlich nur gute, möglichst kurze 75-Ohm-Kabel, eine korrekte Terminierung und die Vermeidung von Daisy-Chain-Installationen mit sich addierenden Problemen. Bei analogen Bandmaschinen hießen die Schreckgespenster Wow & Flutter, und hier finden sich durchaus Ähnlichkeiten, abgesehen von der Tatsache, dass die Frequenz von Gleichlaufschwankungen sich ‚unterhalb‘ des zu übertragenden Spektrums bewegt, wohingegen Jitter als Störkomponente auch in den Bereich hoher Frequenzen hineinwirken kann. Klangverschlechternde oder Störungen hervorriefende Auswirkungen auf das Audiosignal



durch Jitter können, wie schon erwähnt, ‚nur‘ bei der A/D- oder D/A-Wandlung auftreten. Dabei ist zu bedenken, dass Taktungenauigkeiten beziehungsweise Jitter bei der Aufnahme/A/D-Wandlung ‚mitgeschrieben‘ werden und diese auch mit der präzisesten D/A-Wandlung nicht wieder ‚repariert‘ werden können. Man erlebt in diesem Fall allenfalls eine perfekte Inszenierung des zuvor aufgetretenen Mangels.

## Überblick

Der Mutec REF10 SE120 ist eine Sonder-Edition des seit 2017 erfolgreich eingeführten Referenztaktgebers REF10, dessen Eigenschaften durch einen sehr aufwändig gefertigten und selektierten OCXO (ofen-kontrol-

lierten Quarzoszillator) optimiert wurden. Der Hersteller nutzt für den nach strengen Maßstäben über viele Stunden ablaufenden Auswahlprozess sehr aufwändige messtechnische Hilfsmittel. Das Ergebnis sind niedrigste Jitter- und Phasenrauschwerte, die nur durch aus einer größeren Fertigungsmenge aussortierte Einzelstücke erreicht werden können, weshalb das Gerät immer nur in kleineren Chargen verfügbar ist. Wie der Hersteller festgestellt hat, liegt die hohe Zeitstabilität so genannter Atomuhren in einem für die digitale Audiotechnik eher irrelevanten Zeitbereich, denn es kommt nicht auf den Betrag an, um den die absolute Taktfrequenz über einen längeren Zeitraum abweicht, obwohl natürlich auch dieses Kriterium von einer gewissen Be-

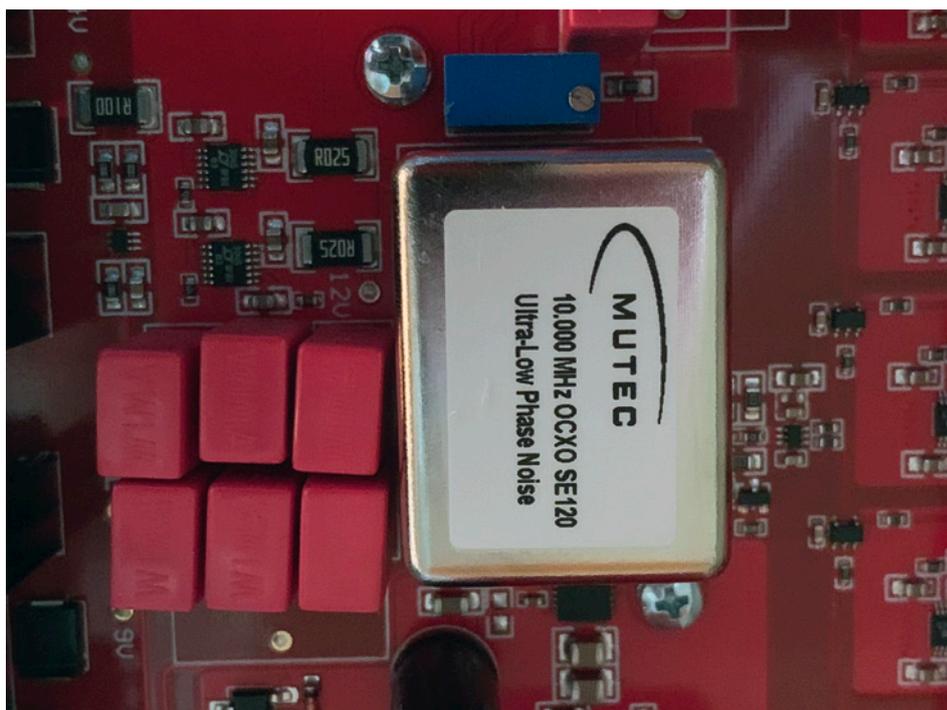
deutung ist. Bei der Wiedergabe (oder Aufzeichnung) digitalen Audiomaterials entscheidet vielmehr die Stabilität des Zeitintervalls zwischen den Samples über die Klangqualität, also ein sehr kurzer Zeitbereich, in dem sich auch Störfaktoren wie Jitter (über die Zeit betrachtet) und Phasenrauschen (über die Frequenz betrachtet) vornehmlich abspielen. Aber nicht nur die Qualität des OCXO spielt beim Erreichen maximaler Präzision eine Rolle – auch die Auslegung der Stromversorgung trägt entscheidend zum Gesamtergebnis bei. Mutec setzt hier ein doppeltes lineares Netzteil ein, das auf einem Ringkerntrafo aus deutscher Fertigung aufbaut und den OCXO vollkommen isoliert vom Rest der Schaltung versorgt. Besonderer Wert wurde auf eine wirksame Unterdrückung denkbarer Störfaktoren gelegt – jeder Teil der Schaltung wird von optimierten Spannungsquellen versorgt, um jedwede Störbeeinflussung im Gesamtsystem zu vermeiden. In diesem Zusammenhang fallen auch noch weitere Begriffe wie abschirmendes Stahlgehäuse, Netzfilter oder galvanische Isolierung. Es wäre sicher müßig, im Detail auf die umfangreichen Maßnahmen einzugehen, die Mutec ergriffen hat, um sein Gerät in der Gesamtheit auf ein absolutes Spitzenniveau zu heben. Ich kenne Christian Peters, den Mutec-Inhaber, schon sehr lange und ich weiß, dass er ein absoluter Perfektionist ist, der auf dem Weg zu einer optimalen Gerätequalität nichts liegen lässt. – Leider braucht Strom im Gegensatz zu Licht mehr Zeit, um einen bestimmten Zustand zu erreichen, weshalb wir das schon eingangs ins Spiel gebrachte, ideale Taktsignal auch nicht erzeugen können. Bei der Entwicklung des REF10 und auch des Sondermodells SE120 war daher besonders wichtig, die Flankensteilheit des Taktsignals am Ausgang des Referenztaktgenerators möglichst hoch bei geringstmöglichem Überschwingen zu gestalten, was zu einer schnelleren Synchronisation der angeschlossenen Geräte und zu einem geringeren Jitter-Eintrag in der Empfängerschaltung beiträgt – vorausgesetzt, die PLL des fremd getakteten Gerätes kann diesem anspruchsvollen Si-



gnal folgen. Mit dem Gerät kann man aktiv eigentlich nichts machen, wenn man es genau nimmt, denn es liefert ‚einfach‘ nur das Taktsignal an seinen acht Ausgängen (6 x 75 Ohm, 2 x 50 Ohm), die über einen Drehgeber mit Druck-Schaltfunktion angewählt und einzeln ein- oder ausgeschaltet werden können. Auf der Front findet man acht LEDs, die anzeigen, ob der entsprechende Taktausgang aktiv ist. Ja, und dann wäre da noch der Netzschalter mit einer roten LED-Betriebsanzeige.

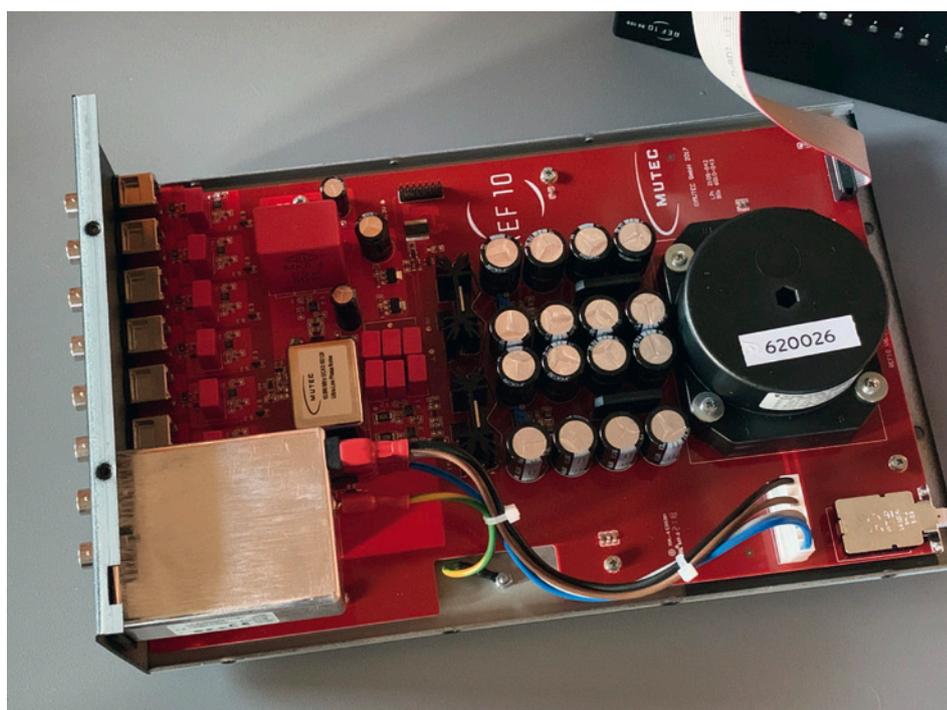
## Praxis und Hören

Ich machte den folgenschweren Fehler, das Angebot anzunehmen, mir ein solches Edel-Exemplar von Referenztaktgenerator für ein paar private Hörtests von Mutec zukommen zu lassen. Christian Peters, Inhaber der in Berlin ansässigen ‚Digitalschmiede‘, war interessiert zu hören, was ich, aus dem Profi-Lager stammend, wohl dazu zu sagen hätte, denn aus der audiophilen Szene erreichen ihn schon länger sehr viele positive Kommentare. Meine Hörtests fanden in der Hauptsache vor dem Umbau meines Studios statt, als ich noch meine gesamte Wandler-Takelage in ‚voller Pracht‘ zur Verfügung hatte. Insofern war es recht einfach, das Setup um den Referenztakt zu erweitern. Das simple Ankoppeln der externen Taktquelle aus dem REF10 SE120 an den zentralen Takt aller DACs in meinem System über den MC-3+ aus gleichem Hause, erlaubte mir sogar eine Umschaltung zwischen unterschiedlichen Marken. Technisch in der Umsetzung ähnlich einfach verlief auch das Experiment mit einem neugetakteten DAC (Re-Clocking) mit oder ohne externe 10-M-Taktquelle. Erwartungsgemäß zogen sich die gehörten Unterschiede nicht wie ein gleichmäßiger roter Faden durch alle Fabrikate. Es gab jedoch bei bestimmten Wandlern, die aus Gründen der Fairness ungenannt bleiben sollen, signifikant hörbare Verbesserungen, die man nicht einfach so als bei Vollmond verstreuten Feenstaub abtun kann. Allerdings sprechen wir auf diesem Qualitätsniveau natürlich auch nicht mehr von Welten. Es scheint



überhaupt so zu sein, dass die Auslegung der PLL bei der ‚Steuerbarkeit‘ durch ein technisch besseres, externes Taktsignal eine wesentliche Rolle spielt. Leider sieht man es einem Wandler von außen nicht an, wie ‚gut‘ er auf eine externe Taktung reagiert. Interessante Erkenntnisse aus den Hörtests, die ich als ‚gesichert‘ benennen kann, waren zum Beispiel ein aufgefächert wirkender, ‚ruhigerer‘ Mittenbereich, der eine gewisse Lästigkeit verlor, ebenso wie ei-

ne Stereobühne, deren Instrumente etwas mehr Kontur anzunehmen schienen. Einflüsse ließen sich auch in Bezug auf die Darstellung der Räumlichkeit oder deren Dimension feststellen. Das Gleiche gilt für etwas mehr aufblitzende beziehungsweise auffälligere Details im gesamten Klangbild, das dadurch ‚vollständiger‘ oder ‚beweglicher‘ zu werden schien. Ich tue mich wirklich schwer damit, das Ausmaß der gehörten Veränderungen zu quanti- und qua-



lizieren, da zwischen ‚mit und ohne Referenztaktgenerator‘ immer ein paar Tasten zu betätigen waren. In mehreren Durchgängen ‚erhörte‘ ich mir diverse ‚Unauffälligkeiten‘, die mir allerdings in ihrer Gesamtheit sagten: ‚Verdammt, ich muss das haben!‘ Es ist einfach zu viel, um überhört und wieder vergessen zu werden. Der Blick in die Preisliste löst allerdings sofort Überlegungen zur Verhältnismäßigkeit aus – und es bleibt natürlich die etwas unbefriedigende Aussage, dass es immer darauf ankommt, also auf den Wandler, ob ein Referenztakt dieser Güte das wie selbstverständlich erwartete Hörerlebnis folgen lässt. Ein wesentlicher Aspekt wurde bisher noch unterschlagen, denn absolut betrachtet verfügen nur wenige Wandler über einen Eingang für externe 10-MHz-Signale. In meinem Fall, also als Besitzer von zwei MC-3+, die die Brücke zu jedem beliebigen Wandler schlagen, stellte sich diese Frage natürlich nicht. Der Hersteller hat eine Liste kompatibler Wandler, Re-Clocker und Taktgeneratoren, natürlich neben seinen eigenen Produkten, veröffentlicht, aus der ich gerne eine paar Namen zitieren möchte, die man dem professionellen Audiomarkt zuordnen kann: Antelope Audio, Audio Design, Brainstorm, dCS, Studio Technologies oder Tascam.

## Fazit

Zuerst die gute oder die schlechte Nachricht? Sie ahnen es schon. Der Erwerb einer solch hochpräzisen Taktquelle erleichtert Ihre Kasse um rund 4.700 Euro plus Mehrwertsteuer. Das muss man erst einmal verdauen. Ich glaube aber nicht, dass hier ein groß angelegter Belastungstest potentieller Käufer durchgeführt werden soll, denn der selektierte OCXO kostet bereits vierstellig im Einkauf, ohne die aufwändigen Testverfahren, die nur die besten Einzelstücke überstehen, um es in einen REF10 SE120 zu schaffen. Außerdem ist die Firma Mutec eher dafür bekannt, ihre Produkte sehr moderat auszupreisen. Natürlich kenne auch ich die Diskussion darüber, dass man immer in eine ge-

gebene Signalkette, sei sie analog, digital oder beides, hineinarbeitet. 1 dB mit dem EQ irgendwo herausgenommen oder hereingedreht ist im Vergleich zu einzelnen filigranen Unterschieden einer externen Taktung soviel wie eine Kleidergröße weniger – oder mehr. Was ich beim REF10 SE120 an ‚Veränderung zum Positiven‘ hören kann, hat aber nichts mit dem Ergebnis einer Signalbearbeitung zu tun, sondern hier beeinflusst man die gesamte Grundlage des Produktionsprozesses und dessen Transparenz beziehungsweise Basisqualität. Sicher ist dieses Produkt, besonders in der hochgezüchteten Sonderedition, kein Werkzeug für den Produktionsalltag, in dem ganz andere Kriterien eine vordergründige Rolle spielen, aber ich glaube, dass ein durch den REF10 SE120 getaktetes Studio im Zweifelsfall besser klingt. Für die Klanggourmets, die gerne bei einem Latte Macchiato neben ihrem erdbebensicheren Plattenspieler eine weitere Trophäe präsentieren wollen, ist das Geld wahrscheinlich kein nennenswertes Problem. Für ein rentabel geführtes Studio jedoch muss jede Investition mit Argumenten belegt werden. Studios, die sich eine optimale Signalqualität auf die Fahne geschrieben haben, können an diesem

Gerät gerade aus diesem Grund nicht einfach vorbeigehen, besonders, wenn zuvor 6.000 oder 8.000 Euro für zwei Kanäle analoge Vintage-Kompression über den Ladentisch gegangen sind. Die hochpräzise Taktung der digitalen Audiotechnik sollte im Vergleich dazu eine elementarere Rolle spielen. Vielleicht ist nämlich der unscheinbare schwarze Wandler in Kombination mit dem REF10 SE120 sogar die bessere Investition als die ‚Platin-Edition‘ ohne externen Takt? Dummerweise weiß man das erst, wenn man es ausprobiert hat. Es gibt, um das abschließend zu sagen, keinen Zweifel darüber, dass der REF10 SE120 Referenztaktgenerator zu einer erheblichen klanglichen Verbesserung beitragen kann, denn in meinem Studio trat er schließlich gegen einen MC-3+ aus dem gleichen Rennstall an, den ich schon einige Jahre aufgrund seiner klangverbessernden Eigenschaften im Einsatz habe. So, und jetzt muss ich überlegen, was ich mache...mit dem Testgerät, das immer noch in meinem Studio steht. Dummerweise kann es gerade für Mastering-Studios auf dem Weg zu einer maximal transparenten Signalkette der Punkt auf dem i oder das Sahnehäubchen auf der Torte sein...

## Re-Clocking mit Mutec MC-3+

Abgesehen davon, dass alle extern referenzierten Betriebsarten stets zu einer Neugenerierung des ausgegebenen Taktsignals führen, bietet der MC-3+ zusätzlich die schon erwähnte Re-Clocking-Funktion oder Neutaktung des in den Audiostream eingebetteten Clock-Signals. Bei dieser Anwendung geht es in erster Linie um eine klangliche Optimierung der Wandlerwiedergabe. Alle drei digitalen Audio-Eingänge (S/P-DIF koaxial und optisch, sowie AES3) können in dieser Betriebsart angesprochen werden.

Die Neutaktung erzeugt ein phasensynchrones, vollständig neu generiertes Taktsignal höchster Güte, das ausgangsseitig mit der Abtastrate des Eingangssignals wieder in das Audiosignal eingebettet wird. Wählt man einen der verfügbaren digitalen Audioeingänge, bieten sich zwei weitere Optionen durch erneutes Betätigen der ‚Select‘-Taste: angewählter Eingang plus WCLK oder angewählter Eingang plus 10 MHz. Die Anwahl dieser Re-Clocking-Optionen erlaubt eine Neutaktung des digitalen Audiosignals auf Basis einer externen WCLK- oder 10-MHz-Referenz. Das war natürlich hier die Funktion der Wahl. Das Referenzsignal muss in diesem Fall am BNC-Eingang zugeführt werden. In der Funktionsgruppe ‚Clock In‘ wird die Taktrate des digitalen Audio-Eingangssignals angezeigt und die Wordclock-Ausgänge mit Hilfe der Taktmultiplizierer in ihrer Rate vervielfacht.