

# Ringtest schafft Sicherheit

Application Note 60

## Advanced Network Test Solutions:

Effizientes Messen  
von SDH- und SONET-  
Ringen



**Wandel & Goltermann**  
Communications Test Solutions



## Inhalt

- 5 Effizientes Testen von synchronen Ringen**
- 6 Testen schafft mehr Sicherheit**  
Meßaufgaben an SDH- und SONET-Ringen
- 7 Inbetriebnahme von synchronen Ringen**  
Messung der Payload-Transparenz  
Messung der DCC-Transparenz  
**Abkürzungen**
- 8 Einmessen von synchronen Ringen**  
Überprüfung der ADM-Funktionalität  
Überprüfung der Synchronisation  
– durch Jitter-Analyse  
– durch Pointer-Analyse
- 9 Überprüfung der Ringsynchronisation**  
– durch Wander-Analyse  
Messung der APS-Umschaltzeiten
- 10 Überprüfung des APS-Protokolls auf Normkonformität**  
Typischer Ablauf der APS-Messung
- 11 Netzmanagement**  
– Alarm-Sensoren  
– Path Trace  
**Einmessen von SONET-Ringen**
- 12 Technischer Anhang**  
Recommendations  
Sicherungsarchitekturen  
Linear Protection
- 13 Ring Protection (APS)**  
Unidirectional Ring  
Bidirectional Ring
- 14 Unidirectional**  
– Path Switched Ring  
– Line Switched Ring  
Prinzipieller APS-Ablauf
- 15 Bidirectional**  
– Two Fiber Line Switched Ring  
– Four Fiber Line Switched Ring  
– Four Fiber Span Switched Ring

## Impressum

Autoren:  
Werner Habisreiteringer  
Frank Kaplan

Herausgeber:  
Wandel & Goltermann GmbH & Co.  
Elektronische Meßtechnik  
Mühleweg 5  
D-72800 Eningen u. A.  
Germany

Änderungen vorbehalten

Bestell-Nr.: D 07.98/D1/60/3.5

Printed in Germany

## Effizientes Testen von synchronen Ringen

Zur Sicherung der Übertragung großer Bandbreiten kommen überwiegend Ringstrukturen gegenüber Linearstrukturen zur Anwendung. Der SDH- bzw. SONET-Ring stellt die einfachste und kosteneffektivste Möglichkeit dar, eine Anzahl von Netzelementen zu verbinden (Bild 1). Um solche Netzstrukturen in Betrieb zu nehmen, muß das Zusammenspiel aller Netzelemente getestet und über eine Abnahmemessung die korrekte Funktion des gesamten Netzes verifiziert werden.



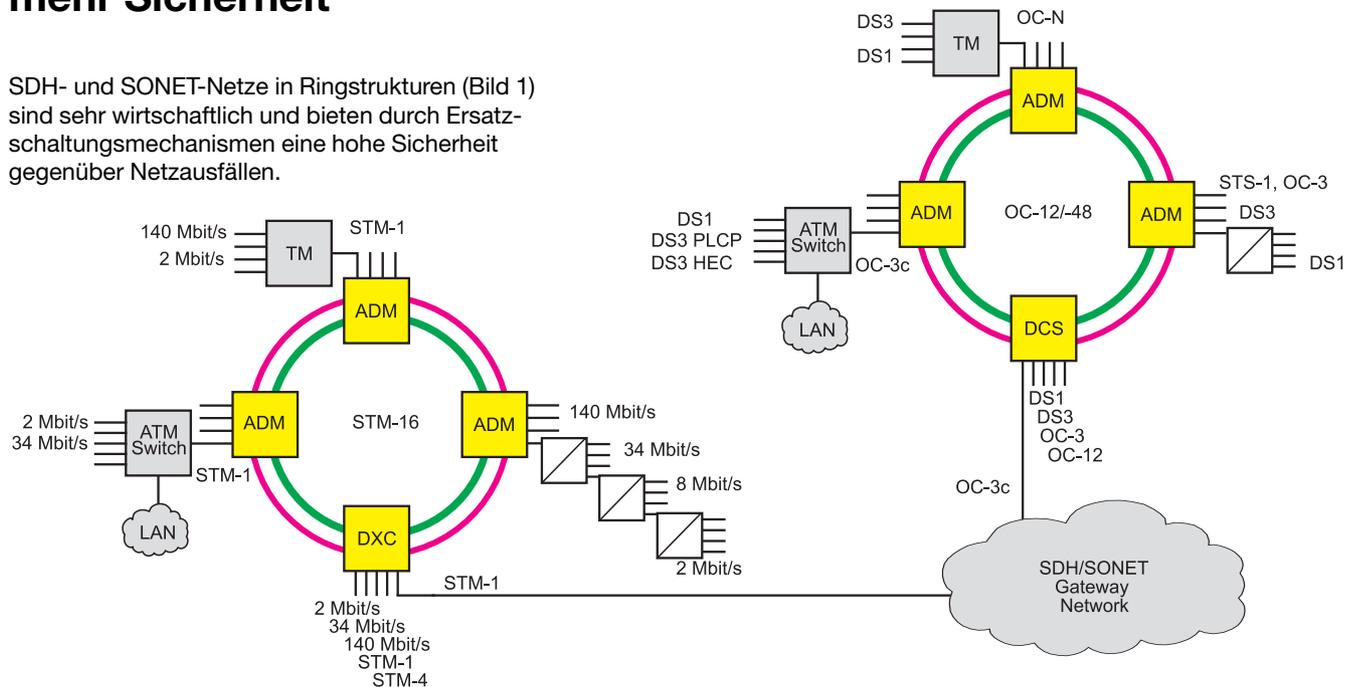
### Advanced Network Tester ANT-20

Der Advanced Network Tester ANT-20 ist mit seinen umfangreichen Meßmöglichkeiten die ideale Lösung für alle Meßaufgaben bei Inbetriebnahme und beim Einmessen von synchronen SDH- oder SONET-Ringen.

Trotz seiner außerordentlichen Flexibilität und Funktionalität zählt der ANT-20 zu den kompaktesten Geräten seiner Klasse. Mit seinem auf die Bedürfnisse im mobilen Einsatz zugeschnittenen Design bietet er bei geringem Gewicht und Volumen einen besonders großen Bildschirm, der auf Wunsch in kontrastreicher TFT-Farbausführung erhältlich ist. Ein optimaler Touchscreen erleichtert die Bedienung in der Praxis.

# Testen schafft mehr Sicherheit

SDH- und SONET-Netze in Ringstrukturen (Bild 1) sind sehr wirtschaftlich und bieten durch Ersatzschaltungsmechanismen eine hohe Sicherheit gegenüber Netzausfällen.



**Bild 1: SDH- und SONET-Ringstrukturen mit verschiedenen Zubringern**

Zum Transport der SDH-Signale dient ein Doppelring, bestehend aus den *Working Channels* (z. B. äußerer Ring) und den *Protection Channels*, die im Fehlerfall oder bei Verschlechterung der Signalqualität den Verkehr übernehmen. Damit wird der Ausfall des Netzes verhindert und die Qualität der Übertragung gesichert.

Die Installation und Inbetriebnahme solcher Netze läuft nicht immer problemlos ab, wie sich in der Praxis zeigt, obwohl die einzelnen Netzelemente beim Hersteller einer sorgfältigen Prüfung unterzogen werden. Selbst wenn die Netzelemente einzeln fehlerfrei arbeiten, können nach der Installation des Netzes unerwartete Phänomene auftreten. Deshalb wird nach erfolgter Installation der SDH-Ring meistens durch den Systemhersteller in Betrieb genommen und anschließend durch den Netzbetreiber im Rahmen der Abnahme eingemessen und getestet. Die zu messenden Qualitätsparameter sind durch Empfehlungen internationaler Normungsgremien festgelegt (Tabellen 1 und 2).

Bei den Messungen selber kommt es vor allem auf die Erfüllung folgender Anforderungen an:

- Abnahme in kürzest möglicher Zeit
- Sicherstellung der korrekten Netzfunktion
- Verifizieren der Norm-Konformität

Die vorliegende Application Note beschreibt den praktischen Ablauf der Messungen, wie sie heute bei der Inbetriebnahme und beim Einmessen von synchronen Ringen üblich sind. Darüber hinaus werden im Anhang technische Details erläutert.

**Tabelle 1: Meßaufgaben bei SDH-Ringen**

Meßaufgaben	Empfehlung nach ITU-T
Payload-Transparenz	G.826
DCC-Transparenz	G.826
ADM-Funktionalität	
Ringsynchronisation:	
Jitter-Analyse	G.823, G.783
Pointer-Analyse	G.783
Wander-Analyse	G.813
APS-Umschaltzeit	G.841
APS-Protokoll-Aufzeichnung	G.841
Netzmanagement:	
Alarm Sensor LOS	G.775, G.958
Alarm Sensoren B1, B2, B3	G.783
Path Trace J2 (TIM)	G.707

**Tabelle 2: Meßaufgaben bei SONET-Ringen**

Meßaufgaben	Empfehlung nach	
	Bellcore	ANSI
Payload-Transparenz	GR-499	T1.514
DCC-Transparenz		
ADM-Funktionalität	GR-496	
Ringsynchronisation:		
Jitter-Analyse	GR-253	T1.105.03
Pointer-Analyse		
Wander-Analyse		
APS-Umschaltzeit	GR-1230	T1.105.01
APS-Protokoll-Aufzeichnung	GR-1400	
Netzmanagement:	GR-253	T1.231
Alarm Sensoren		
Path Trace J2 (TIM)		

## Inbetriebnahme von synchronen Ringen

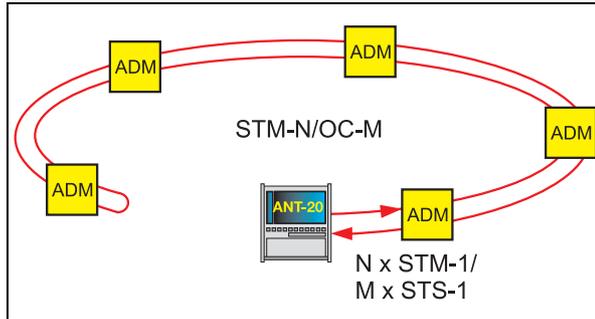


Bild 2: Bitfehlertest in einem synchronen Ring (SDH/SONET)

Bei der Inbetriebnahme wird die korrekte Funktion durch Bitfehlermessungen in den Nutzkanälen (Payload Transparenz) und den Kommunikationskanälen (DCC-Transparenz) nachgewiesen. Da Bitfehlermessungen als Schleifenmessungen durchgeführt werden, muß dazu der Ring aufgetrennt und an den dann zugänglichen optischen Schnittstellen ein SDH-/SONET-Analyzator ANT-20 eingefügt werden. Nachdem die Netzelemente entsprechend konfiguriert sind, läßt sich in dieser Konfiguration eine Schleifenmessung über alle Netzelemente hinweg durchführen (Bild 2).

### Messung der Payload-Transparenz

Zum Nachweis der Payload-Transparenz durch den gesamten Ring müssen z. B. in einem STM-4-Ring alle 4 VC-4-Kanäle nacheinander auf Bitfehler geprüft werden. Dazu wird die Meßkonfiguration nach Bild 2 verwendet. Als Testsignal dient eine Quasi-Zufallsfolge (Pseudo-Random-Bit-Sequenz, PRBS), die als BULK-Signal (ITU-T O.181) in einen C-4-Container eingebaut wird.

Zur Überprüfung der Übertragungsqualität wird eine 24-Stunden-Langzeitanalyse nach ITU-T G.826 durchgeführt. Die Erfüllung dieser Norm garantiert die Mindestqualität der Strecke. (Anmerkung: Die Empfehlung ITU-T G.826 befindet sich in Überarbeitung; in der endgültigen Fassung muß u. U. mit strengeren Kriterien gerechnet werden).

Es ist wichtig, daß bei der Messung auch zeitabhängige, sporadische Fehler erkannt werden. Dazu besitzt der ANT-20 zusätzlich zur Performance-Auswertung eine *simultane* Aufzeichnung von Anomalien und Defekten (Anomaly/Defect Analyzer). Zur Vermeidung unerwünschter Pointeraktionen muß im ANT-20 der Sendetakt vom Empfänger abgeleitet werden. Dazu wird die Taktableitung auf „von Empfänger“ geschaltet.

### Messung der DCC-Transparenz

Eine weitere Meßaufgabe bei der Inbetriebnahme ergibt sich aus den TMN-Funktionen (Telecommunications Management Network, TMN), über welche die Netzelemente softwaremäßig gesteuert werden. Dazu dienen Kommunikationskanäle (Data Communication Channel, DCC), die bei SDH im Section Overhead (RSOH D1 bis D3 und MSOH D4 bis D12) bzw. bei SONET im Transport Overhead (SOH: D1 bis D3, LOH: D4 bis D12) untergebracht sind. Die korrekte Funktion ist von der Funktionalität und Qualität der Übertragung in diesen OH-Bytes abhängig (DCC-Transparenz). Zur Überprüfung wird wie oben verfahren, d. h. in den entsprechenden Kanälen wird eine Bitfehlermessung in der Konfiguration nach Bild 2 durchgeführt.

### Abkürzungen

AIS	Alarm Indication Signal
ADM	Add-Drop Multiplexer
APS	Automatic Protection Switching
ATM	Asynchronous Transfer Modus
C-n	Container, n = 1 . . . 4
DCC	Data Communication Channel
FAS	Frame Alignment Signal
J0	Regenerator Section Trace
J1	Path Trace (POH in VC-3,4)
J2	Path Trace (POH in VC-1,2)
LOF	Loss of Frame
LOH	Line Overhead
LOS	Loss of Signal
LSS	Loss of Sequence Synchronisation
MS-AIS	Multiplexer AIS
MSOH	Multiplexer Section Overhead
OC	Optical Carrier
OC-N	Optical Carrier, N = 1; 4; 16
OH	Overhead
OOF	Out of Frame
OOS	Out-of-Service
POH	Path Overhead
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence
RDI	Remote Defect Indicator
RSOH	Regenerator Section Overhead
SD	Signal Degrade
SDH	Synchronous Digital Hierarchy
SF	Signal Fail
SOH	Section Overhead
SPRING	Shared Protection Ring
STM	Synchronous Transport Module
STM-N	Synchronous Transport Module, level N = 1; 4; 16; 64
STS	Synchronous Transport Signal
TIM	Trace Identifier Mismatch
TMN	Telecommunications Management Network
TOH	Transport Overhead
TSE	Test Sequence Error
UI	Unit Interval
VC	Virtual Container

# Einmessen von Netzen mit Ringstruktur

Durch das Einmessen werden die korrekte Konfiguration aller Netzelemente und deren detaillierte Funktionen sichergestellt. So lassen sich spätere Störungen im Betrieb vermeiden, die dann zur Behebung einen erheblich höheren Aufwand zur Folge hätten.

## Überprüfung der ADM-Funktionalität

Die Add-Drop-Multiplexer (ADM) werden nacheinander auf korrekte Add/Drop-Funktion geprüft. Dazu werden im offenen Ring (Bild 3) an jedem ADM die Zubringer geschleift und deren Inhalt wieder zurückgesendet. Nacheinander werden die einzelnen ADMs auf korrekte Funktion geprüft, wobei die jeweils vorausgehenden Elemente transparent geschaltet sind. In dieser Konfiguration werden alle  $63 \times 2$ -Mbit/s-Kanäle auf Alarmfreiheit und Bitfehlerfreiheit getestet. Dazu stellt der ANT-20 die SCAN-Funktion zur Verfügung, mit der sich die einzelnen Kanäle nacheinander automatisch und somit zeitsparend prüfen lassen.

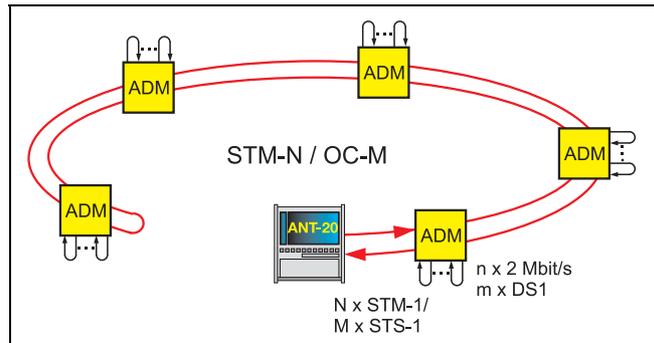


Bild 3: Messung der ADM-Funktionalität

## Überprüfung der Ringsynchronisation durch Jitter-Analyse

Im normalen Betriebsfall ist ein Netzelement des Rings auf eine externe Referenz synchronisiert, während die anderen ihren Takt aus dem Empfangstakt der Leitungsbitrate ableiten. Im Anlieferungszustand befindet sich die Taktableitung der Netzelemente üblicherweise im Freilaufmodus (interne Taktquelle). Bei der Inbetriebnahme muß die Einstellung gemäß der Taktableitungsprioritätentabelle manuell über das Netzmanagement erfolgen. Außerdem müssen Redundanzwege beachtet werden. Bei einer Fehlkonfiguration läuft der Ring nicht synchron. Als Folge treten erhöhte Jitterwerte bis zu mehreren UI am Ausgang des Zubringers auf. Eine erste Aussage über den einwandfreien Zustand der Synchronisation liefert eine Überprüfung des Ausgangsjitters gemäß Bild 4. Gemessen wird so, daß das Testsignal durch jeden ADM geführt wird. Erhöhte Jitterwerte deuten auf eine Fehlkonfiguration der Netzelemente hin. Eine Überprüfung der Taktableitungsprioritätentabelle kann dann Klarheit schaffen.

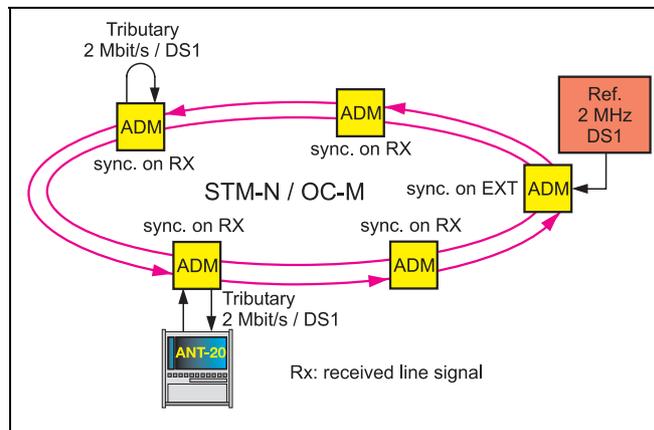


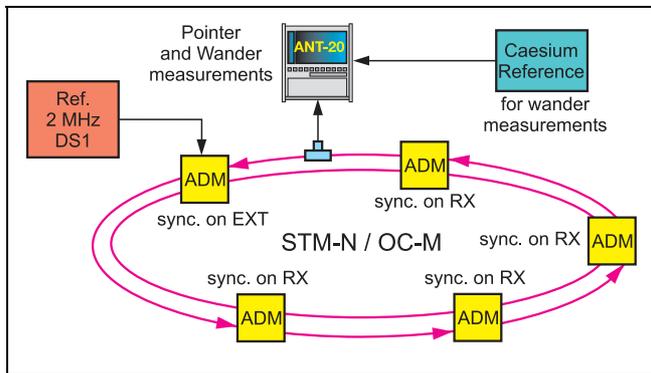
Bild 4: Messung des Ausgangsjitters

## Überprüfung der Ringsynchronisation durch Pointer-Analyse

Die Jitter-Analyse liefert eine erste Aussage über die Taktqualität des Rings, allerdings läßt sie keine Beurteilung der Langzeitdrift zu. Dazu ist zusätzlich eine feinere Analyse erforderlich, die sich auf eine Aufzeichnung der Pointerbewegungen abstützt. Wesentlich ist dabei, daß sowohl die Richtung der Pointeraktivitäten als auch deren zeitliche Verteilung erfaßt werden.

Man verwendet dazu eine Testkonfiguration nach Bild 5, bei der ein ANT-20 als Monitor direkt vor dem extern synchronisierten NE über den eingebauten optischen Leistungsteiler an den Ring angekoppelt wird. Das auszuwertende Testsignal hat somit sämtliche NEs durchlaufen, wodurch alle Einflüsse der am Netztakt liegenden NEs bei der Analyse erfaßt werden. Eine hohe Taktqualität erfordert, daß selbst eine geringe Anzahl einzelner Pointerbewegungen registriert und auf die Sekunde genau ausgewertet werden. Ein aussagekräftiges Ergebnis erfordert eine Messung über eine Zeitdauer von mindestens 24 Stunden.

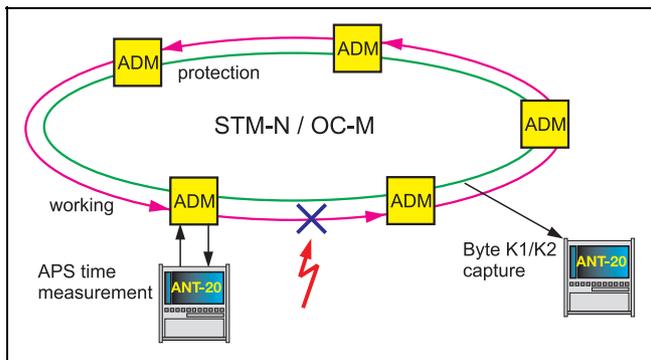
Hinweis: Zur Vermeidung des LSS Alarms ist das Empfängererwartungsmuster auf „traffic“ zu schalten.



**Bild 5: Pointer- und Wander-Analyse**

Werden eine hohe Anzahl von Pointerbewegungen oder solche mit einer diskontinuierlichen Zeitverteilung entdeckt, muß das fehlerhafte Netzelement isoliert werden. Man muß dazu die Pointer-Analyse Schritt für Schritt an weiter zurückliegenden ADMs durchführen, bis schließlich der Verursacher der Pointerbewegungen und damit der Fehlsynchronisation gefunden ist.

Als großen Vorteil erlaubt der ANT-20 eine simultane Beobachtung der Übertragungsqualität und aller möglichen Fehler und Alarme. Es lassen sich damit Ereignis-Korrelationen einfach visualisieren. Die beschriebene Messung ist auch während des Betriebs (In-Service) durchführbar, wenn ein entkoppelter Monitorpunkt zum Anschluß des ANT-20 zur Verfügung steht.



**Bild 6: Überprüfung der APS-Funktion**

## Überprüfung der Ringsynchronisation durch Wander-Analyse

Ist höchste Genauigkeit gefordert, sollte zusätzlich eine Langzeit-Wanderanalyse durchgeführt werden, die eine Beurteilung der Wander-Beiträge der einzelnen Netzelemente zuläßt und damit Hinweise auf deren Ursache gibt. Zum Test dient die Testkonfiguration nach Bild 5, allerdings ist zu dieser sehr genauen Messung ein externes Caesium-Normal erforderlich (z. B. ein Frequenz-Standard der Fa. Schomandl).

Die Messung läuft über eine Zeitdauer von 24 Stunden bei gleichzeitiger Performance-Analyse nach ITU-T G.826 und Aufzeichnung von Anomalien und Defekten. Treten Wander-Komponenten auf, so geht man bei der Suche nach der Ursache wie bei der Pointer-Analyse vor, d. h. der ANT-20 wird nacheinander an die einzelnen Ringsegmente angeschlossen, bis schließlich das fehlerhafte NE gefunden wird. Der ANT-20 erlaubt Wander-Messungen nicht nur bei der Standard-Bitrate von 2 Mbit/s, sondern auch bei allen gängigen Bitraten bis 2,5 Gbit/s. Dies ist praktisch, weil damit auch bei Bitraten gemessen werden kann, die zur Taktverteilung genutzt werden.

Als weiteren Vorteil bietet der ANT-20 die Möglichkeit, die gemessenen Parameter direkt über eine Off-Line-Software (MTIE/TDEN) auszuwerten. Die sonst übliche, aber recht umständliche Nachbearbeitung über einen externen PC erübrigt sich damit.

## Messung der APS-Umschaltzeiten

Sehr kritisch ist die Einhaltung der Umschaltzeit von „Working Line“ auf „Protection Line“ bei einer Ersatzschaltung (Automatic Protection Switching, APS). Erfolgt die Umschaltung nicht in der geforderten Zeit, kann dies einen Lawineneffekt auslösen. Es kommt dabei zu einer Alarmflut und es werden unter Umständen einzelne Streckenabschnitte oder der ganze Ring außer Betrieb genommen.

Die Messung der Umschaltzeit wird als Außerbetriebmessung (Out-of-Service) an den PDH- oder SDH/SONET-Zubringern (tributaries) der ADMs durchgeführt. Erfolgt eine Umschaltung im System, erscheinen an diesen Ports je nach Konfiguration Alarme und Bitfehler (Test Sequence Errors, TSE). Diese liegen während der Zeitdauer des Umschaltvorgangs an.

Wichtig ist, daß die Unterbrechungsdauer am Zubringer gemessen wird und nicht nur die K1/K2-Umschaltzeiten des APS-Protokolls. Der ANT-20 erlaubt durch seine äußerst flexible Lösung die Auswahl verschiedener Ereignisse als Meßkriterien:

- SDH: MS-AIS, AU-AIS, TU-AIS, TSE
- SONET: AIS-L, AIS-P, AIS-V, TSE

Die Umschaltzeiten sind mit 50 ms spezifiziert. Der ANT-20 mißt die Dauer des Ereignisses am Zubringer mit einer Auflösung von 1 ms, auch wenn das Signal Bitfehlerhäufigkeiten bis  $2 \cdot 10^{-4}$  aufweist. Zur Erzeugung des APS kann ein zweiter ANT-20 eingesetzt werden, der im Durchgangsbetrieb die Alarmarten SF ( $B2 > 1 \cdot 10^{-3}$ ), SD ( $B2 > 1 \cdot 10^{-6}$ ) und in der OOS-Betriebsart zusätzlich LOS, LOF, MS-AIS (AIS-L) erzeugt.

Nähere Einzelheiten zu den APS-Mechanismen bei den verschiedenen Ringarchitekturen finden sich im technischen Anhang.

### Überprüfung des APS-Protokolls auf Normkonformität

Wenn die Umschaltzeit nicht eingehalten wird oder wenn überhaupt keine Umschaltung möglich ist, weil die Korrespondenz zwischen den NEs nicht gewährleistet ist, ist zur Klärung eine genaue Fehleranalyse notwendig. Durch Aufzeichnung der Korrespondenz zwischen den NEs während des Umschaltvorgangs kann der Ablauf in allen Einzelheiten analysiert werden. Die Byte-Capture-Funktion des ANT-20 erlaubt die detaillierte Analyse der K1/K2-Bytes des APS-Protokolls (Anhang: Tabellen A-1 und A-3). Hier hat der ANT-20 eine entscheidende Stärke gegenüber der Konkurrenz. Herkömmliche Tester messen nur die Umschaltzeit, bieten aber keine Möglichkeit zur gezielten Analyse im Fehlerfall. Dagegen zeichnet der ANT-20 zur Analyse des APS-Protokolls bis zu 200 Änderungen der K1/K2-Kombinationen auf. Jede Änderung der Bytes wird mit Anzahl der Rahmen, Zeitstempel und als Klartext angezeigt. Damit ist eine schnelle Analyse des Protokollablaufs und ein einfaches Erkennen von Fehlkommandos möglich.

Der ANT-20 kann entweder als Monitor an die „Protection Line“ angeschaltet werden oder im Durchgangsbetrieb auch in die Leitung eingeschleift werden. Mit diesen Eigenschaften vereinfacht der ANT-20 ganz wesentlich die komplexen Messungen bei der Installation und bei der Fehlerlokalisierung.

### Beispiel: Typischer Ablauf einer APS-Messung

1. Einstellung der Signalstruktur über den Signal Structure Editor des ANT-20, Start des „APS-Time Measurements“.
2. Aktivierung des APS durch manuelle Unterbrechung der „Working Line“, Ereigniserzeugung mit einem weiteren ANT-20 im Durchgangsbetrieb oder Einstellung über das Netzmanagement.
3. Der ANT-20 mißt die Unterbrechungszeit und vergleicht sie mit dem Erwartungswert. Einfache Interpretation des Ereignisses durch „Passed“ oder „Failed“.

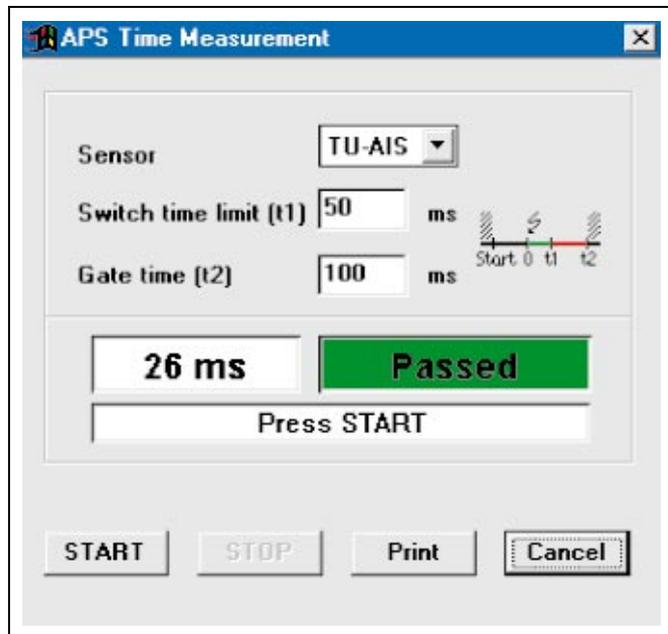


Bild 7: Ergebnis einer Umschaltzeit-Messung

No.	Frame No.	Time	K1	APS Code	K2	APS Code
1	0	00:00:00.000	B3	SF-R	3 48	4 1 Idle
2	4299	00:00:00.537	B3	SF-R	3 4A	4 1 Br&Sw
3	425399	00:00:53.174	53	WTR	3 4A	4 1 Br&Sw
4	899870	00:01:52.483	03	NR	3 4A	4 1 Br&Sw
5	900203	00:01:52.525	03	NR	3 49	4 1 Br
6	1047769	00:02:10.971	01	NR	1 49	4 1 Br
7	1048016	00:02:11.002	01	NR	1 40	4 0 Idle

Bild 8: Beispiel des Protokollablaufs bei einem 2-Fiber MS Shared Protection Ring

## Netzmanagement: Alarm-Sensoren

Mit der Überprüfung der Alarm-Sensoren kann festgestellt werden, ob Fehlerzustände durch die Systemkomponenten richtig erkannt und über die entsprechenden Datenkanäle (DCC) zum Netzmanagement-System übertragen werden. Eine Überprüfung dieser Funktionen wird meist nur als Stichprobe an einem Zubringer ausgeführt. Exemplarisch werden verschiedene Sensoren stimuliert und daraufhin geprüft, ob als Folge am Management-System die entsprechenden Fehlermeldungen (z. B. LOS, B2, AIS usw.) eintreffen und angezeigt werden.

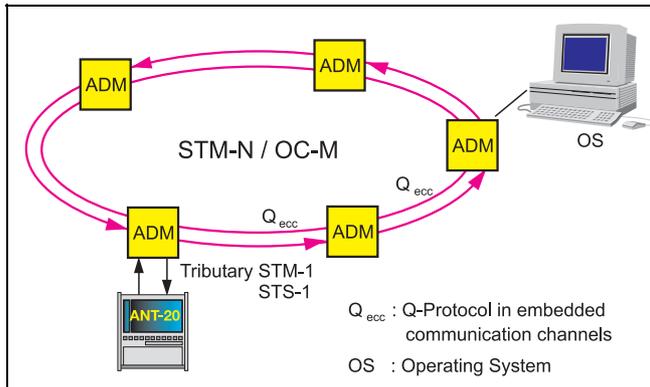
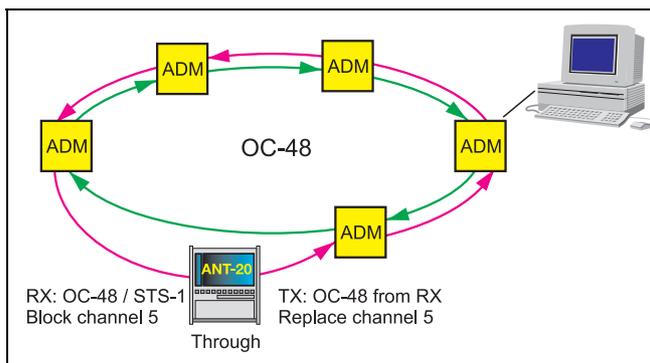


Bild 9: Test der Alarm-Sensoren

## Netzmanagement: Path Trace

Eine korrekte Verschaltung vieler Zubringer ist nur möglich, wenn jeder Payload eindeutig ihre Quelle zugeordnet werden kann (Routingkontrolle). Dies wird in den verschiedenen Hierarchien durch die OH-Bytes J0, J1, J2 als ASCII-Datenkette mit 15 (bzw. 64) Zeichen gekennzeichnet. Zur Überprüfung der korrekten Funktion wird in einem willkürlich ausgewählten 2-Mbit/s-Kanal ein Path Trace erzeugt, der im Netzelement mit dem Erwartungswert verglichen wird. Danach wird der Path Trace verändert und anschließend geprüft, ob das Netzelement daraufhin einen TIM-Alarm (Trace Identifier Mismatch, TIM) und in Rückwärtsrichtung den entsprechenden RDI-Alarm (Remote Defect Indication, RDI) auslöst. Der ANT-20 erlaubt mit dem ASCII-Editor die Erzeugung von Zeichenketten (Strings) mit allen möglichen ASCII-Zeichen.



## Zeitoptimiertes Testen durch Automatisierung

Die Vielzahl der Ring-Tests legt eine Automatisierung nahe. Besonders Netzbetreiber erkennen die Notwendigkeit, durch automatische Testroutinen die Meßzeiten beim Einmessen und bei Wartungs- und Reparaturarbeiten drastisch zu verkürzen. Der ANT-20 bietet mit dem Tool „Test-Sequencer“ einen entsprechenden Komfort. Durch Zusammenstellen vorhandener Testszenarien (Sensor-, Jitter-, Fehlertest) kann schnell eine gewünschte Sequenz erstellt werden. Alle Tests an Standard-Netzelementen sind möglich. Durch dieses Vorgehen werden neben der enormen Zeitersparnis reproduzierbare Ergebnisse erzielt. Außerdem sind dieselben Testsequenzen auch für Meßaufgaben beim Troubleshooting einsetzbar.

## Einmessen von SONET-Ringen (USA)

Für SONET-Ringe (USA) gelten prinzipiell dieselben Meßverfahren wie für den internationalen SDH-Standard (Tabellen 1 und 2). Einige Besonderheiten beim Testen von SONET-Ringen werden nachfolgend kurz beschrieben

### Block & Replace

Dieses Meßverfahren wird in den USA zusätzlich zur Stimulation des Umschaltvorgangs häufig angewandt. Dazu wird der Ring geschlossen und der ANT-20 im Durchgangsbetrieb in die aktive Faser eingeschleift (Bild 10). In dieser Konfiguration empfängt der ANT-20 zum Beispiel das optische Signal STM-16/OC-48, ersetzt („replace“) einen synchronen Kanal einschließlich des POH und sendet das modifizierte Signal wieder aus. Derselbe Kanal wird daraufhin im Empfänger analysiert („block“).

Jetzt können zwei wesentliche Funktionen geprüft werden:

- Transparenz des ersetzten Kanals durch den ganzen Ring (Payload und Konfiguration der ADMs)
- Stimulation der NE-Sensoren, die für den APS-Umschaltvorgang verantwortlich sind. Je nach Konfiguration des NE wird dies durch B1, B2 oder B3 ausgelöst. Mit dem ANT-20 lassen sich im Durchgangsbetrieb die unterschiedlichen Fehlerschwellen prüfen.

Bild 10: Ringtest nach dem Block & Replace-Meßverfahren

# Technischer Anhang

- Recommendations
- Linear protection
- Ring protection

## Recommendations

SDH- und SONET-Netzwerke stellen neben den aktiven „Working Channels“ zusätzliche „Protection Channels“ zur Verfügung, welche im Fehlerfall (z. B. bei Faserunterbrechung) oder bei Verschlechterung der Signalqualität den aktiven Verkehr übernehmen können. Durch eine solche Netzersatzschaltung (Automatic Protection Switching, APS) wird ein Ausfall des Netzes verhindert und die Qualität der Übertragung gewährleistet.

## Sicherungsarchitekturen

Grundsätzlich wird bei APS zwischen zwei verschiedenen Protection-Architekturen unterschieden:

- **Linear Protection** – Linear Multiplex Section Protection (Linear MSP) nach ITU-T G.783 bzw. ANSI T1.105.1 für Punkt-zu-Punkt-Verbindungen und
- **Ring Protection** – Multiplex Section Shared Protection Ring (MSSP Ring) nach ITU-T G.841 bzw. ANSI T1.105.1 für Ringstrukturen.

Beide Sicherheitsmechanismen greifen auf Ersatzleitungen oder Ersatzkomponenten zurück. Zur Umschaltung werden Signalisierungsprozeduren benötigt, die in den Overhead-Bytes K1 und K2 des SOH (SDH) bzw. TOH (SONET) übertragen werden (Tabelle A-1 und Tabelle A-3).

## Linear Protection – G.783/T1.105.1 (zukünftig in ITU-T G.841)

In den Empfehlungen G.783/T1.105.1 wird das Sicherungsverfahren *Linear Protection* (Linear MSP) definiert. Danach existieren die drei verschiedenen Sicherungsmechanismen nach Tabelle A-2.

Tab. A-2: Sicherungsarchitektur bei Linear Protection

1 + 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Verkehr wird simultan über „Working Line“ und „Protection Line“ übertragen.</li> <li>- Beide transportieren 100 % Verkehr.</li> <li>- Im Fehlerfall wird im Empfänger auf „Protection Line“ umgeschaltet.</li> </ul>
1 : 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Verkehr wird über einen Kanal übertragen.</li> <li>- Über die „Protection Line“ fließt kein Verkehr bzw. nur solcher mit geringer Priorität, 100 % Absicherung.</li> <li>- Im Fehlerfall wird im Sender und Empfänger auf „Protection Line“ geschaltet.</li> </ul>
1 : N	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Der Verkehr fließt über die „Working Line“, auf der „Protection Line“ fließt kein Verkehr bzw. nur solcher mit geringer Priorität.</li> <li>- N Leitungen teilen sich eine „Protection Line“.</li> <li>- Im Fehlerfall übernimmt die „Protection Line“ den Verkehr des defekten Kanals.</li> <li>- Gebräuchliches und kostengünstiges Sicherungsverfahren.</li> </ul>

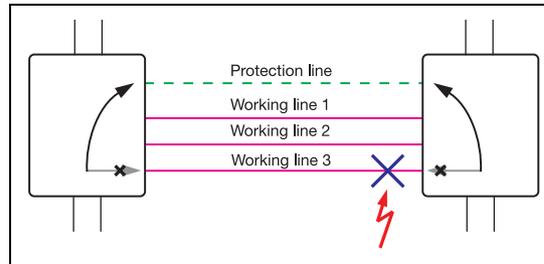


Bild A-1: 1:N-Linear Protection (N = 3)

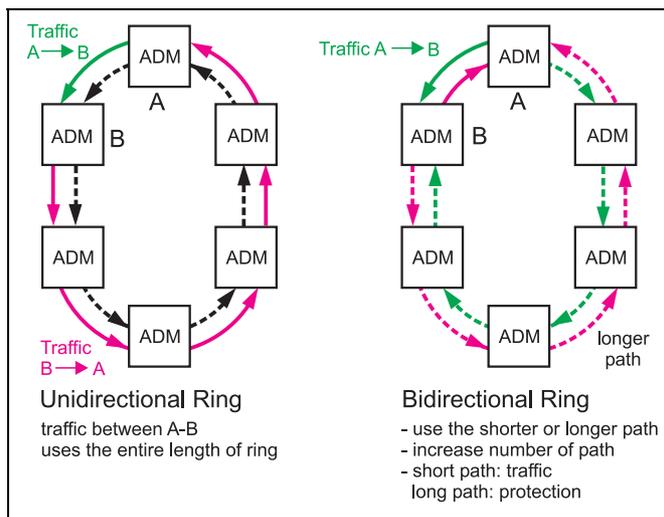
Tab. A-1: K1-Protokoll für Linear MSP und MSSP Ring (K1 zeigt eine Ersatzschaltungs-Anforderung und die Nummer des anfordernden Kanals an)

Die einfachste Form der Ersatzschaltung ist das sogenannte 1+1-APS. Dabei wird die Working Line

K1 Byte	G. 841 (MS shared protection rings)	G.783 (Linear MS protection)
1 2 3 4 5 6 7 8	<b>Bridge Request Code (Bits 1-4)</b>	<b>Request Codes (Bits 1-4)</b>
1 1 1 1	Lockout of Protection (Span) or Signal Fail (Protection) LP-S	Lockout of Protection
1 1 1 0	Forced Switch (Span) FS-S	Forced Switch
1 1 0 1	Forced Switch (Ring) FS-R	Signal Fail High Priority
1 1 0 0	Signal Fail (Span) SF-S	Signal Fail Low Priority
1 0 1 1	Signal Fail (Ring) SF-R	Signal Degrade High Priority
1 0 1 0	Signal Degrad (Protection) SD-P	Signal Degrade Low Priority
1 0 0 1	Signal Degrade (Span) SD-S	unused
1 0 0 0	Signal Degrade (Ring) SD-R	Manual Switch
0 1 1 1	Manual Switch (Span) MS-S	unused
0 1 1 0	Manual Switch (Ring) MS-R	Wait to Restore
0 1 0 1	Wait-To-Restore WTR	unused
0 1 0 0	Exciser (Span) EXER-S	Exercise
0 0 1 1	Exciser (Ring) EXER-R	unused
0 0 1 0	Reverse Request (Span) RR-S	Reverse Request
0 0 0 1	Reverse Request (Ring) RR-R	Do not Revert
0 0 0 0	No Request NR	No Request
	<b>Destination Node Identification (Bits 5-8)</b> (Node for which that K1 byte is destined)	<b>Channel Number (Bits 5-8)</b>
	0 0 0 0	0
	0 0 0 1	1
	0 0 1 0	2
	. . . .	3-14
	1 1 1 1	15
		Null channel
		Working channel 1
		Working channel 2
		Working channel 3-14
		Extra traffic channel

durch jeweils eine Protection Line abgesichert. Tritt ein Alarm auf, so wird an beiden Enden der Verbindung die Umschaltung durch den Protection Agent im Netzelement vorgenommen. Der Auslöser für die Umschaltung ist ein Defekt (z. B. LOS). Durch eine Rückmeldung in die Gegenrichtung wird die Umschaltung auf der Gegenseite eingeleitet. Die 1+1-Architektur ist 100 % redundant. Für jede Working Line gibt es eine Reserveleitung. Für Weitverkehrsstrecken wird die kostengünstigere 1:N-Architektur bevorzugt. Bei dieser Architektur teilen sich mehrere Working Lines eine Reserveleitung (Bild A-1). Die 1+1- und 1:N-Protection-Mechanismen sind in den ITU-T-Empfehlungen standardisiert. Reserveleitungen können für Verkehr mit niedriger Priorität verwendet werden, er wird allerdings im Falle einer Umschaltung unterbrochen.

**Bild A-2: Verschiedene Sicherungsarchitekturen (Ring Protection)**



### Ring protection – G.841/T1.105.1

Es gibt verschiedene Arten von Schutzmechanismen für Ringstrukturen, die aber nur zum Teil standardisiert sind. In der ITU-T-Empfehlung G.841 (bzw. ANSI T1.105.1) wird das recht komplexe Sicherungsverfahren MSSP Ring definiert. Bei diesem Verfahren unterscheidet man grundsätzlich zwischen

- unidirektionaler und
- bidirektionaler Ringstruktur

**Unidirectional Ring:** Die Information wird nur in einer Richtung übertragen. Deshalb benötigt eine Verbindung zu einem benachbarten Netzelement unter Umständen die gesamte Ringlänge (Traffic B → A in Bild A-2). Nachteilig bei diesem Prinzip ist, daß große Laufzeitunterschiede in beiden Übertragungsrichtungen auftreten können.

**Bidirectional Ring:** Die Verbindungen zwischen den einzelnen Netzelementen sind in dieser Struktur bidirektional (Bild A-2). Als Working Line wird die kürzere und als Protection Line die längere Verbindung benutzt. Tritt zwischen benachbarten Netzelementen A und B eine Störung auf, so leitet das Netzelement B die Umschaltung ein und steuert das Netzelement A mittels der K1- und K2-Bytes des SOH.

**Tabelle A-3: K2-Protokoll für Linear MSP und MSSP Ring (K2 zeigt Bridge-Status mit Kanalnummer und Sicherungsarchitektur an)**

K2 Byte	2G.841 (MS shared protection rings)	G.783 (Linear MS protection)
1 2 3 4 5 6 7 8	<b>Source Node Identification (Bits 1–4)</b> (Node's own identification)	<b>Channel Number (Bits 1–4)</b>
0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 · · · · 1 1 1 1	0 1 2 3–14 15	Null channel Working channel 1 Working channel 2 Working channel 3–14 Extra traffic channel
	<b>Path Code (Bit 5)</b>	<b>MSP Architecture (Bit 5)</b>
0 1	Short Path Code (S) Long Path Code (L)	1 + 1 architecture 1 : N architecture
	<b>Status (Bits 6–8)</b>	<b>(Bits 6–8)</b>
	1 1 1 MS-AIS 1 1 0 MS-RDI 1 0 1 <i>Reserved for future use</i> 1 0 0 <i>Reserved for future use</i> 0 1 1 <i>Reserved for future use</i> 0 1 0 Bridged and Switched (Br & Sw) 0 0 1 Bridged (Br) 0 0 0 Idle	MS-AIS MS-RDI <i>Reserved for future use (Note 1)</i> <i>Reserved for future use (Note 2)</i> <i>Reserved for future use</i> <i>Reserved for future use</i> <i>Reserved for future use</i> <i>Reserved for future use</i>

Note 1: provisioned for bidirectional switching (ANSI T1.105.01)  
Note 2: provisioned for unidirectional switching (ANSI T1.105.01)

### Unidirectional Path Switched Ring (UPSR)

Der Ersatzschaltungsmechanismus ist wie folgt (Bild A-3):

- Die Netzelemente B und E senden in beide Fasern. Der Verkehr wird damit sowohl auf der Working Line als auch auf der Protection Line gleichzeitig übertragen.
- Im Fehlerfall (z. B. Unterbrechung zwischen den Netzelementen C und D) wird der Empfänger des Netzelements E auf die Faser 2 (rote Faser in Bild A-3, rechts) umgeschaltet und findet sofort eine Verbindung vor.
- Der sogenannte Path Switched Ring zeichnet sich durch einen einfachen Umschaltmechanismus aus.
- Kenntnisse über die Ringkonfiguration sind nicht erforderlich.

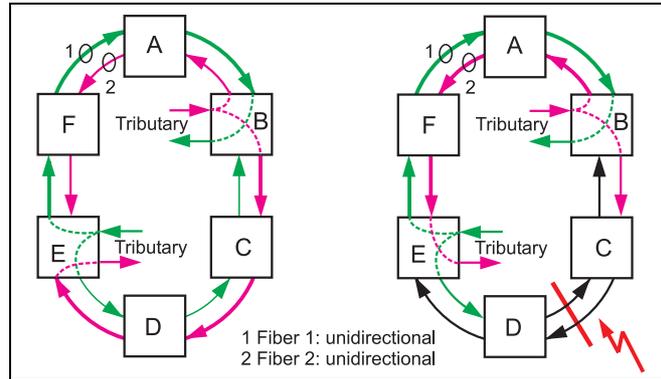


Bild A-3: Unidirectional Path-Switched Ring (UPSR)

### Unidirectional Line Switched Ring (ULSR)

Der Ersatzschaltungsmechanismus ist wie folgt (Bild A-4):

- Die Netzelemente B und E senden in Faser 1 (Working Line).
- Es wird angenommen, daß eine Unterbrechung zwischen den Netzelementen C und D vorliegt. Die Richtung E → B ist dadurch nicht beeinträchtigt. Für die Richtung A → B muß dagegen ein Ersatzweg gefunden werden. Dazu wird in den Netzelementen C und D die Working Line (rote Faser) auf die Protection Line (blaue Faser) durchgeschleift, die anderen NEs schalten auf Durchgang.
- Die Steuerung des APS-Ablaufs erfolgt mittels der K-Bytes.
- Dieser Sicherungsmechanismus wird als Line Switched bezeichnet.
- Kenntnisse über die Ringkonfiguration sind erforderlich.

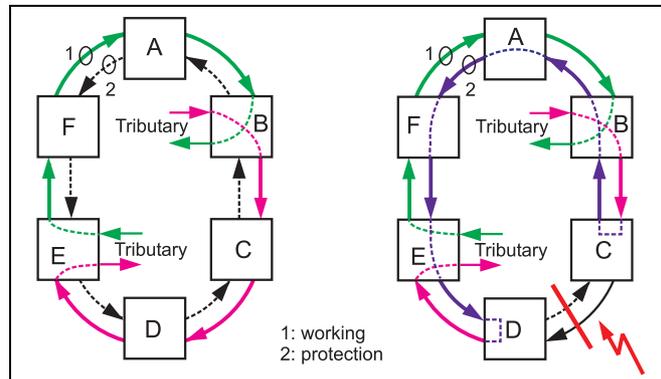
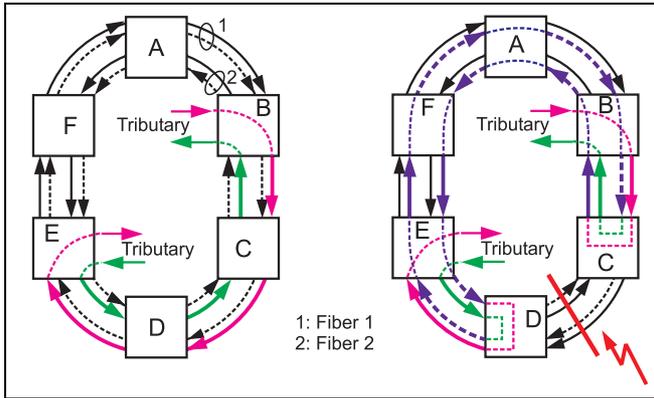


Bild A-4: Unidirectional Line-Switched Ring (ULSR)

### Beispiel: Prinzipieller APS-Ablauf

1. Ein Netzelement (NE) erkennt einen Fehler (z. B. LOS, LOF oder hohe Bitfehlerraten) und leitet damit einen Schaltvorgang ein.
2. Zur Übertragung der erforderlichen Information an die Netzelemente bzw. zur Steuerung der notwendigen Aktionen dienen die K1- und K2-Bytes des SOH.
3. Alle Netzelemente links und rechts der Unterbrechung schalten von „Working Line“ auf „Protection Line“. Alle anderen Netzelemente schleifen die „Protection Line“ durch.
4. Die Verbindung ist wieder aktiv. Der Verkehr fließt über die „Umleitung“.
5. Nach Beseitigung des Fehlers: Rückkehr zum Originalzustand, wenn „Revertive Mode“ konfiguriert ist.

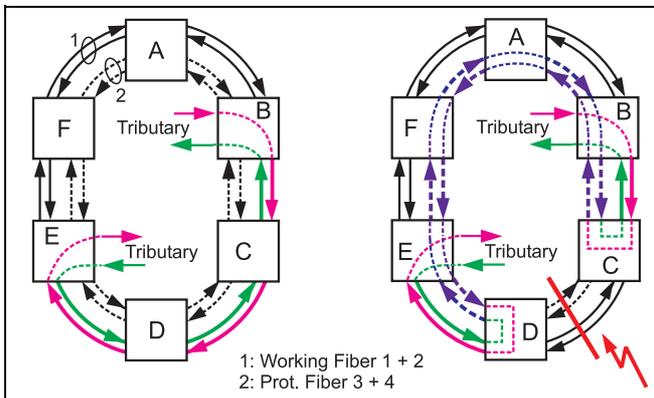


**Bild A-5: Two Fiber Bidirectional Line-Switched Ring (BLSR)**

### Two Fiber Bidirectional Line Switched Ring (BLSR)

Der Ersatzschaltungsmechanismus ist wie folgt (Bild A-5):

- Die Verbindungen zwischen den einzelnen Netzelementen sind in dieser Struktur bidirektional. Jede Faser hat 50 % „Protection“-Kapazität.
- Es wird angenommen, daß zwischen den Netzelementen C und D eine Unterbrechung vorliegt. Für beide Übertragungsrichtungen muß eine Ersatzleitung geschaltet werden. Dazu wird die Working Line im Netzelement C (rote Faser) und im Netzelement D (grüne Faser) zur Protection Line durchgeschleift, die anderen Netzelemente werden auf Durchgang geschaltet.
- Die Steuerung des Umschaltprozesses (APS) erfolgt über die K1- und K2-Bytes des SOH/TOH.
- Der Umschaltmechanismus ist komplex und bezieht den gesamten Ring mit ein. Es sind deshalb Kenntnisse über die Ringkonfiguration notwendig.

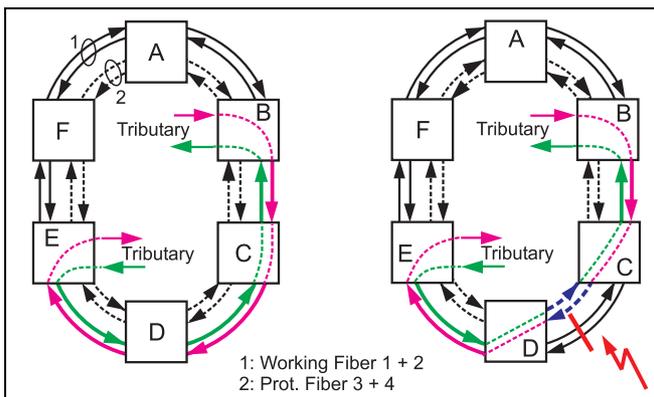


**Bild A-6: Four Fiber Bidirectional Line-Switched Ring (BLSR)**

### Four Fiber Bidirectional Line Switched Ring (BLSR)

Der Ersatzschaltungsmechanismus ist wie folgt (Bild A-6):

- Die Working Lines und Protection Lines bestehen jeweils aus zwei Fasern. Es wird damit eine 1:1-Absicherung (100 %) erreicht.
- Tritt z. B. zwischen den Netzelementen C und D eine Unterbrechung auf, so werden in C und D die Working Lines (in C die rote und in D die grüne Faser) zur Protection Line durchgeschleift, die anderen Netzelemente schleifen die Protection Line durch.
- Die Verbindung ist wieder aktiv.
- Der komplexe Umschaltmechanismus erfordert Kenntnisse über die Ringkonfiguration.



**Bild A-7: Four Fiber Bidirectional Span Switched Ring (BLSR)**

### Four Fiber Bidirectional Span Switched Ring (BLSR)

Der Ersatzschaltungsmechanismus ist wie folgt (Bild A-7):

- Die Working Lines und Protection Lines bestehen jeweils aus zwei Fasern. Es wird damit eine 1:1-Absicherung (100 %) erreicht.
- Bei einer angenommenen Unterbrechung zwischen den Netzelementen C und D wird nur in den Netzelementen C und D umgeschaltet (Span zwischen C und D), alle anderen Netzelemente des Rings werden nicht beeinflusst. Auch bei mehreren Unterbrechungen ist eine sichere Verbindung gewährleistet.
- Kenntnisse über die Ringkonfiguration sind erforderlich.

**Deutschland**

Wandel & Goltermann GmbH & Co.  
Vertriebsgesellschaft  
Postfach 11 55  
72794 Eningen u. A.  
Tel. (0 71 21) 98 56 10  
Fax (0 71 21) 98 56 12  
e-mail: vertrieb@wago.de

**Schweiz**

Wandel & Goltermann (Schweiz) AG  
Postfach 779  
Morgenstrasse 83  
CH-3018 Bern 18  
Tel. 031-9 91 77 81  
Fax 031-9 91 47 07  
e-mail: sales.switzerland@wago.de

**Österreich**

Wandel & Goltermann GmbH  
Postfach 13  
Elisabethstraße 36  
A-2500 Baden  
Tel. (0 22 52) 85 52 10  
Fax (0 22 52) 8 07 27  
e-mail: helpwgo@wago.de

**Weltweit**

Wandel & Goltermann GmbH & Co.  
Elektronische Meßtechnik  
Internationales Marketing  
Postfach 12 62  
D-72795 Eningen u.A.  
Tel. +49 (0) 7121-86 16 16  
Fax +49 (0) 7121-86 13 33  
e-mail: solutions@wg.com  
<http://www.wg.com>

Wandel & Goltermann unterhält eine weltweite Vertriebs- und Service-Organisation mit 29 eigenen Vertriebsgesellschaften und mehr als 65 Repräsentanten. So stellen wir sicher, daß unsere Kunden überall auf der Welt einen kompetenten Ansprechpartner finden, der sie bei der Lösung ihrer Meßaufgaben berät, sie schult und ihnen Dokumentation in der Landessprache oder einer der Weltsprachen zur Verfügung stellt. Für weitere detaillierte Informationen wenden Sie sich bitte an die für Ihr Land zuständige Niederlassung. Wir sind bestrebt, unser Vertriebs- und Servicenetz ständig zu erweitern und unseren Kunden näherzukommen. Sollte trotzdem Ihr Land nicht in der folgenden Liste aufgeführt sein, so hilft Ihnen das zuständige Regionalbüro weiter. Sie können sich aber auch direkt an unser Stammhaus in Deutschland wenden, wo wir Ihnen gerne den für Sie zuständigen Ansprechpartner nennen.