

Untersuchungen zur Verkehrslenkung im schweizerischen Fernnetz

Autor(en): **Braun, Fritz / Marthy, Christoph**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **71 (1993)**

Heft 3

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-875486>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Untersuchungen zur Verkehrslenkung im schweizerischen Fernnetz

Fritz BRAUN und Christoph MARTHY, Bern

1 Einleitung

Das schweizerische Telefonnetz bestand bis vor wenigen Jahren aus 51 Netzgruppen mit ursprünglich je einer Transit- oder Hauptzentrale, später teilweise mehreren. Diese Zentralen bildeten zusammen mit den sie verbindenden Leitungen das Fernnetz, über das der Verkehr zwischen den Netzgruppen abgewickelt wurde. Die 11 Transitzentralen waren unter sich voll vermascht. Auf eine vollständige Vermaschung der Hauptzentralen wurde verzichtet, weil kleine Leitungsgruppen (Bündel) bei einer vorgegebenen Blockierungswahrscheinlichkeit weniger Verkehr je Leitung führen können als grössere Bündel und deshalb weniger wirtschaftlich sind. Die Hauptzentralen waren deshalb nur über direkte Leitungen mit Transit- und Hauptzentralen verbunden, mit denen ein verhältnismässig grosser Verkehr bestand. Der Verkehr mit den übrigen Zentralen wurde über die Transitzentralen abgewickelt (in Fig. 1 z. B. für die Strecken von H1 nach H2 über T1 und von H1 nach H3 über T1 und T2).

Um die Auslastung zu verbessern, wurden die Bündel der Hauptzentralen teilweise für eine hohe Blockierungswahrscheinlichkeit (10 %) bemessen (Grundlastbündel). Um trotzdem eine genügend kleine Blockierungswahrscheinlichkeit im Fernnetz zu erreichen, wurde, wenn keine Kanäle eines Grundlastbündels frei waren, auf einem zweiten Bündel versucht, die Verbindung aufzubauen (Überlauf, in Figur 1 läuft Verkehr von H3 nach H4 bei besetztem direktem Bündel auf das Bündel H3—T2 über). Alle Bündel ohne Überlaufmöglichkeit (Endbündel) wurden auf 0,5 % Blockierungswahrscheinlichkeit in der Hauptverkehrsstunde dimensioniert. Das gilt insbesondere für die Bündel zwischen den Transitzentralen. Damit wurde die Blockierungswahrscheinlichkeit im Fernnetz auf maximal 1,5 % beschränkt.

Die Verkehrslenkfunktion der Zentralen bestand darin, auf Grund des Verbindungsziels das Abgangsbündel zu wählen (direkte Verkehrslenkung) und bei Bündeln mit Überlauf bei besetztem erstem Bündel ein zweites auszuwählen (hierarchische sequentielle Verkehrslenkung).

Einerseits war das frühere Fernnetz auf die verhältnismässig einfachen Verkehrslenkfunktionen elektromechanischer Zentralen ausgelegt. Die Verkehrslenk- und die Dimensionierungsregeln waren einfach. Andererseits konnte Reservekapazität nur sehr beschränkt zur Entlastung überlasteter Bündel verwendet werden. Dies wird in Zukunft immer wichtiger, da Verkehrsprognosen für

einzelne Verkehrsbeziehungen zunehmend ungenauer werden. Gründe dafür sind Dienste mit schneller Verkehrsverlagerung wie mobile Dienste und «Intelligent-Network»-Dienste sowie die zunehmende Nutzung des leitungsvermittelten Netzes für Datendienste. Zudem war dieses Netz ziemlich empfindlich gegen Ausfälle. Auch dies wird mit der zunehmenden Bedeutung der Telekommunikation problematischer.

Aus Gründen der Netzkomplexität und der vergleichsweise hohen ausbauunabhängigen Grundkosten der Zentralen ist es wünschenswert, weniger (und damit grössere) Zentralen einzusetzen. Deshalb ist vorgesehen, die Zahl der Netzgruppen von 51 auf 18 zu vermindern. Das künftige Fernnetz besteht aus zwei voll vermaschten Fernebenen mit je einer Transitzentrale in jeder Netzgruppe [1] (Fig. 2). Beide Transitzentralen sind mit allen Knotenzentralen einer Netzgruppe und unter sich verbunden.

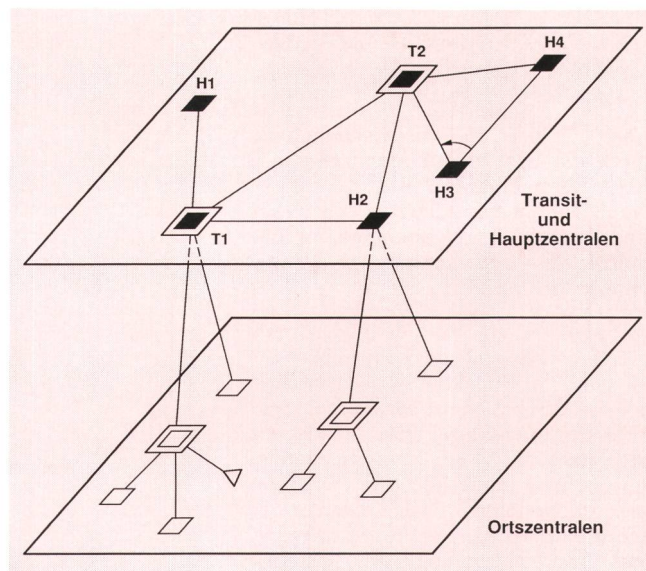


Fig. 1 Aufbau des früheren schweizerischen Telefonnetzes

-  Transitzentrale
-  Hauptzentrale
-  Knotenzentrale
-  Anschlusszentrale
-  Konzentrazentrale

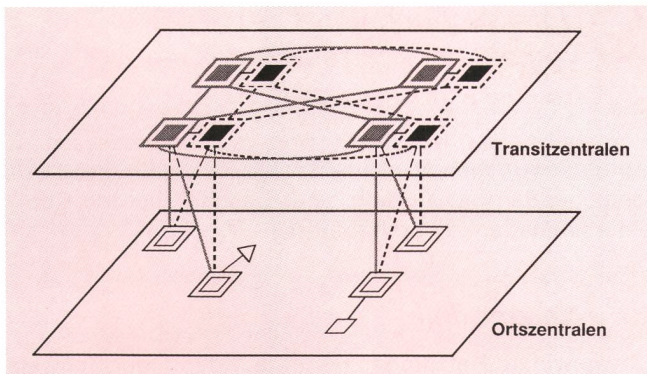


Fig. 2 Aufbau des künftigen schweizerischen Telefonnetzes/ISDN



Im künftigen Fernnetz gibt es Möglichkeiten, durch geeignete Verkehrslenkverfahren die genannten Nachteile durch bessere Nutzung der Vermaschung weitgehend zu eliminieren. Das heisst, wenn ein Bündel zwischen zwei Transitzentralen überlastet ist, werden *indirekte Wege* über andere Transitzentralen benützt. Es sind verschiedene derartige Verfahren bekannt.

Es stellt sich die Frage, welches Verkehrslenkverfahren in der neuen Netzstruktur eingesetzt werden soll. Deshalb wurden in der Direktion Forschung und Entwicklung der Schweizerischen PTT-Betriebe in Zusammenarbeit mit der Direktion Netze Untersuchungen durchgeführt, über die hier zusammenfassend berichtet wird.

2 Übersicht über Verfahren zur Verkehrslenkung in leitungsvermittelten Netzen

Die Bezeichnungen und die Gliederung der verschiedenen Verfahren (in Fig. 3 dargestellt) entsprechen weitgehend der CCITT-Empfehlung E.170 [2], aus der die angegebenen englischen Begriffe stammen.

Verkehrslenkung wird als Verfahren zur Auswahl eines Bündels in einer Zentrale beim Aufbau einer Verbindung definiert.

21 Statische (oder starre) Verkehrslenkung (fixed routing)

Bei der statischen Verkehrslenkung ist das Verfahren zur Auswahl der Bündel fest, das heisst unabhängig von Zeit und Netzzustand.

Direkte (oder feste) Verkehrslenkung (direct routing)

Bei der direkten Verkehrslenkung ist das Bündel eindeutig durch das Verbindungsziel bestimmt.

Alternative Verkehrslenkung (alternative routing)

Mit der alternativen Verkehrslenkung gibt es mehrere Bündel, über die ein Anruf weiter abgewickelt werden kann. Sie können auf verschiedene Arten belegt werden:

– Sequentielle Verkehrslenkung (sequential routing)

Es wird in einer festen Reihenfolge versucht, ein Bündel zu belegen.

Wenn für alle Anrufe, die auf einem bestimmten Bündel erfolglos sind, die Sequenz für die weitere Suche gleich ist, spricht man von hierarchischer Verkehrslenkung.

Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, spricht man von nichthierarchischer Verkehrslenkung.

– Nichtsequentielle Verkehrslenkung (non-sequential routing)

Es wird nicht in einer festen Reihenfolge versucht, ein Bündel zu belegen. Ein Beispiel eines solchen Verfahrens ist die Lastteilung (load sharing). Anrufe werden hier in einem vorgegebenen Verhältnis auf Bündel verteilt.

22 Dynamische Verkehrslenkung (dynamic routing)

Bei der dynamischen Verkehrslenkung werden Bündel abhängig von der Zeit, vom aktuellen Belegungszustand des Netzes oder von Ereignissen im Netz ausgewählt:

Zeitabhängige Verkehrslenkung (time-dependent routing)

Zu dieser Kategorie gehören alle bisher beschriebenen Verfahren, wenn sie von der Zeit abhängen. Meistens wird die zeitabhängige sequentielle Verkehrslenkung eingesetzt. Sie ist hauptsächlich dann sinnvoll, wenn verschiedene Regionen unterschiedliche Hauptverkehrsstunden haben.

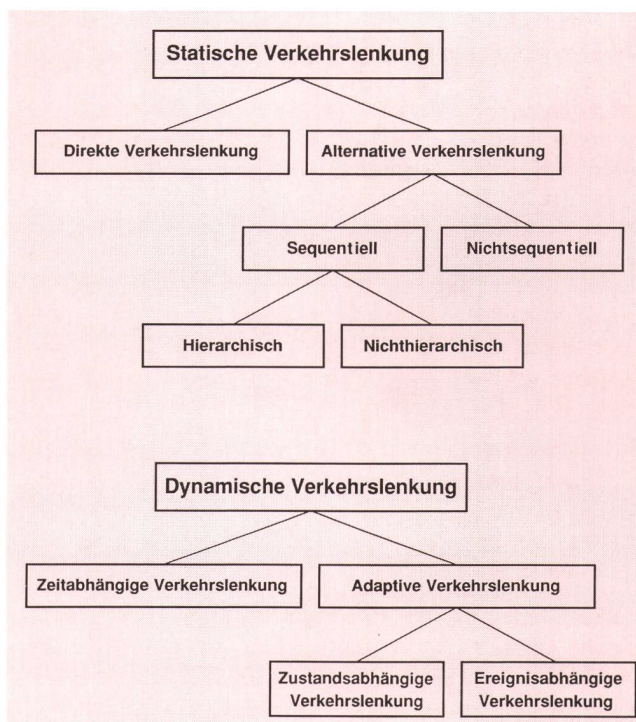


Fig. 3 Übersicht über Verkehrslenkverfahren für leitungsvermittelte Netze

Adaptive Verkehrslenkung (adaptive routing)

Bei adaptiver Verkehrslenkung hängen die Verkehrslenkregeln vom Belegungszustand des Netzes oder von aufgetretenen Blockierungen ab:

- Zustandsabhängige Verkehrslenkung (state-dependent routing)

Bei diesen Verfahren werden auf Grund von Messungen die Verkehrslenkregeln dauernd angepasst.

Ein Beispiel ist das «State-Dependent Dynamic Traffic Management» (DTM) von Northern Telecom [3]. Die Zentralen ermitteln die Belegung aller Bündel in einem regelmässigen Rhythmus (10 Sekunden) und melden sie an einen zentralen Rechner. Dieser gibt allen Zentralen im selben Rhythmus für jeden Zielbereich ein oder zwei Überlaufbündel an. Dies ist das aufwendigste Verfahren, das bis heute in einem Telefonnetz verwirklicht wurde. Es eignet sich nur für sehr kurze Anpasszyklen, da sich bei längeren Zeitintervallen die Netzsituation zwischen zwei Anpassungen der Überlaufwege zu stark ändern würde (Gefahr von Belastungsszillationen).

- Ereignisabhängige Verkehrslenkung (event-dependent routing)

Bei diesen Verfahren werden für einen bestimmten Zielbereich Bündel mit höherer Erfolgsrate häufiger benützt als solche mit niedrigerer Erfolgsrate.

Ein Beispiel dafür ist das «Dynamic Alternative Routing» (DAR) [4] von British Telecom (BT). Bei BT gibt es zusätzlich zu den (fixen) ersten und zweiten Bündeln eine dritte Möglichkeit, die aus einer Liste von Bündeln ausgewählt wird; dieses dritte Bündel bleibt für einen Zielbereich unverändert, solange die Anrufe darauf erfolgreich sind (Fig. 4).

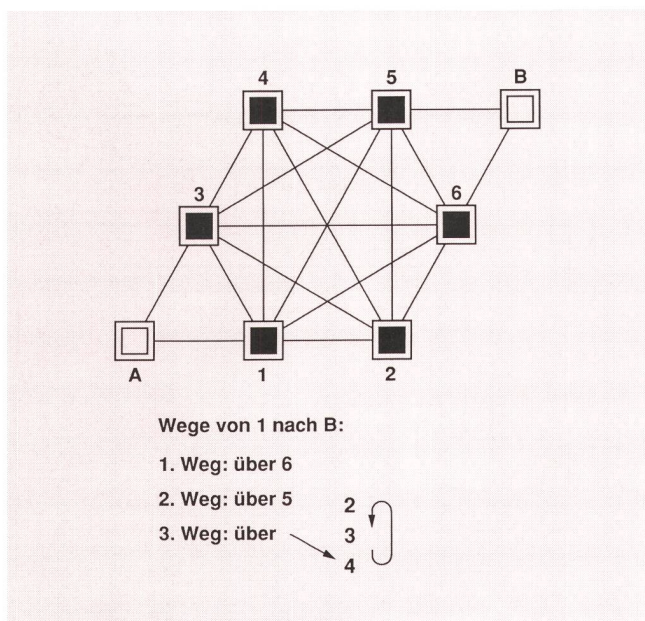


Fig. 4 Prinzip des Dynamic Alternative Routing (DAR) bei British Telecom (BT)

Der dritte Weg führt über zwei Transitzentralen und ändert, wenn ein Anruf darauf blockiert wird

3 Untersuchung von Verkehrslenkverfahren für das künftige Fernnetz

Eine analytische Berechnung von Verkehrsprozessen ist nur unter strengen Annahmen möglich, die für diese Untersuchungen nicht erfüllt sind. Deshalb wurden Computersimulationen durchgeführt.

31 Netzmodell

Das gewählte Netzmodell beruht auf der in der Schweiz geplanten Netzstruktur (Fig. 2) [1]. Aus Gründen der Rechenzeit wurde ein Modellnetz mit nur sieben Netzgruppen gewählt. Die beiden Fernebenen sind voll vermascht und besitzen 120 Kanäle je Fernbündel. Die Querbündel zwischen den Transitzentralen einer Netzgruppe umfassen 30 Kanäle.

Die Knotenzentralen einer Netzgruppe werden durch eine einzige Einheit dargestellt, die den gesamten Fernverkehr der Netzgruppe erzeugt. Die Bündel, die diese Einheiten mit den beiden Transitzentralen verbinden, sind so bemessen, dass eine vernachlässigbare Blockierung entsteht.

32 Verkehrsmodell

Der in den Netzgruppen erzeugte Verkehr weist folgende Eigenschaften auf:

- Zufallsverkehr (Poisson-Prozess)
- exponentiell verteilte Haltezeit der erfolgreichen Anrufe, mit einer mittleren Haltezeit von 180 Sekunden
- Blockierte Anrufe werden mit einer Wahrscheinlichkeit von 75 % wiederholt. Der mittlere Zeitabstand bis zur Wiederholung beträgt 66 Sekunden (konstante Verzögerung von 13 Sekunden und zusätzlich exponentielle Verteilung, aus [5] abgeleitet).
- Die primären Verkehrsangebote (d. h. die Erstversuche) für die 42 gerichteten Verkehrsströme zwischen den sieben Netzgruppen sind gleichmässig verteilt, wobei die beiden Richtungen zwischen zwei Netzgruppen denselben Wert haben. Der tiefste Wert beträgt 72 % des höchsten Wertes. 100 % entspricht einem Wert des grössten Verkehrsstroms von 99,4 Erlang (ergibt 0,5 % Blockierungswahrscheinlichkeit auf 120 Kanälen). Damit wird die ungleiche Auslastung von Bündeln, wie sie sich aus dem Ausbauschnitt der Bündel von 30 Kanälen ergibt, modelliert.
- Die Knotenzentralen verteilen den Verkehr zufällig und gleich auf die beiden Transitzentralen.

33 Untersuchte Verkehrslenkverfahren

Bei allen untersuchten Verfahren wird immer zuerst das direkte Fernbündel zur Zielnetzgruppe zu belegen versucht. Wenn dieses keine freien Kanäle hat, wird versucht, das Querbündel zur andern Transitzentrale zu belegen, damit auch bei Ausfall einer Transitzentrale in der Zielnetzgruppe der Verkehr beider Fernebenen möglichst weitgehend abgewickelt werden kann. Wenn auf dem Querbündel kein freier Kanal vorhanden ist, setzen die Verkehrslenkverfahren für den Transit über andere

Netzgruppen ein. Diese Verfahren werden auch für Anrufe, die über das Querbündel zur zweiten Transitzentrale gelangt sind und dort keinen freien Kanal zur Zielnetzgruppe finden, angewendet. Um bei Ausfällen kreisförmige Verkehrslenkung zu verhindern, werden Anrufe, die in einer zusätzlichen Netzgruppe transitieren, dort nur noch auf das direkte Bündel zur Zielnetzgruppe gegeben.

Die Verkehrslenkverfahren sind nachfolgend beschrieben, geordnet nach zunehmender Leistungsfähigkeit. Dabei nimmt auch ihre Komplexität zu.

331 Sequentielle Verkehrslenkung ohne Transit über andere Netzgruppen (SOT)

In der ersten Transitzentrale wird versucht, das direkte Fernbündel zu belegen, und wenn kein freier Kanal gefunden wird, das Querbündel zur zweiten Transitzentrale. Dort kann nur noch das direkte Fernbündel verwendet werden.

332 Sequentielle Verkehrslenkung mit Transit über andere Netzgruppen (SMT)

Für Anrufe, die in der ersten Transitzentrale vom Querbündel oder in der zweiten vom direkten Fernbündel überlaufen, kann noch versucht werden, sequentiell drei Bündel nach einer Transitzentrale einer andern Netzgruppe zu belegen. Diese Überlaufsequenzen hängen von der Zielnetzgruppe ab und sind deshalb nichthierarchisch (alternative Verkehrslenkung). Sie sind so gewählt, dass alle Transitzentralen von gleich vielen andern Transitzentralen im ersten, zweiten und dritten Überlauf benützt werden.

Dieses Verfahren nutzt nur Informationen über den Belegungszustand der eigenen Bündel der Transitzentralen. Wenn z. B. der zweite Abschnitt des ersten Weges über eine zusätzliche Netzgruppe überlastet ist, können verhältnismässig viele Anrufe blockiert werden, obwohl es noch andere indirekte Wege mit grosser Reservekapazität gibt.

333 Dynamic Alternative Routing (DAR)

Für Anrufe, die in der ersten Transitzentrale vom Querbündel oder in der zweiten vom direkten Fernbündel überlaufen, ist für jede Zielnetzgruppe ein dynamisches Letzbündel definiert. Wenn ein Anruf, der darauf übergelaufen ist, blockiert wird, wird das nächste dynamische Bündel aus einer Liste aller Bündel zu andern Transitzentralen derselben Fernebene zyklisch ausgewählt.

Dieses Verfahren hat gegenüber dem vorangehenden den Vorteil, dass, je kleiner die Blockierungswahrscheinlichkeit eines indirekten Weges ist, desto häufiger er benützt wird. Allerdings wird der Verkehr nicht gezielt auf die Wege mit der grössten Kapazität gegeben. Selbst der beste Weg wird verlassen, wenn auf diesem ein Anruf blockiert wird.

334 State-Dependent Dynamic Traffic Management (DTM)

Für Anrufe, die in der ersten Transitzentrale vom Querbündel oder in der zweiten vom direkten Fernbündel überlaufen, gibt es ein erstes und ein zweites Überlaufbündel. Diese werden auf Grund der freien Kapazität aller Fernbündel für jede Zielnetzgruppe alle 10 Sekunden neu bestimmt. Hier wird der Transitverkehr gezielt auf die Wege mit der grössten freien Kapazität geleitet.

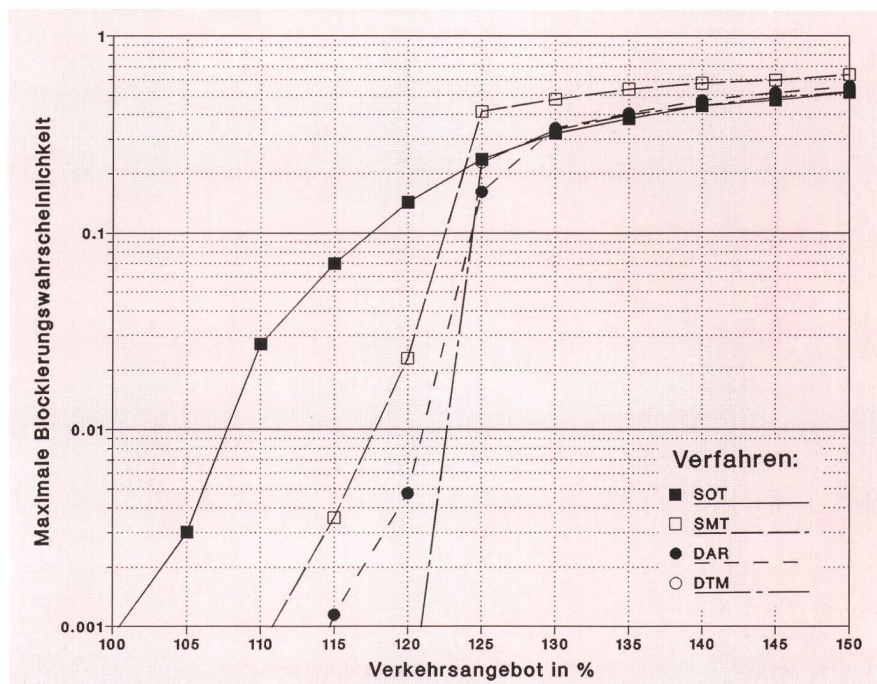


Fig. 5 Maximale Blockierungswahrscheinlichkeit bei intaktem Netz ohne Leitungszahlreservierung

4 Ergebnisse der Untersuchungen

Dargestellt wird in den Figuren die *maximale Blockierungswahrscheinlichkeit* der 42 gerichteten Beziehungen zwischen den sieben Netzgruppen als Funktion des auf allen Verkehrsströmen proportional veränderten Verkehrsangebots. Die Punkte der simulierten Fälle sind mit Geraden verbunden.

41 Intaktes Netz

Figur 5 zeigt die maximale Blockierungswahrscheinlichkeit bei intaktem Netz. Bis zu einem Verkehrsangebot von 120 % ergeben die Verfahren mit Transit über eine andere Netzgruppe (SMT, DAR, DTM) wesentlich tiefere Blockierungswahrscheinlichkeiten als das Verfahren ohne diese Transitmöglichkeit (SOT). Bei einem Angebot über 125 % wird die Blockierungswahrscheinlichkeit bei SMT grösser als ohne Transit (SOT). Dies ist darauf zurückzuführen, dass mit zunehmender Last ein immer grösserer Teil der Verbindungen keinen freien Kanal auf dem direkten Bündel findet und deshalb zwei Bündel eines indirekten Weges benützt. Die Verbindungen belegen im Mittel mehr Kanäle als bei SOT, wodurch der Durchsatz des Netzes sinkt und die Blockierungswahrscheinlichkeit steigt.

Dieses Verhalten kann verhindert werden, indem dem direkten Verkehr Priorität gegenüber dem indirekten Verkehr gegeben wird. Dazu wird indirekter Verkehr auf den Fernbündeln nur akzeptiert, wenn eine gewisse Zahl von Kanälen frei ist (Leitungszahlreservierung). Figur 6 zeigt die entsprechenden Kurven mit einer Leitungszahlreservierung von fünf Kanälen. Alle Verfahren mit Transit über eine dritte Netzgruppe ergeben über den ganzen Bereich eine wesentlich geringere Blockierungswahrscheinlichkeit als das Verfahren ohne Transit (SOT). Die Blockierungswahrscheinlichkeit nimmt mit zunehmender

der Komplexität der Verfahren bis zu einem Angebot von 130 % stark ab. Dies kann zur Kapazitätseinsparung genutzt werden. Um z. B. im Fernnetz eine Blockierungswahrscheinlichkeit von 0,5 % zu erreichen, können, verglichen mit dem Verfahren ohne Transit über eine dritte Netzgruppe (SOT), mit SMT 5,6 %, mit DAR 9,2 % und mit DTM 13,5 % der Kapazitäten der Fernbündel eingespart werden. Bei einer Last über 140 % unterscheiden sich die Ergebnisse der Verfahren praktisch nicht mehr.

42 Halbierung der Kapazität eines Fernbündels

Figur 7 zeigt die maximale Blockierungswahrscheinlichkeit, wenn eines der Fernbündel auf die Hälfte (d. h. auf 60 Kanäle) reduziert wird. Ohne Transit über andere Netzgruppen ergibt sich bei einem Angebot von 100 % eine Blockierungswahrscheinlichkeit über 30 %, während die Verfahren mit Transit Blockierungswahrscheinlichkeiten bei SMT von 1,5 %, bei DAR von 0,2 % aufweisen und der Wert für DTM verschwindet. Das heisst, bei einem teilweise ausgefallenen Bündel wird durch Transit über andere Netzgruppen die Blockierungswahrscheinlichkeit wesentlich verkleinert.

43 Ausfall einer Transitzentrale

Figur 8 zeigt die höchste Blockierungswahrscheinlichkeit, wenn eine Transitzentrale ausgefallen ist. Bereits bei einem Verkehrsangebot von 50 % beträgt die Blockierungswahrscheinlichkeit 3 %. Diese hohe Blockierungswahrscheinlichkeit entsteht, weil der Verkehr nach der Netzgruppe mit der ausgefallenen Transitzentrale in der einen Fernebene nicht abgewickelt werden kann. Dieser Verkehr müsste in den Ursprungsnetzgruppen

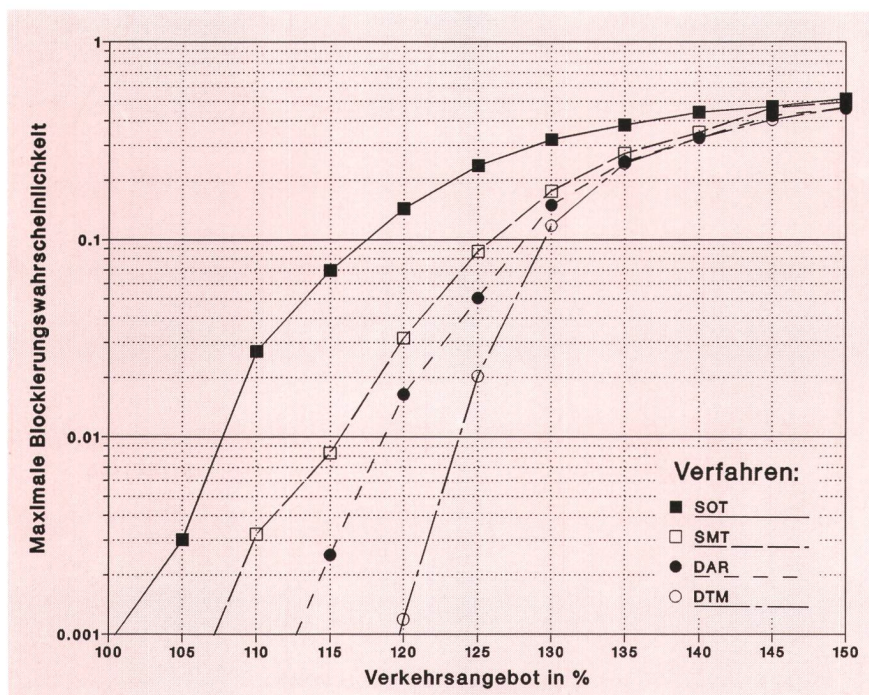


Fig. 6 Maximale Blockierungswahrscheinlichkeit bei intaktem Netz mit Leitungszahlreservierung

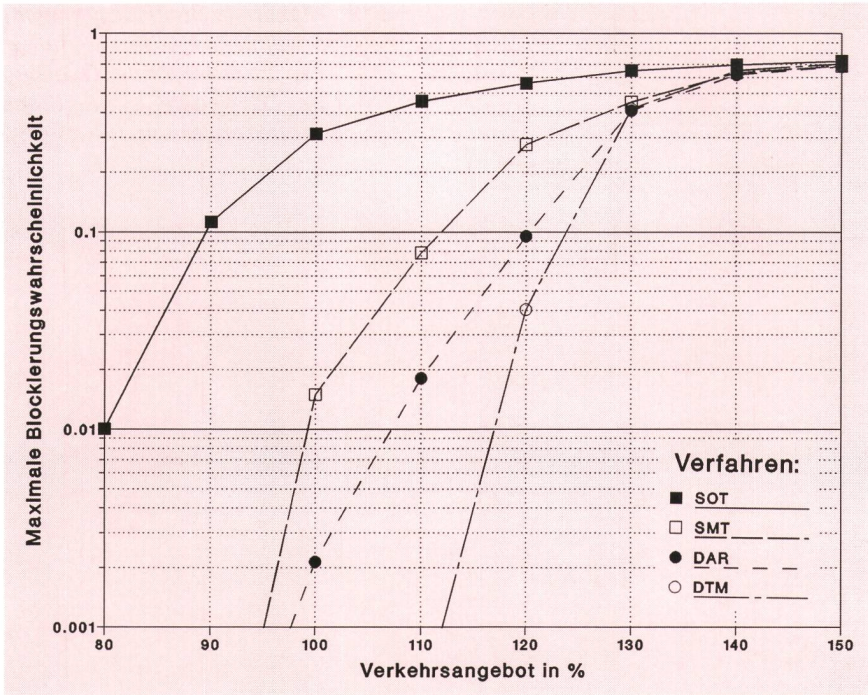


Fig. 7 Maximale Blockierungswahrscheinlichkeit bei einem Fernbündel mit halber Kapazität, mit Leitungszahlreservierung

über das Querbündel zur zweiten Fernebene gehen. Dadurch wird das Querbündel von 30 Kanälen überlastet. *Figur 9* zeigt die entsprechenden Ergebnisse für ein Querbündel von 120 Kanälen. Es ergibt sich eine starke Verbesserung unterhalb einem Angebot von 70 %. In beiden Fällen ist der Unterschied zwischen den Verkehrslenkverfahren nicht sehr gross.

Eine wesentliche Verminderung der Blockierungswahrscheinlichkeit bei Vergrößerung des Querbündels wurde auch in andern Ausfallsituationen festgestellt. Es stellt sich die Frage, ob deswegen die Zusatzkosten eines grösseren Querbündels gerechtfertigt sind.

44 Anrufrückgabe

Eine weitere Verbesserung lässt sich mit der Anrufrückgabe (automatic rerouting, crankback) in den Knotenzentralen erreichen. Dabei werden die Verfahren zur Auswahl einer Transitzentrale in einer andern Netzgruppe schon angewendet, wenn auf dem direkten Bündel in die Zielnetzgruppe der ersten Transitzentrale kein freier Kanal zur Verfügung steht. Wenn der Anruf dabei blockiert wird, wird er von der Knotenzentrale der andern Fernebene angeboten. Dazu muss die Signalisierung in der Knotenzentrale ausgewertet werden, damit Anrufe z. B. nicht bei besetztem Teilnehmer beiden

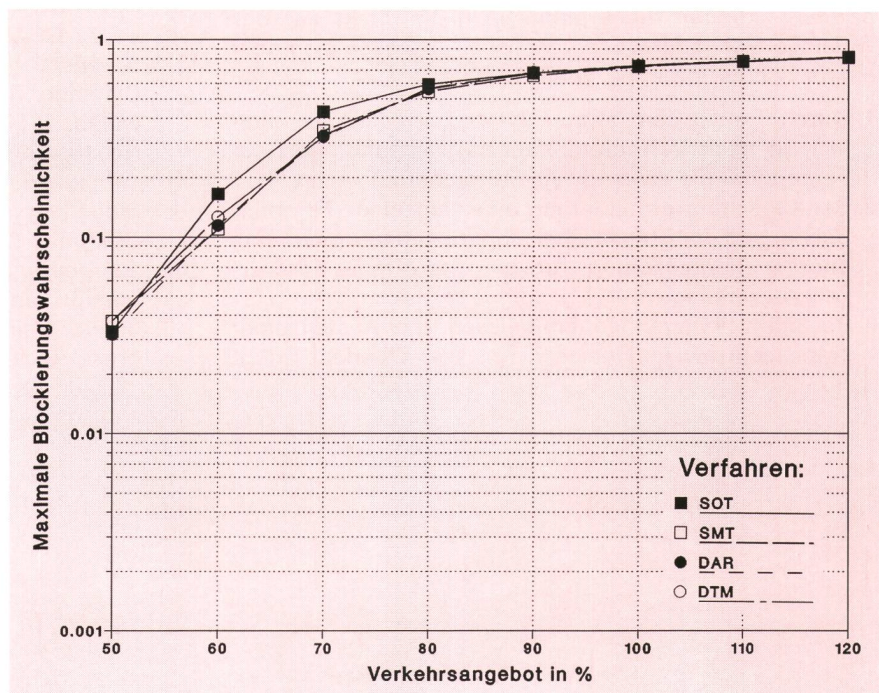


Fig. 8 Maximale Blockierungswahrscheinlichkeit bei Ausfall einer Transitzentrale, Querbündel 30 Kanäle, mit Leitungszahlreservierung

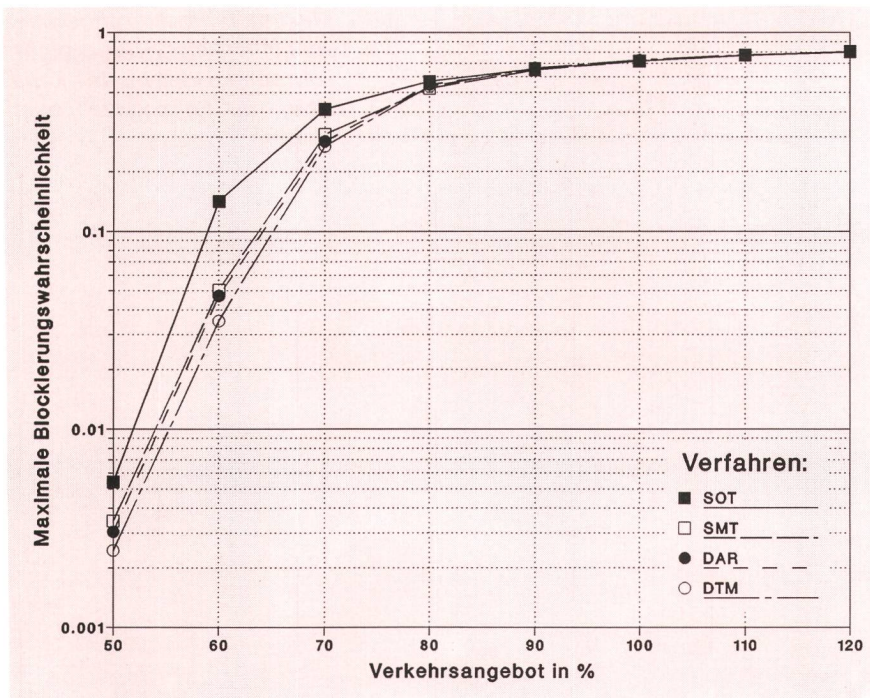


Fig. 9 Maximale Blockierungswahrscheinlichkeit bei Ausfall einer Transitzentrale, Querbündel 120 Kanäle, mit Leitungszahlreservierung

Fernebenen angeboten werden. Das Querbündel zwischen den Transitzentralen wird nicht benützt, was erhebliche Einsparungen ermöglicht. Trotzdem ist in allen simulierten Fällen die Blockierungswahrscheinlichkeit über den ganzen Lastbereich niedriger als ohne Anrufrückgabe (auch im Vergleich zu grossen Querbündeln). Die zusätzliche Einsparung bei den Fernbündeln durch Anrufrückgabe beträgt bei SMT 3,8 %, bei DAR 2,6 % und bei DTM 1 %.

5 Schlussfolgerungen

Da die Untersuchungen in einem symmetrischen Modellnetz durchgeführt wurden und auf vielen Annahmen beruhen, können die Ergebnisse nicht direkt auf das wirkliche Netz angewendet werden. Es lassen sich aber einige Schlüsse daraus ziehen:

1. Durch Transit über andere Netzgruppen ist es möglich, je nach Verfahren, Kapazitätseinsparungen der Fernbündel bis etwa 15 % zu erreichen.
2. Bei Kapazitätsverminderung eines einzelnen Fernbündels ergibt der Transit über andere Netzgruppen eine enorme Verbesserung für die betroffene Fernverkehrsbeziehung.
3. Bei schwerwiegenden Ereignissen wie Ausfall einer Transitzentrale und bei sehr grosser Überlast bringt

der Transit über andere Netzgruppen keine wesentliche Verbesserung.

4. Eine Leitungszahlreservierung verbessert das Verhalten bei hoher Last.
5. Eine Anrufrückgabe in den Knotenzentralen verbessert die Nutzung der Fernbündel zusätzlich und erlaubt, auf das Querbündel für Fernverkehr zwischen den Transitzentralen zu verzichten.

Bibliographie

- [1] Praz L. Schweizerisches Fernmeldenetz im Jahr 2000. Techn. Mitt. PTT, 69 (1991) 9, S. 378.
- [2] Revised Recommendation E.170: Traffic Routing, CCITT COM II-R 35-E, Juli 1992.
- [3] Regnier J. and Cameron W. H. State-Dependent Dynamic Traffic Management for Telephone Networks. IEEE Communications Magazine, Vol. 28, No. 10, 1990.
- [4] Gibbens R. J. et al. Dynamic alternative routing – modelling and behaviour. International Teletraffic Congress 12, 1988.
- [5] Songhurst D. J. Subscriber repeat attempts, congestion, and quality of service: a study based on network simulation. International Teletraffic Congress 10, 1983.

Zusammenfassung *Résumé*

Untersuchungen zur Verkehrslenkung im schweizerischen Fernnetz

Das schweizerische Telefonfernnetz wird in Zukunft stärker vermascht sein. Zusammen mit der Einführung rechnergesteuerter Vermittlungssysteme bieten sich neue Möglichkeiten der Verkehrslenkung. Nach einer Übersicht über Verkehrslenkverfahren für leitungsvermittelte Netze wird über Untersuchungen von vier verschiedenen Verfahren mit Computersimulation berichtet. Die Ergebnisse eines symmetrischen Modellnetzes zeigen, dass je nach Verfahren mit der Benützung von Überlaufwegen über eine zusätzliche Transitzentrale die Nutzung der Bündel sowohl im normalen Betrieb als auch bei Ausfällen wesentlich verbessert werden kann.

Etudes concernant l'acheminement du trafic dans le réseau interurbain suisse

A l'avenir, le maillage du réseau téléphonique interurbain suisse sera renforcé. En plus de l'introduction de systèmes de commutation à commande par programme enregistré, de nouvelles possibilités apparaissent en ce qui concerne l'acheminement du trafic. Un tour d'horizon des procédés d'acheminement du trafic applicables aux réseaux de transmission par commutation de circuits est suivi d'une présentation de quatre procédés avec simulation par ordinateur. Les résultats obtenus sur la base d'un réseau modèle symétrique révèlent que, selon le procédé, il est possible d'améliorer sensiblement le rendement des faisceaux tant en service normal qu'en cas de panne en utilisant des voies de débordement passant par un central de transit supplémentaire.

Riassunto

Analisi concernente l'istadamento del traffico nella rete interurbana svizzera

La rete telefonica svizzera avrà in futuro una struttura a maglia più fitta. Contemporaneamente all'introduzione di sistemi di commutazione comandati da calcolatori vengono create nuove possibilità d'istadamento del traffico. Dopo aver dato una panoramica delle procedure di istadamento del traffico per le reti a commutazione di circuito, gli autori presentano le analisi di quattro diverse procedure con simulazione computerizzata. I risultati di una rete modello simmetrica mostrano che a seconda della procedura è possibile migliorare notevolmente l'impiego dei fasci sia nell'esercizio normale sia durante interruzioni utilizzando vie alternative di trabocco attraverso una centrale di transito supplementare.

Summary

Study on the Routing in the Swiss Long Distance Network

The Swiss telephone network will be greatly intermeshed in the future. Together with the introduction of computer controlled switching systems, new possibilities of traffic control are at hand. After an outline of routing methods for circuit switched networks, the authors report on studies of four different methods with computer simulation. The results of a symmetric model network show that, depending on the method, with the use of overflow paths via a supplementary transit centre the utilization of the trunks as well in normal operation as in case of breakdowns can be considerably improved.