

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

Dozent : Dipl.-Ing. Hans Thomas

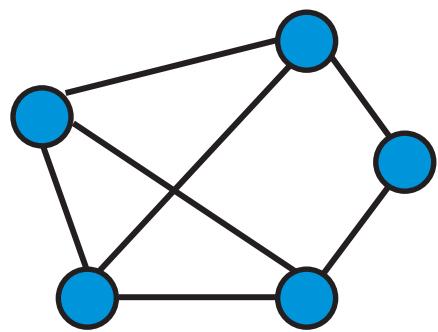
Netzarchitekturen

Seite

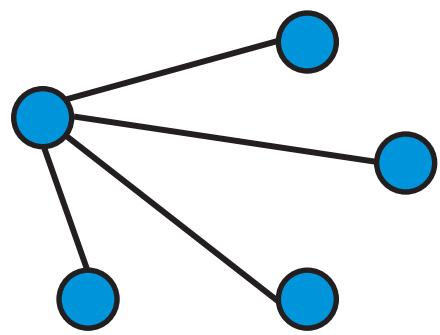
1 Grundformen von Netzen	2
2 Ortsnetze	3
3 Fernnetz	4
4 Verkehrstheorie	7
5 Netzplanung	9

Anhang mit 24 Bildern

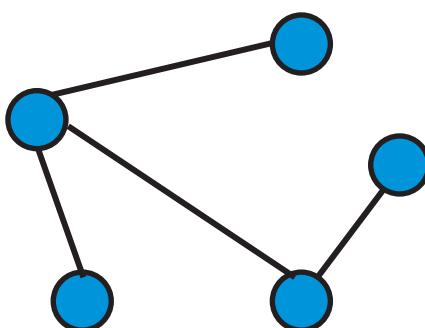
- **abzuwickelnder Dienst**
 - * Individualverkehr (*jeder mit jedem*)
 - * Sammel- / Verteil-Dienste (*einer zu vielen*)
- **geographische Ausdehnung**
 - * in house
 - * örtlich / lokal
 - * landesweit / weltweit
- **eingesetzte Übertragungsmedien**
 - * Kabel (Kupfer, Koax, Glasfaser)
 - * Funk (Richtfunk, 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
 - * Mehrwegeführungen
- **Güteparameter**
 - * Verlustwahrscheinlichkeit (*Besetzungsfälle*)
 - * Qualitätsgarantien (QoS = *Quality of Service*)



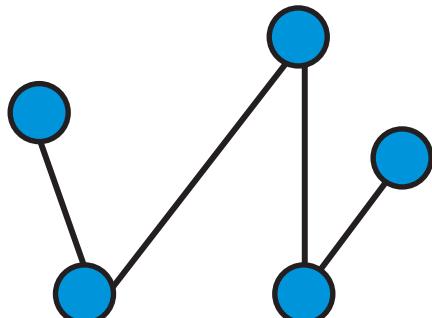
Maschennetz



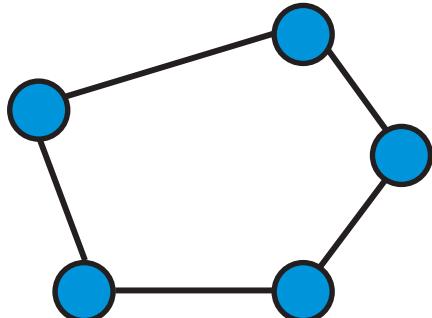
Sternnetz



Baumnetz

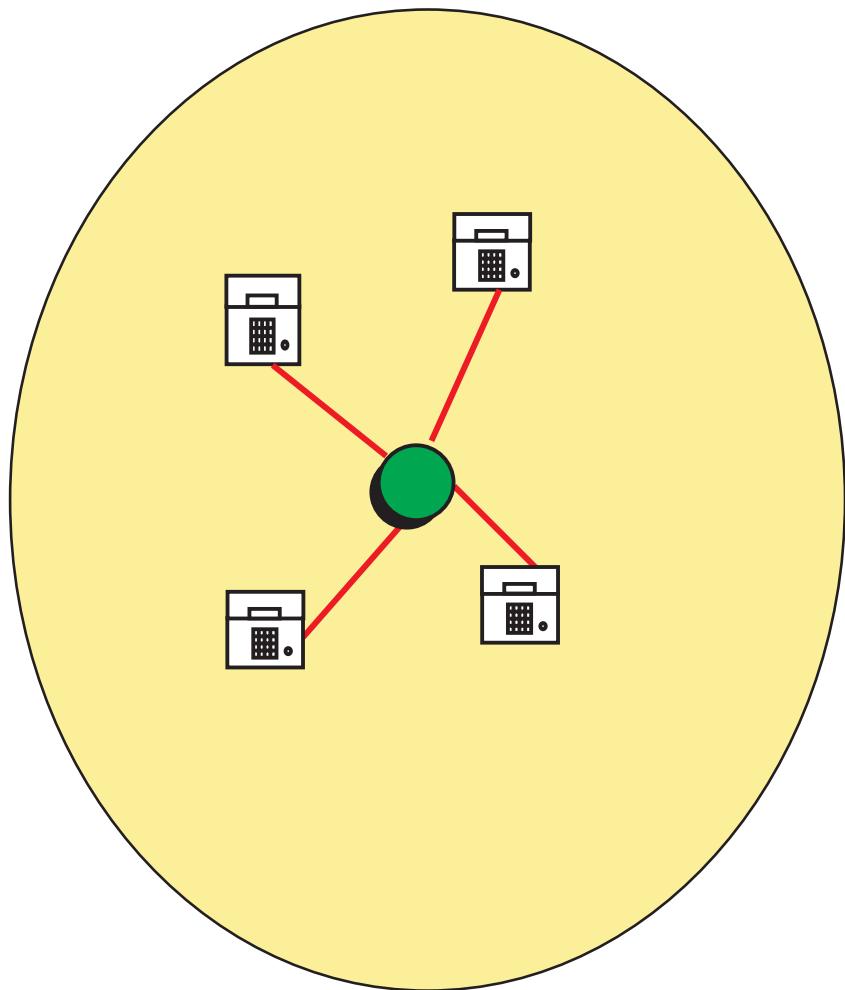


offener Bus

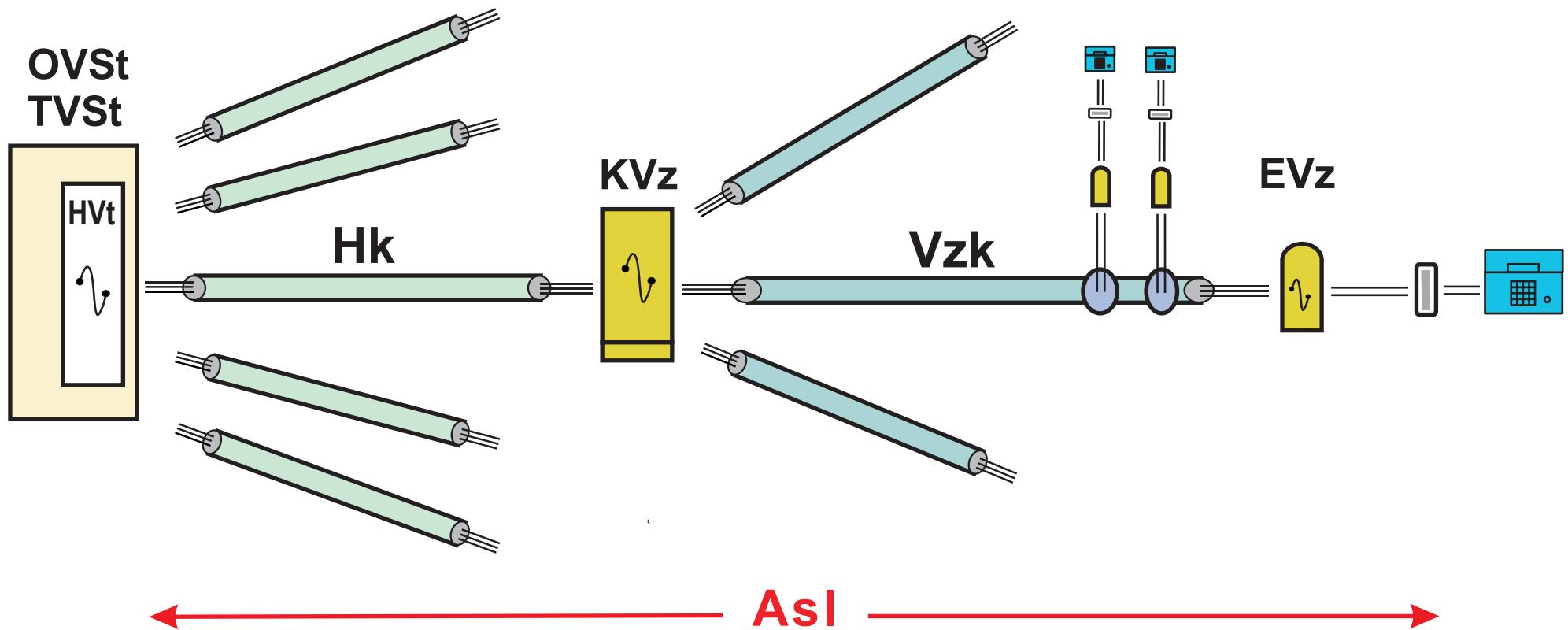


Ringnetz

Bild 1-1 : Grundformen von Netzstrukturen



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



Asl Anschluss-Leitung

Hk Haupt-Kabel

Vzk Verzweigungs-Kabel

O Erdmuffe

HVt Haupt-Verteiler

KVz Kabel-Verzweiger

EVz End-Verzweiger

**Bild 2-1b : Sternförmige Anbindung
der Telefonanschlüsse**

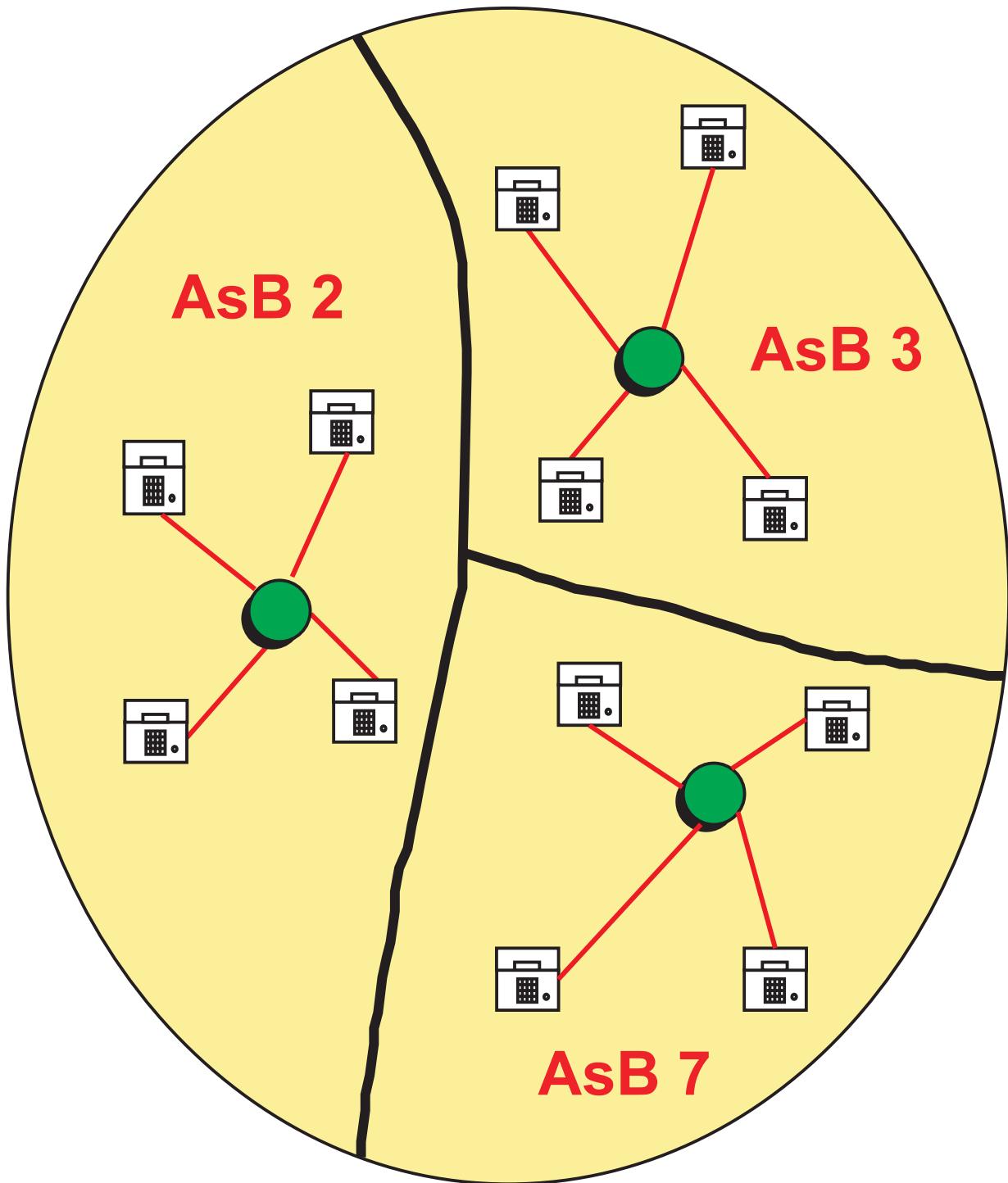


Bild 2-1c : Bildung von Anschlussbereichen (AsB) in großen Ortsnetzen

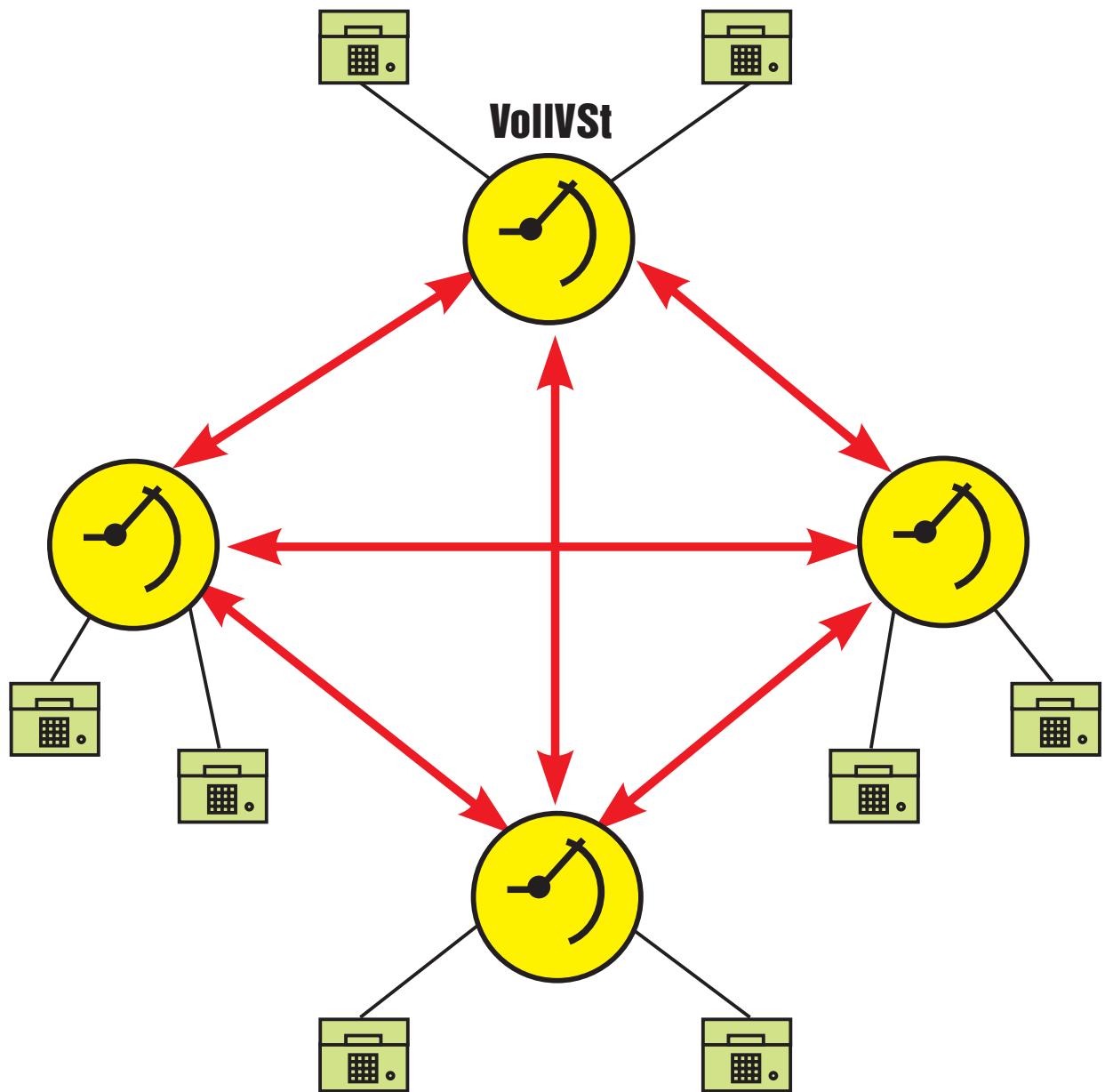


Bild 2-2a : Analoges ON
mit 2 bis 8 OVSt

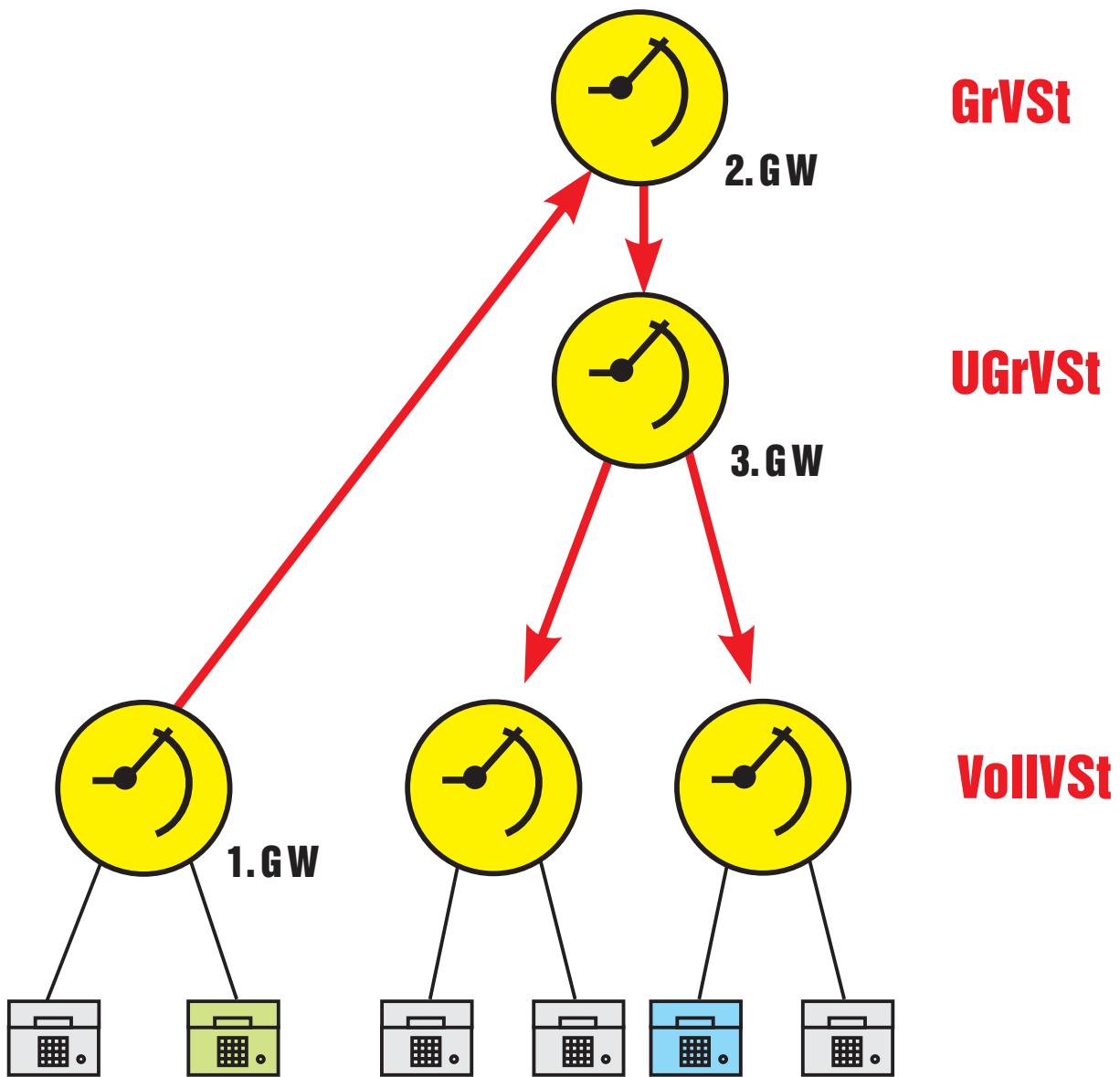
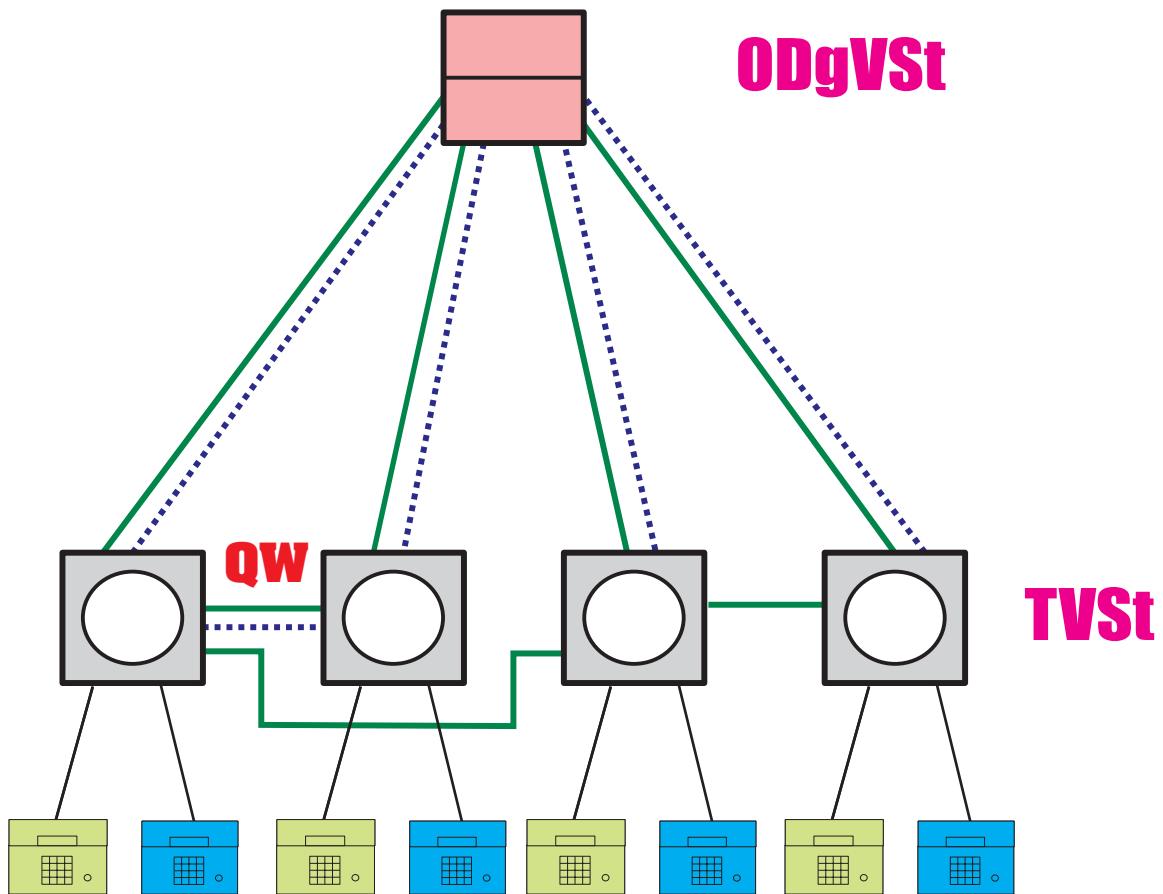


Bild 2-2b : Prinzipdarstellung des analogen ON mit GrVSt und UGrVSt in ON mit > 8 VollVSt



TVSt Teilnehmer - Vermittlungsstelle

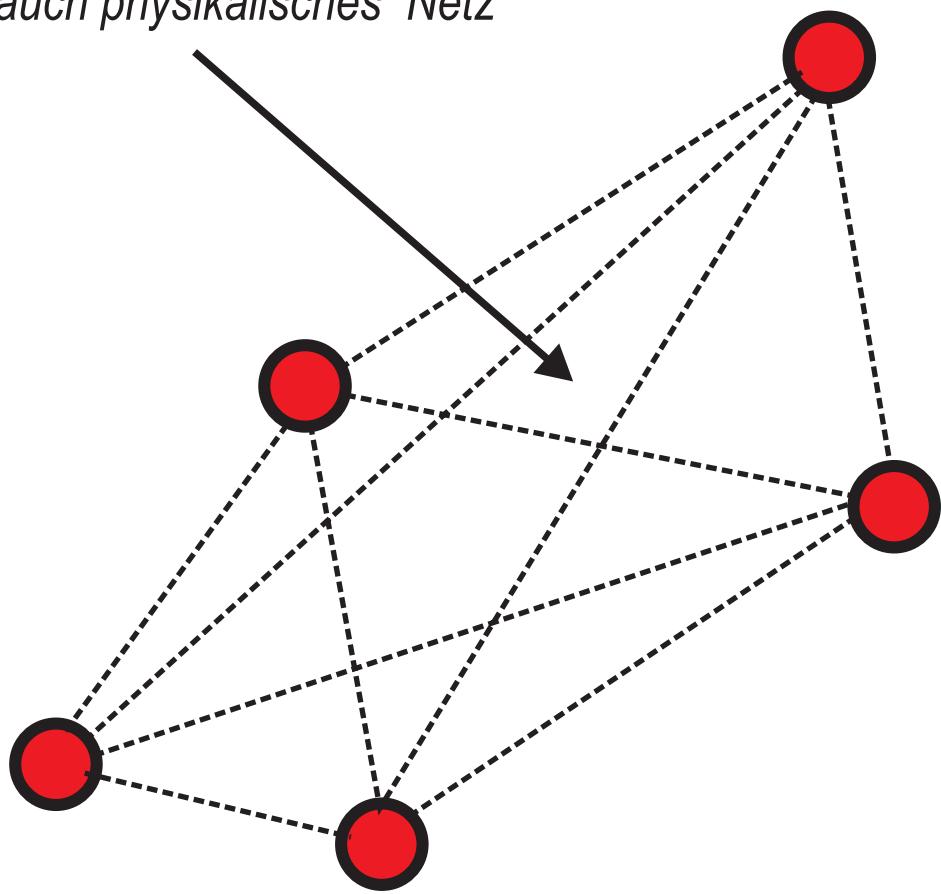
ODgVSt Ortsdurchgangs - Vermittlungsstelle

— Nutzkanäle

..... Zentraler Zeichenkanal

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

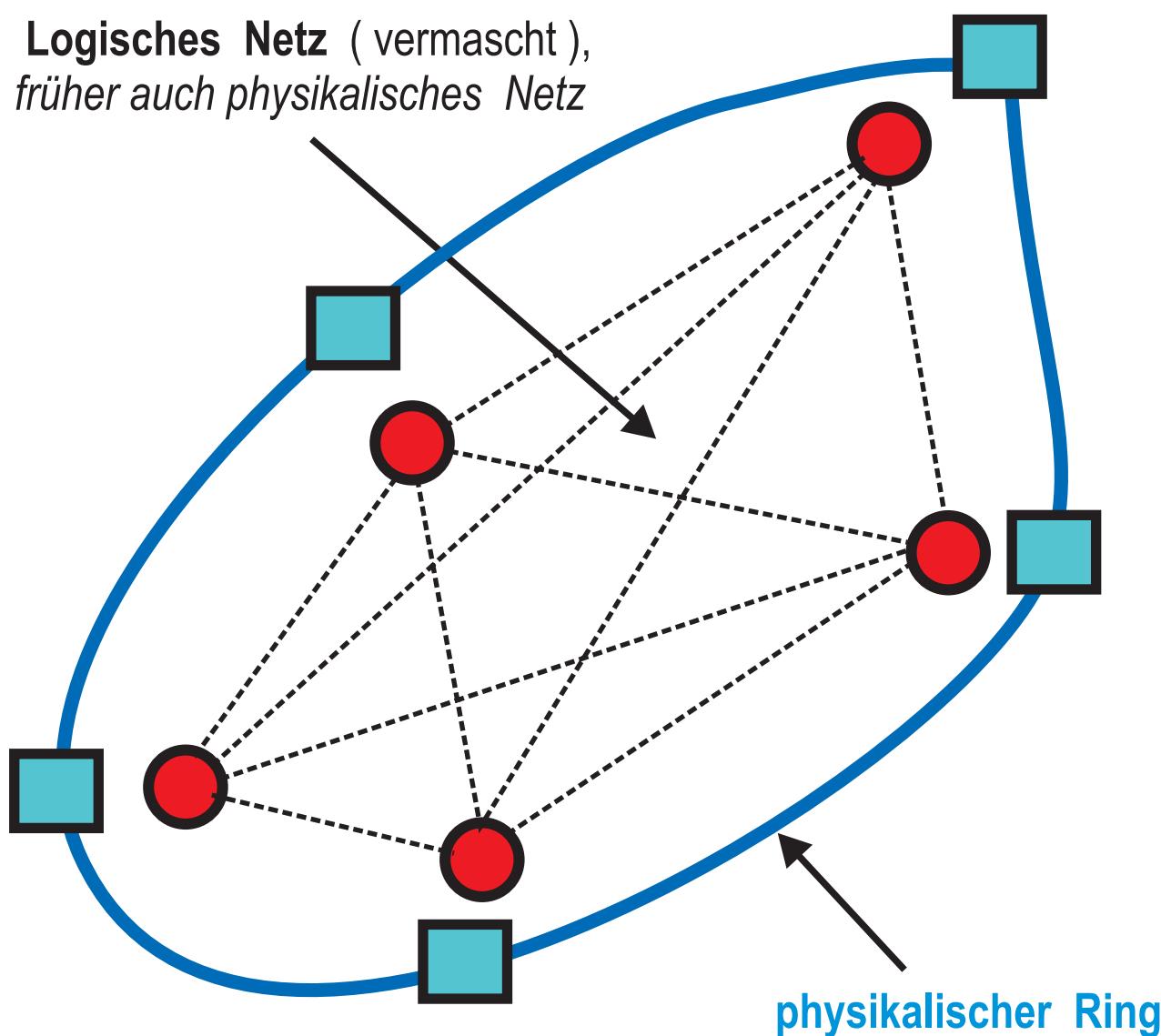
Logisches Netz (vermascht),
früher auch *physikalisches Netz*



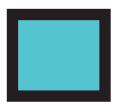
Vermittlungsstelle

Bild 2-4 : Ortsnetz

Logisches Netz (vermascht),
früher auch *physikalisches Netz*



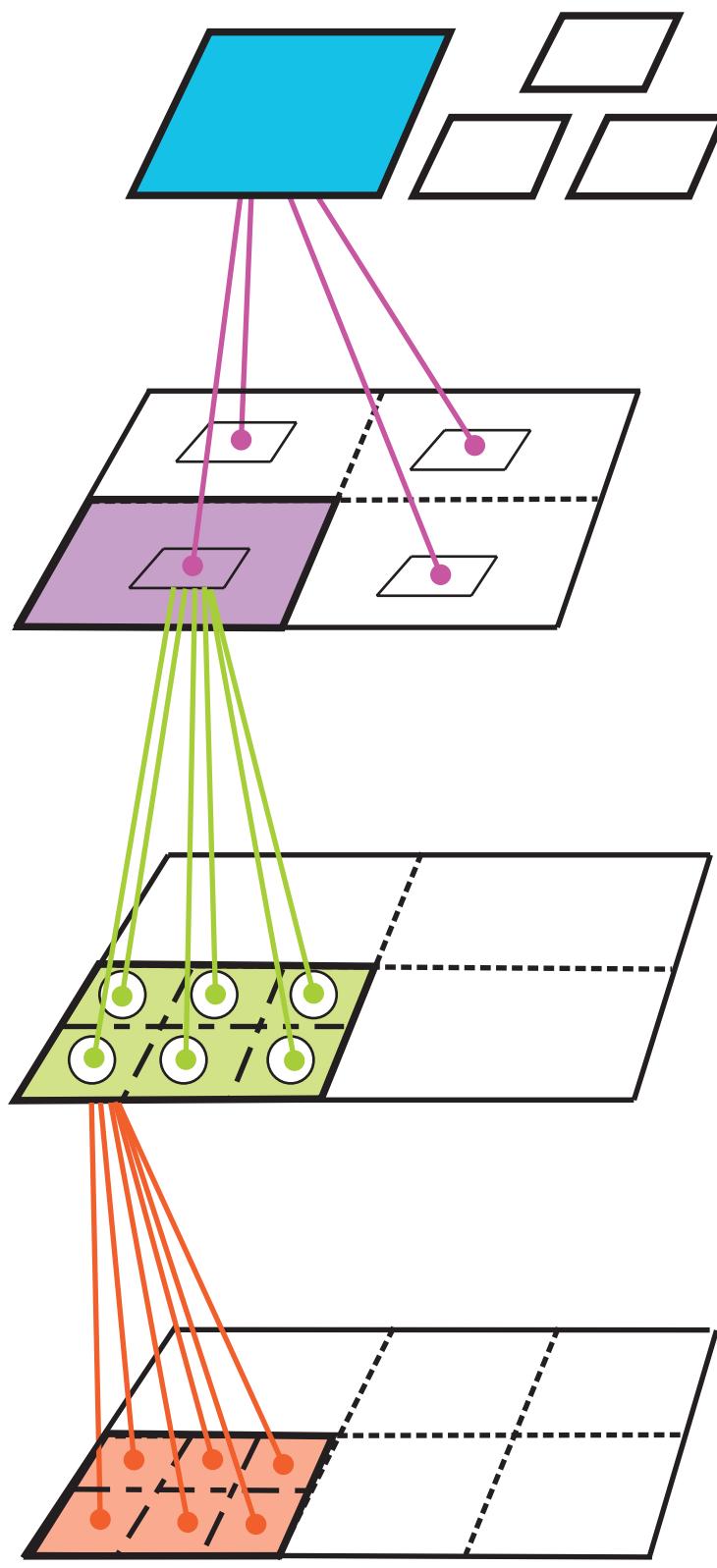
Vermittlungsstelle



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

Bild 2-4 : Ortsnetz

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



Alte Neue
Bundesländer

**Zentralvermittlungs-
stellen**

7 + 1

**Hauptvermittlungs-
stellen**

63 + 8

**Knotenvermittlungs-
stellen**

480 + 170

**Endvermittlungs-
stellen**

(Ortsvermittlungsstellen)

3 800 + 1 500
(6 200) + (2 700)

Bild 3-1: Netz mit 4 Hierarchie - Stufen

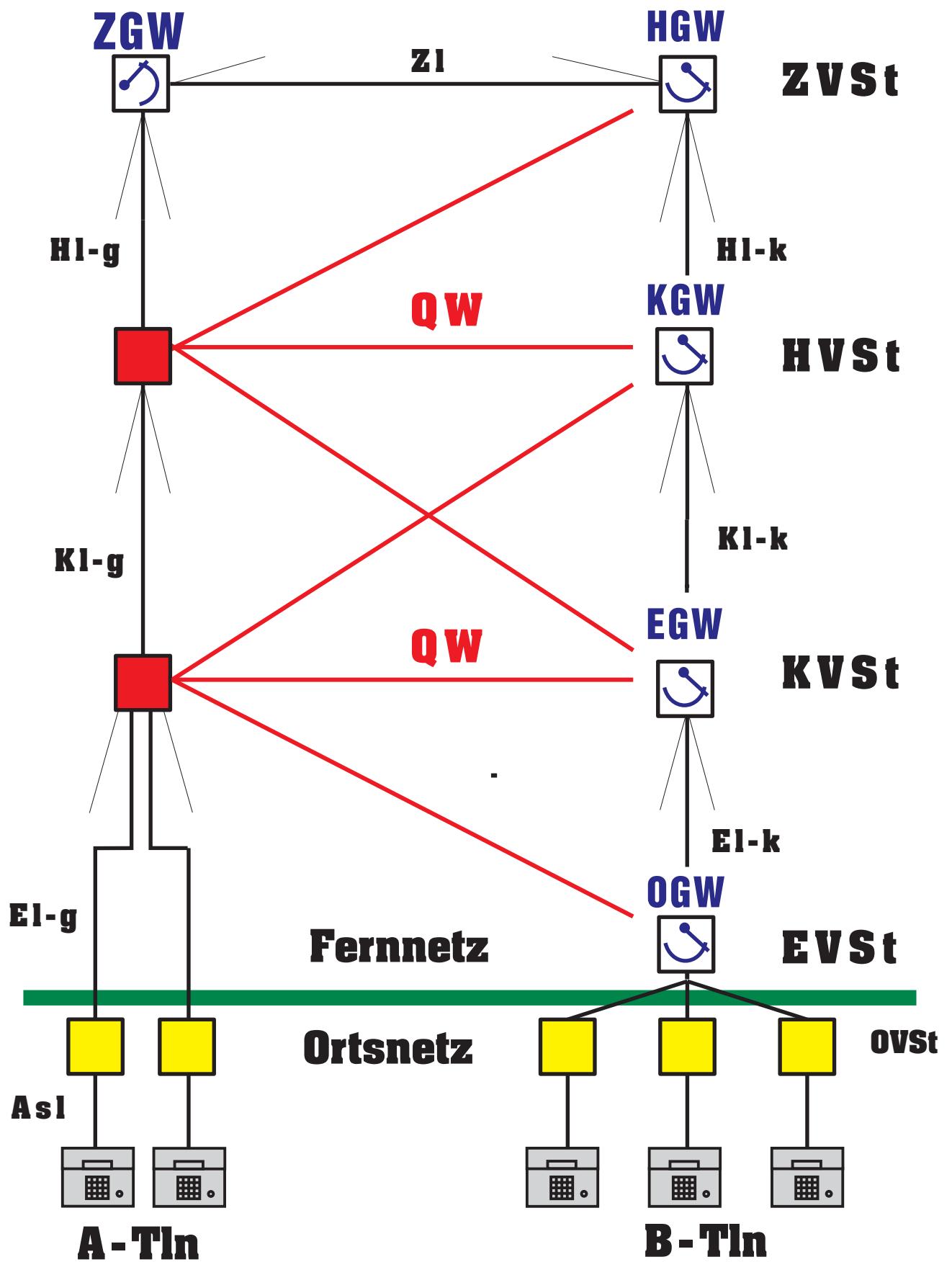


Bild 3-2: SWFD-Netz mit 4 Ebenen und Querwegen (bis 1997)

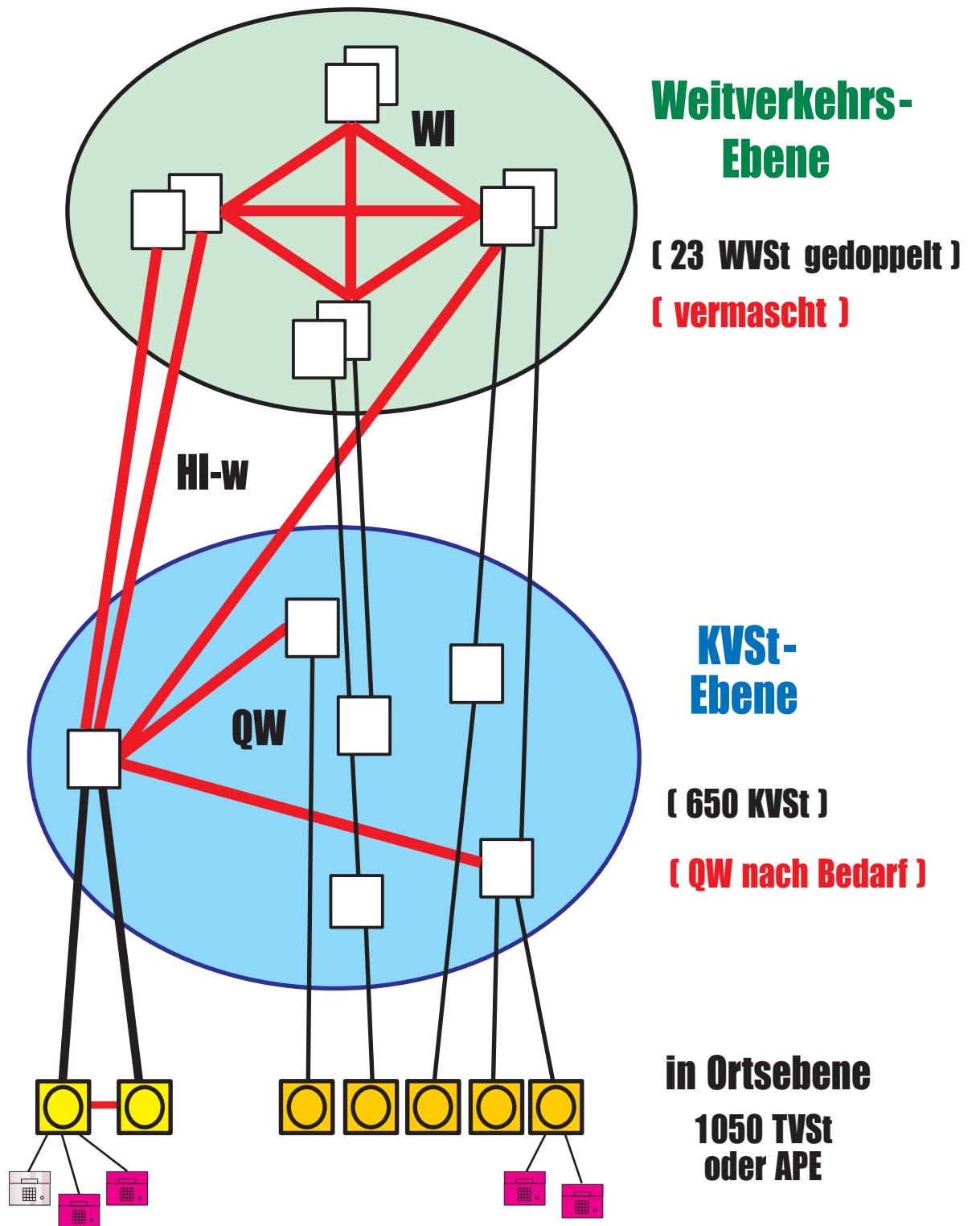


Bild 3-3 : Neues 2-stufiges Fernnetz

(etwa ab 1998)

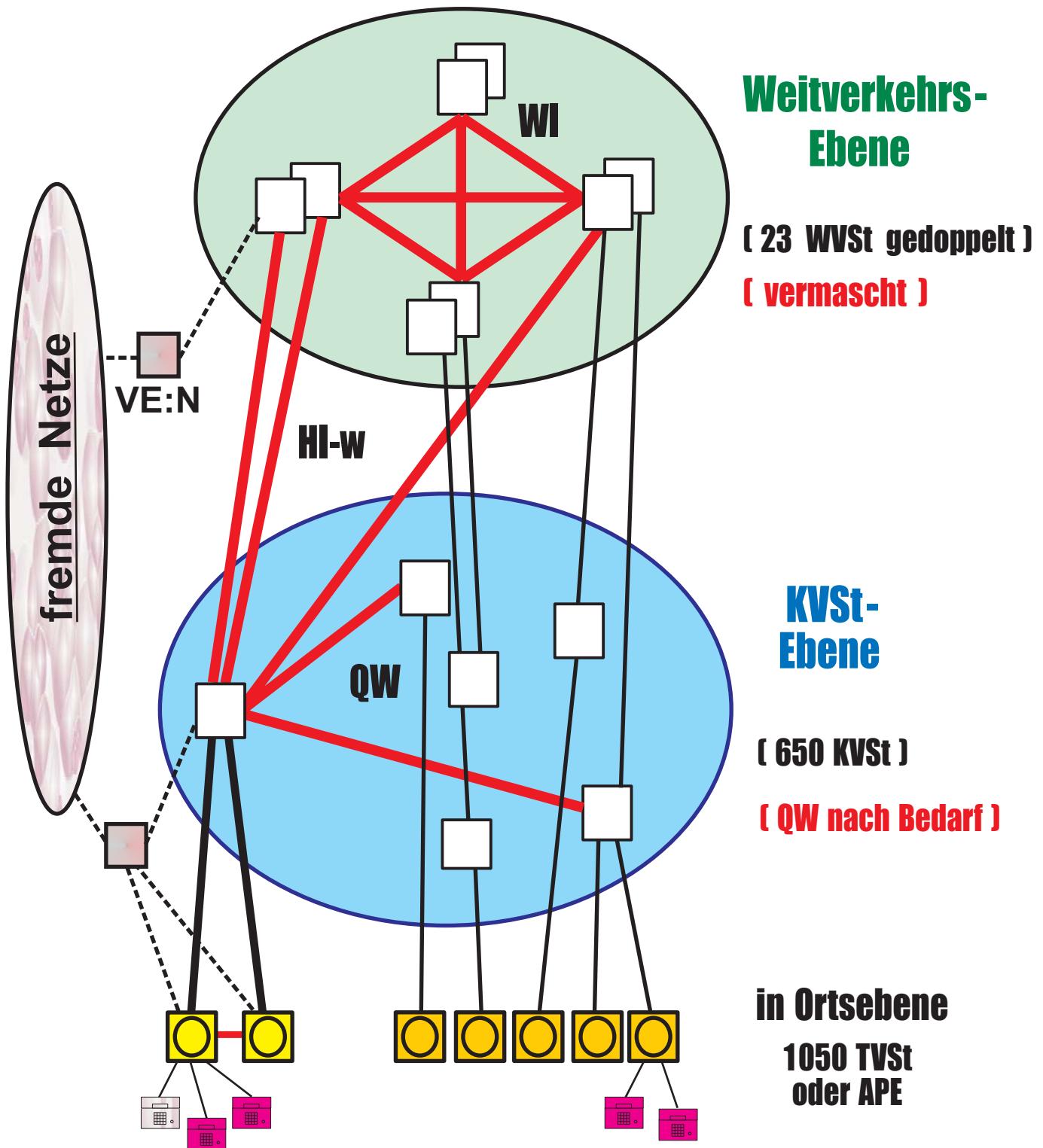


Bild 3-3 : Neues 2-stufiges Fernnetz

(etwa ab 1998)

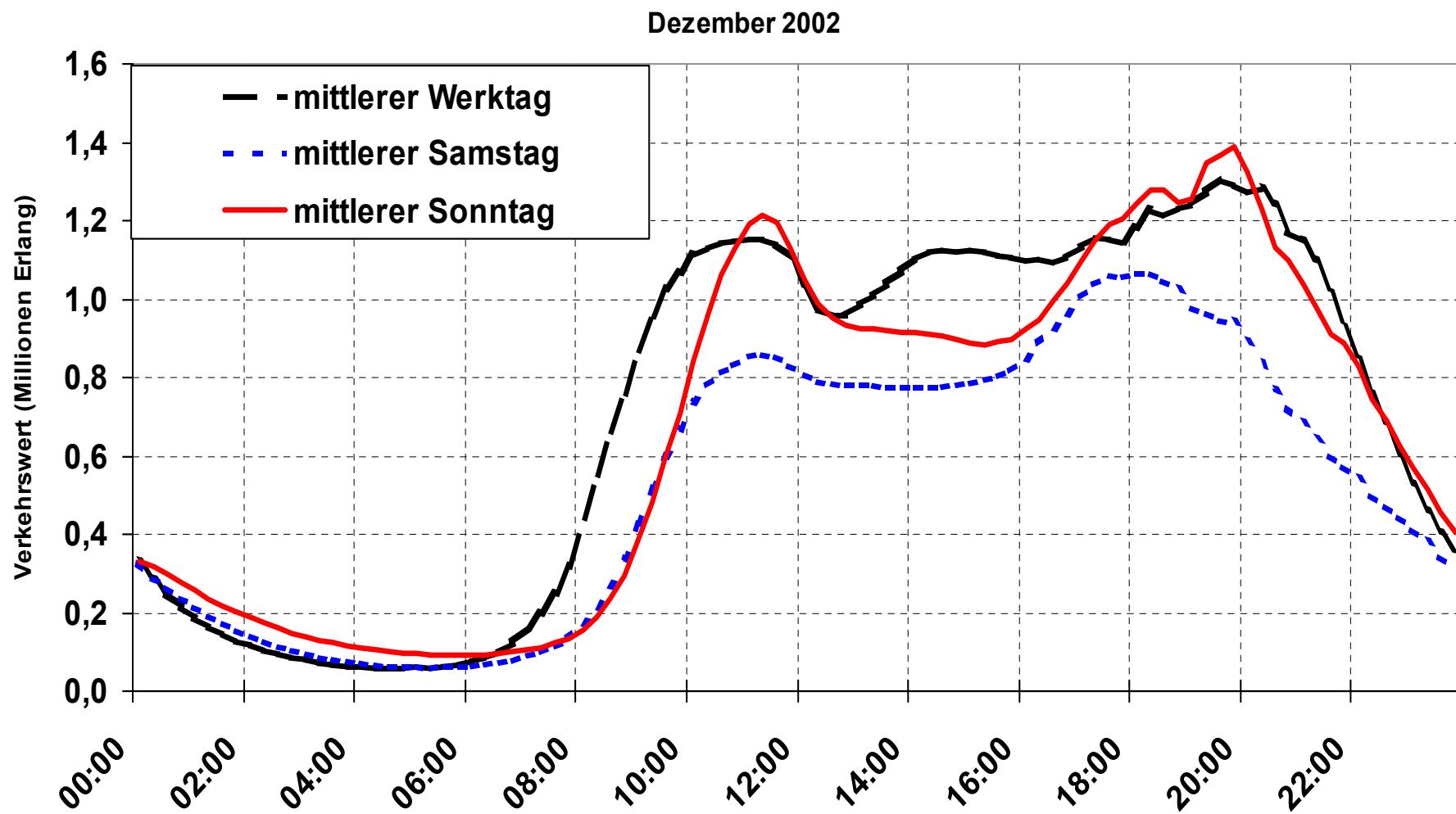


Bild 4-1a : Verkehrskurve an TVSt (in Erlang)

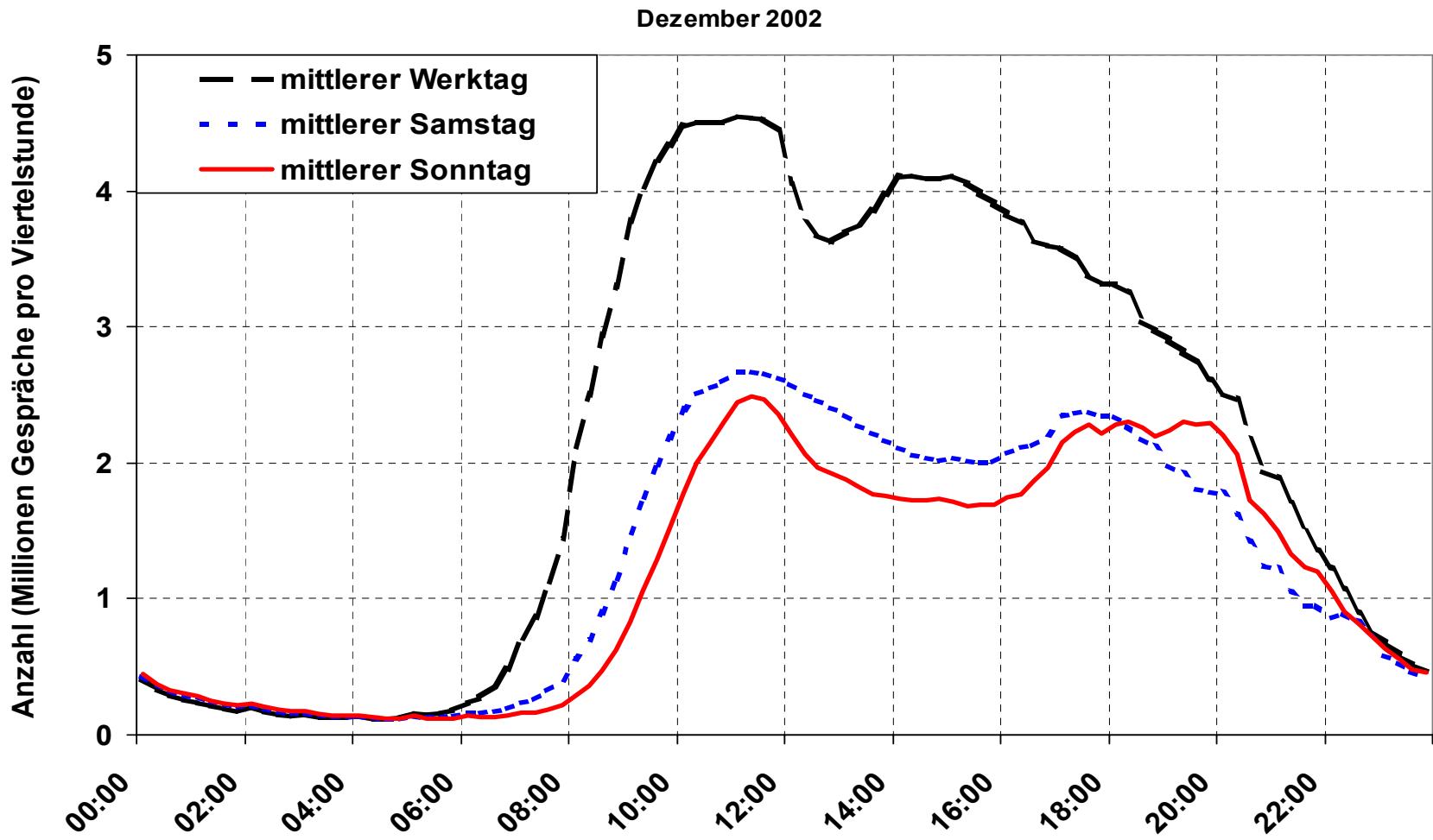


Bild 4-1b : Belegungskurve an TVSt

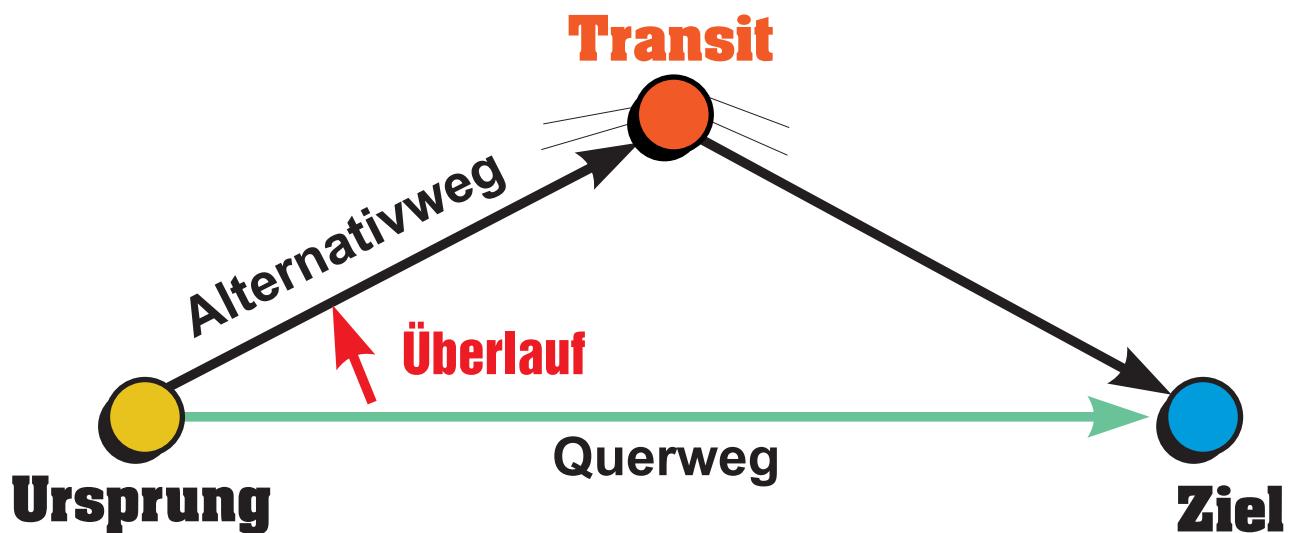
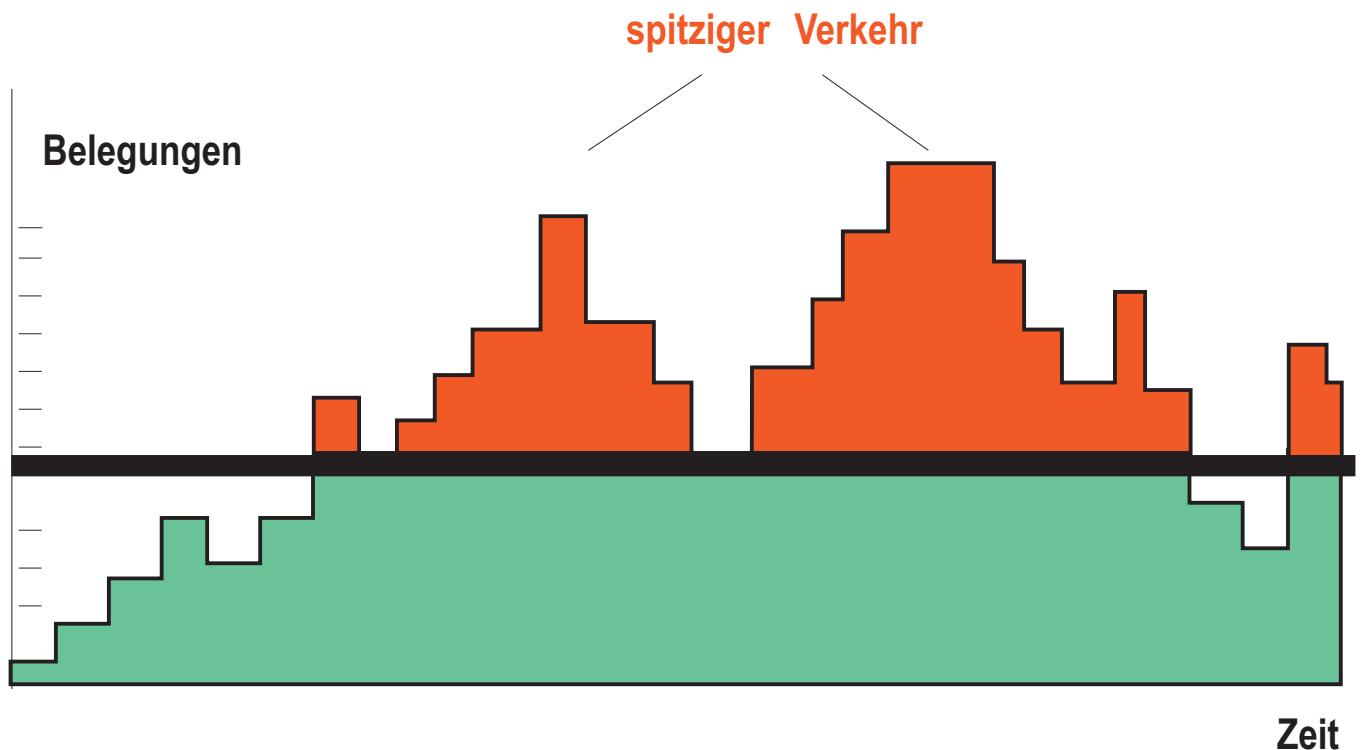


Bild 4-2 : Aufteilung in Grund- und Überlaufverkehr

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	s	• unendlich / begrenzt
Abnehmer	N	Zahl der abgehenden Leitungen
Erreichbarkeit	k	Zahl der Abnehmer, die von Zubringern erreichbar sind
	$k = N \quad k < N$	• konstant / variabel
	k_{eff}	voll / begrenzt effektiv (äquivalent zu 1-stufig)
Blockierung		innere / äußere
aktuelle Belegungs-dauer des Gespräches i	$t_i \text{ [s]}$	
Beobachtungsdauer	$T \text{ [s]}$	
mittlere Belegungs-dauer der Gespräche	$t_m \text{ [s]}$	
Faktor c	$c \text{ [1/s]}$	Anzahl der Belegungen der mittl. Dauer t_m je Beobachtungsdauer
Verkehrsmenge Y	$Y \text{ [s]}$	$Y = \sum t_i = T \cdot c \cdot t_m$
Verkehrsmenge y	$y = Y : T \text{ [Erl]}$	$y = c \cdot t_m$
Verkehrsangebot	$A \text{ [Erl]}$	$A = Y_a : T = c_a \cdot t_m$
Restverkehr	$R \text{ [Erl]}$	$R = A - y$ als Verlust oder Überlauf behandelt
Verlust (wahrscheinlichkeit)	$B \text{ [%]}$	$B = R : A$
Tages-Vergleichswerte		
Hauptverkehrsstunde	HVStd	Maximum von 4 zeitgleichen 15 min-Werten in einer Woche
Konzentrationsfaktor	k	$K = Y_{\text{Tag}} : Y_{\text{HVStd}}$

Bild 4-3: Verkehrstheoretische Begriffe

Unterstellte Verkehrsverteilung			
	Quellen ¹⁾	Abnehmer ²⁾	Verlust
	s	N	B
Poisson	∞	$\infty ; = s$	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

$$B = \frac{A^N}{N!} = \frac{A^N}{\sum_0^N \frac{A^N}{N!}} = \frac{A^N}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^N}{N!}}$$

Beispiel : $A = 4$ Erl

$N = 4$ Ltg

$$\hookrightarrow B = 31 \%$$

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

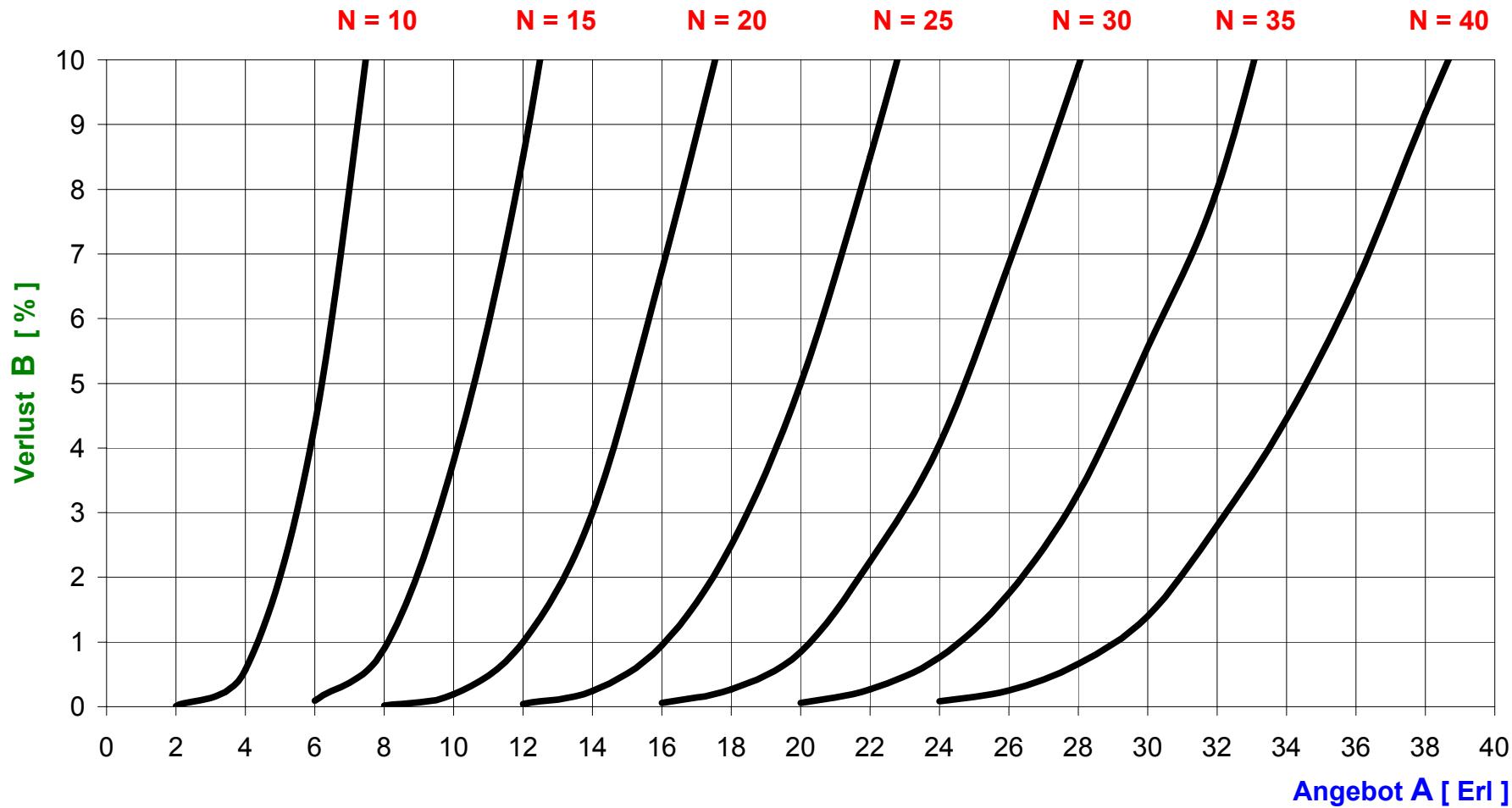
☞ berücksichtigt durch Ergänzungsfaktoren :

Spitzigkeit Z / Streuwert D / Varianz σ^2

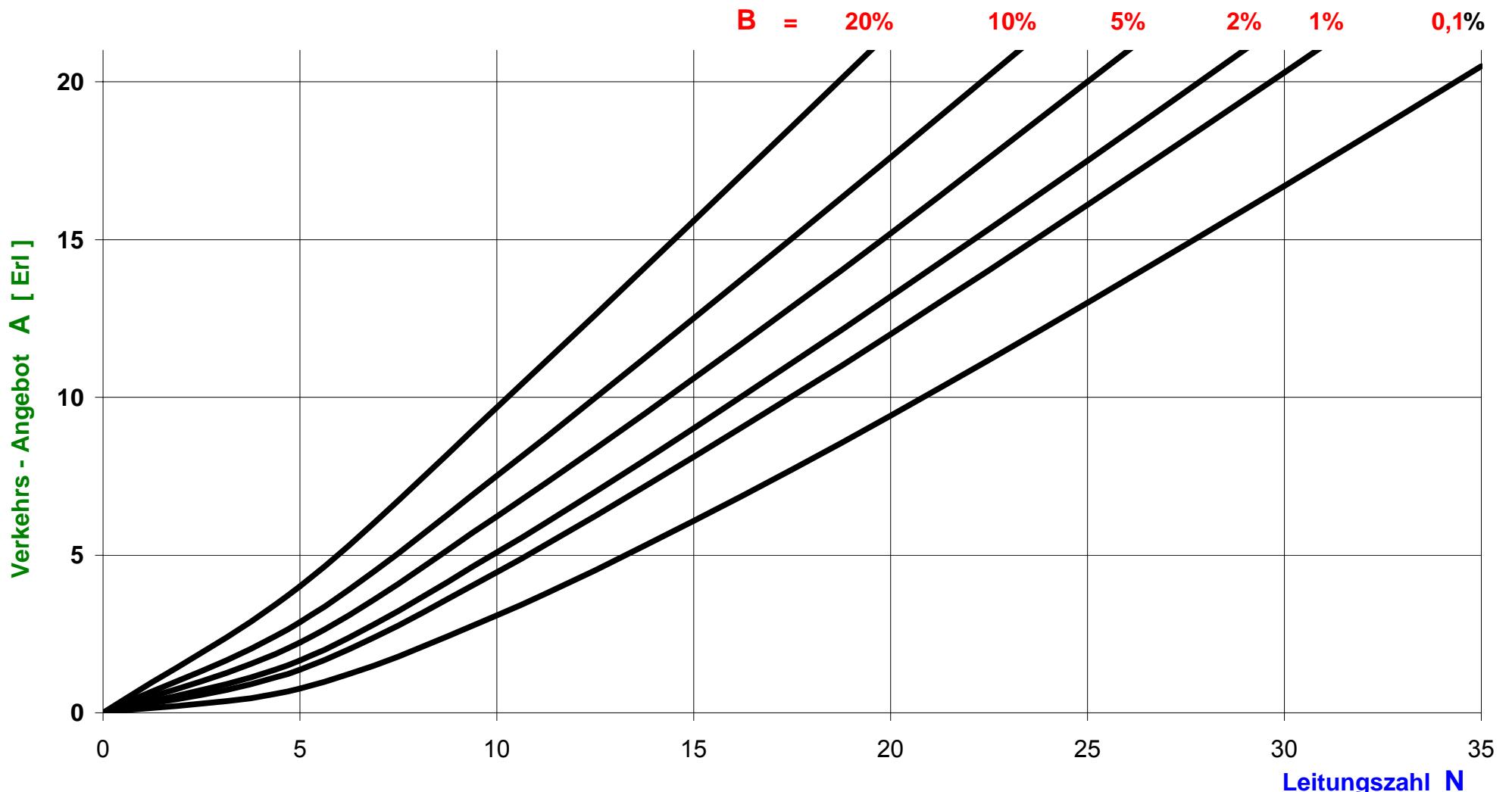
$$Z = \frac{R + D}{R} = \frac{\sigma^2}{R} = 1 + \frac{D}{R}$$

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

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**

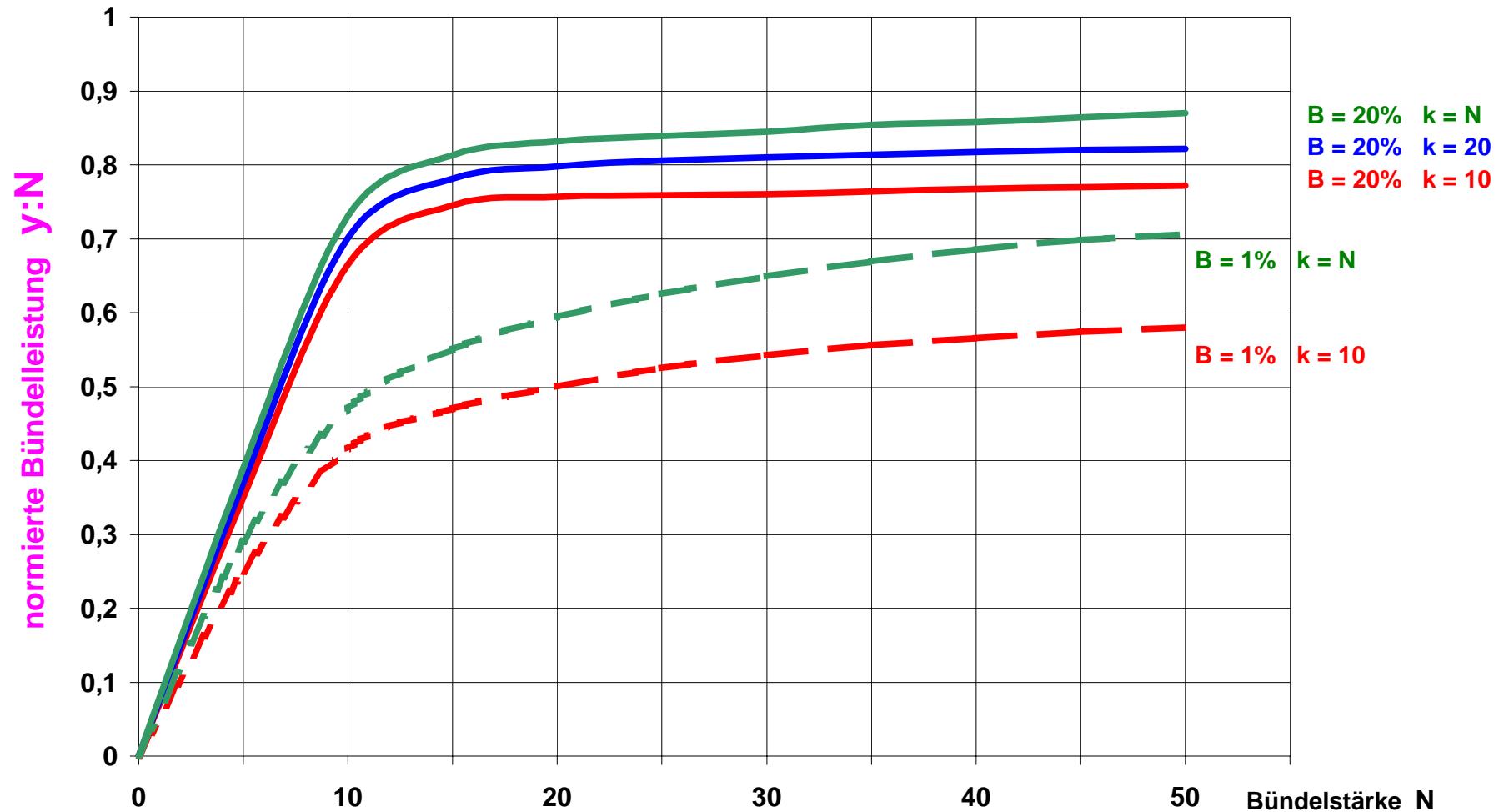


Bild 4-9 : Normierte Bündelleistung $y:N$ für verschiedene Bündelstärken N
in Abhangigkeit der Erreichbarkeit k und des Verlustes B

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

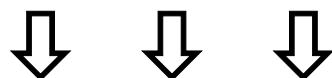
$$P = \frac{\text{Kosten Überlaufweg}}{\text{Kosten Querweg (QW)}} \sim 1,3 \dots 1,8$$

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

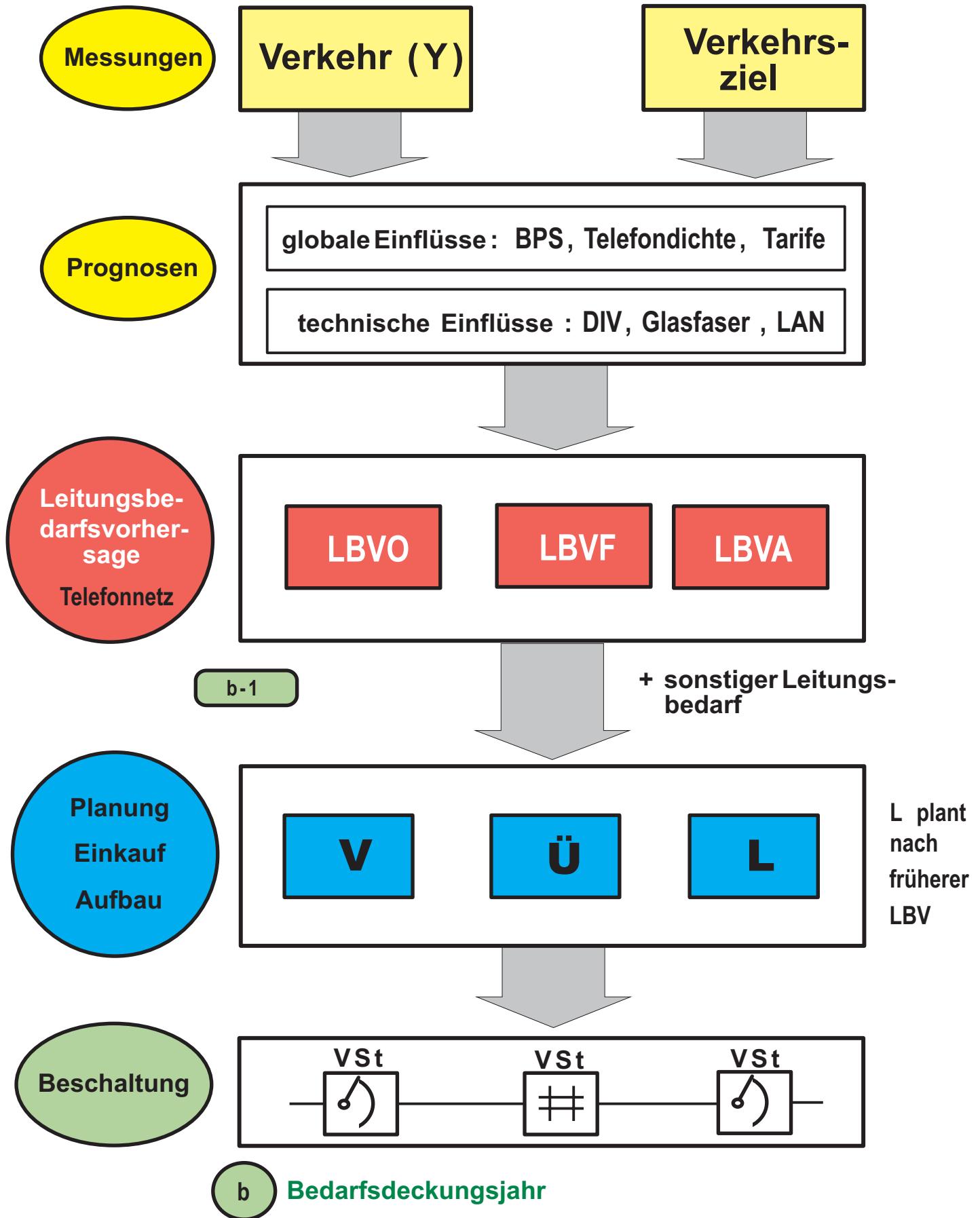


Bild 5-3: Drei Listen der LBV zur Produktion des Netzes