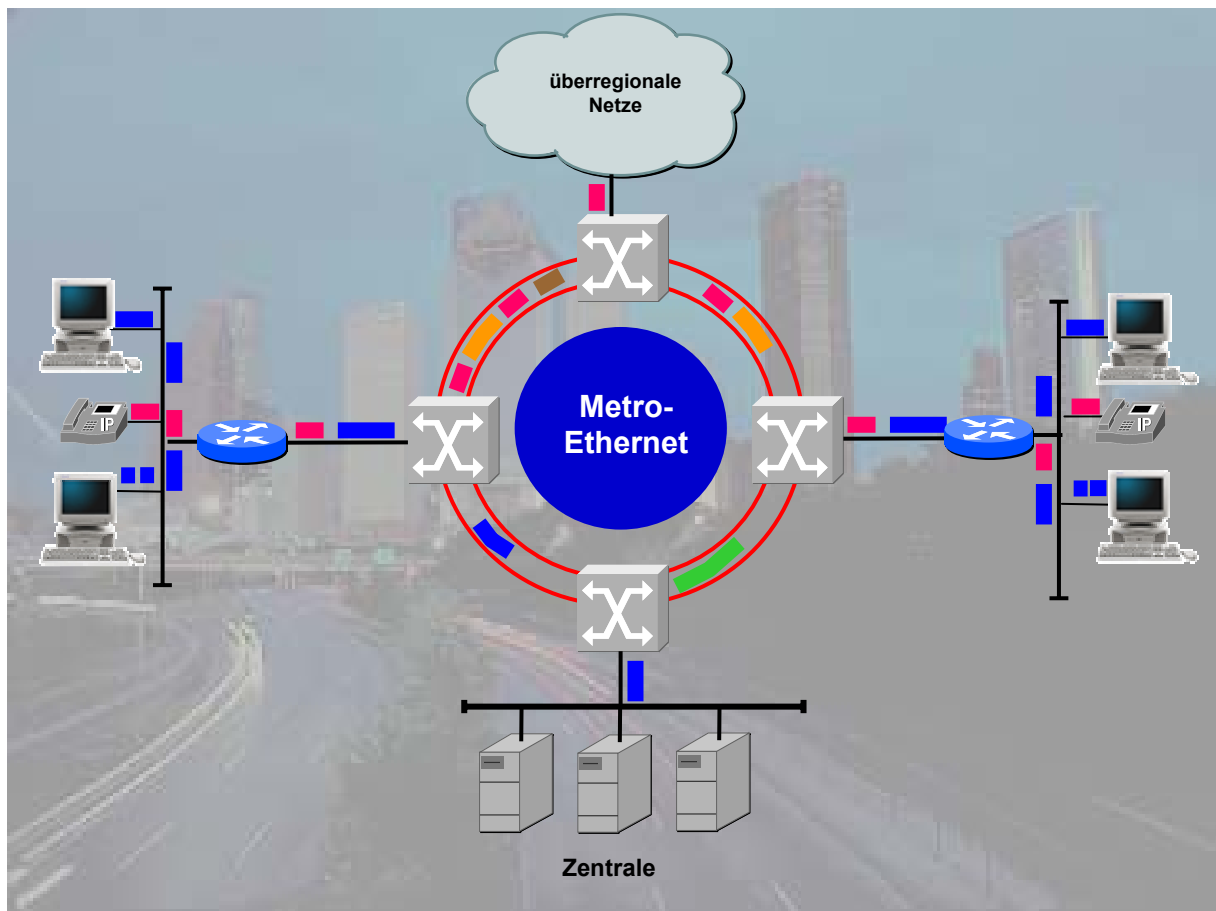


# Citydatennetze mit Metro-Ethernet-Technik



**Autor:** Siegbert Reuther, Reuther NetConsulting ([info@metroethernet.net](mailto:info@metroethernet.net))

## FAQs (frequently asked questions)

### Wofür steht Metro-Ethernet?

Metro-Ethernet steht für den Einsatz der im LAN bewährten Ethernet-Technologie in **regionalen Netzen**. Metro ist die Abkürzung für Metropolitan und bedeutet wörtlich übersetzt Hauptstadt, hier sinngemäß Wirtschaftsregion.

### Ist Ethernet-Technik überhaupt „Carrier tauglich“?

Im Carrierumfeld werden im Wesentlichen folgende Anforderungen gestellt:

- erhöhte Reichweiten, typisch bis zu 60km ohne Zwischenverstärker
- schnelle Ersatzwegschaltung bei Ausfall einer Leitung oder eines Systems
- erhöhter Schutz zur Wahrung der Vertraulichkeit und Integrität der Kundendaten
- Absicherung gegen Denial-of-Service-Attacken
- Dienstgüte zur Unterstützung von Echtzeitanwendungen (Voice-over-IP, Videokonferenzen, ...)
- sehr hohe Zuverlässigkeit (mean time between failure (MTBF) > 100.000h)

### Mit welcher Technik wurden Metronetze bisher gebaut?

Basis fast aller regionalen Netze war bisher die SDH-Technik. SDH steht für **Synchrone Digitale Hierarchie** und ist bis heute die Standardtechnologie beim Aufbau klassischer Telekommunikationsnetze im **Wide Area Network (WAN)**. SDH arbeitet Leitungen vermittelnd und wurde „mit Sprache als Kommunikationsanwendung im Hinterkopf“ entwickelt, Ethernet Pakete vermittelnd und wurde „mit Daten als Kommunikationsanwendung im Hinterkopf“ entwickelt.

### In welchem Netzabschnitt kommt Metro-Ethernet typischerweise zum Einsatz?

Zum einen auf der Anschlussleitung zum Kunden. Der Kunde kann dabei mittels Ethernetleitung an das bestehende Citydatennetz angebunden werden. Transportnetz beim Provider bleibt hier oft das schon vorhandene klassische SDH. Die dahinter liegende Technik wird Packet-over-SONET (POS) genannt. SONET steht für das amerikanische Äquivalent des europäischen SDH und ist mit diesem weitestgehend kompatibel.

Ethernet kann neben der Kundenanschlussleitung auch im Transportnetz (Backbone) eingesetzt werden. Hierdurch können Firmenstandorte innerhalb einer Region durchgehend mit Ethernet-Technik vernetzt werden.

### In welcher Rolle findet sich ATM hier wieder?

ATM (Asynchronous Transfer Mode) ist **hier** Konkurrenztechnik zu Ethernet. Da sich Ethernet im LAN behauptet hat, ATM wollte Mitte der 90er Jahre in diesen Bereich eindringen, spielt ATM heute im Regelfall nur im WAN eine Rolle.

## Wie lassen sich die verfügbaren Techniken voneinander abgrenzen oder kombinieren?

### 1. SDH pur

SDH ist Standard in klassischen TK-Netzen. Da es sich bei SDH um eine OSI-Layer-1-Technologie handelt, können allerdings nur fest eingerichtete Leitungen (Punkt-zu-Punkt-Verbindungen) bereitgestellt und betrieben werden. Vermittlungsfunktionen sind erst ab Layer-2 verfügbar. In der Praxis werden hier auf SDH-Ringe, Switchsysteme aufgesetzt (ATM, Frame-Relay, Ethernet, ...). Siehe Bild 1.

Allerdings werden optische Netze (**Wave Division Multiplexing** = WDM) SDH langfristig verdrängen.

### 2. Ethernet pur

Beim Start „auf der grünen Wiese“ bietet Ethernet heute eine sehr preisgünstige und dennoch leistungsfähige Lösung eine Region zu vernetzen. Gemeinsam mit der Sprachübertragungstechnik Voice-over-IP (VoIP) kann ein attraktives Angebot „Daten + Sprache“ aus einer Hand über ein homogenes Netz vermarktet werden. Siehe Bild 2.

### 3. SDH und Ethernet:

Etablierte Provider haben oft bereits SDH-Ringe aufgebaut. Da Ethernet als Kundenanschlussleitung wesentlich flexibler und kostengünstiger ist als klassische Anschlussleitungstechnik, wie z.B. eine E1 mit 2MBit/s, wird Ethernet immer häufiger als Zubringer zum bestehenden SDH-Netz eingesetzt.

### 4. SDH und ATM:

SDH und ATM ist die klassische Kombination im WAN. Auf dieser Basis können vermittelnde Dienste mit definierbarer Dienstgüte bereitgestellt werden. Viele Provider betreiben auf Basis ihrer ATM-Plattform auch andere Dienste, wie Frame-Relay und Internetzugang.

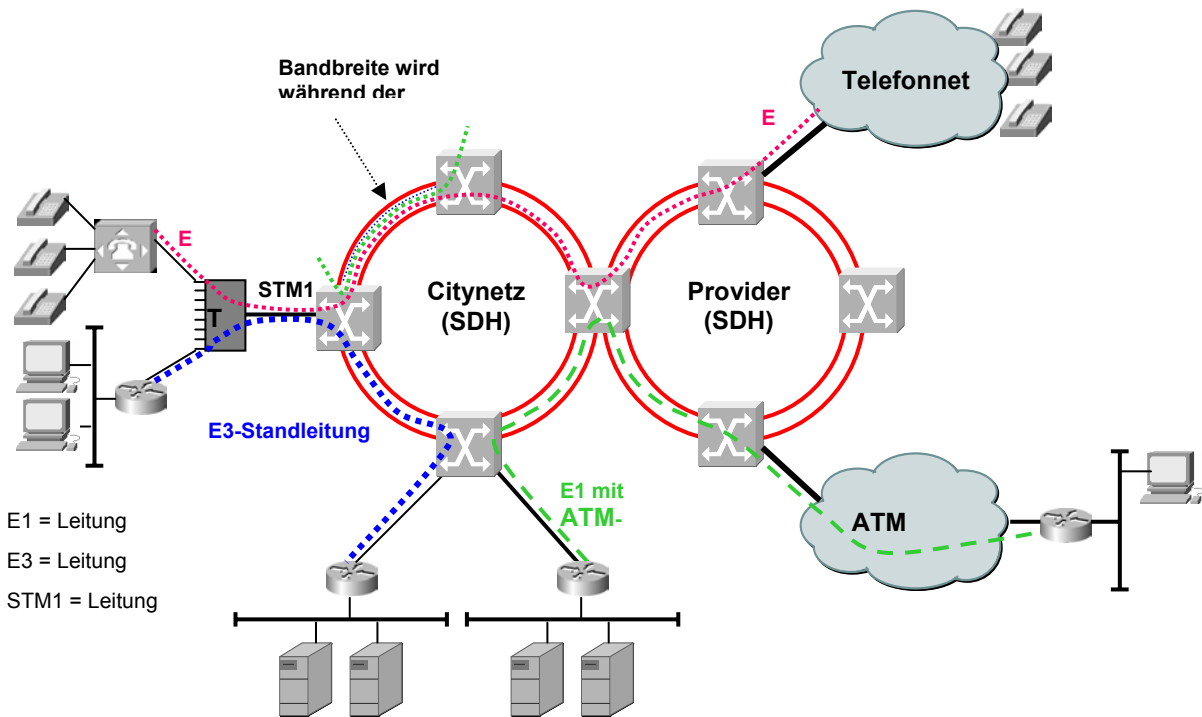
**Grob** betrachtet steht Ethernet mit SDH + ATM in Konkurrenz.

### 5. ATM pur

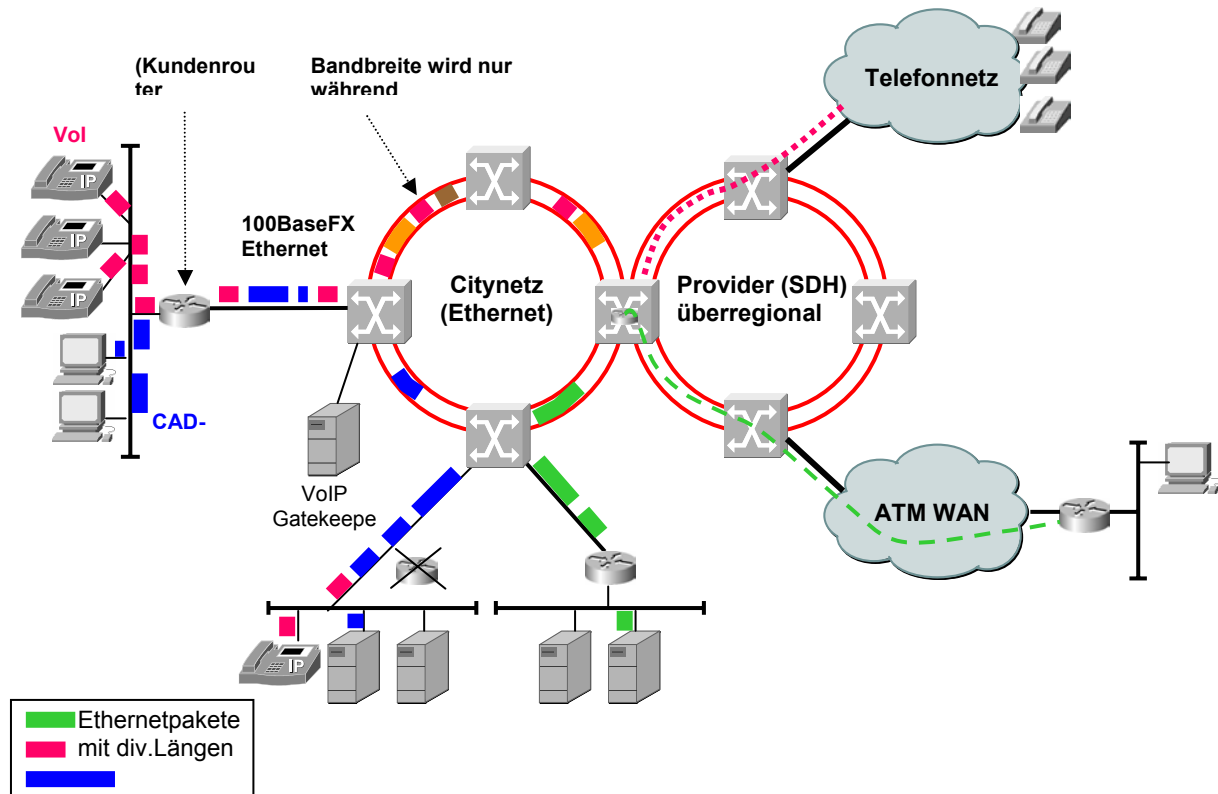
ATM ist von der Aufgabe her vergleichbar mit Ethernet und verfügt als Layer-2-Technik ebenfalls nur über sehr einfache Kontrollfunktionen im Layer-1. Hier punktet SDH nach wie vor durch Signalüberwachung, Leitungsalarm etc.

ATM wäre zwar als LAN-Technik geeignet, hat sich gegenüber Ethernet aber nicht durchsetzen können. Der viel versprechende Ansatz „ATM für jeden Dienst in jedem Netz“ ist seit der Verabschiedung des Ethernet-Gigabit-Standards im Jahr 1998 ausgeträumt.

**Bild 1: Typisches Citydatennetz auf Basis SDH mit überregionaler Anbindung**



**Bild 2: Typisches Citydatennetz auf Basis Ethernet mit überregionaler Anbindung (SDH)**



## **Warum werden Paket vermittelnde Übertragungstechniken wie Ethernet immer wichtiger?**

Der Schwerpunkt der zu übertragenden Information verschiebt sich seit Jahren von der Sprache hin zu Daten. Der Datenverkehr wächst dabei mit mehreren hundert % p.a., Sprachverkehr hingegen nur im einstelligen %-Bereich.

Leitungsbasierende Vermittlungstechniken, wie SDH/PDH und die daraus resultierenden Dienste ISDN und Standleitungen, sind mit „Sprache im Hinterkopf“ entwickelt worden. Hier wird für die Zeitdauer der Kommunikation eine feste Verbindung zwischen A und B aufgebaut und die dafür notwendige Bandbreite im Netz reserviert. Typische Anwendung ist ein Telefonat mit einer relativ konstanten Bandbreitenanforderung während der „Sitzung“.

**Datenübertragung** hingegen hat eine andere Charakteristik. Zum einen sind meist viele Kommunikationspartner gleichzeitig miteinander verbunden, man denke nur an das Internet, zum anderen ist der **Bandbreitenbedarf** im Gegensatz zur Sprache **stark schwankend**. Paket vermittelnde Dienste wie Ethernet sind speziell für den Einsatz in Datennetzen entwickelt worden und decken diese flexiblen Anforderungen dadurch wesentlich besser ab. Folge ist eine wesentlich höhere Netzeffizienz beim Einsatz von z.B. Ethernet zur Übertragung von Daten als beim Einsatz von Leitungsorientierter Technik. Da sich sowohl Sprache als auch Video mittlerweile sehr gut über Datennetze übertragen lassen, gibt es in der Fachwelt die weit verbreitete Meinung:

**Paketvermittlung wird Leitungsvermittlung langfristig ablösen.**

## **Warum nun Metro-Ethernet?**

### **Die Datenendpunkte sprechen mehrheitlich Ethernet**

Im Regelfall steht am einen Ende der Übertragungskette ein PC am anderen Ende ein Server. Beide sind im Regelfall mit Ethernetkarten am Netz angebunden. Bereits mehr als 90% aller Daten werden als Ethernetpakete auf die Reise geschickt und enden wiederum als Ethernetpakete. Warum dazwischen eine andere Netztechnologie einsetzen?

### **Ethernet ist kostengünstig und standardisiert**

Ethernet wird bereits in hunderten von Millionen Endgeräten weltweit eingesetzt. Diese hohen Stückzahlen machen Ethernet-Equipment kostengünstig.

Ethernet ist mittlerweile 30 Jahre gereift, wurde dabei ständig auf Basis von (neuen) Standards weiterentwickelt.

Ethernet ist seit einigen Jahren unangefochtener LAN-Industriestandard und für Endgeräte verschiedenster Art verfügbar. Vor allem in den letzten Jahren wurde das Leistungsspektrum ständig erweitert und die Preise dennoch kontinuierlich gesenkt.

### **Ethernet ist unkompliziert**

Ethernet ist, im Gegensatz zu ATM, absolut „einfach“ aufgebaut. Frühere Nachteile von Ethernet gegenüber damals konkurrierenden Techniken wie Token-Ring, FDDI und ATM wurden durch standardisierte Protokollerweiterungen aufgehoben. Zugegeben macht dies Ethernet wieder etwas komplexer aber nicht unnötig kompliziert. Ethernet-Know-How ist beim Anwender und am Markt weit verbreitet und verfügbar.

### **Ethernet ist eine Any-to-Any-Technik**

Telefonie (Sprache) ist eine typische Punkt-zu-Punkt-Anwendung (point-to-point). Sind z.B. bei einer Telefonkonferenz mehr als zwei Endpunkte beteiligt, muss ein zentrales Element (Konferenzserver oder TK-Anlage) die Endpunkte entsprechend zusammenschalten. Für jeden Teilnehmer ist dabei eine separate Leitung zum Sternmittelpunkt notwendig.

TV (Video) ist eine typische Broadcast-Anwendung (point-to-multipoint). Um z.B. eine Fernsehübertragung über ein ISDN-Netz „auszustrahlen“, wären so viele Leitungen wie Teilnehmer notwendig.

Datenanwendungen sind typische Punkt-zu-Mehrpunkt-Anwendungen (point-to-multipoint). Ethernet kann als any-to-any-Technik hier alle erwähnten Anwendungen transportieren und ist somit die flexibelste Netztechnik.

### **Ethernet ist leicht skalierbar**

Ethernet ist mit Leitungsbandbreiten von 10MBit/s, 100MBit/s, 1000MBit/s und 10.000MBit/s verfügbar. Führende Ethernet-Switchhersteller erreichen je Chassis durchaus eine Größenordnung von 500 x 100MBit-Glasfaserports bei 18 Höheneinheiten. Höhere Portzahlen werden durch Vernetzung mehrerer Switches untereinander erreicht. Die effektiv nutzbare Bandbreite auf den Kundenanschlussleitungen kann durch Rate Limiting oder Traffic Shaping im Regelfall in %-Schritten per Software eingestellt werden (z.B. 1 – 100MBit/s in 1MBit/s-Schritten). Somit ist Bandbreitenanpassung selbst auf einer fertig eingerichteten Leitung leicht möglich.

### **Ethernet nutzt die Bandbreite im Carrier-Backbone effizienter als SDH**

SDH teilt die verfügbare Bandbreite fest bestimmten Kundenverbindungen zu. Aus 155MBit/s-Ringbandbreite können z.B. 4 x 34MBit/s-Leitungen gebildet werden. Ist nur eine dieser 34M-Leitungen stark belastet, kann keine Bandbreite von einer anderen schwächer belasteten 34M-Leitung mitgenutzt werden.

Ethernet arbeitet als statistischer Multiplexer und stellt Bandbreite für Pakete bei Bedarf zur Verfügung. Es findet keine feste Reservierung statt. Jeder Kommunikationsknoten kann die volle Bandbreite belegen, solange andere Knoten keinen Übertragungsbedarf haben. Konkurrieren mehrere Knoten um die Bandbreite, muss eine gerechte Zuteilung der Übertragungskapazität gefunden werden (das ist übrigens das größte zu lösende Problem statistischer Multiplexer).

### **Ethernet macht Gigabit-Verbindungen wirtschaftlich verfügbar**

Während bei SDH Bandbreiten im Gigabitbereich noch sehr teuer sind, kann Ethernet Gigabitbandbreiten auf Verbindungen über mehrere zig-km für „wenige tausend €“ bereitstellen.

Die standortübergreifende Vernetzung in LAN-Geschwindigkeit wird damit in vielen Fällen wirtschaftlich.

## Nachteile des Standard-Ethernets und deren Lösung im Metro-Ethernet

### Fehlender Ringschutz

SDH verfügt mit dem APS (Automatic Protection System) und einer Umschaltdauer von nur 50ms über einen sehr schnellen Schutzmechanismus gegen Leitungsunterbrechung oder Interfaceausfall. Ethernet hat im Gegenzug mit dem Spanning-Tree-Protokoll (STP) Umschaltzeiten von 10s bis 30s. Mit der Standardisierung des Rapid STP (RSTP) ist nun eine Umschaltdauer von ca. 1 – 3s möglich. Herstellerspezifische Verfahren, wie das Ethernet Automatic Protection System (EAPS) von Extreme Networks und das Metro Ring Protocol (MRP) von Foundry Networks, ermöglichen Umschaltzeiten von ca. 500ms. Da herstellerspezifische Verfahren auf Dauer sehr unbefriedigend sind, (Abhängigkeit, Interoperabilität), hat die IEEE mit dem Resilient Packet Ring Protocol IEEE 802.17 einen Schutzmechanismus für Paket vermittelnde Netztechniken vorgestellt. Kostengründe und begrenzte Verfügbarkeit sprechen derzeit noch gegen Einsatz dieses Protokolls.

### SLA's sind mit Ethernet schwerer umsetzbar

Der Anwender verlangt aus nachvollziehbaren Gründen Qualitätsmerkmale des von ihm eingekauften Service. Typische Messwerte sind hier z.B. eine garantierte Bandbreite, konstante Paketlaufzeiten, Verfügbarkeitszusagen usw.

Bei der klassischen SDH-Lösung werden Bandbreiten Ende-zu-Ende fest reserviert und stehen damit exklusiv dem Kunden zur Verfügung. Ethernet verfolgt den Ansatz der gerechten Ressourcenzuteilung zum Bedarfszeitpunkt. Service Qualität muss deshalb anders bereitgestellt werden, z.B. durch großzügige Dimensionierung der Backbonebandbreite (Bandbreite >>Bedarf), der Priorisierung bestimmter Daten oder fester Reservierung von Backbone-Bandbreite für bestimmte Verbindungen. Letzteres macht natürlich den Ethernet-Vorteil der effizienten Bandbreitennutzung zumindest teilweise wieder zunichte.

### Ethernet hat keine expliziten Layer-1-Überwachungsfunktionen

SDH ermöglicht auf Layer-1 die Überwachung diverser Leitungskenngrößen, wie z.B. Signalpegel und Bitfehlerrate. Im Fehlerfall sind Alarme fest vordefiniert, wie z.B. LOS = loss of signal, RDI = remote defect indicator. Ethernet bietet hier im Grundsatz bis auf LINK DOWN nichts. Ist eine explizite Leitungsüberwachung notwendig, können Glasfaserübertragungssysteme, z.B. DWDM-Multiplexer, mit entsprechenden Funktionen zwischengeschaltet werden.

## Hauptanwendungen für Metro-Ethernet

- Breitband-Internetzugang (1 – 100MBit/s und mehr)
- Punkt-zu-Punkt-Verbindungen als Standleitungsersatz (Virtual Line Service = VLS)
- Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen für Vollvermaschung von Standort-LANs (Transparent LAN Service = TLS)
- Unterstützung für ASP- und Storage-Dienste (ASP = Application Service Providing)
- Transportnetz für Voice-over-IP und Video-on-Demand

## Referenzprojekt CODAB (Coburger Datenautobahn)

Die Stadt und Überlandwerke Coburg haben im Jahr 2003 mit dem Aufbau eines Metro-Ethernets begonnen. Als Kundenanschlussleitung wird im Wesentlichen Glasfaser, tlw. noch Kupfer verwendet. Über Kupfer steht eine Anschlussbandbreite bis zu 9,6MBit/s, über Glasfaser bis zu 100 MBit/s zur Verfügung. Bei Bedarf kann auch Gigabit zur Verfügung gestellt werden.

Hier einige weitere Merkmale der CODAB:

- Einsatz **Ethernet pur**, d.h. kein SDH-Unterbau
- **Traffic-Priorisierung** nach 802.1p (Zuweisung CoS <-> Kunden-VLAN)
- **Ringschutz** und Lastverteilung mittels MRP (Metro Ring Protocol) mit Umschaltzeiten im Bereich deutlich unter einer Sekunde
- **Super-VLAN-Aggregation** zur Bereitstellung transparenter LAN-Services inkl. Transport des Kunden-VLAN-Tags
- **non-blocking-Systemarchitektur** und großzügige Dimensionierung der Backbonebandbreite sorgt für geringe Latenzzeiten im Bereich weniger Millisekunden oder darunter
- **Kupferanbindung** mittels Ethernet-over-G.SHDSL-Technik
- bei Bedarf MPLS nachrüstbar

Konzept, Beschaffung sowie Test und Inbetriebnahme erfolgten durch:



Dipl.Ing.(FH)  
Siegbert Reuther  
Inhaber

Tel.: +49(0) 9574 80162  
Fax: +49(0) 9574 80161  
Mobil: +49(0) 175 22 900 80  
email: [sr@r-nc.de](mailto:sr@r-nc.de)  
Web: [www.r-nc.de](http://www.r-nc.de)

D-96257 Marktgraitz, Am Eichberg 9

Gerne stehen wir Ihnen für nähere Informationen zur Verfügung.