

Es muss gemessen werden

Hochwertige Messtechnik – ein Garant für Empfangsqualität

Thomas Schenk

Die Digitalisierung der Übertragungstechnik ist so gut wie abgeschlossen. UKW ist die letzte analoge Insel, aber die Ablösung durch DAB+ nimmt Fahrt auf. Auch in digitalen Zeiten gilt, dass eine Empfangsanlage vom Fachmann installiert und korrekt ausgerichtet sein muss, um immer eine hohe Empfangsqualität zu gewährleisten. Dazu ist als elementares Werkzeug ein vielseitiges und qualitativ hochwertiges Messgerät unabdingbar. Es versteht sich von selbst, dass der Messempfänger für die digitalen Signale geeignet sein muss. Mit Oldtimern aus der analogen Zeit lässt sich nichts mehr ausrichten.

Beginnen wir beim ersten Schritt, nachdem die Antenne und der LNB (Low Noise Block Converter) montiert und angeschlossen sind: Die Ausrichtung auf den gewünschten Satelliten. Seit der Analogabschaltung ist es schwieriger geworden, die unterschiedlichen Satellitenpositionen zu unterscheiden. Hilfe leistet eine Satellitenkennung des Messempfängers. Mit der sogenannten Scan-Funktion können 15 Orbitalpositionen unterschieden werden (Bild 1). Der Messempfänger liest dazu die Position aus dem Datenstrom, so ist eine Verwechslung praktisch nicht möglich. Eine Besonderheit sind Quattro-LNBs. Details finden sich in der Anleitung des jeweiligen Messgeräts.

Nach der Ausrichtung der Empfangsanlage folgt das Einpegeln. Die Ermittlung wichtiger Empfangsparameter, wie z.B. Pegel, Modulationsfehlerrate (MER) und Bitfehlerrate (BER), sind nur mit einem entsprechenden Messgerät möglich. Ein Protokollausdruck oder das Speichern der Daten sind für den Kunden und den Errichter der Anlage ein Qualitätsbeweis und auch hilfreich bei einem späteren Servicefall. Die AG Sat bietet auf ihrer Internetseite ein Abnahmeprotokoll für Satellitenanlagen, mit dem der Fachbetrieb die einwandfreie Funktion dokumentieren kann (<https://www.agsat.de/service/abnahme-protokoll/>).

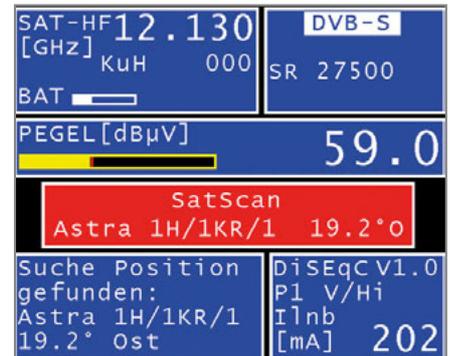


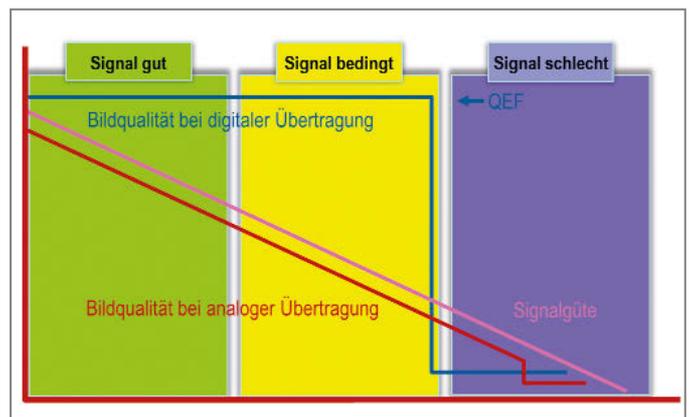
Bild 1: Der Sat-Scan findet die gewünschte Sat-Position

[//www.agsat.de/service/abnahme-protokoll/](https://www.agsat.de/service/abnahme-protokoll/)

Der Schein kann trügen

Ein gutes digitales Bild lässt nicht automatisch auf einwandfreien Empfang oder eine gute Übertragungsstrecke schließen. Sehr wichtig ist daher die Beurteilung der Systemreserve. Nur mit genügend Reserve können Signalschwankungen ausgeglichen werden. Bei der analogen Übertragung war die Bildqualität noch bedingt als Bezug nutzbar. Anders verhält es sich bei digitalen Signalen. Hier bleibt das Bild in guter Qualität bis kurz vor dem Komplettausfall bestehen. Eine optische Beurteilung ist also kein verlässliches Indiz. Es muss gemessen werden (Bild 2).

Bild 2: Die Unterschiede bei der Signalbeurteilung



Thomas Schenk verantwortet das Engineering bei der KWS Electronic Test Equipment GmbH in Großkarolinenfeld

Messverfahren

Pegel

Alte analoge Messgeräte können nur für analoge Signale angewandt werden. Hier wird die Spannungsspitze des Synchronimpulses (Schwarzschulter) gemessen. Diese Signalart gibt es in der Digitaltechnik nicht mehr. Entsprechend wird die Mittelwertmessung als Pegelmessung bei allen anderen Übertragungsverfahren angewandt. Ist die Transponderbreite nicht gleich der Messbandbreite des Antennenmessgerätes, muss ein Korrekturfaktor eingerechnet werden. Details dazu enthält die Anleitung des Messempfängers.

Konstellationsdiagramm

Das Konstellationsdiagramm (Zustands- oder Vektorendiagramm) ist die grafische Darstellung von Signalzuständen eines digital modulierten Signals. Die einzelnen Signalzustände entstehen aus den Ursprungsvektoren I (horizontale Achse) und Q (vertikale Achse). Im Schaubild werden die Spitzen der einzelnen Vektoren gezeichnet. Im zweidimensionalen Feld gibt es je nach Modulationsschema eine unterschiedliche Anzahl von Entscheidungsfeldern (QPSK/4 Felder, da 2-bit-Worte, bis 256QAM/64 Felder, 8-bit-Worte). Bei einer idealen Übertragung würden alle Vektoren nur das Zentrum des jeweiligen Entscheidungsfeldes treffen. Bereits bei einem fehlerfrei geltenden Signal weichen die Vektorspitzen von den Idealzuständen ab (Bild 3).

Bitfehler entstehen wenn die Vektoren so stark beeinflusst werden, dass fremde Felder getroffen werden. Die Lage und Form der Trefferwolken lässt Rückschlüsse auf Fehler zu. Ein 3D-Effekt entsteht durch die farbige Abstufung der Darstellung: blau – grün – gelb – rot. Zusammengefasst: Je kleiner die Vektorenwolke und je mehr Treffer im Zentrum des Entscheidungsfeldes, desto besser ist die Signalqualität.

Bitfehler

Ein Kriterium für die Signalqualität bei digitalen Signalen ist die Bit-Error-Rate BER, übersetzt Bitfehlerverhältnis oder

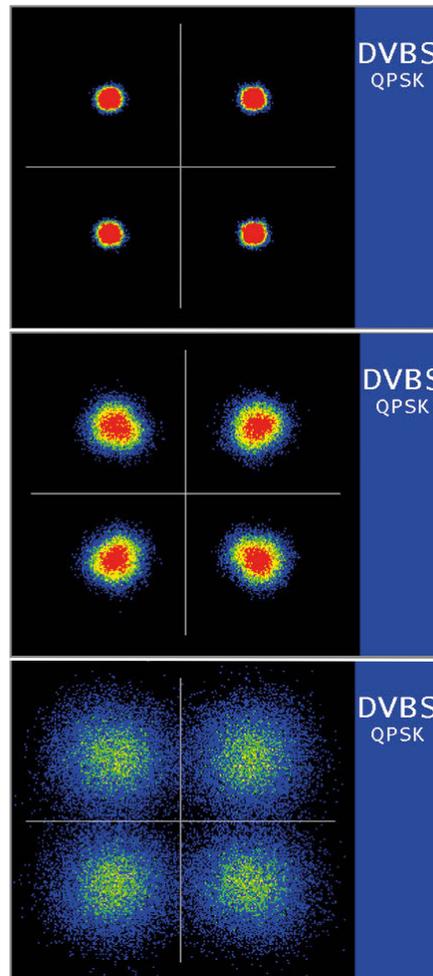


Bild 3: Ideales QPSK-Signal (mit Sender erzeugt); sehr gutes QPSK-Signal (optimal eingestellter Sat-Spiegel/120 cm); schlechtes QPSK-Signal (schlecht eingestellter oder zu kleiner Sat-Spiegel) (von oben nach unten)

Bitfehlerrate. Die BER steht für das Verhältnis von fehlerhaften zu geprüften Bits. Bei DVB-S und DVB-T sowie bei DVB-S2 und DVB-T2 kann man die Bitfehlerraten vor und nach der Fehlerkorrektur bestimmen. Bei DVB-C-Signalen wird jedoch nur eine BER

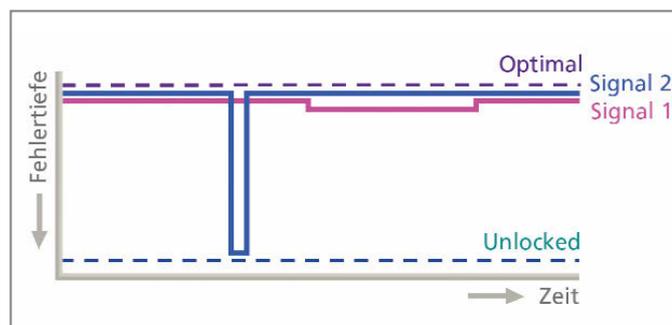


Bild 4: Bei beiden Datenströmen ergibt sich in der Summe die gleiche BER. Die flachen Störungen von Signal 1 kann ein Gerät problemlos beheben. Bei Signal 2 ist die Beeinflussung so tief, dass einzelne Datenpakete als nicht reparierbar gekennzeichnet werden. Die Folge können z.B. Pixelfehler oder Tonknacken sein

nach der Fehlerkorrektur gemessen. Bei den DVB-Standards der ersten Generation, also DVB-S und DVB-T, spricht man ab einem BER-Wert nach der Fehlerkorrektur von $<1,00 e^{-6}$ vom QEF-Zustand (Quasi Error Free – quasi fehlerfrei). Bei den jüngeren DVB-Standards (DVB-S2 und DVB-T2) wird der Grenzwert aufgrund einer effizienteren, komplexeren Modulation bei $<1,00 e^{-7}$ gesetzt. Ab diesem Wert kann das Signal als „praktisch fehlerfrei“ bewertet werden. Dieser Zustand ist die theoretische Mindestgüte, die für eine fehlerfreie Anlage erreicht werden muss. Bei geringfügiger Verschlechterung des Signals kommt es aber bereits zum Totalausfall. Durch bessere Messwerte verfügt die Anlage über entsprechend mehr Systemreserven.

Um eine BER von 10^{-8} zu messen, dauert der Messzyklus bei Sat- und Kabelstandardkanälen ca. 2 s (Übertragungsrate 50 Mbit/s). Die BER zeigt die korrigierten Fehler nach Ablauf der Messperiode. Eine Fehlertiefe kann man aber nicht bewerten (Bild 4).

Paketfehler

Alle zu übertragenden Informationen des Transponders (Bild, Ton, Text, EPG usw.) werden als kleine Datenpakete gesendet. Die Dateigröße ist im MPEG-Transportstrom, der bei den DVB-Standards zur codierten Übertragung verwendete Datenstrom, z.B. auf 204 byte festgelegt. Davon sind 16 byte für die Fehlerkorrektur. Ist nach der Reparatur nur eines der verbleibenden 188 Informationsbytes noch defekt, wird das gesamte Paket als fehlerhaft gekennzeichnet (PE – Paket Error, Paketfehler).

Der Paketfehlerzähler registriert diese Dateien. Die Anzahl der Paketfehler ist inzwischen ein wichtiger Bestandteil der gesamten Gütebewertung. Fehler durch Brummmodulation oder zu hohem Phasenjitter können mit

dieser Messung ideal nachgewiesen werden.

Im MPEG-Decoder des Messgerätes werden nicht vollständig reparierte Datenpakete (verlorene Pakete, Lost Packets) registriert. Diese Information ist in den Kopfdaten (Header) einer jeden Datei hinterlegt. Die Header-Da-

Modulation Error Rate) wird bei allen DVB-Signalen gemessen. Alle linearen Störeinflüsse werden im MER-Ergebnis erfasst. Die MER ist die mathematische Bewertung des Konstellationsdiagramms. Systemreserven können über die MER-Messung bestimmt werden. Im Gegensatz zur BER er-

Antennendosen auf das jeweilige ausgewählte User-Band programmiert sein. Stimmt die vorprogrammierte Dosenadresse nicht mit der gesendeten SCR-Adresse des Receivers überein, wird der gesendete Befehl zum Multischalter gesperrt und der Teilnehmer erhält kein Signal. Aktuelle



Bild 5: Als Serienausstattung stehen beim Messempegger AMA 310 ein UHD-Decoder zur Darstellung ultrahochauflösender Bildinhalte sowie ein erweiterter CATV-Frequenzbereich bis 1.214 MHz zur Verfügung. Er kann jederzeit mit Docsis-3.1-Messmodulen nachgerüstet werden



Bild 6: Der Kombi-Antennenmessempegger Varos 106 ist handlich und leicht und beinhaltet als Serienausstattung einen UHD-Decoder zur Darstellung ultrahochauflösender Bildinhalte und DAB+. Natürlich können auch alle Sat-, CATV- und terrestrischen Signale vermessen werden

ten müssen vollständig lesbar sein, sonst schaltet das Gerät in den Unlocked-Modus, in dem der Empfänger nicht mehr synchronisiert und auslockt (blauer Bildschirm). Wichtig dabei ist, dass im Datenstrom Paketfehler oftmals nur zeitweise auftreten. Daher ist es nicht möglich, solche Fehler mit einer kurzen Messung zu lokalisieren. Defekte Pakete stellen sich im Bild oft als Pixelfehler oder Rucken dar. Der Ton kann zu knacken beginnen.

Paketfehler können durch kurzzeitige Störimpulse, die z.B. über HF-Leckstellen in der Empfangsanlage empfangen werden, entstehen. Die Fehlerkorrektur erreicht ihre Leistungsgrenze. Die Folge ist, dass Dateien als nicht repariert gekennzeichnet werden. Diese defekten Pakete verbleiben aber im Datenstrom und führen zu Bild- und Tonaussetzern. Die BER-Messung ist ein zyklisches Verfahren und stellt solche Störer nur kurz dar. Mit dem PE-Zähler erfasst man die Fehler ziel führend über einen längeren Zeitraum.

Modulationsfehler

Die Modulationsfehlerrate (MER –

laubt diese Messung auch eine Gütebewertung jenseits erkennbarer Bitfehler. Die Messzyklen für die MER sind wesentlich kürzer als bei der BER.

Noise Margin

Mit der Messung Noise Margin (untere Grenze des Signal-Rausch-Verhältnisses) lässt sich die Systemreserve leicht und präzise ablesen. Alle Korrekturparameter sind bei einem aktuellen Messempegger bereits in das angezeigte Ergebnis einbezogen und mithilfe einer farblich unterschiedlichen Anzeige einfach zu bewerten. Werte über 4 dB stehen dabei für gute Systemreserven.

Unicable und JESS-Empfang

Mit Unicable- und JESS-Empfang kann eine vorhandene Verkabelung in Baumstruktur auch für den Satellitenempfang genutzt werden. Dabei setzt der Multischalter das vom Empfänger angeforderte Programm auf eine bestimmte Frequenz um, die der Empfänger dann aus dem gesamten Angebot filtert. Bei Unicable- oder JESS-Verteilungen wird der Frequenzbereich 950 bis 2.150 MHz in User-Bänder (UB) eingeteilt. Dazu müssen die

Messempegger bieten dafür eine Programmierfunktion für Antennendosen, damit diese bei der Installation entsprechend konfiguriert werden können.

Die Bezeichnungen der User-Bänder und der Receiver-Adresse (SCR-Adresse) sind genormt, aber nicht bei jedem Hersteller gleich. Daher ist bei der Inbetriebnahme einer Anlage auf die richtige Adressierung der Endgeräte zu achten. Werden hier Fehler gemacht, kommt es zu Störungen und Fehlschaltungen. Das Messgerät hilft dabei.

Fazit

Moderne und qualitativ hochwertige Messempegger bieten für alle nötigen Messungen entsprechende Funktionen. Je nach Anwendung empfiehlt sich ein stationäres oder ein Handheld-Gerät für den Einsatz unterwegs. Empfehlenswert ist ein Messgerät, das sich für weitere Funktionen aufrüsten lässt. Ändert sich ein Übertragungsstandard, kann der Funktionsumfang des Geräts für die neuen Parameter problemlos und preiswert ergänzt werden. (bk)