

September 2004

Kommunikations- und Netztechnik II
(Grundlagen der Telefon-Vermittlungstechnik)

Dozent : Dipl.-Ing. Hans Thomas

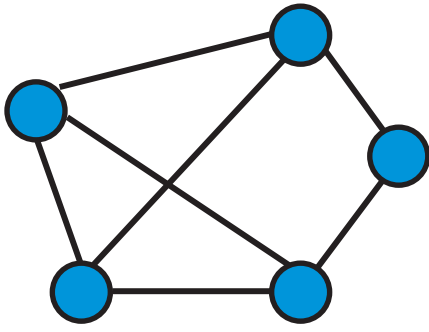
Netzarchitekturen

	Seite
1 Grundformen von Netzen	2
2 Ortsnetze	3
3 Fernnetz	4
4 Verkehrstheorie	7
5 Netzplanung	9

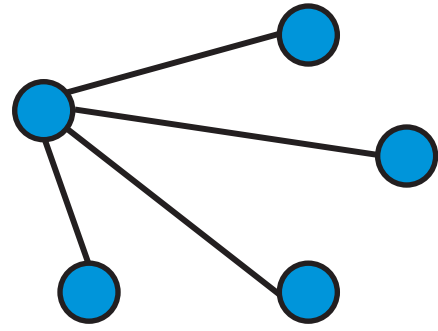
Anhang mit 24 Bildern

Parameter der Netzgestaltung

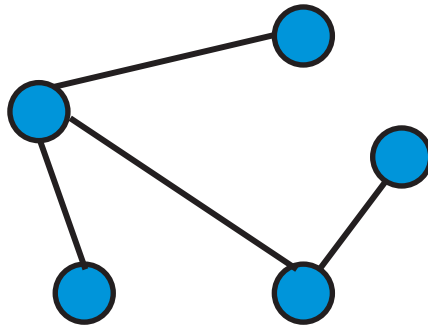
- **abzuwickelnder Dienst**
 - * Individualverkehr (*jeder mit jedem*)
 - * Sammel- / Verteil-Dienste (*einer zu vielen*)
- **geographische Ausdehnung**
 - * in house
 - * örtlich / lokal
 - * landesweit / weltweit
- **eingesetzte Übertragungsmedien**
 - * Kabel (Kupfer, Koax, Glasfaser)
 - * Funk (Richtfunk, Rundfunk, Satellitenfunk)
- **eingesetzte Übertragungstechnik**
 - * Frequenzmultiplex
 - * Zeitmultiplex mit
 - * Bit-Rahmen-Struktur (PDH)
 - * Container-Struktur (SDH)
 - * Zellen-Struktur (ATM)
- **eingesetzte Vermittlungstechnik**
 - * einfache, direkte Steuerung
 - * leistungsfähige, indirekte Steuerung
 - * Rechnersteuerung
- **Sicherheitsaspekte**
 - * Ersatzschaltemöglichkeiten der Leitungen
 - * Mehrwegführungen
- **Güteparameter**
 - * Verlustwahrscheinlichkeit (*Besetztfälle*)
 - * Qualitätsgarantien (QoS = *Quality of Service*)



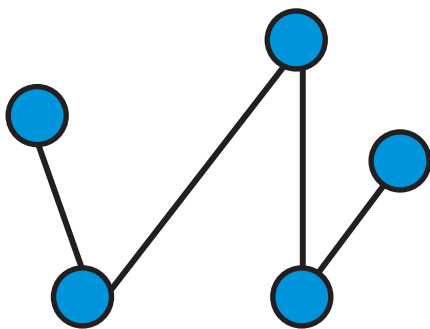
Maschennetz



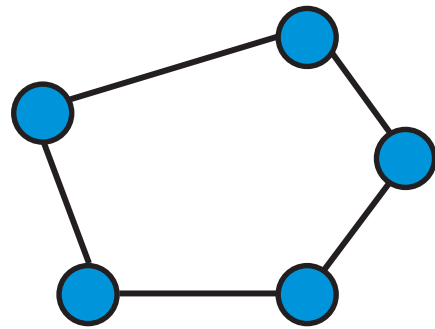
Sternnetz



Baumnetz

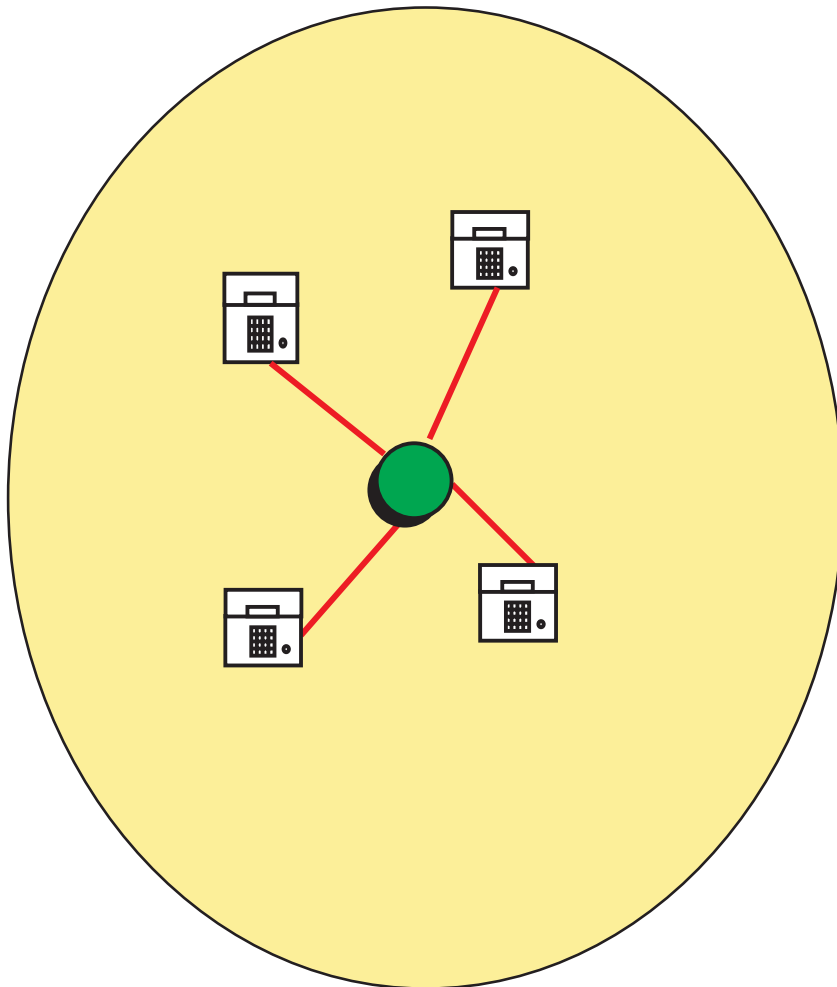


offener Bus

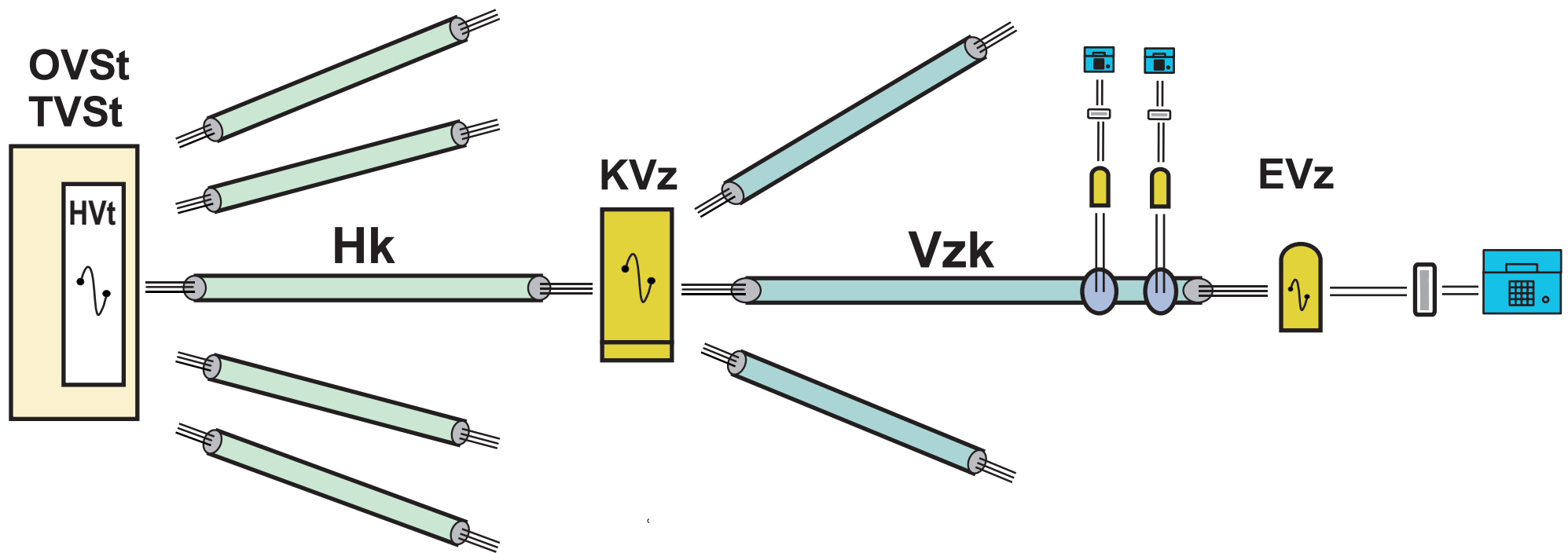


Ringnetz

Bild 1-1 : Grundformen von Netzstrukturen



**Bild 2-1a : kleines Ortsnetz mit
1 Vermittlungsstelle**



Asl Anschluss-Leitung

Hk Haupt-Kabel
 Vzk Verzweigungs-Kabel
 ○ Erdmuffe

HVt Haupt-Verteiler
 KVz Kabel-Verzweiger
 EVz End-Verzweiger

Bild 2-1b : Sternförmige Anbindung der Telefonanschlüsse

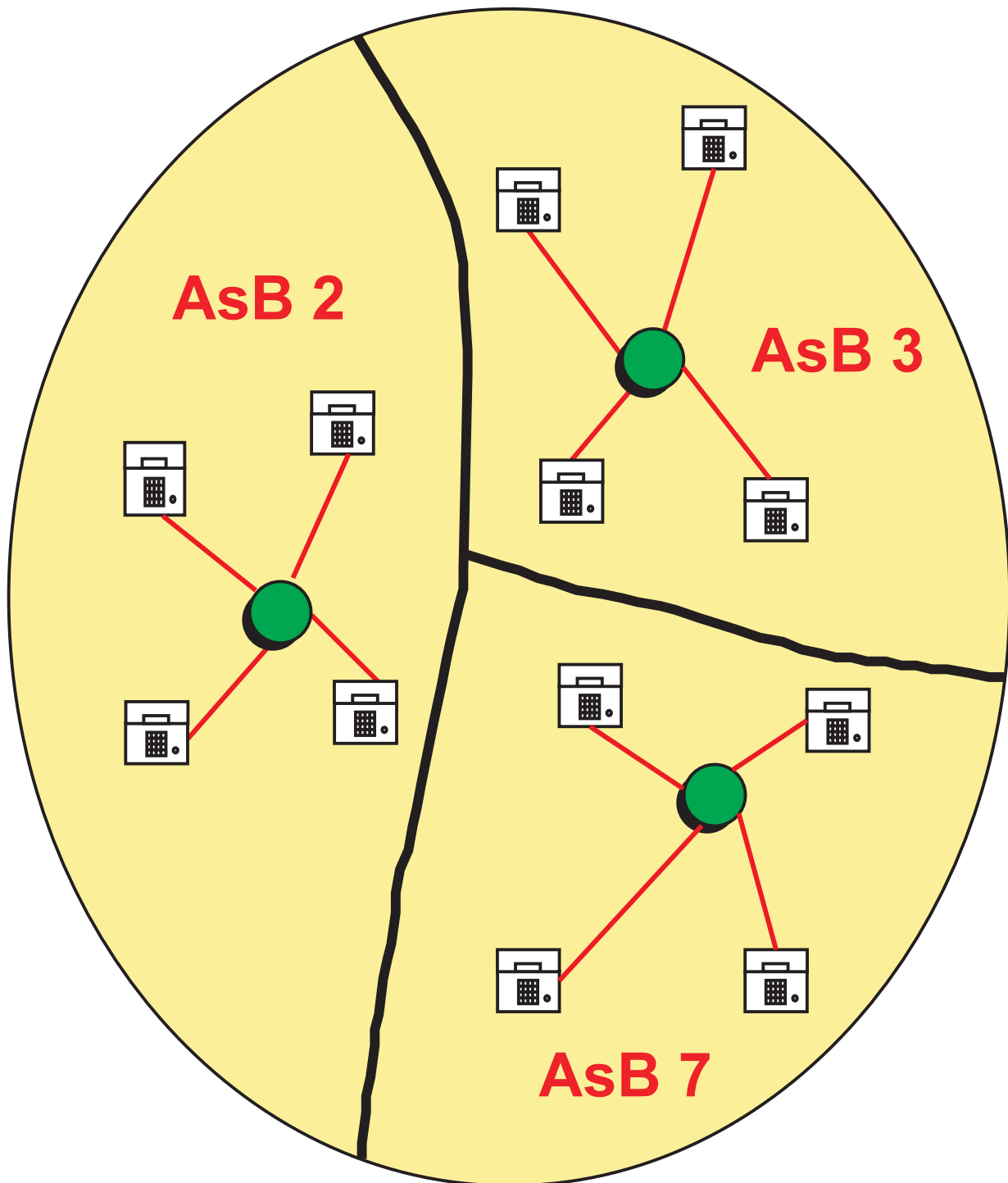


Bild 2-1c : Bildung von Anschlussbereichen (AsB) in großen Ortsnetzen

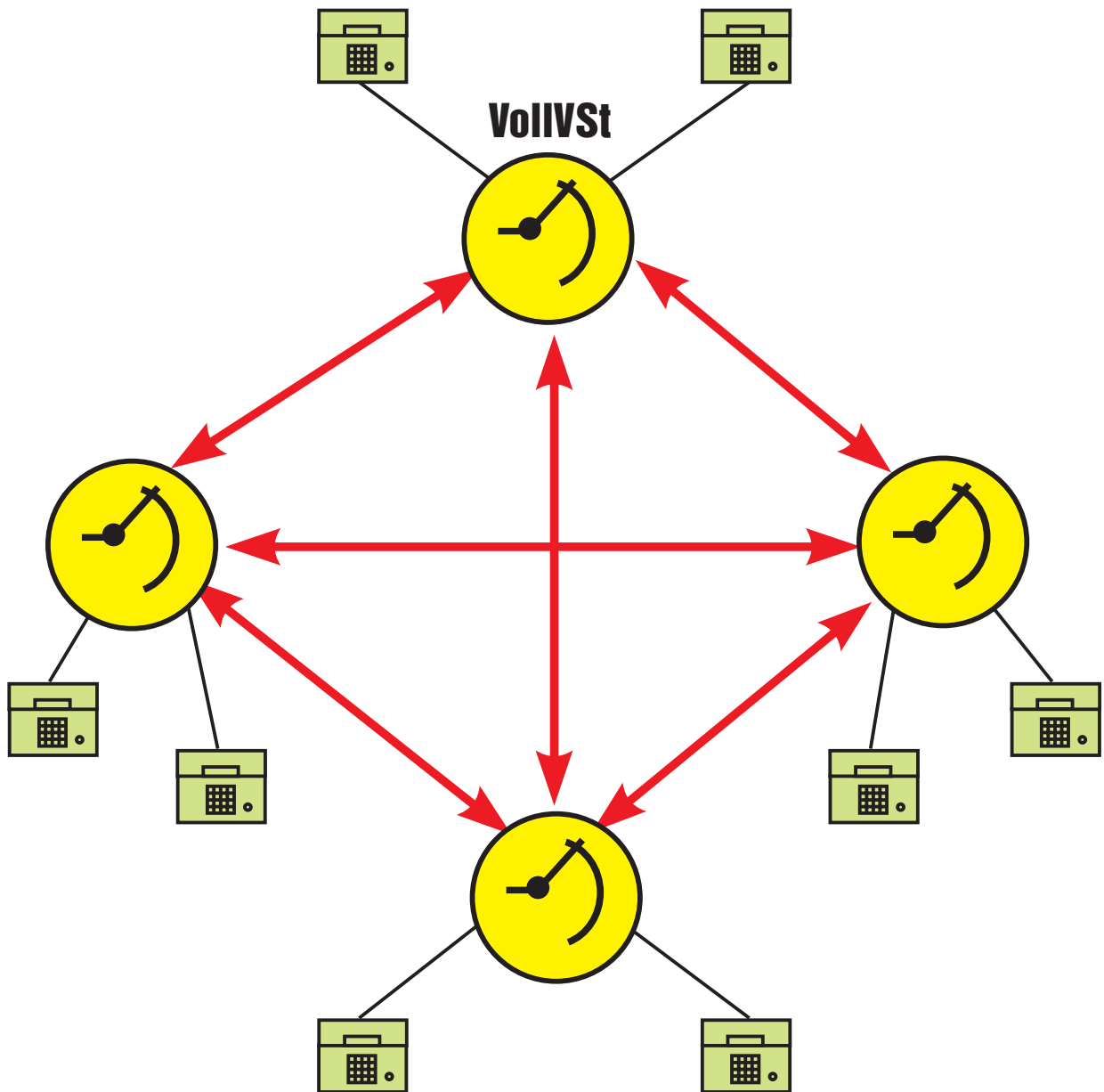
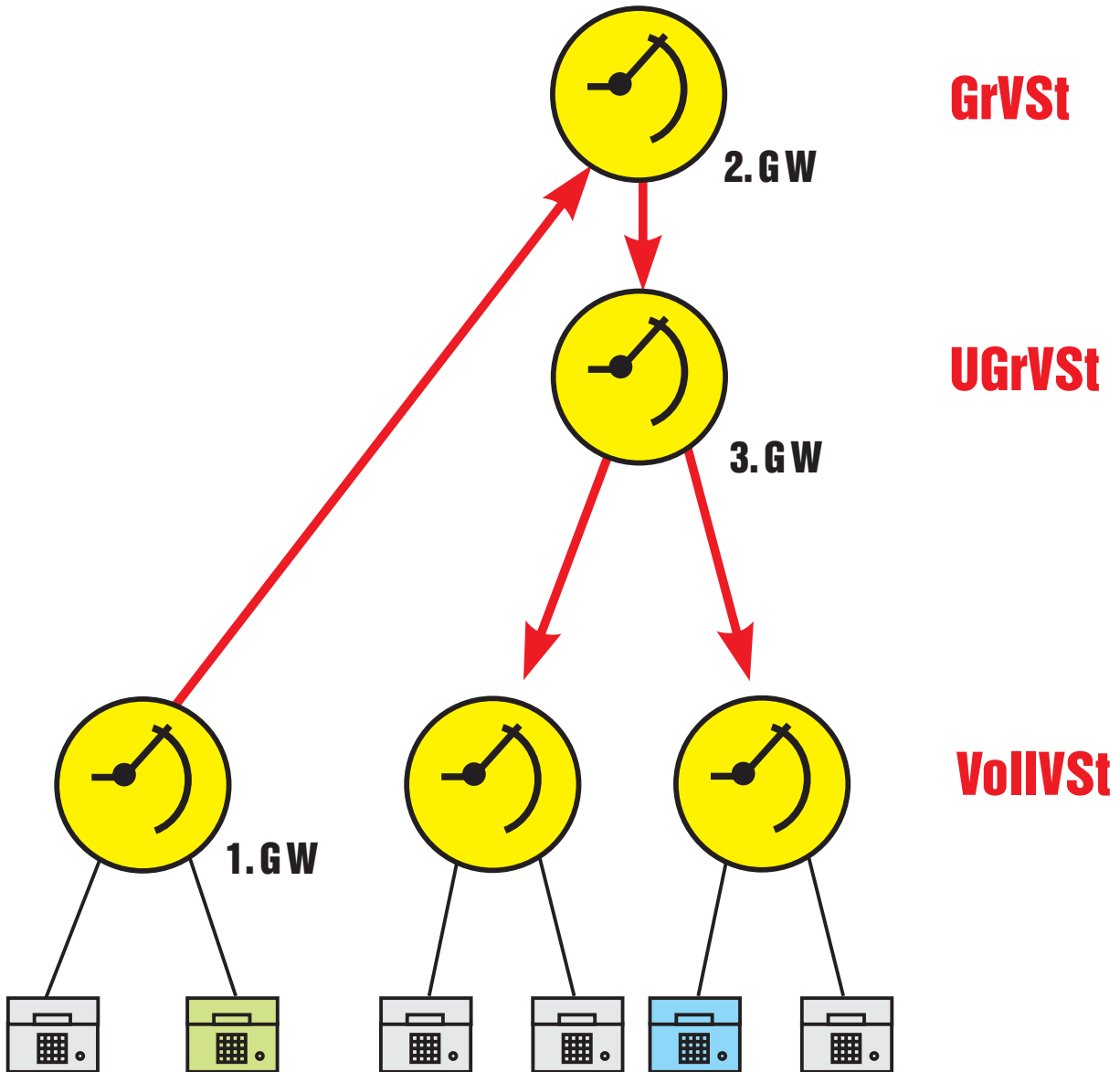
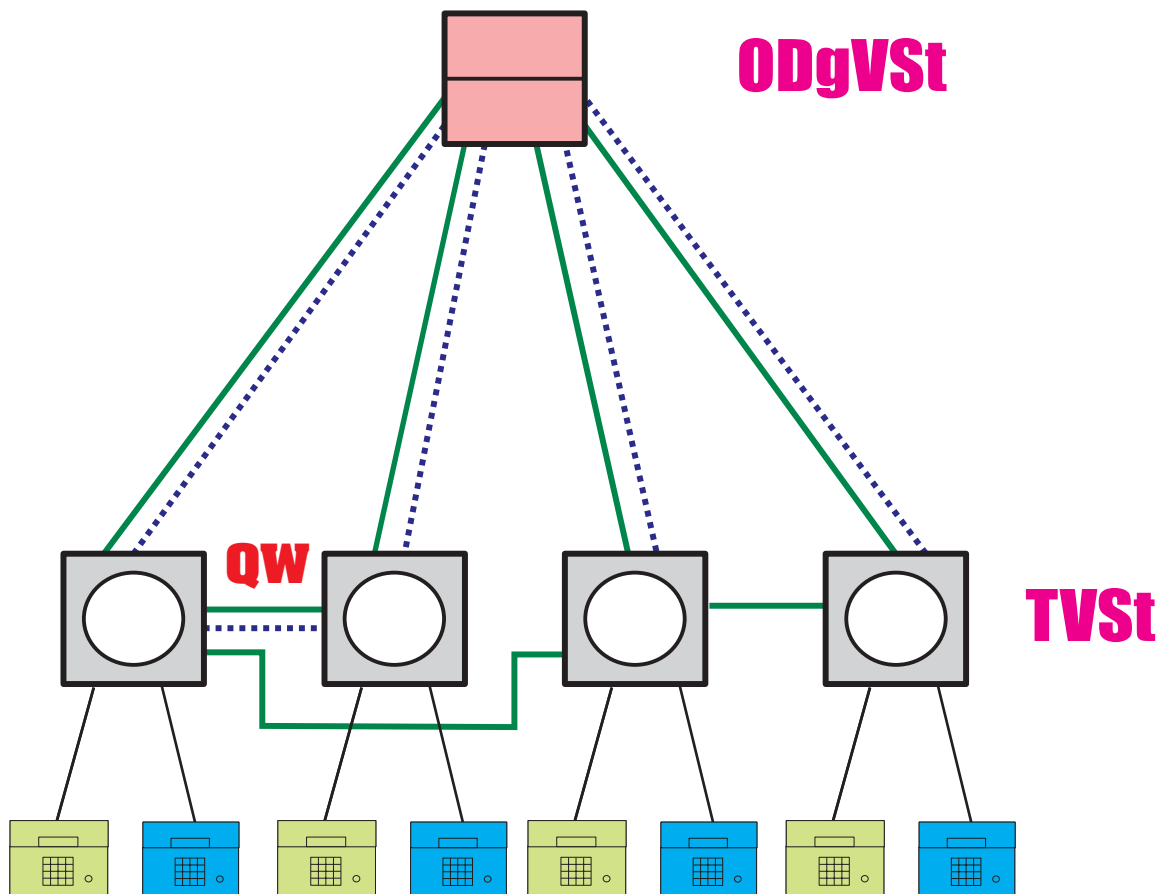


Bild 2-2a : Analoges ON

mit 2 bis 8 OVSt



**Bild 2-2b : Prinzipdarstellung des analogen ON
mit **GrVSt** und **UGrVSt**
in ON mit **> 8 VoIIVSt****



TVSt Teilnehmer - Vermittlungsstelle

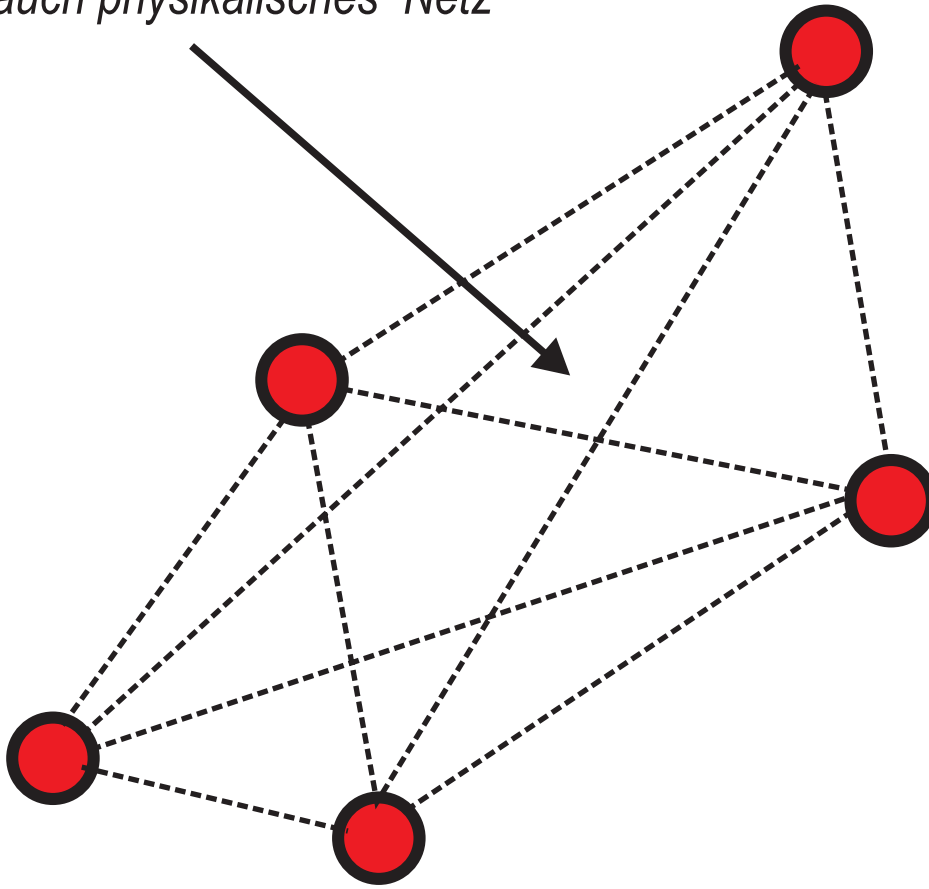
ODgVSt Ortsdurchgang - Vermittlungsstelle

— Nutzkanäle

..... Zentraler Zeichenkanal

**Bild 2-3 : Digitales ON mit ODgVSt
ab 3 DIV-TVSt**

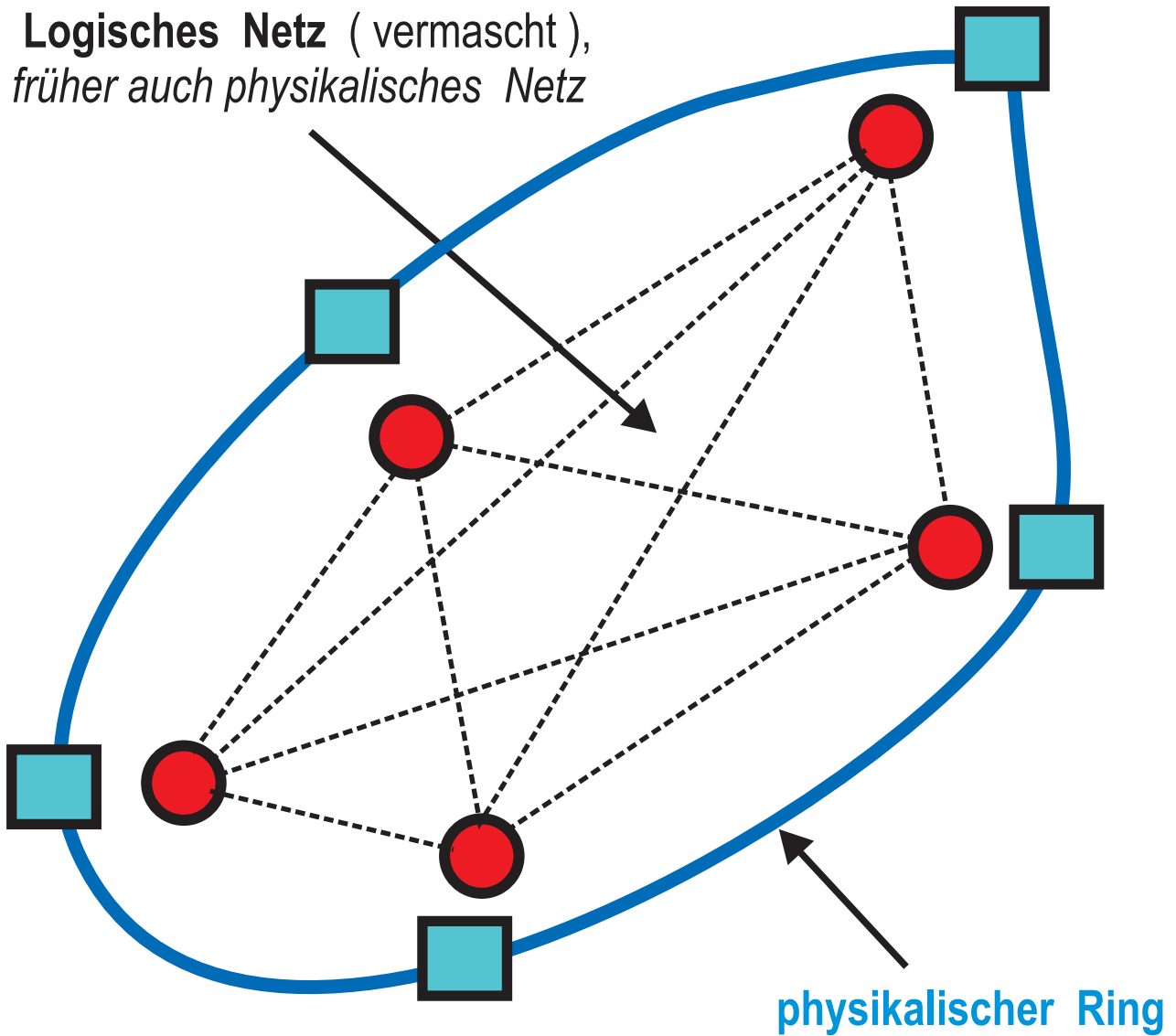
Logisches Netz (vermascht),
früher auch physikalisches Netz



 **Vermittlungsstelle**

Bild 2-4 : Ortsnetz

Logisches Netz (vermascht),
früher auch physikalisches Netz



Vermittlungsstelle



**Add-Drop-Multiplexer (ADM) ,
Crossconnector (XC)**

Bild 2-4 : Ortsnetz

**mit Glasfaser-Ring
und SDH-Technik**

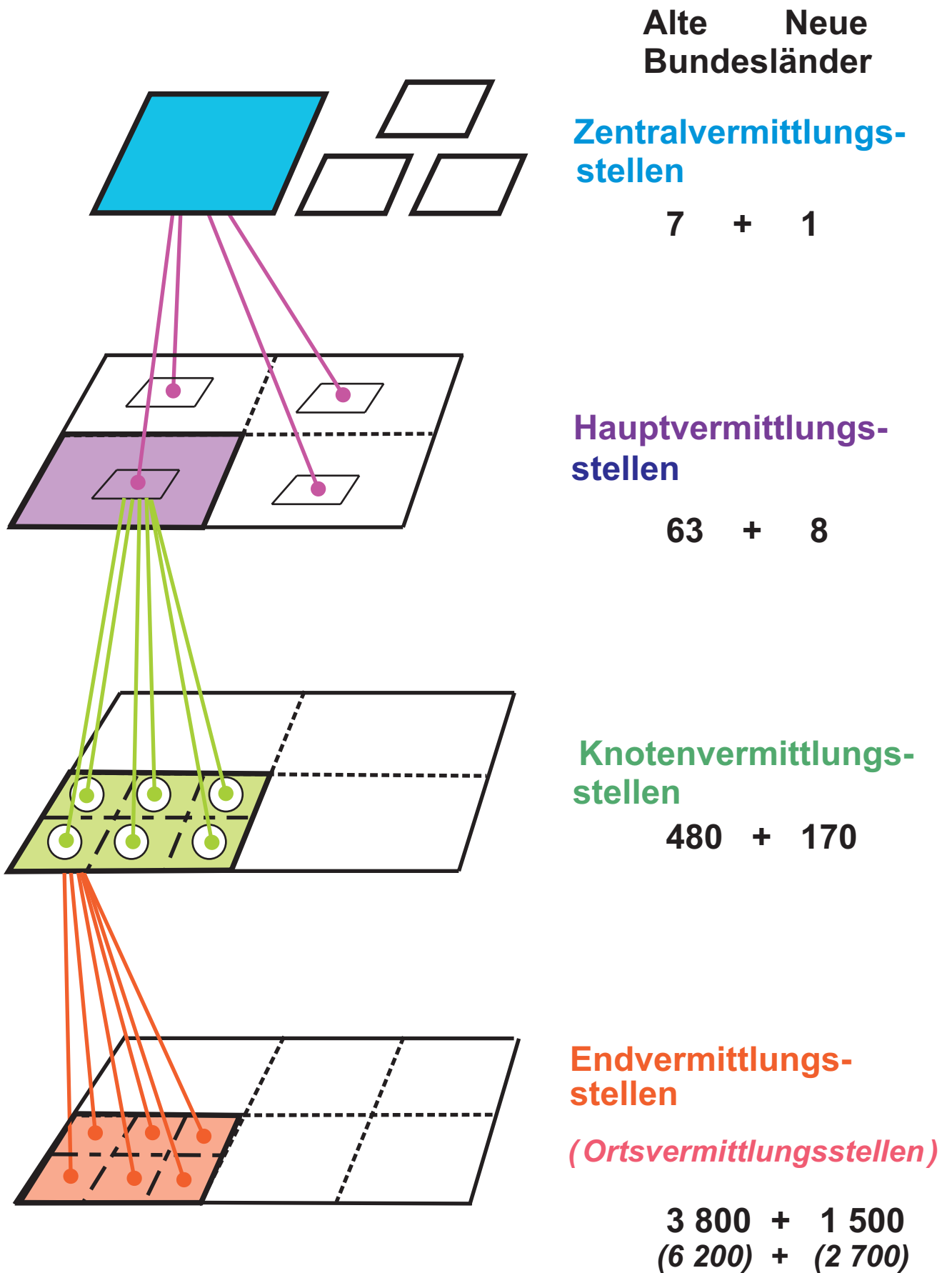


Bild 3-1: Netz mit 4 Hierarchie-Stufen

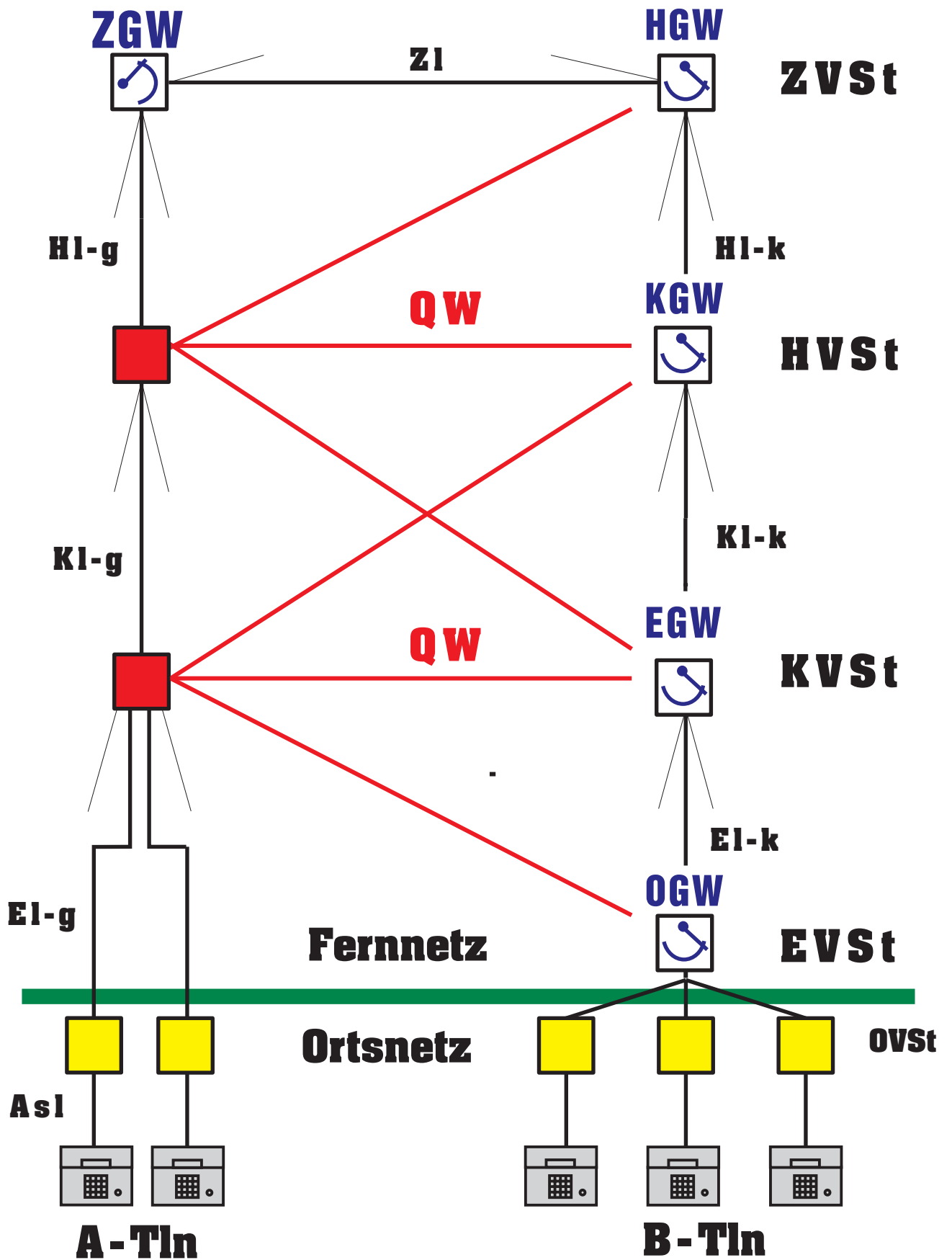


Bild 3-2: SWFD-Netz mit 4 Ebenen und Querwegen (bis 1997)

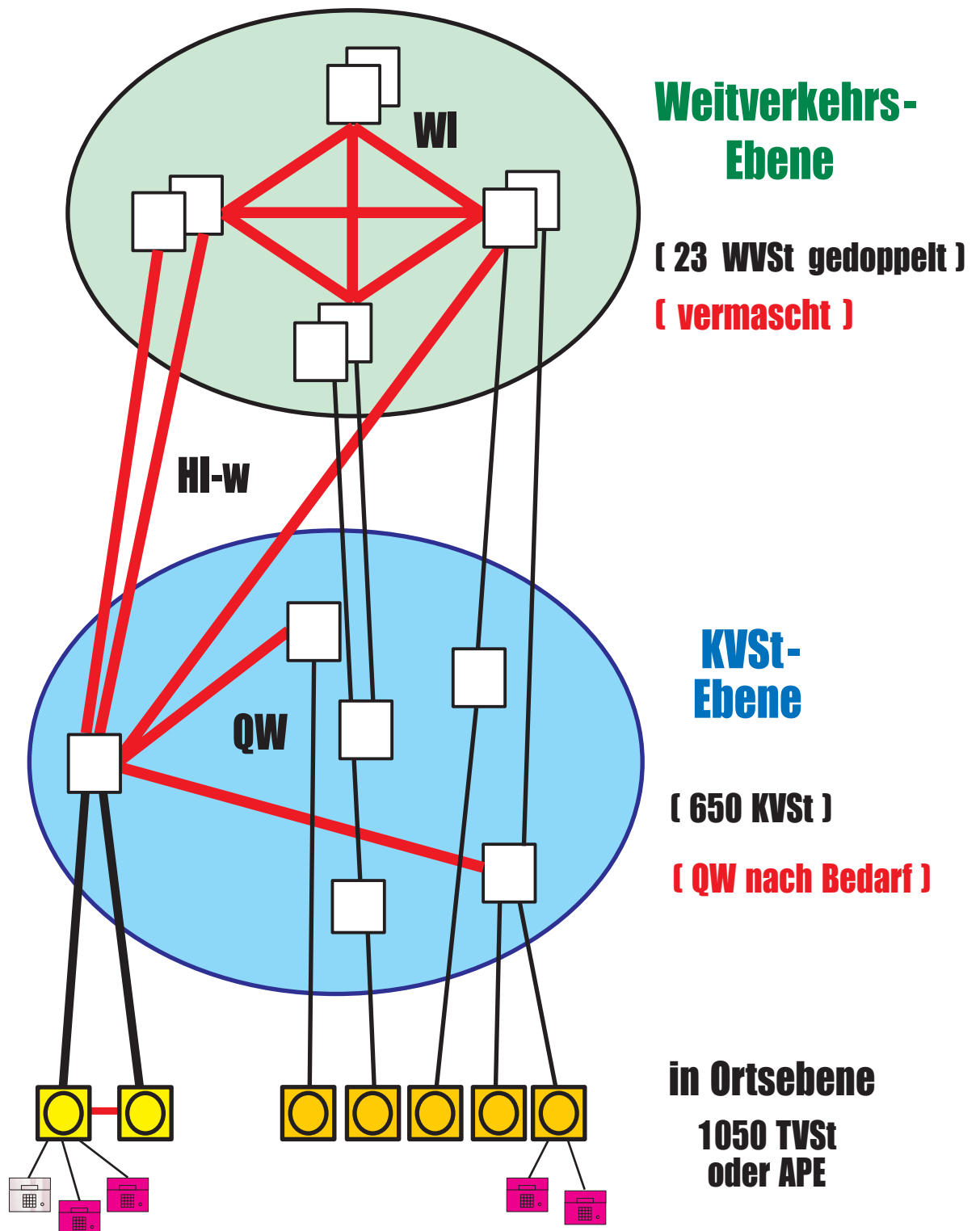


Bild 3-3 : Neues 2-stufiges Fernnetz

(etwa ab 1998)

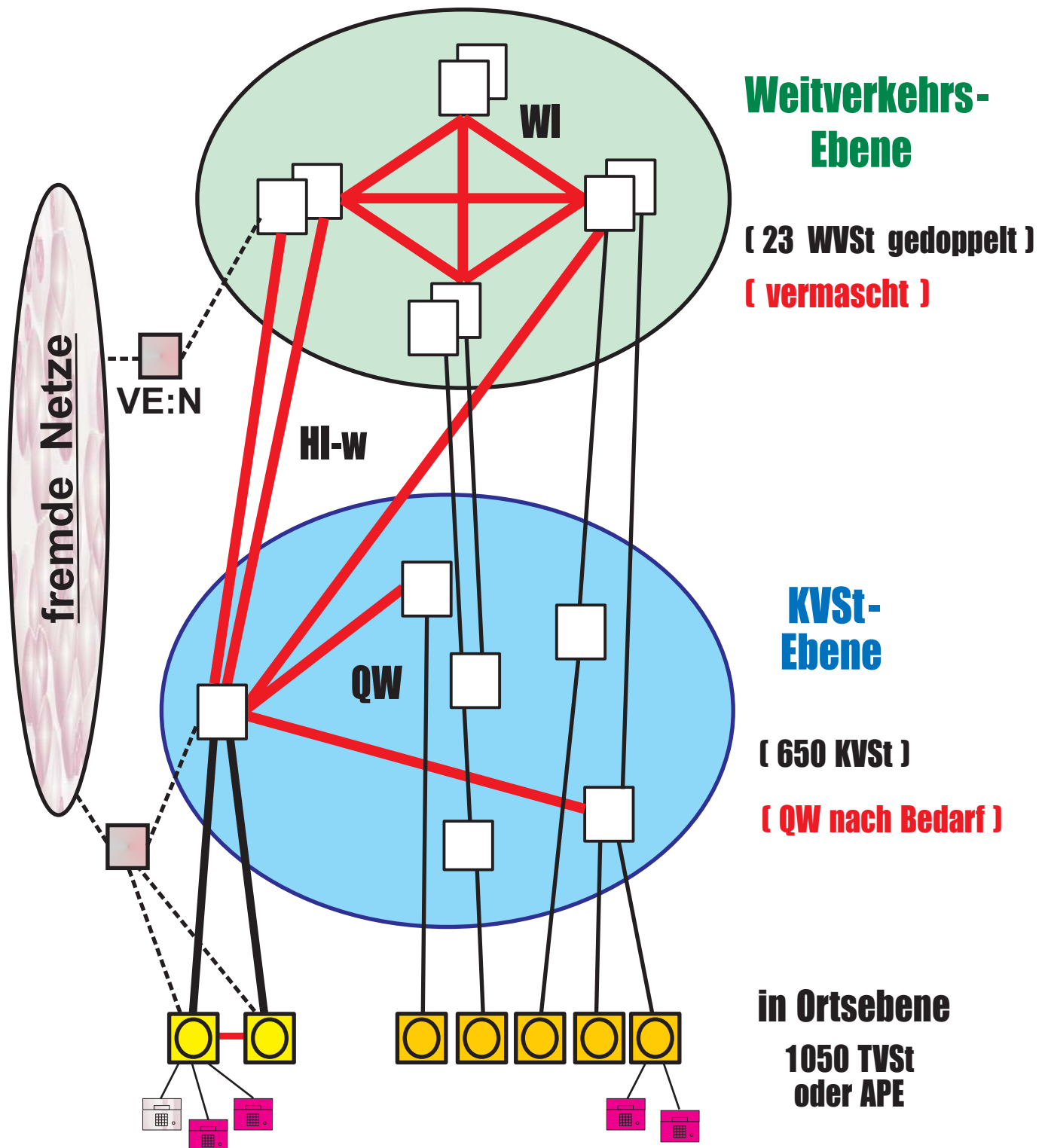


Bild 3-3 : Neues 2-stufiges Fernnetz

(etwa ab 1998)

Dezember 2002

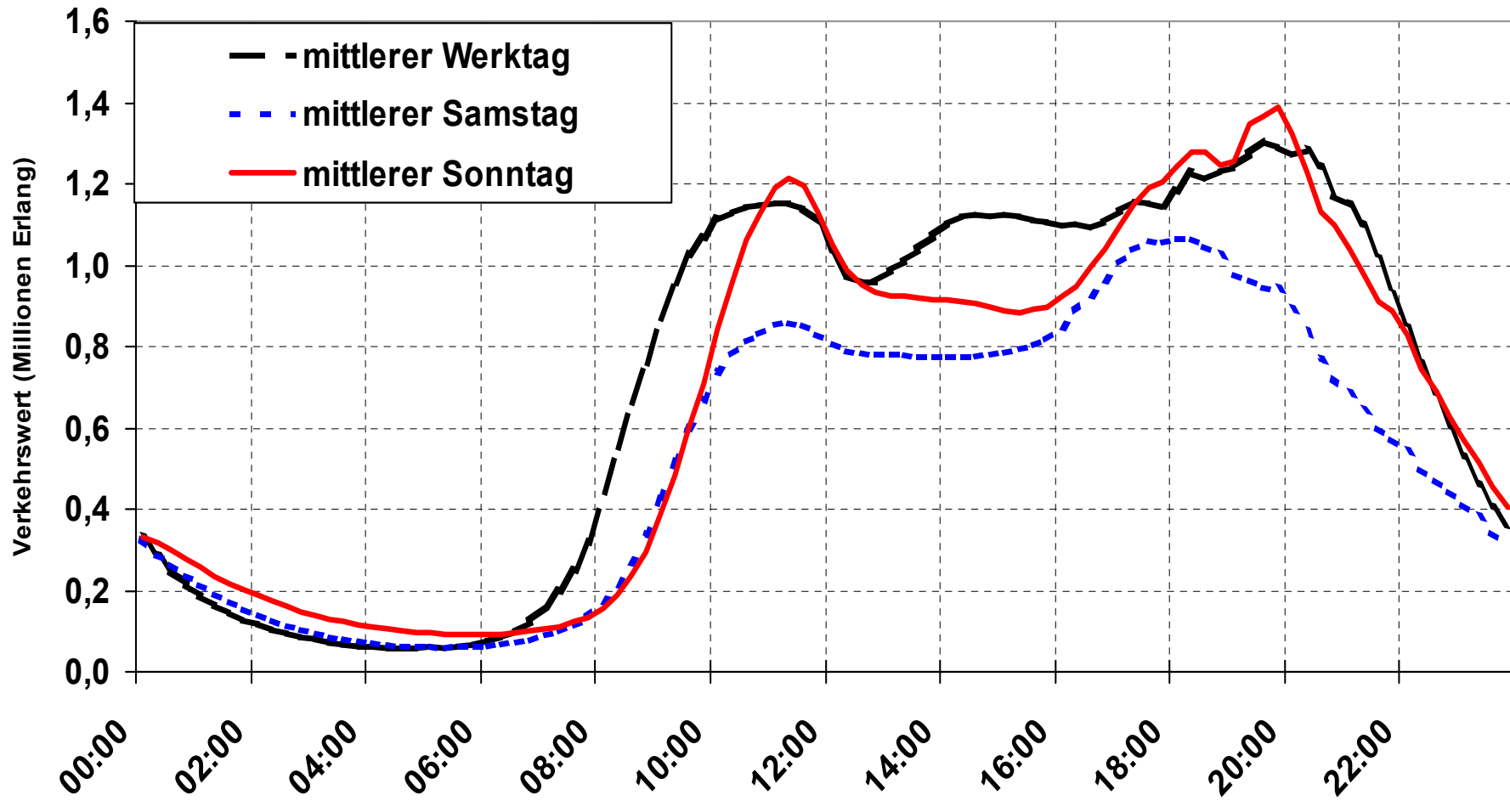


Bild 4-1a : Verkehrskurve an TVSt (in Erlang)

Dezember 2002

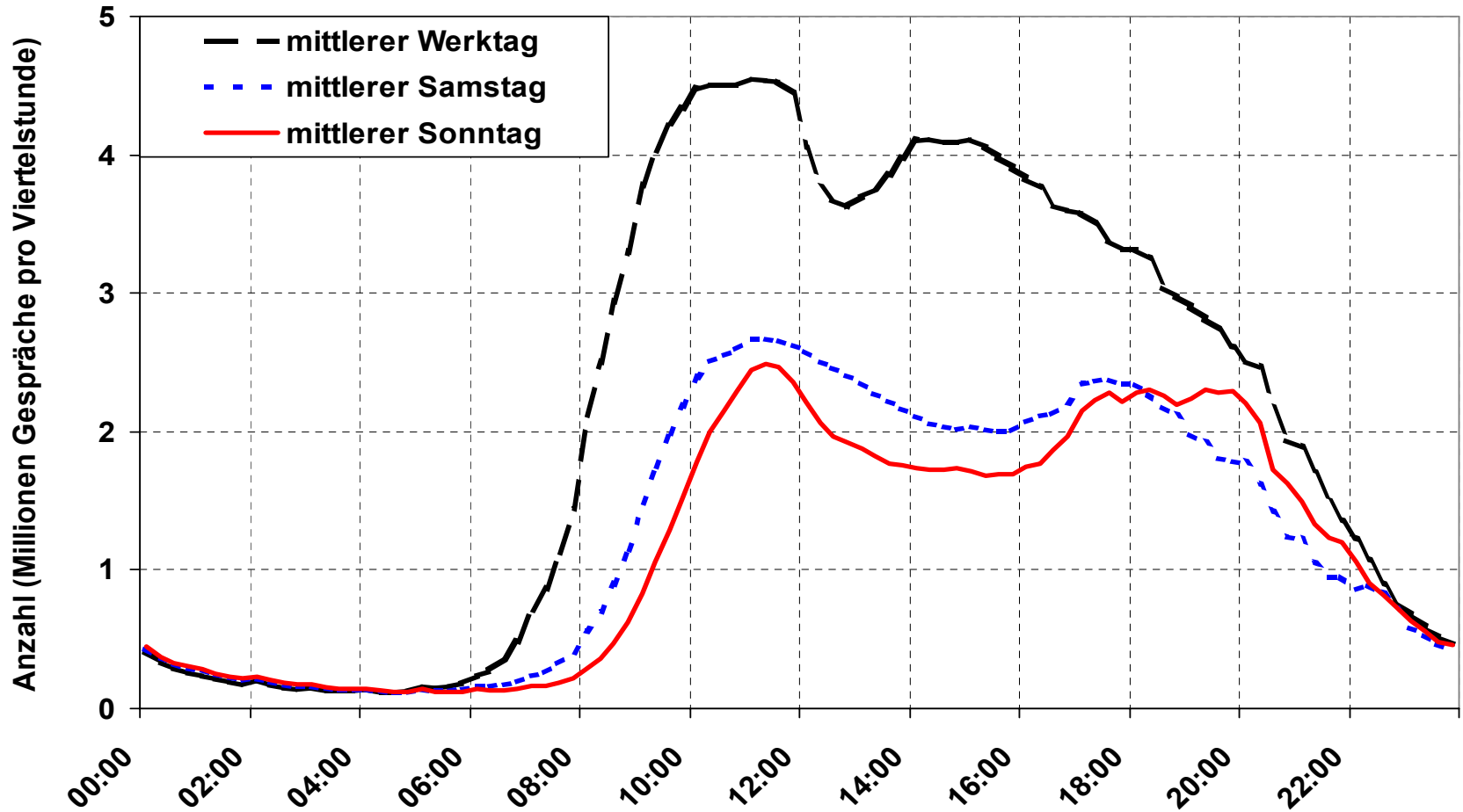


Bild 4-1b : Belegungskurve an TVSt

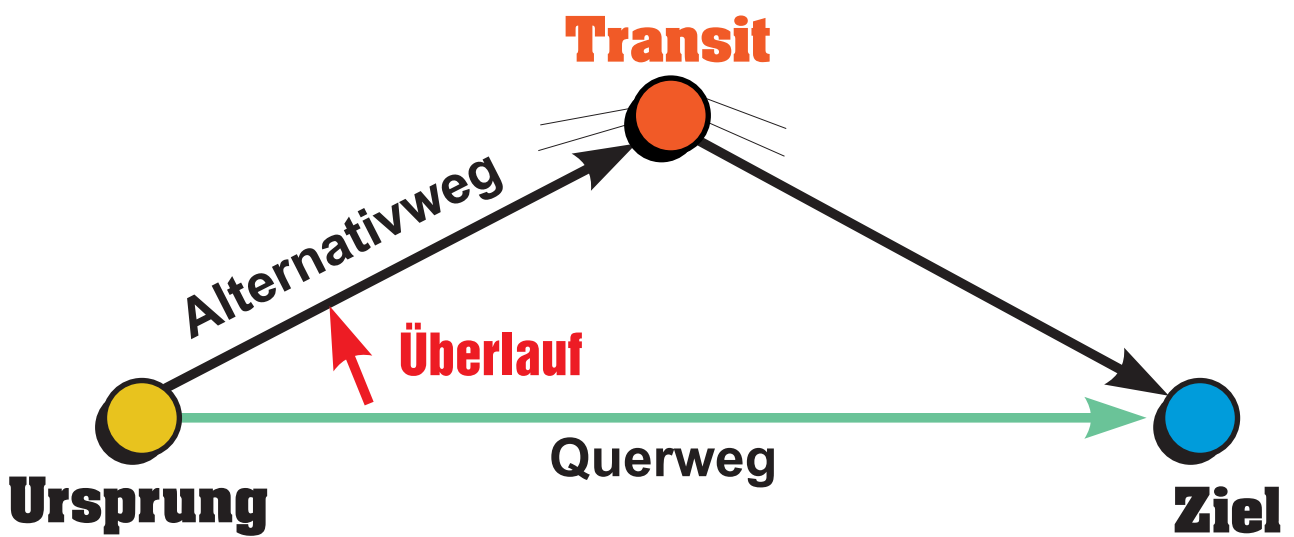
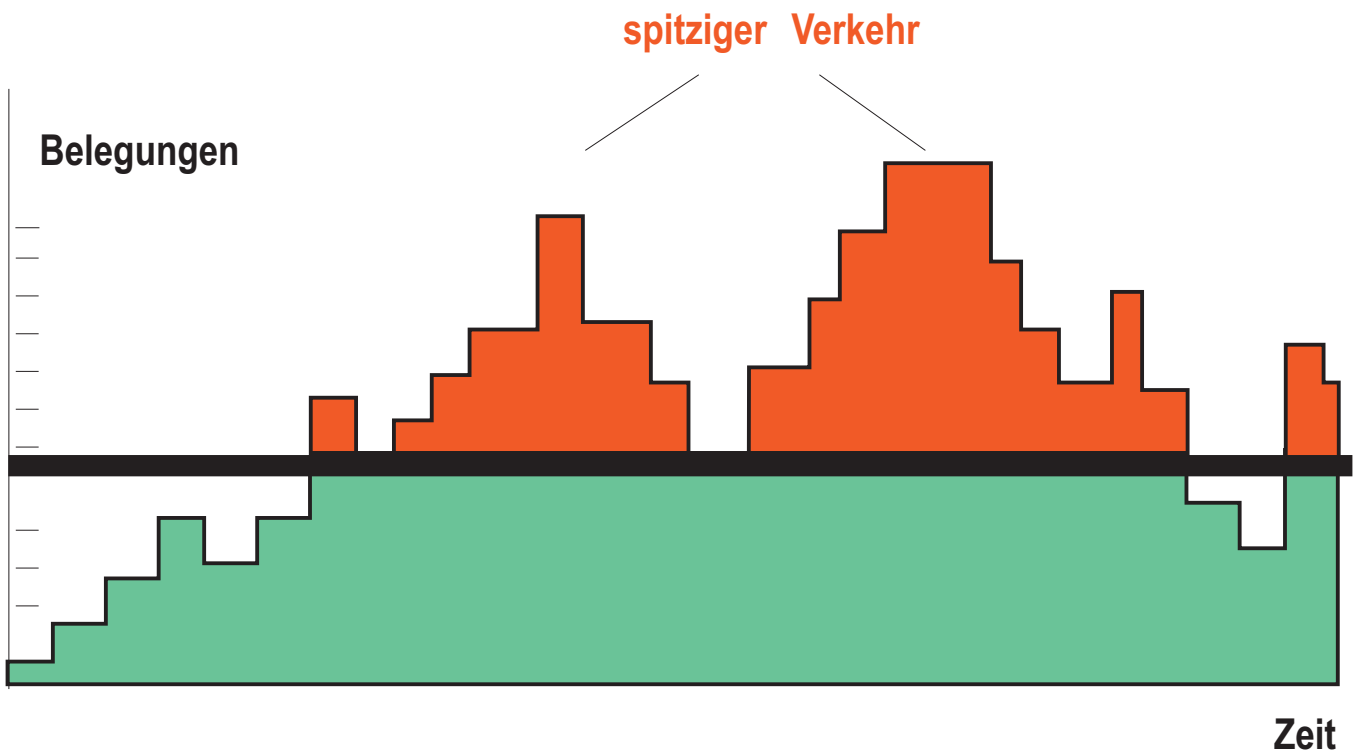


Bild 4-2 : Aufteilung in Grund- und Überlaufverkehr

Aufgabe der Verkehrstheorie

Problemstellung:

- eine bestimmte
angebotene **Verkehrsmenge** **A** [Erl]
- über eine gegebene Koppelanordnung
- auf eine möglichst minimale Zahl von
Abnehmerleitungen zu lenken **N**
- und dabei bestimmte Güteparameter
einzuhalten, vor allem die sog.
Verlustwahrscheinlichkeit **B** [%]

Problemlösung:

- mittels **Verkehrstheorie**
(mathematische Verknüpfung der Parameter)

Begriff	Zeichen	Formel / Bemerkung
Zubringer / Quellen Abnehmer Erreichbarkeit Blockierung	s N k $k = N \quad k < N$ k_{eff}	<ul style="list-style-type: none"> • unendlich / begrenzt Zahl der abgehenden Leitungen Zahl der Abnehmer, die von Zubringern erreichbar sind <ul style="list-style-type: none"> • konstant / variabel voll / begrenzt effektiv (äquivalent zu 1-stufig) innere / äußere
aktuelle Belegungs- dauer des Gespräches i Beobachtungsdauer mittlere Belegungs- dauer der Gespräche Faktor c Verkehrsmenge Y	t_i [s] T [s] t_m [s] c [1/s] Y [s]	 Anzahl der Belegungen der mittl. Dauer t_m je Beobachtungsdauer $Y = \sum t_i = T \cdot c \cdot t_m$
Verkehrsmenge y Verkehrsangebot Restverkehr Verlust (wahrschein- lichkeit)	$y = Y : T$ [Erl] A [Erl] R [Erl] B [%]	$y = c \cdot t_m$ $A = Y_a : T = c_a \cdot t_m$ $R = A - y$ als Verlust oder Überlauf behandelt $B = R : A$
Tages-Vergleichswerte Hauptverkehrsstunde Konzentrationfaktor	 HVStd k	Maximum von 4 zeitgleichen 15 min-Werten in einer Woche $k = Y_{\text{Tag}} : Y_{\text{HVStd}}$

Bild 4-3: Verkehrstheoretische Begriffe

Unterstellte Verkehrsverteilung			
	Quellen ¹⁾ s	Abnehmer ²⁾ N	Verlust B
Poisson	∞	∞ ; = s	nein
Binomial	endlich	endlich; = s	nein
Erlang	∞	endlich; < s	ja
Engset	endlich	endlich; < s	ja

1) Quellen liefern Zufallsverkehr 1. Art
(gleichmäßig verteilt)

2) Abnehmer alle voll erreichbar

Bild 4-4 : Verkehrstheoretische Modelle

Die Wahrscheinlichkeit w ,
dass s Quellen belegt sind, beträgt :

$$w(s) = \frac{A^s}{s! e^A}$$

Bild 4-5a : Belegungswahrscheinlichkeit
nach Poisson

Voraussetzungen : $s = \infty$ (Quellen)

$k = N$ (Erreichbarkeit)

Zufallsverkehr 1. Art

$$B = \frac{\frac{A^N}{N!}}{\sum_{n=0}^N \frac{A^n}{n!}} = \frac{\frac{A^N}{N!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^N}{N!}}$$

Beispiel : $A = 4$ Erl

$N = 4$ Ltg

↪ $B = 31$ %

Einschränkung : Quellen (Zubringerleitungen) am Koppelnetz sind in der Realität immer endlich

Bild 4-5b : Erlang'sche Verlustformel

Reale Gegebenheit : $k < N$

↪ Näherungsformeln mit **Korrekturfaktoren** nach:

- O'Dell
- Karlsson
- Palm - Jakobeus
- Lotze

weitere Einschränkung :

Überlaufverkehr ist "**spitzig**",
denn er ist **kein** Zufallsverkehr 1. Art

↪ berücksichtigt durch Ergänzungsfaktoren :

Spitzigkeit Z / Streuwert D / Varianz σ

$$Z = \frac{R + D}{R} = \frac{\sigma^2}{R} = 1 + \frac{D}{R}$$

$$D = \sigma^2 - R$$

Bild 4-6 : Verbesserte Verlustformeln

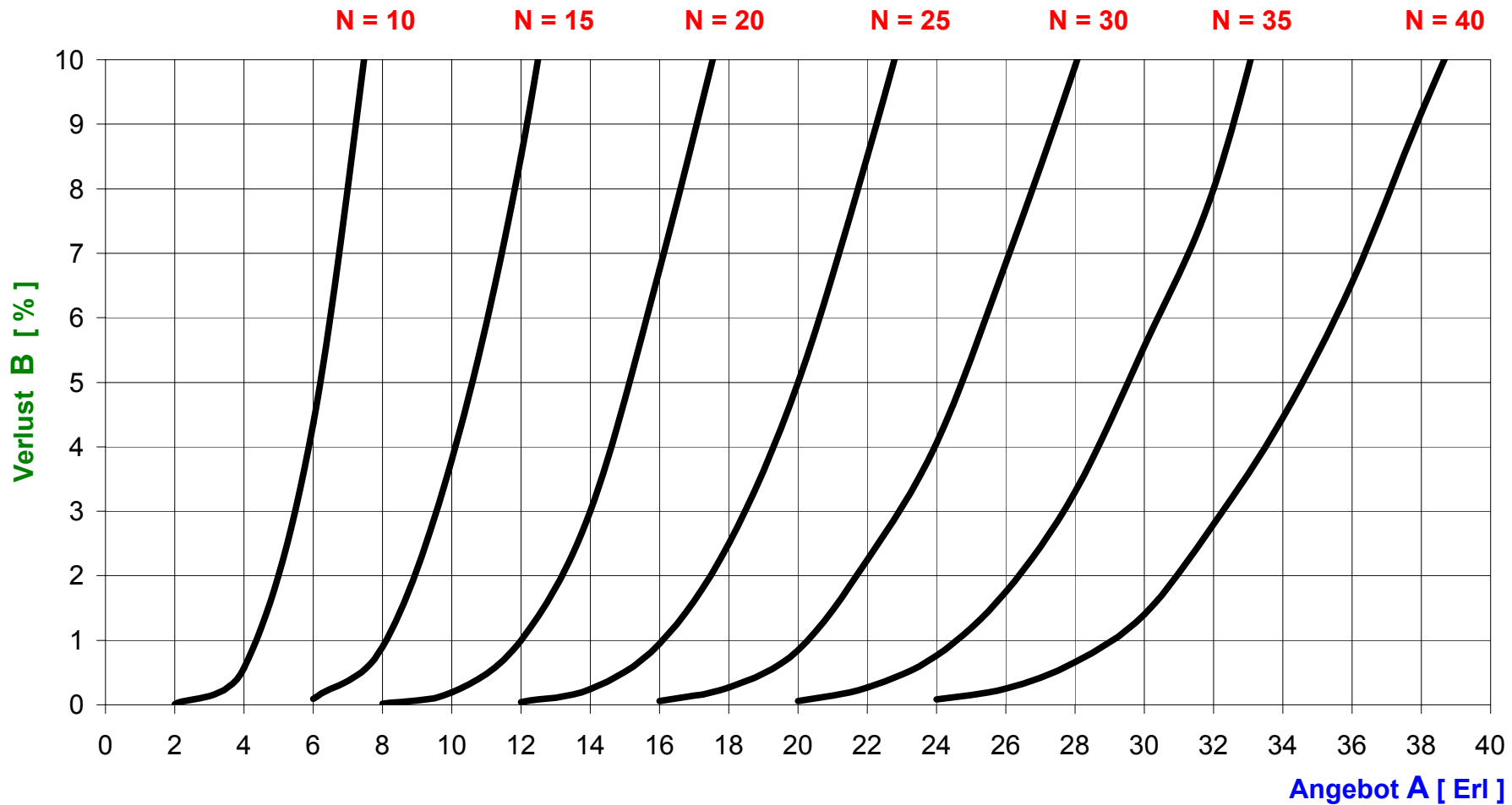


Bild 4-7 : Bestimmung der Leitungszahl N bei gegebenem Angebot A und Verlust B

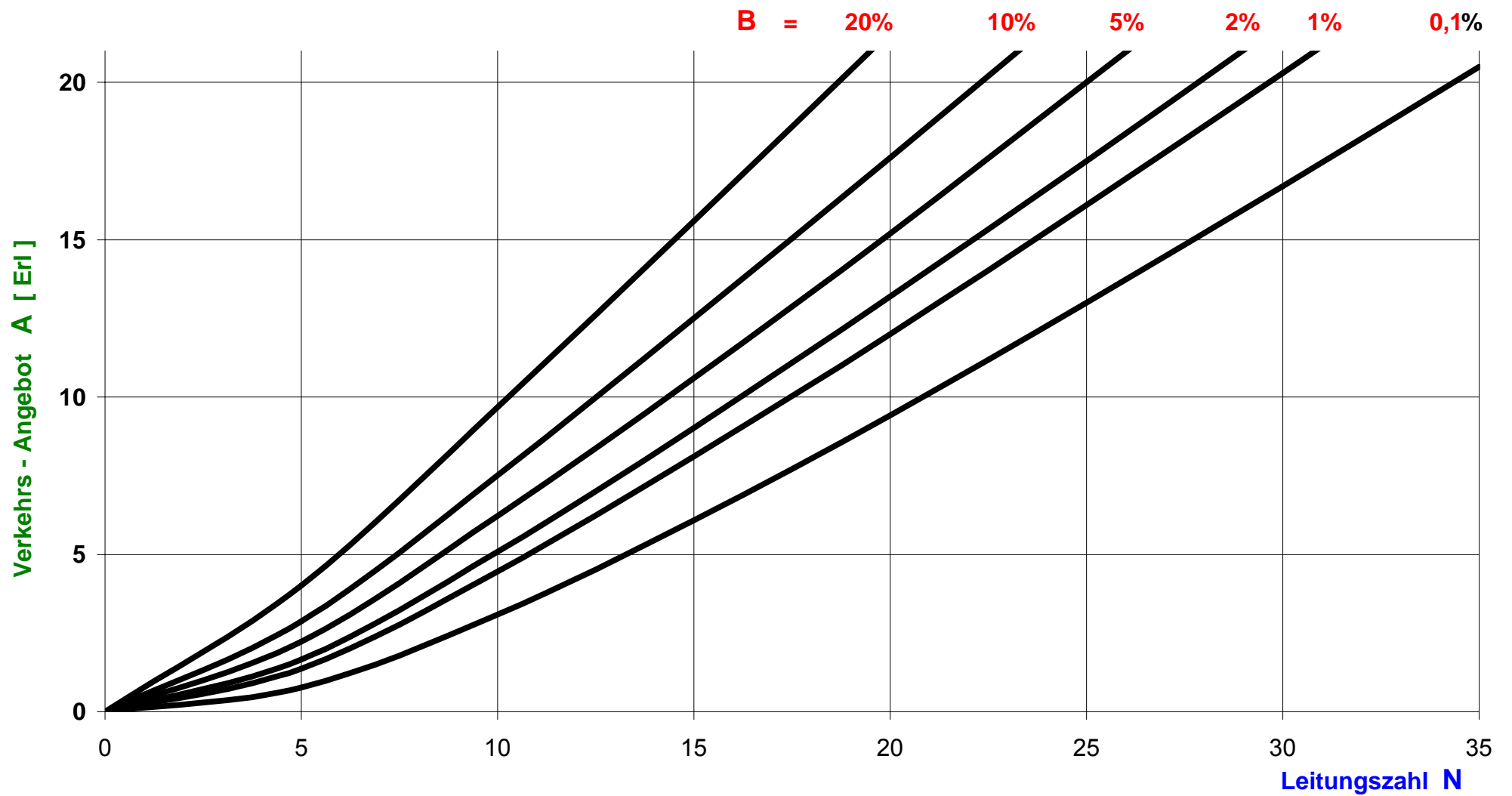


Bild 4-8 : Bestimmung des Verlustes B
bei gegebener Leitungszahl N und Angebot A

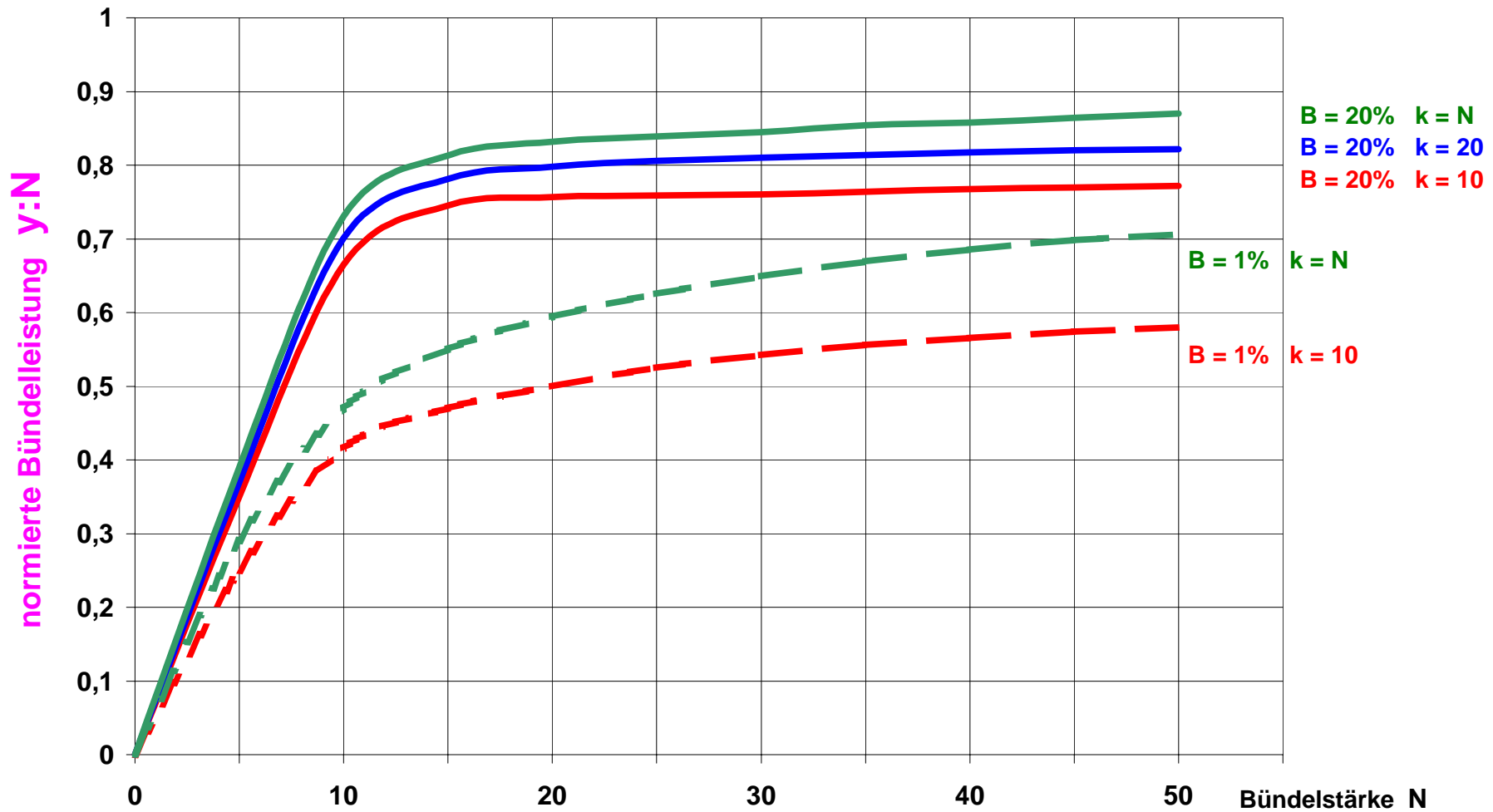


Bild 4-9 : Normierte Bündelleistung $y:N$ für verschiedene Bündelstärken N in Abhängigkeit der Erreichbarkeit k und des Verlustes B

Grundaussagen aus den Kurvenscharen

- die Zusammenhänge sind **in unteren Bereichen** mit kleinen Leitungszahlen und kleinen Verkehrsangeboten und geringen Verlusten **nicht linear**
Erst zu größeren Werten hin werden sie **nahezu linear**
- **geringere Verluste** (für Leitungen des Kennzahlwegs)
erfordern **deutlich mehr Leitungen**
- die Zusammenlegung **kleiner Bündel** erbringt **Bündelgewinne**
- Erreichbarkeiten **unter $k = 20$** (*typisch für Wähler*)
reduzieren deutlich die Leistungsfähigkeit
- selbst in großen Bündeln mit voller Erreichbarkeit und erlaubten Plan-Verlusten bleibt die Verkehrsleistung einer Leitung **deutlich unter 1 Erlang**

Technische Grenzen

- Dämpfung
- Verkehrslenkungsmöglichkeiten
- Koppelnetzgrößen

Kosten

- Kosten der Leitungen / Übertragungswege
- Kosten der Vermittlungstechnik
- Kostenverhältnis bei Überlaufverkehren

Sicherheitsaspekte

- Doppelabstützung
- Mehrwege - Führung
- Mehrmedien - Führung

Angestrebte Verkehrsgüte

- Verlust je Leitungsabschnitt
- end-to-end Verlustwahrscheinlichkeit

Bild 5-1 : Gesichtspunkte der Netzstrukturierung

Kostenfaktor P bei Querwegen

$$P = \frac{\text{Kosten Überlaufweg}}{\text{Kosten Querweg (QW)}} \sim 1,3 \dots 1,8$$

Festlegung der Verluste je Abschnitt

- 20 % (auf QW)
- 1 % oder 2 % (aufsteigender KzW)
- 0,1 % oder 1 % (absteigender KzW)

Stufung der Ü-Technik (Multiplexer)

- Primärgruppe bei TF (12 Kanäle)
- PCM - Grundleitung (30 Kanäle)



QW auf TF wenn ≥ 4 Ltg

QW auf PCM wenn ≥ 10 Ltg *)

*) zusätzlich wird auch eine ähnliche Verkehrsmenge (Gegenseitigkeit) aus der **anderen** Richtung erwartet

Bild 5-2 : Kriterien für Einrichtung von QW

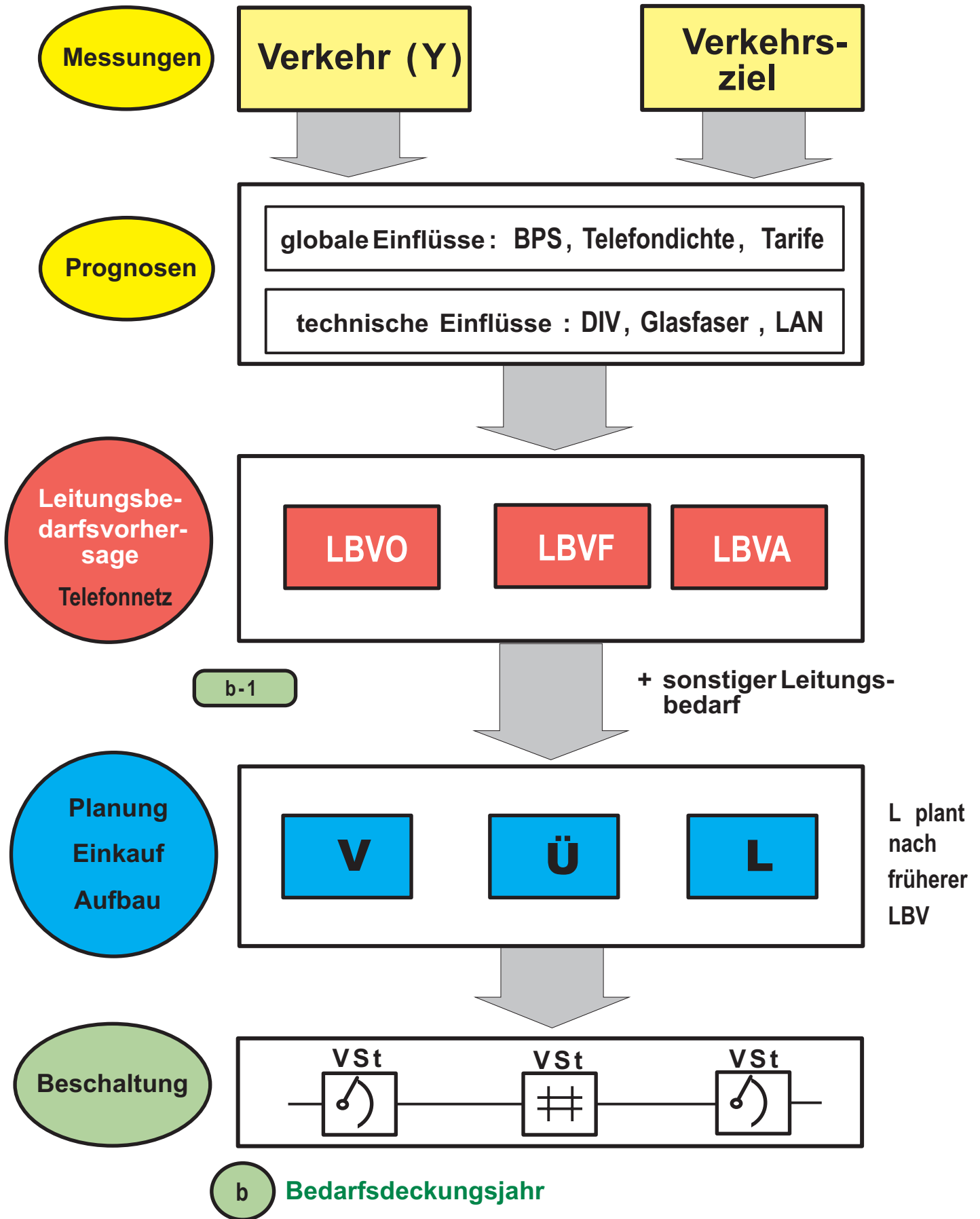


Bild 5-3: Drei Listen der LBV zur Produktion des Netzes