

# Allrounder im Einsatz

## Messtechnische Herausforderungen bei VDSL2 35b und G.fast

Dennis Zoppke

Der Kampf um die schnellsten Leitungen im Land geht in die nächste Runde. Geschäfts- sowie Privatkunden wollen immer mehr Bandbreite zum möglichst kleinen Preis. Das ist nicht neu. Neu hingegen ist die Technik, die dafür seit August 2018 in großem Umfang in Deutschland ausgerollt wird. Es handelt sich dabei um VDSL2 Profil 35b, auch Supervectoring genannt. Zwar liegt die Spezifizierung dieses Standards schon ein wenig zurück, doch nun geht es ans Eingemachte, den flächendeckenden Ausbau. Wie die passende Messtechnik den ausrollenden Techniker dabei unterstützen kann, welche Schwierigkeiten sich bei Inbetriebnahme und Entstörung ergeben können und was man im Hinblick auf einen zukünftigen G.fast-Ausbau wissen muss, soll im folgenden Artikel zusammengefasst werden.

Anders, als man es oft liest, handelt es sich beim Ausbau von VDSL2 35b nicht um eine Investition in eine „alte Technik“. Tatsächlich verbirgt sich oft ein großer Anteil Glasfaserausbau dahinter, wie dies generell beim VDSL2-Vectoring-Ausbau der Fall ist. Denn die klassische Kupferdoppelader, auf der man eine Datenrate

von zzt. geplanten 250 Mbit/s im Downstream (DS) und 40 Mbit/s im Upstream (US) anbieten möchte, hat hier eine Reichweite von gerade einmal noch 500 m. Um mit den Kabelnetzbetreibern weiterhin konkurrieren zu können, wird die restliche Strecke vom Hauptverteiler (HVt) bis zum Kabelverzweiger (KVz) dabei bereits immer als Glasfaserstrecke (Active Ethernet) ausgebaut. Der Begriff Supervectoring umfasst daher eine hybride Erschließung von Haushalten und Firmen. Man spricht dabei auch kurz von FTTC (Fiber to the Curb) bzw. FTTN (Fiber to the Node), also Glasfaser bis zum Bordstein bzw. ganz allgemein bis zum Knotenpunkt.

Gleichzeitig wird der G.fast-Ausbau vorbereitet, dessen genauso hybrides Anschlusskonzept FTTB (Fiber to the Building) – also bis ins Gebäude – die neu geschaffenen Glasfaserwege nutzt und verlängert (Bild 1). Lediglich die letzten 250 m Telefonkabel müssen mittels G.fast überbrückt werden (Tabelle).

Es ist daher naheliegend, dass auch in Deutschland G.fast in den nächsten Jahren zunehmend ausgebaut wird; einige Stadtnetzbetreiber haben damit bereits begonnen. Da aber aktuell

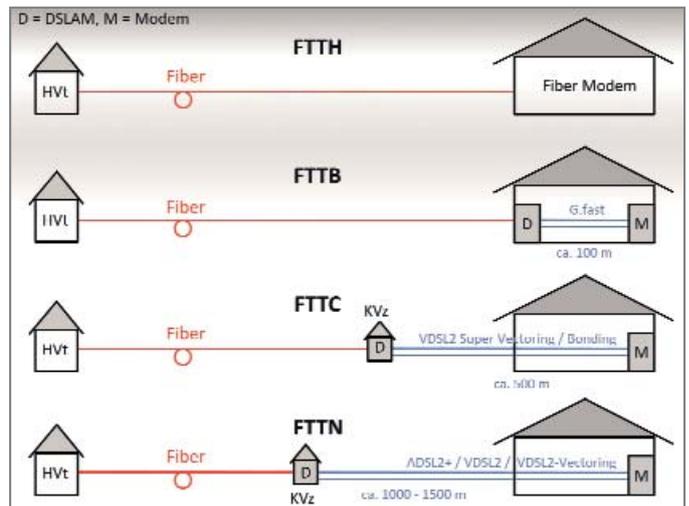


Bild 1: Verschiedene DSL-/FTTx-Anschlusszenarien bei Supervectoring und G.fast

überwiegend in Supervectoring investiert wird, ist es wahrscheinlich, dass G.fast in Deutschland erst in der zweiten Generation – also mit 212 MHz – mengenmäßig ausgerollt wird. Das hat relativ einfache Gründe, denn Supervectoring und G.fast stören einander im gemeinsamen Kabelbündel. Große Unterschiede bei den Signalpegeln (35b: 17 dBm, G.fast: 4 dBm) und das Nutzen der gleichen Frequenzbereiche mit unterschiedlichem Kanalabstand (35b: 4,3125 kHz, G.fast: 51,75 kHz) würden konsequenterweise zu großem Übersprechen und damit zu Störungen führen. Daher kann ein Einsatz von G.fast in Deutschland nur unter Aussparung der ersten 35 MHz von Profil 35b erfolgen, was bei einem Ausrollen von G.fast mit 106 MHz schon ein Drittel an Bandbreite kosten würde. Da der Kanalabstand bei G.fast viel größer als bei VDSL2 ist und darüber hinaus nur der viel stärker bedämpfte obere Frequenzbereich (35 bis 106 MHz) zur Übertragung übrig bliebe, der zudem auch noch Aussparungen zum Beispiel für UKW vorsieht, hätte man für Deutschland nur einen geringen Bandbreitengewinn im Vergleich zu VDSL2 35b.

Mit 212 MHz könnte allerdings, trotz Aussparung der ersten 35 MHz, immerhin noch eine Bandbreitenverdopplung von 35b auf ca. 500 Mbit/s erzielt werden. Stünde G.fast wirklich ein Frequenzbereich von 1 bis 212 MHz zur Verfügung, sollte bei idealer Leitungslänge (50 bis 100 m) in der Theorie zwar 1 Gbit/s erzielt werden können.

Eine Besonderheit, die man beim Messen an G.fast-Leitungen berücksichtigen muss, ist die Tatsache, dass anders als bei VDSL2 (FDD – Frequenzmultiplexing) ein Zeitmultiplexverfahren (TDD – Time Division Multiplexing) zum Einsatz kommt und US und DS kein festes Frequenzband zugewiesen ist, sondern immer nur in eine Richtung gleichzeitig gesendet bzw. empfangen werden kann. Bei der Aufteilung von US- und DS-Band ermöglicht das mehr Individualität.

### Alternativen zu 35b und G.fast

Solche Datenraten sind in der Praxis nur mit reinen Glasfaser-, koaxialen Kabel- (ab Docsis 3.0) und mit VDSL2-35b-Bonding-Anschlüssen (bis zu 500 Mbit/s) möglich – eine Alternative zum Koaxialkabel oder dem teureren Glasfaserausbau, wenn ein weiteres funktionierendes Adernpaar zur Bündelung zur Verfügung steht. Dies ist häufiger der Fall, als man zunächst vermutet: Viele Haushalte und Neubauten wurden zuletzt mit mehr als einem Adernpaar pro Einheit erschlossen. Auch überall dort, wo früher mehrere  $U_{ko}$ -Leitungen oder  $S_{2M}$ - und SHDSL-4-Draht-Anschlüsse geschaltet

waren, stehen heute genügend Adernpaare für eine leistungsfähige VDSL2-35b-Bonding-Lösung zur Verfügung (Bild 2).

Am Ende wird man bei Neuverkabelungen von Altgebäuden und bei Neubauten langfristig die letzten verbleibenden Meter auch als Glasfaserstrecke auslegen. Bei vielen älteren Büro- und Wohnkomplexen, Mehrfamilienhäusern und Innenstadtlagen jedoch werden die letzten Meter von einer Kupferleitung dominiert bleiben oder stark von einer immer weiter wachsenden WLAN-Abdeckung geprägt sein. Eine Tatsache, die dem Techniker abverlangt, sich immer breiter aufzustellen, da neue Schnittstellen hinzukommen und die alten nur langsam abgeschaltet werden.

### Messgeräte müssen Allrounder sein

Grundsätzlich sollte man also bei der Auswahl von geeignetem Messgerät schon jetzt darauf achten, dass Probleme an 35b-Leitungen und an G.fast-Anschlüssen zu erkennen und messtechnisch zu erfassen sind. Im Ausland sind Bonding-Lösungen schon Realität und werden, auch in der Ausführung VDSL2 35b Bonding, in Deutschland kommen. Aber allem voran wird VDSL2 mit Profil 35b einen Siegeszug in Deutschland antreten, da es aufgrund seiner Kanalbreite von 4,3125 kHz hervorragend kompatibel ist mit dem Profil 17a, das in Deutschland flächendeckend ausgebaut wurde. Nur durch die gleiche Kanalbreite, die ähnlichen Pegel, die Deckungs-

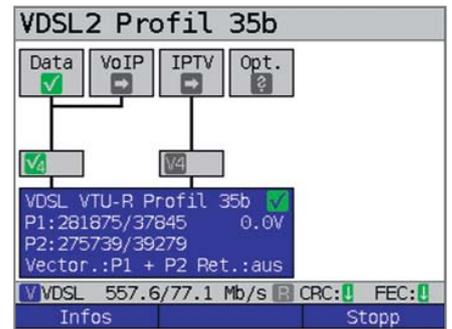


Bild 2: Anzeige einer VDSL2-Profil-35b-Bonding-Datenrate mit einem Argus-Messgerät

gleichheit von US- und DS-Bändern (bis 17 MHz) und die gleiche Startfrequenz (2,2 MHz) ist es überhaupt möglich, beides zusammen in einem Kanalbündel zu betreiben und gleichzeitig Vectoring zu machen. Vectoring ist ein Verfahren, bei dem auf der Vermittlungsseite das Übersprechen im Kabelbündel erkannt und durch Einspeisen eines speziell berechneten Kompensationssignals weitestgehend ausgelöscht wird. Dies reduziert Störungen und steigert gleichzeitig die Datenraten. Auch bei G.fast kommt diese Technik zum Einsatz, kann aber – wie bereits erwähnt – aufgrund des unterschiedlichen Pegels und Kanalabstands nicht gleichzeitig das gleiche Frequenzband nutzen, sondern muss oberhalb von 35 MHz ansetzen.

In Deutschland wird zudem das Profil 17a mit freigeschaltet. Kann ein Modem aus technischen oder leitungsbedingten Gründen nicht an dem Supervectoring-Anschluss (35b) synchronisieren, kann es auf Profil 17a mit Vectoring synchronisieren und dem Kunden so immerhin eine reduzierte Bandbreite zur Verfügung stellen. Sollte das Endgerät auch kein Vectoring unterstützen, gibt es dafür einen speziellen Fallback-Modus, bei dem zwar auch mit Profil 17a synchronisiert wird, aber nur die Töne bis 2,2 MHz (ADSL2+) ausgenutzt werden, so dass der Vectoring-Betrieb nicht gestört wird. Nur ein Messgerät, das beides unterstützt, kann diesen Spezialfall sichtbar machen.

Dabei ist es wichtig zu wissen, dass bei Profil 35b mit 8.192 Tönen die Frequenzen bzw. Töne oberhalb von 17 MHz (Profil 17a hat 4.096 Töne) nur für den DS verwendet werden und die Frequenzgrenzen der US-Bänder in

Variante	VDSL2-Profil 8b	VDSL2-Profil 17a	VDSL2-Profil 35b	VDSL2-Profil 35b	G.fast Profil 106a	G.fast Profil 212a
Standard	ITU-T G.993.2	ITU-T G.993.2	ITU-T G.993.2 Annex Q	ITU-T G.993.2 Annex Q	ITU-T G.9700 und G.9701	
weitere Namen		VDSL2-Vectoring	Supervectoring, Vplus	VDSL2-Profil 35b-Bonding (G.998.2)		
Bandbreite	8,832 MHz	17,664 MHz	35,328 MHz	35,328 MHz	106 MHz	212 MHz
Anzahl Töne	2.048	4.096	8.192	2 x 8.192	2.048	4.096
Kanalabstand	4,3125 kHz	4,3125 kHz	4,3125 kHz	4,3125 kHz	51,75 kHz	51,75 kHz
Datenrate in der Praxis	50 Mbit/s 10 Mbit/s	100 Mbit/s 25 Mbit/s	250 Mbit/s 40 Mbit/s	500 Mbit/s 80 Mbit/s	>500 Mbit/s	>1.000 Mbit/s
max. Leitungslänge	1.500 m	1.000 m	500 m	500 m	250 m	100 m
Signalpegel	20,5 dBm	14,5 dBm	17 dBm	17 dBm	4 dBm	
Bits/Ton	15	15	15	15	max. 12 (vorläufig)	

Verbreitete und zukünftige VDSL2-Varianten (Deutschland) im Vergleich mit G.fast

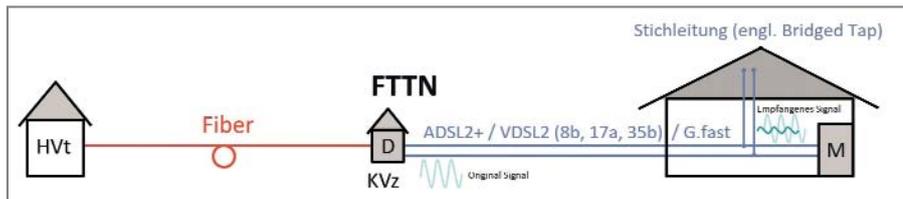


Bild 3: Beispiel einer typischen Stichleitung in Modemnähe als Teil der Inhouse-Verkabelung  
D – DSLAM bzw. CO/ATU-C/VTU-C/DPU, M – Modem bzw. CPE/ATU-R/VTU-R/FTU-R

den in Deutschland gewählten Bandplänen identisch sind. Das erklärt u.a. auch, warum im DS ganze 250 Mbit/s und im US „nur“ 40 Mbit/s angeboten werden können. In jedem Fall ist bei einer Entstörung dringend zu empfehlen, es nicht bei einem einfachen Synchronisationsvorgang zu belassen, bei dem einfach eine Datenrate ermittelt und angezeigt wird, sondern tatsächlich einen Down- und Upload-Test auf hohem Niveau durchzuführen. Bei 35b bedeutet das, mindestens 250 Mbit/s herunterladen zu können, bei VDSL2 35b mit Bonding bis zu 500 Mbit/s und bei G.fast 500 Mbit/s und eventuell sogar mehr.

## Störanfälligkeiten reduzieren

Generell sollten Messgeräte in der Lage sein, Geschwindigkeiten von bis zu 950 Mbit/s testen zu können, da in Zukunft mehr und mehr GPON- und glasfaserbasierte Ethernet-Anschlüsse beim Kunden anzutreffen sind. Eine grafische Aufbereitung der realen Down- und Upload-Geschwindigkeiten über die Zeit im Display des Messgerätes vor Ort ist dabei ein außerordentlich nützliches Hilfsmittel. Zum einen stellt man so sicher, dass der Anschluss wirklich das hergibt, was er verspricht, und zum anderen, ob dies auch dauerhaft der Fall ist.

Aber nicht nur die Koexistenz von verschiedenen DSL-Techniken im Zugangsnetz macht die neuen DSL-Varianten störanfällig. Schon allein die Tatsache, dass immer höhere Frequenzen zum Einsatz kommen, sorgt für eine immer stärkere Dämpfung auf – dadurch bedingt – immer kürzeren Leitungen. Zwar wird dieser stärkeren Dämpfung gerade bei VDSL 35b mit höheren Signalpegeln (17 dBm statt 14,5 dBm bei VDSL2 17a) entgegengewirkt, aber höhere Pegel bedeuten automatisch mehr Übersprechen auf

Nachbarleitungen und damit auch mehr Störungen sowie mehr Sendeleistung und damit einhergehend natürlich auch einen höheren Energieverbrauch. Neben den oben genannten Möglichkeiten, an den verschiedenen DSL-Schnittstellen synchronisieren und darüber Down- oder Upload-Tests durchführen zu können, sollte man noch auf eine Reihe weiterer wichtiger Funktionen sein Augenmerk richten. So lassen sich über eine Grafik, in der das Ruherauschen (QLN – Quiet Line Noise) oder der Amplitudenanteil der Übertragungsfunktion (Hlog) über die einzelnen Töne (QLN/Ton bzw. Hlog/Ton) abgetragen werden, viele Besonderheiten der Leitung erkennen. So sieht man z.B., wie lang eine Leitung ist oder ob diese durch schmalbandige Störer (QLN) eingeschränkt wird. In der Hlog-Grafik erkennt man, ob es Stichleitungen (engl. Bridged Tap) im Umfeld gibt, die gerade bei VDSL2 zu großen Problemen führen können. Eine TDR-Funktion kann dabei helfen, eine Stichleitung aufzuspüren und zu entfernen. Stichleitungen in der Kundenverkabelung, die früher oft als Nebenstelle des Analoganschlusses (a/b) „wild“ ausgebaut wurden und bei ADSL wenig bis keine Probleme verursachten, machen bei immer höheren Frequenzen größere Probleme, gerade in Modemnähe (Bild 3). Bei VDSL2 35b stören schon Stichleitungen mit weniger als 2 m Länge erheblich. Hilfreich ist auch ein Überblick über die verwendeten Bits pro Ton und den Signalrauschabstand pro Ton (SNR/Ton). Anhand der Bitverteilung können Leistungsstörungen erkannt werden, und SNR/Ton ermöglicht das Auffinden von Störungen einzelner Töne. Neben Stichleitungen und dem Übersprechen, das aber weitestgehend durch das Vectoring minimiert werden soll, gibt es noch eine weit schwierigere Gruppe an Störern: die externen



Bild 4: Ein Messgerät monitort mithilfe einer Stromzange, die nur eine von beiden Adern umschließt, das Nutzsignal, hier VDSL2 Profil 17a. Zur Störersuche sind beide Adern zu umschließen

Störer. Allen voran sind hier defekte Steckernetzteile zu nennen, die ganze Kabelbündel empfindlich stören können. Mit einer grafischen Spektralanalyse oder einem sog. Line-Monitor kann man diese hervorragend sichtbar machen. Wenn man feststellt, dass bis 30 MHz alles funktioniert und dennoch die Vermutung hat, dass externe Störer den Datendurchsatz im DS empfindlich reduzieren, ist es wichtig, auch den Bereich bis 35 MHz zu überprüfen.

Im Idealfall lässt sich der Line-Monitor mit unterschiedlicher Eingangsimpedanz betreiben. So kann man ihn entweder direkt als Leitungsabschluss an eine aufgetrennte Leitung schalten oder passiv, z.B. mit einer aktiven Probe (aktiver hochohmiger Tastkopf), auf eine bestehende Verbindung schalten. Verfügt die Probe noch über eine Symmetrie-Asymmetrie-Umschaltung, lässt sich das Nutzsignal einfach ausblenden, wodurch selbst kleine Störer, die sonst im Spektrum des Nutzsignals untergegangen wären, sichtbar werden.

## Mit Kombitestern auf alles vorbereitet

Gibt es gar keine Möglichkeit, sich mit der Leitung zu verbinden, kann eine speziell für diesen Frequenzbereich geeignete Stromzange helfen, Störer zu finden. Sie wird dazu einfach um ein Adernpaar aus dem Kabelbündel

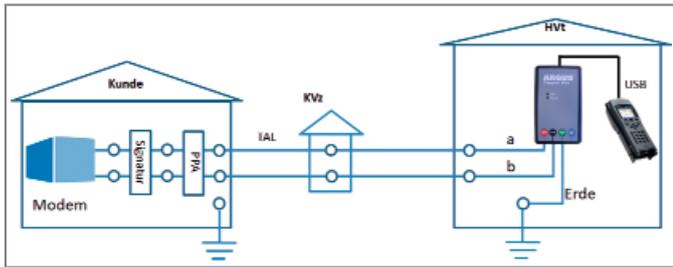


Bild 5: Anschlussbeispiel mit Kabelmultimetererweiterung, hier die Argus Copper Box

gelegt und der Ferrit darin geschlossen – und schon hat man einen berührungsfreien und störungsfreien Zugang zur Leitung. Das ist von Vorteil, wenn man z.B. Störer in einem aktiv genutzten Kabelbündel suchen muss und nicht alle Teilnehmer abklemmen kann (Bild 4).

Auf ähnliche Weise ist es möglich, alle Störer im DSL-Umfeld sichtbar zu machen, schnell zu finden und zu entfernen. Man erhält aber auch hilfreiche Informationen über das Nutzsignal. So sieht man z.B. die vom Modem initiierten Handshake-Töne, die zyklisch ausgesandt werden, und kann bereits am APL (Anschlusspunkt Linie) oder am KVz erkennen, ob die Leitung überhaupt mit einem funktionierenden Modem abgeschlossen ist. Das Messgerät lässt sich also auch als Modemfinder einsetzen. Befindet man sich passiv auf der Leitung (Active Probe), sieht man auch den gesamten Synchronisationsvorgang. Sogar DS- und US-Band und andere Nutzsignale, wie z.B. ISDN, sind dann erkennbar.

Neben alle dem sollte immer ein Kabelmultimeter zur Hand sein. Intec z.B. bietet für ihre Argus-Tester eine sog. Copper Box an, mit der sich ganz einfach bestehende Geräte um eine solche Funktion erweitern lassen (Bild 5). Ein gewöhnliches Digitalmultimeter sollte nicht verwendet werden, da speziell für den DSL-Messtechnikbereich neben den Standardmessungen (u.a. Spannung, Widerstand, Kapazität usw.) auch Spezialmessungen (u.a. Isolationswiderstand, kapazitive und resistive Symmetrie, Unsymmetrie- und Nahnebensprechdämpfung) benötigt werden.

Zusatzfunktionen wie z.B. eine PPA- bzw. Signatuererkennung sowie eine Messhelfersteuerung vereinfachen den Arbeitsalltag zusätzlich und sparen

Zeit. Mit einem Messhelfer kann das Leitungsende in mehreren Kilometern Entfernung in einem beliebigen Zustand (offen, kurzgeschlossen, durchgeschaltet usw.) geschaltet werden.

### WLAN als TAL-Verlängerung ist oft Fehlerquelle

Von einem großen europäischen Netzbetreiber ist bekannt, dass sich bei der Hälfte aller Fehlermeldungen im Nachhinein herausstellt, dass das Problem im WLAN und nicht in der DSL-Anbindung des Routers zu suchen war. Auf Testroutinen, die dabei helfen, Probleme im WLAN festzustellen, sollte man daher nicht verzichten – ganz speziell im Hinblick darauf, dass die Teilnehmeranschlussleitungen (TAL) mit VDSL2 35b, 35b Bonding und G.fast den WLAN-Routern echte Bandbreiten von mehreren hundert Mbit/s zur Verfügung stellen können, die diese u.U. gar nicht vernünftig in der Fläche verteilen können. Manchmal kosten auch kleinste Konfigurationsfehler erheblich Bandbreite.

Neben den üblichen grundlegenden Maßnahmen wie WLAN-Tests (z.B. WLAN-Scan), Verbindungstests (Ping, Traceroute usw.) und Netzscan ist es vor allem wichtig, sich das WLAN-Spektrum vor Ort anzuschauen. Gerade eine Spektrumanalyse des offenen und viel genutzten 2,4-GHz-Bandes sollte als eine der ersten Maßnahmen durchgeführt werden, bevor man überhaupt die Endgeräte oder Leitungen des Kunden untersucht, trennt und womöglich ersetzt. Störer in diesem Band können so vielfältig sein, dass sie schwer zu finden sind.

Neben anderen Access Points, die auf dem gleichen Kanal funken und als potenzielle Störquelle noch verhältnismäßig leicht zu identifizieren sind, gehören Bewegungsmelder (die permanent senden) oder Babyphones und Mikrowellen (die sporadisch senden) sowie Bluetooth-Geräte und Überwachungskameras zu den problemati-



Bild 6: Suche von WLAN-Störern mit Handheld-Messgerät und WLAN-Spektrumanalyse

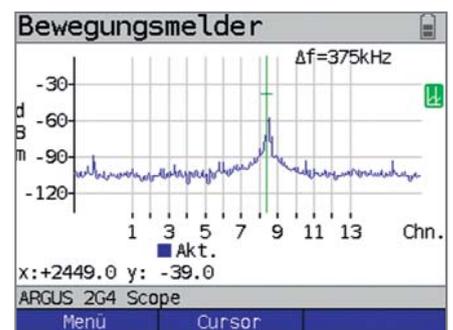


Bild 7: Störung durch einen permanent sendenden Bewegungsmelder

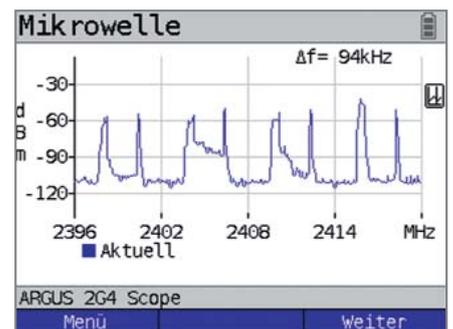


Bild 8: Störungen durch eine Mikrowelle

scheren und schwierig zu lokalisierenden Störern. Mit einer geeigneten Antenne (im Idealfall mit ausgeprägter Richtwirkung), einer 2,4-GHz-Spektrumanalyse und etwas Erfahrung lassen sich jedoch auch solche Störer rasch aufspüren und entfernen (Bilder 6 bis 8).

Und damit steht einem modernen, schnellen und vor allem funktionierenden Zugangsnetz nichts mehr im Weg. (bk)