Datenübertragung mittels Trägerfrequenz über Hochspannungsleitungen

Autor(en): **Spiess, Hermann / Benninger, Hans**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **98 (2007)**

Heft 3

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-857414

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Datenübertragung mittels Trägerfrequenz über Hochspannungsleitungen

Modernste Trägerfrequenzgeräte bieten neue Möglichkeiten

Nachrichtenübertragung über Stromleitungen stand in jüngerer Zeit vor allem im Zusammenhang mit Breitbandkommunikation über die sogenannte «letzte Meile» im Brennpunkt des Interesses. An dieser Stelle wird nun über neue Entwicklungen von Trägerfrequenztechnik über Hoch- und Höchstspannungsfreileitungen[1)] berichtet.

Die TFH-Technik ist seit über 60 Jahren bei EVUs weltweit im Einsatz auf Spannungsebenen von 33 kV bis 1100 kV. Heute bietet sie dank modernster digitaler Signalverarbeitungstechnik

Hermann Spiess, Hans Benninger

neue Möglichkeiten zur kostengünstigen Übertragung von Sprache, Steuerdaten und Schutzsignalen für die Netzführung, aber auch als Notsystem für kritische Dienste, welche normalerweise über Breitbandnetze übertragen werden.

Die TFH-Technik gilt als robustes und kosteneffizientes Kommunikationsmittel, da sie einerseits die mechanisch robuste Hochspannungsleitung als Übertragungsmedium benützt und andererseits ihre Berechtigung als Notsystem (Back-up) in kritischen Situationen wiederholt bewiesen hat, wo andere Kommunikationsmittel die geforderte Verfügbarkeit nicht gewährleisten konnten oder gänzlich versagten. Erwähnenswert ist auch die Eigenschaft von TFH-Verbindungen, sehr lange Distanzen ohne Zwischenverstärker überbrücken zu können. So beträgt beispielsweise die längste mit ABB-Technik ausgerüstete verstärkerfreie TFH-Strecke der Welt über 1100 km und führt über eine Hochspannungsgleichstromleitung (HVDC) im südlichen Teil Afrikas.

Trotz dieser Vorteile geriet die TFH-Technik im Zuge der Einführung fiberoptischer Breitbandnetze etwas in den Hintergrund, bedingt durch den Nachteil der bis anhin sehr begrenzten Übertragungskapazität. Diesem Nachteil wird mit neuester digitaler TFH begegnet, welche dank neuer Modulations- und Codierungsverfahren grössere Bandbreiten zulässt und dieser Technik weltweit wieder zu neuer Attraktivität und Akzeptanz verholfen hat.

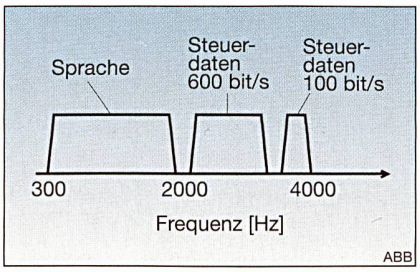

Bild 1 Typische Frequenzbandbelegung eines traditionellen 4-kHz-TFH-Kanals

Die neue TFH-Technik

Von der Einseitenbandtechnik zur digitalen Modulation

Die ersten TFH-Geräte aus den 1940er-Jahren benutzten Zweiseitenbandmodulation. Diese Modulationsart wurde jedoch bald durch die Einseitenbandmodulation abgelöst, die nur die halbe spektrale Bandbreite beansprucht. Ursprünglich konnte eine TFH-Verbindung lediglich einen Sprachkanal übertragen. Das Einseitenbandsignal belegte – wie das in der Telefonie bei der Frequenzmultiplextechnik üblich war – eine Bandbreite von 4 kHz pro Übertragungsrichtung. Später wurde die Bandbreite der Sprache nach oben eingeschränkt, was die Verständlichkeit etwas erschwerte, aber dafür die Übertragung von Steuerdaten zusätzlich zur Sprache ermöglichte (Bild 1).

Für die Übertragung der Steuerdaten wurde die Modulationsart Frequenzumtastung (FSK) eingesetzt. Dabei wird die Trägerfrequenz entsprechend den binären Daten «0» bzw. «1» zwischen zwei Werten umgetastet. Dieses einfache Verfahren ist gegenüber Signalverzerrungen des Übertragungskanals unempfindlich. Auch das bei Hochspannungsleitungen immer vorhandene Koronageräusch beeinträchtigt solche Datenkanäle ebenfalls nur wenig, d.h. selbst unter schwierigen Leitungsbedingungen funktioniert die Übertragung zuverlässig.

Ein Nachteil der FSK-Kanäle ist die bescheidene Bandbreiteneffizienz von 0,6 $bit \cdot s^{-1} \cdot Hz^{-1}$. Mit anderen Worten: Selbst wenn man auf die Übertragung von Sprache verzichtet und das ganze 4-kHz-Band für die Datenübertragung verwendet, ist keine höhere Übertragungsrate möglich als 2400 bit/s. Dies setzte dem Einsatz dieser Technik im Zuge der fortschreitenden Automatisierung Grenzen.

Um das Jahr 1990 erschienen die ersten TFH-Geräte auf dem Markt, in denen die zentrale Übertragungsaufgabe von einem Modem mit hoher Bandbreiteneffizienz übernommen wurde. Die dabei eingesetzten Modulationsverfahren sind ähnlich denjenigen für schnellen Internetzugang über Telefonleitungen oder für digitales Kabelfernsehen, jedoch optimiert für die schwierigen Übertragungsverhältnisse langer Freileitungen. Für diese neue TFH-Technik wurde die Bezeichnung «Digitale TFH» (DTFH) verwendet.

Die Bandbreiteneffizienz eines modernen DTFH-Modems liegt typischerweise bei 8 $bit \cdot s^{-1} \cdot Hz^{-1}$, d.h., die mit DTFH erreichbare Übertragungsrate liegt um mehr als das 10-Fache über dem mit

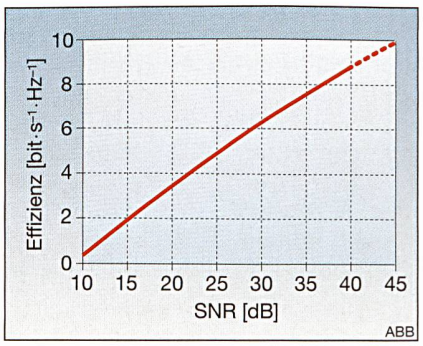

Bild 2 Bandbreiteneffizienz des ETL600-DTFH-Modems

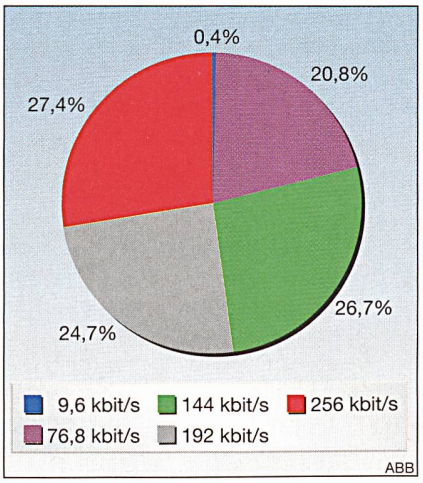

Bild 3 Auftretenshäufigkeit der 5 Datenraten des DTFH-Modems

ATFH[2)] erreichbaren Wert. In einem 4-kHz-Kanal lassen sich mit DTFH somit 32 kbit/s übertragen, in einem 8-kHz-Kanal 64 kbit/s usw.

Zur gleichzeitigen Übertragung von mehreren Datenkanälen wird ein Multiplexer benötigt, der die einzelnen Dienste durch zeitliche Verschachtelung zu einem einzigen Datenstrom vereint. Sprache wird in einen digitalen Datenstrom codiert und wie die übrigen Datenkanäle ebenfalls über das DTFH-Modem übertragen, wobei je nach Anwendung auch digitale Sprachkompressionsverfahren zum Einsatz gelangen.

Physikalisch bedingt hängt die maximale Übertragungsgeschwindigkeit (Datenrate) vom Geräuschabstand beim Empfänger ab, das heisst vom Verhältnis der empfangenen Nutzsignalleistung zum störenden Geräusch (Signal-to-Noise Ratio, SNR). Typisch für TFH-Verbindungen ist, dass der Pegel des störenden Koronageräuschs stark von den Witterungsbedingungen abhängig ist. Beispielsweise erfordert der Betrieb mit $8\,\mathrm{bit}\cdot\mathrm{s}^{-1}\cdot\mathrm{Hz}^{-1}$ ein SNR von etwa 40 dB. Dies bedeutet, dass die Leistung des Koronageräuschs mindestens 10 000-mal kleiner sein muss als die des DTFH-Signals auf der Hochspannungsleitung, was bei gutem Wetter in der Regel zutrifft. Bei schlechtem Wetter hingegen muss infolge des viel stärkeren Koronarauschens die Übertragungsgeschwindigkeit reduziert werden. Die Umschaltung zwischen Schön- und Schlechtwetterbetrieb erfolgt sinnvollerweise automatisch in Abhängigkeit des Geräuschpegels auf der Hochspannungsleitung. Schon 1999 präsentierte ABB das weltweit erste digitale TFH-System mit automatischer Geschwindigkeitsanpassung. Die automatische Datenratenadaptation ermöglicht dabei die optimale Ausnutzung des Kanals im Sinne höchster mittlerer Übertragungsgeschwindigkeit. Besonders vorteilhaft wird die automatische Datenratenadaption im Zusammenhang mit Endgeräten eingesetzt, welche sich an die aktuelle Datenrate anpassen können, wie zum Beispiel statistische Multiplexer oder «elastische» IP-Dienste. Mit der neuesten Generation ETL600 brachte ABB ein Gerät auf den Markt, das die Vorzüge traditioneller TFH mit modernster digitaler TFH kombiniert und einen neuen Weltrekord bezüglich erreichter Datengeschwindigkeit über lange Hochspannungsfreileitungen setzte.

Funktionsweise der DTFH

Die Modems der heute auf dem Markt angebotenen DTFH-Geräte arbeiten entweder nach dem Einträger- oder dem Mehrträgermodulationsverfahren. Während bei Ersterem ein einziges Modem den ganzen Datenstrom übernimmt, werden bei Letzterem in dem zur Verfügung

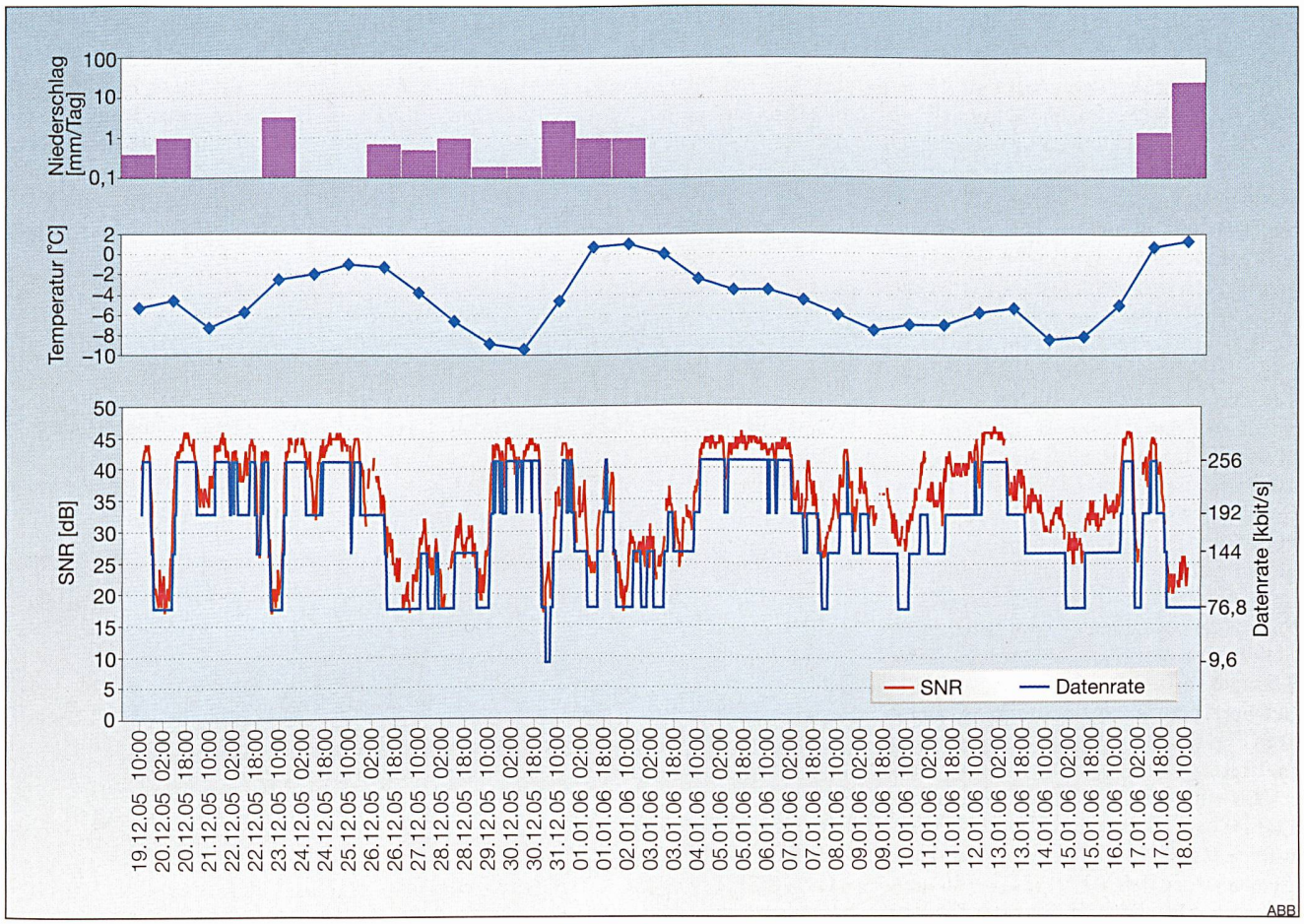

Bild 4 Verlauf von SNR, Datenrate, Temperatur und Niederschlag über die Testperiode

Einstellungen		*Resultate*	
Sendeleistung des DTFH-Signals	4 W	Mittlere erreichte Datenrate über die Testperiode	169 kbit/s
Bandbreite pro Übertragungsrichtung	28 kHz	Verfügbare Zeit	99,93%
Datenraten des DTFH-Modems	256, 192, 144, 76,8 oder 9,6 kbit/s	Nicht verfügbare Zeit	0,07%
Automatische Datenratenadaptation		Fehlerbehaftete Sekunden	10,98%
		Stark fehlerbehaftete Sekunden	0,53%

Tabelle

stehenden Frequenzband sehr viele Modems – typischerweise zwischen 100 und 500 – in einem sehr engen Frequenzraster verpackt parallel betrieben, wobei jedes der Modems einen Teil der zu übertragenden Daten übernimmt.

Beim Einträgerverfahren ist die automatische Datenratenadaptation nur in grossen Schritten möglich, typischerweise durch Halbierung bzw. Verdoppelung der Datenrate. Demgegenüber ist beim Mehrträgerverfahren eine praktisch beliebige Abstufung der Datenrate möglich, da den einzelnen Modems – angepasst an die Qualität des zugehörigen Teilkanals – unterschiedliche Datenraten und Signalleistungen zugewiesen werden können.

Bei beiden Verfahren kann als Kriterium für die automatische Umschaltung der Datenrate die Qualität des empfangenen Modemsignals herangezogen werden. Im Falle des Mehrträgerverfahrens werden dabei Signalleistung und Datenstrom unter den einzelnen Modems neu aufgeteilt, wobei stark gestörte Teilkanäle sogar vollständig ausgeblendet werden können.

Feldversuche in der Schweiz

Um das Verhalten der neuen DTFH zu testen, wurden Messungen auf einer 100 km langen 400-kV-Leitung in der Schweiz zwischen Benken in der Linthebene und Sils im Domleschg durchgeführt. Diese im Betrieb stehende Leitung wurde vom Elektrizitätswerk der Stadt Zürich für diese Messungen freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Zum Einsatz kam das oben erwähnte, von ABB Schweiz entwickelte neue DTFH-Gerät vom Typ ETL600, das seit 2006 weltweit im Einsatz ist.

Das im ETL600-Gerät eingesetzte DTFH-Modem verwendet das oben erwähnte Mehrträgermodulationsverfahren. Die Datenrate und damit die Bandbreiteneffizienz können in einem weiten Bereich eingestellt werden. Bild 2 zeigt den resultierenden Zusammenhang zwischen SNR und Bandbreiteneffizienz. Bei sich ändernden Übertragungsbedingungen schaltet das Modem selbstständig um auf denjenigen von 5 vorzugebenden Arbeitspunkten, der unter den gegebenen Bedingungen die höchste Datenrate erlaubt.

Testperiode Winter 2005/2006

Ziel der Tests war es, das Betriebsverhalten unter realen Bedingungen messtechnisch zu erfassen und die Effektivität der automatischen Datenratenadaption nachzuweisen. Für die Testperiode wurden Wintermonate ausgewählt, da dann die Übertragungsbedingungen infolge der Witterungseinflüsse (Regen, Schnee, Raureif, Eis) erfahrungsgemäss schwierig sind. Die Einstellungen und die erzielten Resultate sind in der Tabelle zusammengestellt.

Die Grössen «Verfügbare Zeit» (Available time), «Nicht verfügbare Zeit» (Unavailable time), «Fehlerbehaftete Sekunden» (Errored seconds) und «Stark fehlerbehaftete Sekunden» (Severely errored seconds) sind im Standard der International Telecommunication Union (ITU-T) G.821 definiert.

Der gemessene hohe Wert der Verfügbarkeit der DTFH-Verbindung von über 99,9% ist nur mittels der automatischen Datenratenadaptation erreichbar. Ohne automatische Datenratenadaptation würde je nach gewählter Datenrate eine wesentlich schlechtere Verfügbarkeit oder eine wesentlich tiefere mittlere Datenrate resultieren. Dies ergibt sich aus der in Bild 3 gezeigten Häufigkeit des Auftretens der 5 vorgegebenen Datenraten. Die tiefste Datenrate 9,6 kbit/s trat nur einmal während 2½ Stunden in der Silvesternacht auf, während die anderen Datenraten mit Häufigkeiten zwischen 20% und 27% vorkamen.

In Bild 4 ist der Verlauf verschiedener Messwerte über die Testperiode dargestellt. Die Resultate zeigen, dass das DTFH-Modem die Übertragungsdatenrate entsprechend der Stärke des jeweils vorhandenen Koronageräuschs anpasst. Der SNR-Verlauf weist Schwankungen zwischen 17 und 47 dB auf, das Koronageräusch ist somit bei schlechtem Wetter bis zu 1000-mal stärker als bei gutem Wetter. Die Datenrate folgt dem SNR-Verlauf, wie dies aufgrund der in Bild 2 gezeigten Abhängigkeit zu erwarten war. Wie ersichtlich, wurden tiefe SNR-Werte meist von Niederschlag verursacht, traten jedoch im Januar auch aufgrund von Reifbildung auf. Bemerkenswert ist, dass selbst bei aussergewöhnlich schlechten Bedingungen eine Datenübertragung mit

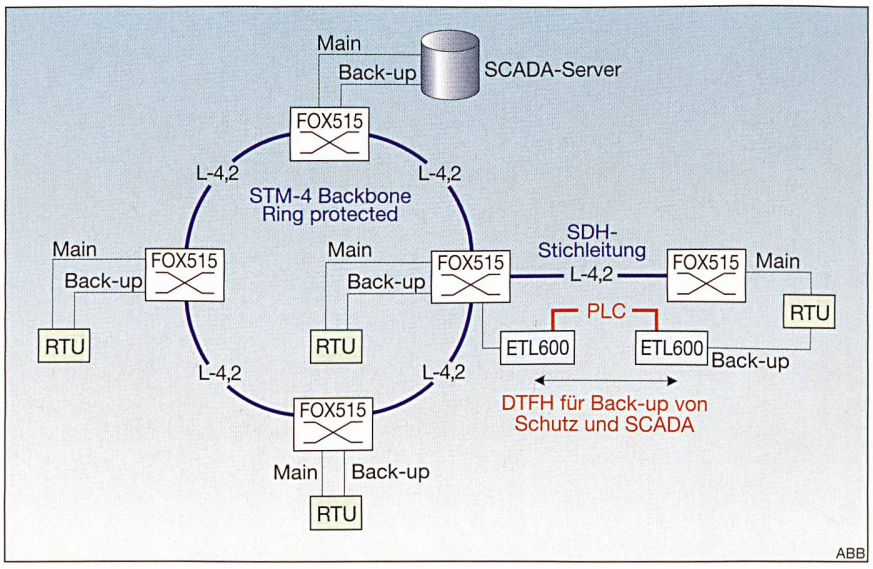

Bild 5 Redundanz für kritische Dienste mittels digitaler TFH

FOX515: SDH-Knoten (SDH: Synchronous Digital Hierarchy)
ETL600: DTFH
RTU: SCADA[3)]-Unterstation

9,6 kbit/s möglich war, was mit klassischer TFH-Technik nicht erreichbar gewesen wäre. Durch Erhöhen der Sendeleistung hätte die Verfügbarkeit bzw. die mittlere Übertragungsgeschwindigkeit noch erhöht werden können.

Neue Einsatzmöglichkeiten

Nebst dem Einsatz im traditionellen Rahmen bietet die digitale TFH-Technik dank der grösseren Bandbreite neue Möglichkeiten im Zusammenhang mit aktuellen datenintensiven und vernetzten Anwendungen. Dies sind zum Beispiel:

- Höhere Datenraten für SCADA[3)] und RTU[4)], jeweils mit serieller oder auf TCP/IP basierender Kommunikation entsprechend IEC 60870-5-101 oder IEC 60870-5-104.
- Mehr Sprachkanäle durch Einsatz digitaler Sprachkompression und/oder VoIP-Technologien.
- Kopplungen von lokalen Netzwerken (LANs) über TFH-Verbindungen.
- Erhöhung der Verfügbarkeit von wichtigen Diensten durch TFH-Alternativrouten (Diversity).
- Notnetz für kritische operationelle Dienste wie Schutz- und Steuerbefehle, welche normalerweise über das Breitbandnetz geführt werden.

Als Beispiel zeigt Bild 5 die redundante Anbindung einer Unterstation über eine optische Breitbandverbindung und einer DTFH-Strecke als Back-up für ausgewählte wichtige Dienste wie Schutz und SCADA.

Bild 6 zeigt ein integriertes Netz, in welchem mittels DTFH entfernte Unterstationen eingebunden werden und durch Ringbildung die Verfügbarkeit kritischer Schmalbanddienste erhöht wird. IP-Technologien erlauben hier, neuartige Konzepte umzusetzen.

Stellvertretend für eine aktuelle innovative Anwendung für DTFH wird als letztes Beispiel ein fehlertolerantes Kommunikationsnetz vorgestellt, welches zurzeit in Italien nach einer längeren Erprobungsphase durch ENEL SpA[5)] schrittweise landesweit implementiert wird.

Durch dieses Projekt sollte der Datenverkehr zwischen Netzleitstellen und Unterstationen mit sehr hoher Verfügbarkeit kostenoptimal gewährleistet werden. Aufgrund einer Kosten-Nutzen-Analyse hat sich als Übertragungsmedium das bestehende Hochspannungsfreileitungsnetz als effizienteste Lösung angeboten. Unterstationen werden mittels DTFH über das vermaschte Hochspannungsnetz mit einem Zugangsknoten zum Breitbandnetz verbunden, von welchem die Daten über das digitale Breitbandnetz zu den nationalen Leitzentren gelangen. Das Prinzip ist in Bild 7 am Bespiel des Teilnetzes in Sizilien gezeigt. Eine hohe Zuverlässigkeit der Kommunikation wird dadurch sichergestellt, dass jede Unterstation den Zugangsknoten über mindestens zwei Routen (Hochspannungsleitungen) erreichen kann, wobei die automatische Auswahl des jeweils optimalen Pfades den IP-Routern in den Unterstationen obliegt.

Wie in den vorgängigen Ausführungen beschrieben, unterliegt die erreichbare Übertragungsgeschwindigkeit der DTFH-Strecken den vorherrschenden Leitungsbedingungen. Die flexible Anpassung der Datenrate der neuen TFH-Generation von ABB erlaubt es, die jeweils maximale Kapazität optimal auszuschöpfen. Die Nutzdaten (Dienste) werden entsprechend ihrer zugeordneten Priorität automatisch auf dem bestmöglichen Pfad von der Quelle zur Senke geleitet. «Bestmöglich» basiert dabei auf Kriterien wie verfügbare Kapazität und minimale Signallaufzeiten. Mit Traffic-Management-Funktionen wird sichergestellt, dass im Falle von Kapazitätsengpässen kritische Daten für Netzführung und Schutz gegenüber weniger wichtigen Diensten den Vorrang erhalten.

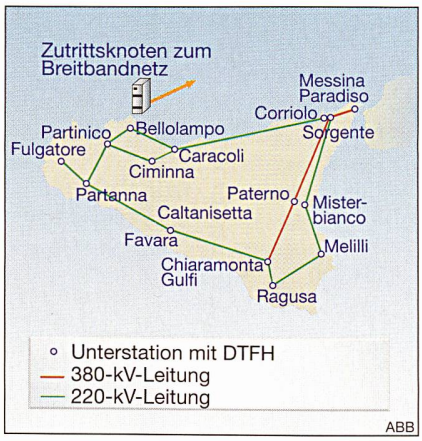

Bild 7 Vermaschtes Zubringernetz mit digitaler TFH in Sizilien

Zusammenfassung und Ausblick

Wie mit den Feldversuchen in der Schweiz gezeigt wurde, sind heute mit ETL600-Geräten von ABB bei guten Be-

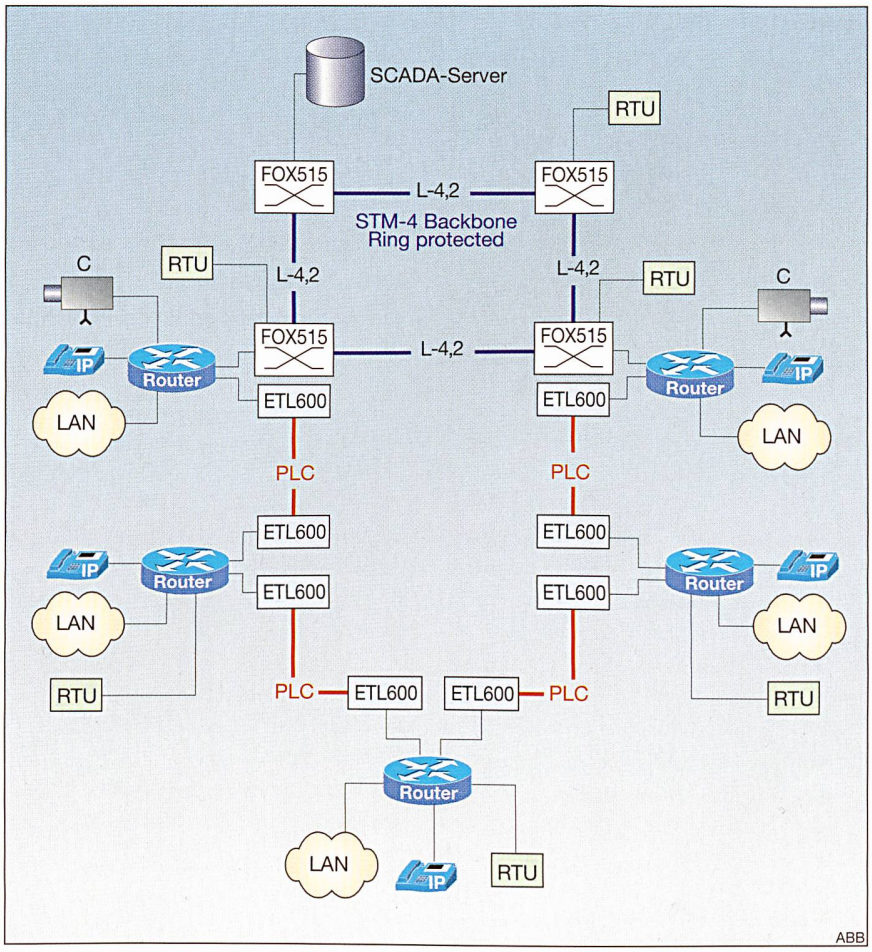

Bild 6 Integriertes, fehlertolerantes Netz mit SDH- und TFH-Ringstruktur

dingungen Geschwindigkeiten bis etwa 300 kbit/s auf Höchstspannungsfreileitungen erreichbar, was gegenüber traditioneller TFH eine etwa 50- bis 100-fache Verbesserung darstellt und hinsichtlich Datenrate in der Grössenordnung von ADSL-Modems für Breitbandinternetzugang liegt – allerdings nicht über die Telefonleitungen der «letzten Meile», sondern über lange Hochspannungsfreileitungen im elektromagnetisch rauen Umfeld von Kraftwerken und Unterstationen. Damit ist diese Technologie nicht nur als kostengünstige Lösung für Zubringerlinks abgelegener Unterstationen vorteilhaft, sondern auch als Notnetz für wichtige operationelle Dienste interessant. Mit der Bereitstellung von Ethernet/IP-Funktionalität und standardisierten Netzwerkmanagementfunktionen (SNMP) ist auch der Weg zur Integration in moderne digitale Netze offen.

Zurzeit sind bereits mehrere Hundert Systeme mit der neuesten DTFH-Generation von ABB weltweit in Betrieb, sowohl als eigenständige Netze oder kombiniert mit fiberoptischen Breitbandausrüstungen als integrierte Lösung für kritische Kommunikationsanwendungen in der Energiewirtschaft. Ihre starke Stellung zur Übertragung von Schutzbefehlen in elektrischen Transportnetzen wird die TFH-Technik auch weiterhin behalten.

Angaben zu den Autoren

Hermann Spiess, dipl. El.-Ing. ETH, ist bei ABB Schweiz seit 2001 Leiter des Produktmanagements für Kommunikationssysteme und Schweizer Delegierter im Cigré-Studienkommittee D2 (Informationssysteme und Telekommunikation).
ABB Power Systems, 5400 Baden,
hermann.spiess@ch.abb.com

Hans Benninger, dipl. El.-Ing. ETH, ist bei ABB Schweiz im Bereich Forschung und Entwicklung als Systemingenieur für Entwicklung und Engineering von Trägerfrequenzanlagen tätig.
ABB Power Systems, 5400 Baden,
hans.benninger@ch.abb.com

Résumé

Transmission de données par fréquence porteuse sur lignes à haute tension

Des appareils ultra-modernes à fréquence porteuse offrent de nouvelles possibilités. Le transport de données par lignes électriques a suscité ces derniers temps un vif intérêt surtout dans le domaine de la communication à large bande sur le «dernier kilomètre». L'article présente maintenant de nouveaux développements de la technique à fréquence porteuse sur lignes aériennes à haute et très haute tension.

[1] TFH: Trägerfrequenz über Hochspannungsleitungen; PLC: Power Line Carrier.
[2] ATFH: analoge TFH.
[3] SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition.
[4] RTU: Remote Terminal Units.
[5] VoIP: Voice over IP.
[6] ENEL SpA: Ente nazionale per l'energia elettrica, grösster italienischer Energieversorger, www.enel.it.

Multimedia in jedem Zimmer: So einfach geht's!

Nie war der Multimedia-Genuss grösser als mit BKS HomeNet®. Das Verkabelungssystem der BKS Kabel-Service AG ermöglicht mit geringstem Aufwand echte Multimedia-Nutzung in den eigenen vier Wänden.

Telefonieren, Fernsehen, Surfen im Internet – alles zeitgleich und im selben Haushalt – ist Alltag pur. Der Idealfall bei Neubauten oder Umbauten vor diesem Hintergrund sieht deshalb so aus: Multimedia-Anschluss in jedem Zimmer bzw. an jedem Arbeitsplatz. Oder eben noch besser: Vier gleichzeitig nutzbare Anschlüsse pro Steckdose.
HomeNet schafft das mit dem kleinstmöglichen Aufwand. Das weiterentwickelte Multimedia-Verkabelungssystem der BKS benötigt nur ein einziges Kabel, das zum Multimedia-Anschluss geführt wird. Die Steckdose MMC3000pro ermöglicht die gleichzeitige, 4-fache Nutzung dieses superschnellen Daten-Highways. Das Beste daran ist: Die vier Zugänge pro Anschluss sind beliebig und jederzeit benutzergerecht neu zuteilbar. Ob 4x Telefon/Fax oder 1x Telefon, 1x TV (auch Satelliten-Fernsehen!), 1x EDV/ Internet oder 1x TV, 1x Video, 1x Audio, 1x Telefon/ Fax – alles ist möglich. HomeNet überträgt sogar Steuersignale, beispielsweise für Alarmanlagen, Gegensprechanlagen u.a.m.
Für Endnutzer bedeutet HomeNet totales Multimedia-Vergnügen mit Flexibilität auf Jahre hinaus.

MMC3000*pro*
Drei montagefertig gelieferte Teile garantieren beste Aufschaltperformance.

Mehr Informationen zu HomeNet und MMC3000pro gibts beim TV- und Elektroinstallateur, den regional verankerten HomeNet-Partnern oder direkt bei:

BKS
www.bks.ch

BKS Kabel-Service AG
Fabrikstrasse 8
CH-4552 Derendingen
Tel.: 0848CALLBKS oder +41 32 681 54 54
Fax: +41 32 681 54 59
E-Mail: homenet@bks.ch

BKS Kabel-Service AG
Rue des Pêcheurs 8E
CH-1400 Yverdon-les-Bains
Tél.: +41 24 426 27 87
Fax: +41 24 426 27 90
E-mail: romandie@bks.ch

B&S