



# **Carrier Ethernet-Lösungen**

## ***Ausführliche Leistungsbeschreibung***

Ver. 1.0

**Ausführliche Leistungsbeschreibung Carrier-Ethernet-Lösungen  
der Thüringer Netkom GmbH, V 1.0, Stand 01 / 2008**

---

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1</b>	<b>EINFÜHRUNG.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>PRODUKTÜBERSICHT .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>NETZPLATTFORM UND LEISTUNGSMERKMALE .....</b>	<b>4</b>
3.1	INFRASTRUKTUR .....	4
3.2	ÜBERTRAGUNGSTECHNIK.....	4
3.2.1	SDH.....	4
3.2.1.1	Netztopologie .....	4
3.2.1.2	Systemhersteller .....	4
3.2.1.3	Leistungsmerkmale.....	4
3.2.1.3.1	Übertragungsnetzfunktionalitäten.....	4
3.2.1.3.2	Verbindungsarten.....	5
3.2.1.3.3	Redundanz .....	5
3.2.1.3.4	Ethernet-Spezifikationen .....	5
3.2.2	DWDM .....	6
3.2.2.1	Netztopologie .....	6
3.2.2.2	Systemhersteller .....	6
3.2.2.3	Leistungsmerkmale.....	7
3.2.2.3.1	Übertragungsnetzfunktionalitäten.....	7
3.2.2.3.2	Verbindungsarten.....	7
3.2.2.3.3	Redundanz .....	7
3.2.2.3.4	Ethernet-Spezifikationen .....	7
<b>4</b>	<b>NETZMANAGEMENT.....</b>	<b>7</b>
4.1	SDH- TECHNIK .....	7
4.1.1	Netzüberwachung.....	7
4.1.1.1	Performancemonitoring .....	7
4.1.1.2	Link Loss Forwarding (LLF).....	8
4.1.1.3	Laserabschaltung (ALS).....	8
4.2	DWDM-TECHNIK .....	8
4.2.1	Netzüberwachung.....	8
4.2.1.1	Performancemonitoring .....	8
4.2.1.2	Link Loss Forwarding (LLF).....	8
4.2.1.3	Laserabschaltung (ALS).....	8
<b>5</b>	<b>VERFÜGBARKEIT.....</b>	<b>8</b>

## 1 Einführung

Die Thüringer Netkom GmbH (TNK) verfügt im Freistaat Thüringen über ein flächendeckendes eigenes Telekommunikationsnetzwerk. Auf dessen Basis werden digitale Festverbindungen (Übertragungskapazitäten) als Punkt-zu-Punkt- oder Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen geschaltet. Nahezu alle Verbindungen werden im eigenen Netz geführt, so daß TNK seinen Kunden eine homogene Ende-zu-Ende-Überwachung der geschalteten Verbindungen anbieten kann.

Kern der Carrier Ethernet Produkte der TNK bildet die Übertragung von Ethernet-Frames via GFP-Mapping über unsere Next-Generation-SDH-Netzplattform sowie die transparente Übertragung über unsere DWDM-Netzplattform.

## 2 Produktübersicht

Es stehen die nachfolgend beschriebenen Carrier Ethernet-Produkte im Netz der TNK zur Verfügung:

<b>Produkt</b>	<i><b>Ethernet</b></i>	<i><b>FastEthernet</b></i>	<i><b>GigabitEthernet</b></i>
Bandbreite	10 Mbit/s	10/20/50/100 Mbit/s	150/300/600 Mbit/s
Granularität	-	siehe Bandbreite	siehe Bandbreite
Schnittstelle	Ethernet 10Base-T gemäß IEEE 802.3  Full Duplex	Ethernet 100Base-T gemäß IEEE 802.3u  Full Duplex	Ethernet 1000Base-T 1000BaseSX/ 1000Base-LX gemäß IEEE 802.3ab Full Duplex
Steckertyp	RJ45	RJ45	RJ45 (el.), LC (opt.)
Übertragungs- netztechnologie	SDH-Netz (Ethernet over SDH)	SDH-Netz (Ethernet over SDH)	SDH-Netz (Ethernet over SDH)

<b>Produkt</b>	<i><b>GigabitEthernet</b></i>	<i><b>GigabitEthernet</b></i>
Bandbreite	1.000 Mbit/s	10.000 Mbit/s
Granularität	full	full
Schnittstelle	Ethernet 1000BaseSX/ 1000Base-LX/ 1000Base- ZX gemäß IEEE 802.3ab	Ethernet 10GBase-SX 10GBase-LH 10GBase-ER/EW 10GBase-LPR/LPW gemäß IEEE 802.3ae
Steckertyp	LC	LC
Übertragungs- netztechnologie	DWDM-Netz (Ethernet over DWDM)	DWDM-Netz (Ethernet over DWDM)

## **3 Netzplattform und Leistungsmerkmale**

### **3.1 Infrastruktur**

TNK betreibt in der Fläche Thüringens eigene Glasfaserkabelinfrastrukturen auf Basis von Standard-Singlemode-Fasern (SSMF) nach der Norm ITU-T G.652 A bis D. An die jeweiligen Übertragungstrecken wird in eigenen Techniklokalationen Übertragungstechnik als eigentliche Transporttechnologie (SDH, DWDM) angeschaltet und betrieben.

### **3.2 Übertragungstechnik**

#### **3.2.1 SDH**

Die SDH-Technologie ist eine sehr leistungsfähige und hoch verfügbare Technik zum Aufbau von Weitverkehrsnetzen und zur ursächlichen Übertragung von synchronen Datenströmen. Mit der Next Generation SDH-Technologie ist nun auch die Übertragung asynchroner Datenströme (z.B. Ethernet) durch flexible Rahmenbildung möglich.

##### **3.2.1.1 Netztopologie**

Das Übertragungsnetz der TNK ist auf der Weitverkehrs- und Regionalnetzebene in Ringstruktur aufgebaut. Entsprechende Zugangsstrecken zu einem Kundenstandort werden in der Standardverfügbarkeit als Stichenbindung realisiert. In der Regel wird an Kundenstandorten aktive Systemtechnik aufgebaut.

##### **3.2.1.2 Systemhersteller**

Im Netz der TNK wird homogen Systemtechnik des Herstellers Ericsson (Marconi-Produktbereich) eingesetzt.

##### **3.2.1.3 Leistungsmerkmale**

###### **3.2.1.3.1 Übertragungsnetzfunktionalitäten**

TNK betreibt eine SDH-Netzplattform mit einer maximalen Übertragungsrate von 10 Gbit/s (STM-64) im Weitverkehrsbereich und 2,5 Gbit/s (STM-16) im Regionalnetzbereich.

In der SDH-Technologie werden Daten in sogenannten virtuellen Containern (VC) transportiert. Die wesentlichsten Containertypen sind:

- VC-12 mit einer festen Bandbreite von ca. 2,176 Mbit/s
- VC-3 mit einer festen Bandbreite von ca. 48,384 Mbit/s
- VC-4 mit einer festen Bandbreite von ca. 155 Mbit/s

Der asynchrone Datenverkehr einer Ethernet-Übertragung wird über die nach ITU-T G.704-1 spezifizierte Generic Frame Procedure (GFP) realisiert. Diese bewirkt eine Anpassung der Ethernet-Frames zur Übertragung über die SDH-Technologie. Alle Ethernet MAC-Layer-Informationen bleiben transparent erhalten. Die durch ITU-T 802.3 spezifizierten Übertragungsgeschwindigkeiten bei der Ethernetübertragung werden bei der Übertragung über SDH-Netze durch Bildung eines logischen Kanals erreicht. Der logische Kanal kann aus mehreren physikalischen SDH-Containern bestehen und wird mittels eines Inversmultiplexverfahrens, der Virtual Concatenation (VCAT), erzeugt. Die Absicherung der gesamten Summenbandbreitenübertragung erfolgt mit dem nach ITU-T G.704-2 spezifizierten Link

Capacity Adjustment Scheme (LCAS), welches das Ausfallen von Containern kompensiert oder ggf. das Hinzuschalten von Containern bei höherer Bandbreitenutzung ermöglicht.

#### 3.2.1.3.2 Verbindungsarten

Das SDH-Netz der TNK unterstützt folgende Ethernet-Verbindungsarten:

##### **Punkt-zu-Punkt-Verbindung**

Festverbindung mit fester Bandbreite

als Ethernet-Private-Line (EPL) für einen Nutzer

als Ethernet-Virtual-Private-Line (EVPL) für mehrere Nutzer (VLAN-Unterstützung)

##### **Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung**

als Ethernet-Private-LAN (EPLAN) für einen Nutzer

als Ethernet-Virtual-Private-LAN (EVPLAN) für mehrere Nutzer (MPLS-Tunneling)

#### 3.2.1.3.3 Redundanz

Über die SDH-Technik können mittels Sub-Network Connection Protection (SNCP) konfigurierte VC-Pfade (zum Beispiel VC-12) bei einem Ausfall des primären Übertragungsweges auf einen vorher definierten Ersatzweg umgeschaltet werden.

Das LCAS-Verfahren stellt sicher, daß ein logischer SDH-Kanal, welcher aus mehreren physikalischen Containern bestehen kann, selbst bei Ausfall eines physikalischen Containers durch Hinzubuchung von Bandbreite aufrechterhalten wird.

#### 3.2.1.3.4 Ethernet-Spezifikationen

##### **Protokolltransparenz**

Alle Verbindungstypen wie EPL und EPLAN arbeiten voll transparent und unterstützen demzufolge uneingeschränkt die nachfolgenden Standards:

IEEE 802.1q (VLAN)

IEEE 802.1ah (MAC-in-MAC)

IEEE 802.1ad (Q-in-Q)

IEEE 802.1d (STP)

IEEE 802.1w (RSTP)

IEEE 802.1s (MSTP)

IEEE 802.3ad (Link aggregation)

Die Verbindungstypen EVPL und EVPLAN analysieren den MAC-Layer zur Bestimmung der VLAN-Ziele.

##### **Layer 2 – VLAN-Unterstützung**

Bei der Einrichtung von EVPL- und EPLAN-Verbindungen wird die jeweilige VLAN-ID vom Carrier vergeben. Sollen eigene VLAN-Segmente übertragen werden, so ist die Funktion Q-in-Q (Stacked VLAN) nach IEEE 802.1ad einzusetzen.

Die maximal möglichen VLAN-Segmente sind vom eingesetzten CPE abhängig.

##### **MAC-Adreßbereich**

Es existieren keine Einschränkungen hinsichtlich des übertragbaren MAC-Adreßbereiches.

### MTU-Größe

Bandbreite	MTU-Größe
10 Mbit/s-600 Mbit/s (EoSDH)	1600 Byte
1000 Mbit/s (DWDM)	bis 9000 Byte (Jumbo-Frames)

### Autonegotiation

Die eingesetzten Ethernet-Karten unterstützen das Autonegotiation-Verfahren. Das Autonegotiation-Verfahren findet ausschließlich zwischen dem Netzzugangsgerät der TNK und dem CPE des Kunden ausgeführt. Die Portgeschwindigkeit ergibt sich durch die beauftragte Bandbreite.

### Frame Errors

Fehlerhafte Frames vom CPE des Kunden kommend, werden verworfen und gelangen nicht zur Übertragung auf die Übertragungsstrecke.

### Flußkontrolle

Es wird die Funktion MAC-Pause nach IEEE 802.3x im Vollduplex-Ethernet unterstützt.

### Round Trip Delay (RTD)

Die RTD wird maßgeblich bei nationalen Transportverbindungen auf Basis SDH- und DWDM-Technik rein vom CPE beeinflusst. Grundsätzliche Transferegeschwindigkeiten für die SDH-Technik lassen sich wie folgt angeben:

<b>Laufzeit (Delay):</b>	20 $\mu$ s pro durchlaufenem SDH-Netznoten (i.d.R. $\leq 10$ ) (5 $\mu$ s pro Faserkilometer) 306 $\mu$ s pro 50 km
<b>Jitter:</b>	max. 125 $\mu$ s

### 3.2.2 DWDM

Die Standardtechnologie der Weitverkehrsübertragung, die SDH-Technik, ist aus Skalierungsgründen nur bedingt für eine multiple Höchstbandbreitenübertragung ( $n \times 1$  Gbit/s bzw.  $n \times 10$  Gbit/s) anwendbar. Zur Übertragung dieser Bandbreiten steht im Netz der TNK ein hoch skalierbares DWDM-Netzwerk mit Unterstützung aktuellster Standards nach ITU-T G.709-ODU-Client Strukturen sowie einer möglichen Gesamtübertragungsrate von bis zu 3,2 Tbit/s zur Verfügung.

#### 3.2.2.1 Netztopologie

Das Übertragungsnetz der TNK ist auf der Weitverkehrs- und Regionalnetzebene in Ringstruktur aufgebaut. Entsprechende Zugangsstrecken zu einem Kundenstandort werden in der Standardverfügbarkeit als Stichtanbindung realisiert. In der Regel wird an Kundenstandorten aktive Systemtechnik aufgebaut. Je nach Realisierungskonzept können am Kundenstandort redundante Schnittstellen an das DWDM-Netz angeboten werden.

Grundsätzlich können auf Basis der vorhandenen Systemtechnik sowohl Punkt-zu-Punkt-Verbindungen als auch Ringtopologien realisiert werden.

#### 3.2.2.2 Systemhersteller

Im Netz der TNK wird homogen Systemtechnik des Herstellers Ericsson (Marconi-Produktbereich) eingesetzt.

### 3.2.2.3 Leistungsmerkmale

#### 3.2.2.3.1 Übertragungsnetzfunktionalitäten

TNK betreibt eine 40-Kanal DWDM-Plattform mit einer aktuellen Gesamtübertragungsleistung von bis zu 40 Gbit/s je Kanal. Die Signalübertragung erfolgt im 3. optischen Fenster (1550 nm). Die Plattform ist bis auf 80 Kanäle zu je 40 Gbit/s aufrüstbar und bietet daher ausreichend Kapazitätsreserven zur Schaltung hochbitratiger Kundenverbindungen und zur Realisierung hochverfügbarer Übertragungskonzepte. Alle eingesetzten Komponenten unterstützen das Performancemonitoring auf Basis des ITU-T G.709 Standards.

#### 3.2.2.3.2 Verbindungsarten

Das DWDM-Netz der TNK unterstützt die im Folgenden aufgeführten Ethernet-Verbindungsarten:

##### **Punkt-zu-Punkt-Verbindung**

Festverbindung mit fester Bandbreite  
als Ethernet-Private-Line (EPL) für den Nutzer

##### **Ringtopologien**

Festverbindungen mit fester Bandbreite  
als Ringnetzwerk mit Ethernet-Client-Schnittstellen

#### 3.2.2.3.3 Redundanz

Die DWDM-Plattform kann bei Bedarf Protection-Mechanismen zum Schutz des Equipments, zur Pfad- und Sektionsabsicherung sowie zur Client-Port-Absicherung bereitstellen.

#### 3.2.2.3.4 Ethernet-Spezifikationen

Über die DWDM-Plattform der TNK werden alle gängigen Client-Signale transparent übertragen.

## **4 Netzmanagement**

Die bei TNK eingesetzte zentrale Netzmanagementplattform erfüllt alle Anforderungen entsprechend ITU-T G.870, G.709 sowie die der ITU-T Empfehlung X.700 (FCAPS).

Nachfolgende Layer werden für SDH und DWDM gemeinsam dargestellt:  
Physikal, RS, MS/MSP, HO, LO, OMS/OMSP, OCH, OTU, ODU1, ODU2 und ODU3.

### **4.1 SDH- Technik**

#### 4.1.1 Netzüberwachung

Die Überwachung des Gesamtnetzes der TNK erfolgt im Netzmanagementcenter in Weimar über die Plattform Ericsson „Service on Optical“ (SOO).

##### 4.1.1.1 Performancemonitoring

Alle derzeit gültigen technischen Anforderungen werden im Netzmanagementsystem abgebildet und erfasst.

Eine detaillierte Fehleranalyse- und Eingrenzung ist im Störfall zeitnah gegeben.

#### 4.1.1.2 Link Loss Forwarding (LLF)

Zur Signalisierung von Störungen der Transportschnittstelle wird der Link Loss Forwarding- Mechanismus (LLF) durch die eingesetzte SDH-Technik unterstützt. Dieser ermöglicht einen transparenten Verbindungsstatus, um die Fehlereingrenzung und -beseitigung zu vereinfachen.

#### 4.1.1.3 Laserabschaltung (ALS)

Bei Ausfall der Transportverbindung wird der Laser abgeschaltet. Im Falle des Defektes von nur einer Faser werden jeweils beide Sendelaser abgeschaltet.

## **4.2 DWDM-Technik**

### 4.2.1 Netzüberwachung

Die Überwachung des Gesamtnetzes der TNK erfolgt im Netzmanagementcenter in Weimar über die Plattform Ericsson „Service on Optical“ (SOO).

#### 4.2.1.1 Performancemonitoring

Das eingesetzten DWDM-Komponenten entsprechen dem OTN und ITU-T G.709 Standard.

#### 4.2.1.2 Link Loss Forwarding (LLF)

Zur Signalisierung von Störungen der Transportschnittstelle wird ebenfalls der Link Loss Forwarding-Mechanismus (LLF) durch die eingesetzte DWDM-Technik unterstützt.

#### 4.2.1.3 Laserabschaltung (ALS)

Bei Ausfall der Transportverbindung wird der Laser abgeschaltet. Im Falle des Defektes von nur einer Faser werden jeweils beide Sendelaser abgeschaltet.

## **5 Verfügbarkeit**

Die einzelnen Mechanismen sind der „Leistungsbeschreibung Festverbindungen der Thüringer Netkom GmbH“ in der jeweils gültigen Fassung zu entnehmen.

**Abkürzungsverzeichnis**

ALS	Automatic Laser Shutdown
CPE	Customer Premise Equipment
CSF	Client Signal Failure
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplex
EPL	Ethernet-Private-Line
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
EVPL	Ethernet-Virtual-Private-Line
ITU-T	International Telecommunications Union - Telecommunication Standardisation Sector
GFP	Generic Frame Procedure
LAN	Local Area Network
LCAS	Link Capacity Adjustment Scheme
LLF	Link Loss Forwarding
MAC	Media Access Control
MPLS	Multi-Protocol Label Switching
MTU	Maximum Transmission Unit
OSNCP	Optical Sub-Network Protection
OTN	Optical Transport Network
RTD	Round Trip Delay
SNCP	Sub-Network Connection Protection
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SSF	Server Signal Failure
SSMF	Standard-Singlemode-Fiber
SOO	Service on Optical NMS
TNK	Thüringer Netkom GmbH
TSF	Trail Signal Failure
VC	Virtueller Container
VCAT	Virtual Concatenation
WAN	Wide Area Network

**Ausführliche Leistungsbeschreibung Carrier-Ethernet-Lösungen  
der Thüringer Netkom GmbH, V 1.0, Stand 01 / 2008**

---

**Stichwortverzeichnis**

<b>A</b>		<b>L</b>	
ALS	8, 9, 11	LCAS	5, 11
Autonegotiation	6	Link Loss Forwarding- Mechanismus	8, 9
		LLF	8, 9
<b>C</b>		<b>M</b>	
CPE	6, 11	MTU	6, 11
		MTU-Größe	6
<b>D</b>		<b>N</b>	
DWDM	4, 11	Netztopologie	4
<b>E</b>		<b>O</b>	
EPL	5, 7, 11	OTN	7
EPLAN	5, 6		
Ericsson	4, 7		
Ethernet-Private-LAN	5		
Ethernet-Private-Line	5, 7, 11		
Ethernet-Spezifikationen	5		
Ethernet-Virtual-Private-LAN	5		
Ethernet-Virtual-Private-Line	5, 11		
EVPL	5, 6, 11		
EVPLAN	5, 6		
<b>F</b>		<b>P</b>	
Flußkontrolle	6	Protection-Mechanismen	7
Frame Errors	6	Protokolltransparenz	5
<b>G</b>		<b>R</b>	
G.709	7	Redundanz	5, 7
GFP	4, 11	RTD	6
<b>J</b>		<b>S</b>	
Jitter	6	SDH	4, 5, 7, 8, 11
		SNCP	5
		SSMF	4, 11
		Stacked VLAN	6
		Sub-Network Connection Protection	5
		<b>V</b>	
		VCAT	4, 11
		Virtual Concatenation	4, 11
		VLAN	5, 6