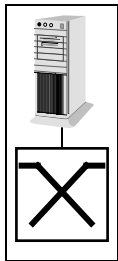


Netze und Protokolle für das Internet



3. Optische Netze der ersten Generation

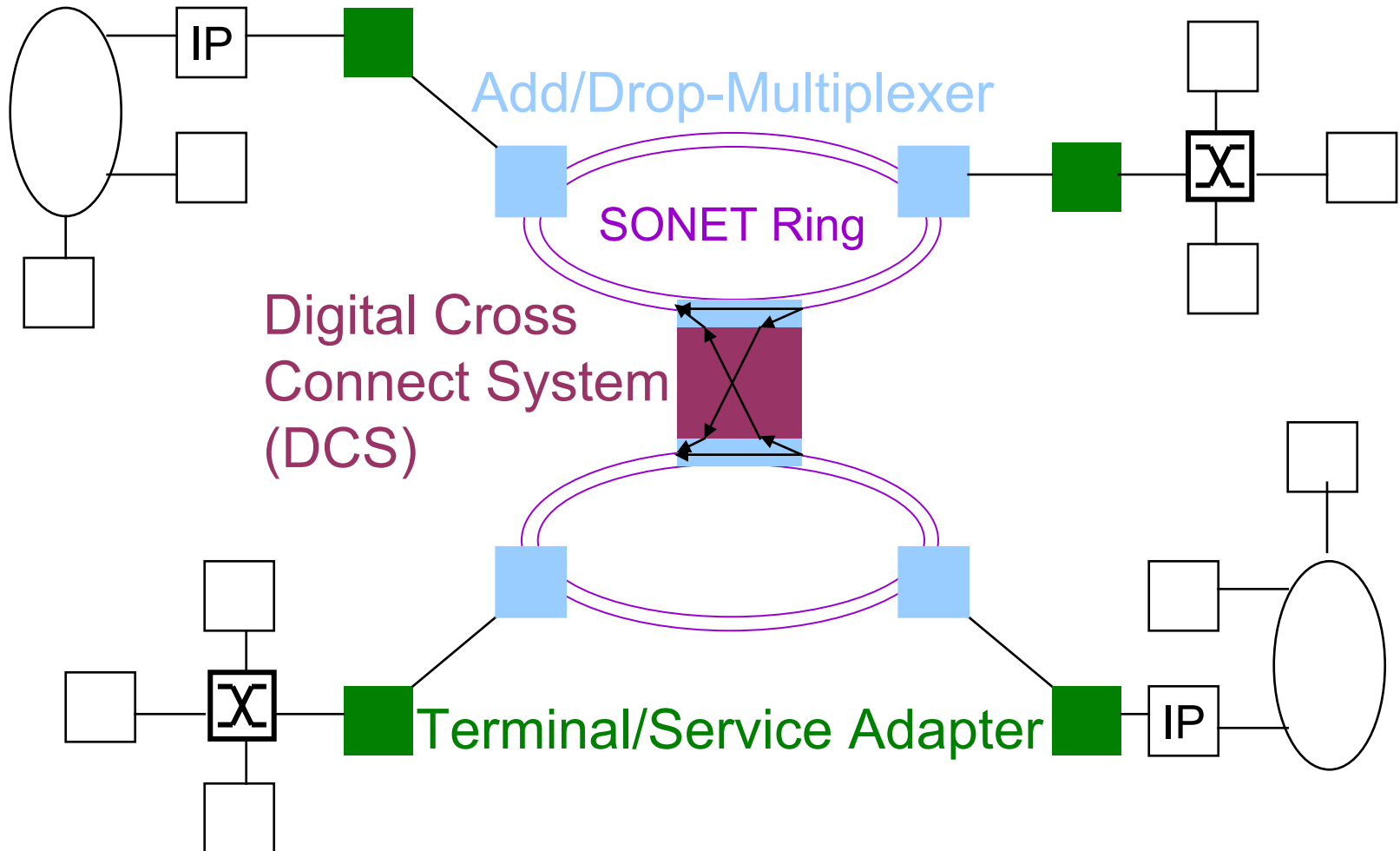
Inhalt

- SONET/SDH
 - SONET-Komponenten
 - SONET-Schichten
 - Formate und Bitraten
 - 10 Gigabit Ethernet
- Asynchronous Transfer Mode
 - ATM über SONET/SDH
 - Signalisierung: Protokollarchitektur
 - Private Network-Network Interface
- IP über SONET/SDH
- Protection und Restoration
 - Automatic Protection Switch
 - Selbstheilende Ringe
 - Virtuelle Protection Ringe
 - Protection in vermaschten Topologien
 - Fehlererkennungs- und Behebungszeiten
- Vergleich IP über SONET / IP über ATM

SONET/SDH

- SONET: Synchronous Optical NETwork
 - amerikanischer Standard
- SDH: Synchronous Digital Hierarchy
 - europäischer Standard
- Technik für die optischen Netze der ersten Generation
- Basistechnologie der Telefon-Backbones
- Funktionen
 - Signalregeneration
 - Monitoring
 - Management
 - Multiplexing

SONET-Topologie

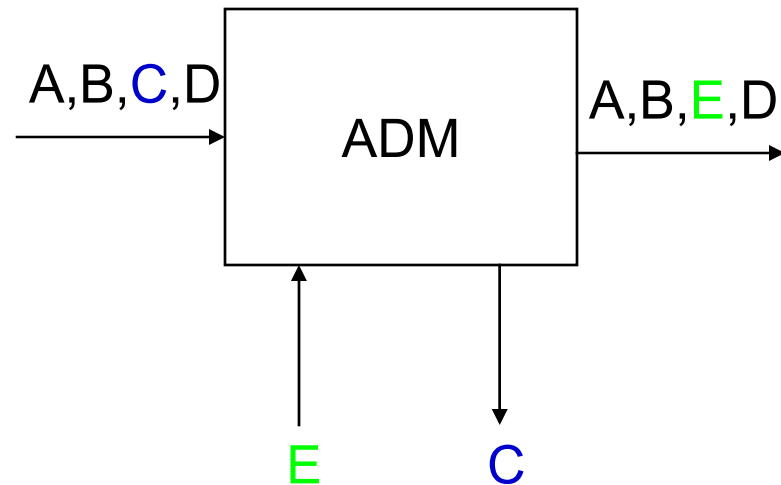
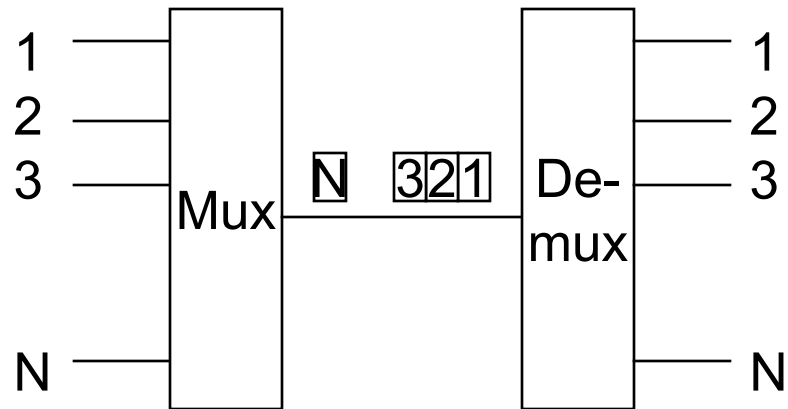


SONET-Komponenten

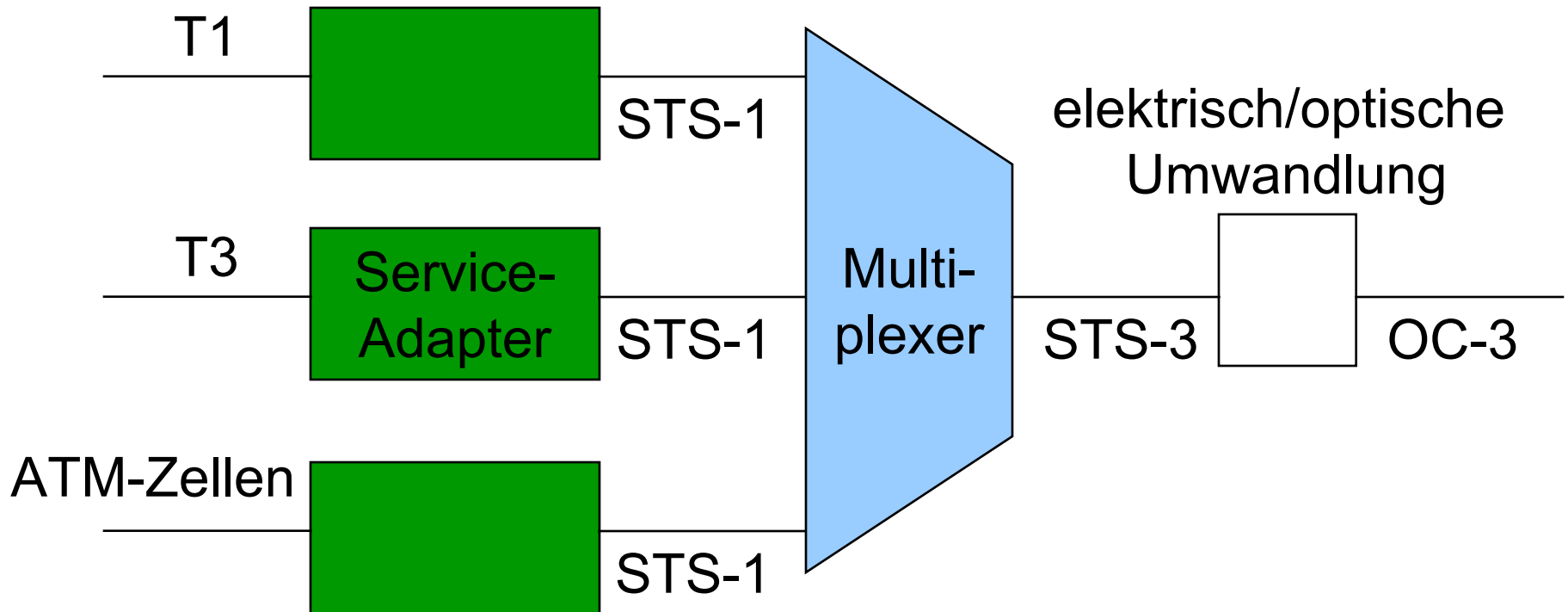
- Terminal/Service-Adapter
 - Konzentrator-Funktion: Zusammenfassung unterschiedlicher Datenströme zu Datenstrom höherer Rate
 - Datentransfer von/zu LANs, ATM, PDH
- Add/Drop-Multiplexer (ADM)
 - Filtern einzelner Datenströme aus empfangenem Datenstrom (*drop*)
 - Einfügen einzelner Datenströme in zu sendenden Datenstrom (*add*)
 - wird oft zum Aufbau von Ringen (Backbone und Zugangsnetze) verwendet (Zuverlässigkeit, Redundanz)
- Digital Cross Connect (DCS)
 - zentrales Verbindungsmanagement (bis zu mehreren 1000 Ports)
 - Performance Monitoring
 - Multiplexing
 - Unterstützung unterschiedlicher Geschwindigkeiten

Add Drop Multiplexing

- Multiplexing
 - Verschiedene Verbindungen teilen sich eine Verbindung
- Demultiplexing
 - Umkehroperation
- Add Drop Multiplexing
 - Entfernen und Hinzufügen von Verbindungen



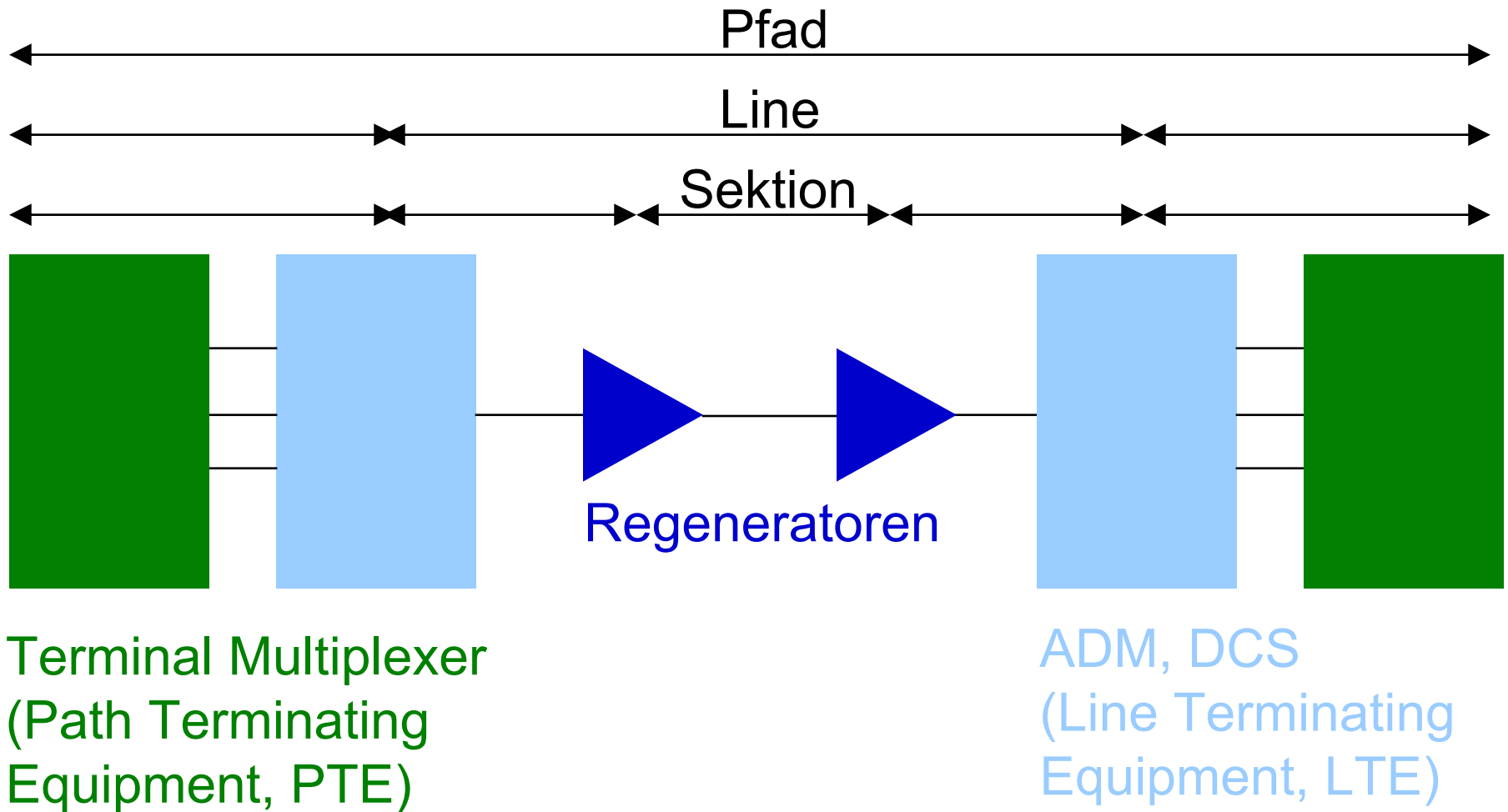
SONET-Multiplexing



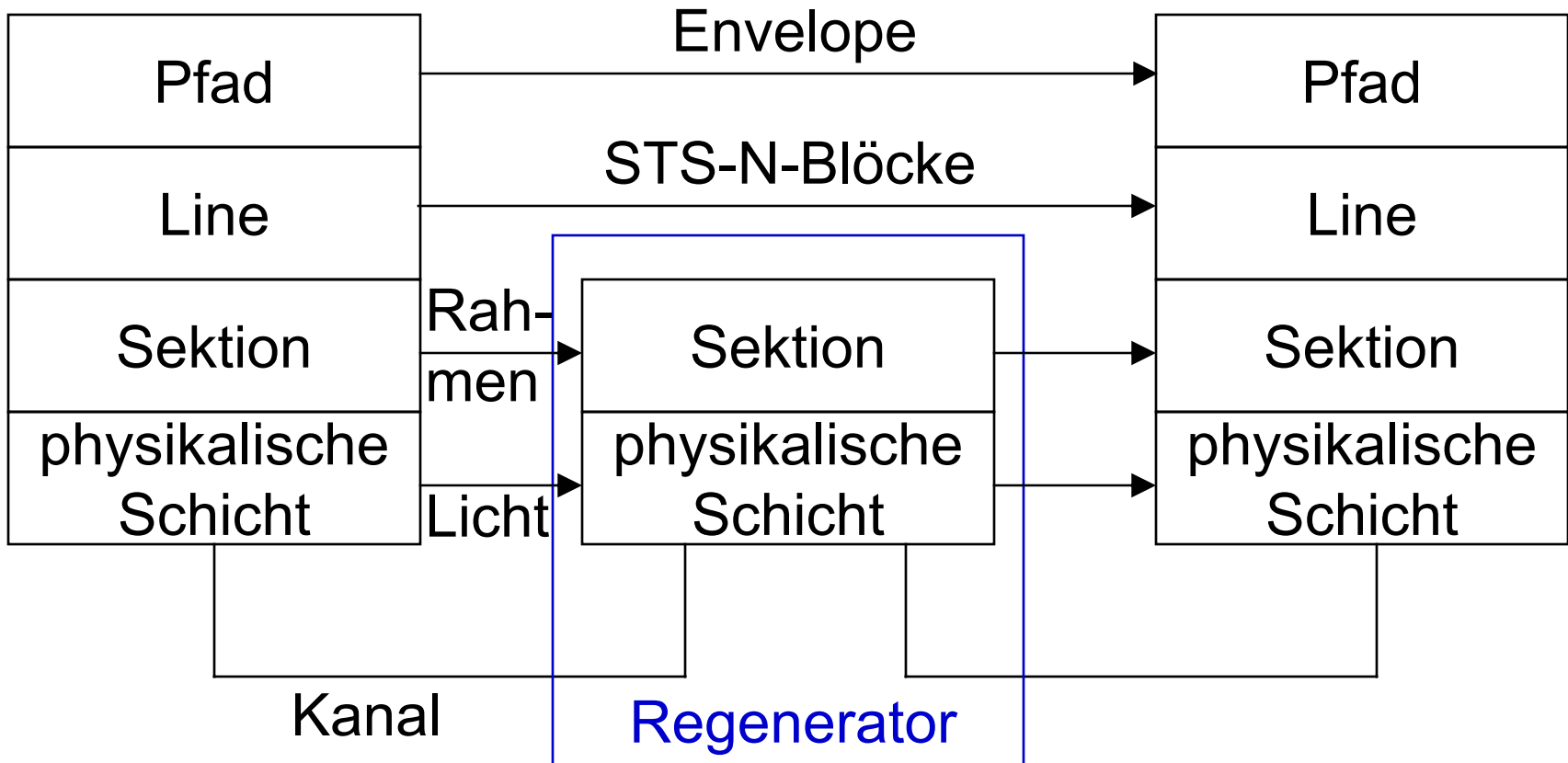
STS: synchronous transport signal

OC: optical carrier

SONET-Konfiguration



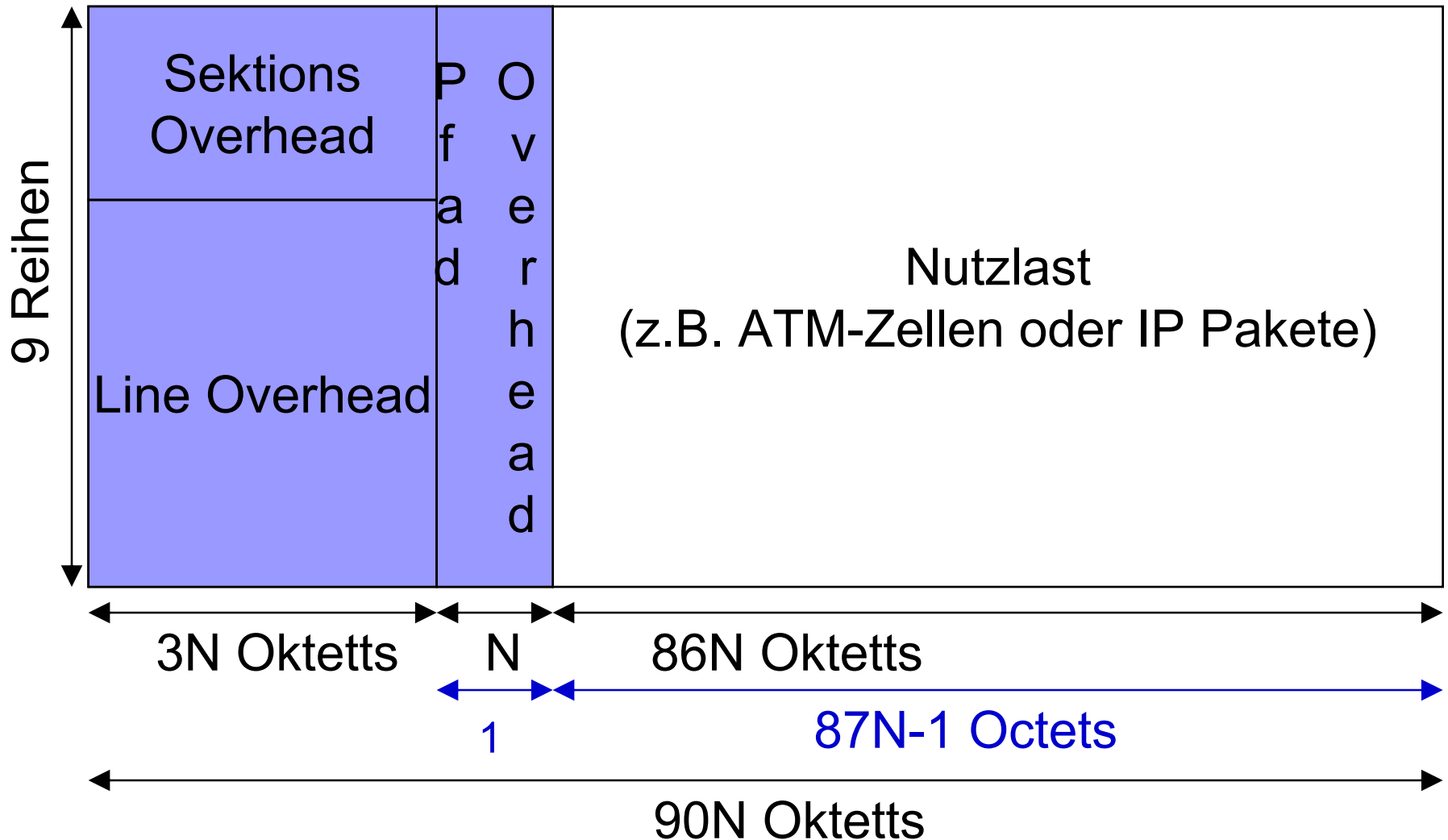
SONET-Schichten



SONET-Schichten

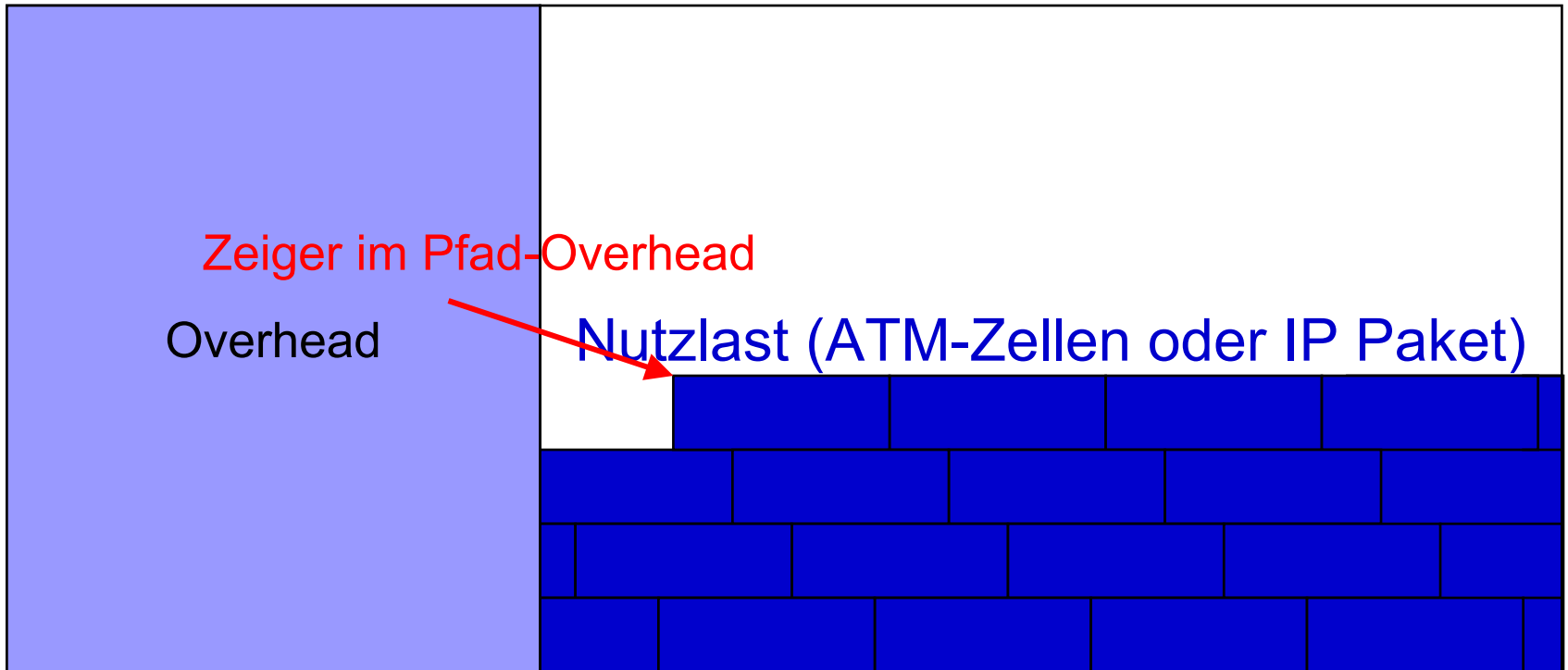
- Physikalische Schicht
 - Definition von physikalischen Grössen, z.B. Leistung, Dispersion
- Sektion
 - Erzeugen von SONET-Rahmen
 - elektrisch/optische Wandlung
 - Monitoring
- Line
 - Synchronisation
 - SONET-Multiplexing
 - Wartungsfunktionen
 - Switching
- Pfad
 - Ende-zu-Ende-Transport
 - Pfad-Monitoring

STS-N(c) Format



STS-Nc: N Rahmen entlang des selben Pfads

Paketübertragung in SONET

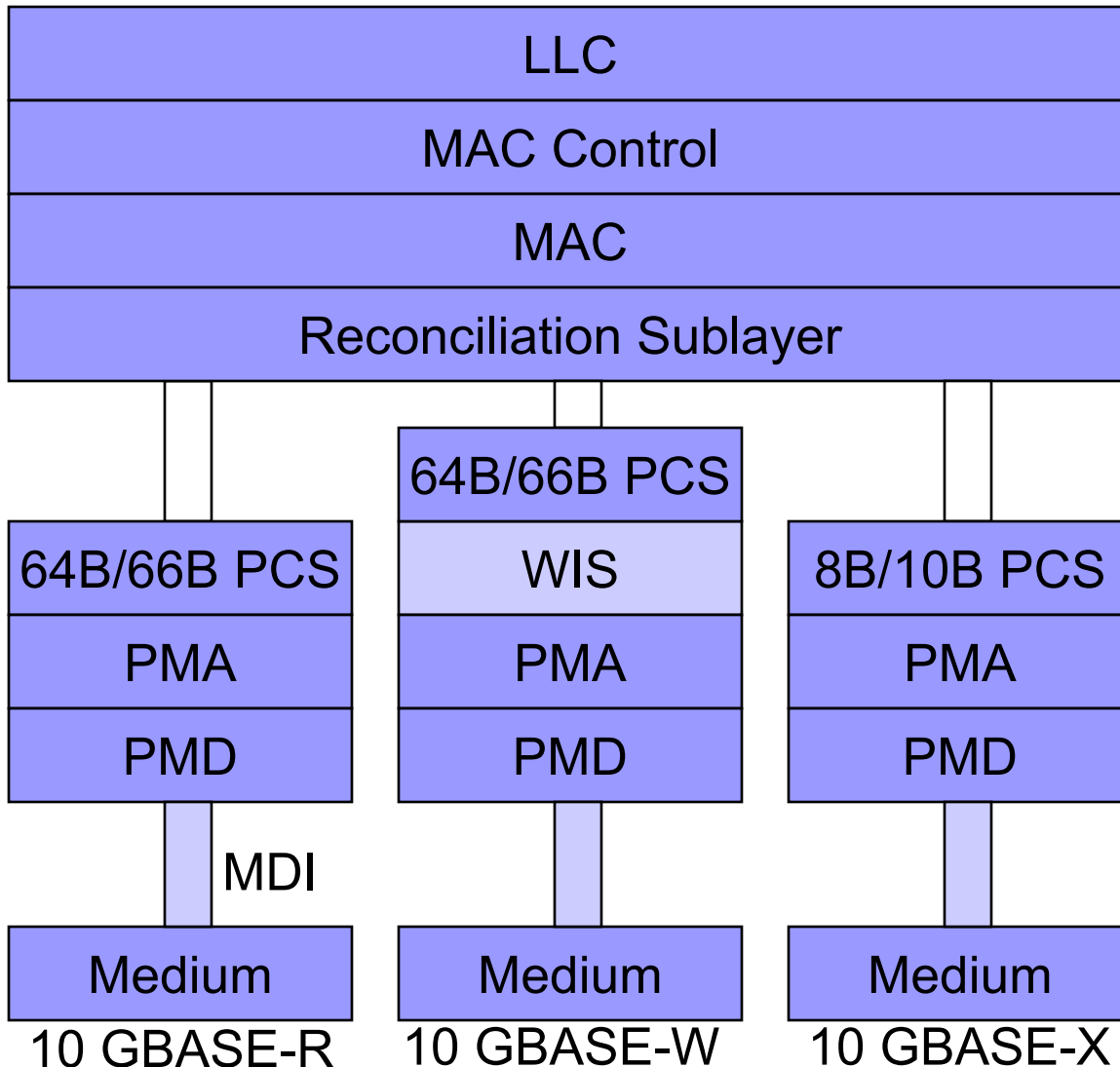


SONET- und SDH-Bitraten

$90 \text{ Oktetts} * 9 \text{ Reihen} * 8 \text{ Bit} / 125 \mu\text{s}$
 $= 6480 \text{ Bit} / 125 \mu\text{s}$
 $= 6480 * 8000 \text{ Bit/s}$
 $= 51.840 \text{ Mbit/s}$

SONET	SDH	Bitrate [Mbit/s]
STS-1	-	51.84
STS-3	STM-1	155.52
STS-12	STM-4	622.08
STS-48	STM-16	2488.32
STS-192	STM-64	9953.28

10 Gigabit Ethernet



PCS: Physical Coding Sublayer

WIS: WAN Interface Sublayer
(Anpassung auf SONET OC-192)

PMA: Physical Media Attachment

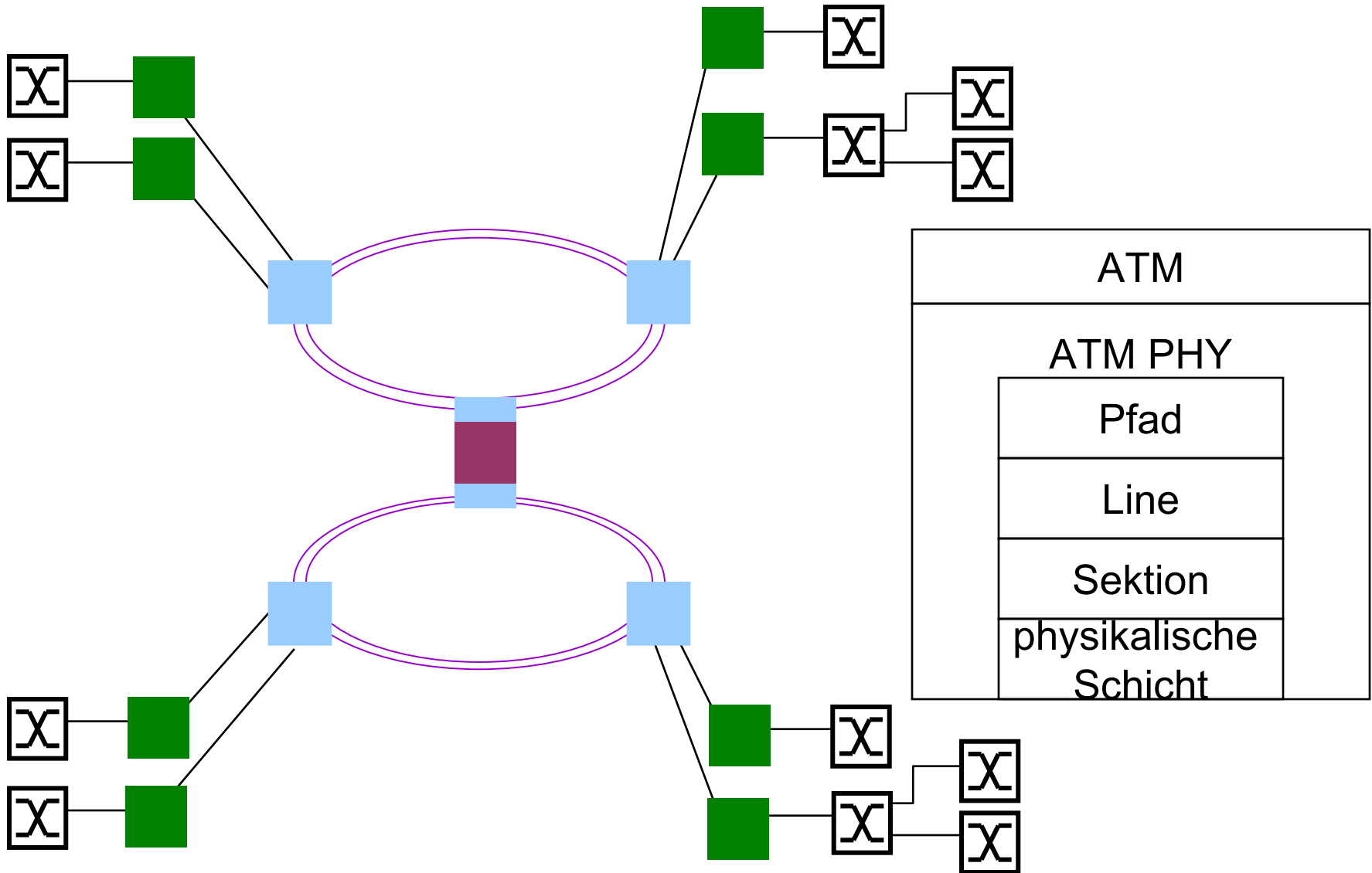
PMD: Physical Media Dependent
Sublayer

MDI: Media Dependent Interface

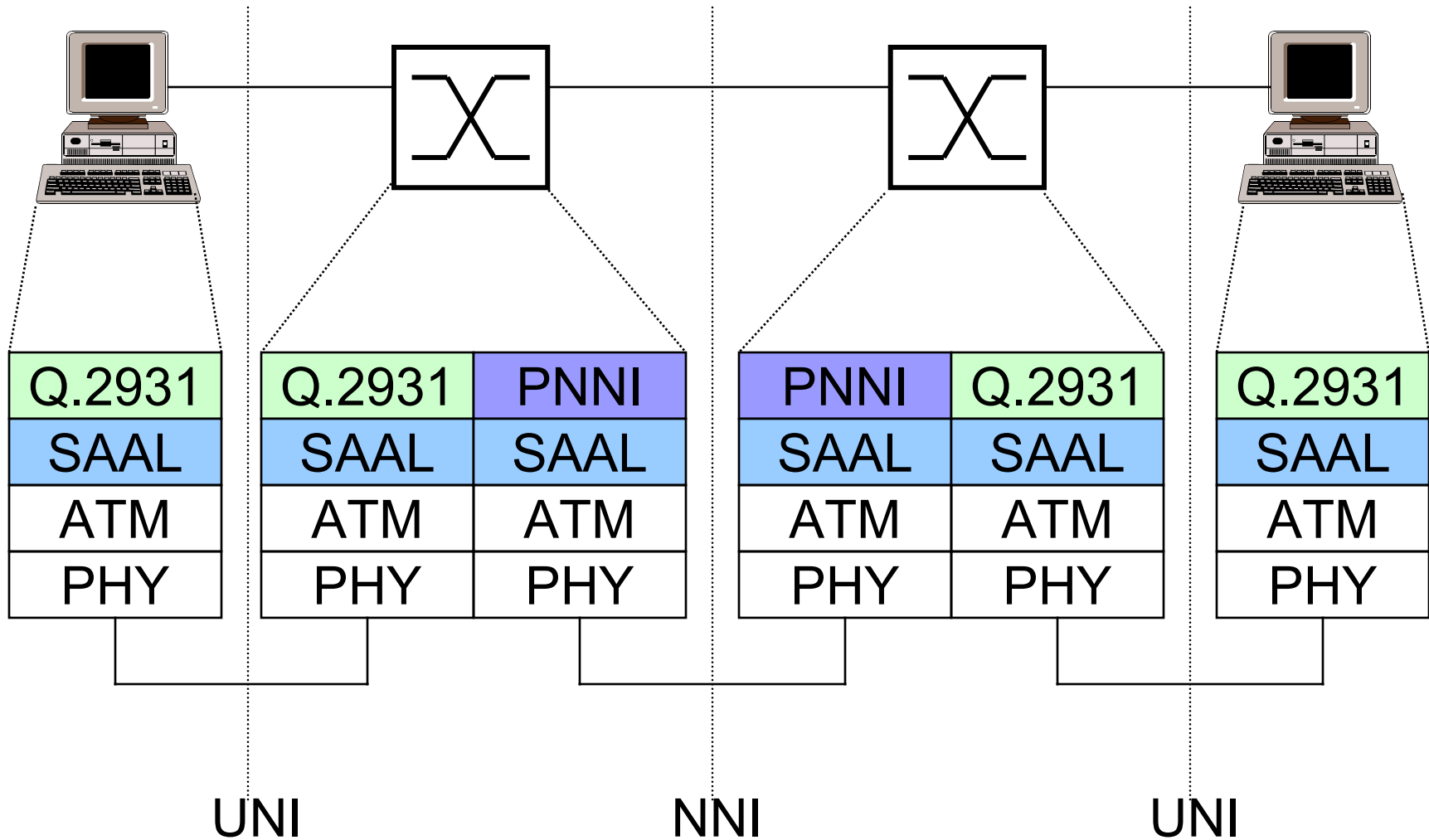
Asynchronous Transfer Mode

- virtuelle Kanäle und Pfade mit Label-Swapping
- Erweiterung der ISDN-Signalisierung
 - Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen
 - flexible Dienstgütenunterstützung
- ATM Adaptation Layer zum Segmentieren / Reassemblieren
- Verkehrssteuerung
 - Funktionen
 - Call Admission Control
 - Traffic Shaping
 - Usage Parameter Control, Policing
 - Staukontrolle
 - Scheduling
 - Verkehrsklassen: Constant, Variable, Available, Unspecified Bit Rate

ATM über SONET/SDH



Signalisierung: Protokollarchitektur



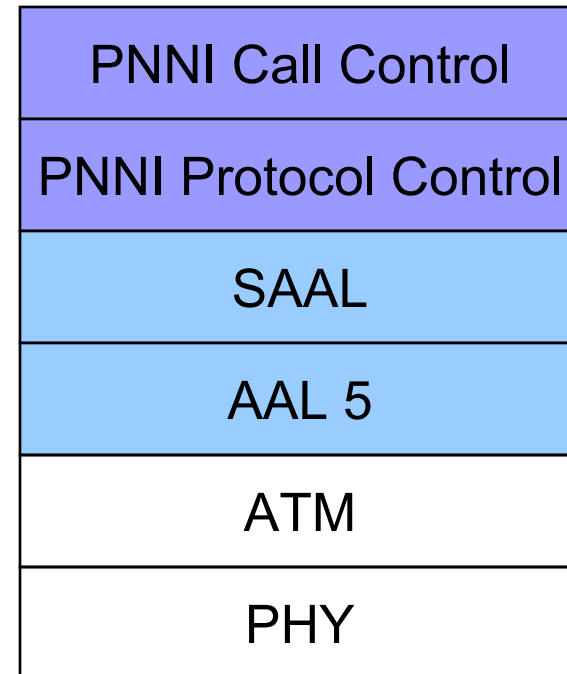
Private Network-Network Interface

■ Funktionen

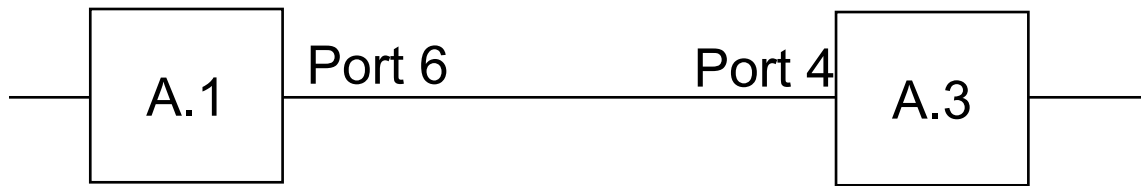
- Link State Routing
- QoS-Unterstützung
- Skalierbarkeit durch Hierarchiebildung

■ Teilprotokolle

- PNNI Call Control
 - Routing und Call Admission Control
- PNNI Protocol Control
 - Protokollautomat zur Verarbeitung der Signalisierungsnachrichten



PNNI Hello Protokoll



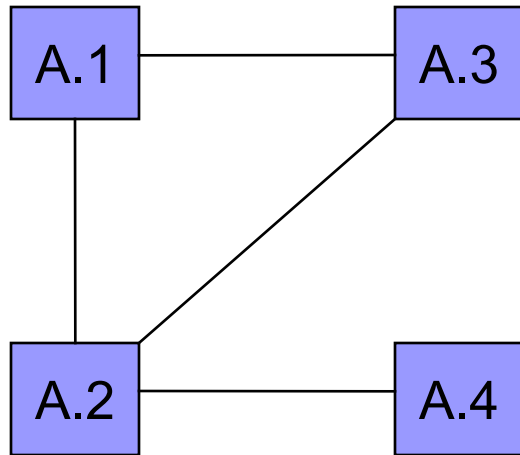
→
Hello (Node:A.1, Port:6, PG: A, remote node: ?, remote port: ?)

←
Hello (Node:A.3, Port:4, PG: A, remote node: A.1, remote port: 6)

→
Hello (Node:A.1, Port:6, PG: A, remote node: A.3, remote port: 4)

←
Hello (Node:A.3, Port:4, PG: A, remote node: A.1, remote port: 6)

PNNI Topology State Element



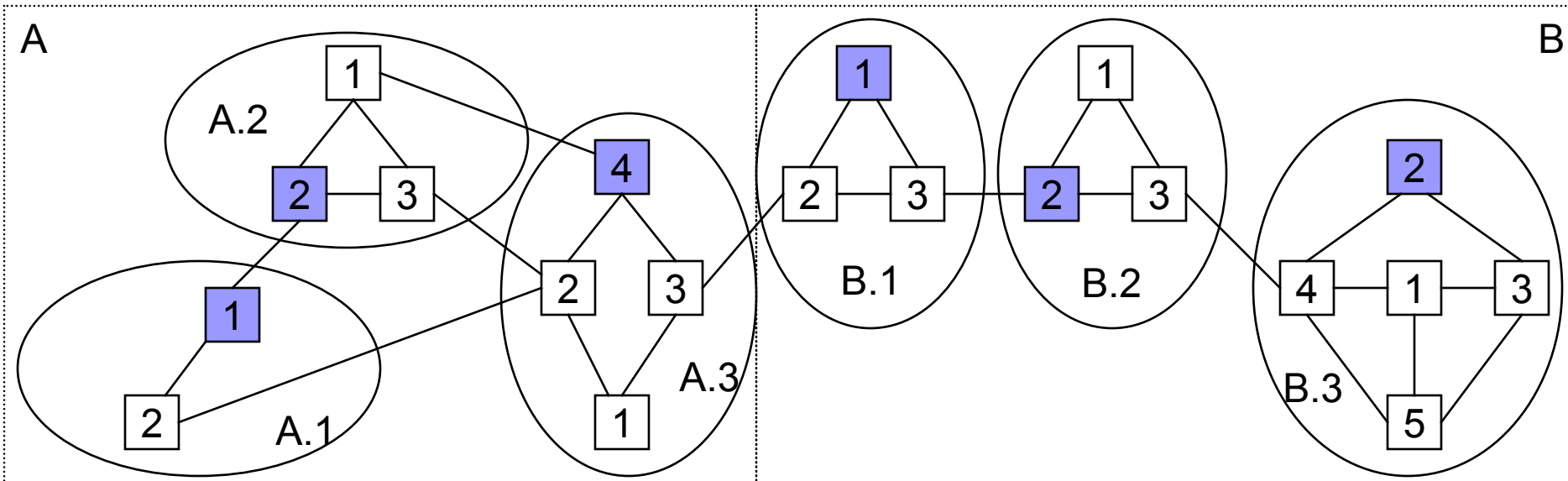
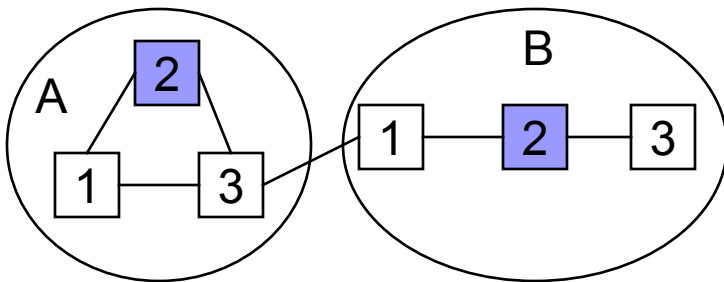
- Fluten der Linkzustandsparameter
 - zuverlässige (quittierte) Hop-by-hop-Ausbreitung
 - periodisch und bei signifikanten Änderungen
- Linkzustandsparameter
 - maximale Zelltransferverzögerung
 - maximale Zelltransferverzögerungsschwankung
 - maximale Zellverlustrate
 - verfügbare Zellrate

PNNI Hierarchie

Peer Group Leader

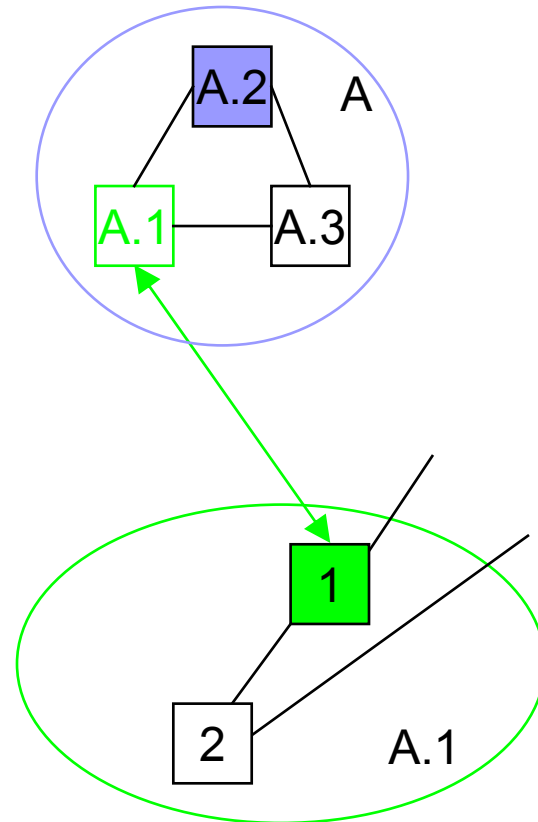


- Logische Knoten mit gemeinsamen führenden Bits der ATM-Adresse können eine Peer Group bilden.
- ATM-Adresse: 20 Bytes (13 + 7)
- max. 104 (13 * 8) Hierarchieebenen

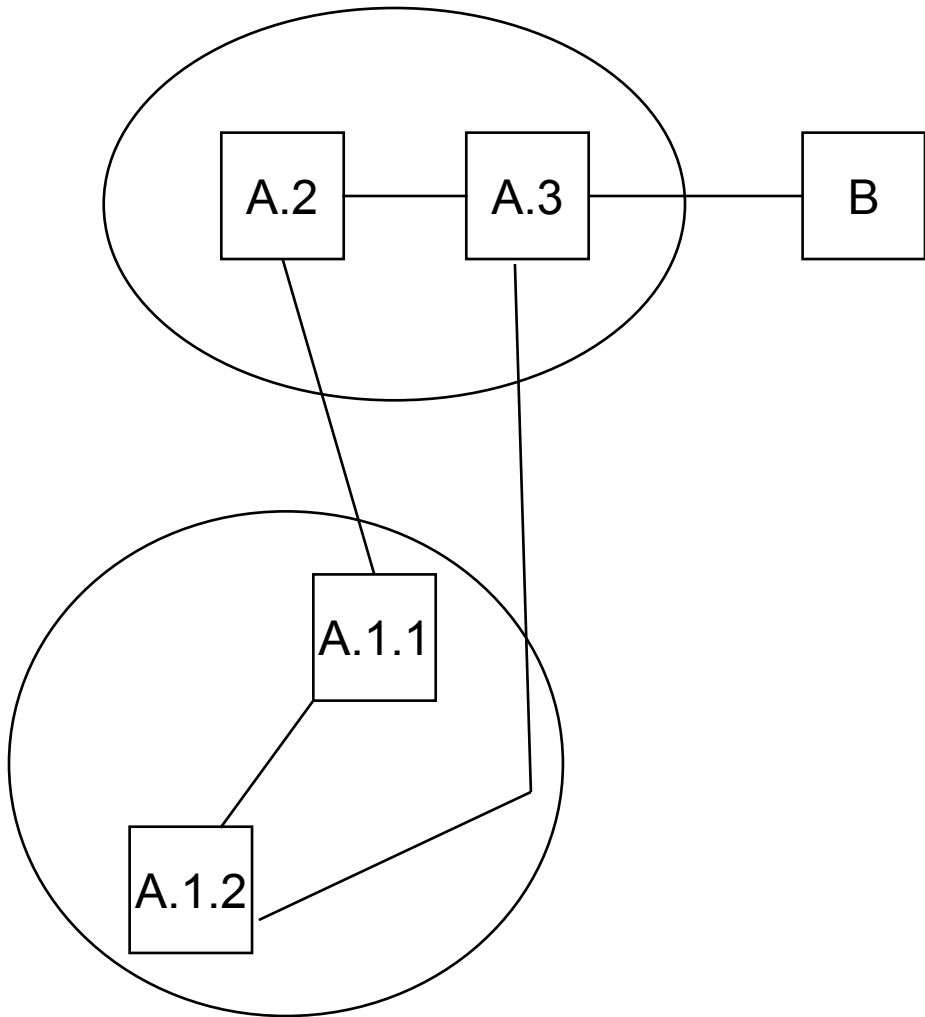


Peer Group Leader

- aggregiert Informationen seiner untergeordneten Peer Group (z.B.: A.1) und flutet diese Informationen in seiner Peer Group (z.B.: A)
- leitet Informationen über seine Peer Group (z.B. A) an den Peer Group Leader (z.B. A.1.1) der untergeordneten Peer Group (z.B. A.1)
- Peer Group Leader (z.B. A.1.1) fluten Informationen höherer Peer Groups (z.B. A)

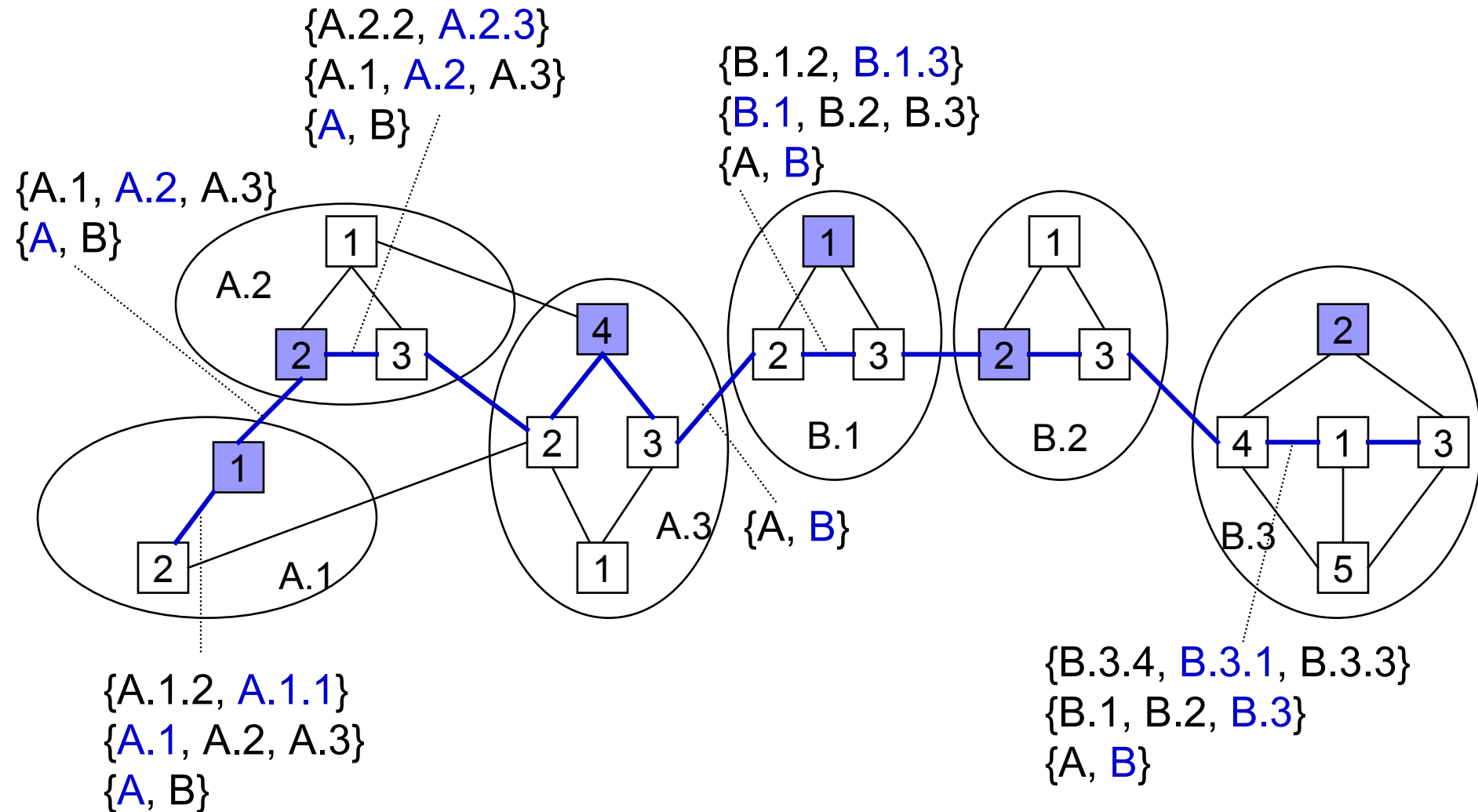


Topologieinformation



- Source-Routing
- QoS-Routing
- Beispiel Verbindungsaufbau von A.1.2.x nach B.3.3.y
- A.1.2 erstellt 3-stufige Designated Transit List (DTL) mit **Destination-Pointer**
 - {A.1.2, A.1.1}
 - {A.1, A.2, A.3}
 - {A, B}
- DTL wird in SETUP-Nachricht eingefügt

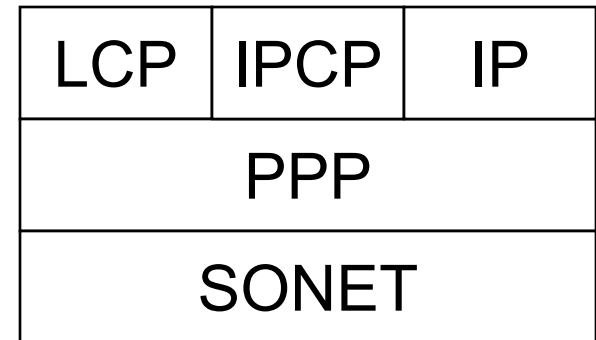
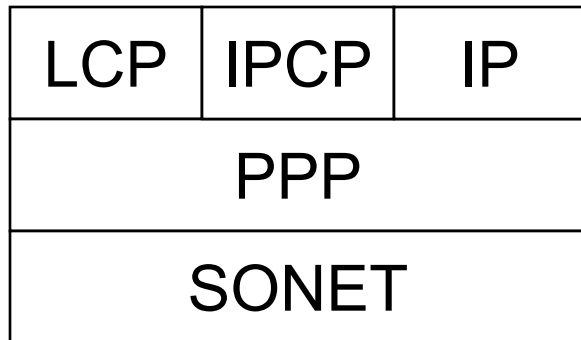
Designated Transit Lists



PNNI Signalisierung

- Erweiterung der UNI-Signalisierung um zusätzliche Nachrichten und Informationselemente
- Call Admission Control
 - bei der Berechnung der Switches (Source Routing)
 - in jedem Switch bei Verarbeitung der SETUP-Nachricht
- Zuvor ausgewählter Weg kann plötzlich die Verbindung nicht mehr unterstützen
⇒ Knoten, bei dem die Verbindung nicht unterstützt werden kann, sendet Crankback-Nachricht zurück
- Crankback:
 - Erreichbarkeitsfehler
 - Ressourcenfehler
- Aktualisierung der Topologieinformation

IP über SONET/SDH

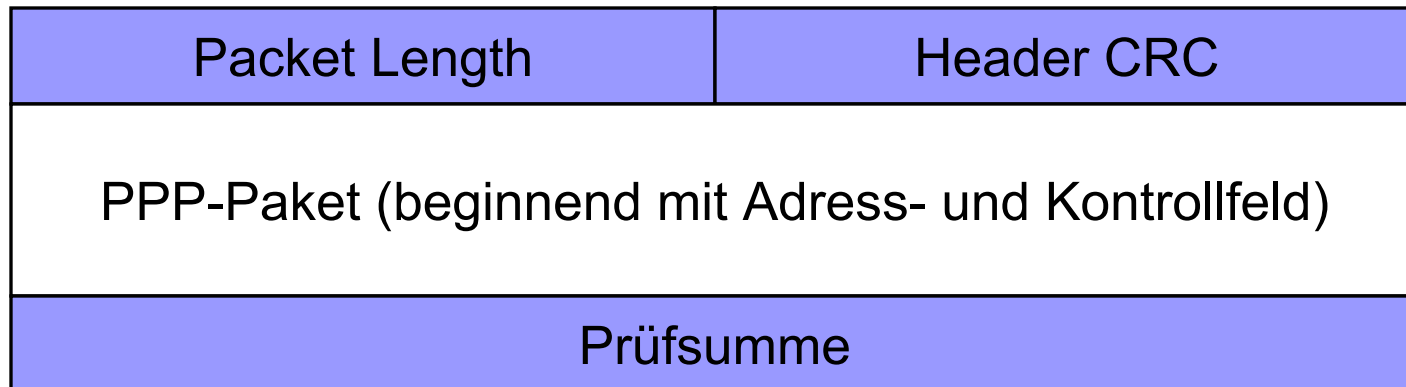


PPP benutzt Byte Stuffing !

IP über SONET/SDH: RFC1619

Simplified Data Link

- schlechte Skalierbarkeit von PPP Character Stuffing bei IP/PPP/SONET(SDH)
- Alternative:
 - Benutzung von **SONET/SDH-Pointer** für erstes IP-Paket
 - Ersetzen von PPP durch **Simplified Data Link (SDL)**
 - IP-Pakete werden durch Längenangabe auseinander gehalten.
 - Verifikation der Paketgrenzen durch Header CRC



Protection und Restoration

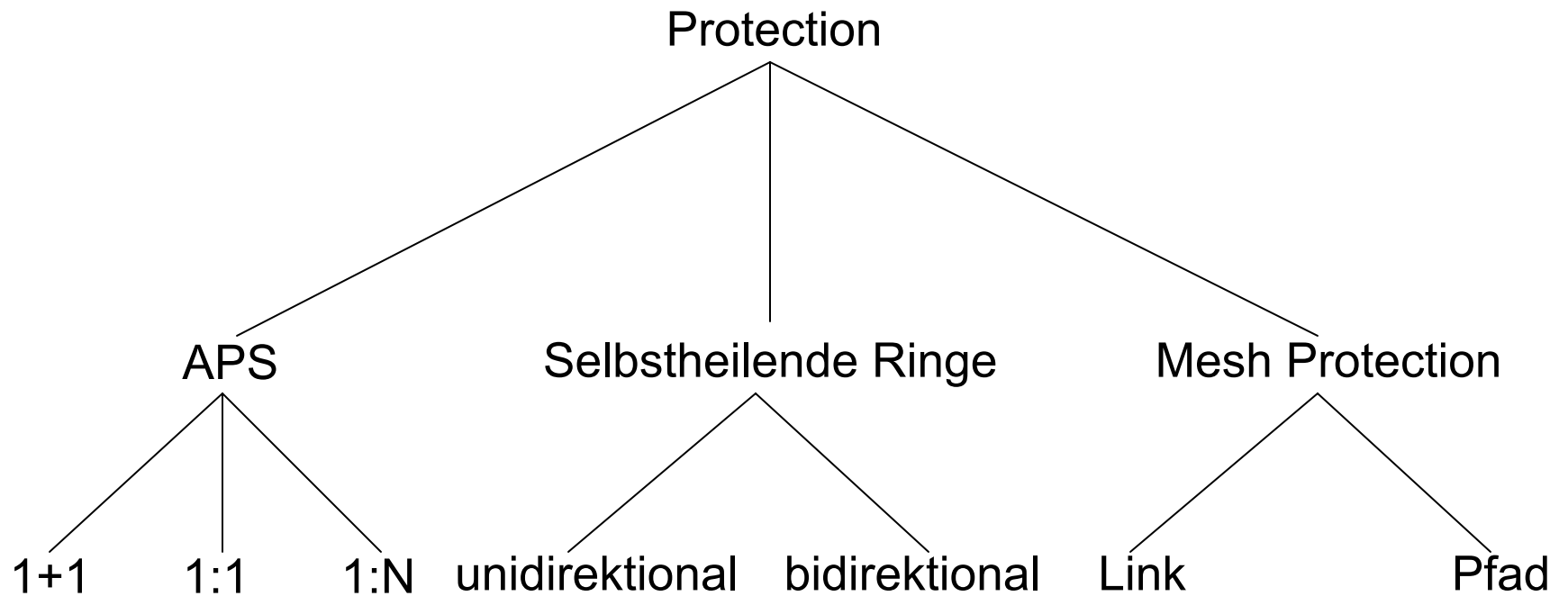
■ Protection

- Behebung von Fehlern basiert auf vorreservierten Ressourcen
- relativ schnell
- basiert meist auf Mechanismen der unteren Ebenene, z.B. SONET Automatic Protection Switch (APS)
- Unterscheidung
 - Link vs. Path Protection
 - Schnelligkeit vs. Effizienz
 - Dedicated vs. Shared Protection

■ Restoration

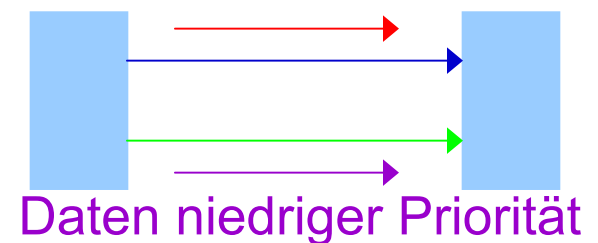
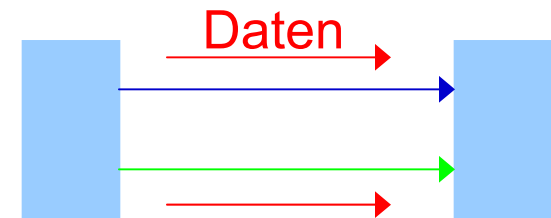
- dynamische, signalisierte Behebung von Fehlern
- langsamer, aber effizientere Ressourcennutzung
- basiert auch auf Mechanismen höherer Ebenen, z.B. IP
- Link vs. Path Restoration

Protection



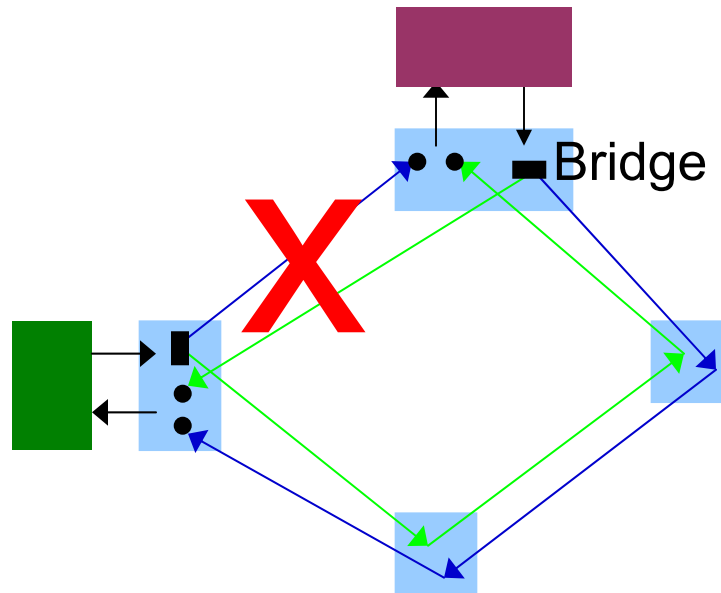
Automatic Protection Switch

- Schutz vor LWL- und Knotenausfällen durch automatische Umleitung basierend auf SONET Overhead Bytes (Monitoring und Signalisierung)
- 1+1 Protection
 - Signal wird über zwei sich nicht überschneidende Pfade geschickt.
 - Ziel selektiert Empfangssignal
 - Keine Signalisierung notwendig
 - Erkennung < 0.1 ms, Restoration < 50 ms
- 1:N Protection
 - N Working, 1 Protection-Pfad (Spezialfall: N=1)
 - Protection-Pfad ist entweder idle oder wird für Verkehr mit **niedriger Priorität** benutzt.
 - Verkehr mit niedriger Priorität wird aufgegeben, wenn Protection-Pfad anderweitig benötigt wird (Signalisierung)



Subnet Connection Protection Rings

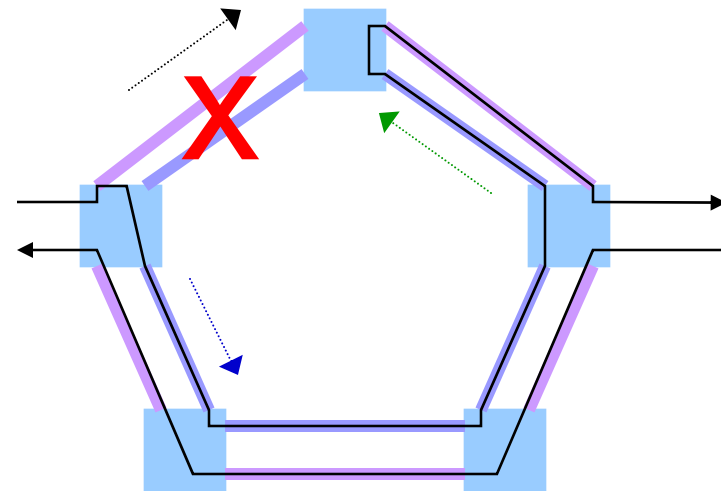
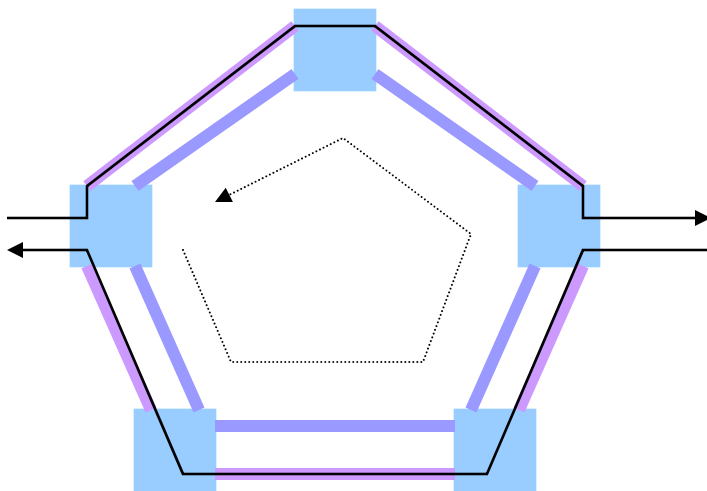
1+1 Protection



Unidirektionale selbstheilende Ringe

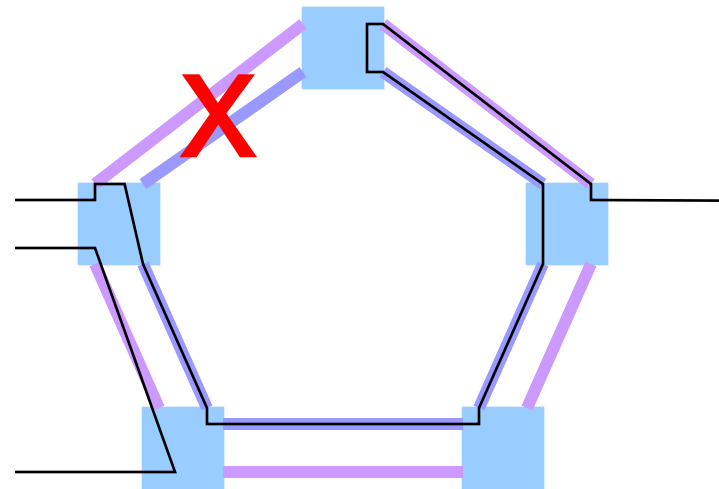
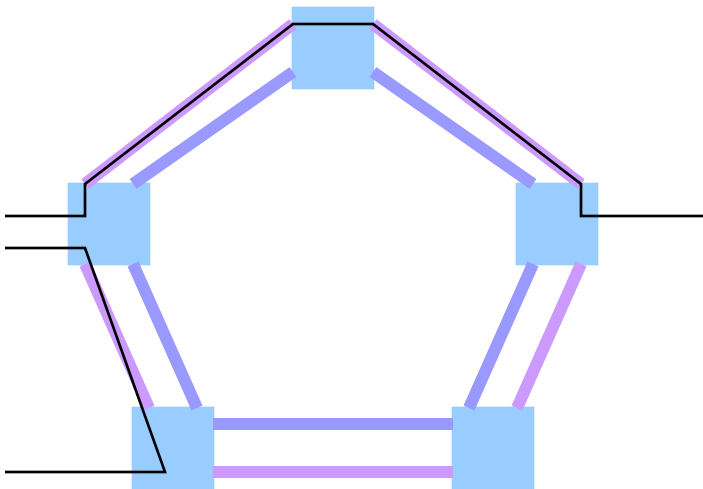
im Fehlerfall: ADMs

- leiten ausgehende Kanäle auf Protection-Kanäle um und zwar weg vom erkannten Fehler
- wählen eingehende Kanäle von Protection-Kanälen



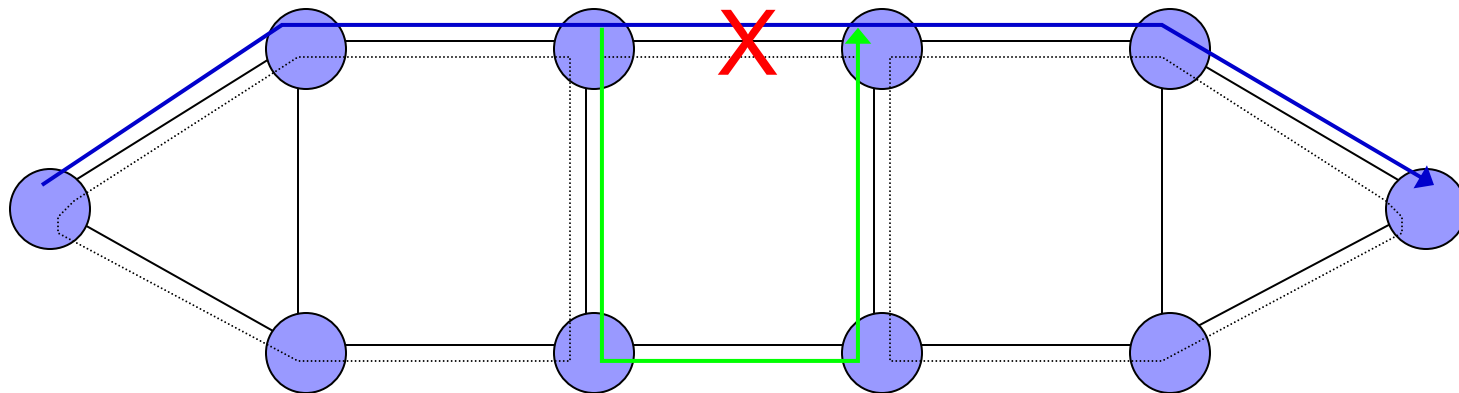
Bidirektionale selbstheilende Ringe

- Bidirektionale Links
- Die halbe Kapazität wird für Protection reserviert.
- auch Shared Protection Ring (SPRing) genannt



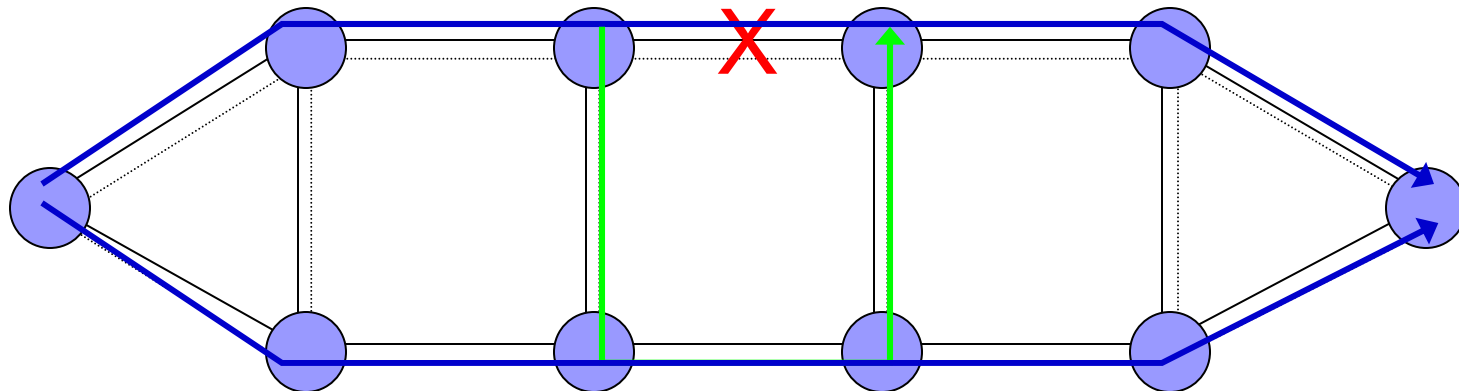
Virtuelle Protection Ringe

- Aufbau von virtuellen Ringen in vermaschten Topologien



Protection in vermaschten Topologien

- Protection in beliebiger Topologie
- erfordert höhere Zahl von DCS-Komponenten (teurer als ADMs)
- **Link** vs. **Pfad**-Protection
- Working und Protection-Pfad dürfen sich nicht überlappen.



Fehlererkennung- und Behebungszeiten

Technologie	Erkennung	Behebung
APS	0.1 ms	0.1 ms
ATM PNNI	40 s	1-10 s
RIP	180 s	100 s

Vergleich IP über SONET / IP über ATM

■ IP über SONET

- geringer Overhead (2 %)
- SONET Protection und Restoration
- feste Bitraten zwischen Routern
- relativ statische SONET-Verbindungen
- PPP Byte Stuffing schwierig bei hohen Bitraten (Empfänger muss jedes Byte ansehen.)

■ IP über ATM

- hoher ATM-Overhead (bis zu 25 %)
- Segmentierungs- und Reassemblierungs-Overhead bei hohen Bitraten
- Traffic Management und Traffic Engineering