



## RockNet 300 von Media Numerics

RockNet 300 ist ein digitales Audionetzwerk, mit dem 160 Kanäle über ein CAT.5e-Kabel übertragen werden und das vom Konzept her für den mobilen Einsatz bei Veranstaltungen optimiert ist. Wir haben testweise einen Probeaufbau vorgenommen, mit Live-Praktikern gesprochen und die einzelnen RockNet-Komponenten messtechnisch untersucht.

Im Namen steckt es ja schon: ein Netzwerk für Rock. Damit ist zwar sicher nicht gemeint, dass nur Musik dieser Stilrichtung das Netzwerk passieren kann – und 160 Kanäle wären sicher auch für eine klassi-

sche Rockband etwas überdimensioniert. Der Name beinhaltet eher, dass RockNet ein Audionetzwerk für den Rock'n'Roll-Alltag ist. Dieser stellt einige Anforderungen an die Geräte, die bei festen Installationen kei-

ne so primäre Rolle spielen. Dazu gehört, dass das Netzwerk schnell und einfach aufzubauen sein muss – von Technikern, die in erster Linie Tontechnikern und nicht Netzwerktechnikern sind. Robuste Verarbeitung für den Touralltag und Zuverlässigkeit sind selbstredend ebenfalls gefragt. Neben der Audioqualität ist eine kurze Latenzzeit überaus wichtig, damit auch die Monitore auf der Bühne in das digitale Audionetzwerk eingebunden werden können.

Der Umstieg von einer analogen Verkabelung auf ein digitales Core oder Netzwerk kommt im Tour- und Veranstaltungsalldag wohl für die meisten nur dann in Frage, wenn sich das Leben dadurch wirklich vereinfacht. Zeit für Experimente gibt es bei knappen Aufbauzeiten nicht, und so kann es nahe liegen, lieber bei der bewährten analogen Verkabelung zu bleiben, auch wenn die Audioqualität sich durch den digitalen Signaltransport verbessert, die ein oder andere Umsetzung von der digitalen in die analoge Welt entfällt und sich die Packmaße und das Gewicht verringern.

„Im Touralltag hat man keine Zeit, sich um ein Netzwerk zu kümmern. Es muss einfach funktionieren“, sagte Achim Schnall, der als Tontechniker sechs Wochen mit Laith Al-Deen auf Tour war und RockNet nutzte. „Es ist aber unglaublich gut, am Ende eines langen Arbeitstages nicht 120 m Multicore in Achten ins Case legen zu müssen, sondern eine Kabeltrommel CAT-Kabel aufzuwickeln.“

Von seinen Erfahrungen mit dem RockNet auf Tour berichtete uns Achim Schnall bei einem Besuch von Media Numerics, dem Hersteller von RockNet in Hanau. Welchen Hintergrund Media Numerics hat, wie das RockNet funktioniert, wie man es konfiguriert und bedient, das waren auch unsere Themen beim Besuch und Gespräch mit den beiden Media-Numerics-Geschäftsführern Arnd Janus und Matthias Knoth. Zur praktischen Demonstration haben wir dort ein zwar vom Platzbedarf her kleines, aber netzwerktechnisch schon recht „erwachsenes“ Audionetzwerk aufgebaut: sechs RockNet-Karten in zwei digitalen





Achim Schnall, der sechs Wochen das RockNet auf Tour nutzte, sowie Matthias Knoth und Arnd Janus von Media Numerics (v.l.n.r.)

Mischpulten und elf der diversen RockNet-Geräte. Zur Steuerung kam die neue Bedien-Software RockWorks zum Einsatz. Die Bedienung und Konfiguration des Netzwerkes kann an sich komplett an den Geräten erfolgen, die Software schafft aber zusätzlich den Zugriff und Überblick auf alle Geräte im Netzwerk. In unser eigenes Testlabor gingen anschließend die RockNet-Geräte RN.301.MI, RN.302.LO, RN.332.DO und RN.333.DI.

### Wer ist Media Numerics?

Die Media Numerics Ltd. ist der Entwickler und Hersteller des digitalen Audionetzwerkes RockNet 300. Gegründet wurde die Firma im September 2005; zu diesem Zeitpunkt waren die Grundzüge des digitalen Audionetzwerkes bereits entwickelt und das technische Konzept überprüft. „Wir haben uns in der ersten Entwicklungsphase die bekannten Transportprotokolle im Hinblick auf ihre Eignung zur Übertragung von hochqualitativen Audiosignalen in Echtzeit genau angeschaut und uns entschieden, ein eigenes Protokoll zu entwickeln“, so Matthias Knoth, der Entwickler des RockNet. Auf der Pro Light + Sound 2006 in Frankfurt wurde das RockNet zum ersten Mal öffentlich präsentiert, in den USA war es danach im Oktober auf der 121. AES Convention in San Francisco zu sehen. Der erste Live-Einsatz des RockNet erfolgte im November 2006, im Mai 2007 begann die Testphase unter realen Bedingungen bei Veranstaltungen in Deutschland, u. a. beim Festival „Deine Stimme gegen Armut“ in Rostock (u. a. mit Die Fantastischen 4, Die Toten Hosen & Bob Geldof, Herbert Grönemeyer, Bono) und bei der Live-Übertragung der Oper „Rigoletto“ aus dem Hessischen

Staatstheater im Rahmen des 30. Theatrum in Wiesbaden. Im August 2007 wurden die ersten Serienprodukte ausgeliefert.

„Die Serienproduktion wird bei einem externen Dienstleister durchgeführt, der schon lange in der Telekommunikation tätig ist und einen Electronic Manufacturing Service auf höchstem Niveau bietet. Die Endkontrolle wird an vollautomatisierten Testplätzen durchgeführt inklusive Protokollierung der Ergebnisse und Identifizierung der Testkandidaten anhand der Seriennummern. Zusätzlich erfolgt ein sogenannter Burn-In, bei dem jedes Gerät 24 Stunden unter Vollast läuft“, erklärt Arnd Janus. „Die Auslagerung der Produktion und auch anderer Tätigkeitsfelder wie Marketing, Buchhaltung und Vertrieb entspricht den Unternehmensprinzipien von Media Numerics: Wir konzentrieren uns auf unsere Kernkompetenzen. Dadurch behalten wir eine schlanke Organisationsstruktur. Genauso gehört es zu unseren Unternehmensprinzipien, eng mit unseren Kunden zusammenzuarbeiten und sie schon in der Designphase der Produktentwicklung einzubinden.“

Die finanzielle Basis des Unternehmens schafft eine Reihe von Investoren. Neben deutschen und amerikanischen Anteilseignern gehört dazu auch die international tätige Vitec Group, zu der u. a. einige Hersteller professioneller Bühnen- und Videotechnik gehören.

### Was ist RockNet?

RockNet ist ein digitales Audionetzwerk, das mit einem eigenen Protokoll über CAT.5e-Kabel bis zu 160 Eingangssignale (24 Bit / 48 kHz) bzw. 80 Eingangssignale (24 Bit / 96 kHz) an bis zu 768 Ausgänge ver-

teilt. „Im Prinzip ist die Anzahl der Ausgänge unbegrenzt. Die Festlegung auf 768 ergibt sich allein durch eine interne Begrenzung der Tabellenlänge“, erläuterte Matthias Knoth. „Hier gibt es oft ein Missverständnis bezüglich der Anzahl der Kanäle. Die maximal 160 Eingänge werden bidirektional über die vier Adernpaare des CAT.5e-Kabels übertragen und können an jedem Ausgang des Netzwerkes ausgegeben werden.“ Die Anzahl der Geräte mit acht analogen Ein- und Ausgängen, acht AES/EBU-Schnittstellen (16 Ein- oder Ausgangskanälen) oder 16 Ein- und Ausgängen an Steckkarten für Yamaha-Mischpulte ist auf 99 festgelegt. „Das ist dem Display an den Geräten mit zwei Ziffern geschuldet, das zur Orientierung eine Identifikationsnummer anzeigt“, so Matthias Knoth. „Vom Protokoll und der Struktur des Netzwerkes aus betrachtet sind auch mehr als 99 Geräte möglich.“

Aspekte bei der Entwicklung des Protokolls waren eine möglichst geringe Signallaufzeit, die Unterdrückung von Jitter (zeitliche Schwankungen im Taktsignal) und die Vermeidung der Zunahme von Jitter durch das Netzwerk. Technologisch werden hier zwei Begriffe geprägt: Lateral und Concrete. „Concrete“ steht bei Media Numerics für die Art der Taktrückgewinnung und Jitter-Unterdrückung, für die eine spezielle digitale PLL-Struktur (Phase-Locked Loop) verantwortlich ist. „Lateral“ bezieht sich auf die kurze Laufzeit und die Art der Übertragung. Angegeben werden 250 µs bei einer Abtastrate von 48 kHz von einem digitalen Eingang zu einem digitalen Ausgang. Die Übertragung mit einer Datenrate von insgesamt 400 Mbps auf den vier Adernpaaren eines CAT.5e-Kabel ermöglicht nicht nur den Transport der Audiosignale und der systeminternen Steuerdaten. Es sind auch 10 Mbps für die Übertragung von TCP/IP-Daten reserviert, sodass demnächst auch Ethernet zur Steuerung externer Geräte wie Lautsprecher-Controller verfügbar sein soll. „Die Struktur und das Protokoll bieten vielfältige Möglichkeiten, zukünftig auch Audiodaten mit einer anderen Wortbreite zu übertragen oder einen Teil der Bandbreite anders zu nutzen. Auf einen 80-Kanal-Modus kann man jetzt schon umschalten und damit gibt es theoretisch die Möglichkeit, auch 100-Mbps-Ethernet zusätzlich zu den Audiosignalen zu übertragen“, so Mat-



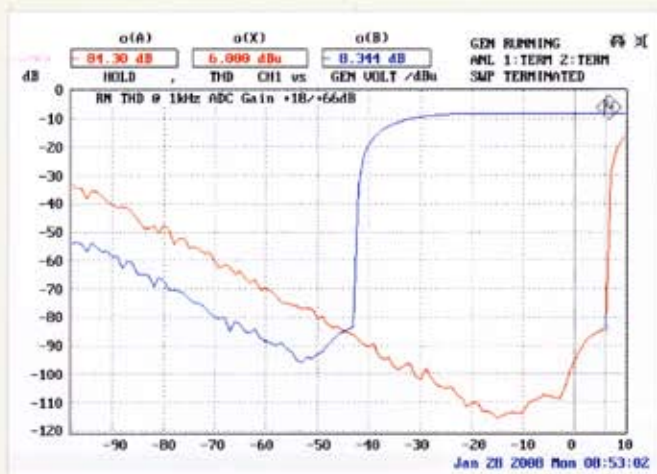


Abb. 5: RN.301.MI – THD-Werte der Preamps und A/D-Umsetzer in Abhängigkeit vom Eingangspegel bei niedrigstem Gain (ohne PAD) von 18 dB (rote Kurve) und bei maximalem Gain von 66 dB (blaue Kurve). Die Clipgrenzen liegen bei +6 dBu und -42 dBu.

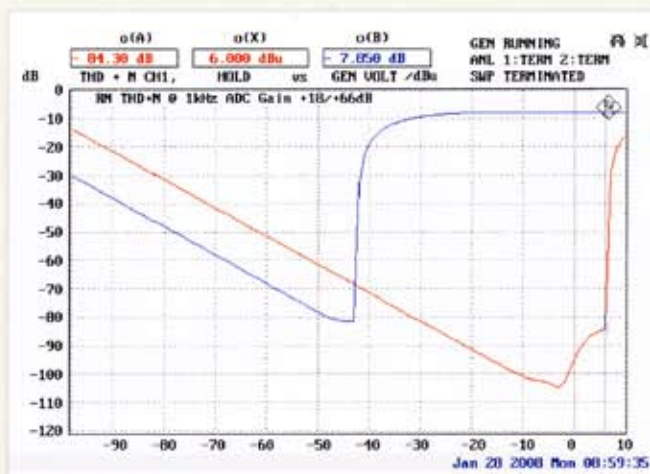


Abb. 6: RN.301.MI – THD+N Werte in Abhängigkeit vom Eingangspegel bei niedrigstem Gain (ohne PAD) von 18 dB (rote Kurve) und bei maximalem Gain von 66 dB (blaue Kurve)

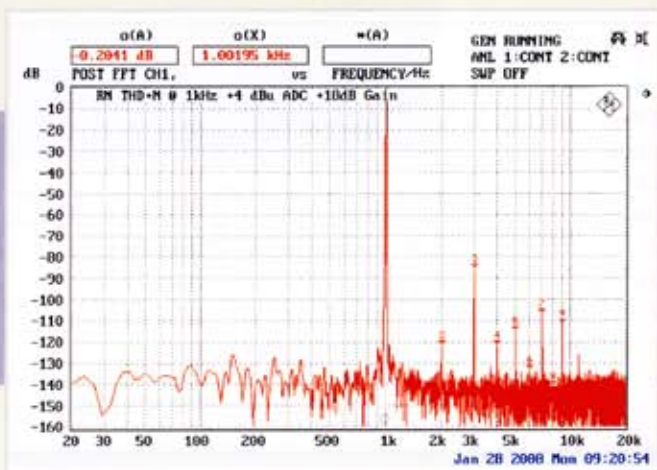


Abb. 7: RN.301.MI – Klirrspektrum der Preamps und A/D-Umsetzer bei 1 kHz gemessen für 18 dB Gain mit +4 dBu Eingangsspannung, d. h. 2 dB unterhalb der Clipgrenze

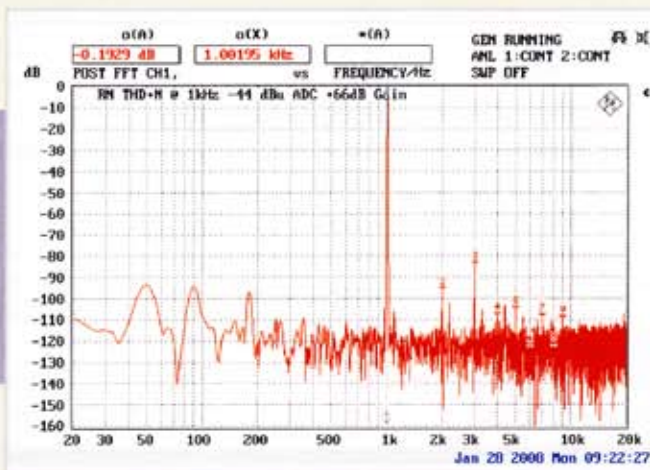


Abb. 8: RN.301.MI – Klirrspektrum der Preamps und A/D-Umsetzer bei 1 kHz gemessen für 66 dB Gain mit -44 dBu Eingangsspannung und damit ebenfalls 2 dB unterhalb der Clipgrenze

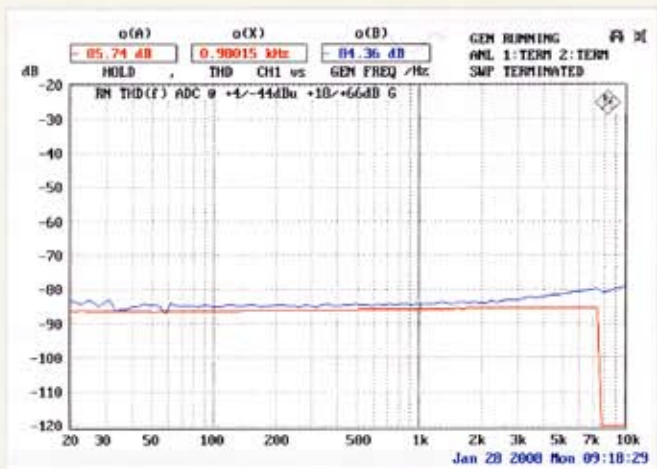


Abb. 9: RN.301.MI – THD-Werte der Preamps und A/D-Umsetzer in Abhängigkeit von der Frequenz bei +18 dB Gain und +4 dBu Eingangsspannung (rote Kurve) sowie bei 66 dB Gain und -44 dBu Eingangsspannung (blaue Kurve)

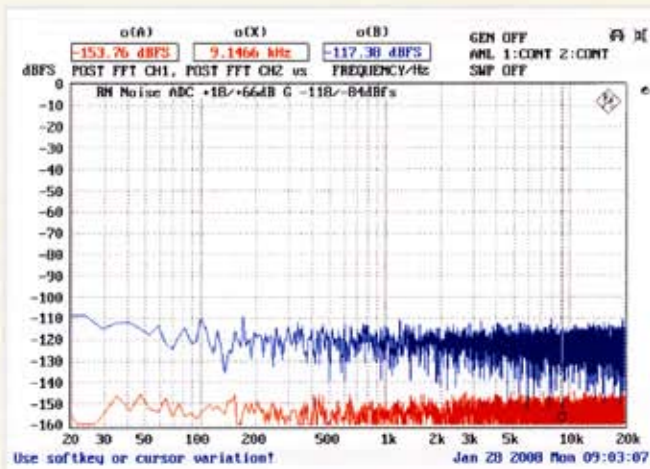


Abb. 10: Störpektrum der Preamps und A/D-Umsetzer im RN.301.MI bei minimalem (+18 dB) und maximalem Gain (+66 dB). Der Störpegel linear bewertet (20 Hz bis 20 kHz) liegt auf digitaler Seite bei -118 dBfs bzw. -84 dBfs. Das EIN (äquivalentes Eingangsrauschen) liegt für 66 dB Gain bei -128 dBu mit 150 Ohm Eingangswiderstand (FFT-Länge 8k)





Ein RN.302.LO, das analoge Ausgangsmodul von innen

thias Knoth. Die maximale Entfernung bei der Nutzung von CAT.5e zwischen zwei Geräten beträgt 150 m. Ein Umsetzer von CAT.5e auf Glasfaser ist in Arbeit und dann sollen auch z. B. mit einer Multimode-Faser 2 km zu überbrücken sein.

Ein besonders Augenmerk lag auch auf dem Schutz gegen Ausfälle, egal ob der Netzstrom, eine Netzwerkverbindung oder ein Gerät davon betroffen ist. Alle Geräte haben zwei unabhängige Netzteile. Fällt eines aus, z. B. weil die Stromversorgung unterbrochen ist, so übernimmt automatisch das andere. Eine redundante Signalverteilung ist mit einer ringförmigen Verkabelung realisiert, das letzte Gerät einer Reihe wird einfach mit dem ersten verbunden. Der Ring mit bidirektionaler Signalweiterleitung ist mit einem CAT.5e-Kabel etabliert. Fällt eine Kabelverbindung aus, so arbeitet das Netzwerk ohne Datenverluste weiter. Beim Ausfall eines Gerätes entfallen lediglich die Signale, die dort ein- und ausgegeben werden, das restliche Netzwerk funktioniert weiter. Um an den Ausgängen z. B. zur PA ganz sicher zu gehen, dass die Signale auch ankommen, können zwei Ausgangsmodule parallel arbeiten und gleichzeitig einen Verstärker speisen. Für Veranstaltungen wichtig ist auch die Zeit, die das Netzwerk braucht, um nach einem Stromausfall wieder funktionsfähig zu sein. Laut Hersteller beträgt diese 2 s und erfolgt ohne Störungen, die z. B. durch die angeschlossenen Lautsprecher unangenehm auffallen würden.

### Hardware-Aufbau

Die 1 HE/19"-Geräte unterscheiden sich maßgeblich durch ihre Audioschnittstellen. Auf den ersten Blick sehen sie sich mit ihren acht XLR-Anschlüssen, den Displays, den

Netzwerk- und Steuerschnittstellen auf der Vorderseite sowie der doppelten Stromzufuhr zu zwei Netzteilen, dem Wordclock Ein- und Ausgang auf der Rückseite sehr ähnlich. Das erste Modell, der RN.301.MI, besitzt acht analoge Eingänge mit Mikrofonvorverstärkern, deren Verstärkung in 1-dB-Schritten zwischen -6 dB und +66 dB zu regeln ist und deren nominelle Eingangsempfindlichkeit zwischen +10 dBu und -62 dBu liegt. Dabei ist ein Headroom von 20 dB vorgesehen, die maximale Eingangsspannung wird mit 30 dBu angegeben. 48-V-Phantomspannung lässt sich zuschalten, und die Kanäle können einzeln stumm geschaltet werden.

Das RN.302.LO hat acht analoge Ausgänge, deren maximale Ausgangsspannung in 1-dB-Schritten zwischen +24 dBu und -9 dBu zu regeln ist. Die Ausgänge können ebenfalls einzeln stumm geschaltet werden. Es gibt zwei Varianten mit AES/EBU Ein- oder Ausgängen: das RN.333.DI mit 16 Eingangskanälen an acht XLRs und das RN.332.DO mit 16 Ausgangskanälen an acht XLRs. Auch die AES/EBU-Schnittstellen lassen sich einzeln stumm schalten.

Um einzelne Kanäle zum Einstellen der Parameter über die Bedieneinheit am Gerät auszuwählen, gibt es neben jedem XLR eine kleine runde Taste. Solche Tasten sind auch in der Bedieneinheit unter den drei Anzeigen mit jeweils zwei Ziffern platziert. Wie darüber die Einstellung der Parameter und die Netzwerkconfiguration erfolgt, dazu später. Den Status der beiden Netzteile (100–240 VAC Eingangsspannung) und der beiden Netzwerk-Schnittstellen, die Funktion des Geräts als Master und die Einspeisung eines externen Taktsignals sowie die Abtastrate zeigen LEDs auf der Vorderseite an. Darunter gibt es die USB-Schnittstelle zur Kommunikation mit einem PC und eine Ethernet-



Die RN.341.MY für Yamaha-Geräte



Die Front der RN.341.MY, u. a. mit HA-Remote-Schnittstelle, Drehregler und Anzeige zur Auswahl und Anzeigen eines Konfigurations-Presets

Schnittstelle, die demnächst als universelle Steuerschnittstelle für andere Geräte fungieren soll, momentan aber noch nicht aktiviert ist. Die beiden Netzwerkschnittstellen sind als EtherCon RJ45 ausgeführt sowie mit Input und Output betitelt. Diese Bezeichnung ist als Orientierung gedacht.

„Im Veranstaltungsallday ist es für jeden verständlich, dass er einen Ausgang mit einem Eingang verbinden muss. Durch die farbliche Kennzeichnung mit grau und gelb – auch unserer Kabel – kommen da keine Fragen auf, wie verkabelt werden muss. Dass die Netzwerkschnittstellen an sich immer bidirektional arbeiten, ist beim Aufbauen der Anlage nicht interessant“, erklärte Matthias Knoth.

Für Yamaha-Geräte gibt es eine Mini-YGDAI-Karte. Die RN.341.MY passt in einen Einschub der Yamaha-Geräte und Mischpulte, die für Mini-YGDAI-Karten ausgelegt sind und tauscht 16 oder 8 Ein- und Ausgänge aus. Die Karte hat neben den beiden Netzwerk-, USB- und Ethernet-Schnittstellen auch eine HA-Remote-Schnittstelle. Diese ermöglicht die Steuerung der RockNet-Mikrofoneingänge an den RN.301.MI direkt vom Yamaha-Mischpult aus. Da das Platzangebot auf den RN.341.MY nicht gerade üppig ist, gibt es zur Konfiguration der



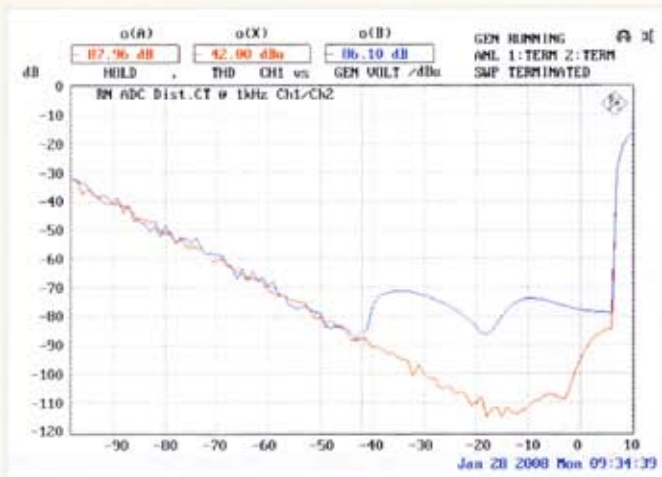


Abb. 11: Übersprechen der Verzerrungen bei zwei benachbarten Kanälen (blau), wenn ab -42 dBu Eingangsspiegel im verursachenden Kanal Clipping einsetzt. Die rote Kurve zeigt den gleichen Kanal zum Vergleich ohne Übersprechen von Verzerrungen.

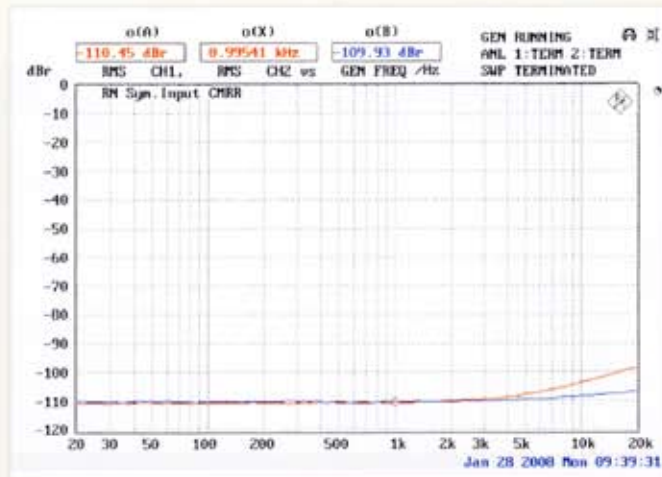


Abb. 12: Gleichtaktunterdrückung von zwei symmetrischen Eingängen in Abhängigkeit von der Frequenz

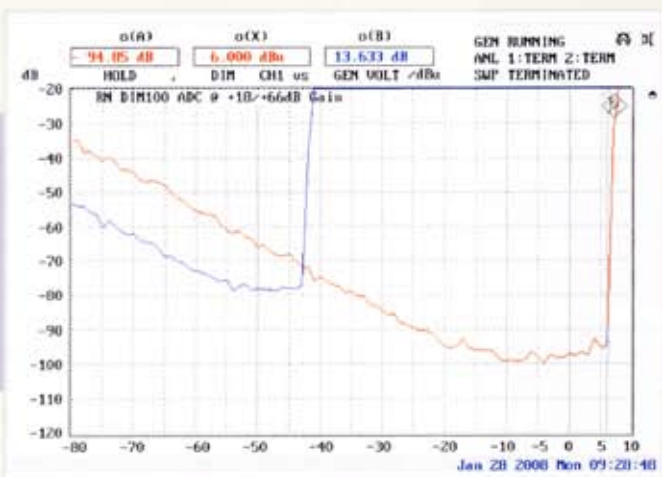


Abb. 13: Transiente Intermodulationsverzerrungen bei 18 dB (rot) und 66 dB (blau) Gain

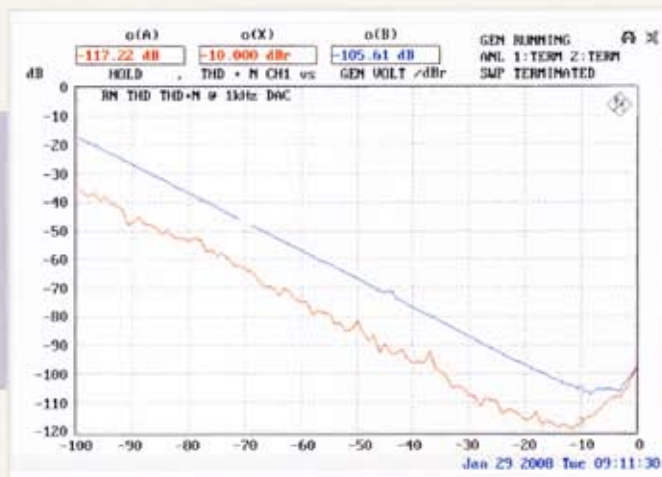


Abb. 14: THD (rot) und THD+N (blau) der D/A-Umsetzer im RN.302.LO

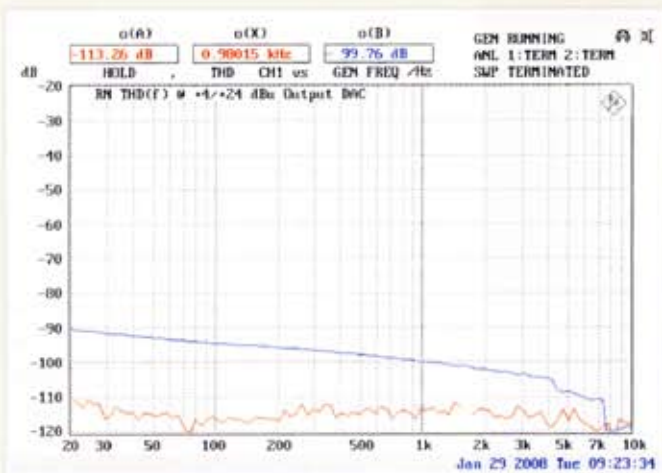


Abb. 15: THD der D/A-Umsetzer in Abhängigkeit von der Frequenz (x-Achse) bei +4 dBu (rot) und +24 dBu (blau) Ausgangsspannung. Die bei hohem Ausgangsspiegel zu den tiefen Frequenzen hin leicht steigenden Verzerrungswerte werden von den kleinen Spulen in den Ausgängen verursacht.

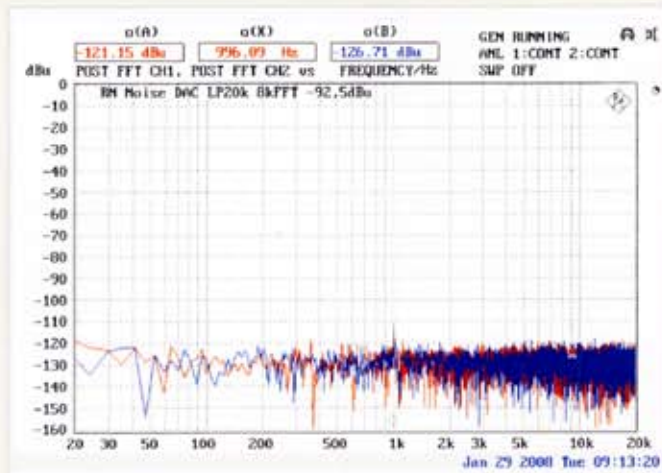


Abb. 16: Störspektrum an den analogen Ausgängen mit einem Gesamtpegel von -92,5 dBu in Relation zu einer maximalen Ausgangsspannung von +24 dBu. Die verfügbare Dynamik linear bewertet beträgt 116,5 dBu (FFT-Länge 8192)





Die drei RN.341.MY in einem der beiden Yamaha M7CL



Das „FOH-Pult“ in unserem Testaufbau mit drei RN.341.MY und den beiden 150-m-Kabeltrommeln, die in das Netzwerk eingefügt waren

Karte nur einen kleinen Drehschalter, über den mit einem Schraubendreher eines von 15 Konfigurations-Presets ausgewählt werden kann und ein Display mit einer Ziffer, die das Preset hexadezimal (1-F) anzeigt. Diese Presets beinhalten, welche Ein- und Ausgänge zwischen Pult und RockNet ausgetauscht werden, die Anzahl der RN.301.MI, die von einem Pult aus gesteuert werden, die Funktion der Karte als Master oder Slave und die Festlegung, ob sie als MY16- oder MY8-Karte arbeitet. Es gibt vorgefertigte Presets für Standardkonfigurationen. Mit der neuen Software lassen sich auch eigene Presets konfigurieren.

### Bedienung und Software

„Ich erklär' dir mal kurz, wie man das Netzwerk konfiguriert und die Geräte einstellt“, beginnt Achim Schnall mit seiner praktischen Aufbaueinweisung. „Das ist sehr logisch und eigentlich alles, was man wissen muss, um das RockNet nutzen zu können.“ Und es ging dann wirklich recht schnell, die Logik der Konfiguration zu verstehen und selber mal auszuprobieren, ob man ein Eingangssignal zu dem gewünschten Ausgang bekommt. Dazu stand uns ein Netzwerk zur Verfügung, das (quasi als FOH-Pult) ein Yamaha M7CL mit drei RN.341.MY nutzte. Von dort ging es über

eine 150-m-Kabeltrommel zu einem Rack – man könnte es als „Bühne 1“ bezeichnen – mit zwei Mikrofonmodulen (RN.301.MI), in die das Signal von einem Zuspäler eingespeist wurde, und einem Modul mit AES/EBU-Ausgängen (RN.332.DO), das ein Signal an eine Genelec-Aktivbox ausgab. Vom Netzwerk aus gesehen ging es weiter zum „Monitorplatz“ mit drei analogen Ausgangsmodulen (RN.302.LO) als lokale Ausgabepunkte und einem zweiten M7CL mit drei RM.341.MY-Karten. Danach kam das „Bühne 2“ Rack, in der gleichen Ausstattung mit CD-Player und Aktivbox wie das Bühne 1-Rack. Als Schnittstelle z. B. zu einer Aufnahmeeinheit war ein weiteres Rack u. a. mit einem Mikrofonmodul und einem digitalen Ausgangsmodul eingefügt. Von dort ging es über eine 150-m-Trommel zurück ins FOH-Pult.

Der zentrale Begriff bei der Konfiguration eines solchen Netzwerks mit Hilfe von lediglich sechs kleinen Tasten und drei Anzeigen mit jeweils zwei Ziffern heißt „Quad“. Ein Quad fasst vier Eingangskanäle zusammen. An den analogen Eingangsmodulen werden die Nummern für die beiden Quads (Kanal 1–4 und Kanal 5–8) festgelegt und an den analogen Ausgangsmodulen die beiden Quads ausgewählt, die ausgespielt werden sollen. Die Nummern der jeweiligen Quads zeigen zwei der drei Displays. Da es bei den digitalen Schnittstellen ja immer zwei Kanäle pro AES/EBU-Schnittstelle gibt, wird für die ersten beiden Schnittstellen das Quad bestimmt, die nächsten beiden bekommen automatisch das folgende Quad zugewiesen.

„Das freie Routing ist zwar so auf vierkanalige Blöcke in analoge und achtkanalige Blöcke in digitaler Ebene beschränkt. Es war uns aber wichtig, dass ohne großen Aufwand und intellektuell anspruchsvolle Einarbeitung die Konfiguration des Netzwerkes an den Geräten möglich ist und im Veranstaltungsalltag jederzeit überprüft werden kann, ohne dass ein Rechner angeschlossen werden muss“, erläuterte Matthias Knoth. „Dazu schafft die Einteilung in Quads die Voraussetzung. Vom Protokoll her gibt es keine Einschränkung, und eine Software mit einer Matrix, in der die Kanäle frei geroutet werden können, ist geplant.“ Das letzte Display-Segment zeigt eine Identifikationsnummer. Diese dient allein



zur Orientierung und Identifizierung der Geräte für den Anwender und auf der Software-Oberfläche. Die netzwerkinterne Adressvergabe und Konfiguration wird automatisch gemacht.

Neben der Kanaluweisung ermöglichen die Tasten und Displays auch die Einstellung aller Kanalparameter und der Optionen wie das Festlegen des Masters und der Abtastrate.

Um auf die verschiedenen Ebenen zu gelangen oder Einstellungen zu ändern, müssen zum Teil mehrere Tasten gleichzeitig gedrückt werden, ein Schutz gegen das versehentliche Ändern von Parametern. Falsche Einstellungen, z. B. die Zuweisung eines bereits vergebenen Quads, werden automatisch abgefangen und nicht zugelassen.

Einen Überblick über die Einstellungen aller Geräte und Karten im Netzwerk schafft die Online-Software RockWorks. Ist ein PC – es können auch mehrere an unterschiedlichen Positionen sein – per USB mit dem Netzwerk verbunden, so liest die Software automatisch die Konfiguration ein und listet die Geräte tabellarisch auf. Für jedes Gerät lassen sich die Kanalparameter, die Quads etc. bestimmen. Virtuelle LEDs – in etwa den Anzeigen an den Geräten entsprechend – geben Statusinformationen. Allgemeine Systemparameter werden unter „System“ ausgewählt, dazu gehört auch das Speichern und Aufrufen von Snapshots, der aktuellen Konfiguration der Geräte. Ein Log-Fenster zeigt den Status der PC-Kommunikation an. Fehler, z. B. der Ausfall einer Netzwerkverbindung, werden in der Gerätetabelle signalisiert. Dies ist in Abbildung 3a zu sehen. Nach einigen absichtlichen Provokationen von Fehlern und dem Ausprobieren, wie sich das System beim Entfernen von Netzkabeln verhält: So lange nur eine Netzwerkverbindung fehlt, passiert gar nichts. Sollte der Master ausfallen, so musste bisher noch von Hand ein neuer Master bestimmt werden – das automatische Umschalten auf einen neuen Master ist eine Funktion, die aktuell integriert wurde. Auch wenn RockWorks eine reine Online-Software ist, auf der Media Numerics Internetseite steht eine Demo-Version bereit, die einen Eindruck von der Struktur und den Funktionen der Software vermittelt.

Die Oberfläche zum Konfigurieren der Presets für die MY-Karten ist in Abbildung 3a



Eines der beiden „Bühnen-Racks“ unseres Aufbaus mit zwei Mikrofon-Modulen (RN.301.MI) und einem Modul mit ASE/EBU-Ausgängen (RN.332.DO)

zu sehen. Neben dem Speichern eines bestimmten oder aller Presets in der Karte können diese auch mit der Import- und Export-Funktion auf dem PC gesichert und wieder aufgerufen werden.

### RockNet auf Tour

27 Konzerte in 25 Städten umfasste die sechswöchige Laith Al-Deen Tour im Herbst 2007 mit 1.000 bis 2.800 Gästen pro Konzert. Das FOH- und das Monitorpult, beide in Form eines Yamaha PM5D, waren mit jeweils drei Karten RN.341.MY bestückt. Am FOH-Platz gab es zusätzlich zwei RN.301.MI zur Einspeisung der Ausgangssignale des Meyer Sound Galileo und zu deren Weiterleitung via RockNet zur Bühne bzw. PA (Meyer Sound MICA). Auf der

Bühne fungierten als Stagebox sechs RN.301.MI und zwei RN.302LO, also ein klassisches System mit 48 Sends / 16 Returns mit der Besonderheit, dass FOH- und Monitorpult ohne externen Split von den gleichen Mikrofonvorverstärkern versorgt wurden. „Es ist auf Tour überhaupt kein Problem, gemeinsam die gleichen Vorverstärker zu nutzen“, so Achim Schnall. „Die Einstellung der Vorverstärker hab ich vom FOH aus mit dem PM5D gemacht. Es ist sinnvoll, das dem FOH-Techniker zu überlassen, weil er eigentlich immer den Überblick über alle Kanäle hat. Der Monitortechniker ist eher mit der Einstellung einzelner Monitorwege beschäftigt. Grundsätzlich braucht man die gleichen Gain-Einstellungen am FOH und Monitor, die Signale müssen ja für beides gleich gut



Unser Testaufbau bei Media Numerics mit zwei digitalen Mischpulten





Abb. 1a: Die Software RockWorks. Links sind die Geräte im Netzwerk aufgelistet, rechts sind Status, Konfiguration und Kanalparameter des ausgewählten Gerätes angezeigt und können geändert werden. Die rote Darstellung der Namensfelder der Kanäle signalisiert, dass sich diese Mic-Preamps unter Kontrolle des Mischpults befindet und die Kanalparameter via Software nicht verändert werden können.



Abb. 2a: Unter „System“ lassen sich einige Parameter für das Gesamtsystem bestimmen. U.a. können Snapshots von der aktuellen Konfiguration gespeichert und später wieder geladen werden.

ausgesteuert sein. Falls mal eine Änderung erfolgen muss, so kommuniziert man einfach miteinander. Die Arbeitsweise ist vielleicht etwas anders als bei zwei komplett getrennten Systemen, aber nicht schwieriger und die Vorteile liegen auf der Hand: Ein durchgehend digitales System, saubere Signale und einiges weniger an Gerätschaften, die man mitnehmen muss.“

Zum RockNet fügte er hinzu: „Es hat ohne Probleme funktioniert, ist logisch aufgebaut, einfach zu konfigurieren und in Betrieb zu nehmen. Gerade auf Tour ist es ein großer Vorteil, dass man alles gleich an den Geräten einstellen und ohne Software sehen kann, wie die Geräte konfiguriert sind.“

### Messwerte

Geht es um die Messwerte eines Audionetzwerkes, dann gehören neben einer störungsfreien Signalübertragung die Eigenschaften der A/D- und D/A-Umsetzer und – falls vorhanden – der Mikrofon-Preamps zu den Kernpunkten. Beginnen wir bei den Preamps: Im RN.301.MI wird ein aktiver Gain-Einstellbereich von +18 bis +66 dB geboten, bezogen auf eine Empfindlichkeit für Vollaussteuerung von +24 dBu. Das heißt, die Clippgrenzen liegen je nach Einstellung zwischen –42 und +6 dBu. Für höhere Spannungen gibt es noch den obligatorischen PAD, der hier eine Abschwächung von 24 dB bewirkt und somit Eingangsspannungen bis zu +30 dBu erlaubt,

was für alle normalen Anwendungsfälle mehr als ausreichend sein dürfte.

Aufgebaut ist der Preamp im RockNet mit einem digital gesteuerten integrierten Preamp von Texas Instruments des Typs PGA2500. Bei den technischen Daten stehen die integrierten Preamps den diskreten Aufbauten heute kaum noch in etwas nach, sodass sie in Anbetracht der großen Pluspunkte mit der einfach fernsteuerbaren Verstärkung in digitalen Systemen die erste Wahl sind. Nach dem Preamp folgt mit dem Cirrus Logic CS5381 ein Delta-Sigma A/D-Converter, der laut Datenblatt ein S/N von 120 dB und THD-Werte von –110 dB erreicht. Sieht man sich die zugehörigen Messungen aus Abbildung 5 bis 13 an, dann bestätigen sich diese hervorragenden Werte in vorbildlicher Weise, und das sogar, obwohl bei allen Messungen auch schon der PGA2500 mit im Signalweg war. Betrachtet man die Messungen im Detail, beginnend bei Abb. 5, dann fallen hier die THD-Werte bei minimaler Verstärkung (rote Kurve) bis auf –114 dB, 10 dB unterhalb der Clippgrenze beginnen die Werte dann zwar wieder zu steigen bis auf immer noch ordentliche –85 dB. Das ist aber weniger von Bedeutung, da kaum jemand einen A/D-Wandler bis hart an seine Grenzen betreibt. Die Clippgrenze liegt hier bei +6 dBu, da die Messung ohne PAD erfolgte. Bei maximalem Gain und einer Clippgrenze von –42 dBu (blaue Kurve) werden trotz der hohen Verstärkung im Preamp auch noch Klirrwerte von –95 dB im Minimum erreicht. Sieht man sich die gleichen Messungen für eine Auswertung des THD+N in Abb. 6 an, dann lässt sich anhand des Schnittpunktes der Verlängerung der fallenden Gerade mit der Senkrechten an der Clippgrenze der S/N von 118 bzw. 84 dB ablesen. Dort wo die Kurven für THD+N einer fallenden Geraden entsprechen, dominiert der Noise-Pegel gegenüber den Verzerrungen und dort, wo der Verlauf beginnt von der fallenden Gerade nach oben hin abzuweichen, machen die Verzerrungen den größeren Anteil des THD+N aus.

Nicht weniger interessant als die Absolutwerte der Verzerrungen ist deren Zusammensetzung. Abbildung 7 und 8 zeigen dazu die Klirrspektren für ein 1-kHz-Signal, ebenfalls wieder für die beiden Fälle mit minimalem und maximalem Gain.



Dominant, wenngleich auch auf niedrigem Niveau, ist in beiden Fällen der  $k_3$ . Die Verzerrungskomponenten höherer Ordnung fallen dann zügig ab und liegen unterhalb der Marke bei -100 dB.

Ein weiterer Aspekt ist bei den Klirrspektren noch von Interesse: Da die Messung über das Netzwerk erfolgt, d. h. die analoge Signaleinspeisung in einem Gerät und der digitale Signalabgriff in einem anderen im Netzwerk befindlichen Gerät, würde sich ein möglicher Jitter bei der Signalübertragung sofort durch eine Verbreiterung des Spektrums um die Grundwelle, hier bei 1 kHz, bemerkbar machen. Das RockNet sorgt an dieser Stelle jedoch für eine äußerst jitterarme Übertragung und ein entsprechend scharfes Spektrum bei der Grundwelle von 1 kHz.

Für die beiden Messungen der Klirrspektren ist zu beachten, dass sie nur 2 dB unterhalb der Clippgrenze gemacht wurden und daher die Schaltung in einem eher ungünstigen Betriebspunkt zeigen. Ähnlich verhält es sich mit den THD-Kurven in Abhängigkeit von der Frequenz aus Abbildung 9. Sowohl die THD(f)-Messung wie auch die Klirrspektren hätten bei etwas niedrigeren Pegeln im THD-Minimum gemessen zu merklich besseren Ergebnissen geführt. Interessanter ist es jedoch, aus einer Messung zu erkennen, wie sich der Klirr in einem ungünstigen Betriebszustand verhält.

Abbildung 10 enthält die Störspektren gemessen auf digitaler Seite ebenfalls wieder mit minimaler und maximaler Verstärkung. In beiden Fällen ist nur gleichmäßig verteiltes Weißes Rauschen zu erkennen. Besonders störende monofrequente Anteile aus den Netzteilen oder Taktreste gibt es hier nicht. Der Gesamtpegel des Störgeräusches, berechnet aus der energetischen Summe aller Spektrallinien im Störspektrum, beträgt  $-118$  dB bzw.  $-84$  dB linear bewertet bezogen auf Vollaussteuerung auf digitaler Seite, d. h. als dBfs-Wert. Für 66 dB Gain und eine Clipgrenze von  $-42$  dBu beträgt das äquivalente Eingangsrauschen mit 150 Ohm Quellenwiderstand  $-126$  dBu bei linearer Bewertung.

Bei hohen Verstärkungswerten wird das Rauschen vom Preamp dominiert und bei niedrigeren Werten vom A/D-Umsetzer. Die Sprungstelle in den Rauschwerten von



**Abb. 3a: Fehler (hier von uns bewusst provoziert) werden sehr deutlich signalisiert**

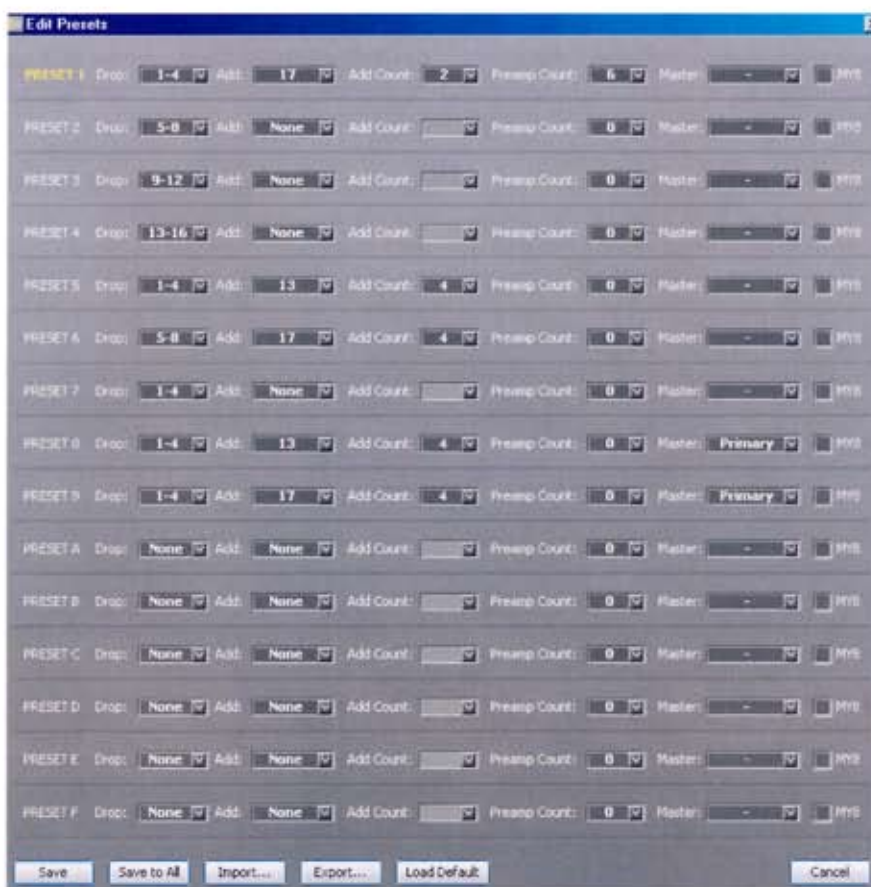


Abb. 4a: Die Oberfläche zum Konfigurieren der 15 Presets für die RM.341.MY-Karten. Das jeweilige Preset wird über den Drehschalter an der Karte aktiviert.

18 zu 17 dB Gain entsteht durch das dann eingreifende -24 dB PAD. Für den 1-dB-Schritt muss an dieser Stelle dann gleichzeitig mit dem PAD das Gain um 23 dB erhöht werden, wodurch das Rauschen des Preamps wieder ansteigt.

Kommt man als letzte Verzerrungsmessung der Eingangsstufe zu den transienten Intermodulationsverzerrungen aus Abbil-

dung 13, dann kann das RockNet abermals überzeugende Werte liefern, die für minimales Gain auf -100 dB bis hart an die Grenze der Messtechnik fallen. Der bei den THD-Werten bei Annäherung an die Clippinggrenze zu erkennende Anstieg tritt hier nicht auf. Auch für ein Gain von 66 dB erreicht die Kurve noch ein Minimum von -80 dB bei einem ähnlich schönen Verlauf



mit einem bis zur Clippinggrenze durchgehend gehaltenen Minimalwert.

Die Gleichtaktunterdrückung ist für Matthias Knoth ein äußerst wichtiger Parameter im Live-Betrieb, bei dem ja gerne Mikrokabel parallel zu Powerkabeln oder Last-Multicores verlegt werden (müssen). Durch Dimmer, Schaltnetzteile usw. seien dort mitnichten nur 50 Hz oder ein paar Harmonische davon ein Problem, das Störspektrum könne noch viel weiter gehen, und daher sei es wichtig, dass die Gleichtaktunterdrückung so groß wie möglich ist und auch einen ebenen Frequenzgang aufweist. Als Konsequenz hat sich Knoth mit dem Schaltungsdesign und Leiterplattenlayout größte Mühe gegeben. Die Gleichtaktunterdrückung (Abb. 12) fällt nach unseren Messungen tatsächlich mit 110 dB extrem gut aus und ist zudem noch fast frequenzunabhängig.

Das Übersprechen von Verzerrungen, wenn ein direkt benachbarter Kanal übersteuert wird, ist in der Grafik aus Abbildung 11 zu erkennen. Der ab -42 dBu Eingangssignal im Clipping befindliche Kanal macht sich zwar sofort im Nachbarkanal bemerkbar, die dadurch verursachten Verzerrungen liegen aber niemals über -70 dB. Wendet man sich dem umgekehrten Signalweg mit einem digitalen Eingangs- und einem analogen Ausgangssignal zu, dann erfolgen die Einspeisungen via AES/EBU-Interface über ein RN.332.DI und der analoge Signalabgriff über ein RN.302.LO. Die digitalen Eingänge in dieser Version der digitalen Schnittstelle arbeiten für eine minimale Latenzzeit ohne Sample-Rate-



Das M7CL mit drei RN.341.MY und das Rack mit drei analogen Ausgangsmodulen (RN.302.LO) als lokale Ausgabepunkte am „Monitorplatz“

Converter, sodass sich das RockNet auf die digitale Quelle synchronisieren muss. Möchte man mehrere digitale Schnittstellen nutzen, dann müssen diese Signale entsprechend alle zueinander synchron sein. Abbildung 14 zeigt die Messungen für THD- und THD+N der D/A-Umsetzer. Die Cirrus 4398 DACs erreichen im Rocknet mit -107 dB exakt das im Datenblatt angegebene THD+N. Betrachtet man nur den THD-Anteil, dann fällt die Kurve im Minimum sogar auf -120 dB. Die maximale Ausgangsspannung der DACs liegt bei +24 dBu und kann bis auf -9 dBu heruntergeregt werden. Die Einstellung erfolgt jedoch nur auf der digitalen Ebene, sodass die bei voller Ausgangsspannung verfügbare Dynamik nicht erhalten bleibt. Der linear bewertete Rauschpegel an den analogen Ausgängen des RockNet wurde zu -92,5 dBu bestimmt. Zusammen mit der maximalen Ausgangsspannung errechnet sich daraus eine verfügbare Dynamik von 116,5 dB und A-bewertet von sehr guten 119,5 dB, die den Wert aus dem RockNet-Datenblatt sogar noch um 1,5 dB übertreffen.

In Abhängigkeit von der Frequenz gemessen stellt sich ein THD-Verlauf nach Abbildung 15 ein, der sich bei +4 dBu Ausgangspegel weitgehend konstant unterhalb von -110 dB bewegt. Für die maximale Ausgangsspannung von +24 dBu ergibt sich der etwas ungewöhnliche, zu den tiefen Frequenzen hin ansteigende Verlauf der blauen Kurve. Matthias Knoth erklärte dazu, dass die Ursache in den für die EMV-Verträglich-

keit erforderlichen kleinen Induktivitäten in den Ausgangsleitungen liegt, die bei hohen Pegeln und tiefen Frequenzen beginnen, leichte Verzerrungen zu erzeugen.

Sieht man sich für eine Frequenz von 1 kHz das Klirrspektrum aus Abbildung 17 an, dann fällt eine  $k_3$ - und  $k_5$ -Dominanz mit schnell abfallenden Linien höherer Ordnung auf. Auch diese Messung erfolgte mit maximalem Pegel, da für geringere Pegel, z. B. für +4 dBu Ausgangsspannung, keine Verzerrungskomponenten mehr im Spektrum zu erkennen sind.

Für eine letzte Messreihe wurde das RockNet im Modus analog zu analog mit 0 dB Gesamtverstärkung betrieben, das heißt einer Einstellung für eine maximale Eingangs- und Ausgangsspannung von jeweils +24 dBu. Das Delay beträgt in diesem Modus nur extrem geringe 750  $\mu$ s. Abbildung 18 zeigt den in dieser Einstellung vom analogen Eingang zum analogen Ausgang gemessenen Frequenzgang bei einer Abtastrate des RockNet von 48 kHz. Die im Datenblatt schon angekündigten 96 kHz waren zum Zeitpunkt der Messungen noch nicht implementiert.

Die zugehörigen Kurven für THD und THD+N mit einer Clippinggrenze exakt bei +24 dBu sind in Abbildung 19 dargestellt. Im wichtigsten Pegelbereich um +4 dBu liegen die Werte bei sehr guten -110 dB. Dieser Wert wird nicht nur bei 1 kHz, sondern über den gesamten relevanten Frequenzbereich von 20 Hz bis 10 kHz erreicht, wie es sich in Abbildung 21 aus der roten Kurve ablesen

## Noise-Werte

Gain in dB	Noise in dBfs
66	-84
56	-94
46	-104
36	-113
26	-116
18	-118
17	-106
16	-107
6	-114
-6	-117

Noise-Werte in dBfs auf digitaler Seite in Abhängigkeit von der eingestellten Verstärkung



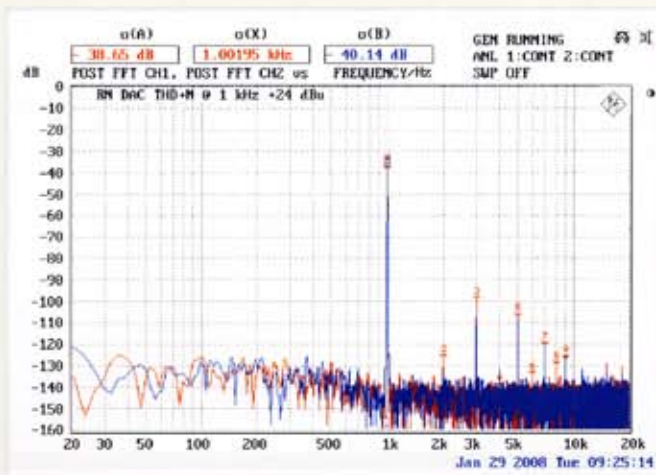


Abb. 17: Klirrspektrum der D/A-Umsetzer bei +24 dBu Ausgangsspannung.  $k_3$  dominiert hier, die Komponenten höherer Ordnung fallen relativ schnell ab.

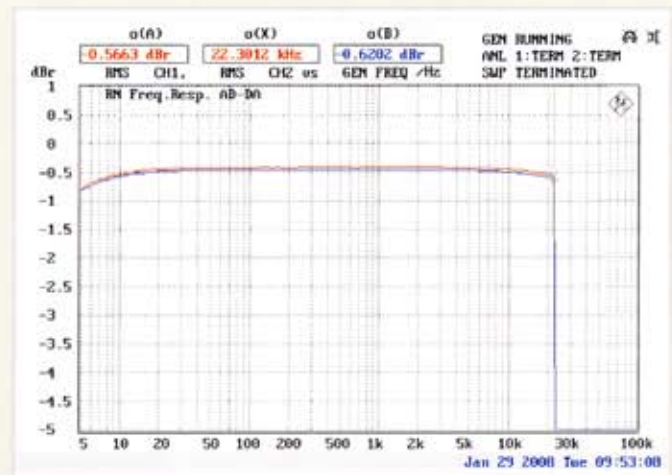


Abb. 18: Frequenzgang gemessen über das RockNet vom analogen Eingang zum analogen Ausgang bei 48 kHz Abtastrate

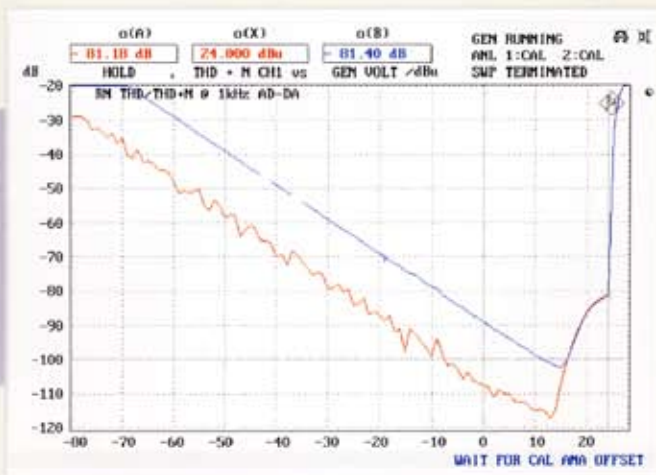


Abb. 19: THD (rot) und THD+N (blau) gemessen über das RockNet vom analogen Eingang zum analogen Ausgang bei 0 dB Gain

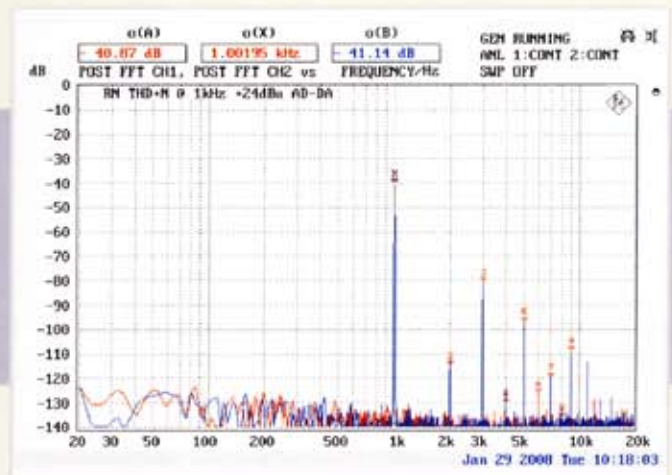


Abb. 20: Klirrspektrum gemessen über das RockNet vom analogen Eingang zum analogen Ausgang bei 0 dB Gain und einem Pegel von +24 dBu

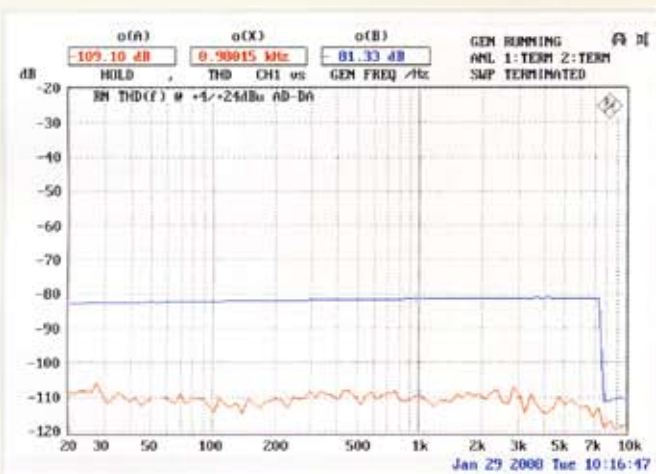


Abb. 21: THD-Werte in Abhängigkeit von der Frequenz bei +4 dBu (rot) und +24 dBu (blau) gemessen über das RockNet vom analogen Eingang zum analogen Ausgang bei 0 dB Gain

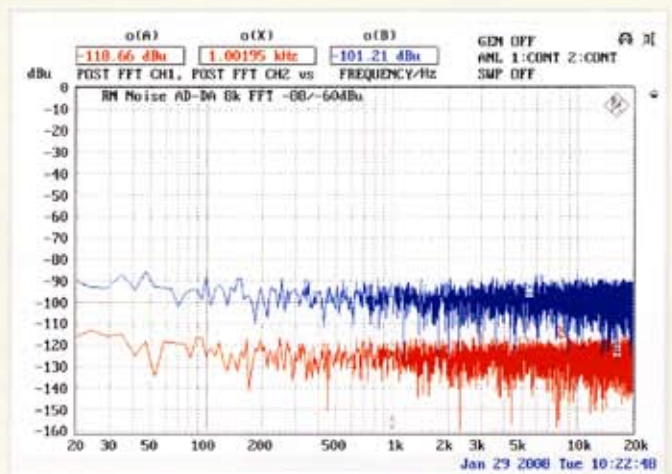
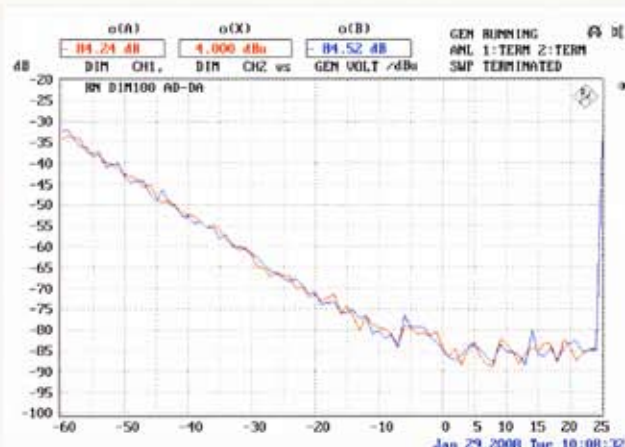


Abb. 22: Störpegel am analogen Ausgang des RN.302.LO bei Signaleinspeisung vom analogen Eingang des RN.301.MI bei 0 dB Gain (rot) und bei maximalem Gain von +66 dB (blaue Kurve). An effektiver Dynamik stehen dann 112 dB bzw. 84 dB zur Verfügung, wobei der Wert von 84 dB bei maximalem Gain ausschließlich durch den analogen Preamp beeinflusst wird.





**Abb. 23: Transiente Intermodulationsverzerrungen gemessen vom analogen Eingang zum analogen Ausgang bei 0 dB Gain**

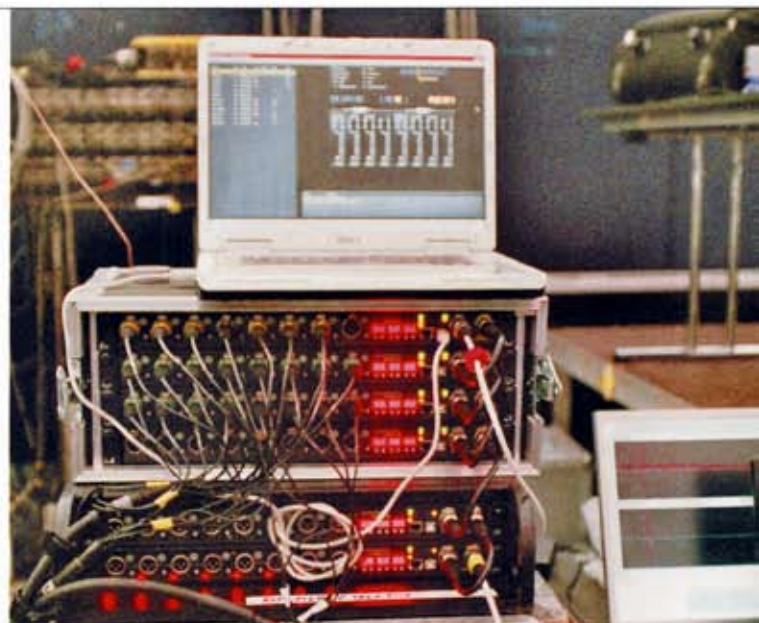
lässt. Zusätzlich wurde für Abbildung 21 noch die Messreihe mit maximalem Pegel von +24 dBu direkt an der Clipgrenze durchgeführt. Für diesen eher hypothetischen Extremfall liegt der Klirr nahezu frequenzunabhängig bei -80 dB. Das Klirrspektrum für ein 1-kHz-Sinussignal bei +24 dBu Eingangs- und Ausgangsspannung zeigt primär ungeradzahlige Komponenten, die zu höheren Ordnungen hin sehr schnell abfallen, was häufig als Indiz für gute klangliche Eigenschaften gedeutet wird.

Ebenso geht es den transienten Intermodulationsverzerrungen in Abbildung 23, denen auch eine besondere Aussagekraft in Bezug auf die klanglichen Eigenschaften nachgesagt wird. Mit Werten von -85 dB zwischen 0 und +24 dBu erreicht das RockNet auch hier beste Resultate. Eine letzte Messung zeigt noch den Störpegel im

Modus analog-analog bei 0 dB Gain, wie es für ein Line-Pegel-Signal relevant ist und als zweite Kurve bei maximalem Gain von 66 dB. Die Noise-Pegel liegen für diese beiden Fälle bei -88 bzw. -60 dBu, und die verfügbare Dynamik beträgt dementsprechend 112 und 84 dB. Der Wert von 84 dB ist bei dieser hohen Verstärkung ausschließlich durch den Preamp bedingt, wogegen die 112 dB weitgehend durch die A/D- und D/A-Wandler bestimmt werden, die beide in dieser Einstellung einzeln betrachtet jeweils ca. 116 dB linear bewertet liefern.

### Fazit

Das RockNet von Media Numerics ist ein Audionetzwerk mit eigenem Datenformat und Übertragung über CAT.5e-Kabel in Ringstruktur. Die maximale Kanalzahl liegt für eine Abtastrate von 48 kHz aktuell bei 160; die Ein- und Ausgänge stehen in 8er- (analog) oder 16er-Einheiten (AES/EBU) zur Verfügung. Zusätzlich zu den 19"-Geräten mit Ein- oder Ausgängen gibt es noch eine Interface-Karte im Yamaha-Format. Die Konfiguration und Bedienung des Netzwerkes kann vollständig an den Geräten selber oder per PC-Software erfolgen. Beide Varianten gehen intuitiv und schnell von der Hand, was vor allem für Live-Einsätze ein ganz wichtiger Aspekt ist. Die Preamps in den analogen Eingängen des RockNet können von der PC-Software oder auch von Yamaha-Mischpulten ferngesteuert werden. Besonderer Wert wurde bei der Entwicklung auf kurze Latenzen gelegt, die bei



**RockNet-Zentrale im Einsatz beim PUR-Event in der Arena AufSchalke 2007**

### Preise

RN.301.MI	3.207 €
RN.302.LO	2.612 €
RN.333.DI	2.493 €
RN.332.DO	2.493 €
RN.341.MY	1.184 €

der Übertragung von analog zu analog lediglich 750 µs beträgt.

Messtechnisch zeigte sich das Rocknet ganz auf dem Stand der Technik und konnte durchgängig mit guten bis sehr guten Messwerten überzeugen. Vor allem in Kombination mit digitalen Mischpulten dürfte das RockNet so auf eine gute Resonanz bei den Anwendern stoßen. Die Verarbeitung und die technische Ausführung der Komponenten erfüllen sowohl die verschärften Ansprüche des Touring- wie auch des Installationsgeschäftes. Mit doppelten Netzteilen und einer redundanten Netzwerkverkabelung wurde auch der Aspekt der Betriebssicherheit hinreichend gewürdigt. Ein abschließender Blick auf die Preisliste zeigt, dass die RockNet-Geräte hier durchaus bodenständig bleiben und somit auch in Kombination mit typischen Mittelklasse-Digitalpulten eine attraktive Variante zum analogen Multicore darstellen.

Text und Messungen:

Christiane Bangert und Anselm Goertz

Fotos: Christiane Bangert,

Detlef Hoepfner (2)



**RockNet bei den Amp-Racks (PUR AufSchalke)**