

Qualitätsbeurteilung in Kabelnetzen

STÖRUNGEN UND MESSTECHNIK IN BK-NETZEN Fast 47 % der Fernsehzuschauer erhalten ihr Programm per Kabel (DVB-C). Bei den dichten Vernetzungen von Strom, Telefon sowie dem Internet in den Wohnungen und Gebäuden ist eine Empfangsstörung nicht auszuschließen. Immer häufiger treten Störungen an Endgeräten im BK-Netz auf. Der Endkunde und der ausführende Handwerker stehen dazwischen. Wie kann man den Störungen auf den Grund gehen?



AUF EINEN BLICK

ANSTIEGENDER NETZAUSBAU Weiterhin extrem hoher, stetig weiter ansteigender Bandbreitenbedarf forciert den BK-Netzausbau

HD-QUALITÄT Neben dem Satellitenempfang bietet das BK-Netz für den Fernsehempfang (DVB-C) eine hochwertige Qualität. Nicht auszuschließen sind externe Störer, die es zu finden gilt



Quelle: Sigurd Schobert

Für die Qualitätsbewertung an Kabelempfangsanlagen stehen eine Reihe von unterschiedlichen Messmethoden zur Verfügung. Die Grafik in **Bild 1** gibt einen Überblick, welche Messungen zur Anwendung kommen. Ein erster Ansatz einer Messung stellt die Pegelmessung dar, sie zeigt lediglich, ob ein Empfangssignal (mit Programminformationen) grundsätzlich vorhanden ist und ob sein Pegel sich innerhalb der geforderten Grenzwerte befindet. Genaue Qualitätsanalysen lassen sich allein aus der Pegelmessung nicht ableiten. Lediglich das Signal-Rauschverhältnis lässt sich daraus bestimmen. Erst weitere Messungen erlauben eine genauere Qualitätsbeurteilung des empfan-

genen Bild- und Tonsignals: Die Bitfehlerrate, die Paketfehlerrate die Modulationsfehler-rate sowie die Interpretation des Konstellationsdiagramms. All diese Übertragungsparameter greift ein Messsystem an unterschiedlichen Komponenten eines Übertragungssystems ab. In der Übertragungskette eines DVB-C-Fernsignals bereinigt man Übertragungsfehler letztendlich mit dem Reed-Solomon-Verfahren. Es handelt sich hier um eine Fehlerkorrektur mit zyklischen Blockcodes und es wird im Rahmen der Ka-

nalkodierung zum Erkennen und Korrigieren von Übertragungs- oder Speicherfehlern als Teil einer Vorwärtsfehlerkorrektur eingesetzt. Daraus leitet man auch eine der typischen Messungen der digitalen Empfangstechnik ab, die Paketfehlerrate.

Bit-Fehler-Rate (BER)

Betrachten wir hier die Definition und seine Bewertungsmöglichkeiten im Zusammenhang in der Messtechnik. Die Bitfehlerrate



LINKS

www.kws-electronic.de



INFOS

Fachbeiträge zum Thema

Digitale Messtechnik und Fehleranalyse
»de« 4.2012 → S. 56

Wege zum ungestörten Kabelanschluss (3)
»de« 10.2014 → S. 56

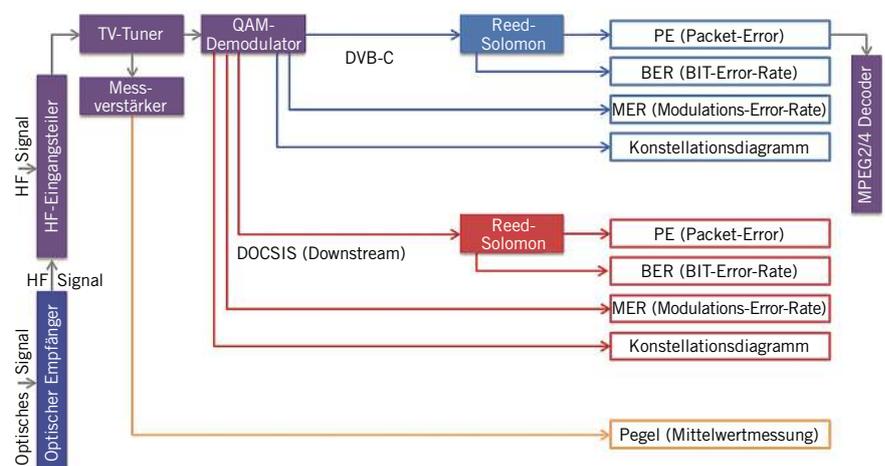


Bild 1: Blockschaltbild mit Messzweigen. Welche Messungen? Wo ansetzen?

Quelle: KWS-electronic

steht für das Verhältnis von fehlerhaften zu geprüften Bits. Bei DVB-S und DVB-T kann man zwei Bit-Fehler-Raten bestimmen. Bei CATV-Signalen wird nur eine BER gemessen. Beträgt die letzte BER 200×10^{-4} (QEF = Quasi-Error-Free), kann das Signal praktisch als fehlerfrei bewertet werden. Es liegt dann ein nicht korrigierbarer Paketfehler pro Stunde auf. Wichtig ist, dass jetzt bereits eine geringfügige Verschlechterung zum Totalausfall des Bildes führt. Um eine BER von 10^{-8} zu messen, dauert der Messzyklus bei SAT- und CATV-Standardkanälen ca. 2s. (Übertragungsrate gerundet 50MBit/s). Die BER zeigt die korrigierten Fehler nach Ablauf der Messperiode. Eine Fehlertiefe kann man aber nicht bewerten. Die Bitfehlerrate alleine sagt zunächst noch nichts über die Bildqualität aus. Entscheidend ist aber die Frage, wie viele Bitfehler innerhalb einer definierten Messzeit auftreten. Das zeigt das **Bild 2**. Bei beiden Datenströmen (blau und lila) ergibt sich in der Summe gemittelt die gleiche BER. Die flachen Störungen des Signals kann der Receiver problemlos beheben. Bei der blauen Kurve ist die Beeinflussung so tief, dass einzelne Datenpakete als nicht reparierbar gekennzeichnet werden. Die Folge ist eine Klötzchenbildung im Fernsehbild, in der Fachsprache »Brickwall« genannt.

Paketfehler-Zähler (PER)

Die Definition und Bewertungsmöglichkeit dieser Messung betrachten wir im Folgenden: Alle zu übertragenden Informationen eines Transponders (Bild/Ton/Text/EPG...) werden als kleine Datenpakete gesendet. Die Dateigröße ist bei DVB-C auf 204 Byte festgelegt. Davon verwendet man 16 Byte für die Fehlerkorrektur in einem Übertragungssystem. Ist nach der Reparatur nur eines der verbleibenden 188 Informationsbytes noch defekt, wird das gesamte Paket als fehlerhaft gekennzeichnet. Der Paketfehlerzähler registriert diese Dateien. Bei einer Paketfehlermessung muss der Zähler auf »NULL« bleiben, wenn das Übertragungssystem als fehlerfrei bewertet werden soll. Die Anzahl der Paketfehler ist ein wichtiger Bestandteil einer Langzeitmessung. undefinierbare Signalzustände wie Brummodulation oder einen hohen Phasenjitter kann man mit dieser Messung ideal nachweisen. Das **Bild 3** zeigt zwei kritische Signalschwellen. Nach dem überschreiten der PE-Grenze kommt es zu Brickwall-Effekten, Tonpfeifen oder Rucken im Bild. Geht der Fehler in den Unlocked-Bereich, synchronisiert der Receiver nicht

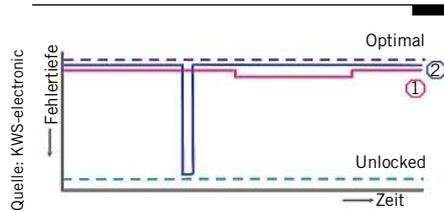


Bild 2: Definition der Bitfehlerrate, Qualitätsstufen

mehr und »klinkt sich aus« (ausloggen), die Folge: ein blauer Bildschirm.

Paketfehler können durch kurzzeitige Störimpulse, die beispielsweise über Leckstellen empfangen werden, entstehen. Die Fehlerkorrektur erreicht dann ihre Leistungsgrenze. Die Folge ist, dass ganze Datenpakete 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 kann kurzzeitige Fehler nur schlecht darstellen. Daher ist der PER-Zähler die sicherste Möglichkeit, solche Störer zu erfassen.

Modulations-Fehler-Rate (MER)

Die Modulationsfehlerrate wird bei allen DVB-Signalen gemessen. Alle linearen Störeinflüsse werden im MER-Ergebnis erfasst. Die MER stellt eine mathematische Bewertung des Konstellationsdiagramms dar. Systemreserven können optimal über die MER-Messung bestimmt werden. Im Gegensatz zur BER erlaubt diese Messung auch eine Gütebewertung jenseits erkennbarer Bitfehler. Die Messzyklen für die MER sind wesentlich kürzer als bei der BER. Bei DVB-C-Signalen erreicht man mit den marktüblichen Messgeräten einen MER-Wert bis zu 40dB. Je nach Modulationsverfahren darf man Grenzwerte nach unten nicht unterschreiten.

DVB-C-Modulationsverfahren

Der Datenstrom eines Fernsehsignals über das BK-Netz wird im 64QAM-Standard in Sechs-Bit-Worte unterteilt. Es entstehen 64 Entscheidungsfelder (**Bild 4**). Auch hier gilt: Je kleiner die im Konstellationsdiagramm dargestellte Signalwolke ist, desto besser ist die Übertragungsqualität. Der Idealzustand wäre ein kleiner Punkt als Signalwolke. Im Unterschied zum Satellitenempfang wird das CATV-Signal nur Reed-Solomon geschützt.

Die Kanalbandbreite in Kabelnetzen (8MHz) weist im Vergleich zur Satellitenübertragung

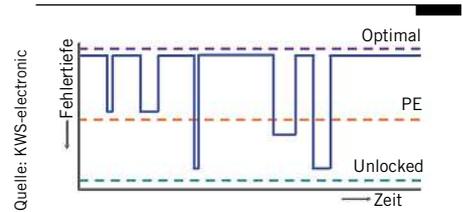


Bild 3: Die Paketfehlerrate, Qualitätsstufen

(z. B. 27/36MHz) eine geringe Bandbreite auf. Dieser Nachteil muss, um gleiche Datenmengen auch ins BK-Netz einspeisen zu können, durch ein höherwertigeres Übertragungsverfahren ausgeglichen werden. Zu Beginn der Digitaleinspeisung wurde das 64QAM-Verfahren angewandt.

Das 64QAM-Front-End wertet die Amplitude und die Phasenlage des empfangenen Träger-Sinussignales aus. Mit diesen Werten ergibt sich ein definierter Zustand I/Q (Inphase Quadraturverfahren). Diese Parameter bestimmen genau die Bitfolge (6 Bits), die an den Datenstrom angereicht werden. Bei der BK-Übertragung (64-QAM) müssen 64 Entscheidungsfelder gebildet werden, zu deren Definition 52 Phasenlagen und neun Träger-Amplitudenzustände erforderlich sind.

Brummodulation und Phasenjitter

Ein häufig auftretendes Phänomen stellt der »Netzbrumm« in einem Empfangssystem dar. Es muss aber nicht der typische 50-Hz-Brummtone sein, denn durch die vielen elektronischen Vorschaltgeräte im Umfeld einer Wohnung kommen immer mehr Störer hinzu. Immer häufiger reagieren an BK-Dosen Endgeräte auf Störer, die durch die eingesetzte Messtechnik nicht erkannt werden. Es kommt sehr oft zu Schuldzuweisungen zwischen den Geräteherstellern und dem Signallieferanten. Der Endkunde und der ausführende Handwerker stehen dazwischen.

Brummodulation und Phasenjitter werden von den meisten Messempfängern im Eingangskreis ausgeregelt und sind somit in den Messkreisen nicht mehr als Fehler festzustellen. Endkundengeräte regeln diese Fehler unterschiedlich gut aus. Brummfehler werden durch defekte Verstärker oder Potentialfehler in den Verteilungen hervorgerufen. Die Ursache eines Phasenjitters kann nur in einer Kopfstelle liegen.

Das Messgerät AMA 310 (KWS-Electronic) hat eine veränderbare Eingangsregelung um die beschriebenen Effekte messtechnisch er-

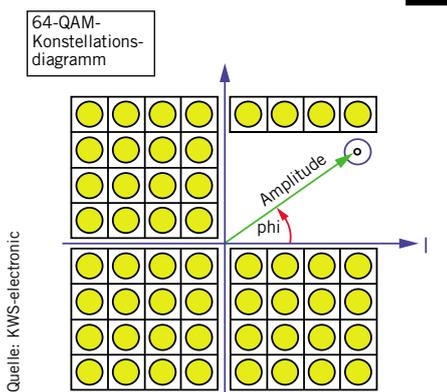


Bild 4: Das Prinzip der Amplitudenmodulation in Kabelnetzen

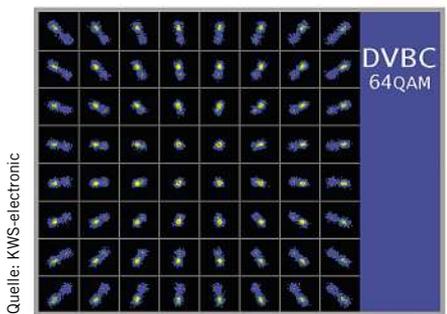


Bild 5: Nachweis der Brummodulation an einem 64-QAM-Signal

fassen zu können. Beide Abweichungen lassen sich messtechnisch exakt erfassen und in Messwerten darstellen.

Nachweis der Brummodulation

Brummodulation kann durch verschmutzte Stromnetze, durch Brummschleifen oder durch Masseschleifen entstehen. **Bild 5** zeigt, wie sich dieser Fehler in einem Konstellationsdiagramm darstellt. Die meisten Demodulatoren regeln diese Effekte schaltungstechnisch im Eingangskreis aus. Empfindlichen Empfänger, die diese Effekte nicht beheben können, zeigen Bild- und/oder Tonstörungen. Um Brummodulation besser sichtbar zu machen, wird beim Umschalten des Messempfängers auf den Modus »BRUMM« die Regelfunktion der AGC (automatic gain control) eingeschränkt. Ist das DVBC Signal verbrummt, dann verändern sich die Messwerte und Konstellationsdiagramm. Der Brumm erscheint als Prozentwert im Display des Messgeräts.

Die Auswirkung der Brummodulation ist hauptsächlich von den eingesetzten Demodulatoren bei Receivern und TV-Geräten ab-

hängig. Der Handwerker hat darauf keinen Einfluss. Derzeit gibt es noch zu wenig Erfahrung bei der Bewertung von Brummodulation (HUM, engl.: Summen). Bei 64QAM-Signalen wirkt sich eine Brummodulation nur sehr selten aus. Probleme gibt es eher bei 256QAM-Signalen. Bei der 256QAM-Modulationstiefe wirkt sich die Brummüberlagerung erheblich negativer aus als bei 64QAM. Die Erfahrung zeigt, dass bereits ab 2,5% HUM mit ersten Problemen bei anfälligen Endgeräten zu rechnen ist.

Brummfehler

Häufige Störquellen liegen bei defekten Netzteilen. Ist der Ladeelko (Elektrolytkondensator, Siebkondensator im Netzteil) CL defekt, wird die gleichgerichtete Spannung nicht mehr oder nur noch schlecht gefiltert. Elko's altern und verlieren an Kapazität. Daher kann sich ein Brumm auch »einschleichen«. Spannungsregler: Einen zu hohen Eingangsbrumm kann das Bauteil nicht mehr vollständig ausregeln. Am Ausgang liegt dann ebenfalls eine überlagerte Gleichspannung vor.

Weitere Brummfehlerquellen können z. B. auch Erdschleifen sein. Die Brummodulation verstärkt sich extrem bei geschlossenen Masseschleifen. Probleme bei Verbindung beispielsweise einer Settopbox mit geerdeten Geräten (Aktivsubwoofer, PC, Flachbildschirm), entstehen über Erdschleifen (**Bild 6**).

Unterschiedliche Kontakt-, Erdungs- und Kabelwiderstände auf der Seite der Kopfstelle (zusammengefasst in R_k) und auf der Empfängerseite (zusammengefasst in R_e) führen zu unterschiedlichen Massepotentialen auf

Sender- und Empfängerseite. Diese Potentialunterschiede führen zu einem Ausgleichsstrom I_A mit Netzfrequenz. Da die Erde (Masse) keinen Widerstand von exakt 0Ω aufweist, führt der Strom I_A zu einer Spannung U_A (Ohmsches Gesetz), die sich mit dem TV-Signal im BK-Netz überlagert. Es entsteht ein Mischsignal aus Netzfrequenz und TV-Signalfrequenzen.

Herkunft des Phasenjitters und seine Auswirkungen

Der Phasenjitter (Phasenschwankung) entsteht bei der Umsetzung des Eingangssignals in der Kopfstelle. Im Normalfall regelt das Messgerät diese Effekte aus, das Signal ist dann fehlerfrei. Bei empfindlichen Empfängern zeigen sich trotzdem Bild- und Tonstörungen. Um Jittereffekte besser sichtbar zu machen, wird beim Umschalten des Messempfängers auf den Modus »JITTER« die Regelfunktion der PLL (Phasenregelkreis) eingeschränkt. Das Display des Empfängers stellt alle digitalen Messwerte verändert dar. Zusätzlich wird der Winkel des Jitters berechnet und ebenfalls angezeigt. Bei einer Modulationstiefe von 64QAM wirkt sich ein Jitter von $0,53^\circ$ nicht aus. Die Erfahrung zeigt, dass erst ab $0,9^\circ$ mit Problemen bei anfälligen Endgeräten zu rechnen ist. Bei 64QAM-Signalen wirkt sich ein Phasenjitter damit nur gering aus. Probleme gibt es in der Regel nur bei 256QAM-Signalen. Bei einer 256QAM-Modulationstiefe wirkt sich ein Jitter von $0,53^\circ$ erheblich negativer aus, als bei 64QAM. Laut KWS-Electronic zeigt die Erfahrung, dass bereits ab $0,5^\circ$ mit ersten Problemen bei anfälligen Endgeräten zu rechnen ist.

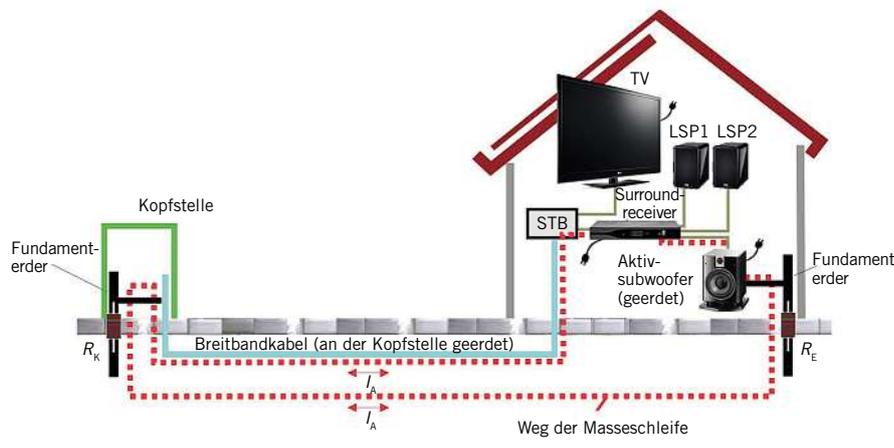


Bild 6: Mögliche Brummfehlerquellen durch Erdschleifen und Endgeräte

Quelle: KWS-electronic

Quelle: KWS-electronic

Quelle: KWS-electronic

Auswirkungen auf die Paketfehlerrate

Paketfehler in CATV-Anlagen entstehen oft durch externe Störimpulse aber auch durch Brummodulation oder Phasenjitter. Hier stößt die Fehlerkorrektur schnell an ihre Leistungsgrenze. Ab einer gewissen Fehlerzahl werden Datenpakete nicht mehr repariert und als defekt gekennzeichnet. Diese defekten Pakete verbleiben aber im Datenstrom und führen zu Brickwalleffekten in der Bilddarstellung. Die BER-Messung ist ein zyklisches Verfahren und zur Erfassung dieser Störer nur bedingt geeignet, da die Fehlertiefe nicht erfasst wird. Der PE-Zähler ist die sicherste Möglichkeit, die Auswirkung dieser Störer festzustellen.

Der Rückkanal/DOCSIS

Immer mehr Gewicht bekommen die Themenbereiche Rückkanal und DOCSIS (Data Over Cable Service Interface Specification) in BK-Netzen. DOCSIS ist ein Standard, der die Anforderungen für Datenübertragungen in einem Breitbandkabelnetz festlegt.

Der Bedarf an Bandbreite steigt rasant an, nicht nur im Vorweg (Downstream), sondern auch im Rückweg (Upstream). Die Kunden verlangen entsprechende Bandbreiten und Übertragungsraten, also auch ein Thema für die Messtechnik, DOCSIS und den Rückkanal korrekt zu messen und die richtigen Maßnahmen anzustoßen. Die Analyse des Rückkanales von der Teilnehmerschlussdose aus gewinnt immer mehr an Bedeutung. KWS Electronic stellt dazu im Rahmen der Messe Angacom zwei neue Systeme vor, die eine eindeutige Qualitätsbeurteilung des Rückkanales ermöglichen. In der »de«-Ausgabe 13-14.2015 werden wir auf diese Themen nochmals näher eingehen.

Fazit

Die Technik der Fernsehgeräte und die Verteiltechnik hat sich in den letzten Jahren – insbesondere nach der Analogabschaltung im April 2012 – ständig weiterentwickelt. Die Messtechnik dazu musste auch angepasst werden. Das klassische Koaxialverteilstromnetz hat Zuwachs bekommen: die optische Übertragungstechnik in den Verteilnetzen der Netzebene 4 (im Haus). Dennoch haben die hier vorgestellten Messverfahren weiterhin ihre Gültigkeit. Zu empfehlen ist hier die Teilnahme an einer Fortbildungsmaßnahme für Wartung und Störungsbehebung in TV- und Multimediaverteilnetzen, um ständig auf dem Laufenden zu bleiben.

AUTOR

Sigurd Schobert,
Redaktion »de«, nach Unterlagen von KWS-Electronic
