

# Drei Schritte zum Erfolg

## Moderne, universelle Messtechnik integriert und automatisiert alle Schnittstellen und Verfahren

Dennis Zoppke

Um die Qualität, Zuverlässigkeit und Schnelligkeit leitungsgebundener Übertragungen im Teilnehmeranschlussbereich sicherzustellen, sind regelmäßige Messungen, Tests und Simulationen erforderlich. Die Herausforderung: Analog, ISDN, xDSL, Ethernet und Glasfaser (Fiber) weisen jeweils sehr spezifische Besonderheiten auf. Die Lösung: moderne Messtechnik, die alle relevanten Prüfverfahren und Schnittstellen integriert.

Die leitungsgebundene Telekommunikation teilt sich in drei Bereiche auf: den herkömmlichen Telefoniebereich (Analog und ISDN), den aktuell ausgerollten mit den verschiedenen DSL-Varianten sowie den künftigen bzw. heranwachsenden mit reinen Ethernet- und Glasfaserverbindungen. Alle drei haben unterschiedliche Voraussetzungen und Anforderungen. Gemeinsam ist ihnen, dass zuverlässige Methoden zum Messen, Testen und für die realistische Ausführung von Diensten benötigt werden.

### Schritt 1 – Messen von Analog bis Glasfaser

Leitungen – ganz gleich, ob Glasfaser, Zwei-, Vier- oder Achtadrtleitungen – müssen die jeweiligen Signale in der gebotenen Geschwindigkeit übermitteln. Gerade der fein verästelte und diversifizierte Teilnehmeranschlussbereich steht dabei im Mittelpunkt der folgenden Betrachtungen.

Für Zweidrahtleitungen wie Analog (a/b),  $U_{k0}$  und DSL sind folgende Messungen wichtig:

- Mit einer Gleich- und Wechselspannungsmessung ist zunächst die korrekte Speisespannung (a/b,  $U_{k0}$ ) festzustellen oder auszuschließen, dass Fremdspannungen von Nachbarleitungen einkoppeln.
- Damit Signale nicht zu sehr abgeschwächt werden, sollte die Doppelader einen Schleifenwiderstand von mehr als 1 k $\Omega$  nicht überschreiten.
- Zur Einhaltung eines sicheren elektrischen Abstands der Adern untereinander und zur Erde sollte der Isolationswiderstand  $\geq 10$  M $\Omega$  sein.
- Zudem müssen Leitungspaare unbedingt symmetrisch aufgebaut sein, um Störungen durch die eigene Physik zu minimieren. Auf Symmetrie lässt sich wie folgt prüfen:
  - Der Unterschied zwischen den Ka-

pazitätswerten der beiden Leitungsadern lässt sich jeweils zur Erde vergleichen, ebenso der Schleifenwiderstand, wodurch sich schnell generelle Unsymmetrien zeigen.

- Durch Einspeisen eines Tonsignals (z.B. 1 MHz) ist messbar, wie unterschiedlich es auf den Paaren a-Erde und b-Erde geführt wird. Neben der kapazitiven und resistiven Symmetriemessung lassen sich mit dieser auch als LCL (Longitudinal Conversion Loss) bekannten Methode, frequenzabhängige Effekte ermitteln, die zu Unsymmetrien führen.

- Ratsam ist auch eine Messung des Nahnebensprechens (NEXT – Near End Crosstalk). Durch Einspeisen des 1-MHz-Tonsignals auf eine Nachbarleitung lässt sich die Höhe des störenden Einflusses auf das eigene Adernpaar erfassen.

Im Idealfall werden diese relativ zeitaufwendigen Messungen weitestgehend automatisiert durchgeführt und die Ergebnisse umgehend gespeichert. Ferngesteuerte Messhelfer auf der anderen Seite der Leitung unterstützen die Automatisierung der Abläufe dabei zusätzlich. Die Automatismen und die Fernsteuerung sparen dabei viele zusätzliche Fahrten bzw. manuelle Schaltvorgänge ein. Da der Eigentümer der Leitungen oft einen Messnachweis verlangt, ist es sinnvoll, alle Messergebnisse für jede Leitung separat zu protokollieren, zu archivieren und mit einem PC weiterverarbeiten zu können.

Wenn bereits ein Übernahmeprotokoll als Messnachweis existiert, bietet es sich an, die separate Kupfermess-einheit (DMM – digitales Multimeter) vom Mess-Equipment abzukoppeln. Das ist auch aus Kostengründen ratsam. Denn Fehler wie falsche Aufschaltungen oder die Missachtung bestimmter Messgrenzen sind nicht selten und können kostspielige Schäden

Dennis Zoppke ist Produktmanager bei der Intec Gesellschaft für Informationstechnik mbH in Lüdenscheid

am DMM oder dem eigentlichen Mess-Equipment verursachen. Treten bereits bei den beschriebenen Messungen Unregelmäßigkeiten oder Probleme auf, müssen weitergehende Messmethoden folgen. Mit einem Time Domain Reflektometer (TDR) für Zweidrahtleitungen bzw. einem speziellen Ethernet-TDR für achtadrige

## Schritt 2 – Tests mit einer Gegenstelle

Ergab die Leitungsmessung keine Probleme, wird im nächsten Schritt das Zusammenspiel mit einer Gegenstelle getestet. Bei ISDN und Analog wird dabei zunächst die Spannung von der Amtsseite her geprüft. Falls verfügbar,

gesamte Frequenzband geschaut werden, mit der sich z.B. Stichleitungen erkennen lassen, die in Schritt 1, z.B. an einem ADSL-Anschluss, keine Probleme gemacht haben, bei Umstellung auf VDSL aber empfindlich stören. Sind hier Unregelmäßigkeiten zu erkennen, ist die Stichleitung mit dem TDR genau zu lokalisieren. Erst wenn diese und – je nach Netzbetreiber – einige weitere wichtige Parameter keine weiteren Auffälligkeiten zeigen, sollten erst nach einem Störfall oder einer Erstinbetriebnahme weitere Dienste geschaltet werden.

Auch bei achtadrigen oder glasfaserbasierten Ethernet-Leitungen findet der Test des Verbindungsaufbaus mit einer Gegenstelle erst statt, wenn Messungen gezeigt haben, dass die Leitungen physisch in Ordnung sind. Sind sie das, ist zunächst ein Link zu einer gegenüberliegenden Ethernet-Schnittstelle aufzubauen. Wichtig ist dabei, dass die Gegenstelle die gleiche Sprache spricht und für die gleiche Geschwindigkeit ausgelegt ist, z.B. für 10, 100 oder 1.000 Mbit/s. Außerdem muss geprüft werden:

- ob beide Gegenstellen im Voll- oder Halbduplexmodus arbeiten;
- ob sie Flusskontrolle unterstützen und Pause-Frames verwenden;
- wie viele Fehler auf wie vielen Rahmen/Bytes aufgetreten sind und wie viele Kollisionen vorkamen.

Konnten diese Parameter zwischen beiden Schnittstellen abgeglichen werden, ist im Fehlerfall – oder auch, wenn die Leitung im Betrieb dauerhaft die maximale Leistung liefern muss – ein Performance-Test unverzichtbar. Am einfachsten funktioniert er, indem an das eine Ende der Leitung eine leistungsfähige Loop (Schleife) oder ein zweites vergleichbares Messgerät angeschlossen wird. Mithilfe eines Traffic-Generators werden dann so viele Ethernet-Rahmen mit Dummy-Daten gefüllt und übertragen, bis das technische Maximum erreicht ist oder erste Fehler auftreten.

Angesichts des hohen Zeitaufwands ist auch hier ein automatisierter Test ratsam, etwa ein Durchsatztest nach RFC 2544. In den Requests for Comments (RFC) der Internet Engineering Task Force (IETF) sind Testszenarien zur

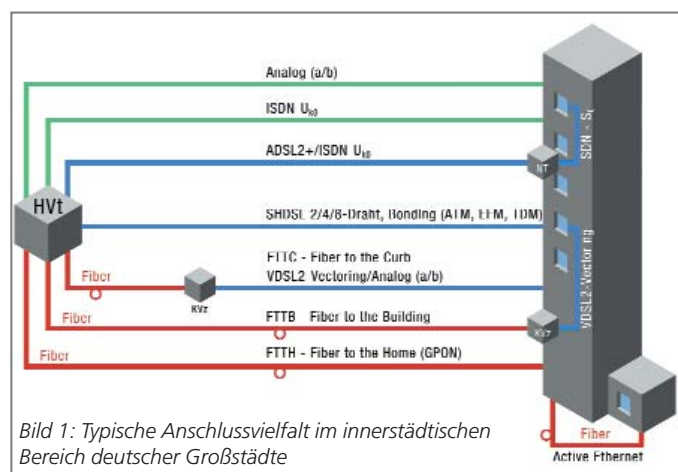


Bild 1: Typische Anschlussvielfalt im innerstädtischen Bereich deutscher Großstädte

Ethernet-Leitungen lassen sich Probleme ganz anderer Qualität – z.B. die für Zweidrahtleitungen typischen Stichleitungen oder Fehlanpassungen – leicht erkennen. Wird die Leitung eher von außen gestört, hilft eine Echtzeitspektumanalyse über das gesamte benötigte Frequenzband, auch, um kurzzeitige Störeffekte zu erkennen.

In Neubaugebieten und Großstädten sind Glasfaserinfrastrukturen bereits verbreitet – sowohl als aktive (Ethernet) oder passive Glasfaserleitungen (Passive Optical Network – PON), Bild 1. Im Interesse von Kompatibilität und Zukunftssicherheit kann auf einen universellen modularen SFP-Slot (Small Form-Factor Pluggable) auf dem Mess-Equipment nicht verzichtet werden. Sind sowohl aktive als auch passive Techniken vorhanden, sorgen zwei SFP-Slots dafür, dass ohne Umstecken stets die richtige Schnittstelle zur Hand ist. Unterstützen die verwendeten Slots auch die entsprechenden Standards (z.B. SFF-8472), dann stehen auch an aktiven und passiven Glasfaseranschlüssen schnell die wichtigsten Layer-1-Informationen wie Wellenlänge, optischer Pegel, maximale Geschwindigkeit oder Leitungslänge zur Erstbeurteilung zur Verfügung.

mit dem DSLAM (DSL Access Multiplexer) synchronisiert werden.

Im Privatkundenbereich sind heute überwiegend ADSL und VDSL anzutreffen, im Business-Bereich VDSL und SHDSL. Daher sollte das Mess-Equipment alle gängigen DSL-Standards abdecken, die sich vorzugsweise schnell auswählen, wechseln und initialisieren lassen. Vor allem SHDSL-Schnittstellen sind wegen ihrer Stabilität unerlässlich, da Geschäftskunden vertraglich höhere Ausfallsicherheiten zugesichert bekommen.

Beim Test der jeweiligen DSL-Verbindung muss das Mess-Equipment Vergleiche der erreichten mit der maximal möglichen Datenrate erlauben. Zudem sollte bei sog. Check-Summen-Fehlern (CRC) sowie bei durch das System korrigierten Fehlern wie z.B. Header Error Corrections (HEC) oder Forward Error Corrections (FEC) ein akustischer Alarm und ein visueller Hinweis erfolgen. Um sofort zu erkennen, dass wichtige Grenzwerte z.B. beim Signal-Rausch-Abstand nicht überschritten werden, müssen diese Werte unbedingt grafisch aufbereitet und angezeigt werden, damit sie schnell in Augenschein genommen werden können. Auch sollte unbedingt auf eine grafische Hlog-Anzeige über das

Qualifizierung von Ethernet-Produkten beschrieben, die helfen, die Leistungsfähigkeit von Ethernet-Komponenten sowie z.B. auch der Verkabelung einzuschätzen.

### Schritt 3 – paralleles Ausführen aller relevanten Dienste

Im dritten und wichtigsten Schritt geht es darum sicherzustellen, dass der Kunde das bekommt, was er bestellt hat. Das ist i.d.R. keine Leitung, sondern Festnetztelefonie, Internet und/oder TV über das Internet. Geschäftskunden wünschen oft eine symmetrische Verbindung wie SHDSL, u.a. wegen der hohen Ausfallsicherheit, der enormen Leitungslängen und natürlich dem Vorteil, dass Down- und Upstream die gleiche Datenrate bieten. Das Mess-Equipment muss daher all diese Dienste gleichzeitig ausführen können. Außerdem sollte es anhand verschiedener Werte (sog. Scores) die Qualität seiner Simulation über die jeweilige Leitung beurteilen können. Dafür müssen Messgeräte einige Minimalanforderungen erfüllen.

Die wichtigsten Tests sollten sowohl mit dem IPv4- als auch mit dem neuen IPv6-Protokoll durchgeführt werden, die Unterstützung etablierter IPv4/v6-Übergangsmechanismen ist ebenfalls ein Kriterium. Zudem müssen Testgeräte in der Lage sein, z.B. via xDSL PPP-Verbindungen und anschließend – bei DSL und Ethernet – das Internetprotokoll erfolgreich aufzubauen.

Der testweise Aufbau der (DSL-)Verbindung ist meist recht einfach. Allerdings bereitet die Auslieferung des Dienstes häufig Probleme. Oft liegt das an den aus Nutzernamen und Passwörtern bestehenden PPP-Kennungen. Denn Kunden legen diese langen kryptischen Zeichenketten nur selten ordentlich ab, oft schleichen sich auch Tippfehler ein. Ein falsch konfiguriertes VLAN, das in seiner Wirkung wie eine fehlerhafte PPP-Kennung aussehen kann, kann ebenfalls die Auslieferung des Dienstes behindern.

Um diesen problematischen Punkt sicher zu umschiffen und Kundenzufriedenheit zu garantieren, ist es zwingend erforderlich, die vielen speziellen Einstellungen in flexible Profile mit zu-

verlässig funktionierenden Musterkennungen abzulegen und mit den zu simulierenden Anschlüssen, Protokollen und Diensten zu verknüpfen.

Daher sollte das Mess-Equipment bereits ein Musterprofil zur Verfügung stellen, das nur geringfügig angepasst werden muss – oder aber der Netzbetreiber unterstützt bei der Konfigurati-

on. Genuss seiner Dienste kommen. Falls doch noch sporadisch Probleme auftreten, bedarf es u.U. einer Langzeitmessung. Hier ist es hilfreich, wenn das Mess-Equipment die gewonnenen Daten an einen PC weitergeben kann. Im Telefonbereich ist auch bei ISDN-U<sub>k0</sub> eine Verbindung mit einer Gegenstelle herzustellen, genauso wie bei

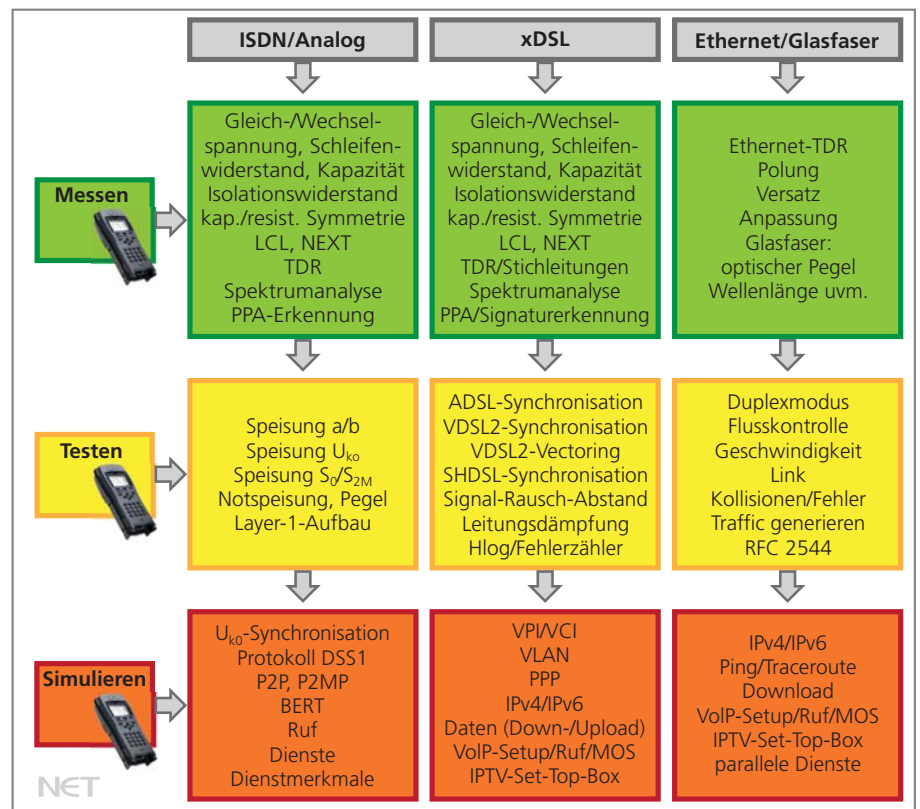


Bild 2: Trouble Shooting im Teilnehmeranschlussbereich: Messen, Testen und Dienste simulieren mit universeller TK-Messtechnik

dem Testgerät. Moderne Tools erlauben das Laden komplexer Konfigurationen mit verschiedenen Profilen – zugeschnitten auf viele große Netzbetreiber – und Verknüpfungen via PC.

Zum Abschluss der Simulation müssen die Dienste in Form von Down- oder Uploads, VoIP oder IPTV aufgesetzt werden. Auch hier liegt die Tücke in der äußerst komplexen Konfiguration, die für die erfolgreiche Simulation eines PCs, eines IP-Telefons oder einer Set-Top-Box notwendig ist. Parameter wie der MOS-Wert bei VoIP, der Delay Factor bei IPTV oder die Paketverlustrate sollten dabei automatisch parallel zur Simulation erhoben, aktualisiert und in einer Zusammenfassung angezeigt werden.

Verläuft auch dieser dritte Schritt problemlos, kann der Kunde in den vollen

einer gebäudeinternen S<sub>0</sub>-Schnittstelle. Zudem muss hier ein Protokoll (DSS1) zusammen mit einer Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung (P2MP) aufgebaut werden. Sind B-Kanäle verfügbar, kann man Dienste und darauf aufsetzende Dienstmerkmale simulieren – so lässt sich der Telefonbetrieb vor Ort messtechnisch mit einem einzigen Gerät garantieren.

Im Weiteren sollte zum Qualitätsnachweis über alle leitungsgebundenen Schnittstellen wie a/b, U<sub>k0</sub>, S<sub>0</sub> und S<sub>2M</sub> ein Testruf aufgebaut oder an den ISDN-Anschlüssen ein BER-Test durchgeführt werden. Mit dem passenden Mess-Equipment und dem entsprechenden Know-how lassen sich Leitungen so auch in einer komplexen Umgebung zuverlässig und sicher testen (Bild 2). (bk)