



Übertragungsnetze - Wie kommen die Bits von Router zu Router?

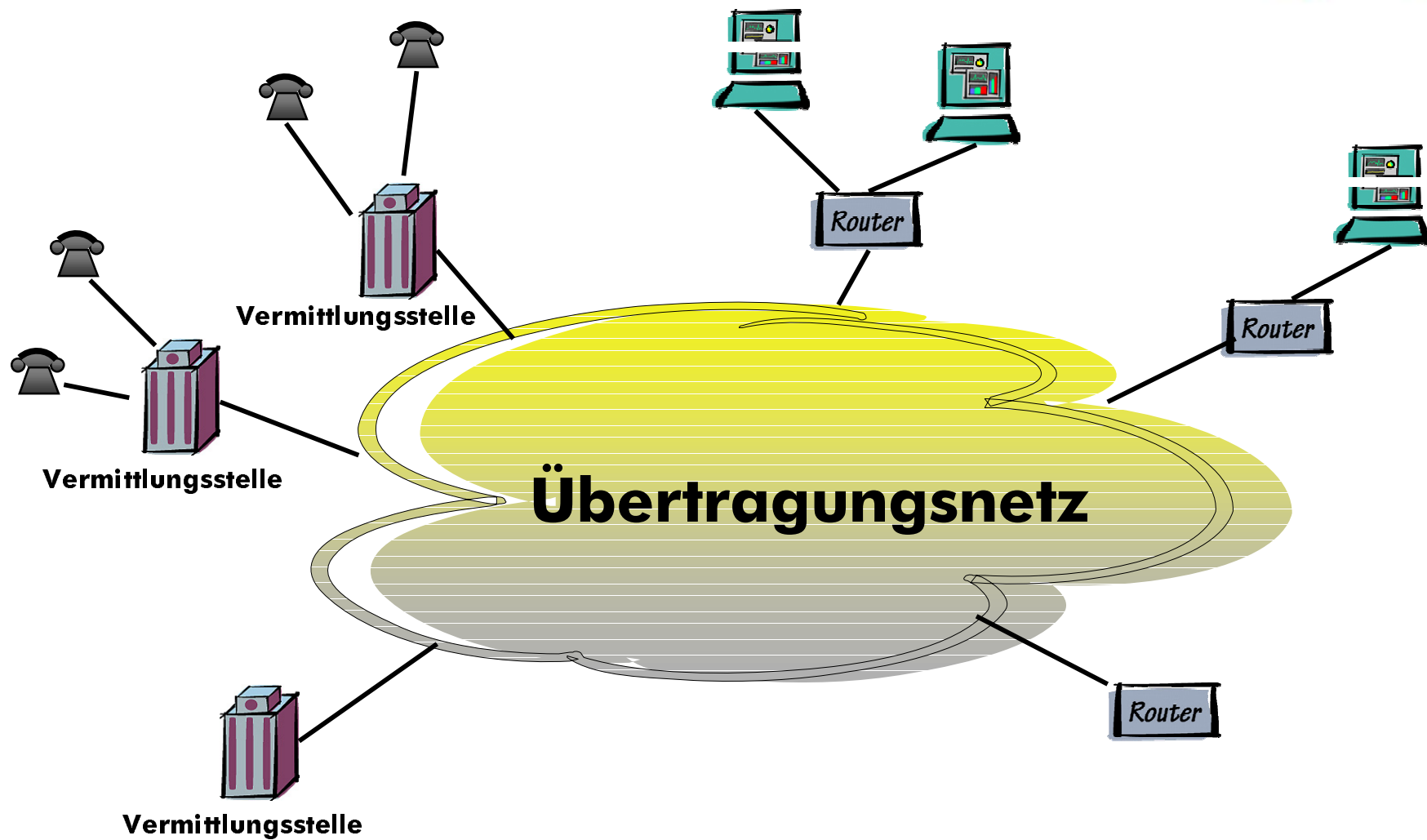
3. Chemnitzer Linux-Tag, 10. März 2001

Jürgen Löhr - Alcatel, Stuttgart



- ◆ Was sind Übertragungsnetze?
- ◆ Welche Services bieten sie?
- ◆ Wie sind sie aufgebaut?
- ◆ Wie wird ein zuverlässiger Service erreicht?

Was sind Übertragungsnetze?

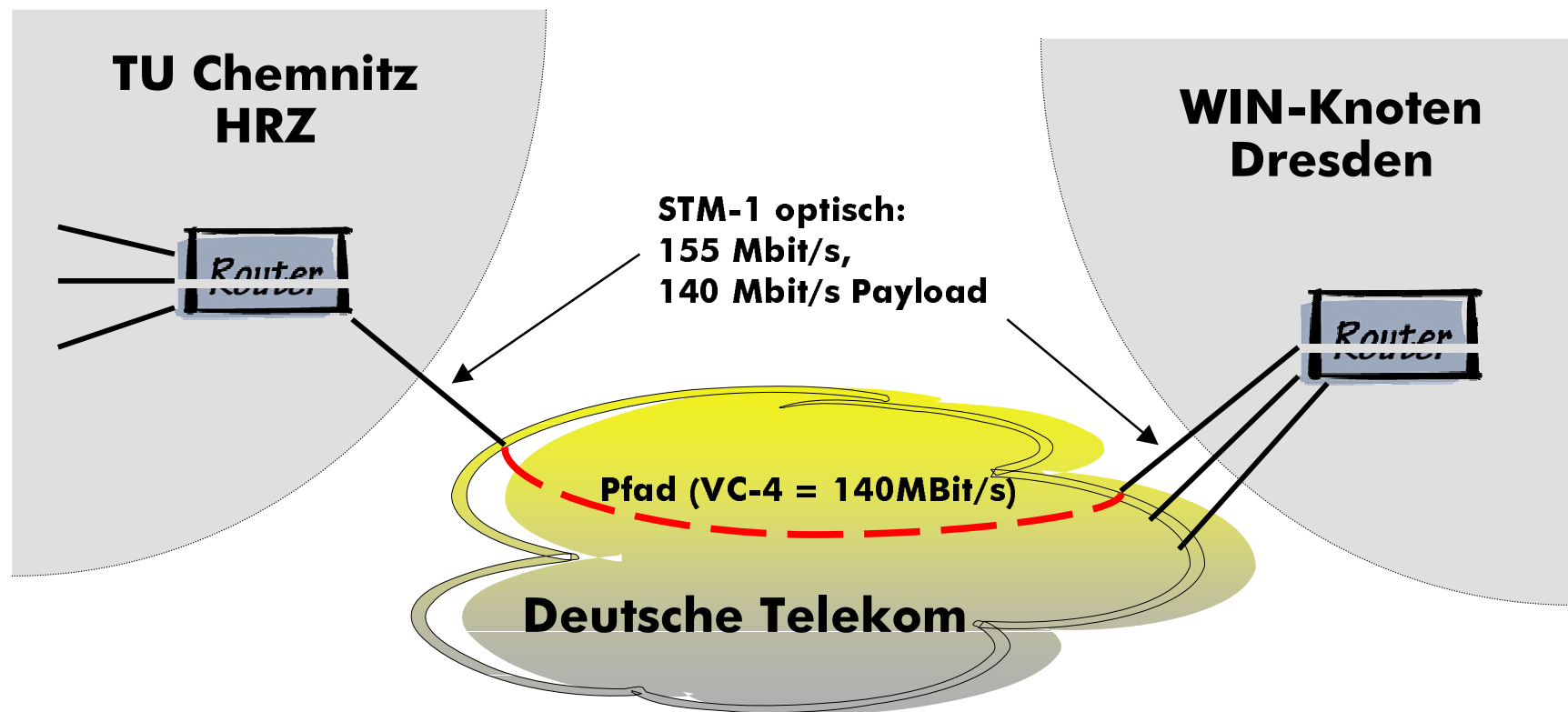




- ◆ Übertragungsnetze werden benutzt:
 - ▶ für die Übertragung von Telefonie, Daten (IP, ...), TV, ...
 - ▶ durch den Betreiber selbst oder vermietet an Kunden
- ◆ Übertragungsnetze bieten an:
 - ▶ Pfade (permanente Verbindungen) verschiedener Bitraten
 - ETSI-Welt: 2, 34, 140MBit/s, 2,5 und 10GBit/s
 - ▶ mit verschiedenen Verbindungstypen
 - uni-/bidirektional, Broadcast
 - ▶ und verschiedener Zuverlässigkeit
 - Service Level Agreements

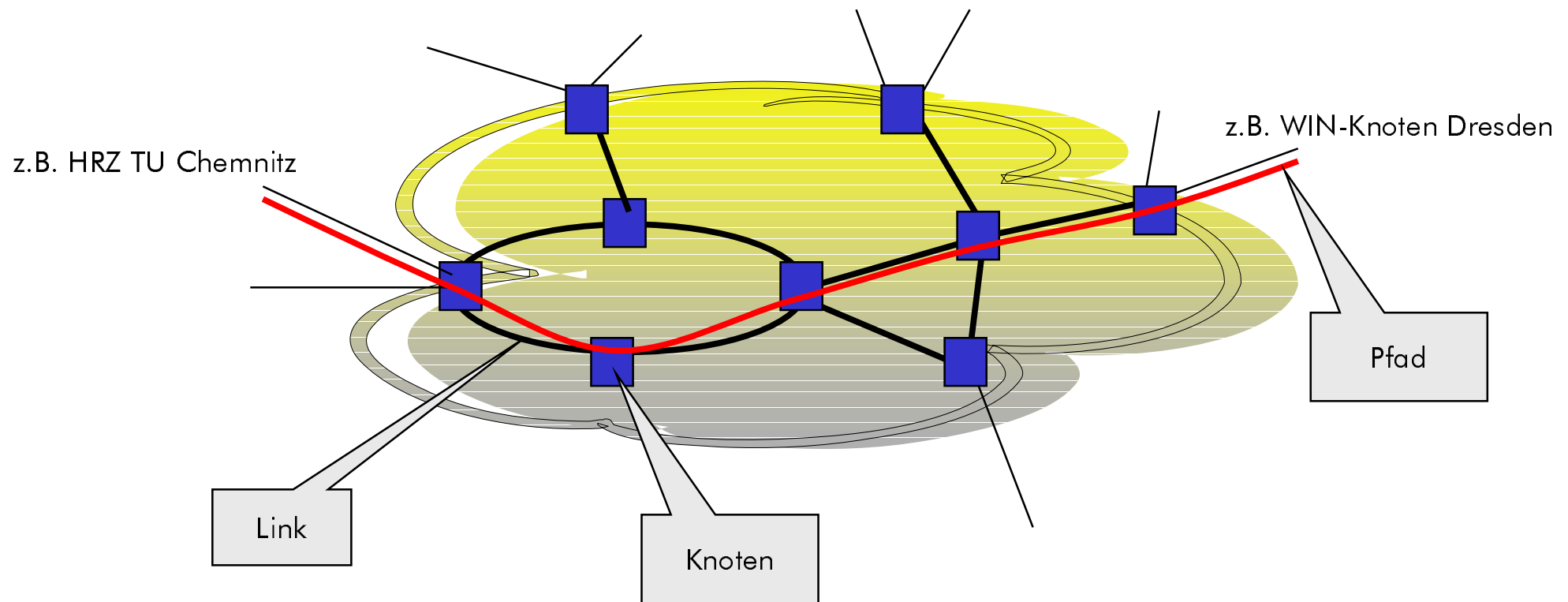


◆ Beispiel: Anbindung TU Chemnitz





- ◆ Übertragungsnetze bestehen aus **Knoten**, die Pfade verschalten, und **Links**, die die Knoten verbinden.





- ◆ Knoten verschalten die Pfade
(permanenten Verbindungen).
- ◆ Sie können sehr unterschiedliche Größen haben
(logisch und physikalisch).



- ◆ Links sind entweder terrestrisch oder submarin (Unterseekabel).
- ◆ Links zwischen Knoten können auf unterschiedlichsten Technologien basieren:
 - ▶ meist: Glasfaser (eine Wellenlänge oder WDM mit 16, 32, 80, 160, ... Wellenlängen pro Faser)
 - ▶ Kupferkabel (max. 155 MBit/s)
 - ▶ Richtfunk

- ◆ Übertragungsnetze sind meist hierarchisch gegliedert.

Backbone

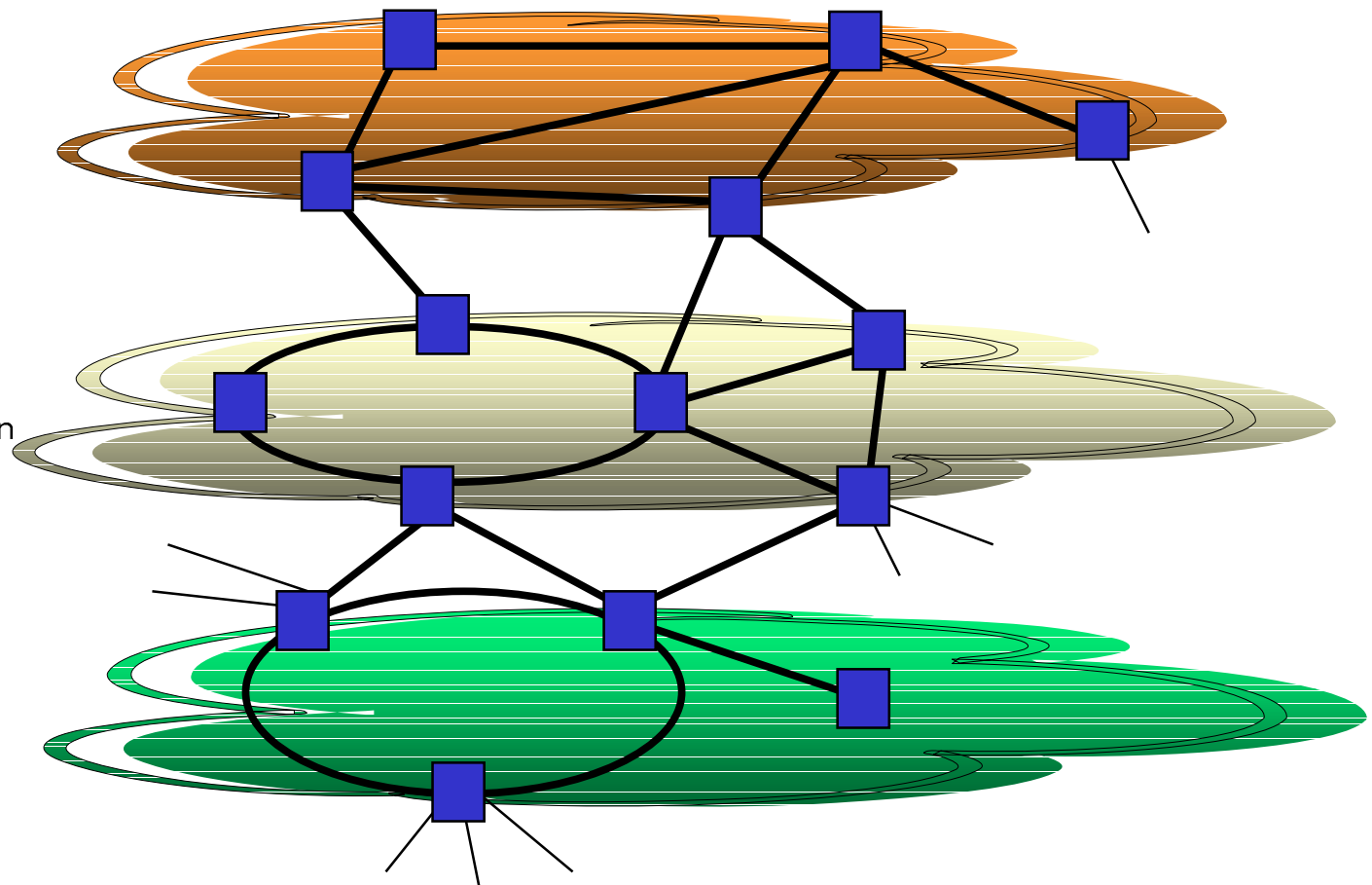
- große Kapazitäten
- große Entfernungen
- große Knoten
- sehr hohe Verfügbarkeit

Regional

- verschiedene regionale Netze via Backbone verbunden
- mittlere Kapazitäten

Local

- kleinere Kapazitäten
- kleine Knoten
- Zugang zu Kunden



■ = Knoten im Netz — = Links im Netz



◆ Service Level Agreements

- ▶ sind Bestandteil des Vertrags zwischen Kunde und Betreiber
- ▶ definieren die Verfügbarkeit des gemieteten Pfades und Konsequenzen bei Nichteinhalten der vereinbarten Werte

◆ Typische Werte für Verfügbarkeit:

- 99.999% (max. 5.2 Minuten Ausfall pro Jahr)
- max. 2 Stunden Ausfall pro Jahr

◆ Verletzung des SLA:

- ▶ hohe Rückzahlung schon bei geringfügiger Verletzung des SLAs

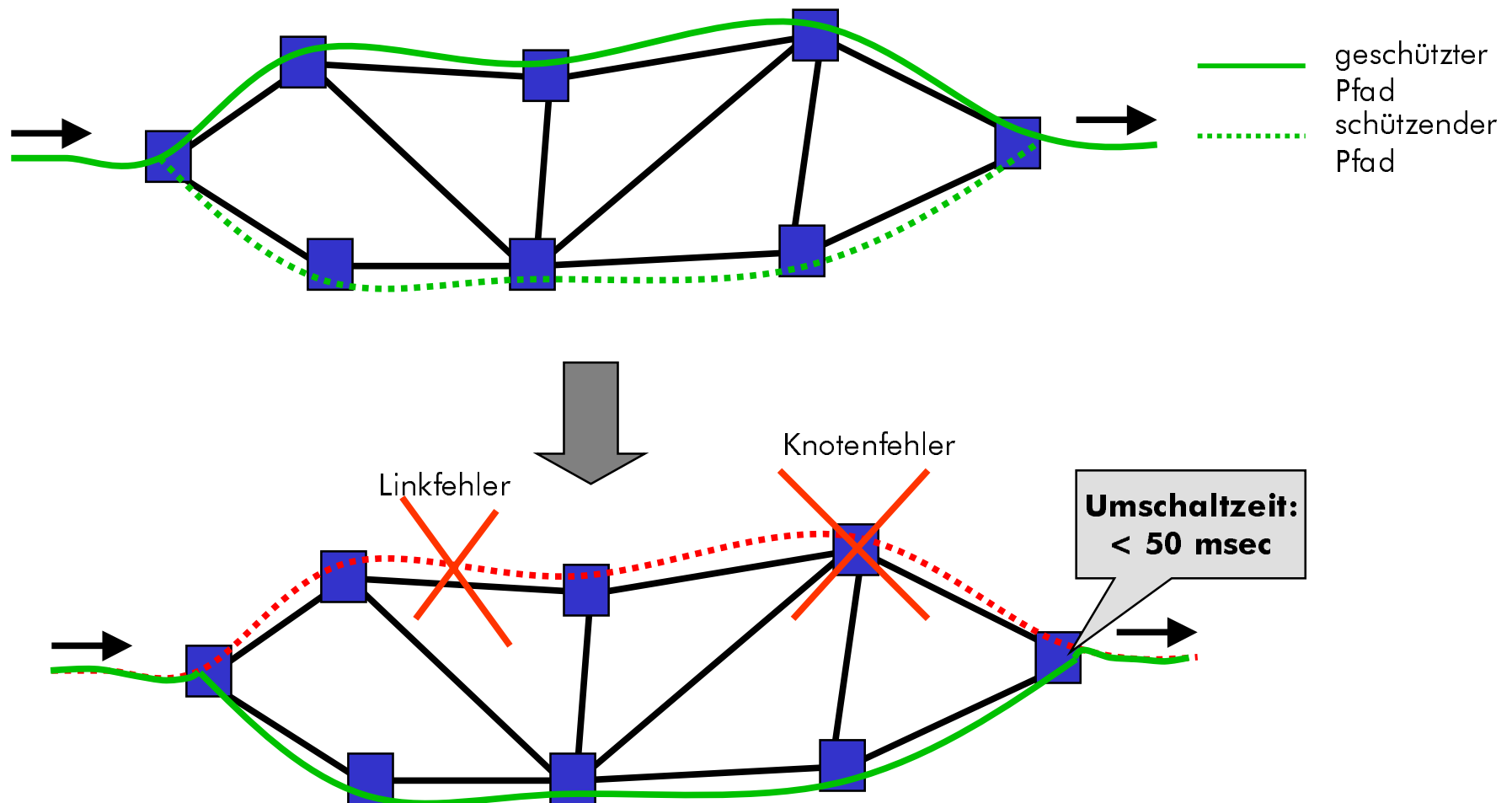


- ◆ Resultierende Aufgabe: Vereinbarte Zuverlässigkeit garantieren!
- ◆ Fehlertypen in Übertragungsnetzen:
 - ▶ Links defekt (z.B. Bagger, Erdbeben)
 - ▶ Knoten defekt (z.B. Spannungsausfall, Brand, Elektronik)
- ◆ Beispiel Kabelfehler (-> Linkdefekt):
 - ▶ typische Werte terrestrisch:
 - MTBF 1 Fehler / 600km / Jahr
 - MTTR 12 Stunden

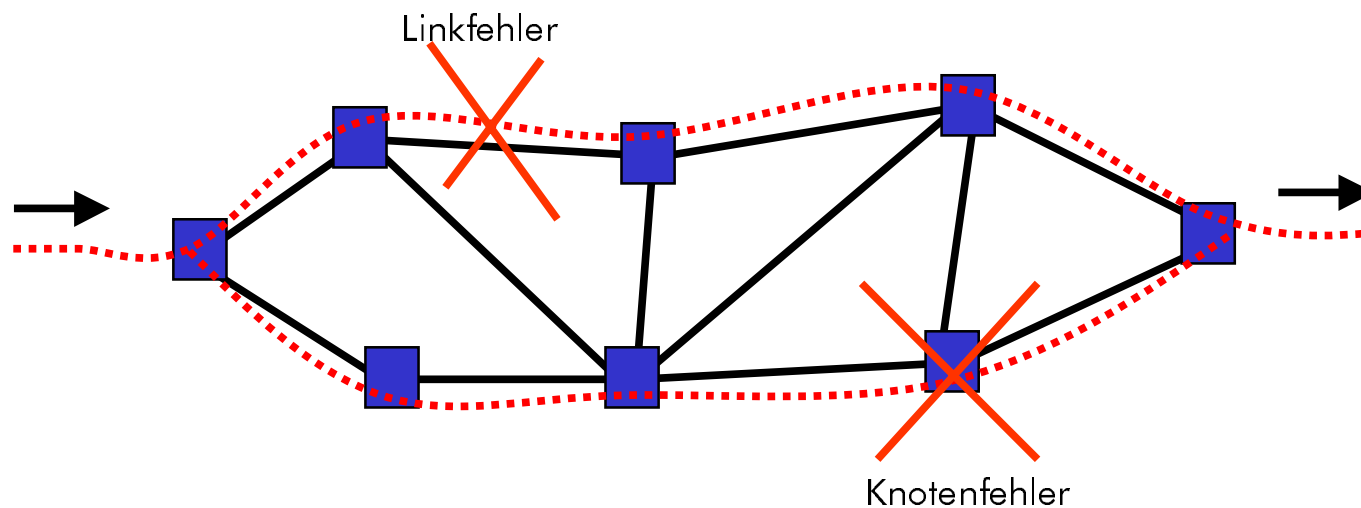


- ◆ Pfade werden, je nach vereinbarter Zuverlässigkeit, im Übertragungsnetz **redundant** geroutet.
- ◆ Dies sichert den Service trotz einfacher oder mehrfacher Fehler.
- ◆ Konsequenz:
je höher die geforderte Zuverlässigkeit des Pfades und je größer die Wahrscheinlichkeit von Fehlern, desto mehr Redundanz und damit um so mehr Kosten.

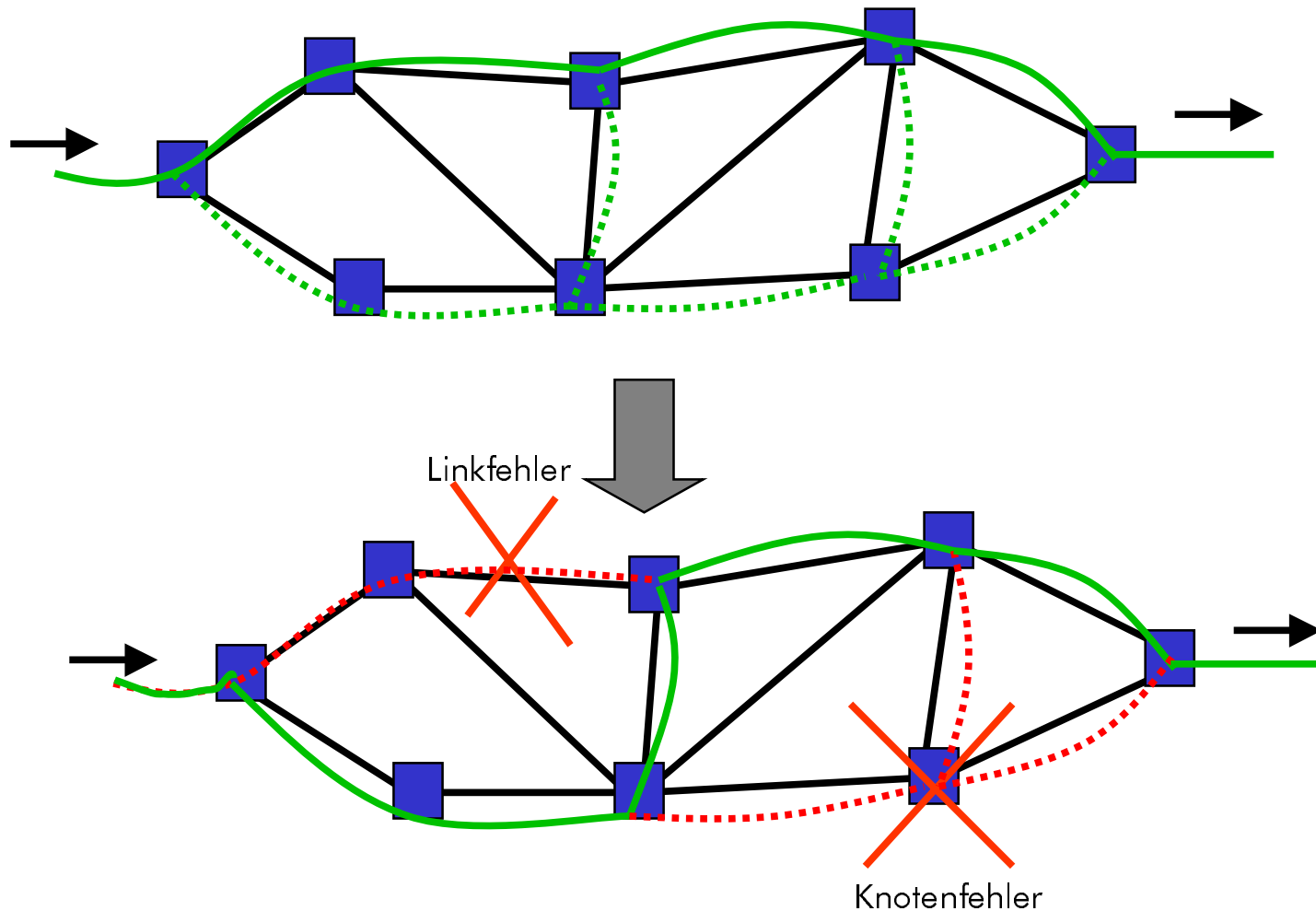
◆ Beispiele für den Schutz von Pfaden im Netz:



- ◆ Nachteil: bereits zwei Fehler können den Pfad dauerhaft unterbrechen, z.B.:



◆ Also: mehr Redundanz





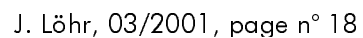
- ◆ Knoten müssen bei Fehlern in < 50 msec umschalten
(50 msec Unterbrechung bei 10 GBit/s $\Rightarrow$ 62,5 MByte Daten verloren).
- ◆ Typische implementierte Umschaltzeiten: < 10 msec.
- ◆ Folgen bei Unterbrechungen:
 - ▶ 0-50 msec: Video-Reframing
 - ▶ > 200 msec: Telefongespräche werden unterbrochen, Rerouting in Cell-Netzen (z.B. FR, ATM)
 - ▶ $>$ einige Sekunden: Rerouting in IP-Netzen beginnt



- ◆ Knoten in Übertragungsnetzen übertragen sehr viel Kapazität. Fehler im Knoten haben den Verlust von vielen Pfaden = großen Mengen Verkehr zur Folge.
- ◆ Konsequenz: Knoten müssen für extreme Zuverlässigkeit ausgelegt sein.
- ◆ Konkrete Forderungen: kein einziger Bitfehler in Pfaden bei
 - ▶ Komplettem Austausch der Software
 - ▶ Erweiterungen des Systems
 - ▶ Austausch der Steuerrechner
 - ▶ Wartungsarbeiten am System

The tip of the arrow contains a CD icon and four small white boxes with the following text:

- Box 1: **CD**
- Box 2: **CD**
- Box 3: **CD**
- Box 4: **CD**



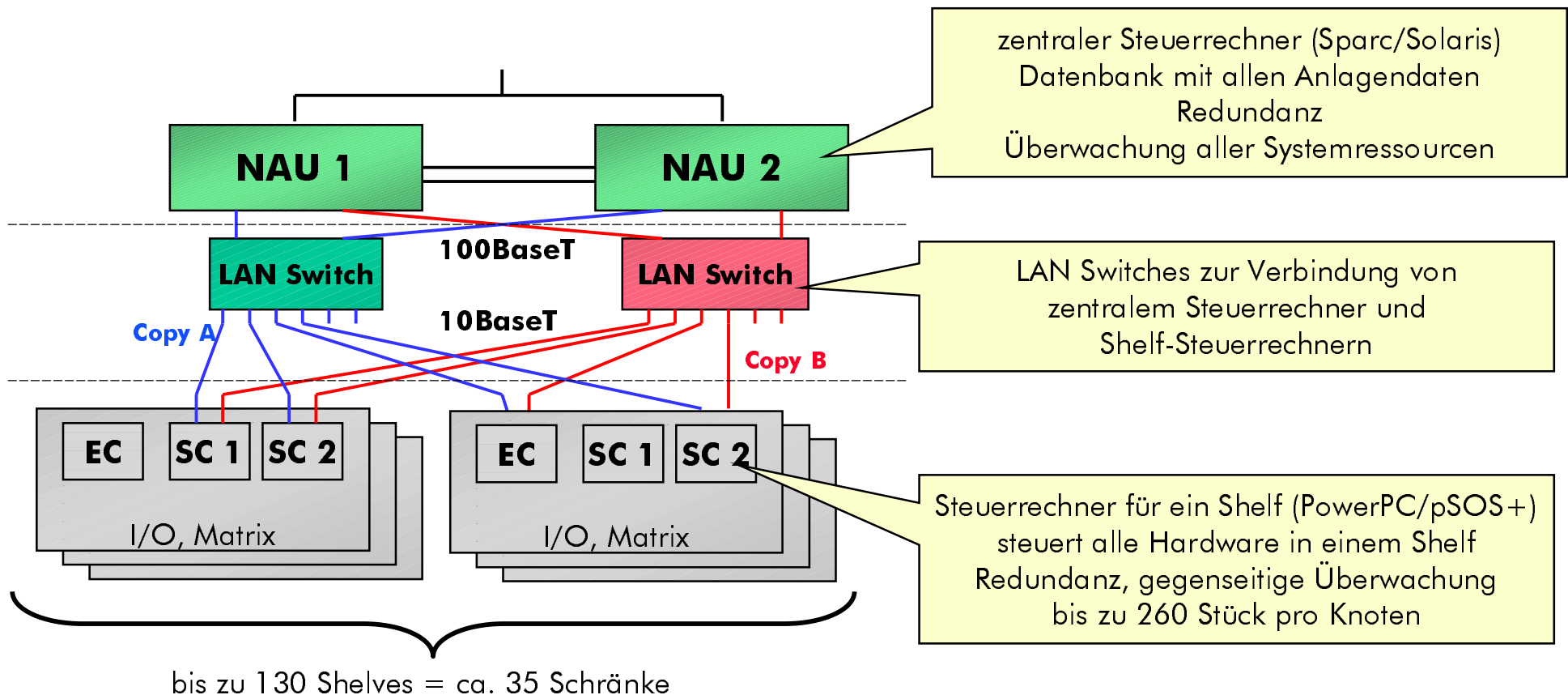


◆ Beispiel Alcatel 1674SX:

- ▶ Alle Kontrollsystemelemente sind redundant ausgelegt.
Keine Single Points of Failure.
- ▶ Alle Elemente werden überwacht. Fehler werden automatisch korrigiert.
- ▶ Daten werden dupliziert gehalten.
- ▶ Die Systemarchitektur ist auf höchste Verfügbarkeit ausgelegt.
- ▶ Die Entwicklungsprozesse garantieren eine hohe Stabilität der Software (-> hohe Testaufwände).

◆ Beispiel Alcatel 1674SX:

- Kapazität bis 256 x 10 GBit/s oder 16384 x 155 MBit/s





- ◆ **www.alcatel.de**
- ◆ **www.alcatel.com**
- ◆ **www.alcatel.de/transmission/**
- ◆ **jobs.alcatel.de**
- ◆ **Bei Fragen: Juergen.Loehr@alcatel.de**