

# APPLICATION NOTE

## AN 003

DOCSIS 2.0 Analyzer



# Inhaltsverzeichnis

---

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>		<b>1</b>
<b>KAPITEL 1</b>		<b>2</b>
	<b>Über dieses Dokument</b> -----	<b>2</b>
1.1	Revisionen -----	2
1.2	Referenzdokumente -----	2
1.3	Kontakt zum Hersteller -----	2
<b>KAPITEL 2</b>		<b>3</b>
	<b>Grundlagen</b> -----	<b>3</b>
2.1	Der DOCSIS Standard -----	3
2.2	Euro- und US-DOCSIS-----	3
2.3	Der Downstream-----	4
2.4	Der Upstream -----	4
2.5	Das Ranging-----	6
2.5.1	Die MAC-Adresse -----	6
2.5.2	Extraktion der Upstream-Parameter aus dem Downstream -----	7
2.5.3	Das erste Ranging -----	7
2.5.4	Das kontinuierliche Ranging -----	7
2.5.5	Der Upstream-Equalizer -----	8
2.5.6	Änderung der Upstream- oder Downstream-Frequenz durch das CMTS -----	8
2.6	Weitere Synchronisation und Registrierung des Modems mit dem CMTS -----	8
2.7	Verschlüsselung -----	8
2.8	Die wesentlichen Synchronisationsstufen eines DOCSIS-Modems -----	9
2.9	Der PING-Test -----	9
2.10	Ingress -----	9
<b>KAPITEL 3</b>		<b>10</b>
	<b>Messen mit dem DOCSIS-Analyzer</b> -----	<b>10</b>
3.1	Messablauf-----	10
3.1.1	Anschluss -----	10
3.1.2	Vermessung des Downstreams an der Teilnehmeranschlussdose -----	10
3.1.3	Vermessung des Upstreams an der Teilnehmeranschlussdose-----	11
3.1.4	Weiterführende Upstream-Parameter: Die erweiterte Zeitschlitzanalyse-----	13
3.1.5	Weiterführende Upstream-Parameter: Der Upstream-Frequenzgang-----	14
3.1.6	Weiterführende Upstream-Parameter: Der PING-Test-----	14
3.1.7	Weiterführende Upstream-Parameter: Wahl des Upstreams für das Ranging -----	15
3.2	Anmerkungen -----	17
3.2.1	Sende- und Empfangspegel des Messgerätes-----	17
3.2.2	Anmerkungen zum PING-Test -----	17
3.2.3	Anmerkungen zur Dauer des Ranging-Vorgangs -----	18
3.2.4	Anmerkungen zur Registrierung des Analyzers an der Kopfstelle -----	18
3.2.5	Auslesen der MAC-Adresse aus dem Messgerät AMA 310 -----	19
3.2.6	Anmerkungen zur Downstream-Kanalauslastung -----	19
3.2.7	Anmerkungen zu BPI(+) -----	20
3.2.8	Kompatibilität zu DOCSIS-3.0-Systemen-----	20

## **Kapitel 1**

### **Über dieses Dokument**

---

Dieses Dokument beinhaltet Informationen zur Option „DOCSIS-2.0-Analyzer“ von Antennenmess-empfängern vom Typ AMA 310.

#### **1.1 Revisionen**

V00.01 Januar 2011

Erste Veröffentlichung

V00.02 September 2011

Update 1: Upstream für das Ranging ist wählbar; Voraussetzung ist ein Update der FPGA-Konfiguration des DOCSIS-2.0-Analyzers (nur im Werk durchführbar; **nicht erforderlich** für Analyser, die ab September 2011 ausgeliefert wurden) und eine Firmwareversion des AMA 310 von Vxx.07a oder höher

Update 2: Downstream-Kanalauslastung ist nun auch in Diagrammform als Funktion der Zeit darstellbar; Voraussetzung: Firmwareversion von Vxx.07a oder höher

Update 3: MAC-Adresse des Modems ist aus AMA 310 auslesbar; Voraussetzung: Firmwareversion von Vxx.07a oder höher

#### **1.2 Referenzdokumente**

Diese Application Note bezieht sich auf folgende Dokumente:

- AMA 310 Antennen-Messempfänger Bedienungsanleitung
- DOCSIS-2.0-Spezifikationen  
(<http://www.cablelabs.com/cablemodem/specifications/specifications20.html>)

#### **1.3 Kontakt zum Hersteller**

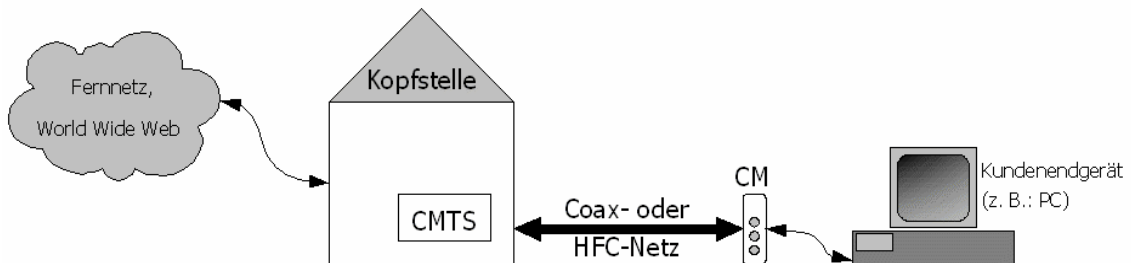
Für aktuelle Informationen zu Produkten von KWS-Electronic besuchen Sie unsere Homepage [www.kws-electronic.de](http://www.kws-electronic.de). Dort finden Sie auch alle Kontaktdaten.

## Kapitel 2

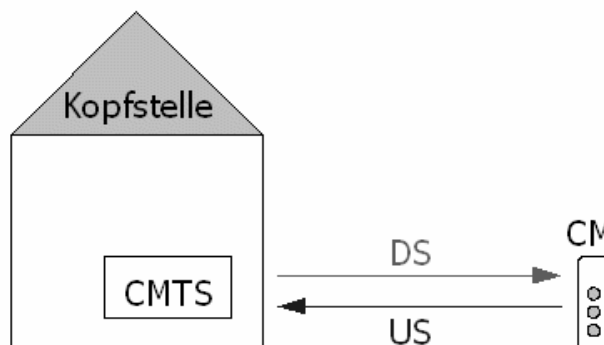
### Grundlagen

#### 2.1 Der DOCSIS Standard

Der Analyzer des Messempfängers verhält sich entweder konform zur Spezifikation DOCSIS 1.1 oder DOCSIS 2.0 (abhängig davon, welche Option bestückt ist). DOCSIS steht für „Data-Over-Cable Service Interface Specification“. Der Standard legt die Regeln für einen schnellen, bidirektionalen Kommunikations- und IP-Datenaustausch zwischen Kopfstelle und Benutzer entweder über ein reines Koaxial-Netz oder ein HFC-Netz (hybrid fibre/coax) fest. Die Gegenstelle für das Kabelmodem (Cable Modem, CM) auf der Benutzerseite ist das CMTS (Cable Modem Termination System) in der Kopfstelle.



Die Daten von der Kopfstelle zum Kunden werden im so genannten Downstream (DS) übertragen, die Information vom Kunden zurück im Upstream (US). US und DS werden im selben Kabel, aber in unterschiedlichen Frequenzbereichen übertragen.



#### 2.2 Euro- und US-DOCSIS

Bei DOCSIS gibt es zwei verschiedene Spezifikationen: Euro- und US-DOCSIS. Dabei ist US-DOCSIS an die Gegebenheiten in Kabelnetzen in Nordamerika und Euro-DOCSIS an die Verhältnisse in Europa angepasst. Oft wird US-DOCSIS auch einfach als DOCSIS bezeichnet (hier wurde der Standard ursprünglich als erstes eingeführt) und Euro-DOCSIS im Unterschied dazu als EuroDOCSIS. Zur eindeutigen Abgrenzung werden in diesem Dokument jedoch die in der Überschrift genannten Bezeichnungen verwendet. Beide Standards können mit dem Messgerät vermessen werden. Die Unterschiede liegen im DS-Fehlerschutz und in den DS-Kanalbandbreiten bzw. im Kanalraster und im DS- und US-Frequenzbereich. Der Inhalt der Nachrichten, die zwischen Kopfstelle und Benutzer ausgetauscht werden, ist in beiden Spezifikationen identisch. Die beiden folgenden Tabellen fassen die wichtigsten Unterschiede zwischen beiden Systemen zusammen.

## 4 Kapitel 2 - Grundlagen

Gemeinsamkeiten und Unterschiede auf dem Vorwärtsweg (DS):

	US-DOCSIS	EURO-DOCSIS
Modulationsart	64-QAM, 256-QAM	64-QAM, 256-QAM
Symbolrate	5057 und 5361 kSymb/s	6952 kSymb/s
FEC	J.83/B	DVB-C
Kanalbandbreite	6 MHz	8 MHz
Übertragungs-Frequenzbereich	50...862 MHz	112...862 MHz

Unterschied auf dem Rückweg (US):

	US-DOCSIS	EURO-DOCSIS
Übertragungs-Frequenzbereich	5...42 MHz	5...65 MHz

### 2.3 Der Downstream

Im Downstream werden die Daten von der Kopfstelle zu den Modems kontinuierlich und in Form eines MPEG-Datenstroms gesendet. Im Spektrum kann man einen DOCSIS-Downstream somit nicht von einem DVB-C-Fernsehsender (bzw. von einem J.83/B Kanal bei US-DOCSIS) unterscheiden. Einziger Unterschied zu DVB-C ist eine spezielle Symbolrate, die im DVB-C-Fall nicht vorkommt. Auch der Fehlerschutz (Reed-Solomon bei EURO-DOCSIS; Reed-Solomon und Viterbi bei US-DOCSIS) ist identisch zur TV-Kanal-Übertragung. Mithilfe der QAM-Ordnungen, der Symbolraten und des Overheads für den Fehlerschutz errechnen sich für EURO-DOCSIS die DS-Netto-Datenraten von 38,44 Mbit/s (64-QAM) bzw. 51,25 Mbit/s (256-QAM) und für US-DOCSIS von 26,97 Mbit/s (64-QAM) bzw. 38,81 Mbit/s (256-QAM).

Nach der Synchronisation auf einen Downstream und der Demodulation erkennen die angeschlossenen Modems die MPEG-Pakete, welche DOCSIS-Informationen beinhalten, anhand einer speziellen Paket-Identifikationsnummer (PID; für DOCSIS 0x1FFE) im Header des Pakets. In der Regel tragen nicht alle MPEG-Pakete eines DS-Kanals DOCSIS-Informationen. Dies ist abhängig davon, wie viele Modems gerade Daten vom CMTS anfordern. Da es sich beim DS um einen kontinuierlichen Datenstrom mit einer festen Symbolrate handelt, müssen, wenn die volle DS-Bandbreite nicht benötigt wird, sogenannte NULL-Pakete eingefügt werden. Diese tragen die PID 0x1FFF und werden von den Modems nicht ausgewertet. Die folgende Abbildung zeigt eine Folge von MPEG-Paketen, wie sie beispielhaft nach der HF-Demodulation von einem Modem empfangen werden könnte.

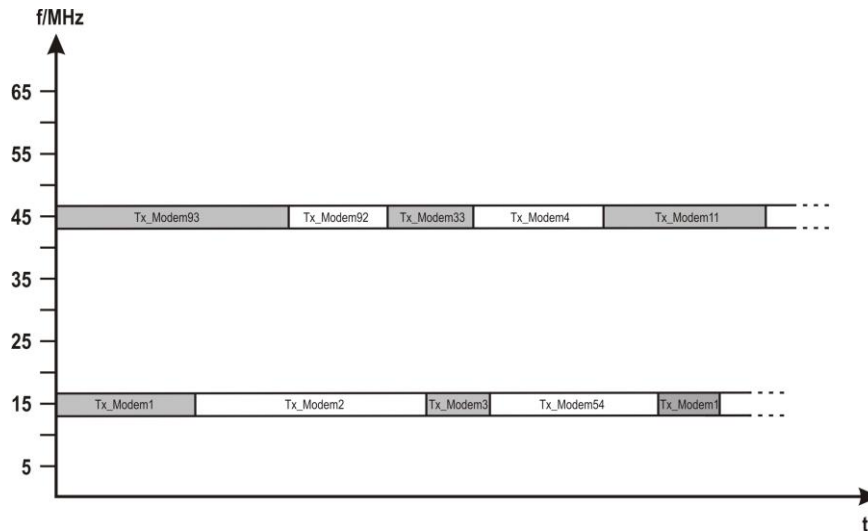
Zeit ↑	Header mit PID	Nutzdatenfeld	Fehlerschutz
	PID 0x1FFE	DOCSIS-Payload	FEC
	PID 0x1FFE	DOCSIS-Payload	FEC
	PID 0x1FFF	NULL-Payload	FEC
	PID 0x1FFF	NULL-Payload	FEC
	PID 0x1FFE	DOCSIS-Payload	FEC
	PID 0x1FFE	DOCSIS-Payload	FEC
	PID 0x1FFE	DOCSIS-Payload	FEC
	PID 0x1FFF	NULL-Payload	FEC
	PID 0x1FFE	DOCSIS-Payload	FEC
	PID 0x1FFE	DOCSIS-Payload	FEC
	PID 0x1FFF	NULL-Payload	FEC
	PID 0x1FFE	DOCSIS-Payload	FEC

Jedes Modem in einem DOCSIS-Netz empfängt somit auch die Informationen, die für alle anderen ans Netz angeschlossenen Modems bestimmt sind. Wieder über spezielle Identifikationsnummern filtert sich jedes Modem die Informationen aus den gültigen DOCSIS-Daten, die für das Modem selbst bestimmt sind. Alle anderen Daten müssen ignoriert werden.

### 2.4 Der Upstream

Ein wenig komplizierter sind die Verhältnisse im Upstream. Je nach Anzahl der Modems in einem Netzsegment und Ausstattung der Kopfstelle werden eine oder einige wenige Upstream-Frequenzen

für die Modems angeboten. Das bedeutet, dass mehrere Modems auf ein und derselben Frequenz senden müssen. Die Aufteilung der Bandbreite eines Upstreams erfolgt durch einen zeitlichen Multiplex (TDMA – time division multiple access). Bei diesem Verfahren wird der Upstream in einzelne Zeitschlitzte unterteilt. Die Kopfstelle weist jedem Modem Zeitschlitzte zu innerhalb derer das Modem seine Daten zum CMTS senden kann. In Zeitschlitzten, die für andere Modems reserviert sind, darf nicht gesendet werden. Die folgende Abbildung zeigt dieses Verfahren. Die vertikale Achse symbolisiert den US-Frequenzbereich von 5 MHz bis 65 MHz. Es wird angenommen, dass zwei Upstreams bei 15 MHz und bei 45 MHz angeboten werden und dass die Sendebandbreite 3,2 MHz beträgt, was einer Symbolrate von 2560 kSymb/s entspricht (siehe weiter unten). Die horizontale Achse ist die Zeitachse.



Das CMTS muss die Einteilung der Zeitachse so planen, dass jedes Modem bedient wird.

Für die Kommunikation zwischen Modems und Kopfstelle stehen unterschiedliche Zeitschlitzarten zur Verfügung. Manche Zeitschlitzte sind für das Einrichten und Aufrechterhalten einer Verbindung zwischen CMTS und Modem vorgesehen, andere für einen reinen Datenaustausch. Die Verbindungsaufnahme zwischen den beteiligten Geräten heißt „Ranging“ (siehe nächstes Kapitel).

Wird ein Modem eingeschaltet besteht noch keine Verbindung mit dem CMTS und somit keine zeitliche Synchronität, welche aber für das Senden in exakt definierten Zeitschlitzten von entscheidender Bedeutung ist. Für eine erste Kontaktaufnahme des Modems mit der Kopfstelle stehen sehr lange Zeitschlitzte (genannt „Initial Maintenance“) zur Verfügung in denen alle Modems im Wettbewerb senden können. In diesen langen Abschnitten ist die Zeitsynchronisation noch nicht so entscheidend. Dies ermöglicht dem Modem sich bei der Kopfstelle zu melden, sich mit ihr zu synchronisieren und sich eigene Zeitschlitzte zuweisen zu lassen. Ist eine erste Kontaktaufnahme erfolgt, muss die Verbindung zwischen Modem und CMTS gewartet werden. Dafür stehen in periodischen Abständen Sendegelegenheiten zur Verfügung in denen sich jedes Modem beim CMTS melden muss (genannt „Station Maintenance“). Hier wird unter Anderem überprüft, ob die zeitliche Synchronität noch exakt eingehalten wird. In Zeitintervallen namens „Request“ oder „Request/Data“ kann das Modem Bandbreite beim CMTS beantragen, wenn es Daten versenden möchte. Die Kopfstelle reserviert dann je nach dem Volumen der zu versendenden Daten einen „Short Data Grant“ oder einen „Long Data Grant“ für das Modem. Diese Zeitschlitzte sind dann reserviert und das Modem kann seine Daten übermitteln ohne von anderen Modems gestört zu werden. Zusätzlich zu diesen grundsätzlichen Zeitschlitzarten aus der DOCSIS-1.0- bzw. -1.1-Spezifikation gibt es im DOCSIS2.0-Fall auch noch den „Advanced PHY Short Data Grant“, den „Advanced PHY Long Data Grant“ und den „Advanced PHY Unsolicited Grant“.

Es müssen nicht notwendigerweise alle Zeitschlitzarten vom CMTS angeboten werden. Es muss nur dafür gesorgt werden, dass es den Modems möglich ist, eine Verbindung aufzubauen (über Initial und Station Maintenance) und dass Intervalle zum Versenden von Daten zur Verfügung stehen.

Neben dem reinen Zeitmultiplex als so genanntes „Vielfachzugriffsverfahren“ (viele Modems teilen sich eine Sendefrequenz) steht bei DOCSIS 2.0 auch S-CDMA zur Verfügung (synchronous code division multiple access). Bei diesem Verfahren müssen sich die Modems ebenfalls an die Zeitschlitzteinteilung halten (deshalb: „synchronous“). Aber innerhalb eines Zeitschlitztes können bis

## 6 Kapitel 2 - Grundlagen

zu 128 Modems **gleichzeitig** senden. Dies ist möglich, da jedem dieser Modems ein bestimmter Code zugeordnet wird den das Modem mit seinem Sendesignal multipliziert. Mittels der mathematischen Operation der Korrelation ist es dem CMTS möglich, die Nachrichten, die dann in der Kopfstelle gleichzeitig eintreffen, den einzelnen Modems wieder zuzuordnen. S-CDMA wird jedoch von den Netzbetreibern wesentlich seltener eingesetzt als reines TDMA.

Zum Senden in einem Zeitschlitz stehen verschiedene Modulationsarten und Symbolraten zur Auswahl. In den DOCSIS1.x-Spezifikationen sind für die Modulation QPSK und 16-QAM vorgesehen, bei DOCSIS2.0 kommt noch 8-QAM, 32-QAM, 64-QAM und 128-QAM hinzu. Die Symbolraten können 160 kSymb/s, 320 kSymb/s, 640 kSymb/s, 1280 kSymb/s, 2560 kSymb/s und seit DOCSIS 2.0 auch 5120 kSymb/s betragen. Um aus den Symbolraten die dafür benötigten Bandbreiten zu berechnen ist die Symbolrate mit dem Faktor 1,25 zu multiplizieren (da der sog. Roll-Off-Faktor im Upstream 0,25 beträgt). Es ergeben sich somit die Sendebandbreiten 200 kHz, 400 kHz, 800 kHz, 1600 kHz, 3200 kHz oder bei DOCSIS 2.0 6400 kHz.

Wie erwähnt wurden bei DOCSIS 1.1 nur die QPSK- und die 16-QAM-Modulation angeboten und das bei Symbolraten bis 2560 kSymb/s. Diese Variante bezeichnet man als normales TDMA. Bei DOCSIS 2.0 lautet die Bezeichnung durch die zur Verfügung stehenden höherwertigen Modulationsgrade, die größere Sendebandbreite und die zusätzlichen „Advanced“-Zeitschlitz A-TDMA („advanced“ TDMA).

Während für eine Upstream-Frequenz die Symbolrate aus Gründen der Zeitsynchronisation immer konstant und für alle Modems gleich ist, kann die QAM-Ordnung in den verschiedenen Zeitschlitz unterschiedlich sein.

Die Kabelnetze können mit verschiedenen Modi betrieben werden. Im reinen DOCSIS-1.1-Modus stehen die „Advanced“-Zeitschlitz, die höchste Symbolrate und die höherwertigen Modulationen nicht zur Verfügung. Ein Betrieb von DOCSIS-1.1-Modems ist die Regel, -2.0-Modems sind abwärts kompatibel, und funktionieren, können aber ihre maximalen Datenraten nicht ausnutzen. Im reinen DOCSIS-2.0 Modus werden von der Kopfstelle nur DOCSIS-2.0-Modems bedient. In diesem Fall funktioniert die Kontaktaufnahme eines DOCSIS-1.1-Modems mit der Kopfstelle nicht. Dieser Modus wird in der Regel dann eingesetzt, wenn der Netzbetreiber in einem Netzsegment ausschließlich 2.0-konforme Modems an seine Kunden ausgegeben hat. Ist es nötig, dass beide Modemarten eine Verbindung aufbauen können, kann ein so genannter „Mixed Mode“ aktiviert werden, bei dem Modems beider Spezifikationen mit ihren jeweiligen Sendegegebenheiten vom CMTS bedient werden.

### 2.5 Das Ranging

Zweck des so genannten Rangings ist es, eine physikalische Verbindung zwischen Kopfstelle und Modem aufzubauen und diese während der gesamten Betriebsdauer des Modems aufrecht zu erhalten. Dabei wird vor allem sichergestellt, dass die Zeitsynchronisation zwischen den beteiligten Geräten immer exakt übereinstimmt und dass die Nachrichten, die jedes Modem zum CMTS sendet immer mit dem korrekten Pegel versendet werden.

Das CMTS in der Kopfstelle kommuniziert nämlich normalerweise mit sehr vielen Modems die alle einen unterschiedlichen Abstand zur Kopfstelle haben. Die Mechanismen für die zeitliche Synchronisation in den DOCSIS-Spezifikationen sehen vor, dass Modems bis zu 160 km von der Kopfstelle entfernt stehen dürfen. Das bedeutet, dass die Sendedaten eines jeden Modems einen stark unterschiedlichen Kabelweg und eine stark variierende Anzahl von Verstärkern überwinden müssen. Würde jedes Modem mit derselben Leistung senden müsste das CMTS mit riesigen Empfangspegelunterschieden in kurz aufeinander folgenden Zeitslots zurecht kommen, was nicht möglich ist. Auch brauchen Nachrichten von weiter entfernten Modems länger zur Kopfstelle als die von näheren. Während des Rangings werden nun die Sendeleistung und der Sendezeitpunkt der Modems so korrigiert und eingestellt, dass jede Nachricht von jedem Modem an der Kopfstelle mit exakt derselben Leistung und genau zu dem Zeitpunkt, zu dem das CMTS es erwartet, eintrifft.

#### 2.5.1 Die MAC-Adresse

Die MAC-Adresse ist die Hardwareadresse des Modems. Sie besteht aus 48 Bit und identifiziert die Modemhardware weltweit eindeutig, das heißt es gibt keine zwei Geräte mit derselben MAC-Adresse. Die Schreibweise ist in der Regel in hexadezimaler Form, also zum Beispiel 00-50-C2-A2-C4-65 oder auch 00:50:C2:A2:C4:65. Die MAC-Adresse des Modems ist im Header jeder Nachricht, die das Modem zum CMTS schickt, enthalten. Auch wenn im Verlauf des Rangings und der Synchronisation (s. u.) einem Modem weitere Identifikationsnummern und Adressen zugeordnet



werden, so ist die MAC-Adresse stets eindeutiges Identifikationsmerkmal eines Modems. MAC-Adressen werden zentral von der IEEE vergeben. Der Aufbau der MAC-Adresse ist so beschaffen, dass man an ihr die Herstellerfirma einer Hardwarekomponente ablesen kann. Die Hersteller lassen sich in aller Regel einer zentralen Datenbank entnehmen.

### 2.5.2 *Extraktion der Upstream-Parameter aus dem Downstream*

Der Beginn des Verbindungsaufbaus zwischen Modem und CMTS ist, dass sich das Modem im allgemeinen Fall nach einem Kanalscan, im Falle des Messgerätes aber auch nach direkter Kanaleingabe durch den Benutzer, auf einen Downstreamkanal aufsynchroisiert und versucht, nach der Demodulation den MPEG-Datenstrom zu entschlüsseln. In den MPEG-Paketen findet das Modem dann DOCSIS-spezifische Pakete. Dabei sucht das Modem am Anfang nach Informationen über den oder die vorhandenen Upstream(s) und die grobe Zeitsynchronisation. Diese Daten werden vom CMTS in regelmäßigen Abständen und für alle Modems verständlich ins Kabelnetz ausgesendet.

Somit kann das Modem aus dem Downstream die Upstreamfrequenz(en), die zu verwendende(n) Symbolrate(n), Informationen über die angebotenen Zeitschlitze und die in ihnen anzuwendende Modulationsart sowie eine grobe Synchronisationsinformation über die Lage der Sendeintervalle auf der Zeitachse extrahieren. Viele weitere wichtige Parameter wie der Upstream-Fehlerschutz, eine vor jeder Nachricht zu sendende Präambel, Angaben zur Verwülfelung der Sendedaten und viele Daten mehr, ohne die eine Synchronisation mit der Kopfstelle unmöglich wäre, werden vom Modem aus dem DS ausgelesen.

### 2.5.3 *Das erste Ranging*

Wenn alle Informationen über den Upstream bekannt sind, wählt das Modem eine Upstreamfrequenz aus und konfiguriert seinen Sendemodulator. Nun wartet es auf eine Sendegelegenheit für die erste Kontaktaufnahme mit dem CMTS, also einen Initial-Maintenance-Zeitschlitz. Da das Modem bei der Kopfstelle noch nicht bekannt ist, sendet es im allgemeinen Fall mit anderen Modems im Wettbewerb, das heißt, es kann vorkommen, dass zufällig zwei Modems gleichzeitig oder nur leicht versetzt senden und die Kopfstelle deshalb keines von beiden versteht. Deshalb wird folgendes Verfahren vorgeschrieben. Das Modem sendet mit seiner niedrigsten Sendeleistung in einem zufällig ausgewählten Initial-Maintenance-Zeitschlitz seine erste Ranginganfrage. Bekommt es innerhalb einer vorgeschriebenen Zeit eine Antwort von der Kopfstelle, wird mit dem kontinuierlichen Ranging (siehe nächstes Kapitel) fortgefahren. Erfolgt keine Antwort hat entweder eine Kollision der Nachricht mit der eines anderen Modems stattgefunden oder die Sendeleistung war noch zu niedrig und das CMTS konnte deshalb die Nachricht noch nicht empfangen. Nun wartet das Modem eine zufällige Anzahl von Sendegelegenheiten ab und sendet dann wieder eine Ranginganfrage aber mit um 3 dB erhöhter Sendeleistung. Es werden so lange zufällig Sendegelegenheiten ausgewählt und die Sendeleistung dabei immer erhöht bis man eine Antwort von der Kopfstelle erhält. Wird auch nach 16 Sendeversuchen keine Antwort empfangen muss ein anderer Upstream für die Kontaktaufnahme ausgewählt werden. Sind alle Upstreams, über die das Modem über den gewählten Downstream Informationen erhält, durchgetestet und ist immer noch keine Antwort eingegangen, muss das Modem nach einem weiteren Downstream scannen (bzw. der Benutzer des Messgerätes einen neuen DS vorgeben). Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis eine Upstream-Downstream-Kombination gefunden ist, mit der das Ranging funktioniert und in der Folge eine Verbindung zwischen Modem und CMTS aufgebaut werden kann.

### 2.5.4 *Das kontinuierliche Ranging*

Hat das CMTS die erste Ranginganfrage eines Modems einmal empfangen, weist es dem Modem ein eigenes, reserviertes Intervall für das kontinuierliche Ranging zu. Außerdem bekommt das Modem Korrekturdaten für die Sendeleistung und das Timing übermittelt. Ziel des Rangings ist es, wie beschrieben, dass die gesendeten Daten des Modems immer mit dem vom CMTS gewünschten Pegel und exakt im zugeteilten Zeitschlitz liegend in der Kopfstelle eintreffen. Um auch Temperaturschwankungen bei Verstärkungen, Quarzfrequenzen usw. ausgleichen und sonstige Änderungen im Übertragungskanal abfangen zu können, wird das Ranging im Abstand von einigen Sekunden periodisch wiederholt, damit die Verbindung immer sauber aufrechterhalten bleibt. Wenn das CMTS ein Modem zum Ranging auffordert MUSS das Modem darauf antworten. Im Falle des periodischen Rangings stehen dafür jedem Modem eigene Zeitintervalle zur Verfügung, da das Modem jetzt in der Kopfstelle bekannt ist. In der Praxis ist der Abstand zwischen zwei Rangings, die der Validierung der Verbindung dienen, zwischen 5 Sekunden und 20 Sekunden. Eine Obergrenze ist durch die DOCSIS-Spezifikationen mit 30 Sekunden festgelegt. Dieser Vorgang ist zwingend erforderlich und wird während der kompletten Betriebsdauer des Modems durchgeführt.

## 8 Kapitel 2 - Grundlagen

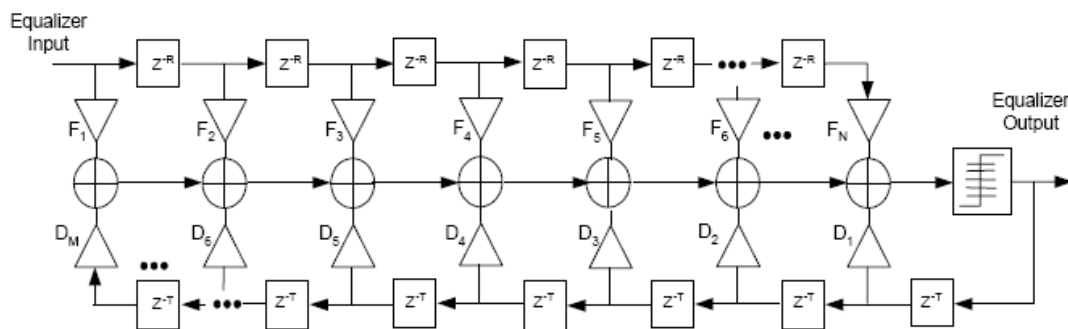
### 2.5.5 Der Upstream-Equalizer

Der Equalizer ist ein Feature, das jedes Kabelmodem unterstützen muss, aber dessen Verwendung laut DOCSIS-Spezifikation optional ist. Dies bedeutet, dass nicht bei jedem Netzbetreiber der Upstream-Equalizer der Modems zum Einsatz kommt.

Der Zweck des Equalizers ist es, den Frequenzgang, den der Übertragungsweg vom Modem zum CMTS innerhalb der Sendebandbreite des Modems möglicherweise aufweist, zu entzerren. Zu diesem Zweck sieht die DOCSIS-Spezifikation ein digitales Filter im Upstream-Modulator des Modems vor. Bei DOCSIS 1.1 hat dieses Filter 8 komplexe Parameter (d. h. jeder Parameter besteht aus Real- und Imaginärteil), bei DOCSIS 2.0 sind es 24 Parameter. Weist das QAM-Spektrum eines Modems beim Eintreffen an der Kopfstelle einen Frequenzgang auf, kann das CMTS Filterparameter errechnen und diese Parameter während des Ranging-Vorgangs dem Modem mitteilen. Das Modem muss die Parameter dann in seinen Equalizer eintragen. Das Modem sendet damit seine Nachrichten mit einem Frequenzgang, der der Übertragungscharakteristik des Kanals genau entgegengesetzt ist. Somit kommt die Nachricht im Idealfall unverzerrt, also ohne Frequenzgang, am Upstream-Eingang des CMTS an.

Gründe für einen Frequenzgang im Übertragungskanal können zum Beispiel Kabelschäden sein, an denen Mikroreflexionen auftreten.

Die folgende Abbildung zeigt die Struktur des Entzerrfilters.



### 2.5.6 Änderung der Upstream- oder Downstream-Frequenz durch das CMTS

Es ist möglich, dass sich während des Rangings aber auch später bei voll eingerichteter Verbindung die Upstream- und / oder die Downstream-Frequenz ändert. Ein Grund hierfür kann sein, dass in DOCSIS-Netzen mit mehreren US- und DS-Frequenzen eine Software des Netzbetreibers dafür sorgt, dass die Frequenzen gleichmäßig ausgelastet sind, damit allen Modems genug Bandbreite zur Verfügung steht. Wenn ein Modem während des Rangings mitgeteilt bekommt, dass der Upstream auf dem es sendet oder der Downstream auf dem es empfängt zu wechseln ist, MUSS das Modem dem Folge leisten.

## 2.6 Weitere Synchronisation und Registrierung des Modems mit dem CMTS

Nachdem die physikalische Verbindung zwischen Modem und Kopfstelle durch das Ranging eingerichtet ist, wird eine IP-Verbindung aufgebaut. Dazu erhält das Modem über DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) eine eigene IP-Adresse. Dann wird dem Modem die Tageszeit mitgeteilt (TOD – time of day). Zur vollständigen Registrierung muss sich das Modem mit Hilfe von TFTP (Trivial File Transfer Protocol) noch eine Konfigurationsdatei (Konfig.-File) von einem Server des Netzbetreibers herunterladen. In dieser Datei erfährt das Modem weitere Details für den Netzzugriff auf IP-Ebene, über eine eventuelle Verschlüsselung der Nachrichten zwischen Modem und CMTS und viele andere verbindliche und optionale Parameter. Kann diese Datei erfolgreich geladen werden ist die Registrierung bis auf die Einrichtung einer optionalen Verschlüsselung (siehe folgendes Kapitel) vollständig abgeschlossen.

## 2.7 Verschlüsselung

In DOCSIS-Netzen stehen zwei verschiedene Verschlüsselungssysteme zur Verfügung. BPI (Baseline Privacy Interface; eingeführt mit dem DOCSIS-1.0-Standard) und BPI+ (seit DOCSIS 1.1). Die Verschlüsselung beruht auf Zertifikaten, die für EURO- und US-DOCSIS unterschiedlich sind und von zwei zentralen Stellen erworben werden müssen.

Die Verwendung einer Verschlüsselung ist optional und somit vom Netzbetreiber abhängig. Soll BPI(+) verwendet werden, wird das dem Modem bei der Registrierung über das Konfigurationsfile mitgeteilt. Hierauf MUSS das Modem die Verschlüsselung für den Nachrichtenaustausch mit der Kopfstelle einrichten. Einzig die Nachrichten zum Aufrechterhalten der physikalischen Verbindung (Ranging) werden grundsätzlich unverschlüsselt übertragen.

BPI verschlüsselt die Nachrichten zwischen Kabelmodem und CMTS in beiden Richtungen und schützt somit davor, dass die Nachrichten von dritten „mitgehört“ werden.

BPI+ geht noch einen Schritt weiter und bietet dem Netzbetreiber Schutz vor unautorisierten Modems. Bei dieser Verschlüsselungsart ist in das Zertifikat, das zum Einrichten der Verschlüsselung zwingend erforderlich ist, auch die Seriennummer und die MAC-Adresse des Modems mit eingerechnet. Somit ist das „Klonen“ von Modems, die Portierung von MAC-Adressen und das wieder Verwenden von Zertifikaten ausgeschlossen. **Wenn die Seriennummer und die MAC-Adresse des Modems nicht mit dem Zertifikat zusammenpassen, ist bei Verwendung von BPI+ die Nutzung der Dienste des Netzbetreibers nicht möglich.**

## 2.8 Die wesentlichen Synchronisationsstufen eines DOCSIS-Modems

Mit Kenntnis der oben aufgezeigten Vorgänge während des Rangings und der weiteren Synchronisation ergeben sich die folgenden wesentlichen Synchronisationsstufen für ein DOCSIS-Modem:

- Unsynchronized → Das Modem hat keine DS Synchronisation
- Synchronized → Das Modem hat sich auf einen DS aufsynchroisiert
- UsParameters Acquired → Die US Parameter wurden aus dem DS extrahiert
- Ranging Complete → Das Ranging mit dem CMTS war erfolgreich
- DHCP Complete → Dem Modem wurde eine IP-Adresse zugewiesen
- Operational → Das Konfig.-File wurde erfolgreich geladen, u. U. BPI(+) ist aktiv

## 2.9 Der PING-Test

Der PING-Test ist ein aus der PC-Welt bekanntes Diagnose-Werkzeug, mit dem es möglich ist, die Qualität einer IP-Verbindung zu beurteilen. Dabei werden bestimmte IP-Pakete an einen Host gesendet, die dieser dann auch (sofern er das Protokoll unterstützt) beantworten muss. Aus der Anzahl, wie viele Antworten auf versendete PING-Pakete eingehen und mit welcher zeitlichen Verzögerung dies geschieht (Round-Trip-Delay) lassen sich qualitative Aussagen treffen.

Da für einen PING-Test eine IP-Verbindung benötigt wird, kann ein Modem diesen Test erst dann ausführen, wenn über DHCP (s. o.) eine IP-Adresse zugewiesen wurde.

## 2.10 Ingress

Als Ingress bezeichnet man elektromagnetische Störungen, die in koaxiale Kabelnetze eingekoppelt werden. Als Quellen kommen starke Kurzwellensender, CB-Funk, Haushaltsgeräte, Babyphone, Schaltnetzteile und vieles mehr in Frage.

Begünstigt bzw. überhaupt erst möglich gemacht wird die Einstrahlung ins Kabelnetz durch defekte Stecker, Knickstellen in Kabeln, Verletzungen des Kabelmantels, Verwendung von Kabeln mit zu geringem Schirmmaß u. v. m.

Ingress vermindert den Störabstand der Upstream-Signale und kann daher zu Fehlern in der Übertragung führen. Die Folge ist, dass geforderte Datenraten im Kabelnetz nicht mehr eingehalten werden können. Daher ist die höchste Prämisse den Ingress möglichst gering zu halten. Netzbetreiber können Störungen auch dadurch minimieren, dass sie nach genauer Analyse des Ingress in den verschiedenen Netzsegmenten die Upstream-Frequenzen in Bereiche mit niedrigen Störeinkopplungen legen.

Zur Messung des Ingress mit dem Messempfänger AMA 310 wird an dieser Stelle auf die Bedienungsanleitung verwiesen.

## Kapitel 3

# Messen mit dem DOCSIS-Analyzer

---

### 3.1 Messablauf

#### 3.1.1 Anschluss

Für die Messung von DOCSIS-Parametern muss der Messempfänger über einen Adapter von F-Stecker auf IEC-Stecker mit dem F-Anschluss einer Multimediadose mit anliegendem DOCSIS-Signal verbunden werden. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit ist beispielsweise der direkte Anschluss an einen rückwegfähigen Hausanschlussverstärker in einem interaktiven Kabelnetz. Im Folgenden wird jedoch beispielhaft davon ausgegangen, dass man die DOCSIS-Funktionalität beim Kunden, das bedeutet an der Teilnehmeranschlussdose (TAD) verifizieren und qualitativ bewerten möchte.

#### 3.1.2 Vermessung des Downstreams an der Teilnehmeranschlussdose

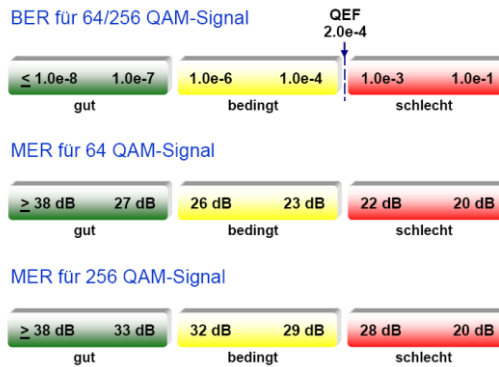
Der Bedienungsanleitung des Messgerätes ist zu entnehmen, wie man einen DOCSIS-Downstream mit dem Messgerät per Kanalscan findet bzw. einen bekannten DS Kanal direkt eingibt. Das Messgerät erkennt automatisch, ob es sich um ein EURO- oder ein US-DOCSIS-Signal handelt.

Möchte man an der TAD bei einem Kunden das sichere Funktionieren einer DOCSIS-Verbindung nachweisen, ist der wichtigste Parameter, damit ein Modem ohne Störungen funktioniert, der DS-Pegel. Die DOCSIS-Spezifikation nennt einen Eingangspegelbereich für das Modem von 45 dB $\mu$ V bis 75 dB $\mu$ V.

Dabei sollten zwei Dinge beachtet werden. Um Reserve nach oben und unten zu behalten und auch z. B. bei Schwankungen der Verstärkung oder Temperaturabhängigkeiten aller Komponenten zwischen Kopfstelle und TAD noch gute Empfangseigenschaften vorzufinden, sollte der Pegel an der TAD nicht zu stark an eine der beiden Grenzen heranrücken. Zum anderen befinden sich die DOCSIS-Downstreams in der Regel im Spektrum eingebettet zwischen digitalen und analogen Fernsehkanälen. Auch deren Pegel richtet sich nach gewissen Regeln wie zum Beispiel, dass ein 64-QAM-Kanal um etwa 10 dB, ein 256-QAM-Kanal um rund 4 dB im Pegel gegenüber einem PAL-Sender abgesenkt ist. Das bedeutet, dass ein 256-QAM DOCSIS-Downstream, der im Spektrum neben einem 256-QAM TV-Kanal liegt, von diesem im Pegel nicht um viele dB abweichen sollte. Als ersten Anhaltspunkt sind DS-Pegel an der TAD zwischen 55 dB $\mu$ V und 68 dB $\mu$ V sicher realistisch, aber natürlich abhängig von vielen weiteren Faktoren.

Für die wichtigen Parameter der MER und der BER nennt die DOCSIS-Spezifikation keine Grenzwerte, jedoch ergeben sich hier die Grenzwerte aus der Theorie. Mathematische Berechnungen zeigen, dass für ein quasi-fehlerfreies Signal (QEF, „quasi error free“) bei EURO-DOCSIS bzw. DVB-C ein MER Wert von mindestens 23 dB bei 64-QAM und mindestens 29 dB bei 256-QAM nötig sind. Ab diesen Werten ist es dem Fehlerschutz möglich, das z. B. durch Rauschen gestörte Signal wieder so zu rekonstruieren, dass man es als fehlerfrei betrachten kann. Diese Werte sind jedoch absolute Grenzwerte bei denen keine Reserve mehr vorhanden ist. Die kleinste Signalverschlechterung führt sehr schnell zum vollständigen Abreißen des Datenstroms. Man sollte an der TAD immer MER-Werte von mindestens 35 dB und mehr messen. Wegen des doppelten Fehlerschutzes des Standards J.83/B ist US-DOCSIS etwas robuster als EURO-DOCSIS.

Ähnliche Betrachtungen lassen sich auch für die Bitfehlerrate anstellen. Die nächste Abbildung verdeutlicht die zu erzielenden Werte für beide Parameter. Natürlich lassen sich die HF-Eigenschaften des Downstreams noch wesentlich genauer untersuchen beispielsweise im Konstellationsdiagramm und durch Analyse von Phasenjitter und Brummodulation oder durch Bestimmung der Paketfehler-rate. Auf diese Analysefunktionen wird jedoch in diesem Dokument nicht näher eingegangen und auf die Bedienungsanleitung verwiesen.



Das Messgerät bietet die Möglichkeit, die DOCSIS-Analyse nur für den Downstream durchzuführen. Das bedeutet, dass bei aktiviertem DOCSIS-Modus sowohl bei direkter Kanaleingabe als auch nach einem Kanalscan und bei jeder Art von automatischer Messung die oben genannten Parameter vermessen werden, der Upstream-Sender jedoch deaktiviert ist (siehe dazu: Bedienungsanleitung).

Bei aktiviertem Upstream-Sender beginnt nun, falls die oben beschriebenen Parameter qualitativ ausreichen und sich der Demodulator auf das DOCSIS-Signal einloggen kann, die Analyse der Upstreams und das Ranging.

### 3.1.3 Vermessung des Upstreams an der Teilnehmeranschlussdose

Ist der Upstream-Sender aktiviert muss der Analyzer beim Betreten des DOCSIS-Analysemodus gebootet werden. Der Bootvorgang ist nur einmal abzuwarten. Solange man im DOCSIS-Analysemodus bleibt, verharrt auch der Analyzer in gebootetem Zustand. So ist eine erneute Analyse zum Beispiel nach dem Wechsel auf das Konstellationsdiagramm und wieder zurück oder nach der Eingabe eines neuen DS-Kanals sofort möglich.

Nach dem Booten beginnt der DOCSIS-Analyzer nun wie oben beschrieben, die Upstream-Sendeparameter aus dem Downtream zu extrahieren. Dann wird auf allen zur Verfügung stehenden Upstream-Frequenzen versucht mit dem CMTS Kontakt aufzunehmen. Wurde das Ranging erfolgreich beendet zeigt das Grafikdisplay des Messgerätes folgende Werte, die sich nun mit den in Kapitel 2 erläuterten Grundlagen gut verstehen lassen.

```

DOCSIS2.0-ANALYZER
Parameter: DOCSIS2.0
Downstream: gültig
Auslastung: 29.1%
Upstream: gültig
Frequenz: 54.800 MHz
Symbolrate: 2560 kBd
Zugriffsv.: A-TDMA
Modulation: StatMaint: QPSK
Ranging: beendet
Sendepiegel: 102.3 dBµV
Pegel-Offset: 0.0 dB
stack-status: operational

ERWEITERT
PING
FRQRESP
US-FRQ.
    
```

Die oberste Zeile gibt Auskunft über das DOCSIS-System, welches aktuell vermessen wird. Hier kann man ablesen, ob es sich um ein reines 1.1- oder 2.0-System handelt, oder ob das Netz im Mixed-Mode betrieben wird.

In der darauf folgenden Zeile erkennt man, ob auch der DOCSIS-Analyzer den DS als gültig erkennt, d. h. sich vollständig auf diesen einloggen kann. Der Grund für diese Anzeige ist, dass im Messgerät zwei DS-Demodulatoren parallel arbeiten.

## 12 Kapitel 3 - Messen mit dem DOCSIS-Analyzer

Ein DS-Demodulator ist für die hochwertige Vermessung der HF-Parameter (MER, BER, Konstellation, Brumm, Phasenjitter, Paketfehler) zuständig. Ein zweiter arbeitet unabhängig im Analyzer und ist ausschließlich für die Kommunikation mit dem CMTS zuständig.

Die DS-Kanalauslastung gibt Auskunft darüber, wie viele MPEG-Pakete des DS-Datenstroms die DOCSIS-PID (Paketidentifikation) 0x1FFE in Relation zu allen ankommenden Paketen tragen.

In der nächsten Zeile wechselt die Anzeige hinter „Upstream:“ von „Suche läuft...“ auf „gültig“ sobald für den gewählten Downstream ein Upstream gefunden wurde auf dem ein Rangingvorgang möglich ist.

Die beiden nächsten Zeilen geben Auskunft über die Frequenz des Upstreams auf dem das Ranging aktuell stattfindet und über die Symbolrate die das CMTS für diesen Upstream vorgibt.

Da auf ein und derselben Upstream-Frequenz viele DOCSIS-Modems mit dem CMTS kommunizieren, müssen sich die Modems den Upstream-Kanal teilen (siehe Kapitel 2.4). Auf welche Art und Weise dies geschieht, lässt sich am Zugriffsverfahren in der nächsten Zeile der Displayanzeige ablesen.

In der Zeile darunter lässt sich die Modulation des Station-Maintenance-Zeitintervalls ablesen, also die Modulation, mit der das Ranging aktuell durchgeführt wird.

Darunter hinter „Ranging:“ ist der Status des Ranging-Prozesses abzulesen. Wurde ein Upstream gefunden und für gültig erklärt und mit dem Ranging begonnen lautet dieser Status „läuft...“. Meldet das CMTS den erfolgreichen Abschluss des Rangings wechselt diese Anzeige auf „beendet“. Die hier abzulesende Information bezieht sich ausschließlich auf die Herstellung der Verbindung auf physikalischer Ebene und lässt noch keine Rückschlüsse auf die weiteren Registrierungsstufen zu (DHCP, Konfig.-File, BPI(+)). Es sagt nur etwas darüber aus, dass die Verbindung zwischen Modem und CMTS am Ort der Messung grundsätzlich funktioniert.

Während des Rangings bekommt das Modem bezüglich der Sendeleistung Korrekturwerte vom CMTS übermittelt. Diese Korrekturwerte können unter dem Punkt „Pegel-Offset“ im Grafikdisplay abgelesen werden. Das Modem regelt seine Sendeleistung immer so nach, dass der Pegel-Offset Null wird. Das bedeutet dann, dass Nachrichten, die das Modem versendet, am CMTS mit dessen Wunschpegel ankommen. Ist der Offset, wenn man beispielsweise einen Rückkanalverstärker einpegelt und während der Messung die Verstärkung variiert, einmal ungleich Null regelt das Modem seine Sendeleistung so nach, dass beim nächsten Austausch von Ranging-Nachrichten der Offset wieder Null ist.

Ist der Pegel-Offset dauerhaft ungleich Null, liegt ein Fehler im Rückwegpfad vor (Beispiel: Das Modem sendet schon mit 114 dB $\mu$ V und der Pegel-Offset zeigt +9 dB an; dann müsste das Modem mit 123 dB $\mu$ V senden, damit die Sendeleistung von der Kopfstelle als korrekt bewertet wird; diesen Pegel kann das Modem nicht leisten; eine mögliche Fehlerursache ist ein falsch eingestellter oder defekter Rückwegverstärker).

Der Parameter „Stack-Status“ gibt Auskunft darüber, wie weit sich der Analyzer mit dem CMTS synchronisieren bzw. sich dort anmelden kann (siehe dazu Kapitel 2.5 bis 2.8).

Abhängig vom Kabelnetzbetreiber ist es möglich, dass sich US- oder DS-Frequenz während der Messung automatisch ändern. Dies liegt daran, dass das CMTS in Anlagen mit mehreren Upstream- und Downstream-Frequenzen aus Gründen der gleichmäßigen Auslastung aller Kanäle das Modem auf andere Frequenzen zwingen kann. Im Messwert-Display ist immer die Frequenz bzw. der Kanal ablesbar, auf dem das Modem gerade Daten empfängt. Gleiches gilt für das Grafik-Display. Hier ist immer die Frequenz abzulesen, auf der das Modem gerade sendet. Auch andere US-Parameter können sich theoretisch während der Messung ändern.

Einer der wichtigsten Verwendungszwecke des DOCSIS-Analyzers ist es, den oder die Rückwegverstärker in einer Hausverteilung so einzustellen, dass alle Modems im Haus mit möglichst optimaler Sendeleistung arbeiten. Als Faustregel sollte die am Messgerät angezeigte Sendeleistung in einem Bereich zwischen etwa 98 dB $\mu$ V und maximal 110 dB $\mu$ V liegen. Dieser Pegel entspricht der Sendeleistung, die ein Modem an dem Punkt, an dem das Messgerät aktuell steht, benötigen würde, damit seine Nachrichten am CMTS mit dessen Wunschpegel eintreffen. Es ist zu beachten, dass der Sendepiegel an der TAD noch im Normbereich liegen sollte, die vom Rückwegverstärker am weitesten entfernt ist.

Das bedeutet, dass in längeren Kaskaden, in denen eine TAD weit entfernt vom Rückwegverstärker auf 105 dBµV eingestellt wurde, ein Modem, das sich sehr nah am Verstärker befindet, wesentlich weniger Sendeleistung benötigt. Des Weiteren ist der Tatsache Beachtung zu schenken, dass manche Netzbetreiber bzw. deren Subunternehmer eigene Grenzwerte haben, in denen sich der Sendepiegel des Modems befinden soll. Die oben angegebenen Werte sind eine grobe Orientierungshilfe, da laut DOCSIS-Spezifikation Kabelmodems einen Dynamikbereich des Sendepiegels von 68 dBµV bis 118 dBµV aufweisen müssen. Sehr hohe und sehr niedrige Sendeleistungen sind in der Praxis jedoch unbedingt zu vermeiden!

Da man den Modempegel in der Regel an der TAD einstellt, der Rückwegverstärker aber in der Regel im Untergeschoss eines Hauses ist und somit zum Einstellen der Verstärkung entweder eine zweite Person oder viel Laufarbeit nötig ist, kann folgende Vorgehensweise für die Einstellung nützlich sein:

- Man misst an der „schlechtesten“ TAD die Upstream-Sendeleistung und notiert diesen Wert (Beispiel: 114 dBµV; Voraussetzung: an diesem Punkt ist eine DOCSIS-Analyse bereits möglich).
- Man macht dieselbe Analyse direkt am Hausanschlussverstärker. Die Differenz der Sendeleistung an der TAD und am Hausanschlussverstärker (z. B. 89 dBµV) ist die Dämpfung, die das Rückwegsignal im Haus erfährt (hier: 25 dB)
- Man stellt den Rückwegverstärker so ein, dass der Sendepiegel hier den Wert „gewünschte Sendeleistung an der TAD“ (z. B. 105 dBµV) minus „Dämpfung von TAD bis zum Rückwegverstärker“ bekommt (also rund 80 dBµV).
- Man kontrolliert an der Untersuchten TAD, ob sich hier nun der gewünschte Sendepiegel eingestellt hat.

### 3.1.4 Weiterführende Upstream-Parameter: Die erweiterte Zeitschlitzanalyse

Durch Anwählen des Menüpunktes „ERWEITERT“ im Grafikdisplay des Messgerätes erhält man Informationen darüber, welche Zeitschlitzarten im DOCSIS-Netzwerk angeboten werden und welche Modulation das CMTS für die verschiedenen Zeitschlitzarten vorgibt.

```

DOCSIS2.0-ANALYZER
Parameter:          DOCSIS2.0
Downstream: gültig
Auslastung:         35.9%
Upstream: gültig
Frequenz:           37.800 MHz
Symbolrate:         2560 kbd
Zugriffsv.:         A-TDMA
Modulation:         StatMaint: QPSK
Req:                QPSK   Req/Data: ----
InitMaint:          QPSK   ShortData: ----
LongData:           ----   AdvShort: 16QAM
AdvLong:            16QAM   AdvUSG:  16QAM

ZURÜCK
    
```

Dabei werden die in der DOCSIS-Spezifikation verwendeten Namen (siehe Kapitel 2.4) folgendermaßen abgekürzt:

- Request → Req
- Request / Data → Req/Data
- Initial Maintenance → InitMaint
- Station Maintenance → StatMaint
- Short Data Grant → ShortData
- Long Data Grant → LongData
- Advanced PHY Short Data Grant → AdvShort
- Advanced PHY Long Data Grant → AdvLong
- Advanced PHY Unsolicited Grant → AdvUSG

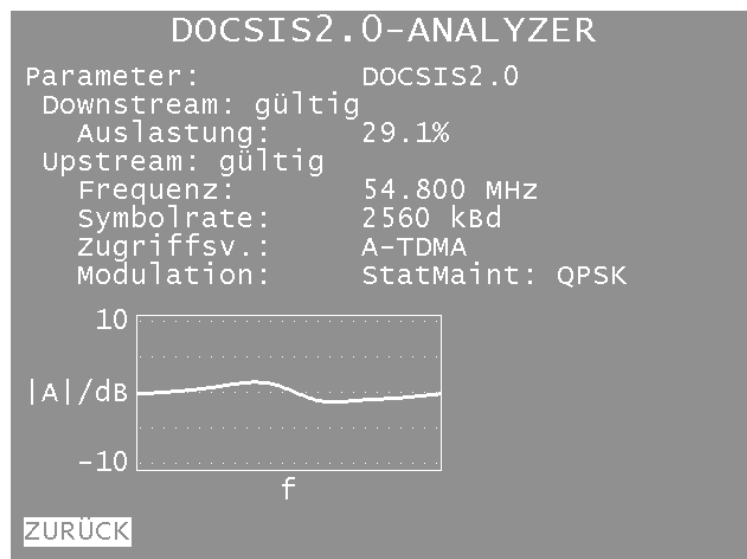
## 14 Kapitel 3 - Messen mit dem DOCSIS-Analyzer

Durch " - - - " hinter manchen Zeitschlitzarten wird aufgezeigt, dass dieses Intervall im DOCSIS-Netz, in dem man aktuell misst, nicht angeboten wird. An der Zeitschlitzkonfiguration oben erkennt man auch, dass es sich um ein reines DOCSIS-2.0-Netz handeln muss, weil die Intervalle „AdvShort“, „AdvLong“ und „AdvUGS“ bei DOCSIS 1.1 nicht vorkommen. Es kann sich auch nicht um einen Mixed-Mode handeln, weil für DOCSIS-1.1-Modems die Zeitschlitzarten „ShortData“ und „LongData“ nicht angeboten werden und somit keine Intervalle zur Verfügung stehen, in denen DOCSIS-1.1-Modems ihre Datenpakete versenden können.

Ein weiterer interessanter Aspekt lässt sich ebenfalls an obiger Abbildung ablesen. Die Zeitschlitzarten, die dem Einrichten und Aufrechterhalten der Verbindung zwischen CMTS und Modem dienen, haben mit QPSK eine sehr robuste Modulationsart. Die Zeitschlitzarten, in denen Daten versendet werden haben mit 16-QAM eine höherwertige Modulation. Hierdurch stellt der Netzbetreiber seinen Kunden eine zufrieden stellend hohe Uplink-Datenrate bereit.

### 3.1.5 Weiterführende Upstream-Parameter: Der Upstream-Frequenzgang

Sobald der Ranging-Vorgang beendet ist, lässt sich „FRQRESP“ im Grafikdisplay auswählen. Dieses Untermenü zeigt eine grafische Aufbereitung der unter 2.5.5 beschriebenen Equalizer-Parameter. Zu diesem Zweck werden die diskreten und im Allgemeinen komplexen Filterkoeffizienten mittels der mathematischen Operation der diskreten Fourier-Transformation (DFT) in einen Frequenzgang umgerechnet.



Die horizontale Achse ist im Diagramm die Frequenzachse, auf der vertikalen Achse ist die Verstärkung aufgetragen. Wichtig ist, dass das Diagramm keine Auskunft über den gesamte Rückkanalfrequenzbereich von 5 MHz bis 65 MHz gibt sondern nur über den Frequenzgang innerhalb der Sendebandbreite. Bei der in obigem Beispiel verwendeten Symbolrate von 2560 kSymb/s lässt das Diagramm also eine Aussage über den Frequenzbereich von  $\pm 1,6$  MHz um die Kanalmittenfrequenz von 54,8 MHz zu. Die vertikale Achse zeigt dabei welche, Frequenzen durch das Entzerrfilter verstärkt oder bedämpft werden. Zeigt das Diagramm starke Überhöhungen oder Einbrüche im Frequenzgang, lässt das auf Nichtidealitäten im Kabelweg (z. B. Mikroreflexionen an Kabelschäden, oxidierten Steckern o. ä.) schließen. Versendet die Kopfstelle aktuell keine Equalizer-Parameter an die angeschlossenen Modems – dieses Feature ist optional – lässt sich das Untermenü „FRQRESP“ nicht aufrufen.

### 3.1.6 Weiterführende Upstream-Parameter: Der PING-Test

Ausgelöst wird ein PING-Test (siehe Kapitel 2.9) durch die Auswahl des Untermenüs „PING“ im Grafikdisplay des Messgerätes. Da für einen PING-Test eine IP-Verbindung benötigt wird kann man das Untermenü erst aufrufen, wenn der Stack-Status „DHCP Complete“ oder „Operational“ lautet.

Der PING-Test ist vom Benutzer innerhalb gewisser Grenzen frei konfigurierbar. Dazu steht im Messgerät ein Untermenü zur Verfügung (siehe Kapitel „Gerätemanagement“ in der Bedienungsanleitung). Hier kann eine Anzahl der zu versendenden PING Pakete zwischen 5 und 100 gewählt werden. Außerdem lässt sich der zeitliche Abstand zwischen zwei PINGs festlegen. Es kann zwischen 0,5 Sekunden, 1 Sekunde, 2 Sekunden und 5 Sekunden gewählt werden.



**ACHTUNG:** Lässt man z. B. 50 PINGs im Abstand von 5 Sekunden ausführen, dauert der gesamte Test 50 x 5 Sekunden + 50 x Round-Trip-Delay (z. B. im Mittel 20 ms) = 251 Sekunden

In der obersten Zeile des PING-Menüs im Grafikdisplay lässt sich der Status des Tests („initialisiert“, „läuft....“ oder „beendet“) ablesen. Darunter werden die IP-Adresse, die das Modem per DHCP zugewiesen bekommen hat, und die IP-Adresse des Standardgateways, auf das der PING ausgeführt wird, angezeigt. Wechselt der Ping-Status auf „beendet“ werden darunter die Ergebnisse in statistischer Form zusammengefasst (gesendete Pakete, empfangene Pakete, daraus berechnet der Paketverlust, die minimale, maximale und durchschnittliche Zeit bis zum Eintreffen der Antwort auf die einzelnen PINGs). Da auch sehr viele PINGs gesendet werden können (maximal 100 Pakete) macht, eine detaillierte Aufstellung zu jedem einzelnen PING an dieser Stelle keinen Sinn.

```

DOCSIS2.0-ANALYZER
Parameter:          DOCSIS2.0
Downstream: gültig
Auslastung:        39.7%
Upstream: gültig
Frequenz:          37.800 MHz
Symbolrate:        2560 kBd
Zugriffsv.:        A-TDMA
Modulation:         StatMaint: QPSK
Ping-Test: beendet
IP-Adr:  10.175.36.131
Gateway: 10.175.36.254
Ping-Statistik:
Gesent.: 5, Empf.: 5, Verl.: 0 (0%)
Tmin.: 5ms, Tmax.: 9ms, Tmittel: 6ms

ZURÜCK

```

Der Menüpunkt „ZURÜCK“ zum Verlassen des PING-Untermenüs kann erst betätigt werden, wenn der PING-Test **vollständig beendet** wurde.

Während der Ausführung des PING-Tests wird als Fortschrittsanzeige hinter der Zeile „Ping-Statistik:“ eine Reihe von Sternsymbolen aufgebaut. Ein Stern wird immer hinzugefügt, wenn der Analyzer eine korrekte Antwort auf einen gesendeten PING erhalten hat oder wenn innerhalb von 5 Sekunden keine Antwort auf einen PING eingetroffen ist. 5 Sekunden ist der übliche Timeout bei PING-Tests, nach dessen Auslaufen ein Paket als verloren deklariert wird. Somit hat man auch bei langen PING-Tests immer eine visuelle Kontrolle darüber, ob der Test noch läuft. Die erscheinenden Sternsymbole dürfen also nicht gleichgesetzt werden mit dem erfolgreichen Erhalt einer PING-Antwort. Sie sind als reine Fortschrittsanzeige zu verstehen.

### 3.1.7 Weiterführende Upstream-Parameter: Wahl des Upstreams für das Ranging

**ACHTUNG:** Voraussetzung für diese Funktion ist ein Update der FPGA-Konfiguration des DOCSIS-2.0-Analyzers bei Geräten, die vor September 2011 ausgeliefert wurden (nur im Werk durchführbar; nicht erforderlich für Geräte, die ab September 2011 ausgeliefert wurden) und eine Firmwareversion des AMA 310 von Vxx.07a oder höher. Sind diese beiden Bedingungen nicht erfüllt erscheint der Menüpunkt „US-FRQ.“ nicht auf dem Startbildschirm der DOCSIS-Messoption.

Sobald der Stack-Status „Ranging Complete“ erreicht ist, hat der Benutzer die Möglichkeit (falls über den gewählten Downstream mehrere Upstream-Frequenzen angeboten werden) eine Upstream-Frequenz für die Messung zu wählen. Während des Ranging-Vorganges sucht sich das Modem wie oben beschrieben automatisch eine Frequenz, auf der die Kommunikation mit der Kopfstelle funktioniert. Möchte man den Sendepiegel oder den Frequenzgang aber auch auf anderen Upstream-Frequenzen ermitteln, besteht dazu die Möglichkeit über das Untermenü „US-FRQ.“.

```

DOCSIS2.0-ANALYZER
Parameter:          DOCSIS2.0
Downstream: gültig
Auslastung:        22.9%
Upstream: gültig
Frequenz:          10.000 MHz
Symbolrate:        2560 kBd
Zugriffsv.:        A-TDMA
Modulation:         StatMaint: QPSK
Ranging: beendet
Sendepegel:         105.1 dBµV
Pegel-Offset:       0.0 dB
Stack-status:       Ranging complete
1*10.000 MHz
2 13.200 MHz

ZURÜCK

```

Dieses Untermenü enthält eine Liste aller Upstream-Frequenzen mit voranstehender Upstream-ID, die vom CMTS angeboten werden. Die Zahl der angezeigten Upstreams ist auf 20 limitiert. Ein Sternchen markiert den Upstream auf dem das Modem im Moment mit dem CMTS in Kontakt steht.

Mit den Pfeiltasten des Messempfängers kann ein Upstream ausgewählt werden, auf dem das Modem einen Ranging-Versuch unternehmen soll (werden mehr als vier Upstreams angeboten, werden diese vom Messgerät auf mehreren Seiten des Untermenüs aufgelistet, die mit den Pfeiltasten <- bzw. -> angewählt werden können). Mit **ENTER** wird der Wechsel zur neuen Frequenz angestoßen. Das Modem versucht nun NACH dem Abschluss des nächsten Ranging-Vorgangs mit der Kopfstelle, auf der neuen Upstream-Frequenz mit dem CMTS Kontakt aufzunehmen. Das bedeutet, dass der Wechsel auf den neuen Upstream einige Sekunden dauern kann, die Aktion wird nach dem nächsten Piepsen, das ein erfolgreich abgeschlossenes Ranging symbolisiert, angestoßen. Dazu schließt sich das Menü zur Wahl der Upstream-Frequenz. Nach erfolgreicher Synchronisation auf dem neuen Upstream werden die Parameter genauso angezeigt, wie nach einer anfänglichen automatischen Suche nach einem gültigen Upstream-Kanal. Die Wahl des Upstreams, der das Stern-Zeichen trägt (d. h. auf dem das Modem im Moment gerade sendet) bewirkt keine Aktion. Es schließt sich lediglich das US-FRQ.-Untermenü.

Es kann vorkommen, dass auf einem ausgewählten Upstream das Ranging nicht funktioniert. Zum einen besteht die Möglichkeit, dass die Auslastung auf dem neuen Upstream so groß ist, dass die Kopfstelle das Modem einfach nicht bedient. Zum anderen kann es sein, dass das CMTS mit dem das Modem soeben in Kontakt steht, eine Wahl des Upstreams durch das Modem nicht unterstützt. Dies sollte zwar laut DOCSIS-Spezifikation grundsätzlich möglich sein, jedoch gibt es CMTS-Hersteller, die diese Funktion nicht implementieren. Ein weiterer Grund, warum man sich nicht auf einen gewünschten Upstream einlocken kann, kann sein, dass Kabelnetzbetreiber zwar über den Downstream Informationen über alle ihre Upstream-Kanäle versenden, aber dass in dem Netzsegment, in dem man gerade misst nicht alle Upstreams von der Kopfstelle bedient werden bzw. manche Upstreams gar nicht physikalisch am CMTS angeschlossen sind.

In solchen Fällen verhält sich das Modem genauso wie nach dem Einschalten. Wird es auf einem vom Benutzer ausgewählten Upstream nicht bedient, scannt es alle Upstreams, über die im Downstream Parameter an das Modem übertragen werden, so lange, bis es eine Antwort von der Kopfstelle erhält. Es ist also theoretisch möglich, dass man nach dem Einschalten einen Upstream „a“ vermisst, dann einen Upstream „b“ für die weiteren Messungen auswählt, das Messgerät aber nach einiger Zeit die Parameter eines Upstreams „c“ anzeigt.

Ein ebenfalls theoretisch mögliches Szenario ist, dass eine Synchronisation auf dem gewählten Upstream möglich ist und auch alle Parameter korrekt angezeigt werden. Nun kann es jedoch vorkommen, dass auf dem neuen Upstream die Auslastung so groß ist, dass die Kopfstelle das Modem aus Gründen der Gleichverteilung der Auslastung gleich wieder auf seinen alten Upstream zurückschickt. Diesem Mechanismus MUSS das Modem Folge leisten.

## 3.2 Anmerkungen

### 3.2.1 Sende- und Empfangspegel des Messgerätes

Der Empfangspegel des Messgerätes für die DOCSIS-Analyse ist in den technischen Daten (siehe Bedienungsanleitung) mit 50 dB $\mu$ V angegeben, obwohl die DOCSIS-Spezifikation wie oben erwähnt 45 dB $\mu$ V als Untergrenze für Modems vorsieht. Der Grund für diese Angabe liegt darin, dass im Messgerät zwei Demodulatoren parallel arbeiten. Einer, wie oben nachzulesen, für die reine DOCSIS-Analyse, ein weiterer für die hochwertige Vermessung der HF-Parameter. Eines der herausragenden Features des AMA 310 ist es, beispielsweise eine Echtzeitkonstellation **parallel** zur laufenden DOCSIS-Analyse anzuzeigen. Dies ist nur möglich, wenn das Downstream-Signal geräteintern aufgeteilt wird, um an verschiedenen Platinen im Messgerät gleichzeitig anzuliegen. Die Messung von MER, BER, Konstellation usw. ist dabei für den gesamten Pegelbereich von 20 dB $\mu$ V bis 120 dB $\mu$ V möglich, so wie im DVB-C-Fall auch. Für die Auswertung des Downstreams durch den DOCSIS-Analyzer wurde aufgrund von komplexen Frequenzgängen im Gerät mit viel Reserve ein Wert von 50 dB $\mu$ V angegeben. In den allermeisten Fällen ist jedoch eine DOCSIS-Analyse auch bei Pegeln ab 45 – 47 dB $\mu$ V problemlos möglich.

Zu beachten ist auch, dass an der TAD der DS-Pegel sowieso in jedem Fall > 55 dB $\mu$ V sein sollte. Bei Messungen direkt am Hausanschlussverstärker sind die Pegel ohnehin noch wesentlich höher. Bei Messungen direkt am Verstärker oder gar in der Kopfstelle bietet sich weiterhin der Vorteil, dass bei hohen DS-Pegeln der volle Messbereich bis 120 dB $\mu$ V zur Verfügung steht und man mit dem AMA 310 nicht auf die Norm-Obergrenze von 75 dB $\mu$ V festgelegt ist.

Zum maximalen Upstream-Sendepegel ist Folgendes zu sagen. Auch dieser wird in den technischen Daten eher vorsichtig mit 114 dB $\mu$ V angegeben. Diese Leistung reicht vollkommen aus um an jeder TAD zu messen, da die Sendeleistung der Modems ja in der Umgebung von 100 dB $\mu$ V oder etwas darüber liegen sollte. Wieder ist es aufgrund von komplizierten geräteinternen Frequenzgängen und Dämpfungseinstellungen in der Regel so, dass auch wesentlich höhere Leistungen bis zu 120 dB $\mu$ V erreicht werden können. Dies hängt von der Absolutfrequenz des Upstreams ab sowie auch vom Pegel des Downstreams. Man muss sich jedoch bewusst sein, dass bei diesen hohen Pegeln, die dann auch über die DOCSIS-Spezifikation hinausgehen, Verzerrungen produziert werden, die andere Modems stören können oder – abhängig vom Verhältnis DS- zu US-Frequenz – den Empfang von Downstreams erschweren oder zumindest bei MER und BER beeinflussen können. Diese hohen Sendeleistungen können aber zu Mess- und Diagnosezwecken nützlich sein, wenn beispielsweise ein Modem es nicht schafft eine Verbindung zum CMTS aufzubauen. Wenn das Messgerät es schafft mit einer Sendeleistung von 120 dB $\mu$ V ein Ranging durchzuführen, kann die Ursache sein, dass der Rückwegpfad im Prinzip zwar völlig in Ordnung ist, aber der Rückwegverstärker falsch eingestellt ist. Man sollte jedoch wegen der eventuell möglichen Beeinflussung anderer Geräte das Messgerät in diesem Fall nach dem Feststellen des Problems nicht dauerhaft am Netz lassen.

Ein weiteres Tool zur Diagnose, dass die Verstärkung im Rückweg nicht ausreicht oder aber bei korrekt eingestelltem Rückwegverstärker die Kabeldämpfung aufgrund von Schäden zu hoch ist, ist der angezeigte Pegeloffset. Einem normalen DOCSIS-Modem sieht man nicht an, aus welchem Grund keine Verbindung zustande kommt, man sieht nur, dass die Upstream-LED ausgeschaltet bleibt oder nur blinkt und dass man keine Internetverbindung bekommt. Mit dem Pegeloffset des DOCSIS-Analyzers könnte sich zum Beispiel folgendes Fehlerbild ergeben: Das Modem sendet schon mit 114 dB $\mu$ V und der Pegel-Offset zeigt +9 dB an. Dann müsste das Modem mit 123 dB $\mu$ V senden, damit die Sendeleistung von der Kopfstelle als korrekt bewertet wird und der Status „Ranging Complete“ erreicht wird. Mit dieser Leistung kann jedoch kein Modem senden. Das Ranging wird nie beendet, aber dadurch, dass das CMTS den DOCSIS-Analyzer auch mit einer zu niedrigen Sendeleistung grundsätzlich „versteh“ und darüber Feedback gibt, ist ein Eingrenzen der potentiellen Fehlerquellen möglich.

### 3.2.2 Anmerkungen zum PING-Test

Bei der Auswertung des PING-Testes spielt Erfahrung mit dem Netz an sich und mit dem Verhalten der Kopfstellentechnik im Netz, in dem man misst, eine große Rolle. **Eine pauschale Aussage darüber welche PING-Statistik als „gut“, welche als „noch gut“ und welche als „schon mangelhaft“ oder „schlecht“ bezeichnet werden muss, ist grundsätzlich nur sehr schwer möglich.**

Nicht jedes CMTS beantwortet PINGs gleich schnell, das bedeutet die minimale, mittlere und durchschnittliche Antwortzeit kann von Hersteller zu Hersteller schwanken. Hinzu kommt eine Abhängig-

keit davon, wie viel Daten-Traffic das CMTS aktuell zu verwalten hat, d. h. wie viele angeschlossenen Modems online sind und wie viele Uploads und Downloads gerade von den Nutzern gefordert werden. Des Weiteren geht der erste PING oft generell verloren, wenn die Kopfstelle schon über einen längeren Zeitraum keine PING-Anfrage mehr zu beantworten hatte. Es ist also immer ratsam, bei PING-Statistiken mit Paketverlusten den Test mindestens einmal, besser jedoch öfter zu wiederholen um ausloten zu können, ob der Verlust ein einmaliges oder systematisches Problem ist.

In sehr seltenen Fällen kann es auch vorkommen, dass Netzbetreiber es einem Modem überhaupt nicht gestatten, das CMTS anzupingen! In solch einem Fall funktioniert der PING-Test mit dem DOCSIS-Analyzer nicht, da dieser standardmäßig das CMTS (Standard-Gateway) anpingt. Dafür gibt es zwei Gründe. Zum einen interessiert z.B. bei der Installation einer Hausverteilung primär der Weg von der TAD bis zur Kopfstelle. Dieser Weg muss von den Pegelverhältnissen her gesehen korrekt ausgelegt sein und es muss eine IP-Verbindung aufgebaut werden können. Diese Verbindung von TAD zum CMTS kann mit dem DOCSIS-Analyzer komplett vermessen werden. Alles hinter der Kopfstelle liegt im Verantwortungsbereich des Netzbetreibers. Somit ist der Mehrwert der Aussage, wenn man von der TAD eine öffentliche Homepage anpingen würde äußerst gering, bzw. man wüsste bei fehlgeschlagenen PINGs nicht, ob der Fehler vor oder hinter der Kopfstelle liegt.

Zum anderen wird man bei der Messung mit dem DOCSIS-Analyzer in der Kopfstelle in der Regel als „unprovisioniertes Modem“ eingestuft, also als ein Modem dessen MAC-Adresse beim Netzbetreiber nicht bekannt ist. Solchen Modems gestatten die Betreiber meist nicht, über das CMTS hinaus zu pingen. Sonst bestünde ja auch die Möglichkeit, mit einem Modem, welches beim Netzbetreiber nicht registriert ist, kostenlos das Internet zu betreten, was vom Betreiber natürlich und verständlicherweise unterbunden wird.

Es ist ratsam, bei der Ping-Analyse erst einmal mit einer kleinen Menge an PING-Paketen zu beginnen. Wie beschrieben beträgt der Timeout bis ein Paket als verloren gewertet wird 5 Sekunden. Funktioniert der PING-Test – sei es wegen eines Defekts oder weil der Betreiber es nicht zulässt – nicht, muss für jedes gesendete Paket dieses Zeitfenster abgewartet werden. Da man den Test nicht abbrechen kann summiert sich das bei beispielsweise 80 Paketen auf 400 Sekunden. Daher sollte man immer erst einmal mit 5 oder 10 Paketen das grundsätzliche Verhalten des Netzes testen. Funktioniert der Test und sind genauere Analysen nötig kann man die Anzahl der Pakete erhöhen und auch das PING-Intervall variieren.

Mehr als 100 PINGs am Stück und kürzere Abstände als 500 ms können jedoch nicht eingestellt werden, weil es ja nicht die primäre Aufgabe der Kopfstelle ist, PINGs zu beantworten. Die Anzahl von 5 bis 100 Paketen in 4 möglichen Intervallen zwischen 500 ms und 5000 ms stellen einen guten Kompromiss zwischen ausreichendem Diagnosepotential und nicht allzu viel zusätzlichem Datenaufkommen im Netz dar.

### 3.2.3 *Anmerkungen zur Dauer des Ranging-Vorgangs*

An dieser Stelle soll nur noch einmal betont werden, dass das Ranging in der Regel zwar relativ zügig abgeschlossen ist, dass sich aber aufgrund der Netzwerktopologie eine erfolgreiche Synchronisation mit der Kopfstelle etwas hinauszögern kann. Dies kann zum Beispiel dadurch zustande kommen, dass in einem Downstream mehrere Upstreams angeboten werden. Ein DOCSIS-Modem sammelt dann Informationen zu jedem Upstream aus dem Downstream. Anschließend wird ein Ranging auf dem ersten US versucht. Führen 16 Sendeversuche in zufällig ausgewählten „Initial-Maintenance-Intervallen“ nicht zu einer Reaktion des CMTS wird das Ranging auf dem nächsten zur Verfügung stehenden US versucht. Führt das Ranging erst beim letzten Upstream zum Erfolg, kann einige Zeit vergehen, bis der Benutzer Messergebnisse am Grafikdisplay ablesen kann.

Auch kommt es vor, dass in einem Netzsegment mehrere Downstreams zwar grundsätzlich im Spektrum zur Verfügung stehen, aber in diesem speziellen Netzabschnitt die Upstreams, die über einen Downstream angeboten werden nicht von der Kopfstelle bedient werden. Dann kann man mit diesem DS überhaupt keine Verbindung zum CMTS herstellen. In diesem Fall ist eine andere DS-Frequenz einzugeben oder per Kanalscan zu suchen.

### 3.2.4 *Anmerkungen zur Registrierung des Analyzers an der Kopfstelle*

Wenn man mit dem DOCSIS-Analyzer in einem Kabelnetz misst, verhält sich das Messgerät aus Sicht des Netzbetreibers wie ein unregistriertes Modem. Nicht alle Betreiber verfahren mit den Rechten, die ein solches Modem in ihrem Netz besitzt, gleich!

In der Regel erreicht der DOCSIS-Analyzer den Status „Operational“. Der Analyzer wird beim Betreiber als „unprovisioniertes“ Modem eingestuft. Somit ist ein Anpingen des CMTS möglich und auch sonst können alle Messungen durchgeführt werden.

In seltenen Fällen kann es sein, dass der Analyzer-Status nach „DHCP Complete“ nicht auf „Operational“ wechselt. In diesem Fall bekommt das Modem eine IP-Adresse zugewiesen. Auch ist nach dem DHCP die IP-Adresse des Standard-Gateways bekannt und man kann einen PING auf die Kopfstelle ausführen. Dass der Zustand „Operational“ nicht erreicht wird, liegt hier daran, dass manche Netzbetreiber an Modems mit unbekanntenen MAC-Adressen keine Konfigurationsdatei versenden und der Analyzer dadurch die Registrierung nicht abschließen kann. Trotzdem sind sämtliche Messungen mit dem Analyzer möglich.

Noch seltener ist der Fall, dass ein Netzbetreiber seine Kopfstelle gar nicht oder zumindest von Modems mit unbekanntenen MAC-Adressen gar nicht anpingen lässt (siehe dazu auch nächstes Kapitel).

Kommt es vor, dass der Analyzer keine IP-Adresse bekommt und somit auf dem Status „Ranging Complete“ verharrt, zeigt sich das Phänomen, dass die Verbindung in gewissen Zeitintervallen abbricht. Der Grund liegt darin, dass CMTS und Modem nach erfolgreichem Ranging auf eine vollständige Registrierung des Modems warten. Es existiert in der DOCSIS-Spezifikationen ein Timeout bis zu dessen Auslaufen die Registrierung abgeschlossen sein muss. Unterbindet der Netzbetreiber, dass der Analyzer eine IP-Adresse bekommt, sehen die beteiligten Komponenten die Registrierung als gescheitert und der Analyzer wird vom CMTS nicht mehr bedient. Das bedeutet, er bekommt keine für ihn reservierten Zeitschlitz für das kontinuierliche Ranging mehr angeboten, wodurch die Verbindung nicht mehr aufrecht erhalten werden kann. Bekommt der Analyzer für 30 Sekunden keine Sendegelegenheit mehr zugewiesen, verhält er sich so, als wäre er gerade eingeschaltet worden. Das bedeutet, er sucht im Downstream nach Upstream-Informationen und beginnt den Verbindungsaufbau mit der Kopfstelle von Neuem mit einem „Initial Ranging“. Für den Benutzer äußert sich das dann so, dass alle paar Minuten die Verbindung für einige Sekunden unterbrochen ist, bevor man mit der Messung fortfahren kann.

Alle genannten Aspekte sind stark abhängig vom Netzbetreiber. In der weit überwiegenden Anzahl der Fälle wird eine IP-Verbindung bis zur Kopfstelle problemlos möglich sein.

### **3.2.5 Auslesen der MAC-Adresse aus dem Messgerät AMA 310**

In manchen Fällen werden die tiefer gehenden Messungen mit dem DOCSIS-2.0-Analyzer erst dadurch möglich, dass man in der Kopfstelle die MAC-Adresse des Messgerätes bekannt gibt. Aus diesem Grund ist die Adresse ab einer Firmwareversion von Vxx.07a oder höher aus dem Messgerät auslesbar (siehe hierzu Kapitel „Gerätemanagement“ in der Bedienungsanleitung).

### **3.2.6 Anmerkungen zur Downstream-Kanalauslastung**

Bei der DS-Kanalauslastung, die vom Messgerät im Grafikdisplay bei gültigem DOCSIS-Downstream angezeigt wird, muss beachtet werden, dass es sich bei diesem Wert NICHT um das Verhältnis von tatsächlicher zu maximal möglicher Datenrate handelt. Es werden lediglich die MPEG-Pakete, die DOCSIS-Information tragen, zu allen empfangenen Paketen in Beziehung gesetzt. Es ist jedoch die Regel, dass die MPEG-Pakete nicht immer komplett gefüllt sind. Das bedeutet, ein MPEG-Paket kann ein DOCSIS-Paket enthalten, das an ein bestimmtes Modem adressiert ist und nur das Volumen zum Beispiel eines halben MPEG-Paketes besitzt. Wenn die Kopfstelle im Moment kein weiteres Paket für ein anderes Modem versenden muss oder aufgrund nur weniger angemeldeter Modems auch gar nicht die Notwendigkeit dafür besteht, wird der Rest des MPEG-Paketes mit Dummy-Bytes aufgefüllt, die vom adressierten Modem ignoriert werden. Das heißt, dass ein Messwert für die Kanalauslastung von 48% nicht bedeutet, dass auch 48% der maximal möglichen Datenrate des Downstreams ausgenutzt werden. Im Regelfall ist die tatsächliche Datenrate etwas niedriger.

Trotzdem ist der angezeigte Wert ein aussagekräftiger Parameter. Gerade je größer der Wert ist, also umso mehr Modems Daten über den DS anfordern, desto sorgfältiger muss das CMTS die Kapazität der MPEG-Pakete ausnutzen. Der Messwert kann ein gutes Diagnosemittel bei folgenden Fragestellungen sein:

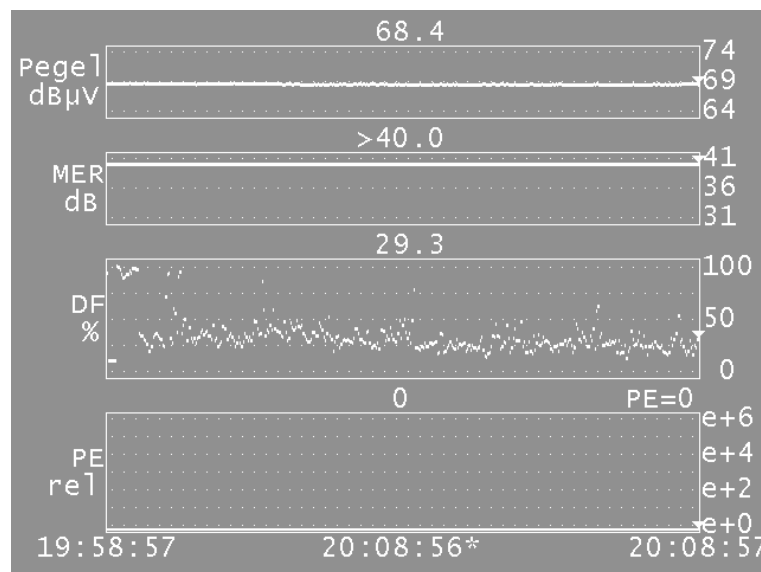
- Wie ist die Auslastung eines Downstreams in Stoßzeiten (z. B. 18:00 Abends nach Feierabendbeginn) im Vergleich zum Vormittag oder den Nachtstunden?

## 20 Kapitel 3 - Messen mit dem DOCSIS-Analyzer

- Wieso erreicht das Modem eines Kunden fast nie die DS-Datenrate für die der Kunde bezahlt? Ein Grund hierfür KANN sein, dass der Downstream so weit ausgelastet ist, dass die Datenrate, die für jeden Kunden übrig bleibt, zu niedrig ausfällt.

Dem Netzbetreiber kann der Messwert eine Hilfestellung bieten, wenn entschieden werden muss, die Segmentierung eines Netzes voranzutreiben oder einen zusätzlichen Downstream ins Netz einzuspeisen.

Ab einer Firmwareversion von Vxx.07a oder höher ist es möglich, mit Hilfe des DataGrabbers (siehe Bedienungsanleitung Kapitel „Messdatenaufzeichnung (DataGrabber)“) im DOCSIS-Modus neben Pegel, MER, BER und Paketfehlern auch die Kanalauslastung über der Zeit darzustellen. Dabei werden 500 Werte aufgenommen. Die Zeit innerhalb der die 500 Werte ermittelt werden ist zwischen 1 min und 23 h 59 min frei wählbar. In folgendem Diagramm wurden beispielsweise Pegel, MER, Paketfehler und DS-Auslastung (DF = Duty-Factor) über eine Zeitspanne von 10 Minuten ermittelt.



### 3.2.7 Anmerkungen zu BPI(+)

Wegen des in 2.7 erläuterten Sachverhalts der Übereinstimmungspflicht von MAC-Adresse und BPI-Zertifikat ist es beim DOCSIS-2.0-Analyzer des Messgerätes AMA 310 nicht möglich, die MAC-Adresse zu editieren.

### 3.2.8 Kompatibilität zu DOCSIS-3.0-Systemen

Der DOCSIS-2.0-Analyzer funktioniert auch in den allermeisten 3.0-Netzen. Der Grund liegt darin, dass die Modulationsschemata in Downstream und Upstream identisch sind mit DOCSIS 2.0. Die Datenratenerhöhung bei DOCSIS 3.0 wird durch keine zusätzlichen Modulationsarten oder noch höhere Symbolraten erreicht sondern durch so genanntes „Channel Bonding“ (Kanalbündelung). Das bedeutet, dass DOCSIS-3.0-Modems auf mehreren Downstreams Daten gleichzeitig empfangen und auf mehreren Upstreams Daten simultan senden können.

Somit werden in 3.0-Netzen immer mehrere Downstreams angeboten. Es wird zwischen „primary“ und „secondary“ Downstreams unterschieden. Sowohl für die DOCSIS-2.0- als auch für die -3.0-Modems läuft der Verbindungsaufbau, die Registrierung an der Kopfstelle und das periodische Ranging usw. zwingend und ausschließlich über die angebotenen „primary“ Downstreams.

Das bedeutet dass auch in reinen DOCSIS-3.0-Netzen immer mindestens ein „primary“ Downstream angeboten werden muss. Auf diesem kann dann auch der 2.0-Analyzer mit der Kopfstelle Kontakt aufnehmen. Die „secondary“ Downstreams sind ausschließlich zur Datenratenerhöhung für bondingfähige Modems geeignet. Es kann also passieren, dass in einem 3.0-Netz ein DOCSIS-konformer Downstream z. B. nach einem Kanalscan des Messgerätes gefunden wird, das Ranging aber nicht funktioniert. In diesem Fall wird es sich um einen „secondary“ Downstream handeln und die Suche nach einem „primary“ Downstream muss fortgesetzt werden.

Viele große Netzbetreiber verfahren jedoch so, dass ALLE Downstreams in ihrem Netz als „primary“ deklariert sind, auch diejenigen, die 3.0-Modems zur Kanalbündelung nutzen. Das bedeutet, dass auf allen Downstreams Upstreaminformationen und Rangingangebote versendet werden.

Eine Ausnahme, bei welcher der DOCSIS-Analyzer in einem 3.0-Netz nicht funktioniert ist, wenn die Kopfstelle ein 3.0-spezifisches S-CDMA-Upstream-Format fordert. Informationen über diese exotischen Upstreams werden in Nachrichten an die angeschlossenen Modems versendet, die ein 2.0-Modem nicht interpretieren kann und somit ignoriert. In diesem Fall findet der 2.0-Analyzer auch in Verbindung mit einem „primary“ Downstream keinen Upstream, auf dem ein Ranging möglich ist. Dieses Upstream-Format kommt jedoch praktisch nicht vor.

Ein weitere Neuerung im DOCSIS-3.0-Standard kann ein Ranging mit einem 2.0-Analyzer ebenfalls unmöglich machen. Bei DOCSIS 3.0 wurden die Verschlüsselungsmechanismen wieder erweitert. Zusätzlich zu BPI(+), das ja erst nach dem IP-Verbindungsaufbau und nach dem Laden des Konfig.-Files initialisiert wird, gibt es bei 3.0 eine Verschlüsselung, die schon vor dem DHCP eingerichtet werden kann. Dieses Verfahren wird bis jetzt jedoch kaum eingesetzt.

Eine letzte Innovation kann das Funktionieren des 2.0-Analyzers unmöglich machen und zwar die Erweiterung des Upstream-Frequenzbereiches bei US-DOCSIS durch die Verschiebung der Obergrenze von 42 MHz auf 85 MHz. Dies gilt jedoch NICHT für EURO-DOCSIS und findet ebenfalls derzeit praktisch keine Anwendung.

Deshalb lässt sich zusammenfassend sagen, dass der 2.0-Analyzer in den meisten 3.0-Netzen funktioniert, aber die Kanalbündelung natürlich nicht ausnutzen kann.

**KWS Electronic Test Equipment GmbH**

Tattenhausen · Raiffeisenstraße 9 · 83109 Großkarolinenfeld

Telefon 00 49.(0) 80 67 .90 37-0 · Telefax 00 49.(0) 80 67 .90 37-99

info@kws-electronic.de · [www.kws-electronic.de](http://www.kws-electronic.de)