

**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

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 39 (1961)

**Heft:** 4

**Artikel:** Wesen und Probleme der Datenübertragung = La transmission des données et ses problèmes

**Autor:** Fontanellaz, G.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-875241>

### **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:** 30.04.2026

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

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von den Schweizerischen Post-, Telephon- und Telegraphen-Betrieben - Publié par l'entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses - Pubblicato dall'Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

G. FONTANELLAZ, Bern

## Wesen und Probleme der Datenübertragung

### La transmission des données et ses problèmes

621.391:651.14

In den letzten Jahren wurden immer grössere Rechenautomaten entwickelt, die ausserordentlich rasch Daten verarbeiten können. So existieren heute elektronische Rechenmaschinen, die ausser logischen Operationen mehr als eine Million Additionen bzw. Subtraktionen oder gegen 500 000 Multiplikationen je Sekunde durchführen können. In dem Masse, wie die Verbreitung von Datenverarbeitungs-maschinen zunimmt, wächst aber auch der Wunsch, diese über grössere Distanzen miteinander zu verbinden. Je nach den vorhandenen Anlagen und den gestellten Aufgaben sind die Anforderungen an ein Datenübertragungssystem verschieden.

Zur Erläuterung sind im folgenden stichwortartig einige Anwendungsbeispiele aufgeführt:

Ein Bankunternehmen eröffnet beispielsweise ein Rechenzentrum und möchte jeden Tag bei den Abrechnungen die Angaben der im Lande zerstreuten Filialen einbeziehen.

Oder eine Versicherungsgesellschaft wünscht mit Hilfe eines zentralgelegenen Rechenautomaten die administrativen Arbeiten zu vereinfachen und benötigt aus diesem Grunde eine Datenübertragung zwischen einem Rechenautomaten und ihren Vertretern.

Auch Fluggesellschaften haben ein grosses Bedürfnis, Daten zu übermitteln. Von irgendeiner Agentur sollte man in kurzer Zeit ermitteln können, ob auf bestimmten Kursen noch freie Flugplätze vorhanden sind. Entscheidet sich dann der Fluggast auf Grund der Angaben für einen Kurs, so ist die entsprechende Platzreservierung vorzunehmen.

Ces dernières années ont été mises au point des calculatrices automatiques toujours plus grandes, pouvant traiter des données à une vitesse extraordinairement rapide. Il existe aujourd'hui des calculatrices électroniques qui, outre les opérations logiques, peuvent faire plus d'un million d'additions, respectivement de soustractions ou environ 500 000 multiplications à la seconde. Plus les machines à traiter les données se répandent, plus aussi le désir de les relier entre elles à de grandes distances se fait pressant. Les exigences imposées à un système de transmission des données diffèrent selon les installations existantes et les tâches fixées.

Pour expliquer ce qui précède, nous mentionnerons quelques exemples d'application.

Par exemple, une société bancaire ouvre un centre calculateur et désire recevoir tous les jours les décomptes des succursales dispersées dans le pays.

Ou bien une société d'assurances désire, au moyen d'une calculatrice automatique centralisée, simplifier les travaux administratifs et a besoin, pour ce motif, d'une transmission des données entre une calculatrice automatique et ses représentants.

Les compagnies de navigation aérienne éprouvent aussi le besoin de transmettre des données. D'une agence quelconque, on devrait pouvoir établir à bref délai s'il existe encore des places libres sur des lignes déterminées. Si, d'après les indications reçues, le passager se décide pour un voyage, il faut réserver la place nécessaire.

En outre, le perfectionnement d'installations à traiter les données toujours plus puissantes a créé

Mit der Entwicklung immer leistungsfähigerer Datenverarbeitungsanlagen würde zudem ein neuer Wissenszweig geschaffen: die Unternehmensforschung oder Operations Research<sup>1</sup>. Sie erforscht die Zusammenhänge, die zwischen Planung und Organisation von Masseneinsätzen in grossen Unternehmungen bestehen, und versucht mit Hilfe wissenschaftlicher Methoden optimale Lösungen für die betrieblichen und betriebswirtschaftlichen Probleme zu finden. Grosse und ausgedehnte Unternehmungen werden versuchen, ihre Tätigkeit durch elektronische Datenverarbeitungsanlagen zu überwachen und zu steuern. Dies bedingt aber einen raschen und sicheren Austausch von Informationen zwischen den Hauptsitzen mit den teuren Datenverarbeitungscentren und den Zweigniederlassungen.

Die Unternehmensforschung befasst sich unter anderem auch mit Transportproblemen. Nehmen wir beispielsweise an, ein Bahnunternehmen verfügt über eine bestimmte Zahl von Güterwagen. An den verschiedenen Stationen treffen laufend Transportaufträge ein. Es stellt sich nun die Frage, wie die im Lande verteilten Güterwagen am besten zu verschiedenen sind, um die Transportkosten möglichst niedrig zu halten. Dieses Planungsproblem lässt sich am besten so lösen, dass eine zentralgelegene Datenverarbeitungsanlage entsprechend programmiert wird und mit den Angaben, die sie von den Stationen erhält, die optimale Lösung ausrechnet. Die nötigen Weisungen gehen dann wieder an die Stationen zurück.

Wie man an den angeführten Beispielen erkennt, handelt es sich bei der Datenübertragung um eine rasche und sichere Übermittlung von Angaben, die zur Lösung gewisser betrieblicher oder technischer Aufgaben dienen. Sie steht in engstem Zusammenhang mit den elektronischen Datenverarbeitungsanlagen.

Als wirtschaftliches Übertragungsmittel kommen die gewöhnlichen Telephon- und Telegraphenleitungen in Frage. Diese Übertragungswege bieten eine grosse Verbindungsmöglichkeit, die man mit Vorteil auch der Datenübertragung dienstbar machen möchte. Die fraglichen Leitungen wurden aber in erster Linie für die Bedürfnisse des Telephons und der Telegraphie dimensioniert, man wird sie deshalb nur unter gewissen Einschränkungen auch für eine Datenübertragung benutzen können.

Es ist wichtig, dass sich die Konstrukteure der Datenverarbeitungsanlagen und die Telephongesellschaften, soweit es die Datenübertragung betrifft, verständigen. Um die Arbeiten auf internationaler Ebene zu koordinieren, wurde im CCITT (Comité consultatif international télégraphique et téléphonique) eine grössere Arbeitsgruppe gebildet, die die Probleme bearbeitet, welche sich durch die Einführung der Datenübertragung ergeben. Ferner fand im Septem-

une nouvelle science: la recherche opérationnelle (Operations Research<sup>1</sup>). Elle étudie les relations qui existent dans la planification et l'organisation d'engagements massifs dans les grandes entreprises et essaie de trouver, à l'aide de méthodes scientifiques, les solutions les meilleures aux problèmes d'exploitation et économiques. Les grandes entreprises à plusieurs ramifications s'efforceront de surveiller et de diriger leur activité par des installations à traiter les données électroniques. Mais cela implique un échange rapide et sûr d'informations entre les sièges principaux, équipés d'un centre de traitement des données cher, et les succursales.

La recherche opérationnelle s'occupe, entre autres choses, aussi de problèmes de transport. Prenons l'exemple suivant: une compagnie de chemin de fer dispose d'un nombre déterminé de wagons de marchandises. Les ordres de transport parviennent au fur et à mesure aux diverses stations. Il s'agit de savoir comment les wagons de marchandises dispersés dans le pays devront être déplacés de la façon la plus appropriée, pour que les frais de transport soient maintenus aussi bas que possible. Ce problème de planification sera résolu au mieux par le fait qu'une machine à traiter les données centralisée établira un programme adéquat et trouvera la solution la meilleure au moyen des renseignements qu'elle reçoit des stations. Les instructions nécessaires seront alors communiquées aux stations.

Ces exemples montrent que la transmission des données est une transmission rapide et sûre d'indications qui servent à résoudre certaines tâches d'exploitation ou techniques. Elle est étroitement liée aux installations à traiter les données électroniques.

Les lignes téléphoniques et télégraphiques ordinaires sont des moyens de transmission économiques. Ces voies offrent de grandes possibilités de jonction, dont on pourrait se servir avantageusement aussi pour transmettre des données. Mais les lignes ont été avant tout calculées pour les besoins du téléphone et du télégraphe; c'est pourquoi elles ne pourront être utilisées pour transmettre des données que sous certaines restrictions,

Il est important que les constructeurs des installations à traiter les données et les sociétés des téléphones s'entendent, en tant qu'il s'agit de la transmission de données. Pour coordonner les travaux sur le plan international, le Comité consultatif international télégraphique et téléphonique (CCITT) a constitué un important groupe de travail, chargé d'étudier les problèmes résultant de l'introduction de la transmission des données. En outre, un symposium international pour la transmission des données a eu lieu à Delft (Pays-Bas) en septembre 1960. Quelque 600 personnes y prirent part.

Par données, on entend actuellement d'une façon toute générale un groupe de signaux ou de symboles

<sup>1</sup> Siehe *G. Fontanellaz*: Kurze Einführung in die Unternehmensforschung (Operations Research), Techn. Mitt. PTT Nr. 11/1960, S. 384 ff.

<sup>1</sup> Voir *G. Fontanellaz*: Kurze Einführung in die Unternehmensforschung (Operations Research), Bulletin Technique PTT 1960, N° 11, page 384 ss.

ber 1960 ein internationales Symposium für Datenübertragung in Delft (Holland) statt, an dem an die 600 Interessenten teilnahmen.

Als Daten bezeichnet man heute ganz allgemein eine Gruppe von vereinbarten Zeichen oder Symbolen, die den Inhalt einer Nachricht wiedergeben.

Die Fernmeldetechnik befasste sich unter anderem schon seit langem mit einer einfachen Art von Datenübertragung. Es ist die bekannte Telegraphie. Sie dient zur Übermittlung von Nachrichten beliebigen Inhalts in schriftlicher Form. Von einem Sendeort werden zum Empfangsort verabredete Stromzeichen übertragen, die je nach ihrem zeitlichen Eintreffen bestimmte Buchstaben, Zahlen oder andere Zeichen bedeuten. Durch die Erfindung des Fernschreibers gelang es, die Umsetzung und die Rückwandlung der Zeichen automatisch durchzuführen. Damit wurde ein Fernschreibnetz möglich, das jedem angeschlossenen Teilnehmer erlaubt, mit irgendeinem andern Teilnehmer in Verbindung zu treten.

Im Zusammenhang mit modernen Datenverarbeitungsanlagen handelt es sich nun bei der neuzeitlichen Datenübertragung darum, eine wesentlich grössere Informationsmenge bedeutend schneller und mit einer ausserordentlich hohen Zuverlässigkeit zu übermitteln. Die Anforderungen an ein leistungsfähiges Datenübertragungssystem sind somit sehr hoch.

Bezüglich der Übermittlungssicherheit ist eine Anpassung an die Zuverlässigkeit der Nachrichtenquelle erforderlich. Ist die zu übermittelnde Nachricht von einer menschlichen Handlung und deren Unzulänglichkeit abhängig, so verlangt man heute beispielsweise eine Sicherheit von etwa  $10^{-6}$  bis  $10^{-7}$ . Bei den elektronischen Rechenautomaten dagegen, bei denen sämtliche Operationen automatisch überprüft werden und die deshalb ausserordentlich zuverlässig arbeiten, ist sogar eine Sicherheit von  $10^{-8}$  bis  $10^{-9}$  erwünscht. Dies bedeutet, dass von 1 Milliarde übermittelten Zeichen nicht mehr als eines falsch sein darf!

Die Eigenschaften der verfügbaren Leitungen stehen den hohen Anforderungen an ein Datenübertragungssystem aber entgegen. Die endliche Bandbreite der Telephonkanäle, die Verzerrungen und die unvermeidlichen Störsignale beeinträchtigen die Brauchbarkeit dieser Verbindungswege. Man ist gezwungen, durch geeignete Modulationsarten und Codierungsverfahren diese Nachteile so gut als möglich wieder wettzumachen.

Welches sind nun die theoretischen Grundlagen einer Datenübertragung?

### *Informationstheorie*

Grundlage für alle wichtigen Systemsfragen ist heute die Informationstheorie. Sie gibt Auskunft über die massgebenden Beziehungen, die bei einer Nachrichtenübertragung gelten. Das Besondere in der Informationstheorie liegt darin, dass sie eine Nachrichtenmenge quantisiert und eine Nachrichteneinheit festlegt, mit der man den Informationsgehalt einer Nachricht zahlenmässig erfassen kann.

convenus qui reproduisent le contenu d'une information.

Depuis longtemps déjà, la technique des télécommunications s'est occupée, entre autres choses, d'un genre simple de transmission des données. C'est la télégraphie, qui sert à transmettre, sous forme écrite, des informations d'un contenu quelconque. D'un lieu d'émission au lieu de réception sont transmises des impulsions de courant convenues qui, suivant le moment de leur arrivée, indiquent des lettres, des chiffres ou d'autres signaux déterminés. En inventant le téléimprimeur, on réussit à transposer et à reproduire automatiquement les signaux. Il fut ainsi possible de créer un réseau de téléimprimeurs, permettant à chaque abonné raccordé de correspondre avec n'importe quel autre abonné.

Les installations modernes de traitement des données exigent actuellement des systèmes de transmission nouveaux qui permettent de transmettre une quantité d'informations beaucoup plus grande à une vitesse nettement plus rapide et avec une fidélité extraordinaire. Les exigences imposées à un système de transmission des données de grande capacité sont ainsi très élevées.

La fidélité de la transmission doit être adaptée à l'exactitude de la source d'information. Si l'information à transmettre dépend d'une action humaine et de son insuffisance, on exige actuellement, par exemple, une fidélité d'environ  $10^{-6}$  à  $10^{-7}$ . En revanche, pour les calculatrices automatiques électroniques où toutes les opérations sont vérifiées automatiquement et qui fonctionnent donc d'une façon extraordinairement sûre, il est même souhaitable d'avoir une fidélité de  $10^{-8}$  à  $10^{-9}$ . Cela signifie que, sur un milliard de signaux transmis, il ne peut y en avoir plus d'un de faux.

Mais les caractéristiques des lignes disponibles s'opposent aux exigences élevées d'un système de transmission des données. La largeur de bande limitée des canaux téléphoniques, les distorsions et les signaux perturbateurs inévitables entravent la possibilité d'utiliser ces voies de jonction. On est forcé de combattre aussi bien que possible ces inconvénients par des modulations et des codages appropriés.

Quels sont les principes théoriques d'une transmission des données?

### *Théorie de l'information*

La théorie de l'information est, actuellement, la base de toutes les questions importantes des différents systèmes. Elle renseigne sur les rapports déterminants qui font règle dans une transmission des informations. La particularité de la théorie de l'information réside dans le fait qu'elle quantifie l'information et qu'elle fixe une unité à l'aide de laquelle on peut déterminer numériquement la teneur d'une information.

Nous allons indiquer brièvement quelques notions fondamentales de la théorie de l'information, qui sont importantes pour la transmission des données.

Im folgenden wollen wir kurz einige wichtige Grundbegriffe der Informationstheorie, die bei der Datenübertragung von Bedeutung sind, angeben.

Als Nachrichtenvorrat oder Nachrichtenraum bezeichnet man die Anzahl der möglichen Nachrichten, die sich durch eine bestimmte Zahl von Nachrichtenelementen voneinander unterscheiden lassen. Ist die Anzahl der Symbole einer Nachricht  $n$  und die Anzahl der möglichen Symbole  $s$ , so ergibt sich der Nachrichtenvorrat  $V$  aus folgender Beziehung:

$$V = s^n$$

Beispielsweise beträgt der Nachrichtenvorrat einer

$$5\text{-stelligen Zahl} \quad V = 10^5$$

$$\text{Buchseite mit } n \text{ Buchstaben} \quad V = 25^n$$

Als Nachrichtenelemente oder Nachrichtensymbole kommen allgemein in Frage: Zweierschritte, Zahlen bzw. Ziffern oder Buchstaben. Der Zweierschritt oder das «bit» (abgeleitet von «binary digit») spielt in der Informationstheorie eine besondere Rolle. Es ist die Wahl zwischen zwei Möglichkeiten, zum Beispiel: ja oder nein beziehungsweise plus oder minus, und stellt die kleinste Nachricht dar, die es gibt. Den Zweierschritt (Binärziffer) wählte man deshalb als Nachrichteneinheit.

Der Informationsinhalt oder der Informationsgehalt ( $G$ ) einer Nachricht ist gegeben durch die minimal erforderliche Zahl der Zweierschritte (Anzahl der Binärziffern), die nötig sind, um auf Grund der vereinbarten Abmachungen aus dem gesamten Nachrichtenvorrat eine ganz bestimmte Nachricht festzulegen. Der Informationsinhalt wird in «bit» angegeben.

$$G = \log_2 V = n \log_2 s \quad [\text{bit}]$$

Der logarithmische Zusammenhang mit der Anzahl der Symbole ergibt sich aus der Natur der Sache. Man kann zeigen, dass sich jede beliebige Nachricht verschlüsseln und durch Zweierschritte darstellen lässt. Jede Nachricht besitzt damit einen bestimmten Nachrichtengehalt.

In vielen Fällen werden zur Festlegung einer Nachricht bedeutend mehr Nachrichteneinheiten verwendet, als unbedingt erforderlich wären. Dies führt zu einer Weitschweifigkeit ( $W$ ) oder Redundanz einer Nachricht. Sie ist gegeben durch die folgende Beziehung

$$W = \frac{G_{\max} - G}{G_{\max}}$$

Es bedeuten:

$G_{\max}$  = maximalmöglicher Nachrichtengehalt

$G$  = tatsächlicher Nachrichtengehalt

Als Nachrichtenfluss wird die Nachrichtenmenge beziehungsweise der Informationsgehalt je Zeiteinheit bezeichnet, die von einer Nachrichtenquelle erzeugt oder von einem Übertragungssystem übermittelt wird. Die Einheit des Nachrichtenflusses ist das bit/s oder das Baud. Die Grösse des anfallenden Flusses ist bei der Dimensionierung eines Datenübertragungssystems von ausschlaggebender Bedeutung.

On désigne par provision ou étendue d'informations le nombre des informations possibles qui se différencient les unes des autres par un nombre déterminé d'éléments d'information. Si le nombre des symboles d'une information est ( $n$ ) et celui des symboles possibles ( $s$ ), le rapport suivant donne la provision d'informations ( $V$ ):

$$V = s^n$$

Par exemple, la provision d'informations

$$\text{d'un nombre à 5 chiffres est} \quad V = 10^5$$

$$\text{d'une page de livre à } n \text{ lettres est} \quad V = 25^n$$

Entrent généralement en considération comme éléments ou symboles d'information: les unités binaires, les nombres, les chiffres ou les lettres. L'unité binaire ou le «bit» (dérivé de «binary digit») joue un rôle particulier. C'est le choix entre deux possibilités, par exemple oui ou non, plus ou moins, et représente la plus petite information qui soit. C'est pourquoi on a choisi l'unité binaire comme unité d'information.

Le contenu ou la teneur ( $G$ ) d'une information sont donnés par le nombre minimum exigé des unités binaires (nombre des chiffres binaires) qui sont nécessaires pour fixer, d'après les arrangements convenus, une information bien précise de toute la provision d'informations. Le contenu de l'information est indiqué en «bit».

$$G = \log_2 V = n \log_2 s \quad [\text{bit}]$$

La relation logarithmique avec le nombre des symboles découle de la nature de l'affaire. On peut montrer que n'importe quelle information peut être chiffrée et représentée par des unités binaires. Chaque information possède une teneur pouvant être déterminée.

Dans nombre de cas, on utilise, pour définir une information, beaucoup plus d'unités que cela ne serait absolument nécessaire. Cela conduit à la redondance ( $W$ ) d'une information. Elle est donnée par la relation suivante:

$$W = \frac{G_{\max} - G}{G_{\max}}$$

où

$G_{\max}$  = teneur la plus grande possible d'une information

$G$  = teneur effective d'une information

Par flux d'information, on désigne la quantité d'information, respectivement la teneur d'information par unité de temps qu'une source d'information peut produire ou qu'un système de transmission transmet. L'unité du flux d'information est le bit/s ou le baud. Lorsqu'on dimensionne un système de transmission des données, il faut se rappeler que la valeur du flux est d'une importance décisive.

Shannon a prouvé que chaque voie de transmission ne peut transmettre qu'une quantité d'information maximum bien définie par unité de temps. On appelle cette valeur maximum du flux la capacité du canal de transmission. Elle dépend en premier lieu de la largeur de bande de fréquences et du rapport du

Shannon hat nachgewiesen, dass jeder technische Übertragungskanal nur eine ganz bestimmte höchste Nachrichtenmenge je Zeiteinheit übermitteln kann. Diesen Höchstwert eines scheinbaren Flusses nennt man die Kapazität des Übertragungskanals. Sie ist in erster Linie von der Frequenzbandbreite und vom Signal-Geräusch-Verhältnis abhängig. Der informationstheoretische Begriff der Kanalkapazität lässt sich als logarithmisches Mass der Anzahl der eindeutig übertragbaren Signale angeben:

$$C = B \cdot \log_2 k \left( 1 + \frac{S}{R} \right) \quad [\text{bit/s}]$$

In dieser Beziehung bedeuten:

- C = Kanalkapazität
- B = Frequenzbandbreite
- S = Signalleistung am Kanalausgang
- R = Rauschleistung am Kanalausgang
- S/R = niederfrequentes Leistungsverhältnis von Nutzsignal zu Rauschen
- k = Faktor zur Berücksichtigung der Rauschverteilung. Für weisses Rauschen ist  $k = 1$ .

In vielen Systemen findet die Übertragung der Signale aber nicht in der ursprünglichen Form statt. Mit Hilfe eines Modulationsverfahrens setzt man die Signale oft in einen höheren Frequenzbereich um. Die Störbeeinflussung durch Rauschen geschieht dann im Trägerfrequenzbereich. Für die verschiedenen Modulationsarten (beispielsweise AM, FM, Impulsphasen-, Impulslängenmodulation) lassen sich funktionelle Beziehungen zwischen dem niederfrequenten und trägerfrequenten (hochfrequenten) Signal-Geräusch-Verhältnis angeben und in der Formel für die niederfrequente Kanalkapazität einsetzen.

Allgemein erhält man:

$$C = B \cdot \log_2 k \left[ 1 + \frac{P}{N} \cdot f \left( \frac{F}{B} \right) \right]$$

Dabei ist:

- P = trägerfrequente Signalleistung
- N = trägerfrequente Geräuschleistung
- F = trägerfrequente Bandbreite
- B = niederfrequente Bandbreite
- F/B = Bandüberhöhung
- f = von der Modulationsart abhängige Funktion

Bei Systemuntersuchungen bestimmt man den von einer Nachrichtenquelle abgegebenen Nachrichtenfluss und vergleicht diesen mit der Kanalkapazität, dem maximalen Nachrichtenfluss, der ein gegebenes Übertragungssystem zu bewältigen imstande ist. Deckt sich der Nachrichtenfluss der Quelle mit dem maximal möglichen Fluss des Übertragungskanals, so ist der Kanal optimal ausgenutzt. In diesem Fall wird mit minimalem Aufwand die gewünschte Nachricht gerade noch übertragen.

Bei der Datenübertragung ist man nun bestrebt, möglichst nahe an dieses Optimum heranzukommen. Man erreicht damit einen niedrigen Preis je Nachrichteneinheit und eine gute Wirtschaftlichkeit.

bruit au signal. La notion théorique de la capacité du canal peut être indiquée comme une mesure logarithmique du nombre des signaux parfaitement transmissibles:

$$C = B \cdot \log_2 k \left( 1 + \frac{S}{R} \right) \quad [\text{bit/s}]$$

où

- C = capacité du canal
- B = largeur de bande de fréquences
- S = puissance du signal à la sortie du canal
- R = puissance du bruit à la sortie du canal
- S/R = rapport de puissance à basse fréquence du signal utile au bruit
- k = facteur destiné à tenir compte de la répartition du bruit. Pour le bruit blanc,  $k = 1$ .

Mais, dans beaucoup de systèmes, la transmission des signaux n'a pas lieu sous la forme originale. A l'aide d'un procédé de modulation, on transpose fréquemment les signaux dans une bande de fréquences supérieure. L'influence perturbatrice due au bruit se fait alors sentir dans la bande des fréquences porteuses. Pour les différents genres de modulation (par exemple AM, FM, modulation de position, modulation par impulsions de durée), des relations fonctionnelles peuvent être indiquées entre le rapport signal/bruit à basse fréquence et à fréquence porteuse (haute fréquence) et être insérées dans la formule pour la capacité de canal à basse fréquence.

On obtient généralement:

$$C = B \cdot \log_2 k \left[ 1 + \frac{P}{N} \cdot f \left( \frac{F}{B} \right) \right]$$

où

- P = puissance du signal à fréquence porteuse
- N = puissance du bruit à fréquence porteuse
- F = largeur de bande à fréquence porteuse
- B = largeur de bande à basse fréquence
- F/B = élargissement de la bande par la modulation
- f = fonction dépendante du genre de modulation.

Lorsqu'on procède à des examens de systèmes, on détermine le flux d'information donné par une source d'information et on le compare avec la capacité du canal, le flux d'information maximum, qu'un système de transmission donné est à même de satisfaire. Si le flux d'information de la source coïncide avec le flux maximum possible du canal de transmission, le canal est utilisé au maximum. Dans ce cas, l'information désirée sera justement encore transmise avec le minimum de dépenses.

Pour la transmission des données, on s'est efforcé d'arriver aussi près que possible de ce maximum. On obtient ainsi un prix modique par unité d'information et un bon rendement économique.

En outre, la vitesse de transmission augmente lorsque la capacité du canal est utilisée de façon optimum. Cela est particulièrement souhaitable, pour qu'il soit possible de faire face dans une certaine mesure à l'important flux d'information des instal-

Ferner steigt bei zweckmässiger Ausnutzung der Kanalkapazität die Übermittlungsgeschwindigkeit. Dies ist erwünscht, um den grossen Nachrichtenfluss der modernen elektronischen Datenverarbeitungsanlagen einigermassen bewältigen zu können.

Bei einer Datenübertragung ist aber nicht nur die Übermittlungsgeschwindigkeit, sondern auch die Übermittlungssicherheit von grosser Bedeutung. Je nach den vorhandenen Störeinflüssen, der verlangten Sicherheit und dem technisch zulässigen Aufwand kann sich der theoretisch grösstmögliche Nachrichtenfluss beträchtlich verkleinern.

Es erhebt sich somit die fundamentale Frage, welchen Nachrichtenfluss, das heisst wieviele bit/s man mit einem Minimum an Fehlern über eine Telephonleitung senden kann.

Die heutigen Studien auf dem Gebiete der Datenübertragung haben zum Ziel, unter den gegebenen Bedingungen und technischen Voraussetzungen ein optimal arbeitendes System zu finden. Die Untersuchungen lassen sich in zwei Richtungen einteilen:

1. geht es darum, die einzelnen Nachrichtenelemente auf einer Leitung so zu übertragen, dass sie durch die vorhandenen Störeinflüsse möglichst wenig verändert werden.

2. ist, unabhängig davon, eine geschickte Verschlüsselung der Daten zu wählen, die eine Fehlererkennung oder sogar eine automatische Fehlerkorrektur ermöglicht.

#### *Signalübertragung*

Um die zweckmässigste Signalübertragung zu finden, muss man im einzelnen die Eigenschaften der Leitungen kennen und verschiedene Modulationsarten in bezug auf ihre Störfestigkeit untersuchen. Die folgenden beiden Ursachen sind in erster Linie für die störende Beeinflussung der gesendeten Signale verantwortlich:

1. Verformung durch Dämpfungs- und Laufzeitverzerrungen der Leitung,
2. Maskierung durch Fremdspannungen oder Störimpulse.

Die Dämpfungs- und vor allem die Laufzeitverzerrungen bestimmen in einem Datenübertragungssystem weitgehend die obere Grenze des Nachrichtenflusses. Je grösser die Übermittlungsgeschwindigkeit der Daten ist, desto breiter wird auch die benötigte Frequenzbandbreite. Übersteigen die Verzerrungen in diesem Band ein gewisses Mass, so werden die gesendeten Signale so stark verformt, dass eine Datenübertragung verunmöglicht wird. Um die ganze Bandbreite eines Telephonkanals ausnützen zu können, muss man deshalb vielfach Laufzeitentzerrer einbauen.

Die unvermeidlichen Störsignale in der Übertragungsleitung führen zu Übermittlungsfehlern. Neben kürzern und längern Leitungsunterbrüchen sind es vor allem die sporadisch und stossweise auftretenden Geräuschspitzen, die einen störenden Einfluss haben.

lations électroniques modernes de traitement des données.

Dans une transmission de données, non seulement la vitesse de transmission est d'une grande importance, mais aussi la sécurité. Suivant les influences perturbatrices existantes, la sécurité demandée et les efforts techniques admis, le flux d'information théorique le plus grand possible peut être diminué considérablement.

La question fondamentale se pose donc: quel flux d'information, c'est-à-dire combien de bits/s peut-on transmettre sur une ligne téléphonique avec un minimum d'erreurs?

Les études actuelles dans le domaine de la transmission des données visent à trouver un système fonctionnant à la perfection dans les conditions données et les hypothèses techniques posées. Les recherches s'aiguillent dans deux directions:

1. Il s'agit de transmettre les divers éléments d'information sur une ligne de façon que les influences perturbatrices existantes les modifient aussi peu que possible.
2. Il faut, indépendamment de cela, choisir un chiffrement convenable des données, qui permette de détecter les erreurs ou même de les corriger automatiquement.

#### *Transmission des signaux*

Pour trouver la transmission des signaux la plus appropriée, on doit connaître en détail les caractéristiques des lignes et étudier divers genres de modulation, en ce qui concerne leur résistance aux dérangements. Les deux causes suivantes sont, en premier lieu, à l'origine de l'influence perturbatrice des signaux émis:

1. Déformation par distorsions d'affaiblissement et distorsions de phase.
2. Masquage par tensions étrangères ou impulsions perturbatrices.

Les distorsions d'affaiblissement et surtout les distorsions de phase déterminent en grande partie dans un système de transmission des données la limite supérieure du flux d'information. Plus la vitesse de transmission des données est grande, plus la bande de fréquences nécessaire est large. Si les distorsions dépassent dans cette bande une certaine limite, les signaux émis sont si fortement déformés que toute transmission de données devient impossible. Pour pouvoir utiliser toute la largeur de bande d'un canal téléphonique, on doit, par conséquent, fréquemment insérer des correcteurs de phase.

Les signaux perturbateurs inévitables sur la ligne de transmission provoquent des erreurs de transmission. Outre les interruptions de ligne plus ou moins longues, ce sont surtout les pointes de bruit se produisant sporadiquement et par à-coups qui exercent une influence perturbatrice.

En téléphonie, les bruits perturbateurs de brève durée n'entravent la capacité de la ligne de transmission que de façon presque imperceptible. La pa-

In der Telephonie beeinträchtigen kurzzeitige Störgeräusche die Brauchbarkeit der Übertragungsleitung nur unwesentlich. Die Sprache besitzt an sich eine so grosse Weitschweifigkeit, dass die Person am Empfangsort imstande ist, festzustellen, wenn in der Übertragung etwas nicht stimmt. Entweder ergänzt sie dann von sich aus die fehlende Silbe, korrigiert das verstümmelte Wort oder macht eine Rückfrage und verlangt eine Wiederholung.

In einem Übertragungssystem mit geringer Weitschweifigkeit ist es dagegen viel schwieriger, zwischen Nutzsignal und Störsignal zu unterscheiden. Die einzelnen Nachrichtenelemente haben keine Beziehung zu den Nachbarelementen, und jedes empfangene Signal muss ohne irgendwelche Kontrollmöglichkeit zur Identifikation der gesendeten Nachricht benutzt werden. Ein kurzer Störimpuls kann ein solches Nachrichtenelement vortäuschen oder eines unterdrücken.

Bei der Dimensionierung eines Datenübertragungssystems spielen deshalb die verlangte Übermittlungssicherheit auf der einen Seite und die auf der Leitung vorhandenen Störeinflüsse auf der andern Seite eine ausschlaggebende Rolle.

Wie schon die Gleichung für die Kanalkapazität zeigt, wird der maximale Nachrichtenfluss durch den Nutz-Stör-Signalabstand stark beeinflusst.

Leider ist es einer Nachrichtenquelle nicht möglich, in prophetischer Schau den Zustand einer Leitung für jeden Zeitpunkt zum voraus zu ermitteln und sich einem stark schwankenden Nutz-Stör-Signalabstand anzupassen. Man ist gezwungen, durch geeignete Codierungsverfahren und Modulationssysteme der Störbeeinflussung entgegenzuwirken.

Im Vordergrund steht heute die Übertragung in zeitlich gestaffelten Zweierschritten. Dies bedeutet, dass je Zeiteinheit nur eine Nachrichteneinheit übermittelt wird. Als klassisches Beispiel kann man hier etwa die Stromimpulse beim Telegraphen anführen. In bestimmten Zeitabständen prüft der Empfänger lediglich, ob ein Plus- oder ein Minus-Impuls vorhanden ist; die absolute Grösse des Impulses, seine Amplitude, ist dagegen belanglos.

Mit einem solchen binären Digital-System lassen sich theoretisch auf einer idealen Telephonleitung mit einer Bandbreite von 3000 Hz im Maximum 6000 Baud übertragen. Infolge der vorhandenen Störeinflüsse, der verlangten Sicherheit und des zulässigen technischen Aufwands besitzen die heutigen Anlagen aber nur Werte, die zwischen 500 und 2000 Baud liegen.

Die Phasen- und die Frequenzmodulation erwiesen sich besonders gegen «weisses Rauschen» und gegen Phasenverzerrungen am unempfindlichsten. Sie stehen heute im Vordergrund der Untersuchungen. In *Figur 1* ist das Prinzip einer Phasensprungmodulation erkennbar.

Die Nachricht besteht aus einer Impulsfolge (a). Ferner ist ein mit der Impulsfolge synchrones sinusförmiges Referenzsignal (b) vorhanden. Der Modulationsvorgang besteht darin, dass bei einem nega-

role possède en elle-même une si grande redondance que la personne qui se trouve au lieu de réception est à même de constater si la transmission n'est pas tout à fait bonne. Ou bien elle complète d'elle-même la syllabe manquante, corrige le mot mutilé, ou alors se renseigne et demande que le correspondant répète ce qu'il a dit.

Dans un système de transmission à faible redondance, il est en revanche beaucoup plus difficile de distinguer entre le signal utile et le signal perturbateur. Les éléments d'information isolés n'ont aucun rapport avec les éléments voisins et chaque signal reçu doit, sans aucune possibilité de contrôle, être utilisé pour identifier l'information transmise. Une brève impulsion perturbatrice peut simuler un élément d'information ou en supprimer un.

La sécurité exigée pour la transmission, d'une part, et les influences perturbatrices existantes, d'autre part, jouent un rôle déterminant lors du choix du système de transmission des données.

L'équation pour la capacité du canal montre que le flux d'information maximum est fortement influencé par l'écart entre le signal utile et le signal perturbateur.

Il n'est malheureusement pas possible à une source d'information de connaître exactement à l'avance l'état d'une ligne à tout instant et de s'adapter à l'écart entre le signal utile et le signal perturbateur variant fortement. On est forcé de lutter contre l'influence perturbatrice par des procédés de codage et des systèmes de modulation appropriés.

La transmission se fait actuellement avant tout en unités binaires réparties dans le temps. Cela signifie que seule une unité d'information est transmise par unité de temps. On peut citer comme exemple classique les impulsions de courant du télégraphe. A intervalles de temps déterminés, le récepteur contrôle uniquement s'il existe une impulsion positive ou négative; la grandeur absolue de l'impulsion, son amplitude, est en revanche sans importance.

Un tel système digital binaire permet de transmettre théoriquement au maximum 6000 bauds sur une ligne téléphonique idéale ayant une largeur de bande de 3000 Hz. Du fait des influences perturbatrices existantes, de la sécurité exigée et des prestations techniques admises, les installations actuelles ne possèdent que des valeurs variant entre 500 et 2000 bauds.

La modulation de phase et la modulation de fréquence se sont révélées être le plus insensibles spécialement «au bruit blanc» et aux distorsions de phases. C'est pourquoi elles se trouvent actuellement au premier plan des recherches. La *figure 1* montre le principe d'une modulation de déphasage.

L'information se compose d'une série d'impulsions (a). De plus, il existe un signal de référence (b) sinusoïdal synchrone à la série d'impulsions. Le processus de modulation réside dans le fait que la phase du signal de référence a fait une rotation de 180 degrés lorsqu'une impulsion d'information est négative. Le

tiven Nachrichtenimpuls die Phase des Referenzsignals um  $180^\circ$  gedreht wird. Der Phasensprung erfolgt beim Nulldurchgang des Referenzsignals. Am Ausgang des Senders erscheint das phasenetastete Referenzsignal (c).

Auf der Empfangsseite kann man leicht aus dem phasenetasteten Referenzsignal das Referenzsignal (d) selber wieder gewinnen. Die Demodulation geschieht dann in der Weise, dass bei negativer Halbwellen des Referenzsignals das empfangene Signal um  $180^\circ$  gedreht wird. Man erhält eine Folge von gepolten Halbwellen (e), die der ursprünglichen Impulsfolge entspricht. Mit Hilfe eines Tiefpassfilters und eines Impulsformers lässt sich dann leicht die gesendete Nachricht wieder herstellen (f).

Mit einem Referenzsignal, das beispielsweise eine Frequenz von 1500 Hz besitzt, lässt sich bei 2 Perioden je Nachrichteneinheit ein Nachrichtenfluss von 750 Baud erreichen. Das benötigte Frequenzband des phasenetasteten Signals erstreckt sich dabei ungefähr von 750...2250 Hz.

Beim Verfahren der Frequenzastung wird ein Träger frequenzmoduliert. Zwei Frequenzen links und rechts des Trägers markieren die beiden Zustände des Zweierschrittes. Um nicht ein unnötig breites Frequenzspektrum durch Einschwingvorgänge zu erhalten, geschieht die Umtastung von einer Frequenz auf die andere mit einer dem Nachrichtenfluss angepassten Geschwindigkeit. Wählt man bei einem Nachrichtenfluss von 750 Baud beispielsweise für die Trägerfrequenz wieder 1500 Hz und für die beiden Markierfrequenzen 1125 und 1875 Hz, so erstreckt sich das benötigte Frequenzband, ähnlich wie beim phasenetasteten Signal, auch ungefähr von 750 bis 2250 Hz. Ein Beispiel eines frequenzgetasteten Signals zeigt *Figur 2*.

Sowohl die Phasensprungmodulation als auch die Modulation mit Frequenzastung wurden in ausgedehnten Messreihen auf Telephonleitungen eingehend untersucht. Wie die Versuche ergaben, unterscheiden sich die beiden Modulationsarten bezüglich ihrer Brauchbarkeit für die Datenübertragung nicht stark voneinander.

Bei beiden Systemen dürfen die Laufzeitverzerrungen im benötigten Frequenzband die Dauer eines

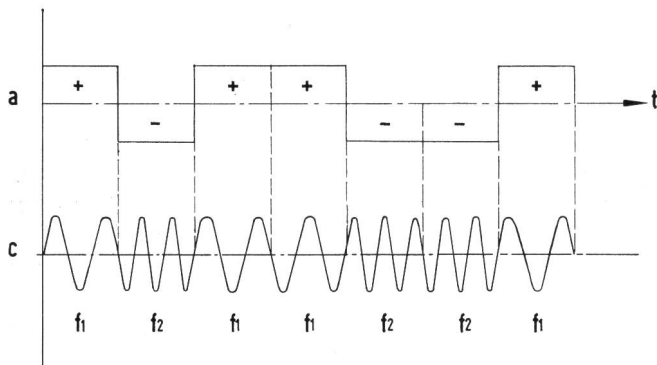


Fig. 2. Frequenzastmodulation  
Modulation de la variation en fréquence

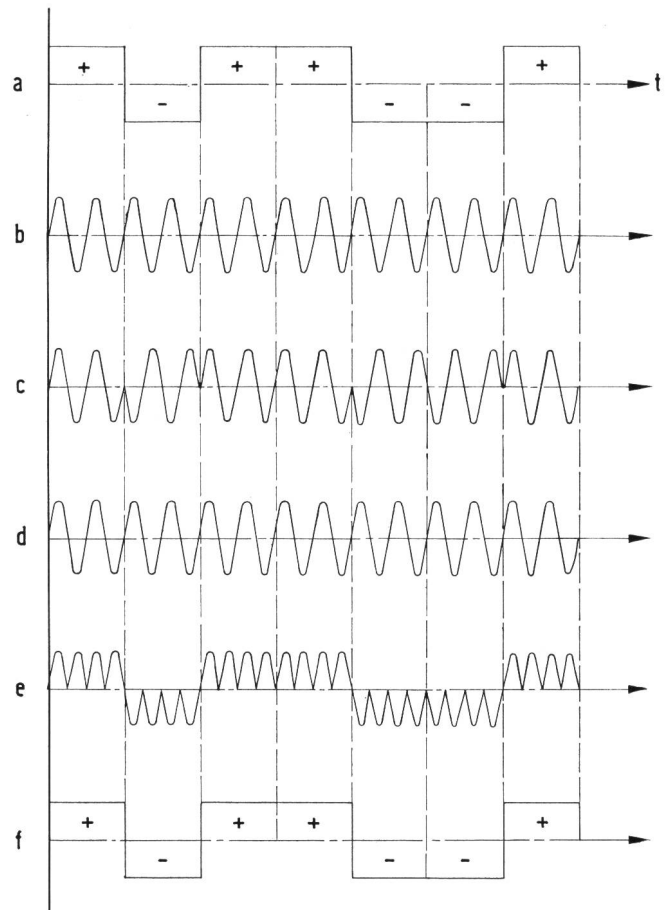


Fig. 1. Phasensprungmodulation – Modulation de déphasage

déphasage se produit lorsque le signal de référence passe à zéro. Le signal de référence varié en phase (c) apparaît à la sortie de l'émetteur.

Côté réception, on peut facilement obtenir à nouveau le signal de référence (d) lui-même à partir du signal de référence varié en phase. La démodulation a lieu de telle façon que, lorsque la demi-onde du signal de référence est négative, le signal reçu est déphasé de 180 degrés. On obtient une succession de demi-ondes polarisées (e) qui correspond à la série d'impulsions initiale. Un filtre passe-bas et un correcteur d'impulsions rétablissent aisément l'information transmise.

Avec un signal de référence possédant, par exemple, une fréquence de 1500 Hz, on arrive à un flux d'information de 750 bauds à deux périodes par unité d'information. La bande de fréquences nécessaire du signal varié en phase s'étend alors de 750 à 2250 Hz.

Dans la méthode de la variation de fréquence, une porteuse est modulée en fréquence. Deux fréquences à gauche et à droite de la porteuse marquent les deux états de l'unité binaire. Pour que des phénomènes transitoires ne provoquent pas un spectre de fréquences inutilement large, le renversement d'une fréquence sur l'autre se fait à une vitesse adaptée au flux d'information. Si, pour un flux d'information de 750 bauds par exemple, on choisit à nouveau 1500 Hz pour la fréquence porteuse et 1125

Nachrichtenelemente nicht wesentlich überschreiten. Dies bedeutet, dass bei einem Nachrichtenfluss von 1000 Baud die Laufzeitverzerrungen  $\leq 1$  ms sein sollten. Um diese Forderung einhalten zu können, wird man bei grösseren Übermittlungsgeschwindigkeiten ( $\geq 1000$  Baud) spezielle Laufzeitentzerrer einsetzen müssen.

Ferner muss man heute bei einem Sendepiegel von  $-17$  dBm am Relativpegelpunkt 0 (mittlere Belastung eines Tf-Kanals) infolge der Störgeräusche und kurzen Unterbrechungen mit folgenden ungefähren, relativen Fehlern der übermittelten Nachrichteneinheiten rechnen:

bei Wahlleitungen über automatische Zentralen zirka  $10^{-4}$ ,

bei geschalteten Verbindungen, Mietleitungen zirka  $10^{-5}$ .

Diese Werte können ziemlich stark streuen und sind von den elektrischen Eigenschaften der Leitungen, dem Zustand der gewählten Ausrüstungen und vor allem von der Belegung der Zentralen und Verbindungswege abhängig. Die Fehler treten in kurzen Schüben auf, die eng mit den Wahlgeräuschen in Beziehung stehen. Zudem können gewisse Zusatzeinrichtungen, wie zum Beispiel erdsimultane 50-Hz-Taxmeldeanlagen durch ihre grossen Störgeräusche die Fehlerhäufigkeit beträchtlich verschlechtern.

Die Grösse der Übermittlungsgeschwindigkeit hat dagegen keinen grossen Einfluss auf die relative Fehlerhäufigkeit. Für die Anzahl der Fehler je Zeiteinheit ist allein die mittlere Störenergie im benötigten Frequenzband verantwortlich. Beim halben Nachrichtenfluss mit einer halb so grossen Bandbreite gibt es auch nur halb so viele Fehler. Das Verhältnis von richtig zu falsch übermittelten Nachrichteneinheiten bleibt damit konstant.

Wie die voranstehenden Werte unmissverständlich zeigen, verursachen die automatischen Zentralen etwa zehnmal mehr Fehler als die Leitungen. Vor allem sind es die Wähler in den Zentralenverbindungen, die neben Knackgeräuschen auch kurzzeitige Unterbrüche erzeugen. Hier werden später die geräuscharmen elektronischen Zentralen grosse Vorteile bieten.

Leider sind die vorhandenen Fehlerhäufigkeiten bei den beiden Modulationsarten gegenüber der geforderten Sicherheit aber noch um mehrere Grössenordnungen zu gross. Durch geeignete Codierungsverfahren versucht man deshalb die unvermeidlichen Übermittlungsfehler am Empfangsort automatisch festzustellen und durch entsprechende Massnahmen zu korrigieren.

#### *Codierungsverfahren*

Der Zweck einer Verschlüsselung liegt darin, falsch empfangene Daten zu erkennen. Den eigentlichen Nachrichtenzeichen werden nach bestimmten Methoden sogenannte Kontrollelemente hinzugefügt, die zwar den tatsächlichen Nachrichtenfluss vermindern, aber ermöglichen, die Übertragungssicherheit

et 1875 Hz pour les deux fréquences de marquage, la bande de fréquences nécessaire s'étend, de façon analogue au signal varié en phase, d'environ 750 à 2250 Hz. La *figure 2* illustre un exemple de signal varié en fréquence.

La modulation de déphasage brusque et la modulation avec variation de la fréquence ont été minutieusement étudiées par de très nombreuses mesures sur des lignes téléphoniques. Les essais ont démontré que, en ce qui concerne leur possibilité d'emploi pour la transmission de données, les deux genres de modulation ne diffèrent pas beaucoup l'un de l'autre.

Dans les deux systèmes, les distorsions de phases dans la bande de fréquences nécessaire ne doivent pas dépasser sensiblement la durée d'un élément d'information. Cela signifie que, pour un flux d'information de 1000 bauds, les distorsions de phases devraient être égales ou inférieures à 1 ms. Pour pouvoir observer cette exigence, on devra insérer des correcteurs de phase spéciaux pour les vitesses de transmission élevées ( $\geq 1000$  bauds).

De plus, on doit actuellement compter, pour un niveau d'émission de  $-17$  dBm au point relatif 0 (charge moyenne d'une voie téléphonique), avec les erreurs approximatives suivantes des unités d'information transmises, du fait des bruits perturbateurs et de brèves interruptions:

Pour des lignes de sélection empruntant les centraux automatiques, environ  $10^{-4}$ .

Pour les liaisons connectées, lignes louées, environ  $10^{-5}$ .

Ces valeurs peuvent diverger assez fortement et dépendent des caractéristiques électriques des lignes, de l'état des équipements choisis et surtout de l'occupation des centraux et des voies de jonction. Les défauts se présentent sous la forme de séries de bruits qui sont étroitement liés aux bruits de sélection. De plus, certains dispositifs complémentaires, par exemple les indicateurs de taxe 50 Hz à terre-simultanée, peuvent rendre la fréquence des défauts nettement plus mauvaise du fait de leurs bruits perturbateurs élevés.

En revanche, l'importance de la vitesse de transmission n'a pas une grande influence sur la fréquence relative des défauts. Seule l'énergie perturbatrice moyenne dans la bande de fréquences nécessaire provoque le nombre des défauts par unité de temps. La moitié du flux d'information avec une demi-largeur de bande ne donne que la moitié des défauts. Le rapport entre les unités d'information transmises correctement et celles qui ne le sont pas est donc constant.

Les valeurs susmentionnées démontrent sans conteste possible que les centraux automatiques occasionnent environ dix fois plus d'erreurs que les lignes. Ce sont avant tout les sélecteurs dans les liaisons entre centraux qui, outre les clics, engendrent aussi des interruptions de brève durée. En l'occurrence, les centraux électroniques fonctionnant pour ainsi dire sans bruit offriront par la suite de grands avantages.

wesentlich zu erhöhen. Die hinzugefügten Kontroll-elemente können neben der Fehlererkennung unter Umständen sogar zur automatischen Fehlerkorrektur bei einfachen Fehlern benützt werden.

Als Beispiel eines leistungsfähigen Fehlererkennungs-Code nehmen wir den sogenannten 4-aus-8-Code. Ein Symbol oder Nachrichtenzeichen besteht bei ihm aus einer Kombination von acht Zweierschritten. Aus diesen acht Zweierschritten lassen sich grundsätzlich 256 verschiedene Nachrichtenzeichen kombinieren. Zur Übermittlung werden aber nur die 70 Kombinationen gewählt, die 4 + Impulse und 4 — Impulse aufweisen. Am Empfangsort wird zur Fehlererkennung dann geprüft, ob dieses Verhältnis von 4 + zu 4 — vorhanden ist. Sobald dieses Verhältnis nicht stimmt, wird über den Rückweg automatisch eine Wiederholung des fehlerhaften Zeichens verlangt.

Leider ist die Übermittlungssicherheit bei einem solchen Code nicht absolut. Wird in einem Nachrichtenzeichen durch Störungen zufälligerweise die gleiche Zahl + Impulse zugesetzt, wie unterdrückt, so bleibt das Verhältnis 4 + zu 4 — erhalten. Die durch solche Transpositionen bedingten Übermittlungsfehler werden nicht erkannt und können deshalb auch nicht korrigiert werden.

Dieser 4-aus-8-Code besitzt gegenüber einem einfachen Code mit 6 Zweierschritten, der ungefähr die gleiche Zahl von Nachrichtenzeichen besitzt, eine Weitschweifigkeit von 0,25. Die Fehlerhäufigkeit der nicht erkannten Fehler kann aber durch eine solche Codierung um den Faktor von etwa 100 reduziert werden. Die Verbesserung hängt stark von der statistischen Verteilung der auftretenden Störgeräusche ab. Wie man leicht erkennt, ist der Gewinn in der Übertragungssicherheit im Vergleich zur erhöhten Weitschweifigkeit beträchtlich.

Dieses Codierungsverfahren wird sehr oft auch mit andern Verhältniszahlen angewendet. Beispielsweise benützt man im bekannten *van Duuren*-Code für TOR-Systeme (Transmission over Radio) ein 3-aus-7-Code mit 35 Kombinationen. Der 2-aus-5-Code ergibt 10 Kombinationen und wird oft bei elektronischen Rechenmaschinen mit Selbstkontrolle eingesetzt.

Allgemein ist die Zahl der Kombinationen in einem m-aus-n-Code mit konstantem Verhältnis der + Impulse zu den — Impulsen durch die Formel gegeben:

$$Z = \binom{n}{m} = \frac{n!}{m! (n-m)!}$$

*Hamming* untersuchte die allgemeinen theoretischen Zusammenhänge bei den Codierungsverfahren etwas näher und zeigte im besonderen, wie mit Hilfe einer systematischen Verschlüsselung auch einfache Übermittlungsfehler automatisch auskorrigiert werden können. Er geht davon aus, dass jedes Nachrichtenzeichen aus n Zweierschritten besteht. Davon werden m Zweierschritte zur Festlegung der Information und  $k = n - m$  Zweierschritte als Kontroll-elemente benützt. Entsprechend der Anzahl Kon-

Malheureusement, la fréquence des erreurs pour les deux genres de modulation est encore beaucoup trop grande par rapport à la sécurité exigée. C'est pourquoi, en recourant à des procédés de codage appropriés, on essaie de déterminer automatiquement les erreurs de transmission inévitables au lieu de réception et de les corriger par des mesures adéquates.

#### Méthodes de codage

Le chiffage est utilisé pour reconnaître les données reçues de façon erronée. Aux signaux d'information proprement dits viennent s'adjoindre, selon des méthodes déterminées, des éléments dits de contrôle qui, certes, diminuent le flux d'information effectif, mais permettent d'augmenter sensiblement la sécurité de transmission. Les éléments de contrôle ajoutés peuvent être utilisés non seulement pour détecter les erreurs, mais, dans certaines circonstances, même corriger automatiquement les erreurs simples.

Comme exemple de code de détection des erreurs efficace, nous citerons le code 4 sur 8. Dans ce code, un symbole ou signal d'information se compose d'une combinaison de huit unités binaires, d'où 256 signaux d'information différents peuvent en principe se combiner. Mais ne sont choisies pour être transmises que les 70 combinaisons qui ont 4 impulsions positives et 4 impulsions négatives. Au lieu de réception, pour détecter les erreurs, le code vérifie si ce rapport de 4 impulsions positives et de 4 négatives existe toujours. Dès que ce rapport n'est plus exact, une répétition du signal défectueux est demandée automatiquement par le retour.

La sécurité de transmission avec un code de ce genre n'est malheureusement pas absolue. Si, dans un signal d'information, le même nombre d'impulsions positives est par hasard ajouté ou supprimé par des perturbations, le rapport de 4 positives et de 4 négatives est conservé. Les erreurs de transmission causées par des transpositions de ce genre ne sont pas détectées et ne peuvent, par conséquent, pas non plus être corrigées.

Ce code 4 sur 8 a, par rapport à un simple code à six unités binaires qui possède à peu près le même nombre de signaux d'information, une redondance de 0,25. Mais un tel codage peut réduire la fréquence des erreurs non détectées d'un facteur d'environ 100. L'amélioration dépend grandement de la répartition statistique des bruits perturbateurs se produisant. On reconnaît aisément que, comparé à la redondance plus élevée, le gain de sécurité de transmission est considérable.

Ce code de détection des erreurs est aussi employé avec d'autres nombres proportionnels. Par exemple, on utilise dans le code de *van Duuren* pour les systèmes TOR (Transmission Over Radio) un code 3 sur 7 avec 35 combinaisons. Le code 2 sur 5 offre dix possibilités de combinaisons et est souvent employé dans les calculatrices électroniques à auto-contrôle. Dans un code m sur n, le nombre des

trollelemente können k Bedingungen innerhalb eines Nachrichtenzeichens gewählt werden, die der Fehlererkennung und automatischen Fehlerkorrektur dienen.

Um das Wesen des Hamming-Code darzustellen, verwendet man am besten ein geometrisches Modell. Die n Zweierschritte, die ein Nachrichtenzeichen festlegen, stellen einen n-dimensionalen Codierungsraum dar. In diesem Raum sind  $2^n$  verschiedene Nachrichtenpunkte vorhanden. Der Abstand zweier benachbarter Punkte beträgt entsprechend den beiden möglichen Koordinatenwerten 0 und 1 definitionsgemäss auch 1. Ein Übermittlungsfehler hat zur Folge, dass eine der n-Koordinaten eines festgelegten Punktes sich verändert und der Nachbarpunkt im Abstand 1 bezeichnet wird. Bei d-Fehlern verändern sich d-Koordinaten. Die Distanz zwischen dem gewünschten und dem fehlerhaften Nachrichtenpunkt entspricht der Anzahl der falschen Koordinaten. Wählt man in diesem Codierungsraum für die Nachrichtenübermittlung nur Punkte, die einen bestimmten minimalen Abstand nicht unterschreiten, hat man die Möglichkeit, gewisse Übermittlungsfehler zu korrigieren. Wenn beispielsweise der minimale Abstand 3 Einheiten entspricht, so wird der fehlerhafte Punkt bei einem einfachen Übermittlungsfehler noch am nächsten beim richtigen Punkt liegen. Dies erlaubt, den richtigen Punkt festzustellen und so den Fehler auszukorrigieren. Anschaulich lässt sich dies im dreidimensionalen Raum am Einheitswürfel darstellen. Der Würfel besitzt 8 Eckpunkte ( $2^3$ ). Von diesen 8 Eckpunkten kann man 2 Punkte wählen (z. B.: mit den Koordinaten 0,0,0 und 1,1,1), die einen minimalen Abstand über 3 Würfelkanten besitzen. Ist nun irgendeine Koordinatenangabe durch eine fehlerhafte Übermittlung verstümmelt worden, kann die Wahl für den einen oder andern Punkt am Empfangsort trotzdem getroffen werden. Besitzen nämlich zwei von drei Koordinaten den Wert 0, ist der eine Punkt gemeint, besitzen dagegen zwei Koordinaten den Wert 1, so betrifft es den andern Punkt.

Die folgende Tabelle stellt eine einfache Zusammenstellung der Möglichkeiten im n-dimensionalen Raum dar.

Kennzahl für Minimalabstand (k + 1)	Bedeutung bezüglich Fehler	
	Erkennung	Korrektur
1	—	—
2	einfach	—
3	einfach	einfach
4	einfach+doppelt	einfach
5	einfach+doppelt	einfach+doppelt
.	.	.
.	.	.

Beim Hamming-Code entspricht die Anzahl der Kontrollelemente k in einem Nachrichtenzeichen gerade dem um eins vergrösserten minimalen Abstand zwischen zwei Punkten im Codierungsraum.

combinaisons avec rapport constant entre les impulsions positives et les impulsions négatives est donné par la formule

$$Z = \binom{n}{m} = \frac{n!}{m!(n-m)!}$$

*Hamming* a étudié plus en détail les relations théoriques générales dans les méthodes de codage et a démontré en particulier comment, à l'aide d'un chiffage systématique, des erreurs de transmission simples peuvent aussi être corrigées. Il part du principe que chaque signal d'information se compose de n unités binaires, dont m unités servent à déterminer l'information et  $k = n - m$  unités sont utilisées comme éléments de contrôle. Conformément au nombre d'éléments de contrôle, k conditions peuvent être choisies parmi un signal d'information, qui servent à détecter les erreurs et à les corriger automatiquement.

Pour représenter le code de Hamming, on emploie de préférence un modèle géométrique. Les n unités binaires qui déterminent un signal d'information représentent un espace de codage à n dimensions. Dans cet espace, il existe  $2^n$  points d'information différents. Conformément aux deux valeurs de coordonnées possibles 0 et 1, l'intervalle entre deux points voisins est aussi 1 selon la définition. Une erreur de transmission a pour conséquence qu'une des n coordonnées d'un point fixé se modifie et que le point voisin est désigné à l'intervalle 1. Lorsqu'il y a d erreurs, d coordonnées se modifient. La distance entre le point d'information désiré et celui qui est incorrect correspond au nombre des fausses coordonnées. Si, pour la transmission des données, on ne choisit dans cet espace de codage que des points qui ne sont pas inférieurs à une distance minimum déterminée, on a la possibilité de corriger certaines erreurs de transmission. La distance minimum correspond-elle, par exemple, à trois unités, le point incorrect se trouvera encore le plus près du point correct lorsque l'erreur de transmission est simple. Cela permet de fixer le point correct et d'éliminer ainsi l'erreur. Le cube unitaire donne une idée précise de l'espace à trois dimensions. Le cube possède huit points angulaires ( $2^3$ ). De ces huit points angulaires, on peut en choisir deux (par exemple avec les coordonnées 0, 0, 0 et 1, 1, 1) qui ont une distance minimum de trois arêtes du cube. Si une indication quelconque relative aux coordonnées a été mutilée par la transmission, on peut néanmoins choisir l'un ou l'autre point à la réception. Deux coordonnées sur trois ont-elles la valeur zéro, le premier point est supposé; en revanche, si deux coordonnées ont la valeur 1, c'est le deuxième point qui est supposé.

Le tableau suivant donne une simple récapitulation des possibilités dans l'espace à n dimensions.

Dans le code de Hamming, le nombre des éléments de contrôle k dans un signal d'information correspond à la distance minimum entre deux points dans l'espace de codage augmenté d'une unité.

Vollständigkeitshalber sei hier auch das Beispiel eines weniger wirkungsvollen, dafür aber umso einfacheren Codierungsverfahrens zur Fehlererkennung erläutert. Wir nehmen an, es sei eine Tabelle von Zahlen sicher zu übermitteln. Wir senden nun zuerst die Zahlen der Tabelle und fügen zur Kontrolle im Anschluss daran die Quersummen sämtlicher Zeilen und Kolonnen hinzu. Sobald nun eine Zahl in der Tabelle falsch übermittelt wird, stimmen am Empfangsort die Quersummen der entsprechenden Zeile und Kolonne nicht mehr. Damit ist aber die falsche Zahl sofort gekennzeichnet, und aus den Quersummen kann man zudem ihren Wert ohne Rückfrage ermitteln. Dieses Prinzip der Quersummen von Zeilen und Kolonnen lässt sich natürlich ohne weiteres auch auf die Diagonalen anwenden.

Mit den eben beschriebenen Codierungsverfahren lässt sich noch nicht ohne weiteres die für eine Datenübertragung verlangte Sicherheit mit vernünftigen Mitteln erreichen.

Da die Fehler auf einer Telefonleitung normalerweise in Schüben auftreten, hat es keinen Sinn, in der Verschlüsselung eines einzelnen Nachrichtenzeichens zu weit zu gehen. Man unterteilt eine Nachricht besser in grössere oder kleinere Blöcke.

Diese Blöcke werden dann als Einheit übermittelt und durch eine zusätzliche, wirkungsvolle Codierung auf Fehler geprüft. Eingehende Untersuchungen auf geschalteten Leitungen zeigten nämlich, dass als Folge der schubweise auftretenden Störungen auf 1000 Blocks mit je 100 bit im Mittel nur einer fehlerhaft ist, dieser dann aber gleich mehrere Fehler aufweist.

Die Codierung besteht darin, dass jedem Nachrichtenblock wieder gewisse Kontrollelemente beigelegt werden. Diese Kontrollelemente sind eine Funktion der Nachrichtenelemente; sie werden aus diesen gebildet. Vielversprechend ist ein sogenanntes zyklisches Codierungsverfahren. *Meggit* (IBM) zeigte, wie dieses Verfahren ohne allzu grossen Aufwand praktisch angewendet werden kann. Aus *Figur 3* ist das Prinzip des Codierungsvorganges ersichtlich. Zuerst liegt der Schalter A derart, dass die m-Zweierschritte des eigentlichen Nachrichtenblockes sowohl auf die Leitung als auch zur Bildung der Kontrollelemente

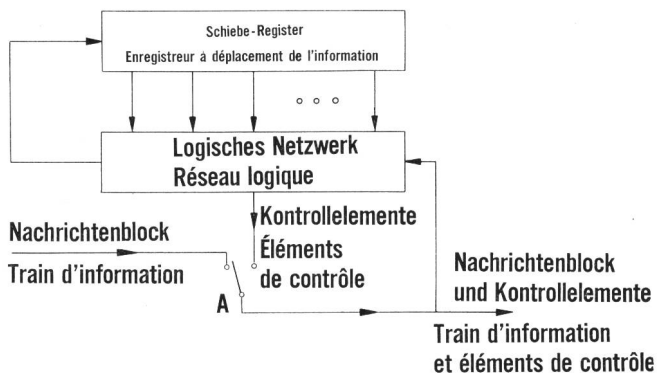


Fig. 3. Prinzip des Codierungsverfahrens  
Principe du procédé de codage cyclique

Indicatif pour distance minimum (k + 1)	Importance par rapport à l'erreur	
	Détection	Correction
1	—	—
2	simple	—
3	simple	simple
4	simple + double	simple
5	simple + double	simple + double
.	.	.
.	.	.

Pour être complet, il est indispensable de donner également l'exemple d'un procédé de codage de détection des erreurs moins efficace, mais d'autant plus simple. Nous admettons qu'il faut transmettre d'une façon offrant toute sécurité un tableau de chiffres. Nous envoyons d'abord les chiffres du tableau et ajoutons ensuite, par mesure de contrôle, les sommes transversales de toutes les lignes et de toutes les colonnes. Dès qu'un chiffre du tableau est transmis d'une manière fautive, les sommes transversales de la ligne et de la colonne correspondantes ne concordent plus au lieu de réception. Le chiffre faux est ainsi immédiatement caractérisé et, en outre, on peut établir sa valeur d'après les sommes transversales sans rappeler le poste émetteur. Ce principe des sommes transversales des lignes et des colonnes peut naturellement s'appliquer aussi sans autre forme aux sommes diagonales.

Les procédés de codage décrits ne permettent pas encore d'atteindre la sécurité exigée pour la transmission des données avec des moyens rationnels.

Les erreurs sur les lignes téléphoniques se produisant normalement en séries, il est inutile d'aller trop loin dans le chiffage d'un signal d'information isolé. Il est préférable de répartir une information en trains plus ou moins grands.

Ces trains sont transmis comme unité et les erreurs sont contrôlées par un codage complémentaire efficace. Des recherches approfondies sur des lignes connectées ont, en effet, démontré que, par suite des dérangements se produisant en séries, sur 1000 trains de 100 bits chacun en moyenne, il n'y en a qu'un de défectueux, mais que celui-ci accuse simultanément plusieurs erreurs.

Le codage réside dans le fait que certains éléments de contrôle sont à nouveau ajoutés à chaque train d'information. Ces éléments de contrôle sont une fonction des éléments d'information; ils en sont formés. Un procédé de codage cyclique présente de grands avantages. *Meggit* (IBM) a montré comment ce procédé peut, sans de trop grandes dépenses, être pratiquement appliqué. Le principe du processus de codage est représenté à la *figure 3*. Le commutateur A est placé de telle façon que les m unités binaires du train d'information proprement dit parviennent sur la ligne et sur un enregistreur à déplacement d'information avec couplage par réaction, pour former les éléments de contrôle. L'enregistreur à déplacement

auf ein rückgekoppeltes Schieberegister gelangen. Das Schieberegister besitzt so viele Stufen, wie Kontrollelemente verlangt werden. Die Rückkopplung erfolgt von den verschiedenen Stufen des Schieberegisters über ein einstellbares logisches Netzwerk. Mit den eintreffenden Zweierschritten des Nachrichtenblocks zusammen bildet sich im Schieberegister eine Folge von Zweierschritten, die vom Aufbau des Nachrichtenblocks und von der gewählten Schaltung im logischen Netzwerk abhängig ist. Sobald das letzte Zeichen des Nachrichtenblocks eintrifft, legt der Schalter A um. Damit werden auch die Kontrollelemente ausgesendet, und das Schieberegister wird wieder entleert. Am Empfangsort verwendet man dasselbe zyklische Verfahren und kann aus dem Vergleich der Kontrollelemente auf die Richtigkeit der übertragenen Nachricht schliessen.

Obschon dieses zyklische Codierungsverfahren ebenfalls eine Fehlerkorrektur ermöglicht, wird man, unter Berücksichtigung der schubweise auftretenden starken Störgeräusche und um die Verschlüsselung möglichst einfach zu gestalten, das Hauptgewicht auf eine Fehlererkennung legen und einen fehlerhaften Block im Duplex-Betrieb über die Gegenrichtung noch einmal verlangen.

Mit Hilfe der doppelten Codierung, einmal Verschlüsselung des einzelnen Nachrichtenzeichens und zum andern Verschlüsselung von Nachrichtenblöcken, hofft man die für die Datenübertragung notwendige Übermittlungssicherheit von  $10^{-8}$  bis  $10^{-9}$  zu erreichen.

Ausgedehnte Versuche müssen aber noch zeigen, welche Codierungsverfahren im besondern und welche Blockgrößen am zweckmässigsten sind.

#### *Datenübertragungseinrichtungen*

Verschiedene grosse Unternehmungen sind heute auf dem neuen Gebiet der Datenübertragung tätig. Auf dem Markt sind bereits mehrere Ausrüstungen erhältlich, die der Datenübertragung dienen. Die Anlagen können grundsätzlich in zwei Gruppen eingeteilt werden:

- in eine erste Gruppe, bei der die Übertragungsausrüstungen einfacher sind und nicht direkt mit einer Datenverarbeitungsmaschine in Verbindung stehen, und
- in eine zweite Gruppe, bei der die Übertragungseinrichtung eng mit dem Rechenautomaten verknüpft ist.

Die meisten heute erhältlichen Apparaturen fallen in die erste Gruppe und eignen sich für die Übertragung von Lochkarten, Lochstreifen oder Magnetbändern. Gekennzeichnet ist diese Gruppe durch das einfache Übermitteln von dokumentarisch festgehaltenen Nachrichten.

Als Beispiel kann man hier etwa die Sende- und Empfangsausrüstung IBM 65-66 erwähnen, die etwa 10 Lochkarten in der Minute übermitteln kann. Der effektive Nachrichtenfluss beträgt rund 200 Baud. Die Einrichtung verwandelt die Daten einer Loch-

de l'information possède autant d'étages que des éléments de contrôle sont exigés. La réaction se fait par les différents étages de l'enregistreur à déplacement de l'information à travers un réseau logique réglable. En même temps que les unités binaires du train d'information arrivent, il se forme dans l'enregistreur une série d'unités binaires qui dépend de la composition du train d'information et de la connexion choisie dans le réseau logique. Dès que le dernier signal du train d'information arrive, le commutateur A tourne. Cela provoque l'envoi des éléments de contrôle et l'enregistreur se vide. Au lieu de réception, on utilise le même procédé cyclique et on peut, en comparant les éléments de contrôle, conclure à l'exactitude de l'information transmise.

Bien que ce procédé de codage cyclique permette aussi de corriger les erreurs, on mettra l'accent principal sur la détection des erreurs et on demandera à nouveau un train défectueux en service duplex dans la direction opposée, pour tenir compte des forts bruits perturbateurs se produisant en séries et pour avoir le chiffrage le plus simple possible.

A l'aide du codage double, d'une part, le chiffrage du signal d'information isolé et, d'autre part, le chiffrage de trains d'information, on espère atteindre la sécurité de transmission de  $10^{-8}$  à  $10^{-9}$ , nécessaire à la transmission des données.

Mais de vastes essais doivent encore montrer quels procédés de codage en particulier et quelles grandeurs de trains conviennent le mieux.

#### *Dispositifs de transmission des données*

Diverses grandes entreprises ont axé leur activité sur le domaine de la transmission des données. On trouve déjà sur le marché plusieurs dispositifs qui servent à transmettre les données. Les installations peuvent, en principe, être divisées en deux groupes:

- le premier groupe comprend les équipements de transmission simples qui ne sont pas directement liés à une machine de traitement des données,
- le second groupe englobe les équipements de transmission étroitement rattachés aux calculatrices automatiques.

La plupart des appareils que l'on obtient actuellement appartiennent au premier groupe et se prêtent très bien à la transmission de cartes perforées, de bandes perforées ou de bandes magnétiques. Ce groupe est caractérisé par le fait qu'il transmet simplement les informations documentaires.

Comme exemple, on peut mentionner ici le dispositif d'émission et de réception IBM 65-66, pouvant transmettre environ 10 cartes perforées à la minute. Le flux d'information effectif est de 200 bauds. Le dispositif transforme les données d'une carte perforée en signaux électriques qui peuvent être transmis sur une ligne interurbaine. Le code 4 sur 8 utilisé permet de détecter les erreurs au lieu de réception. La carte perforée transmise de façon incorrecte est automatiquement marquée et doit être spécialement redemandée par le personnel de service.

karte in elektrische Signale, die über eine Fernleitung übertragen werden können. Der verwendete 4-aus-8-Code gestattet am Empfangsort eine Fehlererkennung. Die fehlerhaft übertragene Lochkarte wird automatisch ausgesondert und muss durch das Bedienungspersonal noch einmal besonders verlangt werden.

Eine andere Einrichtung ähnlicher Art ist die IBM 7701, die eine Direktübertragung von Magnetband zu Magnetband im Halb-Duplex-Betrieb erlaubt. Der Nachrichtenfluss beträgt rund 1200 Baud. Auch hier erlaubt ein 4-aus-8-Code eine erste Fehlererkennung am Empfangsort. Zusätzlich werden aber die Daten noch in eine wählbare Blocklänge unterteilt und jedem Block sechs weitere Kontrollzeichen zugefügt. Bei fehlerhaften Übertragung wird eine automatische Wiederholung des fehlerhaften Blockes eingeleitet. Die Übermittlungssicherheit der Daten soll  $10^{-8}$  bis  $10^{-9}$  betragen. Als Übertragungsleitung werden Telephonkanäle benützt.

Solche Systeme, die nicht in direkter Verbindung mit Datenverarbeitungsmaschinen stehen, eignen sich besonders dort, wo der anfallende Nachrichtenfluss nicht allzu gross ist und auf keine direkte Antwort gewartet oder eine sofortige Handlung nicht eingeleitet werden muss. Der Vorteil liegt darin, dass man die einzelnen Daten etwas zusammenkommen lassen kann, um sie dann auf einmal über eine Wahlleitung zu übermitteln. Die Übermittlungskosten lassen sich so in tragbaren Grenzen halten.

Die meisten heute im Betrieb stehenden einfachen Ausrüstungen arbeiten auf Miet-Leitungen. Dies ist vermutlich auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Wahlleitungen gegenwärtig noch zu viele Übermittlungsfehler verursachen.

Der von den Datenübertragungseinrichtungen anfallende Nachrichtenfluss erfolgt vielfach in der Form von Impulsserien mit Zweierschritten. Diese müssen dann mit Hilfe einer Modulationsausrüstung noch in ein geeignetes Sendesignal umgeformt werden. Diese Umformung kann beispielsweise durch das neue volltransistorisierte Dataphon-Gerät der ATT (Western FM Digital Subset 3 A) vorgenommen werden. Das erwähnte Gerät ist Verbindungsglied zwischen Datenübertragungsausrüstung einerseits und Telephonleitung andererseits und übernimmt im wesentlichen die Aufgabe der Modulation beziehungsweise Demodulation. Es verwendet dabei das Verfahren der Frequenzastung und arbeitet ohne irgendwelche Synchronisierung. Die Übertragungsgeschwindigkeit kann in den Grenzen von 75...1200 Baud variieren. Die Tastfrequenzen sind einstellbar und hängen etwas von der Übertragungsgeschwindigkeit ab.

Geschwindigkeit	f1 (Zeichen)	f2 (Trennen)
75... 600 Baud	$1400 \pm 10$ Hz	$1900 \pm 10$ Hz
600...1200 Baud	$1200 \pm 10$ Hz	$2200 \pm 10$ Hz

Un autre dispositif analogue est l'IBM 7701 qui permet de transmettre directement d'une bande magnétique à une autre bande magnétique en service semi-duplex. Le flux d'information est de 1200 bauds. Ici aussi, un code 4 sur 8 permet une première détection des erreurs au lieu de réception. Mais, en plus, les données sont encore subdivisées en une longueur de train pouvant être choisie et six autres signaux de contrôle sont attribués à chaque train. Lorsque la transmission est incorrecte, la répétition du train défectueux est demandée automatiquement. La sécurité de transmission des données doit être de  $10^{-8}$ ... $10^{-9}$ . Les voies téléphoniques sont utilisées comme ligne de transmission.

Ces systèmes qui ne sont pas directement en liaison avec des machines à traiter les données conviennent spécialement bien, lorsque le flux d'information n'est pas trop grand et qu'on n'attend pas directement une réponse ou qu'il ne faut pas traiter immédiatement les données. L'avantage réside dans le fait qu'on peut laisser les données s'ammonceler quelque peu, pour les transmettre en une seule fois sur un circuit automatique. Les frais de transmission se maintiennent dans des limites raisonnables.

La plupart des dispositifs les plus simples, actuellement en service, travaillent sur des lignes louées. Il faut probablement attribuer cet état de choses au fait que les circuits automatiques provoquent actuellement encore trop d'erreurs de transmission.

Le flux d'information arrivant des dispositifs de transmission des données se présente souvent sous la forme de séries d'impulsions à unités binaires qui doivent encore être transformées en un signal d'émission approprié au moyen d'un dispositif de modulation. Cette transformation peut, par exemple, être opérée par le nouveau dataphone transistorisé de l'ATT (Western FM Digital Subset 3 A). Cet appareil est un élément de jonction entre le dispositif de transmission des données, d'une part, et la ligne téléphonique, d'autre part, et a essentiellement pour tâche la modulation ou la démodulation. Il utilise à cet effet le procédé de la variation de fréquence et fonctionne sans synchronisme aucun. La vitesse de transmission peut varier dans les limites de 75...1200 bauds. Les fréquences de variation sont réglables et dépendent quelque peu de la vitesse de transmission.

Vitesse	f 1 (signal)	f 2 (coupure)
75... 600 bauds	$1400 \pm 10$ Hz	$1900 \pm 10$ Hz
600...1200 bauds	$1200 \pm 10$ Hz	$2200 \pm 10$ Hz

En ce qui concerne les distorsions d'affaiblissement et de phase, certaines conditions doivent être remplies suivant la vitesse de transmission choisie.

Le second groupe comprend les équipements de transmission qui sont étroitement couplés à une installation de traitement des données. Les données

Bezüglich der Dämpfungs- und Laufzeitverzerrungen sind je nach der gewählten Übertragungsgeschwindigkeit gewisse Bedingungen zu erfüllen.

Die zweite Gruppe umfasst die Übertragungsausrüstungen, die eng mit einer Datenverarbeitungsanlage gekoppelt sind. Die übermittelten Daten gelangen automatisch in die elektronische Rechenmaschine und werden dort sofort verarbeitet. Meistens muss dann das Resultat auch schnell verwertet, zum Beispiel wieder an den Ursprungsort der Daten zurückgesandt werden. Bei solchen Anlagen ist es wichtig, dass die Verbindung zwischen den Aussenstationen auf der einen Seite und dem Zentrum auf der andern Seite ständig vorhanden ist und dass die Übermittlung der Daten so rasch als möglich erfolgt. Dies bedingt gute Mietleitungen, die jederzeit bereit stehen.

Solche Anlagen werden von Unternehmen benötigt, die ihre Tätigkeit weitgehend durch elektronische Rechenautomaten überwachen und steuern möchten.

Auf dieser Grundlage arbeiten beispielsweise die modernsten Luftraumverteidigungssysteme. Bekannt ist vor allem das SAGE-System (Semi Automatic Ground Environment) in den USA, das ein weitverzweigtes Datenübertragungsnetz benötigt. Grosse Einsatzzentralen mit elektronischen Rechenmaschinen stehen einerseits mit Radareinrichtungen und andern Beobachtungsstationen ständig in Verbindung und erhalten von dort in Form von Daten Angaben über die Lage im Luftraum. Gleichzeitig werden den Datenverarbeitungsanlagen auch ständig die verfügbaren Waffenträger (Flugzeuge, Raketen) mitgeteilt. In den elektronischen Auswertezentren werden dann laufend auf Grund der eingetroffenen Meldungen Situationspläne aufgestellt und optimale Abwehrmassnahmen ausgerechnet. Ohne grossen Zeitverlust können die Beobachter aus den ermittelten Abwehrmassnahmen leicht eine zweckmässige Wahl treffen. Sofort gehen die entsprechenden Befehle und Anweisungen wieder in Form von verschlüsselten Daten an die Flugplätze beziehungsweise Raketenabschussrampen. Das ganze System ist sogar so weit ausgebaut, dass gewisse Raketengeschosse (etwa die Bomarc) entsprechend der augenblicklichen Lage im Luftraum ferngesteuert werden können.

Ein weiteres Anwendungsgebiet solcher Datenübertragungssysteme ist die Platzreservierung bei Fluggesellschaften. Ein Auswertezentrum mit Rechenautomat und Speicher steht bei einem solchen System mit etwa 1000 Agenturstellen ständig in Verbindung. Irgendeine Agentur kann jederzeit eine Anfrage über freie Plätze machen oder eine Platzreservierung vornehmen. Bei den projektierten Anlagen, die im Jahre 1961 in den Vereinigten Staaten in Betrieb kommen sollen, trifft eine Antwort im Mittel in 3 Sekunden ein. Die Übertragungsdistanz spielt dabei kaum eine Rolle. Der Datenfluss beträgt rund 1000 Baud. Im Tag können bis zu 500 000 Meldungen übermittelt werden.

transmises parviennent automatiquement à la calculatrice électronique où elles sont immédiatement traitées. Le résultat doit généralement être aussi utilisé rapidement, par exemple il doit être renvoyé au lieu d'origine des données. Pour ces installations, il est important que la liaison entre les stations extérieures, d'un côté, et le centre, de l'autre, existe en permanence et que les données soient transmises aussi rapidement que possible. Cela nécessite de bonnes lignes louées qui soient en tout temps disponibles.

Des installations de ce genre sont nécessaires aux entreprises qui surveillent et dirigent leur activité dans une grande mesure par des calculatrices électroniques.

Les systèmes les plus modernes de défense de l'espace aérien travaillent, par exemple, d'après ce principe. On connaît avant tout le système SAGE (Semi Automatic Ground Environment) aux Etats-Unis d'Amérique, qui a besoin d'un grand réseau de transmission des données ramifié. D'importants centres d'engagement, équipés de calculatrices électroniques, sont en liaison permanente avec des stations de radars et autres postes d'observation, d'où ils reçoivent, sous forme de données, des renseignements sur la situation dans l'espace aérien. Simultanément, les porteurs d'armes (avions, fusées) disponibles sont constamment annoncés aux installations de traitement des données. Se fondant sur les avis reçus, les centres d'exploitation des renseignements électroniques établissent au fur et à mesure les plans de situation et calculent les mesures de défense les meilleures. Sans perdre beaucoup de temps, les observateurs peuvent facilement faire un choix approprié parmi les mesures de défense établies. Les ordres et les instructions nécessaires, à nouveau sous forme de données chiffrées, partent immédiatement pour les aérodromes ou les rampes de lancement des fusées. Tout le système est même si développé que certains départs de fusées (par exemple la fusée Bomarc) peuvent être télécommandés selon la situation du moment dans l'espace aérien.

Un autre domaine d'application de ces systèmes de transmission des données est la réservation des places dans les compagnies de navigation aérienne. Un centre d'exploitation avec calculatrice automatique et enregistreur est, dans un système de ce genre, en liaison permanente avec quelque 1000 agences. N'importe quelle agence peut, en tout temps, se renseigner sur les places libres ou réserver une place. Dans les installations projetées, qui doivent être mises en service en 1961 aux Etats-Unis, une réponse arrive en l'espace de 3 secondes en moyenne. En l'occurrence, la distance de transmission ne joue pour ainsi dire plus aucun rôle. Le flux des données est de 1000 bauds. Il est possible de transmettre en un jour jusqu'à 500 000 renseignements.

Pour maintenir les frais de lignes d'une installation de ce genre aussi bas que possible, il faut insérer dans le réseau de distribution des points de con-

Um bei einer solchen Anlage die Leitungskosten möglichst klein zu halten, müssen im Verteilnetz sogenannte Schaltpunkte eingefügt werden. Diese automatischen Vermittlungsstellen sind kleine, sehr schnell arbeitende elektronische Zentralen.

#### *Zukunftsaussichten*

Obschon solche Datenübertragungssysteme schon sehr leistungsfähig, aber auch teuer sind und einen gewaltigen technischen Fortschritt darstellen, befinden wir uns noch am Anfang der Datenübertragung. Neben den Datenübertragungssystemen für Mietleitungen müssen in Zukunft vermehrt Systeme für Wahlleitungen entwickelt werden, die einen Kreis von kleineren Kunden bedienen können.

Die allgemeine Verwendung der Datenübertragung ist heute noch durch folgende Tatsachen eingeschränkt:

- a) Mangel an Erfahrung im Aufbau von Datenübertragungsanlagen.
- b) Beschränkte Fähigkeit der vorhandenen Systeme, Daten wirklich wirtschaftlich zu übertragen.
- c) Ungenügende Übertragungssicherheit im Vergleich zu derjenigen der Rechenautomaten; dies besonders bei Wahlleitungen.
- d) Keine Flexibilität in der Netzgestaltung und keine Kompatibilität unter den Systemen.

In Zukunft muss deshalb die Planung eines allgemeinen Datenübertragungsnetzes im Vordergrund stehen. Dies umso mehr, als die Datenübertragung in einigen Jahren sicher einen wesentlichen Teil unseres Leitungsnetzes beanspruchen wird.

Vor allem wären einmal die Übertragungsbedingungen, die ein Telephonkanal für eine Datenübertragung erfüllen kann und muss, klar zu umschreiben. Ferner wäre es wünschbar, die Modulationsarten und die Codierungen so zu vereinheitlichen, dass eine Übermittlung zwischen Ausrüstungen verschiedener Herkunft nötigenfalls möglich wird. Mit dem Entstehen neuer Leitungsnetze für schnelle Datenübermittlung werden auch schneller arbeitende elektronische Vermittlungsstellen geschaffen werden müssen. Es stellt sich die Frage, von wem diese Zentralen betrieben und erhalten werden sollen. Die Verwaltungen müssen sich hier entscheiden, welche Stellung sie gegenüber solchen Datenübertragungseinrichtungen einnehmen wollen. Insbesondere sind auch die Trennstellen zwischen Übertragungsleitung und Datenübertragungsendausrüstung genauer zu umschreiben.

Hoffen wir, dass die offenen Fragen bald abgeklärt werden, damit ein neuer Zweig der Nachrichtenübertragung dem Wohl der Allgemeinheit dienstbar gemacht werden kann.

nexion. Ces postes de commutation automatiques sont de petits centraux électroniques fonctionnant très rapidement.

#### *Perspectives*

Bien que ces systèmes de transmission des données donnent déjà satisfaction, même s'ils sont encore cher, et qu'ils représentent un sérieux progrès technique, nous nous trouvons encore au début de la transmission des données. Outre les systèmes pour lignes louées, il est indispensable, à l'avenir, de mettre au point davantage de systèmes pour circuits automatiques, pouvant desservir tout un cercle de petits clients.

L'emploi général de la transmission des données est actuellement encore limité par les faits suivants:

- a) Manque d'expérience dans les installations de transmission des données.
- b) Capacité limitée des systèmes actuels de transmettre des données de façon réellement économique.
- c) Sécurité de transmission insuffisante par rapport à celle des calculatrices automatiques, spécialement sur les circuits automatiques.
- d) Rigidité de la structure du réseau et incompatibilité entre les systèmes.

C'est pourquoi, à l'avenir, la planification d'un réseau de transmission des données général devra être une de nos préoccupations principales, d'autant plus que, dans quelques années, la transmission des données mettra certainement à contribution une partie importante de notre réseau des lignes.

Les conditions de transmission, auxquelles peut et doit satisfaire un canal téléphonique pour la transmission des données, devraient avant tout être clairement définies. En outre, il serait souhaitable de simplifier les genres de modulation et les codages, de façon qu'au besoin il soit possible de réaliser des transmissions entre des équipements de provenance différente. En constituant de nouveaux réseaux de lignes pour une transmission rapide des données, il faudra nécessairement créer des centres de commutation électroniques fonctionnant rapidement. Mais qui exploitera et entretiendra ces centraux? Les administrations doivent se prononcer sur la position qu'elles adopteront à l'égard de ces équipements de transmission des données. En particulier, elles préciseront les points de coupure entre la ligne de transmission et le dispositif de transmission des données.

Espérons que les questions soulevées soient bientôt élucidées, pour qu'une nouvelle activité de la transmission des informations contribue au bien-être général.