

# APPLICATION NOTE

## AN 005

Spektralanalyse



# 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
1.4	Begriffe und Abkürzungen-----	2
<b>KAPITEL 2</b>		<b>3</b>
	<b>Spektralanalyse mit Messempfängern der Firma KWS-Electronic</b> -----	<b>3</b>
2.1	Einleitung -----	3
2.2	Grundlagen -----	3
2.2.1	SPAN -----	3
2.2.2	RBW -----	3
2.2.3	Sweep und Sweep-Zeit -----	4
2.2.4	Ein Beispiel -----	4
2.2.5	Max-Hold-Funktion -----	5
2.3	Pegelmessung mit dem Spektrumanalyzer -----	5
2.3.1	Spektren von Rundfunksignalen -----	5
2.3.2	Frequenzmodus -----	7
2.3.3	Kanalmodus -----	8
2.4	Spektrale Fehlerbilder (Prinzip-Darstellungen)-----	10
2.4.1	S/N -----	10
2.4.2	Ingress -----	11
2.4.3	S/(N+I) -----	11
2.4.4	Schräglage (TILT) -----	12
2.4.5	Stehwellen -----	13
2.4.6	Kanalfrequenzgang -----	13
2.5	Spektrumanalyzer beim Einrichten eines SAT-Spiegels-----	14

## **Kapitel 1**

### **Über dieses Dokument**

---

Dieses Dokument beinhaltet Informationen zur Spektrumsanalyse mit Messempfängern der Firma KWS-Electronic GmbH (z. B. AMA 310, Varos 107, Varos 109, Varos 306)

#### **1.1 Revisionen**

V00.01 Juli 2014  
Erste Veröffentlichung

#### **1.2 Referenzdokumente**

Diese Application Note bezieht sich auf folgende Dokumente:

- Bedienungsanleitungen der KWS-Messempfänger

#### **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 alle notwendigen Kontaktdaten.

#### **1.4 Begriffe und Abkürzungen**

Folgende Abkürzungen werden im vorliegenden Dokument verwendet:

BK	Breitband-Kabel
BT	Bildträger
BW	Bandwidth = Bandbreite
FT	Farbträger
HF	Hochfrequenz
I	Ingress
kHz	Kilo-Hertz ( $1 \cdot 10^3$ Hz)
Max-Hold	Speichern des maximalen Pegels bei mehrfacher Messung
MER	Modulation Error Ratio
MHz	Mega-Hertz ( $1 \cdot 10^6$ Hz)
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
Pixel	Bildpunkt
PSK	Phase Shift Keying
QAM	Quadratur Amplituden Modulation
QPSK	Quadratur Phase Shift Keying
RBW	Resolution Bandwidth = Messbandbreite
S/N	Signal-To-Noise Ratio / Signal-Rausch-Verhältnis
S/(N+I)	Signal-To-Noise-And-Ingress Ratio / Signal-Zu-Rausch-Plus-Ingress-Verhältnis
SPAN	Frequenzausschnitt
TILT	Schräglage
TT	Tonträger
ZF	Zwischenfrequenz

## Kapitel 2

# Spektralanalyse mit Messempfängern der Firma KWS-Electronic

---

### 2.1 Einleitung

Die in diesem Dokument vorgestellten Sachverhalte sind allgemeingültig. Sie sollen den Benutzer von KWS-Messempfängern befähigen, den Spektrumanalyzer optimal zu nutzen und die angezeigten Werte korrekt zu interpretieren. Auf geräte-spezifische Dinge wie zum Beispiel die Bedienung oder technische Daten wird nicht eingegangen. Stattdessen wird hierfür auf die jeweiligen Bedienungsanleitungen des Herstellers verwiesen (siehe [www.kws-electronic.de](http://www.kws-electronic.de)).

Alle Screenshots wurden mit dem Messempfänger AMA 310 aufgenommen. Wegen der Allgemeingültigkeit dieses Dokuments können die gewonnenen Erkenntnisse auf jeden anderen Messempfänger aus dem Hause KWS übertragen werden.

### 2.2 Grundlagen

Grundsätzlich zeigt ein Spektrumanalyzer an, welche Frequenzen in einem Signal enthalten sind und welche Energie, Signalleistung oder welchen Spannungspegel diese Frequenzen besitzen.

Während ein Oszilloskop ein Signal im so genannten Zeitbereich analysiert (Amplitudenvariation als Funktion der Zeit) kann mit einem Spektrumanalyzer ein Signal im Frequenzbereich (Amplitude über der Frequenz) beurteilt werden. Die Zeitbereichsanalyse enthält dieselbe Information wie die Frequenzbereichsanalyse. Beide Analysearten können mittels mathematischer Operationen sogar ineinander umgerechnet werden. Je nach Anwendungsbereich und Fehlerart entscheidet man sich entweder für die Messung mit einem Oszilloskop oder mit einem Spektrumanalyzer. Im Falle von Fernseh- und Rundfunksignalen ist das Mittel der Wahl praktisch immer die spektrale Darstellungsweise.

In einem Signal, das mit einem Messempfänger vermessen wird, sind immer Frequenzanteile enthalten, die für die Informationsübermittlung (TV, Internet) relevant sind und genutzt werden (Nutzsignal) sowie Frequenzen und Signalanteile, die das Nutzsignal stören.

Störsignale können über den gesamten betrachteten Frequenzbereich (mehr oder weniger) gleichverteilt sein (Rauschen, Pegel eher niedrig) oder aber bei diskreten Frequenzen (diskreter Störer, Pegel kann relativ hoch sein) auftreten. Auf die Ursachen von Rauschen (z. B. Schrotrauschen, thermisches Rauschen usw.) und diskreten Störern (z. B. durch Ingress) wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen.

#### 2.2.1 SPAN

Der Span (Frequenzausschnitt) ist der Frequenzbereich den ein Spektrumanalyzer über sein Display anzeigt. Wird bei einem KWS-Messgerät die Analyzer-Funktion aktiviert, wird das Spektrum im Full-Span angezeigt. Das bedeutet, dass der Analyzer den gesamten Frequenzbereich des aktuell am Messgerät eingestellten Messbereichs darstellt (z. B. 910 MHz bis 2150 MHz bei Satellitenempfang oder 5 MHz bis 65 MHz im Rückkanalbereich).

Um einen kleineren Frequenzbereich in höherer Auflösung beurteilen zu können, kann in jedem Messbereich der Span in mehreren Schritten verkleinert werden.

#### 2.2.2 RBW

Die RBW (Resolution Bandwidth, Messbandbreite oder Auflösebandbreite) ist die Bandbreite, mit der eine Frequenz vermessen wird. Das bedeutet (Beispielwerte): Ist das Messgerät auf eine Frequenz von 500 MHz abgestimmt und die RBW beträgt 500 kHz, wird vom Messgerät sämtliche Signalenergie (bzw. Spannungshub) zwischen 499,75 MHz und 500,25 MHz erfasst. Die Messung liefert EINEN Spannungswert. Der Vollständigkeit halber wird an dieser Stelle erwähnt, dass zur Messung ein Spitzenwert- und ein Mittelwert-Detektor zur Verfügung stehen. Die Funktionsweise der beiden Messvarianten ist jedoch für die Interpretation von Spektren nicht relevant.

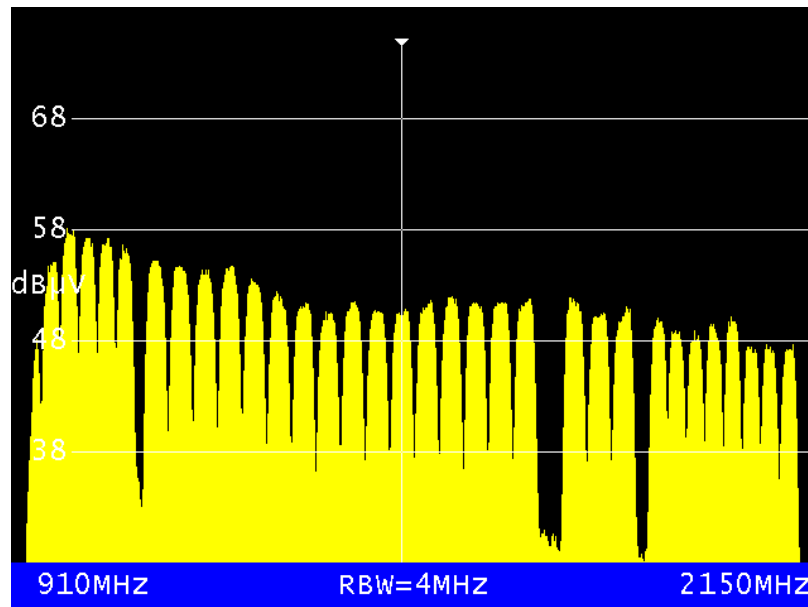
### 2.2.3 Sweep und Sweep-Zeit

Man spricht von einem Sweep, wenn ein zu vermessendes Frequenzband in einzelne Teilbänder zerlegt wird und jedes Unterband (Sub-Band) einzeln und zeitlich hintereinander vermessen wird.

Die Dauer zur Vermessung des gesamten Frequenzbandes nennt man Sweep-Zeit.

### 2.2.4 Ein Beispiel

Die folgende Abbildung verdeutlicht die oben erläuterten Begriffe am Beispiel des Spektrum-Sweeps einer SAT-ZF-Ebene des Satelliten ASTRA.



Der SPAN ist hier 1240 MHz (2150 MHz – 910 MHz; SAT-Full-Span). Die RBW ist 4 MHz. In allen KWS-Messempfängern ist die RBW fest mit dem SPAN gekoppelt, d. h. das Gerät wählt die RBW automatisch je nach SPAN. Welche RBWs für welche Messbereiche zur Verfügung stehen ist geräte- und messbereichsabhängig und der jeweiligen Bedienungsanleitung zu entnehmen.

Um ein Spektrum wie das oben gezeigte zu erstellen unterteilt das Messgerät den Span in Teilbänder. Bei der Wahl der Frequenzschritte zwischen zwei Messungen spielt folgender Denkanatz die Hauptrolle.


Das Display beispielsweise des AMA 310 hat eine Auflösung von 640 (horizontal) x 480 (vertikal) Pixel. Für das oben gezeigte Spektrum werden 600 der horizontalen Bildpunkte verwendet. Somit macht ein Frequenzschritt zwischen zwei Messungen von weniger als  $1240 \text{ MHz} / 600 \approx 2 \text{ MHz}$  keinen Sinn, weil pro vertikaler Bildzeile nicht mehr als einen Pegelwert dargestellt werden kann.

Das Messgerät vermisst also im Abstand von 2 MHz das SAT-Spektrum. Auf jeder Messfrequenz wird die Signalleistung innerhalb von 4 MHz Bandbreite (RBW) bestimmt und auf dem Display dargestellt. Die aktuelle Messfrequenz wird über den gelben Fortschrittsbalken am unteren Bildschirmrand angezeigt.

Ist ein Sweep beendet (d. h. die höchste Frequenz erreicht; hier: 2150 MHz) beginnt ein neuer Sweep an der unteren Bandgrenze. Die Sweeps werden kontinuierlich fortgesetzt bis der Analyzer verlassen oder die kontinuierliche Messung manuell unterbrochen wird.

Mit den Pfeiltasten der Messgeräte kann der Cursor im Spektrum verschoben werden. Das Messgerät zeigt – je nach Typ entweder direkt in der Spektrumsansicht oder im LCD-Messwertdisplay – die aktuelle Frequenz des Cursors und den an dieser Stelle gemessenen Pegel an.

---

**Achtung!**  Die Pegelangabe bezieht sich ausschließlich auf den Pegel innerhalb der RBW an der aktuellen Position des Cursors

---

### 2.2.5 Max-Hold-Funktion

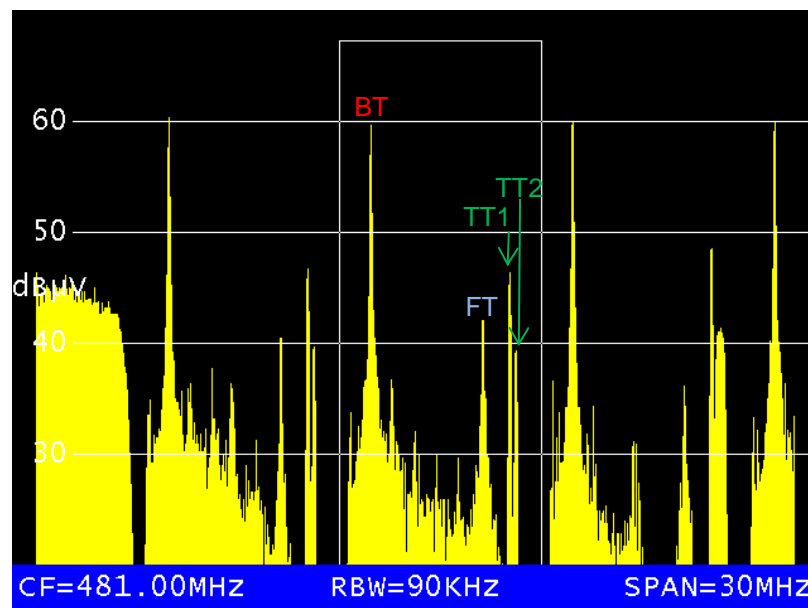
Die Max-Hold-Funktion lässt sich in allen Analyzer-Bereichen aktivieren und deaktivieren. Bei normaler Einstellung des Spektrumanalyzers wird bei jedem neuen Sweep der vorher gemessene Pegelwert an einer bestimmten Frequenz überschrieben. Bei aktivierter Max-Hold-Funktion wird der neue Wert nur dann ins Spektrum eingetragen, wenn er größer ist als der beim letzten Sweep bestimmte Wert. Diese Funktion kann beispielsweise bei der Ingressmessung (siehe unten) sehr nützlich sein.

## 2.3 Pegelmessung mit dem Spektrumanalyzer

### 2.3.1 Spektren von Rundfunksignalen

Der wichtigste Unterschied, der für die Spektrumsbetrachtung mit Antennenmessempfängern zu beachten ist, ist der zwischen analogen und digitalen TV-Signalen. Analogen TV-Signale (PAL) kommen seit der Einführung von DVB-T im terrestrischen Bereich und der Analogabschaltung auf dem ASTRA-Satelliten nur noch im Kabelfernsehsektor vor. Ohne auf die technischen Details von analogen und digitalen Modulationen (QPSK / 8-PSK bei SAT, QAM bei DVB-C und DOCSIS, OFDM bei DVB-T / -T2) an dieser Stelle im Detail eingehen zu können, lässt sich doch ein einfacher Unterschied festhalten.

Beim analogen PAL-Signal lassen sich diskrete Träger innerhalb der Kanalbandbreite im Spektrum feststellen. Im folgenden Bild ist ein TV-Kanal im Kabelfernseh-Spektrum markiert. Man erkennt den Bildträger (BT), den Farbträger (FT) und die beiden Tonträger (TT1 und TT2). Es gibt verschiedene Normen, die festlegen, welchen Frequenz- und Pegeloffset die Unterträger in Bezug auf den Bildträger haben müssen.



Per Definition wird bei der Pegelmessung eines analogen TV-Kanals der Spitzenwert des Bildträgers gemessen. Die KWS Messgeräte nutzen dazu eine Messbandbreite von 200 kHz. Dabei muss das Maximum innerhalb der Dauer eines Halbbildes bestimmt werden (Peak-Detektor).

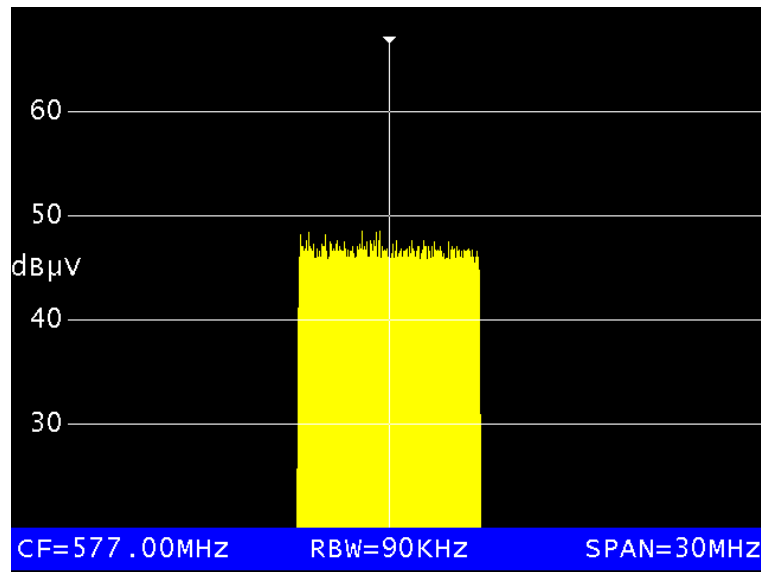
Bei allen digitalen Modulationen ist im Gegensatz dazu die Signalleistung innerhalb der Kanalbandbreite gleichmäßig verteilt. Zwar unterscheiden sich die Signale je nach Norm (DVB-S/S2, DVB-C/C2, DVB-T/T2, Euro-/UsDOCSIS, DAB, ...), je nach Roll-Off-Faktor und Symbolrate hinsichtlich ihrer Bandbreite und des Abfalls des Spektrums an den Band- bzw. Kanalgrenzen. Unabhängig davon ist das Spektrum eines digitalen Kanals jedoch leicht von dem eines analogen Kanals zu unterscheiden, was in den folgenden Abbildungen verdeutlicht wird.

Wegen der Gleichverteilung der Signalleistung über einen größeren Bereich im Spektrum muss bei der Pegelmessung eines digitalen Kanals immer die gesamte Signalbandbreite berücksichtigt werden.

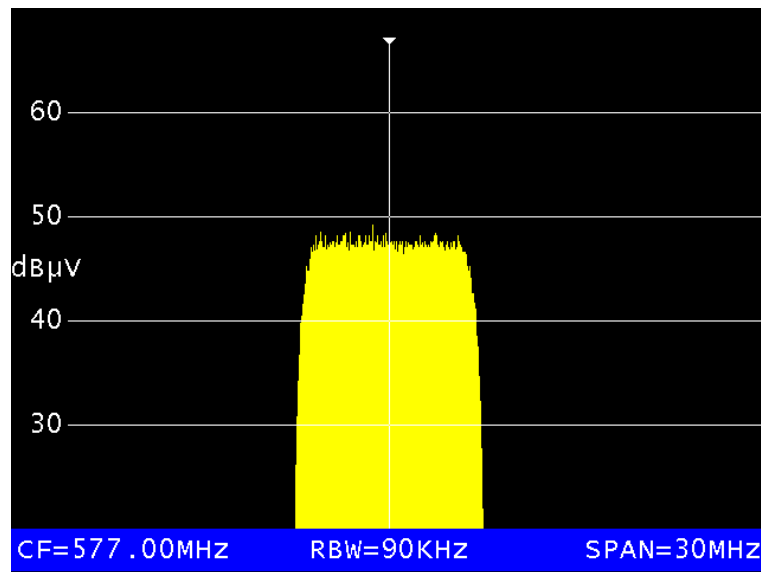
**6 Kapitel 2 - Spektralanalyse mit Messempfängern der Firma KWS-Electronic**

Die Messung des Pegels eines Teils des digitalen Spektrums führt zu keinen Aussagekräftigen Ergebnissen!

Ideales Spektrum eines 8 MHz breiten DVB-T-Signals:

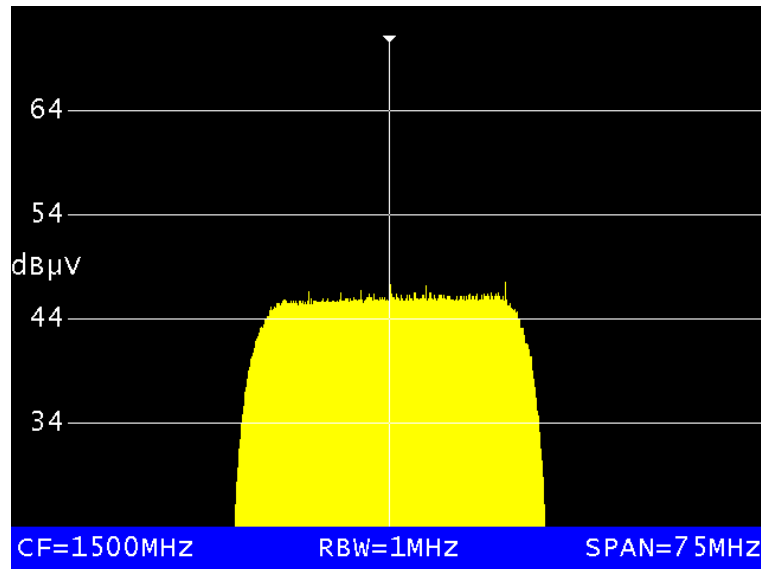


Ideales Spektrum eines 8 MHz breiten DVB-C-Signals:



Ideales Spektrum eines 33 MHz breiten DVB-S2-Signals:

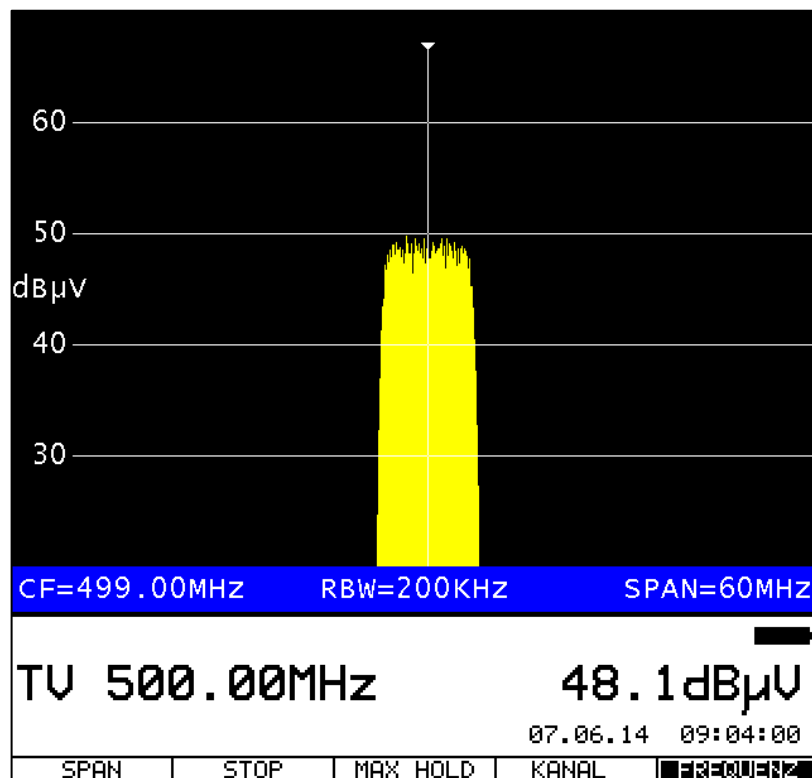




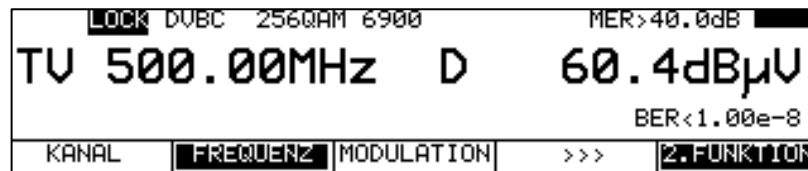
### 2.3.2 Frequenzmodus

Der Frequenzmodus ist die Standard-Betriebsart eines Spektrumanalyzers wie man sie auch von professionellen Geräten kennt. Hier führt das Messgerät wie oben beschrieben einen Sweep über einen vorgegebenen Span mit einer bestimmten RBW durch und trägt für jeden Messpunkt den an dieser Stelle gemessenen Pegel in das Spektrumsdiagramm ein. Der vom Messgerät angezeigte Pegel entspricht dem Wert an der Cursorposition innerhalb der Messbandbreite RBW.

Folgendes Bild verdeutlicht dies am Beispiel eines DVB-C-Signals:



Das Messgerät zeigt an der Cursorposition einen Pegel von 48,1 dBµV an. Stimmt man jedoch das Gerät auf den DVB-C-Kanal (Analyzer verlassen) ab, ergibt sich ein Pegel von 60,4 dBµV, wie folgender Screenshot zeigt.



Im Analyzer ist die Messbandbreite bei einem Span von 60 MHz gleich 200 kHz. Bei direkter Vermessung des DVB-C-Signals wird jedoch die gesamte Kanalbandbreite von 8 MHz berücksichtigt, was zu einer höheren (und korrekten) Anzeige führt. Im Analyzer ergäbe sich dann der korrekte Wert, wenn man die 8 MHz Kanalbandbreite in 40 Sub-Bänder zu je 200 kHz unterteilen würde, in jedem Sub-Band den Pegel bestimmen würde und dann die Werte logarithmisch korrekt addieren würde. Ein normaler Spektrumanalyzer ist daher ohne weitere Einstellmöglichkeiten oder mathematischen Zusatzaufwand **nicht** geeignet, den Pegel eines digitalen Signals korrekt zu bestimmen.

Unter der Annahme, dass die Bandbreite eines Signals bekannt ist und dass die Signalenergie über diese Bandbreite gleichverteilt ist, kann man mit folgender Formel die Kanalleistung bestimmen:

$$Pegel_{Gesamt} = Pegel_{RBW} + 10 \cdot \log\left(\frac{BW_{Band}}{BW_{RBW}}\right)$$

Man vermisst also einen Teil des Gesamtspektrums und beaufschlagt den Messwert (in dBµV) mit einem Korrekturwert, der die Kanalbandbreite mit der Messbandbreite logarithmisch ins Verhältnis setzt. Die Formel ist aber nur unter den oben genannten Annahmen gültig.

Etwas leichter fällt die Vermessung von analogen Signalen über den Spektrumanalyzer. Da ja per Definition im analogen Fall nur der Bildträger vermessen wird, bekommt man hier aussagekräftigere Werte. Für diese Messung kann man einen Span wählen, der mit 200 kHz RBW arbeitet. Wenn man nun den Cursor auf einen Bildträger schiebt und dazu noch die Max-Hold-Funktion aktiviert und das Messgerät einige Sweeps durchführen lässt, stimmt der Messwert relativ gut.

Neben der Tatsache, dass sich im Analyzer der angezeigte Pegelwert nur auf einen kleinen Teil des Spektrums (die RBW) bezieht, ist in dieser Darstellung die Messung des korrekten Pegels digitaler Signale aber auch aus einem weiteren Grund schwierig. Der Frequenzmodus ist so ausgeführt, dass die Sweepzeit überschaubar bleibt. In diesem Modus sind qualitative Aussagen machbar (siehe unten) und Pegel**unterschiede** erkennbar. Verschiedene Optimierungen, die bei der direkten Vermessung eines Kanals berücksichtigt werden (z. B. das Abwarten aller Einschwingzeiten, Mittelungen etc.) sind hier zugunsten einer kurzen Sweepzeit zur schnellen, qualitativen Beurteilung eines Spektrums unterdrückt.

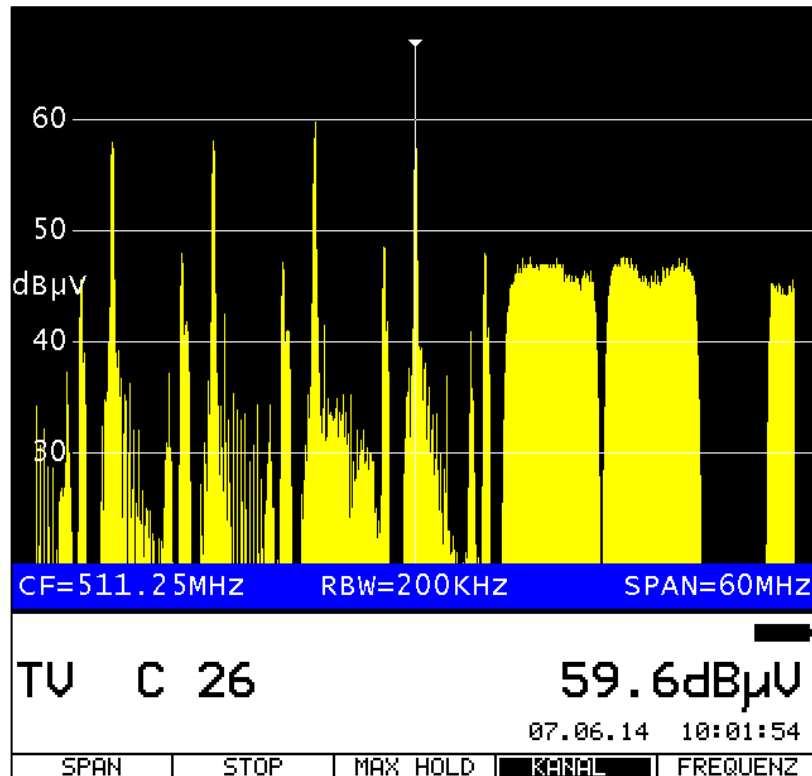
Die KWS-Messgeräte stellen jedoch mit dem im Folgenden beschriebenen Kanalmodus ein leistungsfähiges Tool zur Vermessung der realen Pegelverhältnisse auch über die Spektrumsfunktion zur Verfügung.

### 2.3.3 Kanalmodus

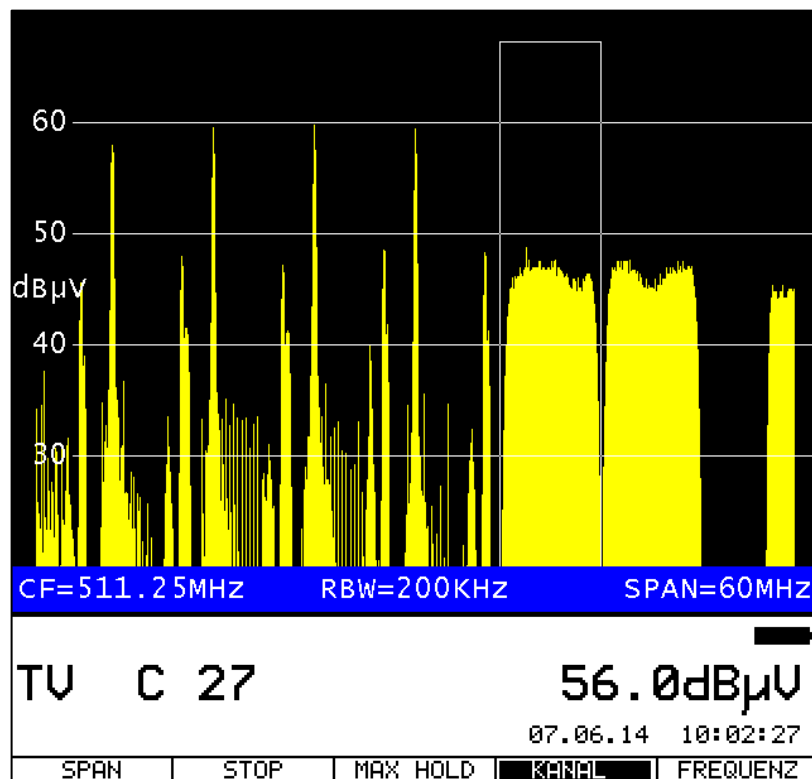
Dieser Modus steht ausschließlich in Messbereichen zur Verfügung, bei denen es ein allgemeingültiges Kanalraster gibt, also in den Bereichen TV und DAB.

Im Kanalmodus erkennt das Messgerät automatisch, ob es sich bei einem Signal um einen analogen oder einen digitalen Kanal handelt. Mit dieser Information vermisst der Messempfänger auch im Analyzer bei analogen Signalen den Bildträger (normkonform mit Peak-Detection über ein Halbbild) bzw. summiert es im digitalen Fall den Pegel aller Spektralanteile innerhalb eines Kanals auf.

Im analogen Fall setzt das Messgerät einen Cursor auf den Bildträger und vermisst diesen. Der analoge Signalpegel wird im Analyzer oder auf dem LCD-Display korrekt angezeigt.



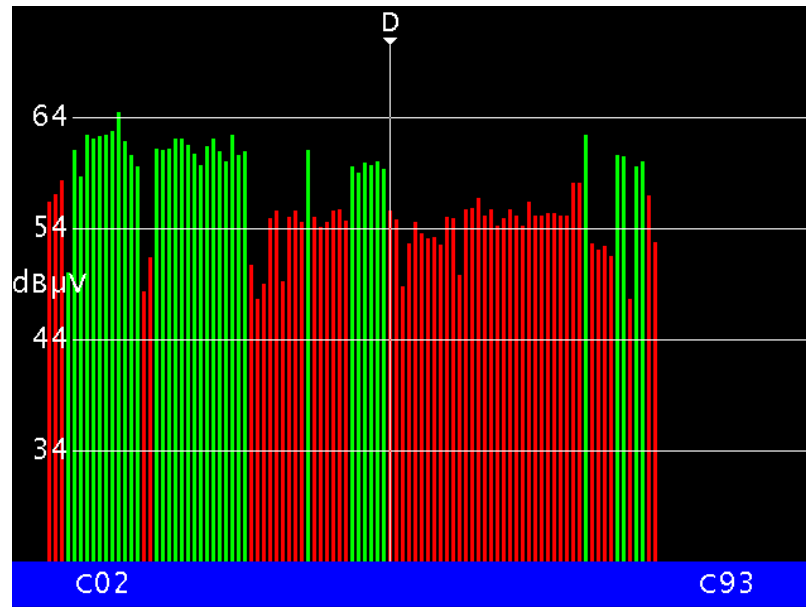
Im digitalen Fall zeichnet das Messgerät einen Rahmen um den Kanal. Man erkennt im folgenden Bild, dass sämtliche Spektralanteile des markierten Kanals unterhalb der 50 dBµV-Linie liegen, dass aber trotzdem eine (korrekte) Kanalleistung von 56 dBµV angezeigt wird, was dem aufsummierten Gesamtkanalpegel entspricht.



Der Vergleich mit den Messwertanzeigen bei jeweils abgestimmtem Messempfänger zeigt, dass im Analyzer bei aktiviertem Kanalmodus die Pegel korrekt wiedergegeben werden.



Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle erwähnt, dass der Kanalmodus im Full-Span ein sehr nützliches Tool zur Verfügung stellt. Hier werden analoge und digitale Signale farblich unterschieden und pegelmäßig ebenfalls korrekt vermessen. Somit ergibt sich ein Pegelgramm, das einen schnellen Überblick über das System, in dem gemessen wird, gibt.



## 2.4 Spektrale Fehlerbilder (Prinzip-Darstellungen)

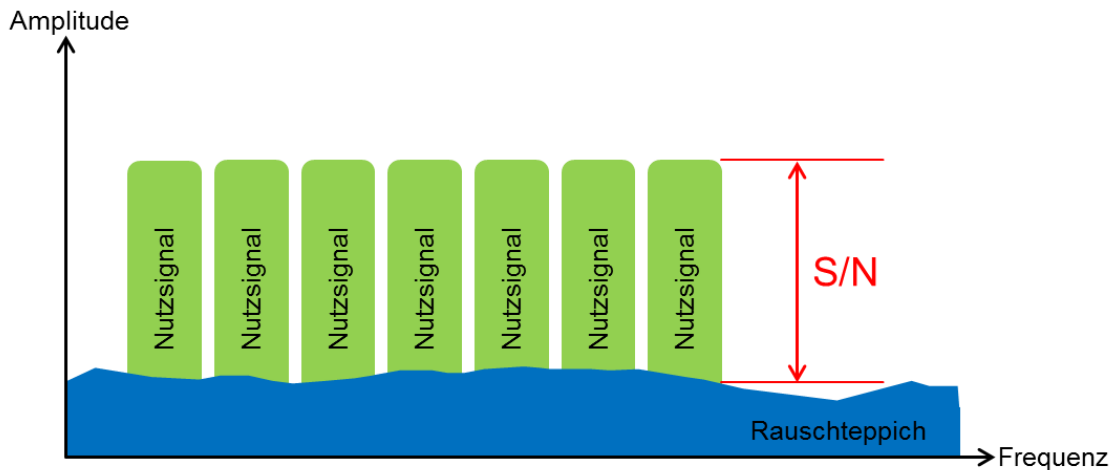
In einem HF-Messempfänger ist der Spektrumanalyzer eines von vielen Tools, um ein Signal oder ein Verteilsystem zu vermessen. Der Analyzer gehört dabei zu den wichtigsten und oft unterschätzten Betriebsarten des Gerätes. Viele Fehler sind zwar nicht quantifizierbar aber im Analyzer für das geschulte Auge auf einen Blick zu erkennen. Ist das der Fall, kann der Effekt in anderen Betriebsarten (MER-Messung, S/N-Messung, Echo-Plot, TILT-Messung usw.) mit einem Messwert untermauert werden.

Die folgenden Abschnitte zeigen Prinzip-Darstellungen einiger Fehlerbilder. Ein Anspruch auf Vollständigkeit wird dabei nicht erhoben.

### 2.4.1 S/N

Der Begriff S/N (Signal-Zu-Rauschverhältnis) wird im Folgenden allgemein verwendet, wenn von Rauschen als Störgröße ausgegangen wird. Dies gilt sowohl für die HF-Lage, auch wenn man dort von C/N spricht, sowie für digitale Signale, wo man im Basisband von MER spricht. Für spektrale Betrachtungen und bei Rauschen als einzige vorhandene Störgröße sind diese Unterscheidungen irrelevant.

Das S/N stellt einen Bezug her zwischen der Leistung eines Nutzsignals und dem (immer vorhandenen) Rauschen als Störgröße. Im Spektrum kann man das S/N – ein genügend hohes Rauschen bzw. eine ausreichende Dynamik des Analyzers vorausgesetzt – folgendermaßen qualitativ ablesen.



Der formale Zusammenhang lautet:

$$\left[ \frac{S}{N} \right]_{dB} = 10 \cdot \log \left( \frac{\text{Nutzsinalleistung}}{\text{Rauschleistung}} \right) = 10 \cdot \log \left( \frac{P_S}{P_R} \right) \text{ dB}$$

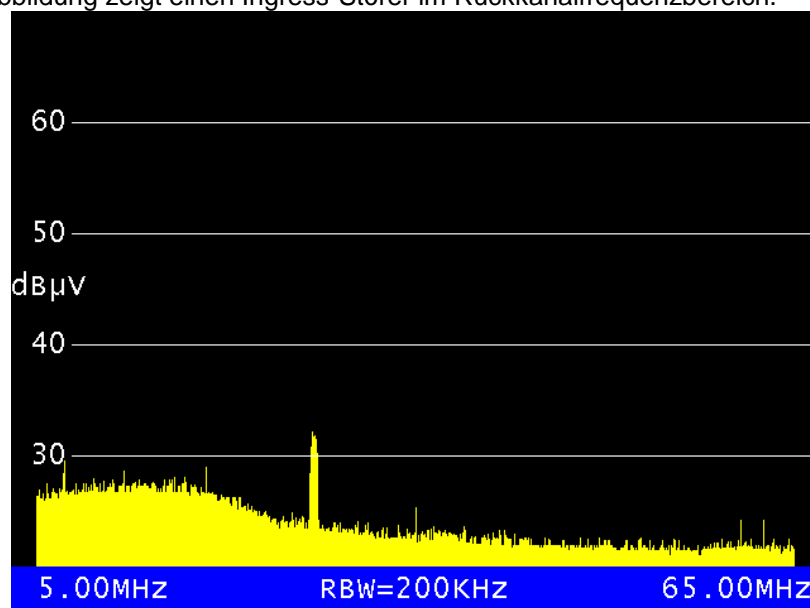
Dabei wird das S/N in dB aus dem Verhältnis der Leistungen von Nutzsinal und Störsignal berechnet.

Das S/N sollte so groß wie möglich sein. Einen Messwert liefert der Messempfänger, wenn er auf einen Kanal angestimmt ist (als S/N oder MER).

### 2.4.2 Ingress

Als Ingress bezeichnet man Einstreuungen ins Kabelnetz. Im Idealfall ist ein Kabelnetz „HF-dicht“, das bedeutet, sämtliche elektromagnetische Energie, die von der Kopfstelle ins Kabelnetz ausgesendet wird bleibt innerhalb des Netzes. Genauso bleibt sämtliche Energie, die außerhalb des Netzes versendet wird (Funkmasten, DVB-T-Sender, Babyphone, Garagenöffner, LTE und viele andere Quellen mehr) außerhalb des Netzes. Leider ist dieser Idealfall in der Realität selten anzutreffen. Deshalb kann es sein, dass Signale ins Kabelnetz eingekoppelt werden, die dort Nutzsinalen stören können. Ingress-Störer treten oft nur sehr kurz auf. Deshalb sollte ein Spektrumanalyzer, mit dem Ingress aufgespürt werden soll, immer im Max-Hold-Modus betrieben werden.

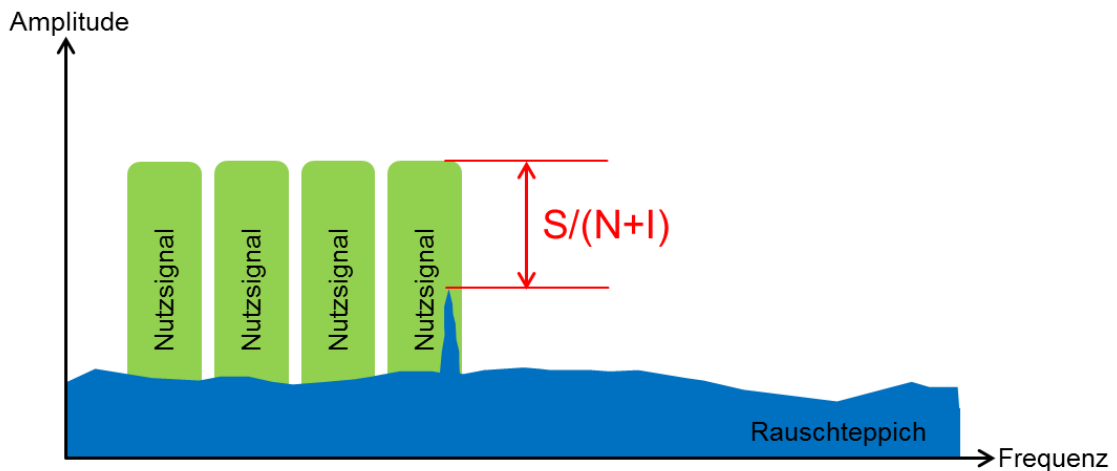
Die folgende Abbildung zeigt einen Ingress-Störer im Rückkanalfrequenzbereich.



### 2.4.3 S/(N+I)

Das Signal-Zu-Rausch-Plus-Ingress-Verhältnis definiert sich analog zum S/N. Hierbei wird das Maximum aus allen Rausch- und Ingress-Anteilen zur Nutzsignalleistung in Beziehung gesetzt. Hierbei gilt:

$$\frac{S}{N} \leq \frac{S}{N + I}$$



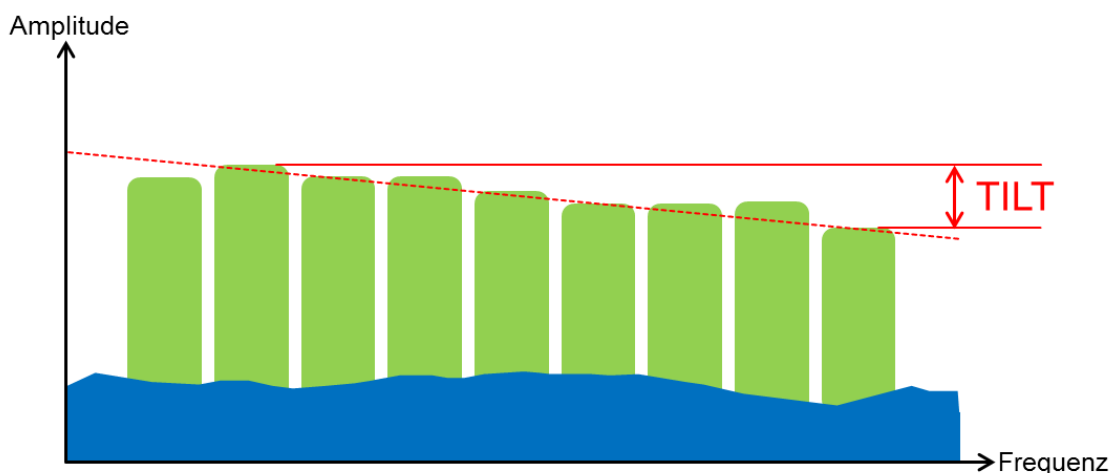
#### 2.4.4 Schräglage (TILT)

Man spricht von Schräglage (TILT), wenn der Pegel der Nutzkanäle in einem Frequenzband zu einem Bandende hin kontinuierlich abfällt. In der Regel ist das zu hohen Frequenzen hin der Fall, weil die Dämpfung von Kabeln mit der Frequenz steigt und die Verstärkung von aktiven Baugruppen mit der Frequenz sinkt.

Um diesen Effekt auszugleichen haben Verstärker (z. B. BK-Verstärker, Hausanschlussverstärker) oft Schaltungen integriert (Equalizer), die diesem Phänomen entgegenwirken, indem sie hohe Frequenzen etwas mehr verstärken als niedrigere.

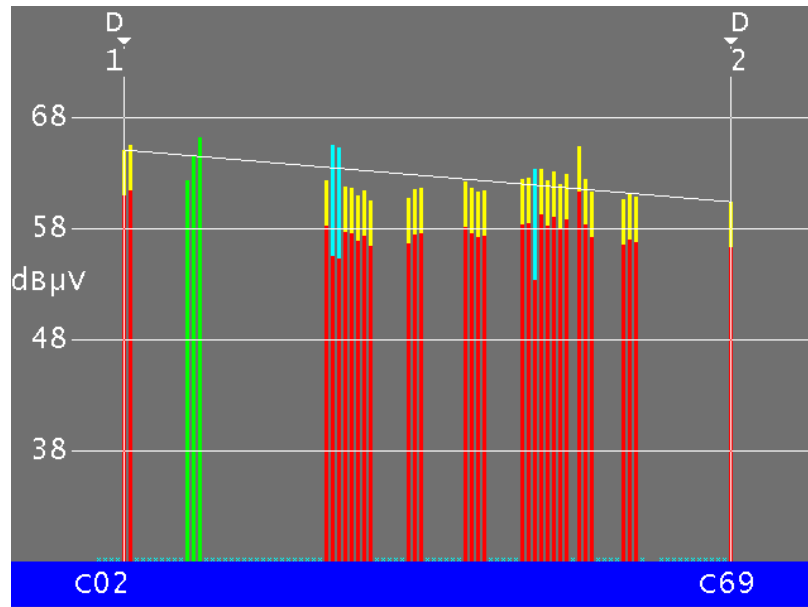
Stellt man über den Spektrumanalyzer eine Schräglage im System fest, müssen diese Equalizer – falls vorhanden – korrekt eingestellt werden.

Die folgende Abbildung zeigt die Verhältnisse schematisch. Um die Schräglage auch als Messwert angeben zu können, wird in der Regel der Pegelunterschied des höchsten und des niedrigsten Kanals in dB angegeben.



Die KWS-Messempfänger bieten für den BK-Messbereich ein sehr nützliches Tool zur Schräglagenmessung. Der Effekt einer Schräglage wird nämlich im realen Kabelnetz dadurch überlagert, dass DVB-C und DOCSIS-Kanäle im Vergleich zu analogen Kanälen bewusst abgesenkt werden (i. d. R. 10 dB bei 64 QAM Modulation und 4-6 dB bei 256 QAM Modulation). Das macht es schwierig, bei einem Spektrum visuell zu beurteilen, welche Pegeldifferenz auf die Absenkung und welche auf eine erhöhte Dämpfung bei hohen Frequenzen zurückzuführen ist.

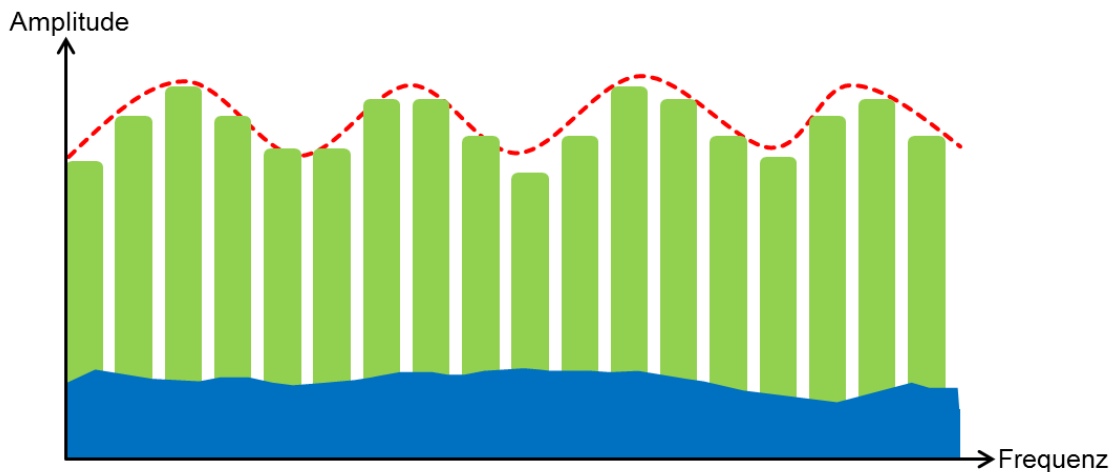
Die TILT-Funktion der KWS-Messempfänger ist an die Kanalansicht im Spektrumanalyzer bei Full-Span-Modus angelehnt. Auch hier werden die Kanäle farblich codiert dargestellt und im Hinblick auf den Pegel korrekt vermessen. Die TILT-Funktion geht aber noch einen Schritt weiter. Das Messgerät findet bei den digitalen Signalen automatisch die Modulation heraus und addiert, ebenfalls farblich codiert, einen Pegeldifferenzbalken zu jedem Kanal, der der Absenkung entsprechend der QAM-Ordnung entspricht. Somit werden alle Kanäle auf PAL-Pegelniveau normiert dargestellt und die Schräglage kann auf einen Blick beurteilt werden. Über komfortable Menüs und Markerfunktionen können die Kanäle, die für die TILT-Messung herangezogen werden sollen, ausgewählt werden und der Messwert für die Schräglage direkt abgelesen werden.



### 2.4.5 Stehwellen

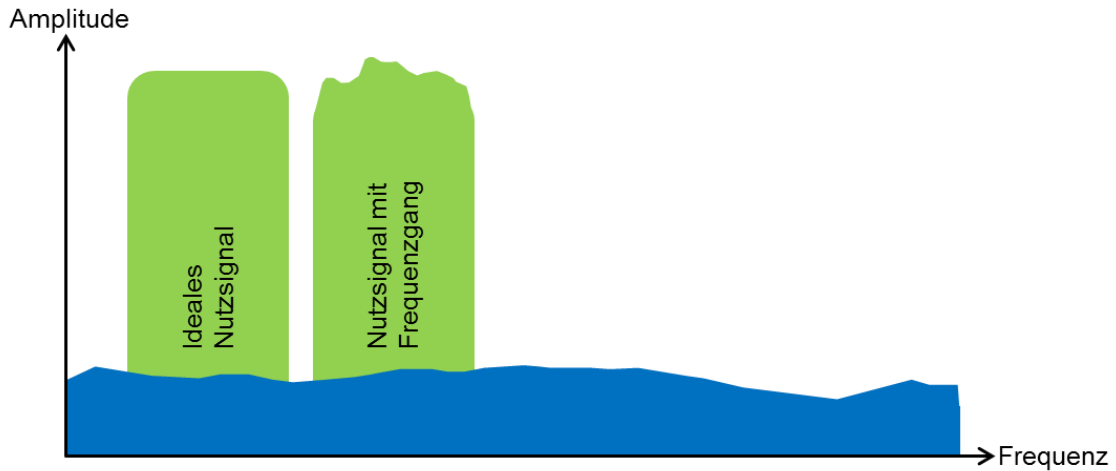
Normalerweise ist ein HF-System, wie z. B. ein Satelliten- oder BK-Verteilsystem, immer auf einen konstanten Wellenwiderstand abgestimmt. In der Rundfunktechnik ist dieser Wert 75 Ω. Dies gewährleistet, dass sämtliche HF-Energie, die von einem Sender in ein Netz übertragen wird, vom Empfänger zu 100% absorbiert wird. Wird die Bedingung eines konstanten Wellenwiderstandes im Netz verletzt (z. B. durch offene Leitungen, nicht abgeschlossene Dosen, Korrosion, Kabelbrüche, defekte Stecker, defekte aktive Bauelemente usw.) kommt es an diesen Stellen zu einer Teilreflexion der HF-Energie.

Je nach Frequenz (und damit Wellenlänge) können sich das ausgesendete Signal und das fälschlicherweise reflektierte Signal mal konstruktiv (Amplitude steigt) und mal destruktiv (Amplitude sinkt) überlagern. Dieser Effekt kann im Spektrum beobachtet werden.



### 2.4.6 Kanalfrequenzgang

Eine Stehwelle wirkt sich auf das gesamte Spektrum aus bzw. auf einen großen Teil davon. Es gibt jedoch auch Effekte, die einen signifikanten Frequenzgang innerhalb eines Kanals erzeugen. Im BK-Bereich sind das die so genannten Mikroreflexionen. Im Falle von DVB-T können Mehrwegeausbreitung und der Betrieb von Gleichwellennetzen zu diesem Effekt führen.



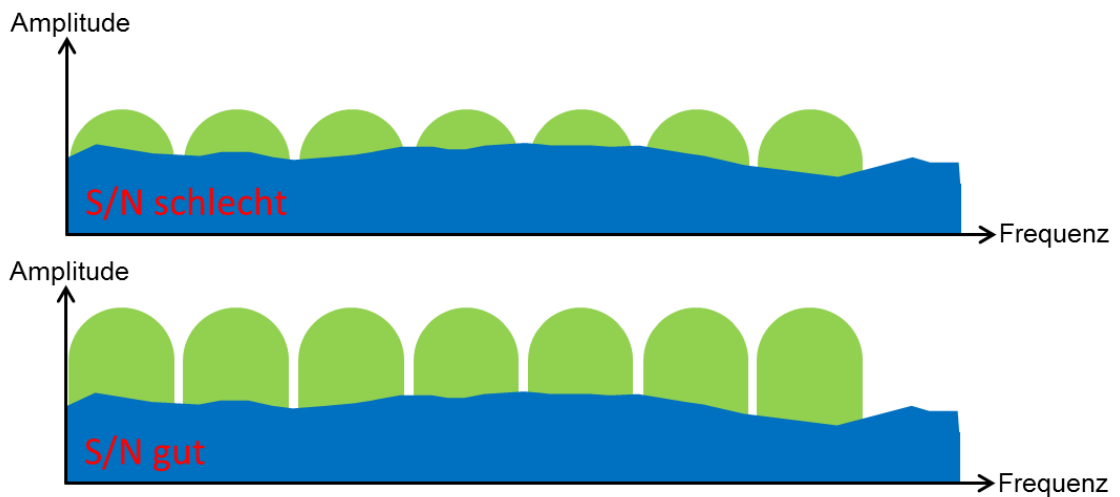
Im Falle von DVB-C und DOCSIS kann man den Kanalfrequenzgang folgendermaßen quantifizieren, wenn man ihn im Spektrum ausgemacht hat. Stimmt man das Messgerät auf einen digitalen Kanal ab, entzerrt ein Equalizer im Demodulator den Kanalfrequenzgang so gut es geht und adaptiv (d. h. der Equalizer passt seine Parameter ständig an einen sich ändernden Kanalfrequenzgang an). Im Falle des Messempfängers AMA 310 kann dieser Equalizer manuell deaktiviert werden. Nun kann die Auswirkung eines nicht korrigierten Kanalfrequenzgangs auf das Konstellationsdiagramm beurteilt werden. Außerdem ist die MER-Reduktion durch den ausgeschalteten Equalizer ein direktes Maß für den Frequenzgang.

Im Falle von DVB-T ist der Kanalfrequenzgang noch einfacher quantifizierbar. Jeder DVB-T-Demodulator enthält ebenfalls einen eingebauten Equalizer. Dessen Parameter werden aus den in das OFDM-Signal eingebetteten Pilotträgern bestimmt. Aus den Equalizer-Parametern generiert das Messgerät dann den so genannten Echo-Plot (=Impulsantwort). Dieses grafische Hilfsmittel zeigt auf einen Blick, wie stark Echos oder weiter entfernte Gleichwellensender empfangen werden. Je weniger Echos empfangen werden und je niedriger deren Pegel im Vergleich zur Hauptempfangsrichtung ist, desto unkritischer ist der Kanalfrequenzgang und desto besser ist der Empfang und damit die Robustheit gegenüber anderen Störeinflüssen wie Rauschen (Systemreserve).

## 2.5 Spektralanalyzer beim Einrichten eines SAT-Spiegels

Wenn eine Satellitenschüssel eingerichtet wird, muss zuerst der richtige Satellit gefunden werden. Hierfür ist das Spektrum ebenfalls das wichtigste Hilfsmittel. Die Schüssel muss durch Drehen und Kippen so eingestellt werden, dass die digitalen Spektren der xPSK-Transponder so weit wie möglich aus dem Rauschen herauschauen, d. h. dass man schon auf optischem Wege über den Analyzer ein gutes S/N nachweisen kann.





Wenn man das Spektrum dahingehend optimiert hat, kann man das Messgerät auf einen Kanal abstimmen und über die NIT-Tabelle oder über ein bekanntes TV-Programm verifizieren, dass man den richtigen Satelliten gefunden hat. Ist man nicht auf dem korrekten Satelliten gelandet muss man mit dem Drehen und Kippen der Schüssel und Optimieren über das Spektrum so lange fortfahren, bis der richtige Satellit gefunden wurde.

Erst wenn der Satellit verifiziert ist und das Spektrum optimiert wurde, fährt man mit dem Feintuning über die HF-Parameter (MER, BER) fort.

Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle erwähnt, dass auch zur Vermessung der Kreuzpolarisationsentkopplung die Spektrumsanzeige herangezogen werden 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)