

<b>Zeitschrift:</b>	Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegraфи svizzeri
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe
<b>Band:</b>	43 (1965)
<b>Heft:</b>	5
<b>Artikel:</b>	Die Anwendung von Verkehrsberechnungsmethoden in Teilnehmeranlagen
<b>Autor:</b>	Zübl, F.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-874978">https://doi.org/10.5169/seals-874978</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Die Anwendung von Verkehrsberechnungsmethoden in Teilnehmeranlagen

**Zusammenfassung.** Es wird eine kurze Einführung in die Methoden der Telephon-Verkehrsberechnung gegeben. Bei den klassischen Lösungen für vollkommenes und unvollkommenes Bündel im Verlustsystem wird auf Tabellen hingewiesen. Einige wichtige Resultate des Wartesystems werden dargestellt und mit Beispielen erläutert. Wirtschaftliche Gesichtspunkte und Messungen werden am Schluss kurz gestreift.

**Résumé.** Application de méthodes de mesure du trafic dans des installations d'abonnés. Une brève introduction renseigne sur les méthodes de calcul du trafic téléphonique. Pour les solutions classiques avec faisceaux à accessibilité parfaite et imparfaite, l'auteur renvoie à des tableaux pour le calcul des pertes. Quelques résultats importants du système d'attente sont exposés et expliqués d'après des exemples. Des aspects économiques et des mesures sont esquissés à la fin de l'article.

**Riassunto.** Applicazione dei metodi di calcolo del traffico negli impianti di abbonati. Breve introduzione ai metodi di calcolo del traffico telefonico. Si rinvia alle tabelle per le soluzioni classiche per i fasci perfetti e imperfetti nel sistema di perdita. Alcuni importanti risultati del sistema di attesa vengono mostrati e spiegati in base a esempi. Alla fine dell'articolo si accenna succintamente alle misure e ad alcuni aspetti economici.

Ein wichtiges Problem beim Aufbau von Fernsprechanlagen stellt die Dimensionierung der Verkehrswege dar. Eine naheliegende Lösung besteht in der Bereitstellung von sovielen Wegen, dass im Grenzfall jeder angeschlossene Teilnehmer gleichzeitig eine Verbindung haben könnte. Diese Lösung verbietet sich aus wirtschaftlichen Gründen. Erfahrungsgemäss benützen während der Dauer der Verkehrsspitzen nur etwa 5...20% der Teilnehmer eine Verbindung. Es ist daher angebracht, eine sogenannte Verkehrskonzentration durchzuführen, um die Zahl der benötigten Leitungen und anderer Einrichtungen möglichst niedrig zu halten. Da wir es beim Telephonverkehr mit einer zufallsmässigen Grösse zu tun haben, kann grundsätzlich jede technisch mögliche Verkehrssituation eintreffen. Es werden deshalb in zufälligen Zeitpunkten Verkehrsspitzen entstehen, die mit den massvoll dimensionierten Apparaten nicht mehr abgewickelt werden können. Hier müssen sogenannte Verluste oder Wartezeiten in Kauf genommen werden. Diese Situation ist durchaus nicht alarmierend, wenn sie nicht allzuoft eintritt. Vergleichen wir mit anderen Dienstleistungsbetrieben, wie Ladengeschäfte, Postschalter, öffentliche Verkehrsmittel, so stellen wir fest, dass auch hier Wartezeiten entstehen, die verhältnismässig bedeutend höhere Werte annehmen als die zulässigen Wartezeiten beim Telefon.

Man könnte sehr wohl Fernsprechanlagen nach Erfahrungswerten planen und den Bedarf an Schaltgliedern schätzen. Im anschliessenden Versuchsbetrieb würden die Reklamationen der Teilnehmer oder Verkehrsmessungen eine nachträgliche Anpassung noch zulassen. Wegen der Kompliziertheit der Netzwerke moderner Telephonanlagen ist es jedoch nicht mehr möglich, alle benötigten Leitungszahlen mit vernünftiger Sicherheit zu schätzen. Man benötigt einen möglichst genauen Massstab, um verschiedene Netzwerke miteinander zu vergleichen. Die Wahrscheinlichkeitsrechnung liefert das Werkzeug, um eine gewisse Zahl von Aufgaben der Telephon-

kehrsberechnung zu lösen. Sehr wertvoll sind diese Berechnungsmethoden für die Telephonverwaltungen, denn sie haben damit die Möglichkeit, verschiedene Konkurrenzprodukte objektiv zu vergleichen, das heisst den Preis mit den Verkehrsleistungen zu bewerten. Aber auch die Herstellerfirmen benötigen die Verkehrsberechnung, um ein leistungsfähiges System entwerfen zu können. Es zeigt sich sehr oft, dass Engpässe in der Verkehrsabwicklung nicht immer zum vornherein klar erkennbar sind. Erst die ins Einzelne gehende Berechnung zeigt, ob eine wirtschaftliche, durch das ganze System gleichmässige Leistungsfähigkeit vorhanden ist.

In dieser Arbeit werden die Definitionen und Symbole gemäss den Vorschlägen des «International Teletraffic Congress» verwendet. Diese Vorschläge sind zwar erst zur Diskussion gestellt. Es gibt aber sonst gegenwärtig keine allgemein anerkannten, umfassenden Normen für Begriffe und Symbole der Telephon-Verkehrsberechnung.

## 1. Übersicht der Verkehrsberechnungsmethoden

Die Aufgabe eines Wählsystems besteht in der Verbindung einer Anzahl Eingänge, zum Beispiel Teilnehmerleitungen, mit einer Anzahl Ausgängen, zum Beispiel Verbindungsleitungen (Fig. 1). Der Verkehr der Telephonteilnehmer ist weitgehend zufälliger Natur. Dieser Verkehr muss mit einer Einrichtung verarbeitet werden, deren Leistungsfähigkeit begrenzt ist. Das heisst, man möchte mit möglichst wenig apparativem Aufwand den Verkehr be-

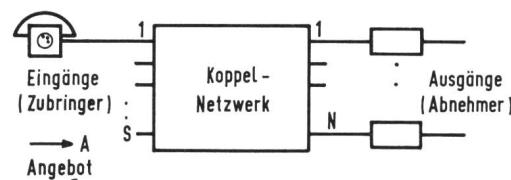


Fig. 1  
Blockschaltbild der automatischen Leitungsdurchschaltung

wältigen. Es stellt sich somit die Frage nach dem zu erwartenden Verlust bei vorgegebenem Verkehr und vorhandener Zahl Durchgangswege. Für den Planer von Telephonanlagen stellt sich die Frage jedoch meist umgekehrt: Wie viele Durchgangswege sind notwendig bei einem verlangten Verkehrsvolumen und einem maximal zulässigen Verlust?

Für einige besondere Fälle lassen sich mathematische Beziehungen angeben, die die obigen Fragen unter gewissen Voraussetzungen beantworten. Da diese Beziehungen meist sehr kompliziert und ohne Rechenhilfsmittel numerisch kaum zu lösen sind, verlangt der Planungsingenieur einfache Unterlagen in Form von Kurventafeln oder Tabellen, die es ihm gestatten, den Einfluss der Parameter für jeden einzelnen Fall ohne grosse Rechenarbeit zu studieren.

### 1.1 Definitionen

Um die verwendeten Begriffe eindeutig zu charakterisieren, werden hier die wichtigsten Definitionen der Verkehrstheorie rekapituliert. Eine umfangreiche Darstellung ist in [1] enthalten.

Die *Verkehrsmenge*, die einer Anzahl von Belegungen zuzuordnen ist, ist gleich der Summe der Dauern der Belegungen. Sie ist auch gleich dem Produkt: «Anzahl der betrachteten Belegungen» multipliziert mit deren mittlerer Belegungsdauer.

Die Verkehrsmenge hat die Einheit Erlangstunde (Erlh.).

Der *Verkehrswert* ist der Quotient der Verkehrsmenge dividiert durch die Betrachtungsdauer. Bei der Beobachtungsdauer handelt es sich um jenes Zeitintervall, während dem die betreffende Verkehrsmenge aufgetreten ist oder auftreten würde. Der Zahlenwert des Verkehrswertes ist gleich der Anzahl der während der Beobachtungsdauer im Mittel gleichzeitig vorhandenen Belegungen.

Der Verkehrswert hat die Einheit Erlang (Erl).

Das *Angebot A* ist der Verkehrswert des Verkehrs, der einer Gruppe von Vermittlungseinrichtungen oder Leitungen angeboten wird. Das Angebot ist dann ein repräsentatives Mittel, wenn es aus dem entsprechenden Verkehrswert einer hinreichend grossen Zahl gleich langer Beobachtungszeitabschnitte gebildet wird.

Die *Belastung Y* ist der Verkehrswert des Verkehrs, den eine Gruppe von Vermittlungseinrichtungen oder Leitungen verarbeitet. Man berechnet die Belastung als Differenz: «Angebot» minus «Verkehrswert des Restverkehrs». Die Belastung kann an den betrachteten Abnehmerleitungen auch unmittelbar gemessen werden.

Der *Rest- oder Überlaufverkehr (Verlustverkehr) R* ist jener Verkehr, der aus Mangel an Leitungen nicht verarbeitet werden kann. Sein Verkehrswert ergibt sich aus der Differenz: «Angebot» minus «Belastung».

Der *auf das Angebot bezogene Verlust B* ist das Verhältnis: «Mittlere Zahl der je Zeiteinheit aus Mangel an Vermittlungseinrichtungen oder Leitungen nicht verarbeiteten Belegungen» zu «Mittlere Zahl der je Zeit-

einheit angebotenen Belegungen». Dieses Verhältnis ist zahlenmäßig mit dem Verhältnis: «Angebot minus Belastung» zu «Angebot», sowie mit dem Verhältnis «Verkehrswert des Restverkehrs» zu «Angebot».

Die *Hauptverkehrsstunde HVST* für eine Gruppe von Vermittlungseinrichtungen oder Leitungen ist derjenige Tagesabschnitt von 60 aufeinanderfolgenden Minuten, der die grösste Belastung aufweist. Wenn die Belastung ein repräsentatives Mittel von Verkehrswerten ist, dann ist auch die Hauptverkehrsstunde ein repräsentativer Tagesabschnitt. Es ist üblich, diesen Tagesabschnitt mit Hilfe von zweckmässig ausgewählten Tagen (Werktagen) zu ermitteln.

Für Verkehrsmessungen wurde vom CCITT ein Ermittlungsverfahren für die Hauptverkehrsstunde empfohlen: Die Messung der Verkehrsmenge wird über jede Viertelstunde des Tages durchgeführt. Über die ausgewählten Messtage wird von jedem Viertelstundenwert gleicher Uhrzeit ein Mittelwert gebildet. Der Verkehrswert der Hauptverkehrsstunde wird definiert als Summe der vier aufeinanderfolgenden Viertelstunden-Verkehrsmengen, die den grössten Wert erreichen. Beginn und Ende dieses Intervalls fixieren die zeitliche Lage der Hauptverkehrsstunde.

*Volle Erreichbarkeit; vollkommenes Bündel.* Volle Erreichbarkeit liegt vor, wenn jede freie Zubringerleitung über die betrachtete Koppelanordnung bei jedem Belegungszustand dieser Anordnung, also unabhängig davon, welche Teile der Koppelanordnung belegt oder frei sind, mit einer der noch freien Abnehmerleitungen verbunden werden kann. Ein Abnehmerbündel einer Koppelanordnung heisst vollkommenes Bündel, wenn für dieses Bündel volle Erreichbarkeit vorliegt.

*Begrenzte Erreichbarkeit; unvollkommenes Bündel.* Begrenzte Erreichbarkeit liegt vor, wenn die Bedingungen für volle Erreichbarkeit nicht bei jedem Belegungszustand gegeben sind. Ein Abnehmerbündel einer Koppelanordnung heisst unvollkommenes Bündel, wenn für dieses Bündel begrenzte, und zwar konstante oder variable Erreichbarkeit vorliegt.

*Variable Erreichbarkeit* liegt vor, wenn die Zahl der Abnehmerleitungen eines Abnehmerbündels, die von einer Zubringerleitung über die betrachtete Koppelanordnung erreicht, auf «frei» oder «besetzt» geprüft werden können, vom Belegungszustand dieser Koppelanordnung und ihrer übrigen Zubringerleitungen beeinflusst wird.

Zwischenleitungsanordnungen haben, sofern sie nicht frei von Blockierungen sind, variable Erreichbarkeit. Diese ist vom jeweiligen Belegungszustand der Koppelanordnung abhängig.

### 1.2 Verlustsystem

Als Verlustsystem arbeitet eine Vermittlungseinrichtung, bei der einfallende Belegungen abgewiesen werden, wenn für die verlangte Verbindung alle erreichbaren Abnehmerleitungen (Ausgänge) belegt sind. Abweisen heisst, dass der betreffende Verbin-

dungsaufbau nicht mehr fortgesetzt werden kann. Wird eine einfallende Belegung abgewiesen, so erhält der anrufende Teilnehmer den Besetztton.

Betrachtet man vorerst eine Koppelanordnung im vollkommenen Bündel, so zeigt sich, dass man mit einigen Einschränkungen eine exakte Beziehung für den Zusammenhang zwischen Verlust, Verkehr und Abnehmerleitungszahl angeben kann. Die Einschränkungen beziehen sich auf folgende Punkte:

1. Die Zahl der Zubringer muss so gross sein, dass die reine Zufälligkeit des Anrufeinfalls nicht durch eine belegte Zubringerleitung gestört werden kann. Das heisst: theoretisch müssen unendlich viele Zubringerleitungen vorhanden sein, die zusammen den endlichen Verkehr  $A$  produzieren.
2. Die Dauer der Telephonespräche muss einer negativen Exponentialverteilung genügen.
3. Die Vermittlungsanlage muss solange in Betrieb sein, dass sich ein statistisches Gleichgewicht einstellt.

Löst man nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung für diese Bedingungen das sich ergebende Gleichungssystem, so erhält man folgende Wahrscheinlichkeit für einen bestimmten Belegungszustand « $x$  Leitungen belegt»:

$$W_x = \frac{\frac{A^x}{x!}}{1 + \frac{A^1}{1!} + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^N}{N!}}$$

Die besondere Zustandswahrscheinlichkeit für den Fall, dass alle Leitungen belegt sind:  $x = N$  ist identisch mit der gesuchten Verlustwahrscheinlichkeit oder kurz Verlust  $B$ :

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

Diese Beziehung veröffentlichte *A. K. Erlang* erstmals 1917 [2]. Man nennt sie deshalb Erlangsche Verlustformel. Trotz der erwähnten Einschränkungen wird diese Formel für die Berechnung des Verlustes bei vollkommenen Bündeln sehr viel angewandt. Eine sehr feinstufige Tabelle wurde in [3] veröffentlicht.

Leider kann das verhältnismässig einfach zu berechnende vollkommene Bündel längst nicht in allen Fällen eingesetzt werden. Es zeigt sich, besonders bei hohen Verlustwerten und grossen Leitungszahlen, dass es wirtschaftlicher wird, ein unvollkommenes Bündel zu bilden. Hier wird die Erreichbarkeit gemäss den wirtschaftlich herzustellenden Wählergrössen nach oben begrenzt. Das Prinzip des unvollkommenen Bündels zeigt in einem einfachen Beispiel *Figur 2*.

Versucht man hier wiederum, die Gleichungssysteme aufzustellen, um dann eine Lösung für die Frage nach dem zu erwartenden Verlust zu finden, so muss man

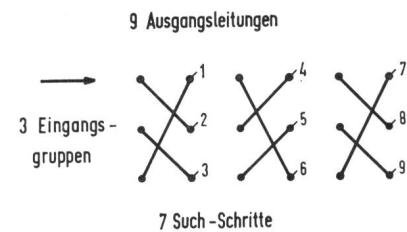


Fig. 2  
Unvollkommenes Bündel mit gleichmässiger Mischung

schon bei sehr einfachen Anordnungen feststellen, dass das Gleichungssystem wegen astronomischer Gleichungszahlen nicht mehr lösbar ist.

Wiederum durch einschränkende Bedingungen, und zwar hier zusätzlich über die Symmetrie der Mischung, gelang es Erlang, eine Beziehung herzuleiten. Sie wird «Interconnections-Formel» genannt und ist in [4] hergeleitet und tabelliert für feste Verlustwerte:

$$A = f(B, N, k)$$

Um den Bedingungen für die Interconnections-Formel zu genügen, müssen bei zufälliger Absuche  $\binom{N}{k}$  Zubringerteilgruppen vorhanden sein. Dies kann im praktischen Fall kaum realisiert werden.

*Beispiel:*  $N = 30$  Leitungen sind an einer Wählergruppe mit  $k = 10$  Ausgängen angeschlossen.

$$\binom{N}{k} = \frac{N!}{k!(N-k)!} = \frac{30!}{10! 20!} \approx 30 \cdot 10^6$$

Es ist gänzlich undenkbar, in die Grössenordnung von 30 Millionen Zubringerteilgruppen zu kommen. Trotzdem hat die Interconnections-Formel grosse Bedeutung als Bezugsmass für «schlechtere», aber realisierbare Mischungen. Es kann damit eine Art Mischungsgüte definiert werden.

Es stellt sich nun die Frage nach den praktisch verwendbaren Berechnungs-Methoden beziehungsweise Berechnungsunterlagen für den Planungsingenieur. Durch Tabellierung konnten die erwähnten Theorien praktisch gebrauchsfähig gemacht werden; aber die Einschränkungen sind oft sehr unangenehm. Man weiss nicht, wie weit die Theorie von der praktischen Realisierung entfernt ist.

Eine Möglichkeit, dieses Problem besser zu lösen, besteht in der Korrektur der mit Einschränkungen behafteten Formeln durch Faktoren, die aus praktischen Messungen ermittelt wurden. Nach diesem Prinzip entstanden die Formeln von *O'Dell*, die von der englischen Postverwaltung für Verkehrsberechnungen festgelegt wurden. Die schweizerischen Fernmeldebetriebe haben diese Näherung für sogenannte «Geradeaus-Staffelungen» und «Staffelungen mit Übergriff» in [5] übernommen.

Eine andere Methode wurde in Deutschland von *Rohde* und *Störmer* entwickelt [6]. Man versuchte auf

theoretischem Weg, die Einschränkungen wenigstens näherungsweise zu eliminieren. Einerseits wurde die endliche Zubringerzahl berücksichtigt, indem von einer Eingangsbelastung ausgegangen wird, andererseits wurde eine Näherungsformel für die Durchlasswahrscheinlichkeit bei unvollkommenen Bündeln entwickelt. Nach diesen Methoden berechnete Tabellen finden sich in [7; 8]. Um einen Parameter einzusparen, wird die Eingangs-Leitungsbelastung auf  $1/40$  festgelegt. Dieser Wert ist bedeutend realistischer als die eingangs erwähnte Einschränkung auf eine unendliche Zahl von Eingangsleitungen mit einer nach Null strebenden Leitungsbelastung. Diese Tabellen wurden für schweizerische Belange ebenfalls in [5] für gleichmässige Mischungen übernommen.

#### 1.4 Mehrstufige Systeme (Zwischenleitungssysteme)

Umfangreiche Untersuchungen haben ergeben, dass Telephonesysteme mit Koordinatenschaltern, Relais oder elektronischen Bauelementen als Koppelpunkte nur dann wirtschaftlich sind, wenn sie nach einem sogenannten Zwischenleitungssystem (Linksystem) aufgebaut werden. Der Koppelpunkt-Preis dieser Systeme liegt meist höher als bei herkömmlichen Drehwähleranlagen, so dass sich eine wirtschaftlichere Ausnutzung des Koppelnetswerkes aufdrängt. Mit dem Zwischenleitungsprinzip gelingt es, die technischen Vorteile von kleinen Koppelfeldern mit entsprechend kleiner Suchkapazität mit dem Vorteil der hohen Leitungsausnutzung von grossen Koppelfeldern mit hoher Suchkapazität zu verbinden.

Alle Verbindungswege zwischen einzelnen Koppelstufen mit mehrstufiger Koppelanordnung werden Zwischenleitungen genannt, wenn bei der Auswahl dieses Verbindungswege der Belegungszustand der Ausgänge in den folgenden Koppelstufen berücksichtigt wird. Wegen der mit dem Verkehr schwankenden Erreichbarkeit der Zwischenleitungsanordnung wird die Berechnung problematisch. Da die Belegungskonstellation dauernd ändert, ändert sich auch die Mischungsschaltung, so dass die üblichen Berechnungsmethoden versagen. Betrachten wir vorerst die einfache zweistufige Richtungskoppler-Anordnung in *Figur 3*.

Das Symbol des dicken Striches mit je einer Ziffer vor und hinter dem Strich soll eine abgekürzte Bezeichnung für einen Koppler darstellen, dessen horizontale oder vertikale Anschlussleitungszahlen durch die Ziffern gegeben sind.

Die Aufgabe dieser Anordnung ist die gleiche, wie bei einem Gruppenwählergestell mit 30 Drehwählern. Alle Wähler des Gestells sind parallel geschaltet. Bei einem Drehwähler mit 10 Richtungen zu 18 Ausgängen wissen wir, dass die Erreichbarkeit  $k = 18$  beträgt. Bei ordentlicher Mischung auf ein Abnehmerleitungsbündel kann diese Einrichtung mit den bekannten Tabellen berechnet werden. Auch hier besteht der Wunsch, die Erreichbarkeit zu kennen. Da diese ständig variiert, müssen wir uns mit einer mitt-

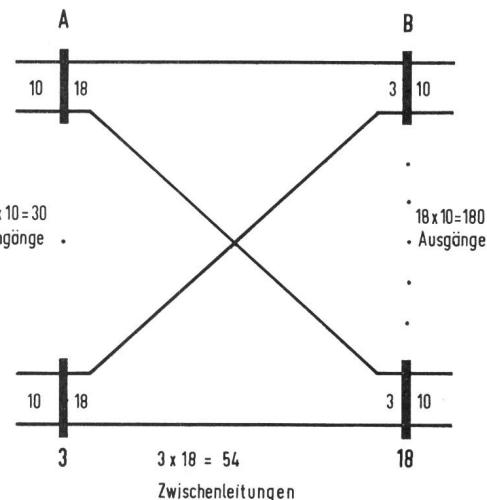
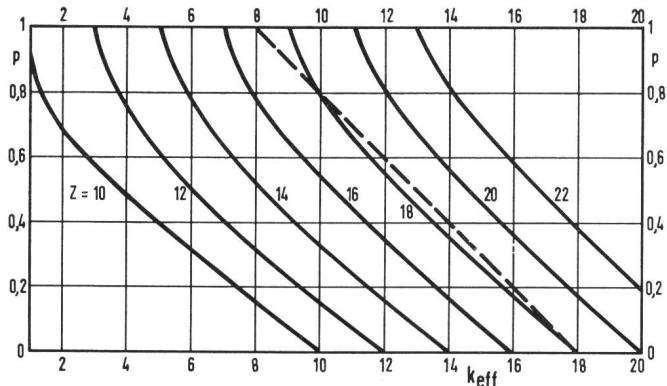


Fig. 3  
Zwischenleitungs-Koppleranordnung (Link-System)

leren Erreichbarkeit abfinden, die erst noch vom fliessenden Verkehr abhängig ist. Es gibt verschiedene Vorschläge, eine solche Anordnung zu berechnen beziehungsweise die Leitungszahlen bei einem vorgegebenen Verlust zu dimensionieren. Ein bekannter Vorschlag von *Bininda* und *Wendt* verwendet die sogenannte effektive Erreichbarkeit [9]. Die effektive Erreichbarkeit von Zwischenleitungsanordnungen mit innerer Blockierung wird definiert als Erreichbarkeit einer einstufigen Vergleichskoppelanordnung, die denselben Verkehr bei gleicher Zahl von Abnehmerleitungen mit dem gleichen Verlust verarbeitet. Der Verkehr, die Zahl der Abnehmerleitungen und der Verlust bestimmen die zu wählende Vergleichskoppelanordnung.

Kennt man diese effektive Erreichbarkeit  $k_{eff}$ , so ist es ein Leichtes, mit Hilfe der bekannten Unterlagen für unvollkommenes Bündel den Verlust beziehungsweise die notwendige Leitungszahl zu bestimmen.

Die genaue Ermittlung des  $k_{eff}$  wird mit Hilfe der Statistik vorgenommen. Man berechnet bei einer bestimmten Eingangsbelastung die Wahrscheinlichkeit jedes möglichen Belegungszustandes. Dann multipliziert man diese Werte mit den zu erwartenden Verlusten für den Fall, dass diese Zustände dauernd vorhanden wären. Die Summe dieser Produkte stellt den gesamten Verlust bei dem vorgegebenen Belastungswert dar. Jetzt kann man wieder mit den Unterlagen für unvollkommenes Bündel die einstufige Vergleichskoppelanordnung aussuchen, die bei der entsprechenden Belastung den gleichen Verlust anzeigt. Die abgelesene Erreichbarkeit  $k$  ist das gesuchte  $k_{eff}$  bei der vorgegebenen Belastung. Dieses Vorgehen ist für sämtliche Belastungen und für alle interessierenden Zwischenleitungsanordnungen zu wiederholen. Dieser Vorgang ist recht umständlich. Er lässt sich jedoch auf der Rechenmaschine programmieren und für alle praktisch vorkommenden zweistufigen Koppelanordnungen herausschreiben.



Figur 4

Erreichbarkeit in Funktion der Eingangsbelastung  $p = \frac{Y}{S}$  für eine zweistufige Zwischenleitungsanordnung mit 10 Eingängen und 10...22 Zwischenleitungen. ( $Y$  = Belastung des Eingangs bündels;  $S$  = Anzahl Eingänge)

Figur 4 zeigt ein Kurvenblatt für Koppeleinrichtung mit 10 Eingängen und 10...22 Zwischenleitungen.

Aus dieser Darstellung ist ersichtlich, dass beispielsweise bei einer mittleren Belastung von  $p = 0,65$  die effektive Erreichbarkeit bei  $Z = 18$  ungefähr 11 beträgt.

Für überschlagmässige Berechnungen gibt es eine einfache Formel für den Mittelwert der Erreichbarkeit  $k_m$  für den Fall, dass in jeder Richtung nur ein Ausgang aus einem Koppelfeld verwendet wird:

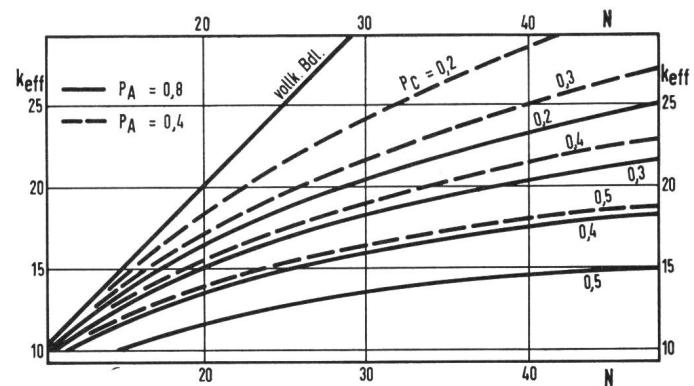
$$k_m = Z - A = 18 - 10,0 \cdot 0,65 = 11,5$$

Nach der exakten Berechnung wäre  $k_{eff} = 11,1$ .

Korrekt erweise gelten diese Angaben nur, wenn der Verkehrsanteil in die betrachtete Richtung nahezu 0 ist. Sicherheitshalber rechnet man für die meisten Fälle mit vielen Richtungen mit diesen Angaben. Sind jedoch nur wenige Richtungen mit entsprechenden Verkehrsanteilen vorhanden, so muss die Eingangsbelastung um den Anteil des Verkehrs in eigener Richtung reduziert werden. Auf ähnliche Art lassen sich auch die sogenannten Suchwähler oder Registerkoppler berechnen. Hier ist nur noch eine Richtung zu berücksichtigen. Der Koppler hat die Aufgabe, den Verkehr auf wenige Abnehmer zu konzentrieren.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten für den Aufbau einer grossen Telephonzentrale. Ein naheliegender Vorschlag besteht im Ersatz der bekannten Wahlstufen durch die beschriebenen zweistufigen Zwischenleitungsanordnungen. Solche Systeme sind auch schon von verschiedenen Firmen aufgebaut worden.

In neuerer Zeit sieht man jedoch immer mehr Systeme, die über mehrere Wahlstufen weitspannende Markierung aufweisen, das heisst das Zwischenleitungsprinzip wird über mehr als zwei Stufen fortgesetzt. Man sieht sehr leicht, dass der Aufwand für solche Koppelnetze kleiner wird als für die erste Lösung. Es ergeben sich aber grosse Schwierigkeiten in der Berechnung. Es gibt einige Näherungsmethoden, die es gestatten, solche Netzwerke zu berechnen. Sie



Figur 5

Erreichbarkeit in Funktion der Abnehmerleitanzahl für eine dreistufige Richtungswahl anordnung mit 10 Eingängen und 24 Zwischenleitungen

$p_A$  = Eingangs-Leitungsbelastung in die A-Stufe

$p_C$  = Eingangs-Leitungsbelastung in die C-Stufe

sind jedoch meist so kompliziert, dass sie auf Rechenautomaten ausgewertet werden müssen. Ein Weg, der es gestattet, handliche Berechnungsunterlagen für ein bestimmtes Zentralensystem zu gewinnen, besteht darin, mit Hilfe eines Rechenautomaten und den erwähnten Näherungsmethoden Tabellen für  $k_{eff}$  berechnen zu lassen. Als Beispiel zeigt Figur 5 ein Kurvenblatt für die Berechnung von dreistufigen Richtungswählern. Man sieht, dass hier zwei neue Parameter eingeführt wurden:

$p_A$  = Belastung der Eingangsleitungen in die A-Stufe und

$p_C$  = Belastung der Zwischenleitungen in die C-Stufe.

Bei solch komplizierten Netzwerken, die nach Näherungsmethoden berechnet werden, ist es jedoch unerlässlich, die Resultate stichprobenweise zu überprüfen. Aus statistischen Gründen ist es nicht möglich, mit Betriebsversuchen sichere Kontrollen zu erhalten. Als Ersatz bietet sich das sogenannte Simulationsverfahren an. Das ganze Netzwerk wird in einer digitalen Rechenmaschine im Speicher nachgebildet. Der Verkehr wird künstlich erzeugt, wobei man die korrekten Verkehrswerte und die Verteilungen der Einfallsabstände und der Belegungsdauern der simulierten Anrufe zum voraus bestimmen kann. Da die Zeit bei dieser Nachbildung ausgeklammert wird, ist die Dauer eines solchen Simulations-Tests viel kleiner als ein wirklicher Betriebsversuch und nur von der Arbeitsgeschwindigkeit des Rechenautomaten abhängig. Die Aussagesicherheit der Resultate kann durch die Zahl der Verlustbelegungen gesteuert werden. Die gezeigten Berechnungskurven wurden eingehend mit solchen Testen nachgeprüft, und es zeigte sich, dass die berechneten  $k_{eff}$ -Werte nur kleine negative Abweichungen aufweisen.

### 1.5 Wartesysteme

Die meisten Telephonsysteme sind nach dem Verlust-Prinzip aufgebaut. Man wollte nicht durch wartende Verbindungen Schaltglieder belegen und somit «blind» Verkehr verursachen. Es gibt jedoch in

vielen Systemen Stellen, bei denen aus Gründen der Zweckmässigkeit dieses Prinzip durchbrochen wird. Ganz besonders für Schaltglieder mit kurzen Belegungsdauern (Register, Markierer, Umrechner usw.) hat das Wartesystem grosse Vorteile. Leider sind für Wartesysteme nur Angaben über vollkommene Bündel greifbar.

Nach Definition arbeitet eine Vermittlungseinrichtung als Wartesystem, bei der einfallende Belegungen warten, wenn alle erreichbaren Abnehmerleitungen (Ausgänge) für die verlangte Verbindung besetzt sind. Gewartet wird solange, bis eine Abnehmerleitung für die verlangte Richtung verfügbar wird. Der betreffende Verbindungsaufbau wird dann ohne weiteres Zutun der anrufenden Teilnehmer nach der Wartezeit ausgeführt. Folgende Parameter sind bei der Berechnung von Wartesystemen von praktischer Bedeutung:

Anstelle des Verlustes  $B$  bei Verlustsystemen tritt hier die

*Wartewahrscheinlichkeit*  $W$ : Darunter versteht man die Wahrscheinlichkeit dafür, dass eine angebotene Belegung auf das Durchschalten warten muss, weil im Augenblick ihres Eintreffens alle erreichbaren Abnehmerleitungen belegt sind.

Die Wartewahrscheinlichkeit ist gleich dem Verhältnis: «Mittlere Zahl der je Zeiteinheit mit Wartezeit auftretenden Belegungen» zu «mittlere Zahl der je Zeiteinheit angebotenen Belegungen».

Man könnte die Wahrscheinlichkeit also auch als Warteanteil bezeichnen. Diese Grösse sagt jedoch noch nichts aus über die Dauer der Wartezustände.

Die *mittlere Wartedauer*  $M$ , die einer Anzahl von Belegungen mit Wartezeit zuzuordnen ist, ist gleich dem Quotienten: «Gesamtwartedauer der betrachteten Belegungen» dividiert durch die «Zahl der betrachteten Belegungen mit Wartezeit». Gelegentlich wird auch eine mittlere Wartedauer, bezogen auf alle angebotenen Belegungen, angegeben. Dieser Mittelwert schliesst die Wartedauer 0 für alle Belegungen ohne Wartezeit mit ein. Es ergibt sich als Produkt: «Mittlere Wartedauer» (bezogen auf die wartenden Belegungen) multipliziert mit der «Wartewahrscheinlichkeit».

Oft interessiert auch noch folgende Grösse: *Wahrscheinlichkeit für Überschreiten einer Wartedauer*  $P(>T)$ . Unter ihr versteht man die Wahrscheinlichkeit dafür, dass eine angebotene Belegung länger als eine vorgegebene Dauer (Wartedauer) auf das Durchschalten warten muss. Diese Wahrscheinlichkeit ist gleich dem Verhältnis: «Mittlere Zahl der je Zeiteinheit auftretenden Belegungen, deren Wartedauer ein vorgegebenes Intervall überschreitet» zu «mittlere Zahl der je Zeiteinheit angebotenen Belegungen».

Auch hier muss man bei den Wartesystemen gewisse vereinfachende Modelle zu Hilfe nehmen, damit überhaupt gerechnet werden kann.

## 1. Modell:

Zahl Zubringer  $S = \infty$

Verkehrsdichte je Teilnehmer:  $A \rightarrow 0$

Die Verteilung der Belegungsdauern ist negativ exponentiell (das heisst, die Belegungsdauern haben eine rein zufällige Dauer)

## 2. Modell:

Gleiche Voraussetzungen wie oben, aber konstante Belegungsdauer.

Für die Berechnung der Wahrscheinlichkeit für Überschreiten einer Wartedauer muss man noch eine besondere Art der Abfertigung festlegen. Es sind folgende Fälle üblich:

- Abfertigung in Reihenfolge
- Abfertigung in zufälliger ausgelöster Reihenfolge
- Abfertigung in Rangstufenreihenfolge mit ausgelöster Rangstufe und gerechter Reihenfolge innerhalb der Rangstufe.

Der letztgenannte Fall ist der meist angewandte bei der Berechnung der zentralen Steuerglieder einer Telephonzentrale. Für Modell 1 (exponentielle Verteilung der Belegungsdauern) hat Erlang exakte Formeln zur Berechnung angegeben:

Wartewahrscheinlichkeit

$$W = \frac{\frac{A^N}{N!} \cdot \frac{N}{N-A}}{1 + \frac{A^1}{1!} + \frac{A^2}{2!} + \dots + \frac{A^{N-1}}{(N-1)!} + \frac{A^N}{N!} \cdot \frac{N}{N-A}}$$

Mittlere Wartezeit der wartenden Anrufe

$$\frac{M}{W} = \frac{1}{N-A} \text{ wobei } M = \frac{t_w}{t_m} = \frac{\text{mittlere Wartedauer}}{\text{mittlere Belegungsdauer}}$$

Mittlere Wartezeit für alle Anrufe

$$M = \frac{W}{N-A}$$

Die Formeln für  $W$  und  $M$  sehen reichlich unhandlich aus. Sie brauchen jedoch kaum berechnet zu werden, da sie tabelliert erhältlich sind (etwa in [3]).

Für den Fall, dass die Tabelle nicht greifbar ist, besteht noch eine weitere Möglichkeit. Die Formel für  $W$  kann in folgenden Ausdruck umgeformt werden:

$$W = \frac{N}{N-A} \cdot \frac{B}{1-B}$$

$B$  stellt die gedachte Verlustwahrscheinlichkeit dar für das Angebot  $A$  und die Abnehmerzahl  $N$ , wenn das System ein Verlustsystem wäre. Tabellen oder Kurventafeln für  $B = f(A, N)$  sind bei jeder Planungsstelle anzutreffen.

Damit wird die mittlere Wartedauer aller Anrufe:

$$M = \frac{N}{(N-A)^2} \cdot \frac{B}{1-B}$$

Alle diese Formeln werden besonders übersichtlich für den Spezialfall, dass nur ein Abnehmer vorhanden ist:

$$W_1 = A$$

$$\frac{M_1}{W_1} = \frac{1}{1-A}$$

$$M_1 = \frac{A}{1-A}$$

Beispiel: 1 Register in einer Anlage mit dem Registerangebot:  $A = 0,5$  Erl.

Resultate:

$W = 0,5$ , das heisst 50 % der Anrufe warten.

$M/W = 2$ , das heisst die mittlere Wartezeit der wartenden Anrufe ist doppelt so gross wie die mittlere Belegungsdauer des Registers.

$M = 1$ , das heisst die mittlere Wartezeit aller Anrufe ist gleich der mittleren Belegungsdauer des Registers.

Eine weitere Beziehung, die noch zu erwähnen ist, aber seltener gebraucht wird, ist die Wahrscheinlichkeit für Überschreiten einer Wartedauer  $T$  unter der Voraussetzung einer Abfertigung in Reihenfolge des Eintreffens:

$$P(>T) = W \cdot e^{-(N-A)T} \quad \text{wobei } T = \frac{t}{t_m}$$

Diese Beziehung ist nicht tabelliert erhältlich. Eine solche Tabelle wäre auch sehr aufwendig wegen der vielen Variablen. Es wurden jedoch Kurventafeln veröffentlicht für  $N = 1 \dots 10$  [9]. Hier befinden sich auch Kurventafeln für die beiden Beziehungen

$$W = f(A, N) \text{ und } M = f(A, N).$$

Es sind Theorien bekannt für andere Voraussetzungen der Abfertigung. Im Rahmen dieser Arbeit kann jedoch nicht weiter darauf eingegangen werden. Hingegen soll der wichtige Fall der konstanten Arbeitszeit noch erwähnt werden, da in zentralgesteuerten Systemen immer Steuerglieder, Markierer und Zuteilungsketten vorkommen, die eine praktisch konstante Arbeitszeit aufweisen. Hier werden die Formeln wesentlich komplizierter. Für die meisten Beziehungen bestehen Kurvenblätter. Der Spezialfall von nur einer Abnehmerleitung sei hier näher behandelt:

Wartewahrscheinlichkeit:  $W_1 = A$

Mittlere Wartedauer der wartenden Belegungen:  $\frac{M_1}{W_1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1-A}$

Mittlere Wartedauer aller Belegungen:  $M_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{A}{1-A}$

Beispiel: Eine Telephonzentrale habe einen abgehenden Teilnehmerverkehr von 25 Erl (etwa 500 Teilnehmer). Bei einer mittleren Gesprächsdauer von 1 min ergeben sich 1500 Belegungen je Hauptverkehrsstunde. Der zentrale Markierer werde für jede Verbindung zweimal während 360 ms belegt. Dies entspricht einem Markierersangebot von:

$$A = 0,3 \text{ Erl}$$

$$W = A = 0,3$$

das heisst 30 % der Verbindungen werden verzögert.

$$\frac{M}{W} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1-A} = 0,715$$

$$t_w = t_m \cdot \frac{M}{W} = 0,715 \cdot 360 \text{ ms} = 257 \text{ ms}$$

Die mittlere Wartezeit der wartenden Belegungen beträgt 257 ms.

$$M = \frac{1}{2} \cdot \frac{A}{1-A} = 0,215$$

$$t_w = t_m \cdot M = 360 \text{ ms} \cdot 0,215 = 77,4 \text{ ms}$$

Die mittlere Wartedauer aller Anrufe beträgt 77,4 ms. Diese Beziehungen sind so einfach, dass eine Tabellierung überflüssig ist. Immerhin kann zur Vermeidung von Kommafehlern das Nomogramm *Figur 6* nützlich sein.

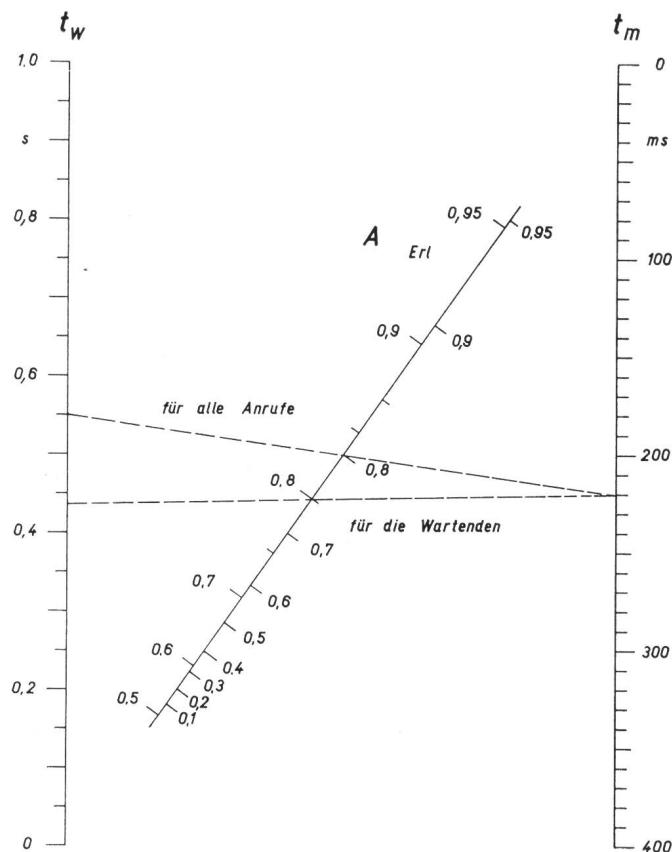


Fig. 6

Nomogramm zur Berechnung der mittleren Wartedauer auf eine zentrale Einrichtung bei konstanter Abfertigungsdauer und  $\infty$  Anzahl Zubringer.  $t_m$  = mittlere Belegungsdauer;  $t_w$  = mittlere Wartedauer;  $A$  = Verkehrsangebot

Beispiel:  $t_m = 220 \text{ ms}$ ;  $A = 0,8 \text{ Erl}$

Mittlere Wartezeit für die wartenden Belegungen:  $0,55 \text{ s}$

Mittlere Wartezeit für alle Belegungen:  $0,44 \text{ s}$

Kurventafeln für  $M = f(N, A)$   $N = 1 \dots 20$

$$W = f(N, A) \quad N = 1 \dots 20$$

$$P(>T) = f(T, A); \quad N = 1; \quad T = 0 \dots 3$$

sind enthalten in [8].

## 2. Praktische Anwendung für Teilnehmeranlagen

Da es sicher nützlich ist, die theoretischen Erläuterungen durch praktische Beispiele zu ergänzen, sei hier ein besonders gelagertes Problem ausführlich durchgerechnet. Dafür eignet sich die Anrufsucherstufe einer Teilnehmeranlage mit 100-teiligen Motorwählern besonders gut (Figur 7). Anrufsucherstufen werden vielfach im Verlustsystem berechnet, da die Rechnung dann für alle Stufen uniform ist und damit keine besonderen Unterlagen für Wartesysteme notwendig sind. Anderseits arbeitet die Technik ganz eindeutig als Wartesystem. Die sogenannten Verluste sind also rein fiktiv und haben lediglich ähnliche Tendenzen wie die entsprechenden Parameter des Wartesystems. Aus diesen Gründen wird in der Folge vergleichsweise eine Anrufsucherstufe nach beiden Prinzipien durchgerechnet.

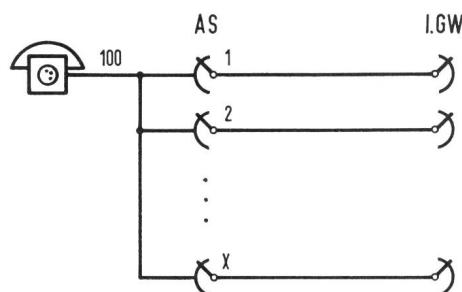


Fig. 7

Anrufsucher – Gruppierung in einer Teilnehmeranlage mit Motorwählern

wendig sind. Anderseits arbeitet die Technik ganz eindeutig als Wartesystem. Die sogenannten Verluste sind also rein fiktiv und haben lediglich ähnliche Tendenzen wie die entsprechenden Parameter des Wartesystems. Aus diesen Gründen wird in der Folge vergleichsweise eine Anrufsucherstufe nach beiden Prinzipien durchgerechnet.

### 2.1 Berechnung im Verlustsystem:

Eine Teilnehmergruppe von 100 Teilnehmern erzeugt den abgehenden Verkehr von 4,5 Erl. Wie gross ist der Bedarf an Anrufsuchern bei verschiedenen zulässigen Verlusten?

Da die Belastung je Teilnehmer  $p \sim 1/22$  beträgt, darf nach den Tabellen PTT 706.90/91 [5,8] gerechnet werden.

Es werden bei  $B = 0,1\%$  13 Anrufsucher und bei  $B = 1\%$  10 Anrufsucher benötigt.

### 2.2 Berechnung im Wartesystem

Die gleiche Teilnehmergruppe von 100 Teilnehmern mit  $A = 4,5$  Erl abgehend, wird von Anrufsuchern im Wartesystem bedient. Wenn keine Anrufsucher mehr vorhanden sind, erhält der Teilnehmer keinen Amtston und muss deshalb warten. Da hier kein Verlust definiert ist, muss die Begrenzung von der Wartezeit vorgenommen werden. Es sei vorgeschrieben,

dass die mittlere Wartezeit auf den Amtston einschliesslich Wählerdrehzeit 1 s nicht übersteigen darf. Die mittlere Wählerdrehzeit beträgt für 100teilige Motorwähler 0,5 s. Es bleiben für Blockierungsverzögerungen noch 0,5 s übrig. Im weiteren sei angenommen, dass sich der Verkehr auf 70 % internen Verbindungen mit einer mittleren Belegungsdauer  $t_{mi} = 1$  min und 30 % Amtsverbindungen mit  $t_{ma} = 3$  min zusammensetzen. Über alles berechnet, ergibt sich eine mittlere Belegungsdauer von  $t_m \sim 100$  s.

Für die oft vorkommenden AS-Berechnungen wurde von der *Albiswerk Zürich AG* ein Kurvenblatt gezeichnet, das erlaubt, mit den gegebenen Grössen direkt die notwendigen Anrufsucherzahlen zu bestimmen (Fig. 8).

Mit  $t_w = 0,5$  s und  $t_m = 100$  s und

$A = 4,5$  Erl benötigt man knapp 10 AS.

Hier noch die Berechnung für den Fall, dass diese Kurventafel nicht zur Verfügung steht:

Nach Abschnitt 1.5 gilt:

$$M = \frac{N}{(N-A)^2} \cdot \frac{B}{1-B}$$

Für  $N = 10$  und  $A = 4,5$  Erl ergibt sich nach Erlang:

$$B = 0,0104$$

$$M = \frac{10}{(10-4,5)^2} \cdot \frac{0,0104}{1-0,0104} = 0,00348$$

$$M = \frac{t_w}{t_m}$$

$$t_w = 100 \text{ s} \cdot 0,00348 \approx 0,35 \text{ s}$$

Das heisst: die mittlere Wartezeit aller Anrufe liegt unter den geforderten 0,5 s.

Die Beziehung liesse sich natürlich auch nach  $N$  auflösen. Es lohnt sich jedoch nicht, die quadratische

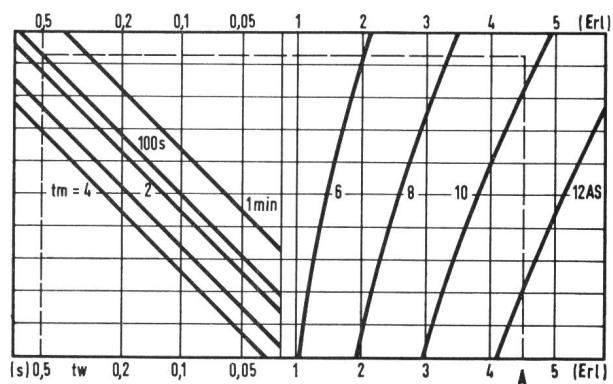


Fig. 8

Berechnungstafel für Anrufsucher, die im Wartesystem betrieben werden

$t_w$  = Zulässige mittlere Wartezeit

$t_m$  = Mittlere Belegungsdauer der Anrufsucher

$A$  = Zulässiges Verkehrsangebot

Gleichung aufzulösen, da man  $N$  sehr leicht im Verlustsystem abschätzen kann.

Für die Wartewahrscheinlichkeit ergibt sich:

$$W = \frac{N}{N-A} \cdot \frac{B}{1-B} = \frac{10}{5,5} \cdot 0,0105 = 0,019$$

Das bedeutet, dass der Anteil der überhaupt wartenden Belegungen kleiner als 2% ist.

### 3. Wirtschaftliche Gesichtspunkte, Planungsprobleme

3.1 Bei der Planung einer besonderen Telephonanlage genügt es im allgemeinen, wenn die notwendige Zahl von Schaltgliedern auf Grund des vorgegebenen Verkehrswertes und der zulässigen Verluste oder Verzögerungszeiten berechnet werden.

Vergleicht man aber grundsätzlich verschiedene Gruppierungen miteinander, so interessiert noch eine Angabe höherer Ordnung: die Überlastbarkeit.

Es ist sicher bekannt, und auch leicht einzusehen, dass ein vollkommenes Bündel hinter einem Wähler zwar mehr leistet als ein unvollkommenes Bündel der gleichen Leitungszahl, aber weniger überlastbar ist, für den Fall, dass mehr Verkehr fliesst, als ursprünglich angenommen wurde.

In *Figur 9* sind die Verhältnisse für drei willkürlich gewählte Anordnungen dargestellt.

Das vollkommene Bündel mit 28 Leitungen ist sehr empfindlich auf Überlastung, wie die steile Kurve zeigt. Schon kleiner Mehrverkehr verursacht höhere Verluste. Das unvollkommene Bündel mit  $k = 7$  und  $N = 40$  als anderes Extrem ist sehr unempfindlich. Der Gruppenkoppler mit 5 Eingängen und 8 Zwischenleitungen und  $N = 40$  Abnehmerleitungen liegt mit der Überlastungsempfindlichkeit zwischen drin. Die Steilheit dieser Kurven ist jedoch noch abhängig

vom Verhältnis  $k/N$  sowie von der Gruppierung der Zwischenleitungssysteme. Die höhere Überlastbarkeit der unvollkommenen Bündel muss mit einer gewissen Leistungseinbusse bezahlt werden.

In *Figur 10* sind die Verhältnisse dargestellt als relative Bündelleistung im Vergleich zum vollkommenen Bündel bei  $B = 0,1\%$ . Für  $k = 6$  sinkt die relative Leistung gegenüber dem vollkommenen Bündel bei 80 Leitungen auf 40%. Wird die Erreichbarkeit auf  $k = 20$  erhöht, so beträgt der Verlust nur noch etwa 14%. Eine weitere Erhöhung der Erreichbarkeit auf  $k = 30$  bringt nur noch sehr wenig ein. Es muss nun sehr sorgfältig zwischen Koppelpunktaufwand und spezifischer Leistung eines Schaltgliedes abgewogen werden. Teure Schaltglieder beziehungsweise Leitungen müssen aus wirtschaftlichen Erwägungen gut ausgenutzt werden. Deshalb werden dort Verlustwerte auch meist höher zugelassen als intern in einer Anlage. Bei sehr kleinen Bündeln muss zwischen Aufwand und Verlust abgewogen werden. Wird hier ein niedriger Verlust verlangt, so wird die Ausnutzung des einzelnen Schaltgliedes sehr niedrig, was sich in verhältnismässig hohen Kosten auswirkt.

3.2 Bei den Teilnehmeranlagen treten noch einige Probleme auf, die sich von der gewöhnlichen Verkehrs berechnung unterscheiden. Viele der kleineren Anlagen haben nur wenige Teilnehmergruppen. Dies führt dazu, dass ein grosser Teil des Verkehrs in der gleichen Teilnehmergruppe bleibt. Ein Gespräch erzeugt also innerhalb dieser Teilnehmergruppen einen Verkehr von 2 Erl. Dies widerspricht aber der Theorie des unabhängigen Verkehrs. Für den Fall, dass gemeinsame Wahlstufen für ankommenden und abgehenden Verkehr vorhanden sind, bedeutet diese Tatsache eine Verkehrsminderung gegenüber den theoretisch berechneten Zahlen. Bei sehr grossen Anlagen mit kleinem Anteil des Verkehrs innerhalb der Gruppe sowie bei Anlagen mit abgehend und ankommend ganz getrennten Wegen ergibt sich keine Verminde rung des zulässigen Verkehrs.

### 3.3 Gewinnung der Planungsgrössen

Um eine neu zu bauende oder zu erweiternde Telephonanlage sorgfältig planen zu können, sind eine ganze Menge von Angaben notwendig. Ideal wären detaillierte Werte für Teilnehmerverkehr, und bei Teilnehmeranlagen die Verkehrsverteilung zwischen Internverkehr und Amtsverkehr, den Anteil der Rückfragen, Umlegungen usw. Es zeigt sich jedoch, dass es sehr schwierig ist, zuverlässige Schätzungen dieser Werte anzugeben. Handelt es sich bei der zu planenden Anlage um einen Ersatz oder um die Erweiterung einer bestehenden Anlage, drängen sich Verkehrs messungen auf. Sofern das notwendige Personal und genügend Messgeräte vorhanden sind, ist dies sicher der zuverlässigste Weg zur Gewinnung der gesuchten Grössen. Immerhin muss man bei der Interpretation dieser Werte sehr vorsichtig sein, um nicht grobe Fehlschätzungen zu machen.

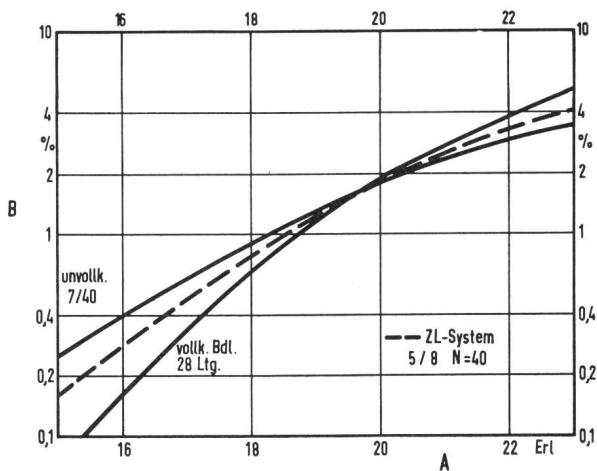


Fig. 9

Überlastbarkeit verschiedener Durchschaltenetzwerke:  
Verlust  $B$  in Funktion des Verkehrsangebots  
Unvollkommenes Bündel mit  $k = 7$  und  $N = 40$  Leitungen  
Vollkommenes Bündel mit  $N = 28$  Leitungen  
Zwischenleitungssystem mit 5 Eingängen, 8 Zwischenleitungen und  $N = 40$  Leitungen

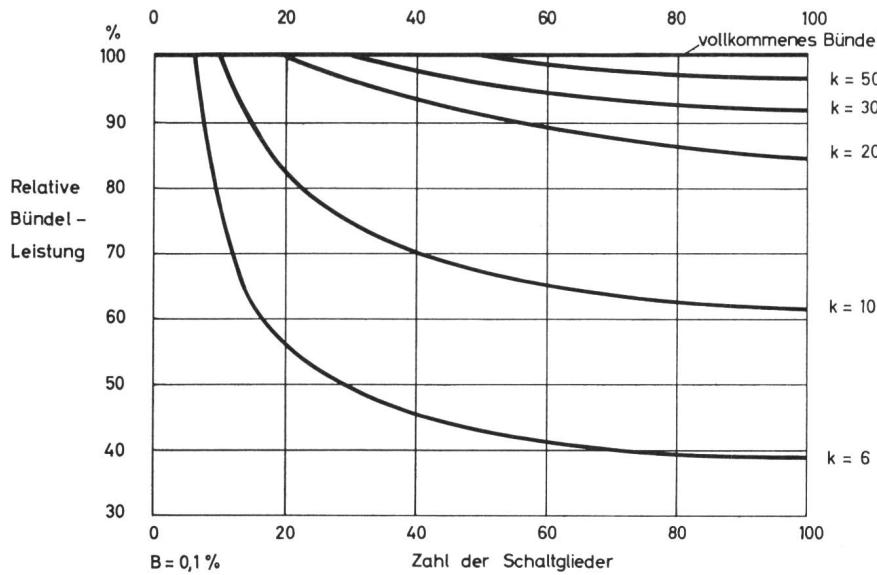


Fig. 10

Relative Bündelleistungen in Funktion der Anzahl Schaltglieder bei verschiedenen unvollkommenen Bündeln

Meist interessiert in einer Anlage die am stärksten belastete Teilnehmergruppe. Ideal wäre eine gleichzeitige Messung aller Teilnehmergruppen. Dies ist jedoch meist aus Mangel an genügend Messgeräten nicht möglich. Misst man die Teilnehmerhundert nacheinander, so kommt man leicht in Versuchung, die Messdauer unzulässig zu beschränken. Die Genauigkeit der Messung ist sowohl vom Verkehrswert als auch von der Messdauer abhängig. Besonders bei kleineren Anlagen mit wenig Verkehr ist es problematisch, den Messwert in vernünftiger Zeit genügend genau anzugeben. Um die Genauigkeit der Messungen zu beurteilen, sind die statistischen Zusammenhänge im Nomogramm *Figur 11* dargestellt. Die theoretischen Zusammenhänge über solche Fragen wurden in [10] dargestellt. Als Beispiel sei hier die Messung einer kleinen Teilnehmergruppe betrachtet. Der zu messende Verkehrswert betrage etwa 1 Erl während der HVST. Misst man diesen Verkehr während einer Woche, das heißt während fünf Arbeitstagen, so ergibt sich eine Verkehrsmenge von etwa 5 Erlh. Der Messfehler beträgt bei einer statistischen Sicherheit von 95% maximal 20%. Durch längere Messdauer kann dieser Fehler noch stark vermindert werden.

Eine weitere Fehlerquelle bildet die Extrapolation von Messwerten einer älteren Anlage auf die Verhältnisse nach dem Ersatz oder Ausbau. Erfahrungsgemäß treten immer Verkehrsveränderungen auf, die kaum abgeschätzt werden können. Dabei haben besonders auch technische Abweichungen neuerer Systeme gegenüber der bestehenden Anlage einen Einfluss auf den Verkehrsfluss.

Es bleibt dem Planer nichts anderes übrig, als sich auf Erfahrungswerte und Faustregeln zu stützen, um die Messwerte richtig interpretieren zu können. Es

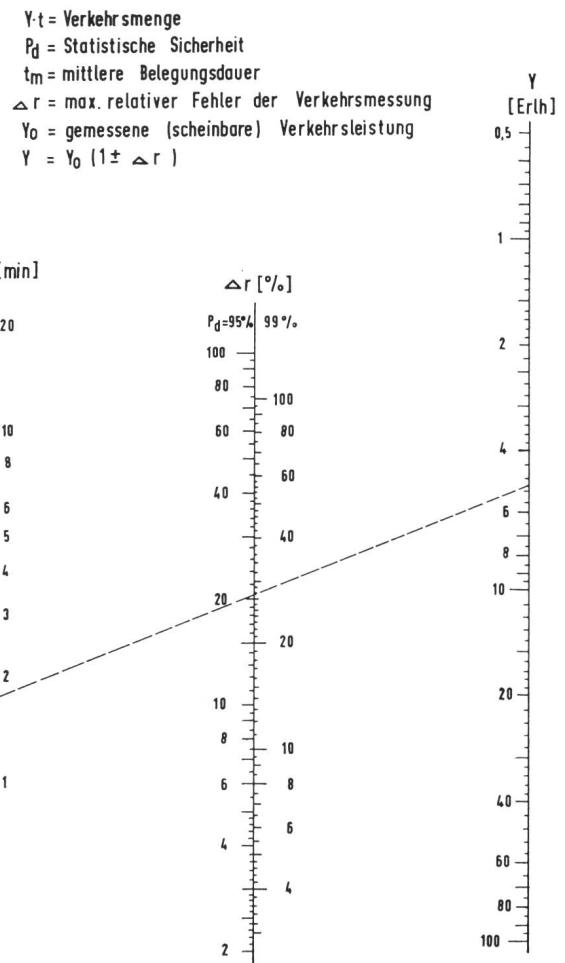


Fig. 11

Nomogramm zur Bestimmung des relativen Fehlers bei Verkehrsmessungen in Funktion der Verkehrsmenge  $Y \cdot t$  und der mittleren Belegungsdauer  $t_m$

zeigt sich nämlich, dass ähnliche Anlagen durchaus vergleichbare Verkehrsgrößen aufweisen. Deshalb sind nachträgliche Verkehrsmessungen in neuen Anlagen sehr wertvoll. Unter der Voraussetzung, dass genügend Messungen durchgeführt werden, können solche Durchschnittswerte oft mehr aussagen, als die Messung der speziellen alten Anlage. Dies gilt ganz

besonders für die vielen interessierenden Angaben über Rückfrage, Umlegen, Gesprächsvermittlungen usw., die aus praktischen Gründen nicht bei jeder Anlage gemessen werden können.

**Adresse des Autors:** *Fritz Züblin*, Ingenieur in Fa. Albiswerk Zürich AG, Albisriederstrasse 245, 8047 Zürich.

## Literatur

- [1] *Ekberg, S.*: Report from the Nomenclature Committee. The Fourth International Teletraffic Congress, London 1964.
- [2] *Brokmeyer, E., Halström, H. L. und Jensen, A.*: The Life and Works of A. K. Erlang. Kopenhagen 1948.
- [3] *Jensen, A.*: Moe's Principle. Kopenhagen 1950.
- [4] Tabellen zu A. K. Erlangs Interconnection-Formel. Siemens & Halske AG, München 1961.
- [5] Kurven für die Bestimmung der Anzahl der Verbindungswege von Telephonanlagen. PTT-706.85-97.
- [6] *Rohde, K. und Strömer, H.*: Durchlasswahrscheinlichkeit bei Vermittlungseinrichtungen der Fernmeldetechnik. Mitteilungsblatt für math. Statistik 5 (1953), S. 185...200.
- [7] *Hettwig, E. und Rohde, K.*: Neue Berechnungsunterlagen für die Projektierung von Fernsprechanlagen. Siemens-Zeitschrift 30 (1956), Nr. 1, S. 1...10.
- [8] Tabellen für Planung und Betrieb von Fernsprechanlagen. Siemens & Halske AG, München 1961.
- [9] *Bininda, N. und Wendt, A.*: Die effektive Erreichbarkeit für Abnehmerbündel hinter Zwischenleitungsanordnungen. N. T. Z. 12 (1959), Nr. 11, S. 579...585.
- [10] *Störmer, H.*: Anwendung des Stichprobenverfahrens beim Beurteilen von Fernsprechverkehrsmessungen. A.E.Ü. 8 (1954), Nr. 10, S. 439...446.

---

## Hinweise auf eingegangene Bücher

**Telefunken. Taschenbuch: Röhren, Halbleiter, Bauteile 1965.**  
Ulm, Telefunken AG, 1964. 567 S., zahlr. Abb.

Dieses Taschenbuch enthält wiederum die technischen Daten der Röhren und Halbleiter, über die es rasch orientieren will. Der Übersichtlichkeit zuliebe werden allerdings nur die wesentlichsten Angaben angeführt. Erstmals wird auch eine Übersicht über die passiven Bauelemente und Baugruppen der Firma gegeben, deren hauptsächlichste Daten tabellarisch zusammengestellt sind. Wie seine Vorgänger enthält auch dieses Taschenbuch im Anhang einzelne Kapitel über physikalische Einzelfragen sowie Anwendungen von Röhren und Halbleitern. Von besonderem Interesse sind die Kapitel «Licht, Farbwahrnehmung und Farbeindruck» sowie die «Fachausdrücke zur Physik und Technik des Farbfernsehens».

*Ko.*